

时空关联成像技术在正常胎儿心脏超声检查中的应用

吴 瑛, 刘 涛, 熊 奕, 臧 玲

暨南大学第二临床医学院 深圳市人民医院超声科, 广东深圳 518020

通信作者: 吴瑛 电话: 0755-25533018-2581, 电子邮件: pwuying@yahoo.com

摘要: **目的** 探讨时空关联成像 (STIC) 技术在正常胎儿心脏超声检查中的操作方法与应用价值。**方法** 110 例中晚孕期正常胎儿, 经常规超声筛查心脏未见异常。采用 STIC 技术一次性扫描获得胎儿心脏整体容积数据, 存盘后进行脱机分析: (1) 采用超声断层显像 (TUI) 模式, 通过调节层距和中心层位置, 分别显示四腔心, 左心室流出道、右心室流出道和三血管切面动态图像, 并采用评分方法比较 TUI 图像与二维超声直接获得的各切面图像质量差异。(2) 采用动态正交三平面 (MP) 模式, 通过调节切割面和正交点位置, 在 A、B、C 3 个相互垂直的平面上显示心脏节段性分析中所需要的 10 余个标准切面, 分析主要结构的静态与动态图像。**结果** 110 例胎儿心脏均获得满意的容积图像, 平均每次 STIC 扫描时间为 (55 ± 15) s。TUI 模式下可重现胎儿心脏超声筛查所需的 4 个标准切面, 各切面图像的显示合格率与二维扫描图像差异无显著性 ($P > 0.05$)。选取 39 例扫描起始切面为心尖四腔心切面的样本在 MP 模式下进行了心脏节段性分析, 在心房、心室和大动脉 3 个节段的显示中, 除房室瓣口短轴的显示合格率较低 (41%) 外, 主要解剖结构的显示合格率在 72% ~ 100%。在心室节段中, 均可显示室间隔的完整剖面。**结论** 实时三维超声成像可简化胎儿心脏图像采集的过程, 减少对操作经验的依赖和对胎儿心脏的超声照射时间。

关键词: 实时三维超声成像; 时空关联成像; 超声断层显像; 胎儿心脏

中图分类号: R730.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-503X(2008)01-0075-05

Application of Spatio-temporal Image Correlation in Normal Fetal Heart Ultrasonography

WU Ying, LIU Tao, XIONG Yi, ZANG Ling

Department of Ultrasound, Shenzhen People's Hospital, the Second Affiliated Hospital of Jinan University, Shenzhen, Guangdong 518020, China

Corresponding author: WU Ying Tel: 0755-25533018-2581, E-mail: pwuying@yahoo.com

ABSTRACT: Objective To explore the clinical application of real-time three-dimensional ultrasonography in the routine scanning of normal fetal heart. **Methods** A total of 110 volume datasets of normal fetal hearts in the second trimester were acquired by spatio-temporal image correlation (STIC). An off-line analysis of acquired volume datasets was performed to examine each segment of fetal heart with tomographic ultrasound imaging (TUI) and dynamic multi-planar mode (MP). The re-slice images of four-chamber view, ventricular outflow tract views, and the three vessels plane were viewed with TUI. The quality of images obtained from TUI was compared with the conventional 2D imaging mode. The volume datasets were displayed interactively with MP as a series of three-orthogonal planes. The dynamic loops of one cardiac cycle were preformed by navigating the pivot point and rotational axis and shifting each re-slice image plane inside the volume datasets. **Results**

Satisfactory gray-scale volume acquisitions were accomplished in 110 cases. The average STIC scanning time of fetal heart was (55 ± 15) s. An offline analysis showed that four standard planes of 2D routine screening for fetal hearts were easily obtained by TUI. The quality of the images derived from volume datasets were comparable to that directly obtained from 2D echocardiography. The visualization rate had no significant difference between TUI and routine 2D screening ($P > 0.05$). In MP mode, 39 cases with the starting plan of apical four-chamber view were obtained. Each segment of fetal heart was almost visualized off line, both in a frozen state and with heart in motion to fulfill sequential segmental analysis in fetal cardiac anatomy. The 72% - 100% main features of atria, ventricles, aorta, and the junction segments were viewed with MP by adjusting the three-dimensional volume datasets, whose quality and contents met the expectations of off-line segmental analysis of normal fetal heart. A sagittal section of ventricular septum was obtained in the offline analysis, which was an unconventional view in 2D echocardiography. **Conclusion** Real-time three-dimensional ultrasonography can be applied for off-line segmental analysis of normal fetal hearts in the second trimester.

