

## Assessment of fetal cerebral and renal blood flow perfusion in hypoxic fetuses with three-dimensional ultrasonography

SU Shan-shan, LV Guo-rong\*

(Department of Ultrasound, the Second Affiliated Hospital of Fujian Medical University, Quanzhou 362000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application value of three-dimensional ultrasonography (3D US) in diagnosis of fetal intrauterine hypoxia. **Methods** Sixty normal singleton fetuses (normal control group) between 25 and 32 gestational weeks underwent transabdominal 3D US. Cerebral blood flow volume index (CVf), renal blood flow volume index (RVf) and the ratio of them ( $V_i = CVf/RVf$ ) were measured. The correlation between CVf, RVf,  $V_i$  and gestational age (GA) were analyzed with linear regression. Repeatability and consistency of the measurements were analyzed in 20 randomly selected fetuses from normal control group. Moreover, the CVf, RVf and  $V_i$  were measured in 13 fetuses with intrauterine hypoxia (hypoxia group) and compared with those of normal control group. **Results** ① In normal control group, CVf and RVf were both strongly correlated with GA (CVf,  $r=0.831$ ,  $P<0.05$ ; RVf,  $r=0.737$ ,  $P<0.05$ ), but there was no correlation between  $V_i$  and GA ( $r=0.015$ ,  $P=0.910$ ). ② The repeatability and consistency of CVf and RVf obtained from the same operator and different operators were both good (all ICC value  $>0.9$ ). ③ Compared with those in normal control group, CVf and  $V_i$  in hypoxia group significantly increased, while RVf significantly reduced (all  $P<0.01$ ). **Conclusion** 3D US can be used to measure CVf and RVf accurately, therefore having high application value in the diagnosis of fetal intrauterine hypoxia.

[Key words] Ultrasonography, prenatal; Ultrasonography, three-dimensional; Fetus; Blood flow volume; Hypoxia

## 三维超声检测宫内缺氧胎儿颅脑和肾脏血流灌注

苏珊珊, 吕国荣\*

(福建医科大学附属第二医院超声科, 福建 泉州 362000)

[摘要] **目的** 探讨三维超声在诊断孕中晚期胎儿宫内缺氧中的应用价值。 **方法** 应用三维超声检测 60 胎 25~32 孕周正常胎儿(正常对照组)的颅脑血流容积指数(CVf)及肾脏血流容积指数(RVf),并计算二者的比值( $V_i = CVf/RVf$ ),采用直线回归分析各测量值与孕龄的关系。随机抽取 20 胎胎儿,采用组内相关系数分析测量的重复性及一致性。以同期检出的 73 胎宫内缺氧胎儿作为缺氧组,测量其 CVf、RVf 及  $V_i$ ,并与正常对照组进行比较。 **结果** ①正常对照组 CVf 与孕龄呈正相关( $r=0.831$ ,  $P<0.05$ ),RVf 与孕龄呈正相关( $r=0.737$ ,  $P<0.05$ ), $V_i$  与孕龄无相关性( $r=0.015$ ,  $P=0.910$ );②同一医师及不同医师测量 CVf 和 RVf 的重复性及一致性良好(ICC 均  $>0.9$ );③胎儿宫内缺氧时,CVf 增加,RVf 减少, $V_i$  增大,与正常对照组比较差异均有统计学意义( $P$  均  $<0.01$ )。 **结论** 三维超声可以准确测量胎儿颅脑和肾脏血流容积,对于诊断胎儿宫内缺氧有很好的临床应用价值。

[基金项目] 国家自然科学基金(81271587),2010 年泉州市优秀人才培养专项经费(10A12)。

[作者简介] 苏珊珊(1986—),女,福建泉州人,硕士,医师。研究方向:介入性超声和彩色多普勒血流显像。E-mail: 639954415@qq.com

[通讯作者] 吕国荣,福建医科大学附属第二医院超声科,362000。E-mail: lgr\_feus@sina.com

[收稿日期] 2012-06-14 [修回日期] 2012-09-18

[关键词] 超声检查, 产前; 超声检查, 三维; 胎儿; 血流容积; 缺氧

[中图分类号] R445.1; R714.5 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2012)11-2049-04

