

## 胎儿心脏超声规范化检查及结果解读

孟 红, 王剑鹏

国家心血管病中心 中国医学科学院阜外医院超声影像中心, 北京 100037

通信作者: 孟 红 电话: 010-88322637, E-mail: drfwmh@126.com

**【摘要】**先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 主要指心脏及大血管的局部解剖结构异常, 具有高致残性和高致死性, 是严重威胁人类健康的全球性心血管疾病。超声检查是目前临幊上筛查、诊断 CHD 重要的无创诊断技术, 可在妊娠 18~22 周行胎儿心脏超声筛查, 并在合适孕周进行随诊。目前常用的超声检查方法包括二维灰阶显像、彩色多普勒血流显像及频谱多普勒超声心动图。时间-空间相关成像技术是在二维超声基础上建立的新技术, 具有多种成像模式, 可实现对心脏解剖结构显示和 CHD 诊断。规范的胎儿心脏超声检查及专业的超声结果解读可提高 CHD 的产前诊断质量, 给予孕妇合理的产前咨询和产科管理, 降低致死性 CHD 胎儿的出生, 提高 CHD 患儿的生命质量, 具有重要的临床价值和深远的社会意义。

**【关键词】**先天性心脏病; 胎儿心脏超声; 预后; 时间-空间相关成像技术

**【中图分类号】** R541.1; R714.53    **【文献标志码】** A    **【文章编号】** 1674-9081(2021)03-0298-05

**DOI:** 10.12290/xhyxzz.2021-0096

### Clinical Protocol and Interpretation of Fetal Echocardiography Examination

MENG Hong, WANG Jianpeng

Echocardiography Imaging Center, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, National Center for Cardiovascular Diseases, Beijing 100037, China

Corresponding author: MENG Hong Tel: 86-10-88322637, E-mail: drfwmh@126.com

**【Abstract】** Congenital heart diseases (CHD) are a kind of defects of the heart and great vessels, which have high disabilities and high mortalities and are a serious threat to human health. Fetal echocardiography is a crucial noninvasive technique to screen and diagnose CHD. Fetal echocardiography can be started at the 18–22 gestational week, and be periodically reviewed during the gestation. Now fetal echocardiography examination includes two-dimensional, color Doppler and spectral Doppler imaging. Spatio-temporal image correlation (STIC) is an advanced technique based on two-dimensional echocardiography and has multiple imaging models. STIC technique shows cardiovascular spatial relations and morphologies for the diagnosis of CHD. Standardized fetal echocardiography and professional explanation are very important and helpful to provide optimal consultation and clinical management, to avoid the loss of operative opportunity due to delayed diagnosis, to decrease the birth of infants with fatal CHD, which has clinical value and social meaning.

**【Key words】** congenital heart disease; fetal echocardiography; prognosis; spatio-temporal image correlation

**Funding:** Fuwai Yunnan Cardiovascular Clinical Medical Center Project (FZX2019-06-01-09)

Med J PUMCH, 2021, 12(3):298–302

基金项目: 云南省阜外心血管病临床医学中心项目 (FZX2019-06-01-09)

引用本文: 孟红, 王剑鹏. 胎儿心脏超声规范化检查及结果解读 [J]. 协和医学杂志, 2021, 12 (3): 298- 302. doi: 10.12290/xhyxzz.2021-0096.

先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 主要指胚胎发育早期 (妊娠 8~12 周) 心脏及大血管形成障碍, 或出生后应关闭的通道未闭合而引起的心脏及大血管局部解剖结构异常, 发病率约为 8%~12%, 具有高致残性和致死性<sup>[1]</sup>, 是严重威胁人类健康的全球性心血管疾病。《中国出生缺陷防治报告 (2012)》<sup>[2]</sup> 数据显示, 我国每年新增 13~20 万例 CHD 患儿, 随着国家二胎政策的调整, 预计每年新增 CHD 患儿近 30 万例; 截至 2011 年底, 全国救治的 CHD 患儿仅 26 536 例, 患病人数与救治人数悬殊较大。研究证实产前诊断有助于提高 CHD 患儿的手术成功率, 降低其死亡率<sup>[3-4]</sup>。然而, 目前胎儿心脏超声检查多由产科超声医师承担, 诊断质量参差不齐, 且大部分产科医师、儿科医师对于 CHD 的种类、手术方式、预后判断及诊治进展等缺乏足够认识, 易出现漏诊、误诊, 不能为临床决策提供必要信息<sup>[5]</sup>。因此, 提高 CHD 的产前诊断质量, 给予孕妇合理的产前咨询和产科管理, 具有重要的临床价值和深远的社会意义。

