

· 论 著 ·

## 时间-空间相关成像技术评估胎儿心脏收缩功能\*

赵 旭<sup>1,2</sup>, 杨 娅<sup>1</sup>, 李嵘娟<sup>1</sup>

(1. 首都医科大学附属北京安贞医院超声科 100029; 2. 民航总医院妇产科, 北京 100123)

**摘要:**目的 探讨时间-空间相关成像技术(STIC)评估胎儿心脏收缩功能的价值。方法 运用 STIC 技术采集 160 例健康孕妇胎儿的心动周期图像,后处理使用 VOCAL 法测量心室收缩末期和舒张末期容积,计算每搏心输出量(SV)、射血分数(EF)和每分心输出量(CO)。结果 胎儿心室收缩末期容积(VESV)、心室舒张末期容积(VEDV)、SV 和 CO 随孕周的增长而增加,射血分数(EF)不随孕周的变化而变化。胎儿右心室 VESV、VEDV、SV、CO 和 EF 均大于左心室。结论 胎儿心脏收缩功能随孕周的增长而增加,右心收缩功能优于左心。

**关键词:**超声检查,产前;超声心动描记术,多普勒;时间-空间复合成像

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2013.25.004

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2013)25-2961-03

## Evaluation of spatiotemporal image correlation on fetal cardiac systolic function in normal pregnancy\*

Zhao Xu<sup>1,2</sup>, Yang Ya<sup>1</sup>, Li Rongjuan<sup>1</sup>

(1. Department of Ultrasound, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China;

2. Department of Gynecology and Obstetrics, General Hospital of CAAC, Beijing 100123, China)

**Abstract: Objective** To investigate the evaluation value of spatiotemporal image correlation (STIC) on fetal cardiac systolic function. **Methods** The fetal cardiac cycle images were collected by the four-dimensional(4D) STIC ultrasound technique in 160 normal singleton pregnancies. The virtual organ computer-aided analysis(VOCAL) technique was used to measure the ventricular end-systolic volume (VESV) and ventricular end-diastolic volumes(VEDV). The stroke volume(SV), ejection fraction(EF) and cardiac output(CO) were calculated. **Results** VESV, VEDV together with SV and CO in normal pregnancy were increased with gestation week increase. EF remained constant with advancing gestational week. VESV, VEDV, SV, CO and EF of right ventricle were all larger than those of the left ventricle. **Conclusion** The fetal cardiac systolic function in normal pregnancy is increased with gestational age increase, the right heart systolic function is superior to the left heart.

**Key words:** ultrasonography, prenatal; echocardiography, doppler; spatio-temporal image correlation

胎儿的心脏结构与成人有很大不同,随着妊娠的进展,胎儿心脏功能的发育亦趋于成熟。胎儿超声心动图作为一项无创的诊断技术,不仅可以用来观察胎儿心脏结构,同时还可以评估胎儿心脏功能。早期发现胎儿心功能异常对于临床及时干预和评估预后具有重要意义。以往临床上多以多普勒超声、M型超声和二维超声 Simpson 法来评价心室收缩功能。文献报道,上述方法评估胎儿心脏功能重复性差<sup>[1]</sup>。2003年,一项新的胎儿心脏超声诊断技术时间-空间相关成像技术(spatio-temporal image correlation, STIC)应用于临床<sup>[2]</sup>。本文旨在探讨运用 STIC 技术评估胎儿心脏收缩功能的价值,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2011 年 4 月至 2011 年 12 月进行胎儿超声心动检查的健康妊娠孕妇 160 例,年龄 22~37 岁,孕周 20.3~36.0 周。按孕周分为小于 24 周、24~27<sup>+6</sup> 周、28~31<sup>+6</sup> 周、32~36 周 4 组。入选标准:(1)单胎妊娠;(2)胎儿生长发育与孕周相符;(3)无孕妇和胎儿的并发症,所有孕妇知情同意。

