

Spatiotemporal image correlation combined with 5D Heart intelligent navigation technique in normal fetal heart screening

HU Lirong^{1*}, RAN Haitao², LUO Yu¹, MA Xiaojuan¹, YANG Fang¹, WANG Zhigang²

(1. Department of Ultrasound, Chengdu First People's Hospital,
Chengdu 610041, China; 2. Institute of Ultrasound Imaging of
Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application value of spatiotemporal image correlation (STIC) combined with 5D Heart intelligent navigation echocardiography in ultrasonic screening of normal fetuses. **Methods** Ultrasonic screening of fetal heart was performed in 114 normal fetuses using conventional two-dimensional ultrasound and STIC combined with 5D Heart intelligent navigation technique by doctor A. The time taken for image collection using these two methods were recorded and the same nine sections were scored. One week later, image quality of STIC combined with 5D Heart was scored again by doctor A again, also by doctor B. The qualified rate of each section was compared between the two methods, and the consistency of image quality score by the same doctor and different doctors was analyzed. **Results** Two fetuses were excluded due to obvious fetal movement and inability to determine the position of the intelligent navigation point. The time of collection of fetal heart volume images and conventional two-dimension ultrasound images were (94.76 ± 35.21) s and (595.88 ± 139.29) s, respectively ($P < 0.001$). There was no statistical difference between two examination methods in the qualification rate of the four-chamber, five-chamber, right ventricular outflow tract, three vessel and trachea, aortic-arch nor ductal-arch sections (all $P > 0.05$). The qualification rate of the abdomen and left ventricular outflow tract sections using STIC combined with 5D Heart was lower than those using the conventional two-dimension ultrasound (both $P < 0.05$). The score of each slice had good consistent between different doctors (except for three-vessel trachea and aortic-arch sections) and the same doctor except for aortic-arch section who analyzed the volume data at different times (all $Kappa > 0.75$). **Conclusion** STIC combined with 5D-Heart intelligent navigation technique can shorten the examination time. The quality of the nine fetal heart view images can meet the needs of fetal heart ultrasonic screening, feasible and repeatable in normal fetal heart ultrasonic screening.

[Keywords] fetus; heart; spatiotemporal image correlation; intelligent navigation; ultrasonography

DOI:10.13929/j.1003-3289.201811106

时间空间相关成像联合 5D Heart 智能导航 技术用于正常胎儿心脏超声筛查

胡丽蓉^{1*}, 冉海涛², 罗瑜¹, 马晓娟¹, 杨芳¹, 王志刚²

(1. 成都市第一人民医院超声科, 四川 成都 610041; 2. 重庆医科大学超声影像学研究所, 重庆 400010)

[摘要] **目的** 评估时间空间相关成像(STIC)联合 5D Heart 智能导航技术在正常胎儿心脏超声筛查中的应用价值。

[基金项目] 四川省卫生和计划生育委员会课题(16PJ065)。

[第一作者] 胡丽蓉(1985—), 女, 四川成都人, 硕士, 主治医师。研究方向: 产前超声诊断。

[通信作者] 胡丽蓉, 成都市第一人民医院超声科, 610041。E-mail: 277373164@qq.com

[收稿日期] 2018-11-19 **[修回日期]** 2019-04-17

方法 由医师甲采用常规二维超声和 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对 114 胎正常胎儿进行心脏超声筛查,记录 2 种检查方法采集图像所用时间,并对相同的 9 个切面进行评分;1 周后,医师甲再次、医师乙首次对 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术的图像质量进行评分。比较 2 种检查方法对各切面显示合格率,分析同一医师和不同医师间图像质量评分的一致性。**结果** 2 胎因胎动明显无法确定智能导航点位置而被排除。胎儿心脏容积图像和常规二维超声图像的采集时间分别为 (94.76 ± 35.21) s 和 (595.88 ± 139.29) s,差异有统计学意义($P < 0.001$)。STIC 联合 5D Heart 智能导航技术与常规二维超声对胎儿四腔心、五腔心、右心室流出道、三血管气管、主动脉弓、动脉导管弓切面的显示合格率差异无统计学意义(P 均 > 0.05);STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对胃泡水平腹部横切面、左心室流出道切面的显示合格率低于常规二维超声检查(P 均 < 0.05)。不同医师间(除三血管气管和主动脉弓切面)及同一医师不同时间(除主动脉弓切面)对容积数据进行分析后各切面的评分一致性好($Kappa$ 均 > 0.75)。**结论** STIC 联合 5D Heart 智能导航技术可缩短检查时间;9 个胎儿心脏切面图像质量能够满足胎儿心脏超声筛查需要,用于正常胎儿心脏超声筛查的可行性和可重复性均好。