## 1 胎儿心脏超声检查的时机

增加胎儿罹患 CHD 的风险因素包括母体、家族和胎儿自身<sup>[6-8]</sup>, 实施检查过早难以对心脏结构和功能作出全面评价, 检查过晚将延误 CHD 的诊断和治疗。针对存在 CHD 高危因素的胎儿, 可在妊娠 18~22 周时行胎心筛查, 一般需在妊娠 22 周后进行复查, 妊娠 23~25 周是进行胎儿心脏超声检查的最佳时机。但胎儿期心律失常 (早搏、心动过速)、动脉导管迂曲、卵圆孔开放受限甚至早闭经常在妊娠 25~26 周无表现, 仅在孕晚期出现。如产前筛查可疑先天性心脏畸形, 应尽早进行胎心检查。对于确诊或疑诊为胎儿 CHD 的孕妇 (如半月瓣或房室瓣关闭不全/狭窄、动脉发育不良、心律失常、心力衰竭、动脉导管提前收缩、卵圆孔开放受限等), 考虑疾病进展的可能, 建议孕期进行胎心复查随诊。

## 2 胎儿心脏超声检查的方法及评价

### 2.1 心脏超声检查的方法

胎心检查包括二维灰阶显像、彩色多普勒血流显像及频谱多普勒超声心动图。检查应从判断胎儿数目和胎方位开始, 遵循节段分析法, 并结合胎儿期的循环特点, 采用连续横向扫查、矢状切面和冠状切面联

合检查的方法。确定胎儿宫内位置后, 具体检查方法如下: 首先, 进行全身横切面扫查, 确定标准的腹部横切面, 探头向胎儿头部轻微倾斜, 可顺序获取四腔心切面、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; 其次, 在横切面扫查的基础上, 旋转超声探头至矢状位纵切面获取主动脉弓长轴切面、动脉导管弓长轴切面及腔静脉长轴切面; 最后, 在三血管气管切面、动脉导管与峡部显示清晰后, 将探头旋转 90°, 微调探头角度, 获取主动脉冠状切面, 观察主动脉峡部、动脉导管、锁骨下动脉、颈动脉、降主动脉与气管的内径及位置关系情况。必要时可根据病变情况增加非标准切面<sup>[9]</sup>。表 1 汇总了胎儿 CHD 超声检查时需关注的解剖结构和评估重点。

### 2.2 心脏功能及节律的评价

胎儿结构性心脏病、心肌病变、持续性心律失常及前负荷改变等均可影响心脏功能。心脏功能受损可能导致胎儿宫内缺氧、酸中毒、胎盘功能受损, 甚至死亡。费城儿童医院胎儿心功能评分<sup>[10]</sup> 是目前常用的综合评价指标, 包括胎儿水肿、静脉多普勒 (脐静脉及静脉导管)、心脏大小 (心胸比)、心脏功能 (房室瓣前向或反流频谱形态、室壁收缩分数) 和脐动脉频谱 5 个类别, 每个类别 2 分。

胎儿心脏超声检查应包括心率和心律。正常胎儿心律齐, 胎心率为 120~160 次/min, >160 次/min 提示心动过速, <100 次/min 提示心动过缓。根据其心律快慢, 可将心律失常分为心动过速 (窦性、室上性、室性、房扑及房颤) 和心动过缓 (窦性过缓、房室传导阻滞等)。评估方法包括二维及 M 型超声、频谱多普勒超声心动图。M 型超声是评价心律失常最常用的方法, 将 M 型取样线穿过一侧心房的侧壁及对侧或一侧心室的侧壁, 并尽量贴近房室交界, 同时记录三者的运动曲线, 从而评价心房和心室搏动的关系, 诊断心律失常的类别<sup>[11]</sup>。频谱多普勒超声心动图将取样容积同时放至上腔静脉和升主动脉内, 可同时探测上腔静脉及升主动脉的血流频谱、上腔静脉的小 a 波 (对应心房收缩期, 相当于心电图 P 波)、升主动脉的 v 波 (对应心室收缩期, 相当于心电图 QRS 波), 亦可测量 a 波起始与 v 波起始之间距离, 即 AV 间期。