**1.2 仪器与方法** 采用 GE 公司 Voluson E8 彩色多普勒超

声诊断仪,探头为 RAB 4-8-D,频率为 4~8 MHz。三维后处理软件使用 GE 公司 4D View software version 10.0。

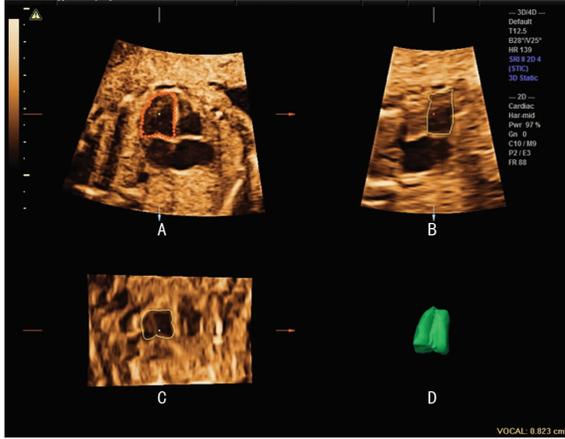
## 1.3 方法

**1.3.1 STIC 图像采集** 孕妇平躺,询问孕妇末次月经及孕早期超声结果,以核对孕周。随后测量产科常规生长指标,包括胎儿双顶径、头围、腹围、股骨等。观察胎儿无异常后进行胎儿心脏超声检查。STIC 数据采集具体方法:取胎儿满意四腔心切面,将图像放大,点击 4D 键,调整取样框位置和取样框大小,取样框的大小应尽量包括降主动脉、脊柱横断面等四腔心平面的完整胸廓内结构。根据胎儿孕周大小,容积扫描角度 20°~30°,采集时间 7.5~12.5 s。在胎儿安静状态下,嘱孕妇屏气,按下“start”键,探头自动扫描,完成三维数据的采集,并将图像存储于超声机内。

**1.3.2 STIC 后处理** 将三维 STIC 数据导入电脑进行操作分析,分析软件使用 GE 公司 4D View software version 10.0 后处理软件。首先调整 A 平面,使其显示为标准的四腔心切面,并清晰地显示二尖瓣和三尖瓣。通过调节对比度、图像大小、伪彩等来提高图像的显示效果。在 STIC 重建出的心动周期中逐幅定帧,选出收缩末期和舒张末期的图像。收缩末期定

\* 基金项目:首都医学发展科研基金资助项目(2007-2057)。 作者简介:赵旭(1966~),副主任医师,博士,主要从事胎儿心脏超声方面的研究。

义为房室瓣开放前,舒张末期定义为房室瓣关闭后<sup>[3]</sup>。应用 VOCAL 法获得每个心室收缩、舒张的 6 幅连续图像。图像起点是四腔心切面,围绕一个固定轴旋转 30°后获得下一个图像,每幅图像均采用手动描记,最后获得心室重建图像和心室容积大小。测定左(右)心室收缩末期容积 VESV、左(右)心室舒张末期容积 VEDV(图 1、2),从而计算出心搏出量(SV)=心室舒张末期容积-心室收缩末期容积;射血分数(EF)=心室舒张末期容积-心室收缩末期容积/心室舒张末期容积;心输出量(CO)=心搏出量×心率。

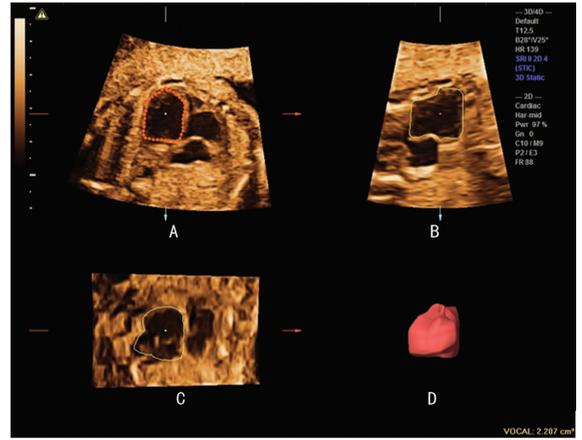


A:黄色描记线内为左心室范围;B、C:旋转过程;D:绿色图形为左心室收缩末期重建三维图像。

图 1 左心室收缩末期容积

1.4 统计学处理 采用 SAS 统计软件进行分析。本文的研

究指标均为非正态资料,因此计量资料分布使用第 50 百分位数(P50)表述集中趋势,使用第 5 和第 95 百分位数(P5 和 P95)表述离散趋势。采用 Spearman 等级相关检验对研究指标与孕周分组之间的相关关系及变化趋势进行检验。组间差异的单因素分析使用非参数检验(Wilcoxon 方法),以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。



A:黄色描记线内为左心室范围;B、C:旋转过程;D:红色图形为左心室舒张末期重建三维图像。

图 2 左心室舒张末期容积

2 结 果

2.1 胎儿左、右心室 VESV、VEDV、SV 和 CO 随孕周的增长而增加,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。但左、右心室 EF 不随孕周的增长而变化,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

