

# 电子时空影像关联技术在胎心检查中的应用价值

王 彧, 齐 禹, 张 颖

(中国医科大学附属盛京医院超声科, 辽宁 沈阳 110004)

**摘要:**【目的】比较电子时空影像关联(eSTIC)技术与常规时空影像关联(STIC)技术在显示胎儿心的结构中的应用价值。【方法】随机选取的2018年1月至2019年12月在我院进行产前胎心超声检查的180名孕妇。由一名经过培训的超声医生分别使用STIC与eSTIC技术获取入组胎儿心的容积数据并存储。由另两名经验丰富的超声医生对获取的容积数据进行线下分析,比较两种容积数据对正常心结构的显示率。【结果】eSTIC技术对胎儿四腔心切面(93.33% vs. 78.33%)、左室流出道切面(87.22% vs. 75.56%)、右室流出道切面(78.89% vs. 66.11%)、三血管-气管切面(84.44% vs. 70.56%)、主动脉弓切面(72.78% vs. 60.00%)、动脉导管弓切面(81.11% vs. 63.33%)、室间隔三维重建切面(81.67% vs. 60.56%)、房室环重建切面(68.33% vs. 51.11%)的显示率及心内各结构平均显示率(80.97% vs. 65.69%)均明显高于STIC技术,差异有统计学意义(均 $P<0.01$ )。【结论】eSTIC技术获取的容积数据比STIC能提供更清晰的结构信息。eSTIC技术可以作为二维扫查的有效补充,提供二维难以直接显示的心结构,辅助临床诊断。

**关键词:** 电子空间时间相关成像技术; 产前诊断; 胎儿心脏; 容积数据

中图分类号: R445.1; R714.5

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2020)05-0781-07

## Application Value of Electronic Spatiotemporal Image Correlation Technique in Fetal Heart Examination

WANG Yu, QI Yu, ZHANG Ying

(Department of Ultrasound, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, China)

Correspondence to: ZHANG Ying; E-mail: baougoubei@hotmail.com

**Abstract:** 【Objective】 To compare the application value of electronic spatiotemporal image correlation (eSTIC) technology and conventional spatiotemporal image correlation (STIC) technology in displaying fetal heart structure. 【Methods】 A total of 180 pregnant women who underwent prenatal fetal cardiac ultrasound in our hospital from January 2018 to December 2019 were randomly selected. A trained sonographer used STIC and eSTIC technology to obtain and store volume data of the enrolled fetal hearts, respectively. Another two experienced sonographer performed an offline analysis of the obtained volume data and compared the display rates of the two volume data on normal cardiac structures. 【Results】 The visualization rate of fetal four-chamber view (93.33% vs. 78.33%), left ventricular outflow tract view (87.22% vs. 75.56%), right ventricular outflow tract view (78.89% vs. 66.11%), three-vessel trachea view (84.44% vs. 70.56%), aortic arch (72.78% vs. 60.00%), ductal arch (81.11% vs. 63.33%), 3D rendering of complete intracardiac septa (81.67% vs. 60.56%), 3D rendering of atrioventricular annulus (68.33% vs. 51.11%) and the average number of recognitions (80.97% vs. 65.69%) obtained by eSTIC were all significantly higher than those of STIC (all  $P<0.01$ ). 【Conclusions】 The volume data obtained by eSTIC technology can provide clearer structural information than STIC. The eSTIC technology can be used as an effective supplement to the two-dimensional scan clinically.

**Key words:** electronic spatiotemporal image correlation technique; prenatal diagnosis; fetal heart; volume data

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2020, 41(5): 781-787]

收稿日期: 2020-04-24

基金项目: 沈阳市科学技术计划项目(F16-206-9-11); 中国医科大学青年骨干支持计划(指导计划类)项目(QGZD2018065)

作者简介: 王彧, 硕士, 主治医师, 研究方向: 胎儿心超声诊断, E-mail: sea\_186@126.com; 张颖, 通信作者, E-mail: baougoubei@hotmail.com

