

# 国际妇产超声学会 2023 年胎儿心脏超声筛查指南解读

潘美<sup>1</sup> 尤利益<sup>2</sup> 彭晓慧<sup>1</sup> 陈冉<sup>1</sup> 田园诗<sup>1</sup> 赵博文<sup>1</sup>

<sup>1</sup>浙江大学医学院附属邵逸夫医院超声科 浙江省胎儿心脏超声诊断技术指导中心 浙江大学邵逸夫临床医学研究所, 杭州 310016; <sup>2</sup>温州市人民医院超声科, 温州 325000

通信作者: 赵博文, Email: zbwecjp@zju.edu.cn

基金项目: 浙江大学科学技术研究院一般横向项目 (校合-2021-KYY-518053-0055)

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20230922-00127

## Interpretation of the latest ISUOG practice guidelines (updated): fetal cardiac screening

Pan Mei<sup>1</sup>, You Liyi<sup>2</sup>, Peng Xiaohui<sup>1</sup>, Chen Ran<sup>1</sup>, Tian Yuanshi<sup>1</sup>, Zhao Bowen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Diagnostic Ultrasound & Echocardiography, Sir Run Run Shaw Hospital, Zhejiang University College of Medicine, Technical Guidance Center for Fetal Echocardiography of Zhejiang Province & Sir Run Run Shaw Institute of Clinical Medicine of Zhejiang University, Hangzhou 310016, China; <sup>2</sup>Department of Ultrasound, Wenzhou People's Hospital, Wenzhou 325000, China

Corresponding author: Zhao Bowen, Email: zbwecjp@zju.edu.cn

**Fund program:** General Cooperative Research Program of the Sci-Tech Academy of Zhejiang University (ZJU Cooperation-2021-KYY-518053-0055)

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20230922-00127

在过去的十余年, 国内外对胎儿先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 的产前筛查与诊断、遗传咨询、产前产后管理等领域的认识发生了巨大变化<sup>[1-6]</sup>, 有效的胎儿心脏超声筛查和最大程度准确诊断胎儿 CHD、胎儿心律失常及胎儿心脏功能改变已经成为产前医疗工作中非常重要的部分。在 2013 年国际妇产超声学会 (The International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology, ISUOG) 发布的胎儿心脏超声筛查指南<sup>[4]</sup>的基础上, 2023 年 6 月 ISUOG 发布了最新胎儿心脏超声筛查指南<sup>[7]</sup> (以下简称“指南”), 适用于中孕期低危妊娠的胎儿心脏超声筛查。“指南”指出, 在技术可行的条件下, 也可以在早孕期和中孕早期开展胎儿心脏超声筛查。该“指南”还鼓励在胎儿心脏超声筛查中使用彩色多普勒血流成像技术, 首次对胎儿心脏超声筛查质量控制的基本内容进行了阐述, 并建议采用检查清单<sup>[7]</sup>。产前医疗专家也可参照该指南对存在染色体异常的高危妊娠进行心脏超声筛查、及时指导此类孕妇的产前咨询、管理及多学科诊疗活动。对疑诊胎儿 CHD 或 CHD 高危妊娠孕妇应建议进行全面系统的胎儿超声心动图检查。以下对该指南的主要内容进行解读。

### 一、目前胎儿 CHD 的产前诊断现状及 ISUOG

更新发布最新胎儿心脏超声筛查指南的背景

活产儿中 CHD 的发生率高达 8.2‰, 是婴幼儿死亡的主要原因<sup>[8]</sup>。产前诊断胎儿 CHD 有助于改善胎儿的预后<sup>[9-11]</sup>, 特别是危重 CHD (critical congenital heart disease, CCHD)<sup>[10]</sup>, 包括完全型肺静脉异位引流<sup>[12-14]</sup>、室间隔完整的大动脉转位<sup>[15-16]</sup>、室间隔完整的肺动脉闭锁<sup>[17-18]</sup>及主动脉弓离断<sup>[19]</sup>等。自 2013 年 ISUOG 颁布胎儿心脏超声筛查指南<sup>[4]</sup>以来, 十年间胎儿心脏超声检查技术、遗传咨询及产前产后一体化管理水平均有长足进步<sup>[20-21]</sup>, 特别是早孕期超声检查的逐渐普及、高敏感彩色多普勒血流成像技术的临床应用, 使超声医生对胎儿心血管解剖结构、血流动力学及病理生理等有了更为深入的了解<sup>[22-24]</sup>。但由于地域差别, 医疗资源分布不均, 世界各个地区胎儿 CHD 的检出率差异显著, 整体而言不足 50%<sup>[9, 25]</sup>。大量实践证明对从事产前超声筛查与诊断的专业人员进行有效培训、采用规范化超声检查流程、及时请胎儿心脏超声专家会诊、对可疑胎儿及时建议胎儿超声心动图检查均有助于提升胎儿心脏超声筛查的效能<sup>[26-27]</sup>。