胎儿宫内缺氧是导致新生儿窒息、围生期死亡的主要原因<sup>[1-3]</sup>, 如何评估胎儿宫内缺氧是产前超声关注的问题。目前国内学者多采用多普勒超声来评估胎儿宫内缺氧<sup>[4-5]</sup>, 但多普勒超声对声束与血流方向的夹角、速度标尺及取样容积等要求较高。已有研究<sup>[6]</sup>表明, 三维超声联合 CDFI 可以测量肾脏的血流容积。本研究采用三维超声联合体积能量多普勒血流成像技术测量胎儿颅脑和肾脏的血流容积, 并探讨其在评价胎儿宫内缺氧中的应用价值。

### 1 资料与方法

1.1 研究对象 收集 2011 年 7 月—2011 年 12 月来我院接受常规产前检查的孕妇 73 名, 年龄 23~40 岁, 平均(27.9±1.6)岁; 龄孕 25~32 周, 平均(27.4±4.3)周。以其中检出的 13 胎宫内缺氧胎儿作为缺氧组, 孕妇年龄 26~40 岁, 平均(28.3±2.0)岁, 孕龄 23~32 周, 平均(29.4±2.1)周。将符合下列条件之一者定义为胎儿宫内缺氧: ①大脑中动脉搏动指数(MCA-PI)低于相同孕周胎儿平均值两个标准差, 且脐动脉搏动指数(UmA-PI)高于相同孕周胎儿平均值两个标准差; ②MCA-PI/UmA-PI<1.08 或 MCA-RI/UmA-RI<1.0<sup>[7]</sup>。以 60 胎正常胎儿作为正常对照组, 孕妇年龄 23~36 岁, 平均(27.7±1.3)岁, 孕龄 25~32 周, 平均(27.2±1.8)周。入选标准: ①单胎妊娠; ②超声检查胎儿双顶径、头围、股骨长度等与停经孕龄相符; ③超声系统检查胎儿未见明显异常, 排除胎儿宫内窘迫; ④孕妇体质量指数(body mass index, BMI)为 20~26; ⑤排除孕妇疾病如先兆子痫、糖尿病及血管病等。所有孕妇均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Voluson 730 Expert 彩色

多普勒超声诊断仪, RAB4-8L 三维凸阵容积探头, 频率 4~8 MHz。按照美国超声医学会(AIUM)产科超声检查指南进行产前常规二维超声检查后, 显示胎儿颅脑标准双顶径平面(经丘脑切面), 即显示透明隔腔、丘脑、小脑及小脑蚓部。开启体积能量多普勒成像功能, 调整血流增益为 4.0, 调节取样框包含整个颅脑, 启动三维容积扫查功能, 角度设为 65°, 调节立体取样容积使之包括 ROI, 于胎儿相对静息时固定探头、启动自动容积扫查, 获取颅脑血流的三维容积数据库并存储(图 1、2), 存储在仪器内存中。沿胎儿脊柱纵向扫查至腰部, 显示肾脏长轴切面, 调整角度(40°)及取样容积, 获取肾脏血流的三维容积数据库并存储(图 3)。调取三维数据库, 进入 VOCAL 程序, 选择旋转步长 30°, 手工勾画表面轮廓, 软件自动后处理得到颅脑血流容积指数(cerebral blood flow volume, CVf)及肾脏血流容积指数(renal blood flow volume, RVf), 计算二者的比值( $V_i = CVf/RVf$ )。所有数据均由同 1 名医师测量。于正常对照组中随机抽取 20 胎胎儿, 由 2 名医师(随机选取医师 1 及医师 2)分别独立测量胎儿 CVf、RVf, 由医师 1 再进行第 2 次重复性测量; 分析测量结果的重复性和一致性。

1.3 统计学分析 应用 SPSS 17.0 统计软件, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。采用直线回归分析胎儿 CVf、RVf 及二者比值与孕周的关系; 对同一医师和不同医师测得的数据进行重复性和一致性分析, 采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评价测量的重复性和一致性, ICC>0.75 时认为良好。对缺氧组与正常对照组进行比较时, 先经过 *Levene* 方差齐性检验, 方差齐时采用两样本 *t* 检验, 方差不齐时采用两个