胎儿心超声检查一直以来都是产前筛查的重点难点,心解剖结构的评估对于大多数医生来说仍具有挑战性。常规胎儿超声心动图对超声医生的经验、手法要求较高。检查实时进行,要求医生在短时间内做出明确诊断,对于二维超声没有扫查到的切面无法进行回顾性分析,在临床实际工作中容易造成漏诊和误诊<sup>[1]</sup>。空间时间相关成像(spatiotemporal imaging correlation, STIC)技术是应用于胎儿心超声诊断的四维成像技术,获取容积数据后可利用多种成像模式获得感兴趣结构的四维重建图像<sup>[2-4]</sup>。STIC技术的出现,促进了胎心的超声诊断和超声数据的存储及后处理分析。但通过STIC技术采集的容积数据质量易受胎儿运动的影响<sup>[5]</sup>。目前使用的标准机械探头,获得高质量的STIC容积数据需要7.5~15 s,然而在这期间,胎儿通常不能始终保持静止状态,而胎动严重影响了STIC容积数据的质量和后期分析。新近推出的胎心电子矩阵探头使得STIC技术有了质的飞跃,利用电子空间时间相关成像(electronic spatiotemporal image correlation, eSTIC)技术快速控制不同位置的晶片发射声束并在预先设定的区域采集容积数据,采集时间大大缩短且容积数据的分辨率显著提高。本研究拟对eSTIC技术显示正常胎心结构的效果与价值进行评价,并评估与传统STIC技术相比,eSTIC是否会提高胎儿超声检查的成功率。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

研究对象为随机选取的2018年1月至2019年12月在中国医科大学附属盛京医院进行产前胎儿心超声检查的180名孕妇。研究对象纳入标准:①中期妊娠单胎。②常规胎儿超声检查无心内及心外畸形。③排除合并妊娠糖尿病、高血压、高血脂等疾病以及有先心病家族遗传史的孕妇。经我院伦理委员会批准,所有孕妇均知情同意。

### 1.2 仪器与方法

超声检查采用Voluson E10彩色超声诊断仪。首先采用胎儿整体扫查程序以排除心外畸形。根据美国医用超声研究所(American Institute of Ultrasound in Medicine, AIUM)推荐的横断面连续扫查法<sup>[6]</sup>进行检查来排除心内畸形。使用eM6C

电子曲面矩阵三维探头(探头频率为1~6 MHz)与RM6C传统曲面三维探头(探头频率为1~6 MHz)分别采集胎心的容积数据。胎儿心的检查及对所有容积数据的采集由一名经过一个月STIC容积数据采集培训的有5年工作经验的超声医师完成。

STIC容积数据采集时,取样框仅包含胎心结构,设定采集角度为30~35°,采集时间为10~12.5 s,以四腔心切面为初始采集切面获取图像。eSTIC容积数据采集时,选择“最高质量”,使用和STIC容积数据采集时相似的设置,采集时间为系统默认2~3 s。每个人组患者每种采集方法仅允许采集两次心容积数据。存储容积数据并用于后续脱机分析。

### 1.3 胎儿心的结构识别及容积数据分析

容积数据存储计算机上,由另两名有5年工作经验的超声医生,经过两周4Dview软件(GE Medical Systems)的操作培训,同时对容积数据进行脱机分析。选择每个患者每种方法获得的两个容积数据中较好的一个用于分析。

按照标准流程识别四腔心、左室流出道、右室流出道、三血管气管、主动脉弓长轴及头臂动脉、导管弓长轴6个切面(表1),分别记录结构识别例数与识别率。

Yagel等<sup>[7]</sup>描述了一种通过STIC容积数据渲染成像显示室间隔和房室环的方法。根据这些切面的显示效果可以评价STIC容积数据的质量。从左心室的角度可以显示完整的室间隔,认定为“可识别”。从心室角度可以清晰显示房室瓣环记为“可识别”。

### 1.4 统计分析

采用SPSS 17.0统计分析软件处理数据,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例数及百分数表示。采用 $\chi^2$ 检验比较STIC与eSTIC两种方法容积数据质量及对结构显示的差异。采用双侧检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般情况

2018年1月至2019年12月在我院进行产前胎儿心超声检查的180名孕妇中,孕周18~28(24.2±2.9)周;孕妇年龄21~36(27.4±2.5)岁(表2)。