二、与 2013 年指南相比, 最新指南在基本检查方面有哪些重要的推荐点

### 1. 胎儿心脏超声筛查的时机: 指南推荐 18~22

周进行胎儿心脏超声筛查<sup>[28]</sup>,但强调可以开展>22周胎儿心脏超声检查,也可以进行更早的(早孕期中孕早期)胎儿心脏超声筛查<sup>[11,22,29]</sup>,特别是胎儿存在颈项透明层(nuchal translucency, NT)增厚的情况下,疑诊胎儿存在CHD时可以更早地尝试观察胎儿心脏结构<sup>[22,24,29-30]</sup>。

## 2. 超声成像技术及图像存储

### (1) 超声探头

指南建议权衡穿透性和分辨力的基础上,尽可能采用频率高的检查探头。晚孕期腹壁脂肪较厚的孕妇,推荐应用组织谐波成像(tissue harmonic imaging, THI)技术以改善成像质量。

### (2) 成像参数设置

二维灰阶超声是胎儿心脏超声检查的基础,指南建议采用高帧频、高对比度、高分辨率、低余辉、单点聚焦、相对较窄成像范围的胎儿心脏超声预设置。指南还推荐采用目前超声设备提供的高级图像后处理技术,以进一步提高超声图像质量。

### (3) 图像局部放大、动态视频回放及图像存贮

指南建议将图像局部放大至心脏占据显示屏的1/3~1/2,进行实时检查时采用动态视频回放功能观察正常胎儿心脏结构(比如心动周期中瓣膜的运动情况)。推荐局部放大与动态视频回放功能结合应用筛查胎儿心脏异常。

存贮图像:在遵循地区及国家标准的基础上,建议对指南中推荐的超声检查结构及切面以静态及动态视频方式存储。指南特别推荐在条件允许时,胎儿心脏筛查的存贮图像应包括孕妇信息、标记图像左右及方位,能够用于后期的回顾分析,以验证诊断的可靠性。

三、指南在胎儿心脏超声筛查方面重点推荐的主要检查切面及观察的要素化内容有哪些

获取胎儿心脏超声筛查的关键性切面、识别重要的解剖结构是ISUOG 2023指南最为核心的更新与补充内容。主要包括胎儿方位(内脏及心脏位置)的判定、胎儿四腔心切面、流出道切面及大血管切面,上述多个重要切面的显示与观察能够明显比单纯的四腔心切面检出更多的CHD,包括法洛四联症、大动脉转位、右室双出口和永存动脉干<sup>[31-34]</sup>。

### 1. 判定胎儿方位及获取四腔心切面

(1) 超声扫查技术及确定胎方位、内脏和心脏位置

确定胎儿心脏位置前,首先需要确定胎儿在子宫内的方位,即胎儿的左、右侧,通过胎儿胃泡、心尖指向即可确立胎儿内脏及心脏位置。通过将探头从胃泡水平向头侧的连续横断扫查确定胎儿内脏位置并获

得胎儿四腔心切面。在测量腹围的横切面显示胃泡位于左侧、腹主动脉及下腔静脉分别位于脊柱的左侧及右侧,内脏定位有助于胎儿心房位置的确定(右心房位于右侧、左心房位于左侧)。