[关键词] 胎儿;心脏;时间空间相关成像;智能导航;超声检查

[中图分类号] R714.5; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)06-0872-05

常规二维超声是胎儿心脏超声筛查的基础,对于检出胎儿先天性心脏病(简称先心病)具有重要意义^[1];但胎儿心脏体积小、搏动快、结构复杂,且产前超声医师水平参差不齐,对胎儿先心病检出率不一,且较为耗时。时间空间相关成像(spatiotemporal image correlation, STIC)技术采用容积探头,可在短时间内完成对胎儿心脏的连续扫描,获取容积数据;5D Heart 智能导航技术可对容积数据进行智能导航,并呈现胎儿心脏相应切面声像图。本研究采用 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对正常胎儿心脏进行检查,并与常规二维超声比较,探讨其在正常胎儿心脏超声筛查中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 1—8 月在我院经胎儿心脏超声筛查未见明显异常的 114 胎胎儿,均为单胎,孕 22~26 周,平均 (24.77 ± 0.63) 周;孕妇年龄 20~43 岁,平均 (28.6 ± 4.6) 岁,无妊娠高危因素;受检孕妇均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Samsung WS80A 超声诊断仪,配备胎儿心脏扫描模式和 5D Heart 智能导航胎儿心脏分析软件。

常规二维超声检查:采用 CA1-7A 凸阵探头,频率 3~5 MHz,选择胎儿心脏模式,采集 9 个胎儿心脏切面:四腔心(four-chamber, 4-CH)切面、五腔心(five-chamber, 5-CH)切面、左心室流出道(left ventricular outflow tract, LVOT)切面、右心室流出道(right ventricular outflow tract, RVOT)切面、三血管气管(three vessels and trachea, 3VT)切面、主动脉弓(aortic-arch, Ao-Arch)切面、动脉导管弓(ductal-arch, D-Arch)切面、腔静脉长轴(vena cava, VC)切面和胃泡水平腹部(abdomen, Ab)横切面。容积数据采集:采用 CV1-8A 容积探头,频率 4~8 MHz,选择

胎儿心脏-5D 模式,设置扫描时间 15 s,扫描角度 40°,以 4-CH 切面为初始切面,容积取样框位于 4-CH 切面,包括整个胸腔(即包含心脏、肺组织、脊柱、双侧肋骨),嘱孕妇屏气后启动 STIC 容积数据采集,并将数据存储至硬盘。分别记录 2 种检查方法采集图像所需时间。以上操作均由同一名医师(医师甲,具有产前诊断资质和 3 年胎儿心脏超声筛查经验)完成。

采用 5D Heart 智能导航分析软件对 STIC 容积数据进行自动导航、识别,并逐步标记 7 个导航点(图 1),必要时行人工校正以确保导航点位置准确;于 Ab 切面上定位降主动脉,4-CH 切面上定位胸主动脉、房室交点、右心房壁,3VT 切面上定位肺动脉瓣、上腔静脉、主动脉横弓;软件可自动于仪器同一屏幕呈现与常规二维超声相同的 9 个胎儿心脏切面(图 2)。

1.3 图像分析 由医师甲分别对常规二维超声和 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术呈现的 9 个胎儿心脏切面的图像质量进行评分;间隔 1 周后,医师甲再次、医师乙(具有产前诊断资质及 3 年胎儿心脏超声筛查经验)首次对 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术的图像质量进行评分。评分标准^[2]:1 分,未能完全显示该切面应显示的所有解剖结构;2 分,基本显示该切面应显示的所有解剖结构,但清晰度一般;3 分,清晰显示该切面应显示的所有解剖结构。2、3 分为合格图像,计算显示合格率。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对样本 t 检验比较 2 种检查方法所需时间。计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验比较 2 种检查方法各切面图像显示合格率。采用 $Kappa$ 一致性检验评价同一医师和医师间图像质量评分的一致性, $Kappa$ 值 < 0.40 为一致性较差, $0.40 \leq Kappa$ 值 ≤ 0.75 为一致性较好, $Kappa$ 值 $>$