表1 胎心切面需要识别的结构

Table 1 Anatomical structures to be identified in different fetal cardiac views

Cardiac views	Structures to be identified
Four-chamber view	Interatrial septum, foramen ovale valvemotion
	At least two pulmonary veins connecting with the left atrium
	Atrioventricular connection (the insertion and motion of the tricuspid and mitral valves)
	Ventricular cavity (evaluation of the ratio of left ventricle and right ventricle, right ventricular characteristics)
Left ventricular outflow tract view	Interventricular septum
	Aorta connecting with left ventricle
	Aortic valve motion
Right ventricular outflow tract view	The integrity of the ventricular septum
	Right ventricular outflow tract
	Pulmonary valve motion
Three-vessel trachea view	Pulmonary artery
	The diameter of the pulmonary artery, aorta and superior vena cava
	Relationship between trachea and aorta/pulmonary artery
Aortic arch view	The long-axis view of the aortic arch, the upper edge of which gives off the innominate artery, the left common carotid artery and the left subclavian artery, in turn
	Ductal arch showing the continuity of the main pulmonary artery, ductus arteriosus and descending aorta
Rendering of the complete interventricular septum	Showing the integrity of the interventricular septum
Rendering of the atrioventricular annulus	Showing the mitral and tricuspid annulus

表2 患者一般资料

Table 2 General characteristic of patients ( $n, \bar{x} \pm s$ )

Items	Amount
Maternal age/years	27.4±2.5
Gestational weeks/weeks	24.2±2.9
Body mass index/(kg/m <sup>2</sup> )	22.9±3.2
Pregnancy/frequency	1.3±0.47

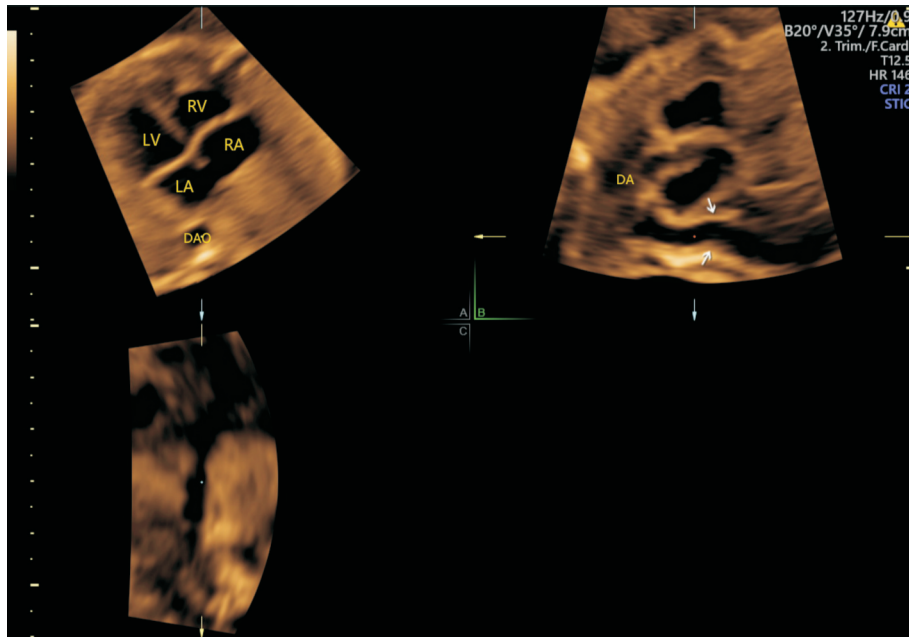
## 2.2 eSTIC与STIC成像对比结果

STIC技术由于采集时间过长,容积数据质量易受胎动的影响(图1)。研究发现eSTIC比STIC更能清晰的显示心解剖结构(图2、3)。应用STIC技术采集容积数据的结构识别率在60.00%到78.33%不等,应用eSTIC技术采集的容积数据的结构识别率在72.78%到93.33%不等(表3)。eSTIC对室间隔和房室环的渲染成功率同样高于STIC

技术。用STIC与eSTIC技术对室间隔渲染的成功率分别为60.56%、81.67% ( $P<0.001$ ;图4)。这两种技术对房室环渲染的成功率分别为51.11%、68.33% ( $P<0.01$ ;图5)。通过计算所有正确结构识别率的平均值得到总的正确识别率。STIC和eSTIC的总体正确识别率分别为65.69%和80.97% ( $P<0.01$ )。