### (2) 四腔心切面

四腔心切面能够观察诸多要素化内容:包括胎儿心脏方位及大致外观、心房形态及大小、心室形态及大小、房室连接关系、房室瓣形态及活动等。指南列表逐条细化了四腔心切面重点观察的要素化内容<sup>[7,33]</sup>。强调了心胸比、心轴及心脏位置的重要性,指出心轴异常往往提示心脏畸形,特别是流出道病变,有可能与染色体异常相关。指南列举了导致胎儿心脏位置异常的几种常见病变<sup>[7]</sup>:膈疝、胸腔占位性病变、先天性肺气肿病变,胎儿心脏位置改变也可继发于胎儿肺发育不良或肺缺如。胎儿心轴左偏也可见于胎儿腹裂或脐膨出。

心房的观察:指南强调左右心房大小一致、卵圆孔瓣突向左房侧,显示房间隔组织的下缘(原发隔),构成心脏的“十字交叉”。

肺静脉的显示:技术可行时,指南推荐通过灰阶超声显示至少1条肺静脉汇入左心房,虽然彩色多普勒血流成像可能有助于肺静脉血流的显示,但并非必需。当采用彩色多普勒血流显像时,建议与灰阶超声双幅并列显示,以免产生假阴性结果。

心室的观察:首先观察位于右侧心室腔近心尖处的肌束,即节制索(调节束)以协助确定解剖右心室,左心室心尖部光滑,构成心尖;左、右心室大小一致、无室壁肥厚。晚孕期左、右心室可以出现不对称,但中孕期出现左、右心室比例失调,需要进一步检查,主动脉缩窄、进展性左室发育不良综合征及肺静脉异位引流是导致心室不对称的常见病因。

室间隔的观察:指南建议从心尖向“十字交叉”仔细检查室间隔以确定是否存在室间隔缺损,尽可能从后室间隔向流出道方向扫查室间隔。室间隔缺损诊断较为困难,声束垂直室间隔能够最佳显示室间隔,声束与室间隔平行时,近“十字交叉”处的室间隔的回声失落会被误认为室间隔缺损。指南还指出:当胎儿较小、胎儿位置不佳、而仪器的侧向分辨率欠佳的情况下,小的室间隔缺损(1~2 mm)诊断非常困难。但这类小的室间隔缺损的临床意义不大,小的室间隔缺损可能宫内自然愈合。

房室瓣的显示:清晰显示两个独立的房室瓣(左侧为二尖瓣、右侧为三尖瓣)、启闭正常,三尖瓣隔瓣室间隔附着点低于二尖瓣前叶室间隔附着点;房室瓣异常排列是诊断胎儿房室间隔缺损的重要超声特征。



## 2. 流出道切面、三血管切面及三血管气管切面

**胎儿左室流出道切面、右室流出道切面、三血管切面及三血管气管切面是胎儿心脏超声筛查的重要组成部分。**上述切面协助确定 2 条大动脉是否正常,包括与 2 个心室的连接关系是否正常、大小及相互位置关系是否正常,以及半月瓣的形态和启闭情况的评估<sup>[31-32,34-36]</sup>。

**指南指出:评估胎儿流出道切面和大动脉时最基本(最低标准)的评估内容是确定 2 条大动脉内径基本接近,若内径差异明显,则需要进一步评估。**

评估心室大动脉连接关系时,指南强调需要确定 3 个关键内容:第一,正常胎儿左室流出道切面显示的大动脉发自左心室,其前壁与室间隔连续性正常,无分叉,提示此大动脉为主动脉;第二,正常的胎儿右室流出道切面,起源于右心室的大动脉可见分叉,提示此大动脉为肺动脉;第三,两条大动脉应该相互交叉(正常的“交叉环抱”关系)。

指南进一步强调仔细观察流出道切面的同时,获得相互紧邻的三血管切面和三血管气管切面有助于流出道病变、主动脉弓部病变、体静脉异常及胸腺病变的观察与评估<sup>[7,31-33]</sup>。上述切面可能协助筛查大动脉转位、法洛四联症、主动脉狭窄、肺动脉狭窄及永存左位上腔静脉等<sup>[7]</sup>。

