

## Ultrasound in evaluation on hemodynamic characteristics in stenosis site of aortic arch in fetus with aorta coarctation

LIUXiaowei, MAN Tingting, HE Yihua\*

(Department two of Echocardiography, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing Key Laboratory of Fetal Heart Disease and Maternal Fetal Medicine Research, Beijing Lab for Cardiovascular Precision Medicine, Beijing 100029, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the hemodynamic characteristics in stenosis site of aortic arch in fetus with coarctation of aorta (COA) using echocardiography. **Methods** Echocardiographic data of 45 fetuses with prenatal diagnosis of COA in the middle to late gestation age (24—38<sup>+6</sup> weeks) were analyzed retrospectively. The systolic maximum peak velocity (SPv), end diastolic velocity (EDv), pulsatility index (PI) of the stenotic segment were measured and compared with normal fetus in the same gestational age. **Results** The SPv and EDv of aortic arch increased, while PI decreased in COA fetuses than those in normal fetuses from 24—<32 weeks gestation age (all  $P < 0.05$ ). The aortic arch flow spectrum appeared a run-off character of diastolic blood flow. The SPv and EDv and PI value between the COA and normal fetuses in 32—38<sup>+6</sup> weeks had no significant statistical differences (all  $P > 0.05$ ). The aortic arch flow spectrum showed retrograde flow pattern in end systole to early diastole. **Conclusion** The blood flow pattern of the stenotic segment of aortic arch in COA fetuses has different characteristics in different gestation weeks. Different gestation week should also be focused on when using pulse Doppler measurements in diagnosis of COA.

**[Key words]** Aortic coarctation; Fetal heart; Echocardiography; Aortic arch; Hemodynamics

DOI:10.13929/j.1003-3289.201607095

## 超声评估主动脉缩窄胎儿主动脉弓狭窄部位的血流动力学特点

刘晓伟, 满婷婷, 何怡华\*

(首都医科大学附属北京安贞医院超声心动科二部 胎儿心脏病母胎医学研究  
北京市重点实验室 心血管疾病精准医学北京实验室, 北京 100029)

**[摘要]** **目的** 通过胎儿超声心动图动态评估孕中晚期主动脉缩窄(COA)胎儿主动脉弓狭窄部位血流动力学特点。**方法** 回顾性分析本院诊断为 COA 的 45 胎胎儿的孕中晚期(24~38<sup>+6</sup>周)不同孕周超声心动图资料, 测量主动脉弓狭窄处收缩期峰值流速(SPv)、舒张期末流速(EDv)、搏动指数(PI), 并与同孕周正常胎儿进行比较。**结果** COA 胎儿中孕期至晚孕初期(24~<32周)主动脉弓部的 SPv 与 EDv 较正常胎儿增快, PI 减低( $P$ 均 $<0.05$ ); 血流频谱形态表现为舒张期前向血流量较正常胎儿增多。晚孕中后期(32~38<sup>+6</sup>周)主动脉弓狭窄处的 SPv、Edv 及 PI 值与正常胎儿差异无统计学意义( $P$ 均 $>0.05$ ); 血流频谱形态多数表现为收缩末期反向血流信号。**结论** COA 胎儿主动脉弓部狭窄处的血流状态在

**[基金项目]** “扬帆”计划临床技术创新项目(XMLX201604)。

**[第一作者]** 刘晓伟(1978—), 女, 辽宁庄河人, 博士, 副主任医师。研究方向: 胎儿心脏病超声诊断及围产期管理。E-mail: liu-xw00@163.com

**[通信作者]** 何怡华, 首都医科大学附属北京安贞医院超声心动科二部 胎儿心脏病母胎医学研究北京市重点实验室 心血管疾病精准医学北京实验室, 100029。E-mail: yihuaheecho@163.com

**[收稿日期]** 2016-07-22 **[修回日期]** 2016-11-10

不同孕周可表现不同,采用频谱多普勒参数诊断 COA 时还需结合胎儿孕周大小进行评价。

[关键词] 主动脉缩窄;胎儿心脏;超声心动描记术;主动脉弓;血流动力学

[中图分类号] R714.53; R540.45 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)02-0251-04