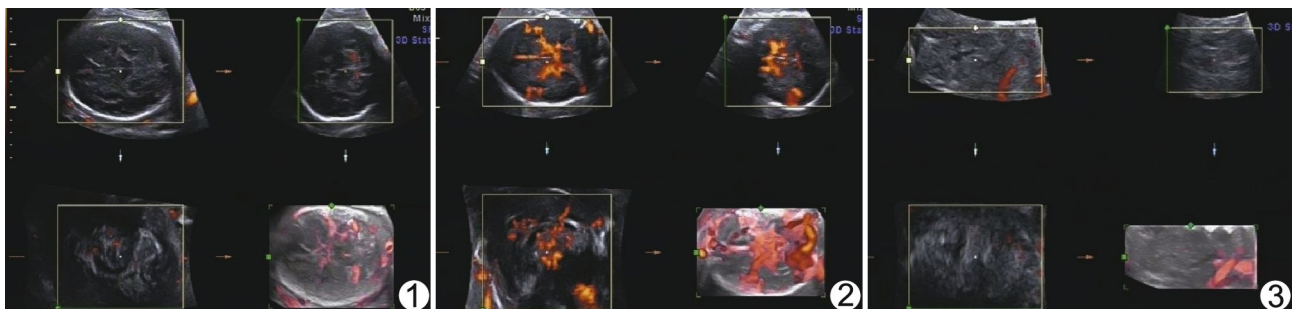


图 1 26 周正常胎儿颅脑血流的 3D 声像图 图 2 27 周缺氧胎儿颅脑血流的 3D 声像图 图 3 26 周正常胎儿肾脏血流的 3D 声像图

独立样本比较的秩和检验(Kruskal-Wallis test)。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 正常胎儿颅脑和肾脏血流灌注情况 60 胎正常胎儿 CVf、RVf 及 Vi 见表 1。正常妊娠胎儿 CVf(Y) 与孕龄(X)呈正相关,回归方程为  $Y=0.192X-3.685$  ( $r=0.831, P<0.05$ ); RVf(Y) 与孕龄(X)呈正相关,回归方程为  $Y=0.123X-2.331$  ( $r=0.737, P<0.05$ );但 Vi 与孕龄无相关性( $r=0.015, P=0.910$ )。

表 1 孕 25~32 周正常胎儿颅脑和肾脏血流灌注情况(n=60)

孕周	CVf	RVf	Vi
25~26	1.16±0.23	0.77±0.16	1.54±0.26
27~28	1.59±0.24	1.04±0.16	1.55±0.32
29~30	2.21±0.26	1.34±0.21	1.55±0.33
31~32	2.35±0.39	1.55±0.27	1.51±0.38

2.2 重复性和一致性分析 同一医师、不同医师测量的 CVf、RVf 数据的 ICC 值及其 95% 可信区间见表 2, ICC 均 > 0.75, 即重复性和一致性良好。

表 2 同一、不同医师测量的 CVf、RVf 数据的 ICC 值及 95% 可信区间

检查者	CVf		RVf	
	ICC	95%CI	ICC	95%CI
同一医师	0.971	0.94~0.98	0.959	0.93~0.98
不同医师	0.925	0.83~0.97	0.901	0.77~0.93

2.3 缺氧胎儿颅脑和肾脏血流灌注情况 缺氧组与正常对照组胎儿 CVf、RVf 及 Vi 的差异均有统计学意义(P 均 < 0.05, 表 3)。

表 3 缺氧组与正常对照组胎儿 CVf、RVf 及 Vi 对照

组别	中位数	95%参考值范围	H 值	P 值
CVf				
正常对照组	1.83	1.68~1.89	405.00	P<0.01
缺氧组	7.51	7.78~9.45		
RVf				
正常对照组	1.16	1.11~1.26	189.00	P<0.01
缺氧组	0.70	0.68~0.76		
Vi				
正常对照组	1.53	1.50~1.68	308.00	P<0.01
缺氧组	13.60	11.09~13.60		

## 3 讨论

既往以血流容积作为评价胎儿脏器血流量观察指标的相关报道<sup>[6]</sup>较少。本研究结果表明,三维超声联合体积能量多普勒测量胎儿颅脑和肾脏血流容积的重复性较高,操作方便,可建立正常胎儿 CVf、RVf 和 Vi 参考值范围,用于评价胎儿颅脑和肾脏血流灌注情况。