## 3 胎儿心脏超声检查结果的解读

由于 CHD 种类繁多, 严重程度不同, 复杂畸形

表 1 胎儿 CHD 超声检查需关注和评估的重点

CHD 种类	关注和评估的重点
全肺静脉异位引流	回流入左心房的肺静脉数目；左心房与降主动脉之间距离有无增宽；三血管气管切面肺动脉左侧有无异常血管；有无异常血管汇入冠状静脉窦、上腔静脉、肝静脉或门静脉；肺静脉干的异常回流部位有无血流汇聚（即梗阻）；尽可能评估肺静脉有无狭窄
ASD/VSD	房间隔下部、室间隔上部有无回声中断；如存在 VSD，其缺损大小；房室瓣膜是否仍具有两组房室瓣环或形成完全共同的房室瓣膜，尽可能鉴别 ASD/VSD 分型（完全型、过渡型、部分型）；共同房室瓣前共瓣腱索附着位置（室缺残端、右心室），房室瓣膜发育情况及反流程度
肺动脉瓣狭窄/法洛四联症/肺动脉闭锁/肺动脉狭窄	室间隔连续性，有无合并 VSD，如合并 VSD，其缺损大小，与主动脉的关系，主动脉骑跨率；肺动脉瓣叶增厚情况，狭窄程度，甚至闭锁，有无合并反流及其程度；肺动脉瓣环发育情况（瓣环直径及 Z 值）；肺动脉发育情况，主肺动脉及左右肺动脉内径及 Z 值；右心室发育情况，比较右心室与左心室各径线；三尖瓣发育情况，瓣环直径及 Z 值，瓣叶情况，有无增厚，三尖瓣反流程度；警惕威廉斯氏综合征
主动脉缩窄	室间隔连续性，有无合并 VSD；如合并 VSD，其缺损大小，与主动脉的关系；主动脉根部发育情况，主动脉瓣环直径及 Z 值，升主动脉内径及 Z 值；主动脉横弓部内径及 Z 值；降主动脉峡部内径及 Z 值；降主动脉走形，有无迂曲，分支动脉分布间距；峡部血流有无反向或舒张期延迟；需重点排除有无导致左心室流出道容量减少的因素（如卵圆孔开放受限、VSD、左上腔静脉/主动脉瓣畸形、左心发育不良、右心室双出口等）
主动脉弓离断	需特别关注主动脉弓离断的部位；鉴别主动脉弓离断的类型（A 型：位于左锁骨下动脉远端；B 型：左颈总动脉与左锁骨下动脉之间；C 型：无名动脉与左颈总动脉之间）；其他观察重点同主动脉缩窄；B 型弓离断需警惕特纳综合征
完全型大动脉转位	室间隔的连续性，有无合并 VSD；如合并 VSD，其缺损大小；主动脉与肺动脉的空间位置及关系，有无正常的螺旋关系，或异常平行排列；心室与动脉的连接关系；主动脉瓣及肺动脉瓣瓣叶情况，有无明显狭窄或反流，瓣下有无异常结构，瓣环发育情况（瓣环直径及 Z 值）；肺动脉发育情况，主肺动脉及左右肺动脉内径及 Z 值
右心室双出口	室间隔的连续性，有无合并 VSD；如合并 VSD，缺损大小；主动脉与肺动脉的空间位置及关系；心室与动脉的连接关系，缺损与动脉的关系，VSD 是否位于动脉下或远离动脉，修补 VSD 能否重建左心室与主动脉的连接，或通过建立左心室肺动脉内隧道及动脉调转手术；其他观察重点同完全性大动脉