表 1 胎儿心室收缩功能指标和孕周的相关性

项目	<24周(n=47)			24~27 <sup>+</sup> 6周(n=71)			28~31 <sup>+</sup> 6周(n=26)			32~36周(n=16)			Spearman 相关系数(Rs)	P
	P5	P50	P95	P5	P50	P95	P5	P50	P95	P5	P50	P95		
左室舒张末容积(mL)	0.3	1.3	2.4	0.7	1.5	3.0	2.1	3.3	6.0	2.9	4.1	10.5	0.653 03	<0.01
左室收缩末容积(mL)	0.3	0.6	1.3	0.5	0.8	1.5	1.3	1.9	3.5	1.6	2.5	7.5	0.686 12	<0.01
左室 SV(mL)	0.1	0.5	1.5	0.1	0.7	1.8	0.1	1.4	4.1	0.5	2.1	6.4	0.474 72	<0.01
左室 EF	0.2	0.4	0.7	0.2	0.5	0.7	0.0	0.4	0.7	0.2	0.4	0.6	-0.111 85	0.183 5
左室 CO(mL)	18.2	80.7	217.1	20.3	101.4	280.6	108.2	219.5	614.2	78.6	300.4	940.4	0.475 35	<0.01
右室舒张末容积(mL)	0.4	1.3	3.3	0.9	1.7	3.3	2.5	4.3	7.3	4.2	6.2	13.1	0.670 19	<0.01
右室收缩末容积(mL)	0.3	0.7	1.3	0.5	0.8	1.8	1.5	2.3	3.9	2.1	3.0	7.7	0.682 61	<0.01
右室 SV(mL)	0.1	0.5	1.9	0.2	0.7	1.8	0.8	1.7	3.4	1.4	3.1	5.5	0.570 25	<0.01
右室 EF	0.1	0.4	1.6	0.2	0.5	1.0	0.3	0.5	0.7	0.3	0.6	1.2	0.101 99	0.225 5
右室 CO(mL)	12.4	82.3	265.6	31.8	106.5	289.5	113.6	223	817.8	202.6	478.1	812.1	0.556 53	<0.01

表 2 胎儿左心室和右心室收缩功能的比较

项目	左室			右室			P
	P5	P50	P95	P5	P50	P95	
舒张末容积(mL)	0.7	1.7	6.0	0.7	1.8	7.3	<0.01
收缩末容积(mL)	0.4	0.8	3.5	0.5	0.9	3.9	<0.01
SV(mL)	0.1	0.8	2.8	0.2	0.9	3.5	0.020 5
EF	0.2	0.5	0.7	0.2	0.5	1.1	0.023 3
CO(mL)	20.3	117.5	377.2	24.6	123	519	0.035 0

2.2 组间差异的单因素非参数检验(Wilcoxon 方法)显示胎

儿右心室 VESV、VEDV 大于左心室,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );右心室 SV、CO 和 EF 亦大于左心室,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 2。

3 讨 论

先天性心脏病是新生儿和婴儿主要的死亡原因<sup>[4]</sup>,先天性心脏病包括结构缺陷和功能异常。二维超声常常用于对胎儿心脏结构的检查,对胎儿心脏功能的评价有限。近年来,STIC 逐渐应用于临床。STIC 技术将三维数据的采集与时相信息的获取结合起来,可以直接进行胎儿心脏三维超声成像<sup>[5]</sup>。其优点在于:(1)能够短时间一次性完成对胎儿心脏的数据采集,减少对胎儿的照射时间;(2)能够在脱机状态下进行回顾性的研

究、分析及诊断。STIC 技术不仅能够清晰地观察胎儿心脏结构, 准确地对胎儿先天畸形进行诊断<sup>[6-7]</sup>, 同时由于它后处理重建出的心动周期中能够逐幅定帧, 选出收缩末期和舒张末期的图像, 故它可以用来测量胎儿心室 VESV、VEDV, 从而计算出胎儿心脏收缩功能相关指标, 对胎儿心脏的功能评估较其他方法更为准确<sup>[3]</sup>。

本研究运用 STIC 技术对 160 例胎儿心脏收缩功能指标进行研究, 各指标从中孕至晚孕分别为: 左(右)心室 VEDV 1.3(1.3)~4.1(6.2)mL; 左(右)心室 VESV 0.6(0.7)~2.5(3.0)mL; 左(右)心室 SV 0.5(0.5)~2.1(3.1)mL; 左(右)心室 CO 80.7(82.3)~300.4(478.1)mL, 均随孕周的增加而增长, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。但胎儿左右心室 EF 整个孕周保持不变。Messing 等<sup>[8]</sup>运用 STIC 技术对 100 例胎儿的研究表明, 胎儿左右心室 VEDV、VESV、SV 均随孕周的增加而增长, EF 与孕周无相关性。Uittenbogaard 等<sup>[3]</sup>运用 STIC 技术对 63 例胎儿整个孕期心脏功能测定发现, 胎儿左右心室 VEDV、VESV 及左右心室 SV、CO 均与孕周正相关, 随孕周增加而增长。心室 EF 整个孕周保持不变。上述研究均与本研究结果一致。

