

时间-空间相关成像(STIC)技术的各种成像模式在胎儿心脏检查中的应用

钱晓芹 综述 杨斌 审校

(1. 扬州大学医学院临床医院 超声科, 江苏 扬州 225000; 2. 南京军区总医院 超声科, 江苏 南京 221000)

STIC 技术从每一个心动周期搏动时所能展示的三维影像的电影回放中获得胎儿心脏的数据^[1], 其探头连续扫描感兴趣区, 获得 1 个由大量连续二维切面组成的三维资料。只需将探头固定在胎儿心脏的某一切面, 就可以一次性地自动完成对整个胎儿心脏的扫描^[2], 然后进行脱机分析, 将获得的容积数据集进行切割和平移, 再现一系列胎儿心脏切面。

STIC 技术比常规二维超声能提供更多的心脏解剖结构的切面和信息, 简化了图像采集的过程, 减少了对检查者经验的依赖。Yagel 等^[3] 研究认为, STIC 技术的另一优势就是可以从脱机分析以减少胎儿心脏长时间的重复的暴露在超声照射下。同时, 三维图像数据可以长期完整地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^[4,5], 避免了多次重复检查的不便。Vinals 等^[6] 将 49 例孕 11~14 周胎儿的心脏三维容积数据通过互联网分别传送给两位有丰富 STIC 应用经验的专家, 运用多平面法、超声断层显像等模式进行分析, 两份分析结果显示无明显差异性。

STIC 技术有多种成像模式, 包括重建模式、剖面模式、X 线断层超声波成像模式(TUI 模式)、容积分析模式(Volume analysis 模式), 且每一种模式都可以和彩色多普勒、能量多普勒、B-FLOW 技术联合应用。医师可以根据不同的研究目的选择一种或多种成像模式进行后期脱机分析, 从而实现了对心脏解剖结构的显示和先心病的诊断。目前对于以上各种模式成像的报道, 现综述如下:

1. 重建模式(Render 模式), 在这一模式下提

供: ①表面重建模式; ②反转重建模式; ③玻璃体重建模式。

Yagel 等^[7] 利用表面重建模式联合彩色多普勒清晰地显示了胎儿室间隔缺损, 并且可以帮助准确定位室间隔缺损的空间方位, 准确测量室缺的大小。Hata 等^[8] 利用反转重建模式研究了 12 例正常胎儿和 7 例先心病胎儿的心脏。他们认为, 这种模式提供了一个评估胎儿心脏流出道的方法, 可以协助评估左右心室和大血管之间的空间关系, 以及主肺动脉管径的差异。此外, 反转模式比常规超声检查所获得的图像更容易辨别, 可能成为未来胎儿心脏研究和胎儿先心病评价的重要方式。Messing 等^[9] 应用反转重建模式联合计算机容积辅助自动测量技术(VOCAL), 测量了 100 例中晚期胎儿的心功能, 使用手动测量, 图像每次旋转角度 15 度, 测量左右心室舒张末期容积(EDV)和收缩末期容积(ESV), 心搏出量(SV)。应用上述方法, 他们测量的 LEDV 的范围从妊娠中期的 0.53 cm^3 到妊娠末期的 3.96 cm^3 ; LESV 的范围从妊娠中期的 0.17 cm^3 到妊娠末期的 1.56 cm^3 ; REDV 的范围从妊娠中期的 0.68 cm^3 到妊娠末期的 5.44 cm^3 ; RESV 的范围从妊娠中期的 0.26 cm^3 到妊娠末期的 2.29 cm^3 ; SV 的范围从妊娠中期的 0.78 cm^3 到妊娠末期的 5.5 cm^3 ; 左心室的 EF 从 $42.5\% \sim 86\%$, 他们认为: STIC 技术中的反转重建模式可以提供一种更简便、重复性更好的方法来估测胎儿心室容积。这种创新的方法^[9,10] 可能会增加心脏容积和功能的整体评估, 并改善我们对正常和不正常心脏结构的认识, 以及我们对心脏病变预后及严重程度的认识。