Key words: real-time three-dimensional ultrasonography; spatio-temporal image correlation; tomographic ultrasound imaging; fetal heart

Acta Acad Med Sin, 2008, 30(1):75-79

二维超声成像是目前筛查和确诊胎儿先天性心脏病的唯一手段, 在降低出生胎儿心脏缺陷方面发挥了重要作用, 但其临床应用仍存在一些问题。一方面, 由于胎儿心脏体积小、心率快、结构复杂, 加之先天性心脏病种类繁多, 操作难度大, 因此没有经过专业培训的超声医生难以胜任; 另一方面, 由于检查耗时较长, 胎儿心脏可受到较多超声照射, 其潜在的生物学效应尚处于不确定中。本研究应用实时三维超声时空关联成像 (spatio-temporal image correlation, STIC) 对正常胎儿心脏进行超声检查, 探讨其成像方式及应用价值。

对象和方法

对象 2006年5月~2006年10月在我院经超声筛查心脏未见异常的110例中晚孕期胎儿, 平均胎龄 (24.3 ± 1.6) 周 (22~39周)。孕妇平均年龄 (25.1 ± 2.3) 岁 (21~32岁), 均无高危因素。

仪器 采用GE公司VOLUSON 730 Expert彩色多普勒超声诊断仪, 二维/三维容积探头频率4~8MHz。采用GE公司的4D view成像软件进行容积数据的脱机分析。

数据采集方法 首先在2D模式下采集胎儿心脏筛查所需要的4个标准切面 (四腔心, 左心室流出道、右心室流出道和三血管切面)。尔后进入3D/4D模式, 在清晰显示心尖四腔心切面后, 将图像放大至1.7倍左右, 启动STIC功能, 容积探头自动扫描

采集整个心脏的容积数据。采集时间设为10~12.5s, 扫描角度为 $30^\circ \sim 35^\circ$ 。实时图像存盘后待脱机分析。

脱机成像分析 (1) 采用超声断层显像 (tomographic ultrasound imaging, TUI) 模式, 通过调节层距和中心层位置, 分别显示四腔心, 左、右心室流出道和三血管切面图像, 并采用评分的方法比较TUI图像与二维超声直接获得的各切面图像质量的差异: 1分: 为不能显示标准图像; 2分: 可显示图像, 但回声模糊, 不能获得必要的诊断信息; 3分: 图像显示良好, 可提供一定的诊断信息; 4分: 图像显示清晰, 可提供充分完整的诊断信息。3分以上为图像显示合格。由两位有经验的医生共同评分。(2) 采用动态正交三平面 (multi-planar, MP) 模式, 通过调节切割面和正交点位置, 在A、B、C3个相互垂直的平面上显示心脏节段性分析中所需要的10余个标准切面, 分析主要结构的静态与动态图像。

心房方位判定: A平面调整为标准四腔心时, 将Y轴置于右侧心房内近房间隔侧, B平面上如显示上下腔静脉与右心房的矢状切面, 则可判定该心房为右心房。尔后在B平面上, 将正交点沿下移至下腔静脉肝内段, 则A平面同步显示为胎儿上腹部横切面。结合A、B平面, 可观察下腔静脉与腹主动脉的位置关系, 以及肝脏与胃泡的左右位置关系, 借以确定心房方位。

心室节段显示: A平面上, 将Y轴与室间隔中线完全重合, B平面上则同步显示为室间隔的正中

矢状切面，可以完整显示整个室间隔纵剖面。尔后将 X 轴移至室间隔中下部，C 平面则出现两心室短轴切面。在此切面上可以观察两心室的形态，借以判定心室祥的方位。X 轴移至房室瓣口水平时，C 平面显示为瓣口的短轴切面，可以观察瓣膜启闭运动及瓣口形态变化。

动脉圆锥段显示：(1) 左心室流入道-流出道切面的获得：A 平面上，将正交点置于四腔心切面二尖瓣环中心，顺时针旋转 Z 轴，至左心室心尖重叠于 Y 轴上，然后向右侧旋转 Y 轴约 45°（使 C 平面上室间隔由垂直状态变成约 45° 倾斜），A 平面上即可以显示左心室流入道-流出道切面。(2) 右心室流入道-流出道切面的获得：同理，A 平面上，将正交点置于四腔心切面三尖瓣口中心，旋转 Z 轴，将右心室心尖置于 Y 轴上，向左侧旋转 Y 轴约 45° 即可显示右心室流入道-流出道切面。