本研究还发现, 胎儿右心室 VEDV、VESV、EF、SV 和 CO 均大于左心室, 与一些文献报道结果一致<sup>[3,8]</sup>。反映了胎儿期右心系统占优势的特点。理论上胎儿期由于无呼吸运动, 胎肺处于不张状态, 肺动脉压力增高, 右心房的血液充盈到右心室后, 少部分通过肺动脉供应肺组织, 而大部分血液(80%以上)排入动脉导管, 通过导管再排入降主动脉。因此, 在胎儿阶段右心室承担了部分大循环功能。因此, 右心室在胎儿血循环中占优势, 起主导作用<sup>[9]</sup>。

临床上通常运用 VOCAL 方法测量胎儿心室容积。一方面可以清楚地显示整个心室, 另一方面如描记不合适可以重新描记以准确测量心室容积。此外, 每幅图旋转 30°可减少后处理时间, 结果与三维超声很好相符<sup>[10]</sup>。

影响 STIC 技术成像质量的因素很多, 如胎动、孕妇腹壁厚、肋骨声影等。此外, STIC 技术三维图像的后处理需要一定的时间、经验和技巧, 操作者需要经过专门培训, 且具备一定的空间想象能力才能完成对三维图像的分析。

综上所述, 运用 STIC 技术能准确、客观地测量胎儿心室容积, 对于研究病理状态下的胎儿心功能变化将有很大帮助, 其在产科的应用前景令人期待。

#### 参考文献:

[1] Molina FS, Faro C, Sotiriadis A, et al. Heart stroke volume and cardiac output by four-dimensional ultrasound in

normal fetuses[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2008, 32(2):181-187.

- [2] Devore GR, Falkensammer P, Sklansky MS, et al. Spatio-temporal image correlation(STIC): new technology for evaluation of the fetal heart[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2003, 27(4):380-387.
- [3] Uittenbogaard LB, Haak MC, Spreeuwenberg MD, et al. Fetal cardiac function assessed with four-dimensional ultrasound imaging using spatiotemporal image correlation[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2009, 33(3):272-281.
- [4] Esh-Broder E, Ushakov FB, Imbar T, et al. Application of free-hand three-dimensional echocardiography in the evaluation of fetal cardiac ejection fraction; a preliminary study[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2004, 28(4):546-551.
- [5] 姬宏娟, 汪龙霞, 王军燕, 等. 时间-空间相关成像技术评估中孕期胎儿心功能的初步研究[J]. *中国医学影像学杂志*, 2012, 20(2):118-122.
- [6] Yagel S, Valsky DV, Messing B. Detailed assessment of fetal ventricular septal defect with 4D color Doppler ultrasound using spatio-temporal image correlation technology[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2005, 29(1):97-98.
- [7] Volpe P, Campobasso G, Stanziano A, et al. Novel application of 4D sonography with B-flow imaging and spatio-temporal image correlation (STIC) in the assessment of the anatomy of pulmonary arteries in fetuses with pulmonary atresia and ventricular septal defect[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006, 30(1):40-46.
- [8] Messing B, Cohen SM, Valsky DV, et al. Fetal cardiac ventricle volumetry in the second half of gestation assessed by 4D ultrasound using STIC combined with inversion mode[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2007, 31(2):142-151.
- [9] Williams RV, Ritter S, Tani LY, et al. Quantitative assessment of ventricular function in children with single ventricles using the Doppler myocardial performance index[J]. *Am J Cardiol*, 2000, 86(10):1106-1110.
- [10] Ruano R, Martinovic J, Dommergues M, et al. Accuracy of fetal lung assessed by three-dimensional ultrasonography[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2005, 29(7):725-730.

(收稿日期:2013-02-08 修回日期:2013-05-10)

(上接第 2960 页)

病患者<sup>131</sup>I 治疗后 3 年随访分析[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2012, 32(3):206-209.

[11] Cappola AR, Fried LP, Arnold AM, et al. Thyroid status cardiovascular risk, and mortality in older adults[J]. *JAMA*, 2006, 295(9):1033-1041.

[12] 王勤奋, 张承刚, 赵晓斌, 等. 1 003 例 Graves 病<sup>131</sup>I 治疗

临床分析[J]. *中华核医学杂志*, 2005, 25(2):108-110.

[13] 陈为民, 林天生, 浦小建. <sup>131</sup>I 治疗甲状腺功能亢进性心脏病心功能的改变[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2005, 25(5):446-447.

(收稿日期:2013-03-11 修回日期:2013-05-13)