0.75 为一致性好。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

对 114 胎成功完成常规二维超声检查;采集心脏容积数据 114 胎,其中 2 胎因胎动明显无法确定导航点位置而被排除,对其余 112 胎进行了分析;采集容积数据和常规二维超声图像的时间分别为 $(94.76 \pm 35.21)\text{s}$ 和 $(595.88 \pm 139.29)\text{s}$,差异有统计学意义 ($t = -36.321, P < 0.001$)。

医师甲分析常规二维超声与 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对各胎儿心脏切面的显示合格率均较高,

LVOT 和 Ab 切面二维超声图像显示合格率高于 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术 (P 均 < 0.05),其他切面合格率差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05 ,表 1)。医师甲 2 次分析 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术 Ao-Arch 切面图像质量评分一致性较好 ($Kappa = 0.593$),其余各切面图像质量评分的一致性较好 ($Kappa$ 均 > 0.75 ,表 2)。医师甲、乙之间分析 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术 3VT 切面图像质量评分一致性较差 ($Kappa = 0.387$),Ao-Arch 切面一致性较好 ($Kappa = 0.593$),其余各切面评分一致性较好 ($Kappa$ 均 > 0.75 ,表 3)。

表 1 医师甲采用 2 种检查方法对各切面的显示合格率比较[胎(%)]

检查方法	4-CH	5-CH	LVOT	RVOT	3VT	Ao-Arch	D-Arch	VC	Ab
STIC 联合 5D Heart 智能导航 ($n=112$)	112(100)	103(91.96)	94(83.93)	109(97.32)	109(97.32)	104(92.86)	108(96.43)	105(93.75)	106(94.64)
常规二维超声 ($n=114$)	114(100)	99(86.84)	106(92.98)	95(83.33)	110(96.49)	99(86.84)	95(83.33)	110(96.49)	114(100)
χ^2 值	—	1.027	4.549	3.057	1.300	2.236	1.948	0.917	6.274
P 值	—	0.311	0.033	0.080	0.719	0.135	0.163	0.338	0.012

表 2 医师甲 2 次分析 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术各切面评分的一致性检验

一致性	4-CH	5-CH	LVOT	RVOT	3VT	Ao-Arch	D-Arch	VC	Ab
Kappa 值	1.000	0.890	0.823	1.000	0.796	0.593	0.853	0.848	1.000
P 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

表 3 医师甲与医师乙之间分析 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术各切面评分一致性检验

一致性	4-CH	5-CH	LVOT	RVOT	3VT	Ao-Arch	D-Arch	VC	Ab
Kappa 值	1.000	0.890	0.763	0.796	0.387	0.593	0.853	0.810	1.000
P 值	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