主动脉缩窄(coarctation of aorta, COA)约占各类先天性心脏病的 6%~8%<sup>[1]</sup>。产前精确诊断可指导胎儿出生后及时治疗,可获得较好的预后。由于胎儿期特殊的血液循环特点及主动脉弓峡部解剖特点,COA 的产前超声诊断是业界公认的难点<sup>[2]</sup>。目前二维超声测量主动脉弓部内径、峡部 Z 值、升主动脉/主肺动脉比值等在胎儿 COA 诊断中的应用已得到广泛认可<sup>[3-4]</sup>,但多普勒超声评估 COA 胎儿主动脉弓部血流动力学特点目前鲜见报道。本研究回顾性分析 45 胎不同孕周 COA 胎儿弓部狭窄处血流动力学特征,旨在为产前诊断 COA 提供更多依据。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2011 年 1 月—2016 年 5 月在北京安贞医院胎儿心脏病母胎医学会诊中心确诊为 COA 的胎儿 45 胎(包括同一胎儿不同孕周随访复查,检查共计 76 例次)。其中单胎孕妇 41 例、双胎孕妇 2 例。孕周 24~38<sup>+</sup>6 周,平均(26.2±3.4)周。孕周按末次月经计算并由超声所测生物学指标确认。所有诊断为 COA 的胎儿中纳入合并室间隔缺损或永存左上腔静脉的胎儿;排除合并其他心内、外畸形,宫内发育迟缓,双胎之一选择性生长受限及双胎输血综合征胎儿。

按检查时具体孕周将 COA 胎儿分为 4 组(同一胎儿不同孕周随访时按具体孕周归纳入组):COA 组 1:孕周 24~<28 周( $n=29$ );COA 组 2:28~<32 周( $n=18$ );COA 组 3:32~<36 周( $n=15$ );COA 组 4:36~38<sup>+</sup>6 周( $n=14$ )。另随机选取孕周相匹配且无心内外畸形的 80 胎正常胎儿,按孕周大小分为与上述组别相对应的 4 个对照组( $n=25,18,20,17$ )。

1.2 仪器与方法 采用 GE Voluson E8 型彩色多普勒超声诊断仪,2D、3D 容积探头,频率 4~8 MHz。分析产前诊断为 COA 的胎儿和对照组胎儿备存静态及动态图像,描记主动脉弓部血流频谱,记录收缩期峰值血流速度(systolic peak velocity, SPV)、舒张末期血流速度(end diastolic velocity, EDV)、搏动指数(pulsatility index, PI),并与对照组胎儿进行对比。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 20 统计分析软件,计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示。两组间比较采用独立样本  $t$  检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

45 胎产前诊断为 COA 的胎儿中,11 胎出生,产后检查证实存在 COA 并经手术治疗;34 胎终止妊娠(25 胎经尸体解剖证实,9 胎未接受尸体解剖,由多次产前超声综合诊断)。COA 胎儿的产前超声表现:横弓轻-中度发育不良与峡部局限缩窄同时存在 29 胎(29/45, 64.44%);峡部局限缩窄 11 胎(11/45, 24.44%);横弓部管状发育不良 5 胎(5/45, 11.11%)。

45 胎 COA 胎儿和 80 胎正常胎儿不同组别的平均孕周差异无统计学意义( $P = 0.25, 0.68, 0.86, 0.98$ )。

COA 胎儿主动脉弓血流动力学特点:COA 胎儿在中孕期至晚孕初期(24~<32 周)SPV 与 EDV 值较正常胎儿增快( $P$  均  $< 0.05$ ),PI 值减低( $P < 0.05$ );血流频谱形态表现为舒张期前向血流量较正常胎儿增多。晚孕中后期(32~38<sup>+</sup>6 周)EDV、SPV 及 PI 值与正常胎儿差异无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ ),且 COA 胎儿出现主动脉弓部收缩末期反向血流信号(表 1,图 1)。

## 3 讨论

COA 在产前先天性心脏畸形诊断中极易出现误诊,可能的原因为:①主动脉峡部连接主动脉弓与降主动脉,大部分左心输出血量供应头部和上肢,仅 10%~15%的心输出量通过峡部进入降主动脉,因此正常情况下峡部内径较升主动脉和降主动脉细小<sup>[5-6]</sup>;②一些其他原因可导致左心偏小及峡部细小的表现,易误诊为 COA,如房间隔膨出瘤或卵圆孔受限、永存左上腔静脉连接冠状静脉窦、肺静脉异位引流等影响左心充盈或血流量减少的疾病<sup>[7-10]</sup>。上述原因导致的峡部管径偏细出生后多表现正常。因此在 COA 产前诊断方面,寻求更多有价值的诊断指标和特征性改变尤为关键。

目前胎儿超声心动图产前诊断 COA 主要依靠左心比例偏小结合主动脉弓部和(或)峡部内径细小、峡部与导管内径比值、升主动脉与肺动脉比值等多个指标<sup>[5]</sup>。多普勒超声在部分 COA 胎儿中表现为主动脉弓舒张期持续前向血流信号,部分胎儿则表现为弓部收缩末期反向血流信号,这是 COA 胎儿常见的血流频谱改变,但有关 COA 胎儿特征性表现、弓部舒张期持续前向血流信号与反向血流间的联系等研究目前鲜见报道。

表 1 COA 组与对照组胎儿主动弓狭窄段 SPv、EDv、PI 的比较(  $\bar{x} \pm s$  )