## 3 讨论

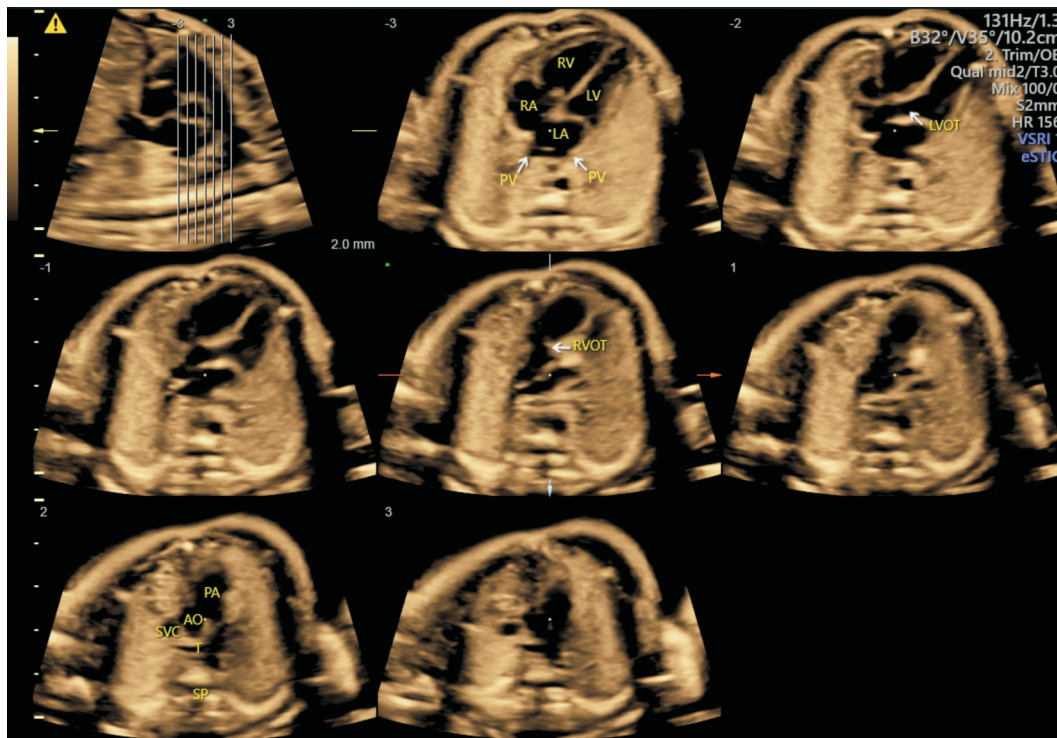
四维胎儿超声心动图技术的产生是产科领域上的一个重大飞跃,与二维超声相比减少了对胎儿体位和超声医生技术水平的依赖<sup>[8-11]</sup>。一旦获得完整的容积数据,就可以方便地进行离线分析,通过对图像的后处理获得新的信息,而无需重新扫描患者。此外,智能导航工具的出现可以自动生成胎心的诊断切面,加快了检查速度同时降低



A spatiotemporal image correlation volume of a second-trimester fetus displayed in multiplanar view. The upper left panel shows a transverse view through the fetal heart. The upper right panel shows a longitudinal view through the ductal arch and descending aorta; here a movement artifact is clearly visible (arrows). The arrow indicates that the reconstruction of the descending aorta due to fetal movement is not effective. DA : ductus arteriosus; DAO: descending aorta; LA: left atrium; LV: left ventricle; RA: right atrium; RV: right ventricle.

图1 应用STIC技术采集的受胎动影响图像质量不佳的胎心容积数据

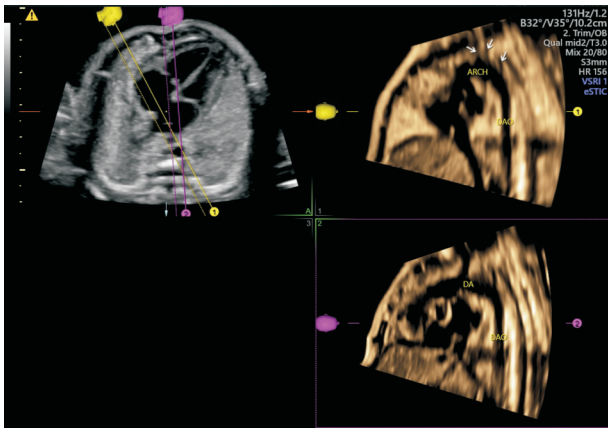
Fig.1 The poor image quality of fetal heart volume data collected with STIC technology, due to fetal movement



TUI mode shows the cross section of the fetal heart. AO: aorta; LA: left atrium; LV: left ventricle; LVOT: left ventricular outflow tract; PA: pulmonary artery; PV: pulmonary vein; RA: right atrium; RV: right ventricle; RVOT: right ventricular outflow tract; SP: spine; SVC: superior vena cava; T: Trachea.