### (1) 超声扫查技术

**指南推荐将探头从四腔心切面沿上胸部向头侧序贯横切面扫查<sup>[7,31]</sup>,以获取评估胎儿心脏及流出道的必需切面:左室流出道切面、右室流出道切面、三血管切面及三血管气管切面。**

指南特别介绍以下 2 种非常实用和易于操作的扫查技术:①横断连续扫查技术,从四腔心切面开始,平行向胎儿头侧移动探头,同时微调声束方向,连续显示及观察主动脉与肺动脉的交叉关系,以及肺动脉分支;②旋转连续扫查技术,从四腔心切面开始,将探头向胎儿的右肩侧旋转,声束与室间隔垂直时更易操作,可以显示与观察左室流出道,主动脉前壁与室间隔的连续性及升主动脉。

应用上述 2 种扫查技术,一旦获得左室流出道切面,将探头向头侧倾斜,几乎与主动脉呈垂直关系扫查直至显示到肺动脉。

另外,指南特别指出回放动态视频能够比静态图像更好地显示主动脉与肺动脉的关系。三血管切面及三血管气管切面是显示主动脉与肺动脉以及两者关系的重要辅助切面,在获得右室流出道切面后,向头侧移动探头并微调扫查声束方向分别显示三血管及三血管气管切面的各个结构,此水平也可获得动脉导管弓及主动脉弓切面。

### (2) 左室流出道切面

此切面能够确定解剖左心室从心脏中央发出一条大动脉、此大血管前壁与室间隔连续性存在(排除流出道型室间隔缺损),但只有显示此大动脉存在头侧分支后方可确定此大动脉为主动脉。但**该指南推荐的常规胎儿心脏筛查切面不包括显示主动脉弓及动脉导管弓长轴切面及进一步显示头侧血管分支。**左室流出道切面协助识别四腔心切面不能显示的流出道型室间隔缺损、动脉圆锥干畸形及主动脉瓣病变<sup>[34]</sup>。

### (3) 右室流出道切面、三血管切面及三血管气管切面

评估上述 3 个切面中各解剖结构的相互关系能够敏感地识别多种胎儿 CHD<sup>[31-34]</sup>。也已证明,上述 3 个切面其实是一组连续性的切面群,因探头方向、胎位及静态图像捕捉的瞬间精确位置而异,可以显示右室流出道、肺动脉瓣、主肺动脉、左右肺动脉分支、主动脉、动脉导管、上腔静脉及气管<sup>[31-33]</sup>。同样,指南认为实时扫查或通过动态回放比静态图像能更可靠地评估这些切面的解剖结构及相互关系。

**右室流出道切面:**显示解剖右心室发出的大动脉走行较短距离后即分支,此大动脉为肺动脉。

**三血管切面及三血管气管切面:**能够辅助四腔心切面以提高胎儿心脏超声筛查的敏感性。

**三血管切面:**能够观察主动脉、肺动脉及上腔静脉的数目、大小、排列关系等。从左向右依次为肺动脉、主动脉、上腔静脉(右侧);肺动脉内径最大,上腔静脉内径最小,内径自左至右依次递减。三血管切面能够显示四腔心切面表现正常的常见胎儿 CHD,包括完全型大动脉转位、法洛四联症、右室双出口、永存动脉干及肺动脉闭锁伴室间隔缺损<sup>[34-36]</sup>。

**三血管气管切面:**获得三血管切面后稍向头侧移动探头即可获取三血管气管切面,此切面能够显示主动脉横弓及其与气管的关系。三血管气管切面还包括主肺动脉及与之直接延续的动脉导管。正常胎儿主动脉横弓恰位于肺动脉主干/动脉导管的右侧。此切面可见气管呈高回声环状结构,内为无回声液体。正常胎儿动脉导管与主动脉弓在气管的左侧呈锐角(“V”字型)汇入降主动脉。此切面也可显示胎儿上腔静脉及胸腺。三血管气管切面有助于筛查主动脉缩窄、右位主动脉弓及双主动脉弓<sup>[36]</sup>。

关于三血管切面及三血管气管切面的重要性,指南指出这些切面筛查的心脏畸形信息能够为产前咨询及管理提供重要参考,指导分娩计划及出生后的及时医疗救治<sup>[7,31-36]</sup>。