CHD：先天性心脏病；ASD：房间隔缺损；VSD：室间隔缺损

较多，常与遗传性疾病或心脏外科畸形伴发，或为某些综合征的部分表现，其治疗策略需超声科医师、产科医师、儿科医师、遗传咨询医师等多学科专家联合会诊确定<sup>[12]</sup>。建议咨询内容包括病种、病变在胎儿期的自然病程、母体风险；胎儿出生后的可能结局、治疗措施、治疗方案及相应费用；患儿的预后及生存质量、有无遗传性疾病；需进一步完善的胎儿期相关检查及随诊方案等。

随着医学技术的发展，大部分心脏畸形经治疗后可获得满意效果。简单 CHD（如房间隔缺损、室间隔缺损、部分肺静脉异位回流）的近、远期预后较好。在国内专业的心脏治疗中心，大部分复杂心脏畸形的近、远期死亡率已控制在 10% 以内<sup>[13]</sup>。近年，根据疾病严重程度、解剖分类的风险程度及围产期管理风险，国内将胎儿 CHD 进行分类，为围产期多学科合作提供了明确指导，降低了患儿出生后的死亡率及近/远期不良事件的发生率<sup>[14]</sup>。

基于目前国情，部分严重的 CHD，特别是需多次手术和不能根治的 CHD（如左心系统发育不良、单心室甚至合并肺动脉发育不良等）给患儿和家庭带来了沉重的经济和心理负担。因此，胎儿期检出

CHD 后，孕妇及家属迫切需要了解孩子出生后的治疗情况和远期预后，但基于国内 CHD 的外科治疗现状，对常见 CHD 进行分级，有助于基层医生合理解答孕妇提出的问题（表 2）<sup>[11]</sup>，提高产前咨询和产科管理质量。

#### 4 时间-空间相关成像技术的应用和优势

时间-空间相关成像技术（spatio-temporal image correlation, STIC）是一种专用于胎儿心脏超声的动态三维超声成像技术，采用间接的运动门控脱机模式，基于心脏运动时产生的组织位移而抽取心动周期不同时相的信息<sup>[15]</sup>。STIC 具有多种成像模式，包括高分辨仿真血流成像模式、断层超声显像和多平面成像模式等，每种模式均可联合应用二维灰阶成像、彩色多普勒、能量多普勒等技术。STIC 的高分辨仿真血流成像模式可对胎儿的大血管血流进行三维重建，直观立体地显示出动脉、静脉的空间关系和形态<sup>[16]</sup>。断层超声显像（tomographic ultrasound imaging, TUI）是一种新型的三维超声显像模式，可将三维超声空间位置关系转化为简洁的连续断层图像，类似 CT 和

表 2 我国 CHD 患儿的预后情况<sup>[11]</sup>

CHD 种类	预后情况定义	备注
小的 VSD (特别是膜周部或肌部)、小的 ASD、轻度肺动脉狭窄、轻度弓缩窄；胎儿期特有的孕期异常，包括动脉导管提前收缩、卵圆孔开放受限或早闭	出生时或生后数日无血流动力	建议胎儿出生后定期复查随诊
绝大多数 CHD，包括但不限于 ASD/VSD、动脉导管未闭、心内膜垫缺损、主动脉瓣下隔膜、功能改变不明显的主动脉瓣二瓣化畸形、较轻的三尖瓣下移畸形、肺动脉狭窄、法洛四联症 (肺动脉及瓣环发育较好)、冠状动脉瘘及异常起源、主动脉缩窄/离断、完全/部分型肺静脉异位引流、完全型大动脉转位、多数右心室双出口等	出生后需介入或外科治疗，一般单次手术可取得根治效果，对患儿生活质量及预期寿命无明显影响	需同时考虑合并遗传性疾病及心外畸形对生活质量及预期寿命的影响
瓣膜发育较差的完全型心内膜垫缺损、较重的三尖瓣下移畸形、肺动脉瓣发育较差的法洛四联症、肺动脉闭锁、肺动脉瓣缺如、二尖瓣发育异常 (瓣上隔膜除外)、主动脉瓣病变、共同动脉干、合并瓣膜病变的完全型大动脉转位及右心室双出口、矫正型大动脉转位等	出生后需介入或外科治疗，可能需多次手术获得根治效果	部分复杂畸形如大动脉转位、右心室双出口及矫正型大动脉转位等，往往合并其他畸形，其治疗效果一般由合并的畸形决定
合并一侧心室发育不良，单心室、严重的三尖瓣下移畸形或缺如、部分 4 型肺动脉闭锁、一侧房室瓣发育不良或闭锁、主动脉瓣环发育不良、室间隔发育不良、部分难以建立内隧道连接的右心室双出口	不能手术根治，只能做功能矫形手术，影响预期寿命和生活质量	功能矫正手术包括右心旁路术、体肺分流术、肺动脉环缩术等，通过改善紫绀、减少心脏负荷、防止肺血管病变加重等，改善患者生活质量及预期寿命
左心发育不良 (房间隔完整型)、合并左右肺动脉未发育或严重的肺静脉狭窄、由心脏结构性病变或心肌病变引发的心室功能减低	预后不良的 CHD (手术难度极大、需心脏移植或不能手术)	