2. 剖面模式(Section planes 模式),在这一模式下提供:①多平面成像模式;②omniView 模式,③壁龛模式,此模式无需进行三维重建,它主要获取二维超声不能得到的冠状面的回声信息,可以清楚地显示目标区域各个切面的形状与结构。

DeVore 等^[11]报道了运用多平面法及“旋转”技巧从容积数据库中获得任意二维超声切面图,但其操作过于复杂,初学者不易掌握。国内刘涛等^[12,13]应用多平面模式检查胎儿心脏,通过调节三维容积数据库,72%~100%的心房、心室、大动脉以及大动脉连接在多平面模式下都具有可视性,且图像的质量能够满足正常胎儿心脏解剖结构脱机分析的需要。最重要的是,在这一模式下可以获得室间隔的矢状切面,这一切面在常规二维超声不能轻易获得。Rizzo 等^[14]提出了一个更为简便的调节方法来显示四腔心及左、右心室流出道切面,称之为“三步法”,并运用此方法对 112 例正常胎儿及 10 例先天性心脏病胎儿进行了对照分析,结果显示在平均 4 min 内四腔心及左、右心室流出道切面显示率均超过 80%,50%~70%的先心病被正确检出。

3. X 线断层超声波成像模式(TUI 模式),这一模式是多平面成像模式的延伸发展^[13],在这一模式下可查看容积中的平行分层图像,它提供:①TUI 标准成像模式;②VCAD 心脏模式,此模式可自动生成胎儿心脏的多个视图以便于诊断,按不同的数字按钮可直接查看左室右室流出道、静脉、主动脉等。TUI 技术的特点在一定程度上消除了胎儿间差异的影响,将感兴趣切面连贯地显示于同一幅图上更增加了该技术的可信性^[16]

TURAN 等^[17]将 STIC-TUI 技术用于 12~19 周妊娠早期胎儿心脏的检查,得出以下结论:①融合影像联合彩色多普勒,在初期妊娠检查先心病方面显示出极大的优势,选择 TUR 在 1 mm 以下,可以获得早期妊娠胎儿心脏图像更精确的解剖结构。②运用这一技术,从可辨别的四腔心开始,个体标志的显示率从 89.7%~99.1%,所有的结构在 85%的患者全部显示,所有的检查都在规定的时间内完成。因而他们认为,早期妊娠胎心行 STIC-TUI 检查是可行的,能提供胎儿心脏解剖的一个很好的描述。

DeVore 等^[11]研究也认为,STIC-TUI 技术能提供显示微细胎儿心脏结构最适宜的探头扫查结构技术,在早期妊娠阶段这一点更重要。STIC-TUI 技术使得胎儿心脏检查更少的依赖操作者,使用标化的 STIC-TUI 可以超越技术,数据的脱机分析允许重新切割图像及优化心血管标志。因而 TUI 技术用于早期妊娠胎儿心脏检查具有广阔的前景。Goncalves 等^[18]将 STIC-TUI 技术用于 195 例中晚期妊娠胎儿心脏的检查,得出以下结论:在灰阶模式下四腔心、五腔心、三血管及气管平面的显示率分别为 97.4%、88.2%、79.5%;联合彩色多普勒后显示率分别为 98.2%、97%、83.6%;与产后超声诊断对比,超声断层显像诊断先心病的符合率约 73.3%。Paladini 等^[19]利用该模式对 103 例先天性心脏病胎儿进行分析后提出,胎龄与层距呈线性相关,并得出不同孕周的平均最佳层距,其中孕 20~24 周平均层距约为 2.82 mm。Vinals 等^[20]曾将类似的方法引入胎儿完全型大动脉转位的诊断中,认为此方法可以清晰、准确地显示胎儿心脏的特征,有助于大动脉转位的诊断。