四、新的指南对中孕期胎儿心脏超声筛查中彩色多普勒血流成像的应用有何建议

指南指出,虽然彩色多普勒血流显像技术不是胎儿心脏超声筛查必须的检查内容,但鼓励从事胎儿心脏超声筛查的专业人员熟悉并在检查中应用彩色多普勒血流显像技术<sup>[32]</sup>。鉴于彩色多普勒血流显像技术是胎儿超声心动图检查的重要组成部分<sup>[33]</sup>,其在胎儿 CHD 诊断中发挥着非常重要的作用,如果能够良好地掌握这项技术,从事心脏超声检查的医生可以将其用于日常胎儿心脏超声筛查中,协助显示房室瓣、半月瓣及大动脉的前向血流。彩色多普勒血流显像技术有助于诸多胎儿心血管解剖结构的识别与显示:显示主动脉弓与动脉导管弓“V”字型血流汇聚、共同房室瓣反流、主动脉弓及动脉导管弓内反向血流;有助于肥胖孕妇的胎儿心脏结构的显示及提高低危妊娠胎儿 CHD 的检出率。

指南建议优化彩色多普勒血流显像的预设置,包括采用较窄的彩色取样框,略大于观察兴趣区,有助于提高彩色帧频和彩色血流图像质量;中孕期观察胎儿心内结构及大血管血流时,建议速度标尺设置范围为 50~70 cm/s,当观察静脉血流时则应设置在 15~25 cm/s。

五、指南推荐在什么情况下进行系统全面的胎儿超声心动图检查

指南建议胎儿心脏超声筛查确定或怀疑胎儿心脏异常时应进行胎儿超声心动图检查<sup>[1-7]</sup>。当胎儿存在明确的 CHD 高危风险时,在进行胎儿心脏超声筛查的同时,指南建议及时进行胎儿超声心动图检查<sup>[1,4-5]</sup>。具体实施时会受制于各地医疗资源及检查机构的分布、胎儿超声心动图专业人员的可及性及胎儿心脏超声筛查结果等具体情况。

临床实践显示相当数量的低风险妊娠或不伴发心外畸形的孕妇中检出了胎儿 CHD,故指南特别强调开展高质量的筛查以发现异常并建议及时进行胎儿超声心动图检查。所有从事此领域的医疗专业人员应熟悉胎儿超声心动图检查的指征<sup>[7,33]</sup>,从事胎儿超声心动图检查的专业人员应当接受严格专业培训,熟悉胎儿 CHD 的产前诊断、产后发展过程、治疗及预后<sup>[1]</sup>;胎儿超声心动图医师能够对胎儿心血管系统进行全面评估,确诊胎儿 CHD 时能够给予胎儿双亲针对诊断、长期影响及结局、可能的治疗方案等方面的产前咨询<sup>[1-3,5-6,33]</sup>。

六、指南在胎儿心脏超声筛查质量控制方面有哪些建议

最新指南较为明确地阐述了胎儿心脏超声质量控制的要素:信息的完整性包括图像质量、标准切面的获取、推荐扫查切面内容的科学合理解读以及完整记录检查内容<sup>[7]</sup>。指南进一步指出,优异的检查质量取

决于超声检查设置的优化,包括采用心脏超声检查预设置及合适放大图像,图像质量的提升有助于检查者清晰识别指南推荐的心脏超声筛查切面中的解剖标志。

产科超声及心脏超声筛查的持续质量改进非常重要,指南鼓励按照既定的质控标准定期审核静态图像和动态视频,并对其进行评分,认为这是确保持续质量改进的有效措施,可能减少产前超声诊断错误,因此有效地改善胎儿 CHD 的检出率。

ISOUG 鼓励各地每年对所有胎儿心脏超声筛查的影像资料进行回顾分析,了解胎儿 CHD 的检出率及诊断准确率,并开展必要的培训。

七、指南对早孕期胎儿心脏超声筛查的观点如何  
尽管实践证明在低危人群中开展早孕期胎儿心脏超声筛查是可行的<sup>[11,22,24,33]</sup>,但指南认为目前早孕期胎儿心脏超声筛查尚未能常规开展,因此也非本指南要求必须开展的内容。