组别	SPv(cm/s)	EDv(cm/s)	PI
COA 组 1(n=29)	92.51±30.29	10.06±4.45	2.39±0.39
对照组 1(n=25)	75.85±14.35	6.42±1.64	2.71±0.33
t 值	-2.637	-4.06	3.294
P 值	0.011	<0.001	0.002
COA 组 2(n=18)	101.20±27.74	12.60±6.51	2.47±0.58
对照组 2(n=18)	86.30±15.91	7.78±2.10	2.78±0.22
t 值	-2.330	-3.422	2.447
P 值	0.023	0.001	0.018
COA 组 3(n=15)	99.48±24.90	9.82±4.78	3.18±1.84
对照组 3(n=20)	101.29±14.64	9.29±2.14	2.73±0.22
t 值	0.273	-0.434	-0.988
P 值	0.786	0.667	0.329
COA 组 4(n=14)	106.22±28.63	7.22±2.81	3.78±3.05
对照组 4(n=17)	107.57±21.29	8.68±3.89	3.37±0.57
t 值	0.141	1.006	-0.562
P 值	0.889	0.324	0.579

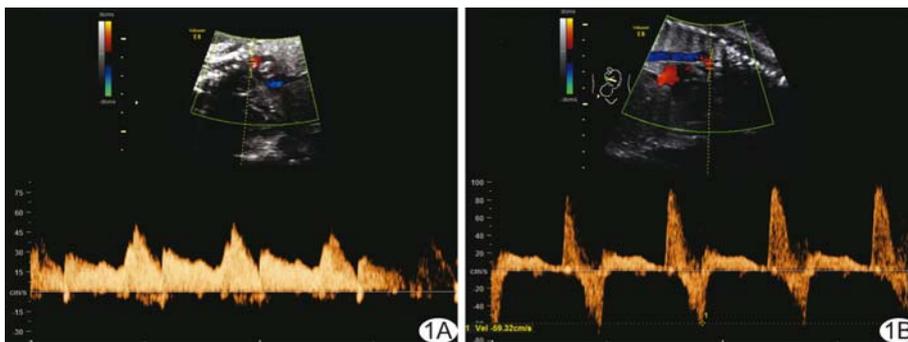


图 1 COA 胎儿弓部狭窄处血流频谱形态 A. 频谱以舒张期持续前向、流速略增高、搏动指数减低为特点; B. 频谱收缩末期出现反向血流信号

本研究通过观察不同孕周 COA 胎儿的弓部狭窄处的多普勒超声显示:随着孕周增长,大部分 COA 胎儿的弓部血流状态会出现一定变化趋势:约 32 周之前表现为 SPv 和 EDv 增快,频谱形态表现为舒张期持续前向血流伴有流量增多、PI 减低;而 32 周后即晚孕中末期则会出现 EDv 逐渐减低,甚至出现收缩末期反向血流信号,从而导致 PI 随之增高,与正常胎儿比较差异无统计学意义。这种动态演变现象的原因可能为:在孕早中期,主动脉缩窄和(或)横弓部管状发育不良,产生左心前向梗阻,此时主要左心室血流不能在收缩期全部通过狭窄的主动脉弓进入降主动脉,血流需重新分配,于舒张期继续通过弓部进入降主动脉,因此彩色多普勒表现为舒张期持续前向血流,频谱多普勒表现为速度增快,流量增多,PI 减低。部分正常晚孕期胎

儿(尤其在 31 周后)主动脉弓的峡部与导管连接处会出现收缩晚期少量反向血流信号,这与妊娠后期右心室优势更加明显、右心收缩期输出量较左心多有关<sup>[11-12]</sup>。如果存在主动脉弓部缩窄,随着梗阻程度的变化、管壁弹性减低、左心内径减小的持续存在,加上晚孕期流经卵圆孔血流较前期减少,则这部分胎儿右心室优势更为明显,左心输出量进一步减低、流经主动脉弓狭窄段或局部峡部缩窄处血流减少,则会导致大部分 COA 胎儿在孕晚期主动脉弓舒张期流速减低、自导管-峡部连接部收缩末期血流逆向灌注的发生。胎儿期主动脉弓部的收缩期血流反映左心输出量,舒张期的前向血流反映外周循环阻力的变化,因此时胎儿外周血管阻力并未受影响,大脑的循环阻力仍高于胎盘循环,因此不会出现全舒张期反向血流信号。

此外,在怀疑胎儿存在主动脉缩窄,探查狭窄处的频谱时应结合三血管—气管切面和弓部长轴切面联合评估,因为单纯弓部长轴切面为矢状切面,导管弓和

主动脉弓易重叠,尤其弓缩窄时,其内细窄的血流信号易被粗大导管内的血流信号所掩盖,不易探查到弓部缩窄处的典型频谱特征。而三血管—气管切面中导管和主动脉弓部及峡部互不重叠,故认为在此切面应用彩色多普勒引导、明确缩窄段的血流信号后,可探查到典型的弓缩窄频谱。