图2 应用eSTIC技术TUI模式显示的胎心多个切面

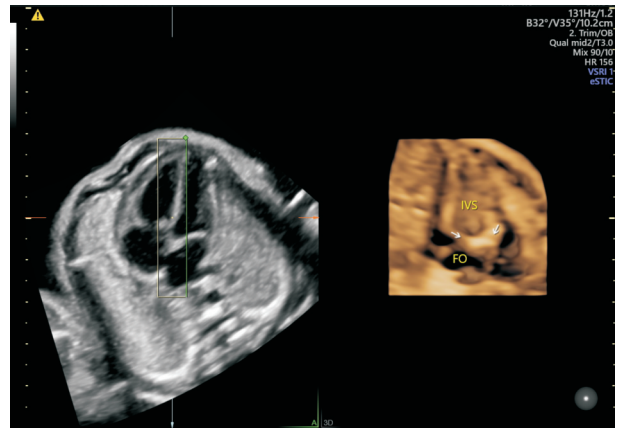
Fig.2 The multiple views of fetal heart shown by the TUI mode of eSTIC technology



OmniView mode displays aortic arch and ductus arteriosus. ARCH: aortic arch; DA: ductus arteriosus; DAO: descending aorta; The arrows indicate three brachiocephalic vessels.

图3 应用eSTIC技术OmniView模式显示的主动脉弓和导管弓切面

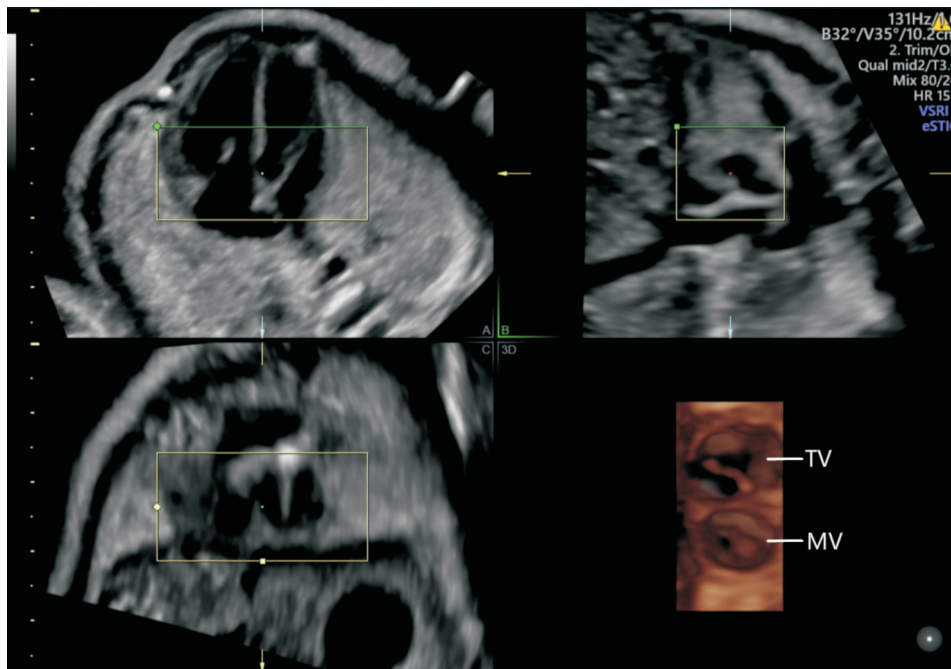
Fig.3 The aortic arch and ductus arteriosus viewsshown by the OmniView mode of eSTIC technology



The right panel shows rendering of the complete intracardiac septa with opened foramen ovale. The arrows show the annulus of the mitral valve. The green line in the left panel represents the viewing direction: from left to right. IVS: interventricular septum; FO: foramen ovale.