本研究结果显示,正常胎儿颅脑和肾脏的血流容积随孕周增加而增加,与胎儿生长发育的生理学变化相一致,即在正常情况下,随着妊娠进展,胎儿脑血管和肾血管逐渐发育、管径增粗,血流阻力指数下降,血流量不断增加,以保证胎儿生长发育的需求<sup>[5]</sup>;而 Vi 与孕周无明显相关性,即随着妊娠进展 Vi 不会发生明显改变,比值保持恒定,约为 1.5,表明整个妊娠过程中,胎儿颅脑均处于优先发育状态。

本研究结果显示,胎儿缺氧时 CVf 增加、RVf 减少、Vi 明显增大,与正常对照组的差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。胎儿缺氧激活循环及内分泌系统一系列生物物理反应。胎儿循环系统方面的反应包括心率改变、动脉压增高和心输出量的重新分配,以维持体内平衡<sup>[1]</sup>。胎儿慢性缺氧时,胎盘结构和功能发生改变,静脉回流量增多,心输出量减少,为维持心、脑、肾上腺等需优先供氧的重要器官的代谢功能,心、脑等重要脏器血管扩张、阻力下降、血流量增加;而肾脏、四肢等外周血管收缩、阻力增加、血流量减少,这一系列反应称为“脑保护效应”<sup>[8-10]</sup>。这种血流重新分配的现象可能与缺氧时心、脑组织大量生成乳酸、腺苷及前列腺素 I<sub>2</sub> 等具有血管扩张作用的物质有关。腺苷能够作用于冠状血管,易透过细胞膜进入组织液,扩张毛细血管的能力尤为显著。毛细血管密度增加可缩短血氧弥散至细胞的距离,增加细胞供氧量。同时,缺氧使体内儿茶酚胺分泌增加,促使肾素释放,继而水解产生血管紧张素 II,导致肾动脉收缩,肾血液灌注减少。

综上所述,三维超声联合体积能量多普勒能够较为准确地测量 CVf 及 RVf,直观反映胎儿颅脑和肾脏血流灌注情况,为诊断胎儿宫内缺氧提供有力证据。

## [参考文献]

- [1] Jugović D, Tumbri J, Medić M, et al. New doppler index for prediction of perinatal brain damage in growth-restricted and hypoxic fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2007, 30(3):303-311.
- [2] Cheema R, Dubiel M, Gudmundsson S. Signs of fetal brain sparing are not related to umbilical cord blood gases at birth. *Early Hum Dev*, 2009, 85(7):467-470.
- [3] Fu J, Olofsson P. Intracerebral regional distribution of blood flow

in response to uterine contractions in growth-restricted human fetuses. *Early Hum Dev*, 2007, 83(9):607-612.

[4] Fu J, Olofsson P. Fetal ductus venosus, middle cerebral artery and umbilical artery flow responses to uterine contractions in growth-restricted human pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2007, 30(6):867-873.

[5] 吕国荣,王振华,苏瑞娟,等.多普勒超声检测脐动脉和大脑中动脉血流频谱预测新生儿缺血缺氧性脑病. *中国医学影像技术*, 2005, 21(10):1552-1555.

[6] 苏瑞娟,吕国荣,何韶铮,等.三维超声测量胎儿肾脏及其血流容积与孕龄的相关性研究. *中国医学影像技术*, 2006, 22(3):449-451.

[7] Habek D, Hodek B, Herman R, et al. Fetal biophysical profile and cerebro-umbilical ratio in assessment of perinatal outcome in growth-restricted fetuses. *Fetal Diagn Ther*, 2003, 18(1):12-16.

[8] Lee SM, Park SK, Shim SS, et al. Measurement of fetal urine production by three-dimensional ultrasonography in normal pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2007, 30(3):281-286.

[9] Degani S. Fetal cerebrovascular circulation: A review of prenatal ultrasound assessment. *Gynecol Obstet Invest*, 2008, 66(3):184-196.

[10] Tchirikov M, Strohnner M, Scholz A. Cardiac output and blood flow volume redistribution during acute maternal hypoxia in fetal sheep. *J Perinat Med*, 2010, 38(4):387-392.