CHD、VSD、ASD：同表 1

MRI 的显像模式。多平面成像可同时显示解剖结构的三个平面 (横切面、矢状面、冠状面)，应用“参考点”可确定三个垂直切面上的同一解剖结构，容积分析可定量评价心室、瓣膜的运动状态及心室体积，从结构至功能全方位评估胎儿心脏。STIC 融合了三维数据与时相信息，可完整获取胎儿多个心动周期的全部容积数据，真实反映心脏的运动过程；对所采集的图像可进行脱机分析，利用瓣膜开放、关闭等信息估测图像所处的时相，并停帧显示不同时相的心脏图像，进而测量和评价胎儿心脏的收缩功能；具有数据采集自动化、数据存储数字化、成像模式多样化、图像动态化等特点。目前已有临床研究将 STIC 技术应用于主动脉弓部病变及血管环的诊断<sup>[17-18]</sup>。

## 5 小结

胎儿 CHD 是围生期缺陷的首位疾病，也是孕妇流产和患儿婴儿期死亡的主要原因<sup>[19]</sup>。目前 CHD 的三级防治内容为：一级防治主要针对 CHD 的遗传和环境因素，二级防治指产前筛查、诊断、风险评估和胎儿干预，三级防治指尽早完成诊断和必要、及时的治疗，改善患儿预后，降低致残率和死亡率。胎儿心脏超声检查具有实时显示、快捷和无创等优点，成为临幊上筛查 CHD 的主要检查手段，为二级防治的重要工作内容。规范的胎儿心脏超声检查及专业的超声

结果解读有助于提高 CHD 的产前诊断质量，降低致死性 CHD 胎儿的出生、避免 CHD 患儿因诊断延误而丧失手术指征，提高患儿的生活质量，也是落实《“健康中国 2030”规划纲要》的一项重要举措，具有重要的临床价值和深远的社会意义。

**作者贡献：**孟红负责文章撰写及修订；王剑鹏负责文章审校。

**利益冲突：**无

## 参 考 文 献

- [1] Hoffman JIe. The global burden of congenital heart disease [J]. Cardiovasc J Afr, 2013, 24: 141-145.
- [2] 中华人民共和国卫生部. 中国出生缺陷防治报告 (2012) [R/OL]. (2012-09-12). [2021-04-22]. [http://www.gov.cn/gzdt/2012-09/12/content\\_2223371.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2012-09/12/content_2223371.htm).
- [3] Quartermain MD, Hill KD, Goldberg DJ, et al. Prenatal Diagnosis Influences Preoperative Status in Neonates with Congenital Heart Disease: An Analysis of the Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database [J]. Pediatr Cardiol, 2019, 40: 489-496.
- [4] Oster ME, Kim CH, Kusano AS, et al. A population-based study of the association of prenatal diagnosis with survival rate for infants with congenital heart defects [J]. Am J Cardio, 2014, 113: 1036-1040.