图4 应用eSTIC技术渲染模式显示的完整室间隔

Fig.4 The complete ventricular septumshown by the rendering mode of eSTIC technology



The mitral and tricuspid valves are observed from the ventricle to the atrium

图5 应用eSTIC技术渲染模式显示的房室瓣环

Fig.5 Atrioventricular annulusdisplayedwiththe rendering mode of eSTIC technology

了对检查者手法的依赖性<sup>[12]</sup>。在脱机状态下通过容积数据的处理与分析,专家可以远程获取更多的信息并指导诊断,还可以促进学习与交流。通过对容积数据的渲染成像,可以显示传统的二维超声无法观察到的切面,如室间隔的冠状切面,

为评估和检测较小的室间隔缺损提供了可能<sup>[13]</sup>,房室环切面可显示四个瓣环,有助于评估房室瓣和大血管的排列<sup>[14]</sup>。胎心4D超声检查的主要缺点是很难获得较高质量的容积数据,本研究应用STIC技术在中孕期采集胎心容积数据,其中约有

表3 STIC与eSTIC获取容积数据的结构识别数和识别率

Fetal heart views	STIC(n=180)	eSTIC(n=180)	$\chi^2$	P
Four-chamber,	141(78.33)	168(93.33)	16.653	0.000
Left ventricular outflow tract	136(75.56)	157(87.22)	8.087	0.004
Right ventricular outflow tract	119(66.11)	142(78.89)	7.370	0.007
Three-vessel trachea	127(70.56)	152(84.44)	9.956	0.002
Aortic arch	108(60.00)	131(72.78)	6.585	0.010
Ductal arch	114(63.33)	146(81.11)	14.178	0.000
Rendering of the complete intracardiac septa	109(60.56)	147(81.67)	19.525	0.000
Rendering of the atrioventricular annulus	92(51.11)	123(68.33)	11.097	0.001
Average number of recognitions	118(65.69)	146(80.97)	11.136	0.001

60%能够获得较高质量的数据,与 Uittenbogaard 和 Novaes 等的研究结果相近<sup>[15-16]</sup>。

eSTIC 技术是在 STIC 技术的基础上,实时快速地获取容积数据。eSTIC 应用电子矩阵探头以电子方式偏转超声波束扫描预定的容积区域进行灰阶容积数据的采集<sup>[8]</sup>,比机械探头采集速度更快,仅需 3 s 左右就可以完成一次容积数据的采集。本研究通过比较两种四维技术获取的胎心容积数据后处理呈现的心结构显示率,评价两种方法在临床工作中的价值。对于灰阶图像获取的容积数据,eSTIC 更有优势,结构识别率均远远高于 STIC 技术。eSTIC 技术对室间隔和房室环的渲染成功率同样高于 STIC (81.67% vs. 60.56%, 68.33% vs. 51.11%)。因此有理由认为在评估较小的室间隔缺损和圆锥动脉干畸形方面,使用 eSTIC 的成功率更高。原因在于采集同样的容积数据,eSTIC 只需 3 s。而目前的研究都认为,获取 STIC 容积数据质量最佳的时间设置是 10~15 s,期间胎动、孕妇呼吸造成的伪差很难避免。因此,在日常工作中,使用 eSTIC 技术不仅有效地缩短采集时间,而且能获得高质量的图像,在临床中广泛推广 eSTIC 技术进行容积数据的采集是可行的。

我们研究首次将电子矩阵探头的性能与标准机械探头进行了比较,证明胎心容积数据的获取有了显著改善。但同时,我们的研究也存在着一一定的局限性。首先,胎心容积数据的获取依赖于操作者的经验<sup>[17-18]</sup>,限制采集过程的最重要因素是胎儿运动和胎儿体位不佳,电子矩阵探头将前者的影响降至最低,但对后者没有影响。熟练的操作者比经验不足的超声医生能更好地克服胎儿体位所带来的影响,因此不同经验的操作者所得到的结果可能与我们的结果不一致。其次,我们的研究表明 eSTIC 可以方便地用于胎儿解剖结构的识别。我们认为,确认正常解剖结构的能力可以很好地识别高危和低危胎儿的心异常,未来还需要进行适当的前瞻性研究应用 eSTIC 技术来筛查胎心畸形<sup>[19]</sup>。

eSTIC 技术由于其采集容积数据耗时更短,在临床中观察胎心结构具有更高的应用价值。在日常工作中应用二维超声联合 eSTIC 技术可以更好的显示胎心结构筛查心畸形。熟练应用 eSTIC 技术可以更好的进行病例的回顾分析,方便通过容积数据进行远程会诊,有着广泛的应用前景。

#### 参考文献:

[1] 李胜利. 胎儿先天性心脏病产前超声诊断现状与方法[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2009, 6(6):984-988.