## Diagnosis of pulmonary artery sling with echocardiography: Case report 超声心动图诊断肺动脉吊带 1 例

姚梦云, 吕清, 谢明星, 裴敏, 周瑞涛

(华中科技大学同济医学院附属协和医院超声影像科 湖北省分子影像重点实验室, 湖北 武汉 430022)

[Key words] Pulmonary artery sling; Echocardiography [关键词] 肺动脉吊带; 超声心动描记术  
[中图分类号] R543.2; R540.45 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2012)11-2052-01

患儿女, 15 个月, 发现先天性心脏病 1 年余; 出生后无明显诱因反复阵发性咳嗽伴喘息, 哭闹时出现口周紫绀。查体: 胸骨左缘 2~4 肋间可闻及 2~3 级收缩期杂音。超声心动图: 主肺动脉(main pulmonary artery, MPA)稍宽(内径约 1.5 cm), 直接延续为右肺动脉(right pulmonary artery, RPA), 内径约 0.8 cm, RPA 起始处未见左肺动脉(left pulmonary artery, LPA), 距其起始处 0.5 cm 处发出一支血管(起始处内径约 0.6 cm)呈“之”字形迂曲向左走行; CDFI: RPA 内见收缩期前向血流信号进入该血管, 峰值流速 1.4 m/s(图 1), 同时可见房间隔缺损。CTA: LPA 异常起源于 RPA 第一分支发出前, 绕到气管后方入左肺; 右锁骨下动脉异位起源于胸主动脉、左锁骨下动脉以远处, 绕食管及气管后间隙走行; 气管重组图像示气管下段轻度受压, 双侧主支气管通畅, 双肺上叶肺气肿。诊断: 先天性心脏病: ①房间隔缺损(继发孔型); ②先天性血管畸形: 肺动脉吊带(pulmonary artery sling, PAS), 迷走右锁骨下动脉。行房缺修补、异位 LPA 移植术, 于正常 LPA 开口处未见 LPA, 呈扣样盲端, LPA 发育可, 直径约 1.0 cm, 异常起源于 RPA, 绕过气管后方到达左肺门。于近心端结扎并离断 LPA, 将其从食管后方绕至正常解剖位置, 并缝合至 MPA。术后复查 CTA: LPA 于正常解剖位置显影良好。

**讨论** PAS 是少见的先天性心血管畸形, 国内少见报道。PAS 可能起因于左侧主动脉第六弓的 LPA 发育不良, 致其发育落后于气管、支气管树; LPA 起源于 RPA, 跨过右主支气管向左穿行于气管后方到达左肺门, 形成包绕右主支气管与气管

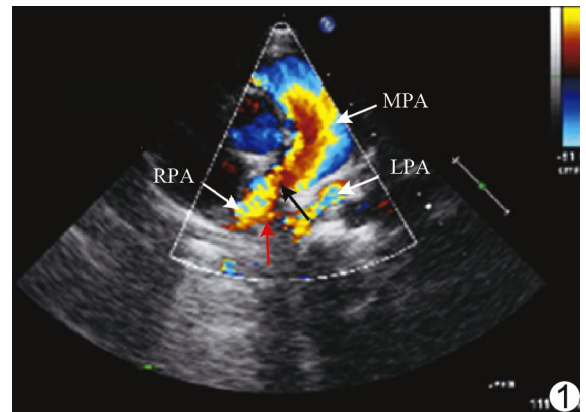


图 1 大动脉短轴根部声像图 MPA 直接延续为 RPA, 在正常 LPA 处(黑箭)未见其开口, 距 RPA 起始处 0.5 cm 处为 LPA 开口(红箭), 继之迂曲向左走行; RPA 内有收缩期血流进入该血管

下段的“吊带”, 产生压迫症状, 可伴气管和支气管畸形, 反复呼吸道感染或喂奶引起的反流吸入可使病情恶化。对此类婴幼儿需高度警惕, 尽早行超声检查, 仔细探查剑突下肺动脉长轴切面、大动脉根部短轴切面、胸骨上窝 RPA 长轴切面, 观察正常肺动脉分叉是否存在; 当 LPA 不能显示时, 应重点观察 RPA 上是否有 LPA 发出, 寻找 LPA 起源。本病常见伴发畸形有动脉导管未闭、房间隔缺损、室间隔缺损等。超声心动图常易漏诊心外血管畸形。超声虽不能完整显示 PAS 环及气管畸形与受压情况, 但能发现心内畸形及显示 LPA 异常起源于 RPA, 进而提示 PAS, 并能测量管腔内径及血流速度, 与 MSCT 等互补, 可提高早期确诊率。

[作者简介] 姚梦云(1985—), 女, 湖北襄阳人, 在读硕士。

E-mail: ymy\_xiehe@yahoo.cn

[收稿日期] 2012-06-17 [修回日期] 2012-07-08