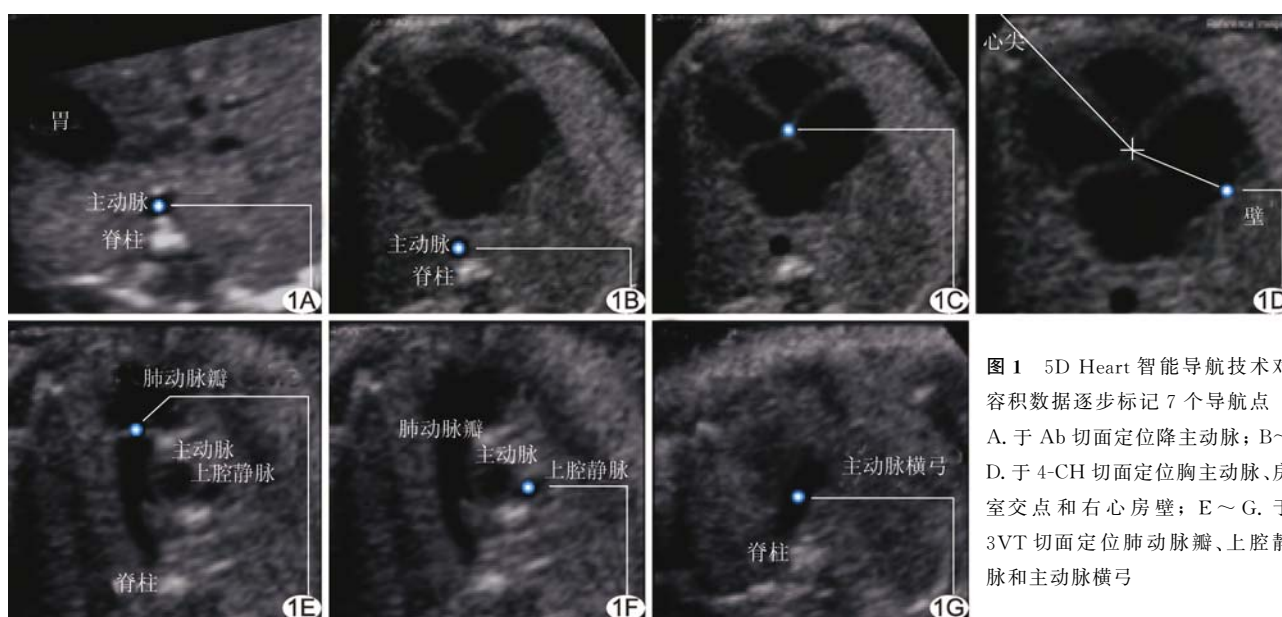


图 1 5D Heart 智能导航技术对容积数据逐步标记 7 个导航点
A. 于 Ab 切面定位降主动脉; B~D. 于 4-CH 切面定位胸主动脉、房室交点和右心房壁; E~G. 于 3VT 切面定位肺动脉瓣、上腔静脉和主动脉横弓

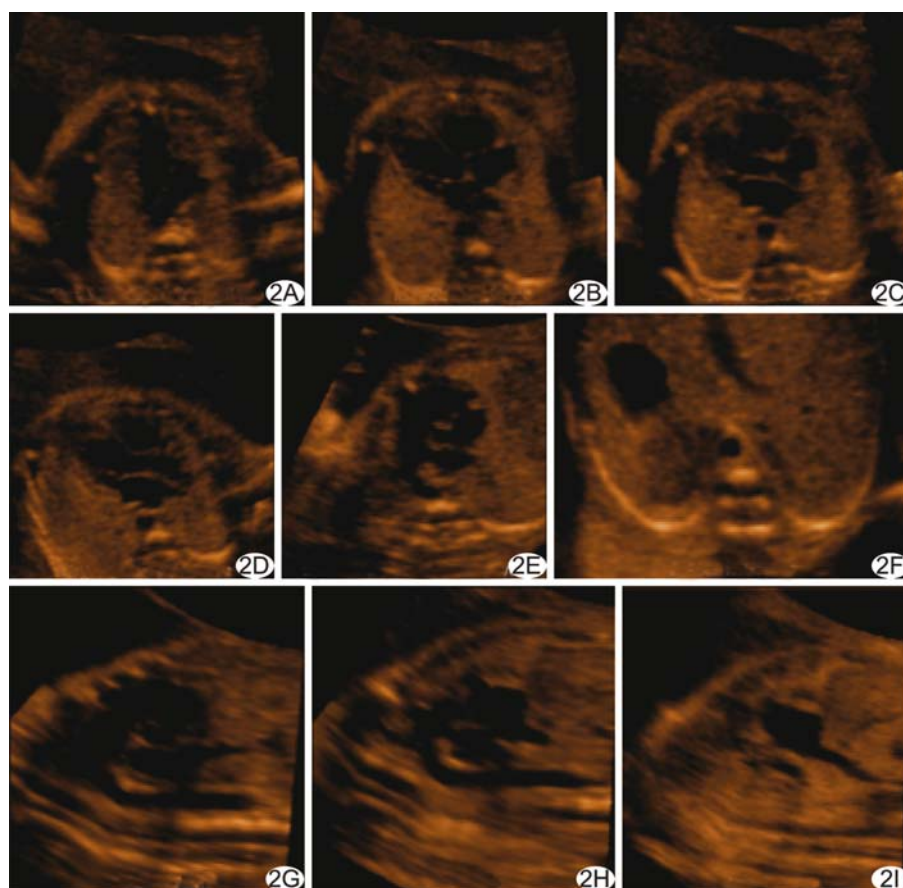


图 2 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术呈现 9 个胎儿心脏切面 A. 3VT; B. 4-CH; C. 5-CH; D. LVOT; E. RVOT; F. Ab; G. D-Arch; H. Ao-Arch; I. VC