指南对早孕期胎儿心脏超声筛查要求的最低标准是观察到心脏位于胸腔内及确定胎儿心律规则。由于早孕期胎儿心脏体积微小,在孕 12<sup>+</sup><sub>3</sub> 周后超声显示胎儿心脏解剖结构的成功率更高<sup>[22-24]</sup>。

指南推荐使用经腹高频超声探头,具有高分辨率,除二维灰阶超声外,可以进行彩色多普勒血流显像/高质量能量多普勒成像(方向性能量多普勒成像)。在二维灰阶成像基础上优化彩色多普勒及能量多普勒显像调节以增强血流信号,协助显示微小的胎儿心脏解剖结构<sup>[7,23]</sup>。

出于安全考虑,指南对于早孕期胎儿心脏超声筛查中彩色多普勒血流显像的使用仅限于四腔心切面和三血管气管切面。最新 ISUOG 安全声明<sup>[37]</sup>建议有特定临床应用指征,包括胎儿心脏超声筛查时,可以在 11<sup>+</sup><sub>0</sub>~13<sup>+</sup><sub>6</sub> 周应用多种多普勒显像模式,但需要重点关注机器显示的热指数(thermal index, TI),TI≤1.0;检查时间尽可能短,一般不超过 5~10 min。

指南列举以下内容详尽早孕期胎儿心脏超声筛查的要素<sup>[11]</sup>:

1. 内脏及心脏方位,通过灰阶超声确定胎儿胃泡和心脏均位于胎儿的左侧。测量心轴至关重要,是胎儿 CHD 的重要线索。

2. 四腔心切面,可以通过二维灰阶、彩色多普勒和(或)能量多普勒(方向性能量图)显示胎儿四腔心切面,胎儿脊柱位于后方时可以较为理想地显示左右心室血流充盈。

3. 三血管气管切面,可以通过二维灰阶、彩色多普勒和(或)能量多普勒(方向性能量图)显示位于气管左侧的主动脉弓和动脉导管弓。



在早孕期显示胎儿左、右室流出道切面极具挑战性,极易产生假阳性和假阴性诊断。**指南建议:进行 NT 检查时开展的胎儿心脏超声筛查,应重点观察胎儿内脏及心脏方位,获取四腔心切面及三血管气管切面<sup>[38]</sup>,此孕期一旦怀疑存在胎儿 CHD 建议尽早进行胎儿超声心动图检查。**

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 潘美: 酝酿和设计实验, 实施研究, 起草文章; 尤利益: 对文章的知识性内容作批评性审阅; 彭晓慧: 酝酿和设计实验, 对文章的知识性内容作批评性审阅; 陈冉: 对文章的知识性内容作批评性审阅, 校对文稿; 田园诗: 校对文稿; 赵博文: 酝酿和设计实验, 实施研究, 起草文章, 对文章的知识性内容作批评性审阅, 行政、技术或材料支持, 支持性贡献