Cohen L 等^[21]应用 SonoVCAD 技术检查了 100 例妊娠 18~22 周胎儿心脏,分析这一技术能不能获得令人满意的图像,由四个评价者进行独立评价。结果显示所获得的满意的图像的概率相差很大,例如胃,常常可以获得满意的图像,而其他图像,比如动脉导管弓,常常不能获得满意的图像。其中 43%~65%胎心获得了令人满意的四腔,左心室流出道,右心室流出道的图像。他们认为在中期妊娠应用 VCAD 技术扫查心脏,能获得满意图像的概率不高,这还与孕妇的体型和胎位有关。

4. 容积分析模式(Volume analysis 模式),其优势在于为临床准确定量胎儿心腔的容积提供了新的途径,测量时不受被测结构的不规则形态的影响,有较高的准确性和可重复性。近年来新问世的超声容积自动测量技术(sonography-based automated volume count, SonoAVC)能自动完成心室腔铸型及得出容积数值^[21,22]。

Rizzo 等^[23]分别用虚拟器官计算机辅助容积测量技术(Vocal 技术)和超声容积自动测量技术

(SonoAVC)测量胎儿心室容积的可靠性,结果显示两者之间有高度的相关性及可靠性。超声容积自动测量技术是一个估算胎儿心搏量的新方法,并有望迅速成为首选方法。Molina 等^[24]利用该方法对 140 例正常胎儿心脏的搏出量进行了测量,结果显示左右心室每分搏出量随孕周增加而增加,右、左心室搏出量之比随孕周变化显著。Messing 等^[9]运用三维超声对先心病胎儿心功能进行测量,其中 1 例严重肺动脉狭窄,在二维超声切面上仅发现右心室比左心室稍小,但应用三维技术测量发现容积比同孕龄胎儿明显减小,右心室总搏出量低于同期胎儿,产后经心导管检查证实。

但是,现阶段 STIC 技术还存在一些不足:①虽然能够同时显示心脏 3 个相互垂直的切面,但由于目前分辨力的限制,C 平面的显示仍不够理想;②三维数据采集受胎儿体位、扫查参数的设置等多种因素影响;③经验不足的医生在进行图像后处理时可能会需要较长时间。但该技术对胎心照射时间短的优点已经得到了肯定,在以后的工作中超声医生只要不断积累经验,就可减少后处理时间,提高工作效率。

参 考 文 献

- [1] Goncalves LF, Lee W, Chaiworapongsa T, et al. Four-dimensional ultrasonography of the fetal heart with Spatio-temporal image correlation[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2003, 189(6): 1792-1802.
- [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] Yagel S, Cohen SM, Messing B. First and early second trimester fetal heart screening[J]. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2007; 19:183-190.
- [4] 刘涛,吴瑛.实时三维.超声:胎儿心脏成像的新视窗[J].*中国医学影像技术*,2007,23(1): 151-153.
- [5] Devore G, Falkensammer P, Sklansky MS, et al. Spatiotemporal image correlation (STIC): new technology for evaluation of the fetal heart[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2003,22: 380-387.
- [6] Vinals F, Ascenzo R, Naveas R, et al. Fetal echocardiography at 11 + 0 to 13 + 6 weeks using four-dimensional spatiotemporal image correlation telemedicine via an Internet link: a pilot study[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2008, 31: 633-638.
- [7] 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, 25: 97-98.
- [8] Hata T, Tanaka H, Noguchi J, et al. Four-dimensional volume-rendered imaging of the fetal ventricular outflow tracts and great arteries using inversion mode for detection of congenital heart disease[J]. *J Obstet Gynecol Res*, 2010, 36 (3): 513-518.
- [9] 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; 30: 142-151.
- [10] Espinoza J, Goncalves LF, Lee W, et al. A novel method to improve prenatal diagnosis of abnormal systemic venous connections using three- and four dimensional ultrasonography and 'inversion mode' [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*,2005(25): 428.
- [11] DeVore GR, Polanco B, Sklansky MS, et al. The "spin" technique: a new method for examination of the fetal outflow tracts using three-dimensional ultrasound [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2004, 24(1): 72-82.
- [12] 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.
- [13] Wu Y, Liu T, Xiong Y, et al. Application of spatio-temporal image correlation in normal fetal heart ultrasonography[J]. *Chinese Academy of Medical Sciences University*, 2008, 30 (1): 75-79.
- [14] Rizzo G, Capponi A, Muscatello A, et al. Examination of the Fetal Heart by Four-Dimensional Ultrasound with Spatiotemporal Image Correlation during Routine Second-Trimester Examination: The 'Three-Steps Technique' [J]. *Fetal Diagn Ther*, 2008, 24(2): 126-131.
- [15] Gonc LF, Lee W, Espinoza J, et al. Examination of the fetal heart by four-dimensional (4D) ultrasound with spatio-temporal image correlation (STIC) [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006; 27: 336-348.
- [16] Abuhamad A, Falkensammer P, Zhao Y. Automated sonography: defining the spatial relationship of standard diagnostic fetal cardiac planes in the second trimester of pregnancy[J]. *J Ultrasound Med*, 2007, 26(4):501-507.