- [5] He YH, Xu WZ, Su ZH, et al. Addressing the rising burden of congenital heart disease in China [J]. Lancet Child Adolesc Health, 2020, 4: e7.
- [6] Øyen N, Diaz LJ, Leirgul E, et al. Prepregnancy diabetes and offspring risk of congenital heart disease: a nationwide cohort study [J]. Circulation, 2016, 7: 2243-2253.
- [7] 何春华, 王清国, 李莉, 等. 系统性红斑狼疮孕妇胎儿心脏超声检查的临床价值分析 [J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21: 317-318.
- [7] He CH, Wang QG, Li L, et al. Clinical value analysis of fetal echocardiography in pregnant women with systemic lupus erythematosus [J]. Lin Chuang Chao Sheng Yi Xue Za Zhi, 2019, 21: 317-318.
- [8] 黄时花. 胎儿先天性心脏病的高危因素及产前超声筛查的意义 [J]. 中国优生与遗传杂志, 2019, 27: 594-595.
- [8] Huang SH. High risk factors of fetal congenital heart disease and the significance of prenatal ultrasound screening [J]. Zhongguo You Sheng Yu Yi Chuan Za Zhi, 2019, 27: 594-595.
- [9] Satomi G. Guidelines for fetal echocardiography [J]. Pediatr Int, 2015, 57: 1-21.
- [10] Stirnemann JJ, Nasr B, Proulx F, et al. Evaluation of the CHOP cardiovascular score as a prognostic predictor of outcome in twin-twin transfusion syndrome after laser coagulation of placental vessels in a prospective cohort [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2010, 36: 52-57.
- [11] Dangel J. Fetal atrial flutter and supraventricular tachycardia [J]. Ultrasound Med Biol, 2019, 45: s47.
- [12] 中华医学会胸心血管外科学分会, 中华医学会小儿外科学分会心胸外科学组, 国家心血管病中心先天性心脏病专业委员会, 等. 中国心脏出生缺陷围产期诊断和临床评估处置专家共识 [J]. 中华小儿外科杂志, 2018, 39: 163-170.
- [13] 孟红, 逢坤静, 王浩, 等. 新生儿危重先天性心脏病的超声心动图诊断及外科治疗经验 [J]. 中国循环杂志, 2018, 33: 801-805.
- [13] Meng H, Pang KJ, Wang H, et al. Experience of Echocardiography Diagnosis and Surgical Treatment of Neonatal Critical Congenital Heart Disease [J]. Zhongguo Xun Huan Za Zhi, 2018, 33: 801-805.
- [14] Liu X, Hong HF, Zhang HB, et al. Neonatal surgical outcomes after prenatal diagnosis of complex congenital heart disease: experiences of a perinatal integrated diagnosis and treatment program [J]. World J Pediatr, 2020, 16: 494-501.
- [15] Inamura N, Taniguchi T, Yamada T, et al. The Evaluation of Fetal Cardiac Remote Screening in the Second Trimester of Pregnancy Using the Spatio Temporal Image Correlation Method [J]. Pediatr Cardiol, 2020, 41: 979-984.
- [16] 李天刚, 聂芳, 杨兰, 等. 二维联合时间-空间关联成像在胎儿主动脉缩窄诊断中的应用 [J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28: 696-699.
- [16] Li TG, Nie F, Yang L, et al. Two-Dimensional Ultrasound Combined with Spatio-Temporal Image Correlation in the Diagnosis of Fetal Coarctation of Aorta [J]. Zhongguo Yi Xue Ying Xiang Xue Za Zhi, 2020, 28: 696-699.
- [17] Wang Y, Liu C, Zhang Y, et al. Prenatal diagnosis of coarctation of the aorta with a long and angled isthmus by two and three dimensional echocardiography: a case report [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2021, 21: 176.
- [18] Li TG, Li QL, Ma B, et al. Prenatal diagnosis of complete vascular ring using high-definition flow render mode and spatiotemporal image correlation [J]. Echocardiography, 2021, 38: 488-492.
- [19] Yu HC, Coughlin CR, Geiger EA, et al. Discovery of a potentially deleterious variant in TMEM87B in a patient with a hemizygous 2q13 microdeletion suggests a recessive condition characterized by congenital heart disease and restrictive cardiomyopathy [J]. Cold Spring Harb Mol Case Stud, 2016, 2: a000844.

(收稿: 2021-01-24 录用: 2021-03-23)

(本文编辑: 李玉乐)