## 参 考 文 献

- [1] Donofrio MT, Moon-Grady AJ, Hornberger LK, et al. Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2014, 129(21): 2183-2242. DOI: 10.1161/01.cir.0000437597.44550.5d.
- [2] Rychik J, Ayres N, Cuneo B, et al. American Society of Echocardiography guidelines and standards for performance of the fetal echocardiogram[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17(7): 803-810. DOI: 10.1016/j.echo.2004.04.011.
- [3] 全国胎儿心脏超声检查协作组. 胎儿心脏超声检查规范化专家共识[J]. *中华超声影像学杂志*, 2011, 20(10): 904-909. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2011.10.026.
- [4] 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[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2013, 41(3): 348-359. DOI: 10.1002/uog.12403.
- [5] American Institute of Ultrasound in Medicine. AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography[J]. *J Ultrasound Med*, 2013, 32(6): 1067-1082. DOI: 10.7863/ultra.32.6.1067.
- [6] 中国医师协会超声医师分会. 中国胎儿心脏超声检查指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [7] Carvalho JS, Axt-Fliedner R, Chaoui R, et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): fetal cardiac screening[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2023, 61(6): 788-803. DOI: 10.1002/uog.26224.
- [8] Liu Y, Chen S, Zühlke L, et al. Global birth prevalence of congenital heart defects 1970-2017: updated systematic review and meta-analysis of 260 studies[J]. *Int J Epidemiol*, 2019, 48(2): 455-463. DOI: 10.1093/ije/dyz009.
- [9] Hill GD, Block JR, Tanem JB, et al. Disparities in the prenatal detection of critical congenital heart disease[J]. *Prenat Diagn*, 2015, 35(9): 859-863. DOI: 10.1002/pd.4622
- [10] Holland BJ, Myers JA, Woods CR Jr. Prenatal diagnosis of critical congenital heart disease reduces risk of death from cardiovascular compromise prior to planned neonatal cardiac surgery: a meta-analysis[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2015, 45(6): 631-638. DOI: 10.1002/uog.14882.
- [11] International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology; Bilardo CM, Chaoui R, et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): performance of 11-14-week ultrasound scan[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2023, 61(1): 127-143. DOI: 10.1002/uog.26106.
- [12] Seale AN, Carvalho JS, Gardiner HM, et al. Total anomalous pulmonary venous connection: impact of prenatal diagnosis[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2012, 40(3): 310-318. DOI: 10.1002/uog.11093.
- [13] Ganesan S, Brook MM, Silverman NH, et al. Prenatal findings in total anomalous pulmonary venous return: a diagnostic road map starts with obstetric screening views[J]. *J Ultrasound Med*, 2014, 33(7): 1193-1207. DOI: 10.7863/ultra.33.7.1193.
- [14] Paladini D, Pistorio A, Wu LH, et al. Prenatal diagnosis of total and partial anomalous pulmonary venous connection: multicenter cohort study and meta-analysis[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2018, 52(1): 24-34. DOI: 10.1002/uog.18907.
- [15] van Velzen CL, Haak MC, Reijnders G, et al. Prenatal detection of transposition of the great arteries reduces mortality and morbidity[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2015, 45(3): 320-325. DOI: 10.1002/uog.14689.
- [16] 中华医学会超声医学分会妇产超声学组. 胎儿完全型大动脉转位中孕期超声检查中国专家共识(2022 版)[J]. *中华超声影像学杂志*, 2022, 31(3): 197-202. DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20220104-00008.
- [17] Obstetrics and Gynecology Group, Ultrasound Medical Branch of Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on mid-trimester prenatal ultrasound examination of fetal complete transposition of the great arteries (2022 edition) [J]. *Chin J Ultrasonogr*, 2022, 31(3): 197-202. DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20220104-00008.
- [18] Peterson RE, Levi DS, Williams RJ, et al. Echocardiographic predictors of outcome in fetuses with pulmonary atresia with intact ventricular septum[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006, 19(11): 1393-1400. DOI: 10.1016/j.echo.2006.05.021.
- [19] Shivaram P, Van den Eynde J, Barnes BT, et al. Fetal echocardiographic predictors of postnatal surgical strategies in critical pulmonary stenosis or atresia with intact ventricular septum: a meta-analysis[J]. *Fetal Diagn Ther*, 2022, 49(5-6): 225-234. DOI: 10.1159/000525718.
- [20] Alsaied T, Friedman K, Masci M, et al. Type B interrupted right aortic arch: diagnostic and surgical approaches[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(1): e41-e43. DOI: 10.1016/j.athoracsurg.2018.05.098.
- [21] Cardinal MP, Gagnon MH, Têtu C, et al. Incremental detection of severe congenital heart disease by fetal echocardiography following a normal second trimester ultrasound scan in Québec, Canada[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2022, 15(4): e013796. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.121.013796.
- [22] Behera SK, Ding VY, Chung S, et al. Impact of fetal echocardiography comprehensiveness on diagnostic accuracy[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2022, 35(7): 752-761. e11. DOI: 10.1016/j.echo.2022.02.014.
- [23] McBrien A, Hornberger LK. Early fetal echocardiography[J]. *Birth Defects Res*, 2019, 111(8): 370-379. DOI: 10.1002/bdr2.