大动脉交叉关系显示：A 平面显示右心室流入道-流出道切面时，B 平面同时显示为右侧房室长轴切面。在 B 平面上旋转 Z 轴，使室间隔与 Y 轴夹角约 45° 时，则 A 平面变化为心底短轴切面。在 A 平面上将正交点移至主动脉内，B 平面可显示左心室流入道-流出道切面。在两个相互垂直的平面上，一个平面显示左心室流入道-流出道-升主动脉，另一个平面显示右心房-右心室-肺动脉干及左、右肺动脉分叉，则两条大动脉起始处的垂直交叉关系可以确定。

动脉导管弓和主动脉弓的显示：A 平面上，将图像调整至胎儿“仰卧位”，即胸骨在正上、脊柱位

于正下方。将正交点移至主动脉内，则在 B、C 平面上分别可显示主动脉的长轴图像。在 A 平面上左右转动 Z 轴，可分别显示肺动脉导管弓及主动脉弓。

统计学处理 采用 SPSS13.0 统计软件，图像合格率比较采用配对 χ^2 检验，图像等级评分比较采用配对秩和检验， $P < 0.05$ 提示有统计学意义。

结 果

110 例胎儿心脏均获得满意的容积图像，平均每次 STIC 扫描时间为 (55 ± 15) s。TUI 模式下可重现胎儿心脏筛查所需切面（图 1）。配对卡方检验显示，在胎位相同的条件下，二维超声显示的 4 个筛查切面与 TUI 重现的各切面合格率差异均无显著性 ($P > 0.05$)（表 1）。对二维超声与 TUI 重现各切面的图像质量的配对秩和检验显示，TUI 重现四腔心切面图像评分明显高于二维图像 ($P < 0.05$)，其余各切面的评分两者相比差异均无显著性 ($P = 0.13 \sim 0.84$)（表 2）。

在纳入研究的样本中，选取 39 例扫描起始切面为心尖四腔心切面的样本在正交三平面模式下进行心脏节段性分析（图 2），结果显示，在心房、心室和大动脉 3 个节段中，除房室瓣口短轴显示合格率较低（41%）外，主要解剖结构的显示合格率为 72% ~ 100%。其中在心室节段中，均可显示室间隔的完整剖面，此为常规二维超声所不能获得的切面。

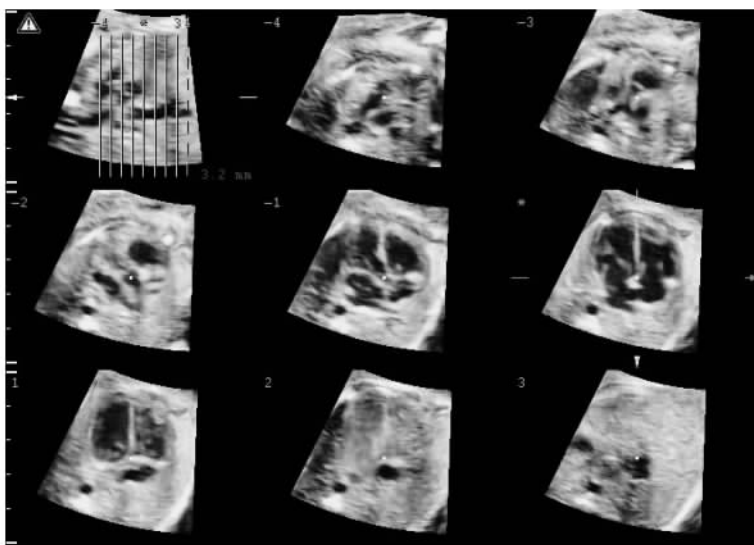


图 1 超声断层显像显示胎儿心脏

Fig 1 The views of fetal heart with TUI

表 1 相同胎位条件下二维超声与 TUI 重现各切面显示合格率比较

Table 1 Comparison of the visualization rate of each view between 2D and TUI under the same fetal position

显示切面 Views	n	2D		TUI		P
		n	%	n	%	
四腔心切面 Four chamber view	67	66	98.5	67	100	1
左心室流出道切面 Left ventricular outflow	45	43	95.6	40	88.9	0.688
右心室流出道切面 Right ventricular outflow	45	39	86.7	36	80.0	0.581
三血管切面 Three vessels plane	32	31	96.9	27	84.4	0.219