Li SL. The prenatal diagnostic status and method of fetal echocardiography [J]. Chin J Med Ultrasound (Electronic version), 2009, 6(6):984-988.

[2] 王戎,张颖,蔡爱露,等. 三维超声 STIC 技术在诊断胎儿完全型房室间隔缺损中的应用[J]. 中国

- 超声医学杂志, 2013, 29(1):51-53.
- Wang Y, Zhang Y, Cai AL, et al. 3D Ultrasound with spatio-temporal image correlation in the diagnosis of fetal complete atrioventricular septal defects[J]. Chin J Ultrasound in Med, 2013, 29(1):51-53.
- [3] Bezerra MS, Tedesco GD, Barros FSB, et al. Evaluation of fetal heart geometry during pregnancy by three-dimensional ultrasound using the STIC rendering mode[J]. Echocardiography, 2018, 35(4):494-500.
- [4] Chaoui R, Abuhamad A, Martins J, et al. Recent development in three and four dimension fetal echocardiography[J]. Fetal Diagn Ther, 2019, 2:1-9.
- [5] Inubashiri E, Tatedo S, Nishiyama N, et al. Feasibility assessment for successfully visualizing the fetal heart utilizing spatiotemporal image correlation [J]. J Med Ultrason (2001), 2018, 45(2):269-279.
- [6] AIUM Practice Parameter for the performance of fetal echocardiography [J]. J Ultrasound Med, 2020, 39(1):E5-E16.
- [7] Yagel S, Benachi A, Bonnet D, et al. Rendering in fetal cardiac scanning: the intracardiac septa and the coronal atrioventricular valve planes [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2006, 28(3):266-274.
- [8] Guasina F, Bellussi F, Morganelli G, et al. Electronic spatiotemporal image correlation improves four-dimensional fetal echocardiography [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2018, 51(3):357-360.
- [9] 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.
- [10] Guasina F, Bellussi F, Morganelli G, et al. Examination of the fetal heart by four-dimensional (4D) ultrasound with spatiotemporal image correlation (STIC) [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2006, 27:336-348.
- [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] Garcia M, Yeo L, Romero R, et al. Prospective evaluation of the fetal heart using fetal intelligent navigation echocardiography (FINE) [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2016, 47(4):450-459.
- [13] Dan-Dan W, Xiao-Peng D, Wei C, et al. The value of spatiotemporal image correlation technique in the diagnosis of fetal ventricular septal defect [J]. Arch Gynecol Obstet, 2011, 283(5):965-969.
- [14] 王彧,蔡爱露,张颖,等. 应用时间-空间关联成像技术评价正常胎儿房室瓣[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(3):538-542.
- Wang Y, Cai AL, Zhang Y, et al. Application of spatio-temporal image correlation in evaluation on normal fetal atrioventricular valve [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2012, 28(3):538-542.
- [15] Uittenbogaard LB, Haak MC, Spreeuwenberg MD, et al. A systematic analysis of the feasibility of four-dimensional ultrasound imaging using spatiotemporal image correlation in routine fetal echocardiography [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2008, 31(6):625-632.
- [16] Novaes JY, Zamith MM, Araujo Junior E, et al. Screening of congenital heart diseases by three-dimensional ultrasound using spatiotemporal image correlation: influence of professional experience [J]. Echocardiography, 2016, 33(1):99-104.
- [17] Pepes S, Parthenakis F, Makrigiannakis A, et al. Electronic versus conventional spatiotemporal image correlation (STIC) fetal echocardiography: a direct comparison [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2020, 1-8. doi:10.1080/14767058.2020.1752656.
- [18] Cohen L, Mangers K, Grobman WA, et al. Satisfactory visualization rates of standard cardiac views at 18 to 22 weeks' gestation using spatiotemporal image correlation [J]. J Ultrasound Med, 2009, 28(12):1645-1650.
- [19] 刘丹娜, 韩阳. 产前超声诊断胎儿右位主动脉弓34例临床分析 [J]. 新医学, 2019, 50(2):139-142.
- Liu DN, Han Y. Prenatal ultrasound diagnosis of 34 cases of right fetal aortic arch [J]. J New Med, 2019, 50(2):139-142.

(编辑 孙慧兰)