- [17] Turan S, Turan OM, TY-Torredes K, et al. Standardization of the first-trimester fetal cardiac examination using spatiotemporal image correlation with tomographic ultrasound and color Doppler imaging[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2009, 33: 652-656.
- [18] 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.
- [19] Paladini D, Vassallo M, Sglavo G, et al. The role of spatiotemporal image correlation (STIC) with tomographic ultrasound imaging (TUI) in the sequential analysis of fetal congenital heart disease [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006, 27(5): 555-561.
- [20] Vinals F, Ascenzo R, Poblete P, et al. Simple approach to prenatal diagnosis of transposition of the great arteries[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006, 28(1):22-25.
- [21] Cohen L, Mangers K, Grobman WA, et al. Three-dimensional fast acquisition with sonographically based volume computer-aided analysis for imaging of the fetal heart at 18 to 22 weeks' gestation[J]. *J Ultrasound Med*, 2010, 29(5):751-757.
- [22] Tutschek B, Sahn DJ. Semi-automatic segmentation of fetal cardiac cavities: progress towards an automated fetal echocardiogram[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2008, 32(2):176-180.
- [23] Rizzo G, Capponi A, Pietrolucci ME, et al. Role of sonographic automatic volume calculation in measuring fetal cardiac ventricular volumes using 4-dimensional sonography: comparison with virtual organ computer-aided analysis[J]. *J Ultrasound Med*, 2010, 29(2):261-270.
- [24] 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.

编辑:陈萍

(收稿日期:2010-7-14)

读者 · 作者 · 编者

本刊对照片及图像的要求

照(图)片每3张图单独占1页,集中附于文后,分别按其在正文中出现的先后次序连续编码。每张照(图)片均应有必要的图题及说明性文字置于图的下方,并在注释中标明图中使用的全部非公知公用的缩写;图中箭头标注应有文字说明。大体标本照片在图内应有尺度标记,病理照片要求注明特殊染色方法和高、中、低倍数。照片要求有良好的清晰度和对比度,并在背面标明图号、作者姓名及图的上下方向。说明文字应简短,不应超过50字,所有的图在文中相应部分应提及。电子图片采用jpg格式,分辨率不低于300像素/英寸,并应经过剪切后充分显示关键部分。

动态图像分别按其在正文中出现的先后次序连续编码,文中应标记为“动态图×”。视频资料要求图像清晰稳定,剪接顺畅,保持可能获得的最高清晰度模式,视频文件采用AVI格式,大小在5M以内。每个文件名均应与文中的名称相符,如“动态图×”。

中国产前诊断杂志(电子版)编辑部