2D: 二维超声; TUI: 超声断层显像

2D: two-dimensional ultrasound; TUI: tomographic ultrasound imaging

表 2 同样胎位条件下常规二维切面与 TUI 重现各切面评分

Table 2 Comparison of the ultrasonic scores of each view between 2D and TUI under the same fetal position

(M)

显示切面 Views	n	2D scores	TUI scores	P
四腔心切面 Four chamber view	67	3	4	0.000
左心室流出道切面 Left ventricular outflow	45	3	3	0.843
右心室流出道切面 Right ventricular outflow	45	3	3	0.786
三血管切面 Three vessels plane	32	3	3.5	0.128

讨 论

实时三维超声成像指三维空间加时间维度成像^[1], 而 STIC 技术则是一种专用于胎儿心脏实时三维超声成像的新技术, 它将三维数据的采集与时相信息的获取结合起来, 只需将探头固定在胎儿心脏的某一切面, 扫描过程就自动完成, 可一次性完成对整个胎儿心脏的三维数据采集^[2]。再配合专用的分析软件, 采用不同的模式对所获取的三维数据进行脱机分析, 使离线状态下胎儿心脏筛查与节段分析成为可能。本研究结果显示, STIC 技术平均每次采集时间少于 1min, 可大大减少胎儿心脏的超声照射时间。

TUI 模式是从胎儿心脏的三维图像中抽出 8 个相互平行的横断面, 加上左上角矢状面定位图, 9 幅图像以九宫格的形式在屏幕上同时展现。本研究显示应用 TUI 模式可使操作者直接观察到胎儿心脏从四腔心至三血管切面的连续变化, 方法简便易行。与二维超声直接获得的各切面比较, TUI 模式下所重现的各切面图像质量无明显差别, 完全可以满足胎儿心脏筛查的需要。二维超声检查需要变换声束方向以寻找需要的切面, 而 STIC 技术能一次完成对整个心脏的数据采集, 可以在孕妇离开后再进行离线 TUI 分析, 不仅简化了图像采集的过程, 而且减少了对操作经验的依赖, 提高了工作效率。因此, TUI 有望

成为实施胎儿心脏超声筛查的新方法。

MP 模式是三维图像的最基本成像模式, 是以相互垂直的 x、y、z 3 个二维平面来分别显示所观察部位的立体结构, 观察角度可以任意调节。MP 模式视野开阔, 操作简便, 可帮助初学者更好的理解某些复杂结构的空问关系。本研究利用此成像模式, 结合先天性心脏病节段性分析法^[3,4], 逐个节段重现胎儿超声心动图检查所需要的 10 余个标准切面, 同时探索出二维超声难以显示的非常规切面 (如室间隔纵剖面)。通过使用 MP 模式, 不再需要各个切面逐一扫描和显示, 离线分析使医师不受时间限制, 任意自由的切割图像在诊断先心病方面有重要的意义。同时, 三维图像数据可以长期完整的保留胎儿心脏及周围软组织的结构回声和血流信息, 便于进行回顾分析、集体会诊和教学管理等, 避免了多次召回孕妇重复检查的不便。

胎儿心脏实时三维成像过程中干扰因素较多, 如肋骨声影、彩色多普勒的帧频和角度依赖性, 以及成像过程中胎儿大幅度的随机运动、心率的快速不规则变化都会形成相应的伪像。STIC 技术虽然简化了图像采集过程, 但应用不同的模式对三维数据进行后处理同样需要一定的时间、经验和技巧, 且三维图像中的结构难免会有所重叠, 操作者仍需要经过专门培训, 并十分熟悉胎儿心脏的解剖结构, 还要具备一定的空间想像能力才能完成对三维图像的分析。因此, 由三维超声图像中重现出的二维切

面, 能否满足诊断胎儿心脏畸形的要求还缺乏进一步的研究。加之四维超声设备较昂贵, 也使胎儿心脏四维超声成像技术暂时难以普及。

(本文图2见插图第3页)

参 考 文 献

- [1] Goncalves LF, Espinoza J, Romero R, *et al.* Four-dimensional ultrasonography of the fetal heart using a novel tomographic ultrasound imaging display [J]. *J Perinat Med*, 2006, 34(1):39-55.
- [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, 22(4):380-387.
- [3] 王新房, 王加恩. 超声心动图学 [M]. 第3版. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 591-600.
- [4] 刘涛, 吴瑛, 熊奕. 等. 动态正交三平面法在胎儿心脏节段分析中的应用 [J]. *中国超声医学杂志*, 2007, 23(8):615-617.

(2007-09-04 收稿)