3 讨论

胎儿先天性心脏畸形是最常见的先天性畸形,约占全部胎儿畸形的 30%^[3]。超声是胎儿先天性心脏畸形最重要的影像学筛查方法^[4]。国际妇产超声协会最新中孕期胎儿心脏超声检查指南中,推荐将 4-CH、LVOT、RVOT、3VT、Ab 切面作为胎儿心脏超声筛查的常用切面^[1];一旦发现心脏异常,则扫描更多辅助切面来分析心脏大血管结构,包括 Ao-Arch、D-Arch 及 VC 等美国超声心动图学会关于胎儿超声心动图检查指南推荐的切面^[5]。心脏大血管节段性分析法是目前国际公认的分析心脏结构畸形的重要方法,可使诊断简单化、条理化,也是诊断先天性心脏畸形最为准确的影像学方法。该法将心脏分为心房、心室和大动脉 3 个节段,节段间有静脉心房连接、心房心室连接及心室动脉连接,通过分析内脏位置、各节段连接及空间排列关系等对胎儿心脏结构进行筛查。本研究运用 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术呈现 9 个胎儿心脏切面,包含之前推荐的所有扫描切面,亦包含心脏大血管节

段性分析法对胎儿心脏进行分析的所有要素。同时,STIC 联合 5D Heart 智能导航技术生成动态图像,可观察心动周期内不同时期房室瓣及半月瓣开闭情况。

本研究中 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对 4-CH、5-CH、RVOT、3VT、Ao-Arch、D-Arch、VC 切面的显示率均在 90% 以上,与常规二维超声比较差异无统计学意义 (P 均 > 0.05);对 Ab 切面的显示率为 94.64% (106/112),低于常规二维超声 (114/114, 100%, $P = 0.012$)。分析原因,可能在于本研究获取容积数据的扫描角度均为 40° 、扫描时间均为 15 s,扫描范围未完全包括胎儿上腹部,从而影响了该切面的显示。本研究中 LVOT 切面的显示合格率低于常规二维超声 ($P = 0.033$),可能因主动脉管径相对于肺动脉主干管径及各房室径较为细小,而 LVOT 切面与 4-CH 切面夹角较小 (约 30°)^[6],使容积数据内

LVOT 切面信息数据相对减少,影响该切面图像重建,与 Veronese 等^[7]的研究结果基本一致。

4-CH 切面是胎儿心脏超声筛查最重要和最基础的切面^[1,6]。本研究采集容积数据是以 4-CH 切面为初始切面,简单易行,超声医师经过短期的培训便可熟练操作^[8-9];5D Heart 智能导航技术基于 STIC 技术获取容积数据,对容积数据自动导航、标记 7 个导航点即可获得 9 个胎儿心脏切面^[10]。分析容积数据的医师需熟悉胎儿心脏解剖结构,可辨认声像图中正常及异常胎儿心脏结构。本研究中参与图像分析的医师均具有产前诊断资质和 3 年胎儿心脏超声筛查经验。不同医师间 (除 3VT 和 Ao-Arch 切面) 及同一医师不同时间 (除 Ao-Arch 切面) 分析容积数据后对各切面的评分一致性好 ($Kappa$ 均 > 0.75),提示 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对胎儿心脏各切面显示的操作性强、可重复性好。

受多种因素影响,常规二维胎儿心脏超声检查耗时较长,而国际超声界一直遵循 ALARA (as low as

reasonably achievable)原则,故缩短检查时间非常必要。本研究采用 STIC 联合 5D Heart 智能导航技术,图像采集时间明显少于常规二维胎儿心脏超声。