另外,本研究所有诊断为 COA 的胎儿出生后以横弓部发育不良与峡部局限缩窄同时存在为主(29/45, 64.44%),即病理分型的导管前型;其次为为峡部局限缩窄(11/45, 24.44%);最后为横弓部管状发育不良(5/45, 11.11%)。导管前型 COA 易合并其它心内畸形,多在婴幼儿期因心力衰竭致死<sup>[5]</sup>,随着胎儿超声心动图的应用,本研究发现在胎儿期诊断的 COA 多属于本类型,因此早期发现和诊断有利于出生后早期

及时干预,降低本病致死率。

综上所述,在采用主动脉弓部血流频谱特征诊断 COA 时,还需结合具体孕周进行评价,因 COA 胎儿在不同孕周弓部狭窄段的频谱超声表现可能不同。弓部反向血流信号不是 COA 的特有表现,故不能单一采用弓部有无反向血流信号来进行诊断。

### [参考文献]

- [1] Kenny D, Hijazi ZM. Coarctation of the aorta: From fetal life to adulthood. *Cardiol J*, 2011, 18(5):487-495.
- [2] Gómez-Montes E, Herraiz I, Mendoza A, et al. Prediction of coarctation of the aorta in the second half of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2013, 41(3):298-305.
- [3] Slodki M, Rychik J, Moszura T, et al. Measurement of the great vessels in the mediastinum could help distinguish true from false-positive coarctation of the aorta in the third trimester. *J Ultrasound Med*, 2009, 28(10):1313-1317.
- [4] Mărginean C, Mărginean CO, Muntean I, et al. The role of ventricular disproportion, aortic, and ductal isthmus ultrasound measurements for the diagnosis of fetal aortic coarctation, in the third trimester of pregnancy. *Med Ultrason*, 2015, 17(4):475-481.
- [5] 刘延玲,熊鉴然. 临床超声心动图学. 北京:科学出版社, 2001:527.
- [6] Axt-Fliedner R, Hartge D, Krapp M, et al. Course and outcome of fetuses suspected of having coarctation of the aorta during gestation. *Ultraschall Med*, 2009, 30(3):269-276.
- [7] 刘晓伟,何怡华,张焯. 胎儿心脏超声检查常见误诊与漏诊分析. *中国医学影像技术*, 2015, 31(4):593-596.
- [8] 刘晓伟,何怡华. 单纯永存左上腔静脉对胎儿心脏结构与血流动力学的影响. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(5):393-397.
- [9] Channing A, Szwast A, Natarajan S, et al. Maternal hyperoxygenation improves left heart filling in the fetus with atrial septal aneurysm causing impediment to left ventricular inflow. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2015, 45(6):664-669.
- [10] Liu X, He Y, Tian Z, et al. Persistent left superiorvena cava connected to the coronary sinus in the fetus: Effects on cardiac structure and flow dynamics. *Pediatr Cardiol*, 2016, 37(6):1085-1090.
- [11] Schmidt KG, Silverman NH, Rudolph AM. Phasic flow events at the aortic isthmus-ductus arteriosus junction and branch pulmonary artery evaluated by multimodal ultrasonography in fetal lambs. *Am J Obstet Gynecol*, 1998, 179(5):1338-1347.
- [12] Chabaneix J, Fouron JC, Sosa-Olavarria A, et al. Profiling left and right ventricular proportional output during fetal life with a novel systolic index in the aortic isthmus. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2014, 44(2):176-181.

## 《中国医学影像技术》投稿须知(一)

**1 投稿方式** 本刊已启用编辑系统,投稿请登陆本刊主页,点击左上角“作者登录”进入,首次投稿需要注册,登录编辑系统投稿,本刊不接受电子邮件投稿,软盘或信件投稿。内容包括:①作者单位推荐信和医学伦理知情同意书,推荐信中注明无一稿多投、不涉及保密、署名无争议三项,扫描上传;②正文内容,一律用宋体 5 号字,不分栏,页边距上下左右统一为 1.5 cm,以 Word 格式存储;③图片插入正文相应位置,图号不要标在图片上,标在图片下面,图片下面需要注明图号、图题、图片说明,格式为“图号 图题 图片说明”。本部通过 E-mail 告知您稿号,请谨记稿号,以便查询稿件情况。

**2 审稿及录用** 所有来稿均需经本刊编辑部初审、同行专家评议、作者修改,审稿人姓名对作者保密,投稿时作者可以提出要求回避的评审专家的姓名。本刊已启用学术不端检索系统,凡复制比达到或者超过 15% 的文章直接退稿,其余稿件根据本刊编委会评审意见、作者的修改情况以及论文质量等级,在刊出前决定稿件取舍。