- 1414.
- [23] Lakshmy SR, Jain B, Rose N. Role of HDLive in imaging the fetal heart[J]. J Ultrasound Med, 2017, 36(6): 1267-1278. DOI: 10.7863/ultra.16.05071.
- [24] Hutchinson D, McBrien A, Howley L, et al. First-trimester fetal echocardiography: identification of cardiac structures for screening from 6 to 13 weeks' gestational age[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(8): 763-772. DOI: 10.1016/j.echo.2017.03.017.
- [25] Dolk H, Loane M, Garne E; European Surveillance of Congenital Anomalies (EUROCAT) Working Group. Congenital heart defects in Europe: prevalence and perinatal mortality, 2000 to 2005[J]. Circulation, 2011, 123(8): 841-849. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.958405.
- [26] van Velzen CL, Clur SA, Rijlaarsdam ME, et al. Prenatal detection of congenital heart disease—results of a national screening programme[J]. BJOG, 2016, 123(3): 400-407. DOI: 10.1111/1471-0528.13274.
- [27] Carvalho JS, Mavrides E, Shinebourne EA, et al. Improving the effectiveness of routine prenatal screening for major congenital heart defects[J]. Heart, 2002, 88(4): 387-391. DOI: 10.1136/heart.88.4.387.
- [28] Schwärzler P, Senat MV, Holden D, et al. Feasibility of the second-trimester fetal ultrasound examination in an unselected population at 18, 20 or 22 weeks of pregnancy: a randomized trial[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 1999, 14(2): 92-97. DOI: 10.1046/j.1469-0705.1999.14020092.x.
- [29] Yu D, Sui L, Zhang N. Performance of first-trimester fetal echocardiography in diagnosing fetal heart defects: meta-analysis and systematic review[J]. J Ultrasound Med, 2020, 39(3): 471-480. DOI: 10.1002/jum.15123.
- [30] Minnella GP, Crupano FM, Syngelaki A, et al. Diagnosis of major heart defects by routine first-trimester ultrasound examination: association with increased nuchal translucency, tricuspid regurgitation and abnormal flow in ductus venosus [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2020, 55(5): 637-644. DOI: 10.1002/uog.21956.
- [31] Yagel S, Cohen SM, Achiron R. Examination of the fetal heart by five short-axis views: a proposed screening method for comprehensive cardiac evaluation [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2001, 17(5): 367-569. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2001.00414.x.
- [32] Chaoui R, McEwing R. Three cross-sectional planes for fetal color Doppler echocardiography[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2003, 21(1): 81-93. DOI: 10.1002/uog.5.
- [33] Moon-Grady AJ, Donofrio MT, Gelehrter S, et al. Guidelines and Recommendations for Performance of the Fetal Echocardiogram: An Update from the American Society of Echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2023, 36(7): 679-723. DOI: 10.1016/j.echo.2023.04.014.
- [34] Sklansky MS, Berman DP, Pruetz JD, et al. Prenatal screening for major congenital heart disease: superiority of outflow tracts over the 4-chamber view[J]. J Ultrasound Med, 2009, 28(7): 889-899. DOI: 10.7863/jum.2009.28.7.889.
- [35] Sun HY, Proudfoot JA, McCandless RT. Prenatal detection of critical cardiac outflow tract anomalies remains suboptimal despite revised obstetrical imaging guidelines[J]. Congenit Heart Dis, 2018, 13(5): 748-756. DOI: 10.1111/chd.12648.
- [36] Yagel S, Arbel R, Anteby EY, et al. The three vessels and trachea view (3VT) in fetal cardiac scanning[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2002, 20(4): 340-345. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2002.00801.x.
- [37] Salvesen K, Abramowicz J, Ter Haar G, et al. ISUOG statement on the safe use of Doppler for fetal ultrasound examination in the first 13<sup>+6</sup> weeks of pregnancy (updated)[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2021, 57(6): 1020. DOI: 10.1002/uog.23610.
- [38] Wiehac M, Knafel A, Nocun A. Prenatal detection of congenital heart defects at the 11- to 13-week scan using a simple color Doppler protocol including the 4-chamber and 3-vessel and trachea views[J]. J Ultrasound Med, 2015, 34(4): 585-594. DOI: 10.7863/ultra.34.4.585.

(收稿日期: 2023-09-22)