本研究的局限性:5D Heart 智能导航技术是基于 STIC 技术进行,图像质量受胎位、胎动、羊水量、骨骼声影等的影响;彩色多普勒血流信息有助于识别心脏结构瓣膜异常^[11],而本研究所呈现的胎儿心脏切面均为灰阶切面,且仅观察了正常胎儿心脏,已有学者^[12]运用该技术对右位心合并复杂先天性心脏畸形胎儿做出正确诊断;评估胎儿心功能有赖于定量分析心室容积等^[13],本研究所用技术主要显示胎儿心脏大血管结构,无法进行数据测量及定量分析。

综上所述,STIC 联合 5D Heart 智能导航技术对胎儿心脏容积数据采集简便,可缩短检查时间,呈现的 9 个胎儿心脏切面图像质量能够满足胎儿心脏超声筛查的需要;但参与图像分析的医师需具备诊断胎儿心脏先天畸形的能力;该技术在正常胎儿心脏超声筛查中具有可行性和可重复性,应用前景广阔。

[参考文献]

- [1] International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology, Carvalho JS, Allan LD, et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): Sonographic screening examination of the fetal heart. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2013, 41(3):348-359.
- [2] Tripodi E, Tripodi A, Sturlese E. Fetal echocardiography: A comparison of different techniques. *Clin Exp Obstet Gynecol*, 2000, 27(3-4):225-226.
- [3] van der Linde D, Konings EE, Slager MA, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: A systematic review and meta analysis. *J Am Collcardiol*, 2011, 58 (21): 2241-2247.
- [4] 曹淑娜,王艺璇,李天刚,等.超声检测胎儿心脏功能的现状与展望. *中国医学影像技术*, 2017, 6(1):46-49.
- [5] American Institute of Ultrasound in Medicine. AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. *J Ultrasound Med*, 2013, 32(6):1067-1082.
- [6] International Society of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. Cardiac screening examination of the fetus: Guidelines for performing the 'basic' and 'extended basic' cardiac scan. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006, 27(1):107-113.
- [7] Veronese P, Bogana G, Cerutti A, et al. A prospective study of the use of fetal intelligent navigation echocardiography (FINE) to obtain standard fetal echocardiography views. *Fetal Diagn Ther*, 2017, 41(2):89-99.
- [8] 周金红,赵博文,陶肖樱,等.胎儿心脏超声智能导航技术在获取胎儿超声心动图基本切面主要诊断要素中的应用价值研究. *中华超声影像学杂志*, 2017, 26(7):592-598.
- [9] Yeo L, Romero R. Fetal Intelligent Navigation Echocardiography (FINE): A novel method for rapid, simple, and automatic examination of the fetal heart. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2013, 42(3):268-284.
- [10] Hu G, Zhang Y, Fan M, et al. Evaluation of fetal cardiac valve anomalies by four-dimensional echocardiography with spatiotemporal imagecorrelation (4DSTIC). *Echocardiography*, 2016, 33(11):1726-1734.
- [11] Nadel AS. Addition of color Doppler to the routine obstetric sonographic survey aids in the detection of pumlmmonic stenosis. *Fetal Diagn Ther*, 2010, 28(3):175-179.
- [12] Yeo L, Luewan S, Markush D, et al. Prenatal diagnosis of dextrocardia with complex congenital heart disease using fetal intelligent navigation echocardiography (FINE) and a literature review. *Fetal Diagn Ther*, 2018, 43(4):304-316.
- [13] 杨丽玲,崔青梅,姜志荣.时间-空间相关成像联合组织多普勒技术评估妊娠期高血压状态下胎儿右心室功能. *中国医学影像技术*, 2017, 33(S1):86-89.

关键词

关键词又称主题词,是位于摘要之后,在论文中起关键作用的、最能说明问题的、代表论文特征的名词或词组。它通常来自于题目,也可以从论文中挑选。一般每篇论文要求 2~5 个关键词。每个关键词都可以作为检索论文的信息,若选择不当,会影响他人的检索效果。医学上现在主要使用美国《医学索引》(Index Medicus)的医学主题词表(Medical Subject Headings, MeSH)最新版作为规范,亦可参考中国医学科学院情报研究所翻译地英汉对照《医学主题词注释字顺表》。非主题词表的关键词为自由词,只有必要时,才可排列于最后。有些新词也可选用几个直接相关的主题词进行搭配。