

孕中期三血管气管切面联合肺动脉主干增宽 指导胎儿心脏畸形诊断的价值

李 辉, 李英来, 王希艳, 王俊兰, 张中华, 孙 艳, 王海凤

(河北省沧州市妇幼保健院, 河北 沧州 061000)

【摘要】目的:探究孕中期超声三血管气管切面(3VT)联合肺动脉主干增宽对胎儿心脏畸形的诊断价值。**方法:**收集 2022 年 1 月—2023 年 6 月于我院产检及分娩的胎儿心脏畸形产妇 140 例的临床资料,所有产妇均接受了产前系统超声检查,统计受试者孕中期超声检查结果,分析超声 3VT 联合肺动脉主干增宽对胎儿心脏畸形的诊断价值。**结果:**140 例胎儿心脏畸形经孕中期超声诊断法洛四联症 36 例 (25.71%), 右室双出口 15 例 (10.71%), 主动脉缩窄 26 例 (18.57%), 主动脉弓离断 4 例 (2.86%), 双主动脉弓 4 例 (2.86%), 肺动脉狭窄 20 例 (14.29%), 永存左上腔静脉 5 例 (3.57%), 永存动脉干 5 例 (3.57%), 动脉导管迂回 12 例 (8.57%), 右位主动脉弓伴右位动脉导管 4 例 (2.86%), 右位主动脉弓伴左位动脉导管 4 例 (2.86%), 左心发育不良 5 例 (3.57%)。随访 140 例心脏畸形胎儿中 134 例 (95.71%) 与孕中期超声诊断相符, 2 例永存动脉干未检出; 右室双出口伴大动脉转位 2 例未检出; 主动脉缩窄 1 例肢体短小未检出, 1 例单心室未检出。140 例胎儿经临床确诊存在肺动脉瓣狭窄 20 例, 肺动脉瓣缺如 3 例, 特发性肺动脉扩张 12 例, 特发性肺动脉高压 18 例, 以肺动脉内径/主动脉内径(PA/AO)>1.2 作为依据, 共检出 48 例畸形, 检出率为 90.57%; 140 例胎儿心脏畸形孕中期 3VT 诊断正确 134 例, 符合率为 95.71%, 联合 PA/AO 比值>1.2 诊断正确 137 例, 符合率为 97.86%。两者联合诊断胎儿心脏畸形的符合率略高于肺动脉主干增宽检查及孕中期 3VT 检查单独诊断, 但三者组间对比差异无统计意义 ($P>0.05$)。**结论:**孕中期超声 3VT 联合肺动脉主干增宽对胎儿心脏畸形具有较高的诊断价值。

【关键词】 肺动脉; 心脏缺损, 先天性; 超声心动描记术, 多普勒, 彩色

【中图分类号】 R714.53; R540.45

【文献标识码】 A

【文章编号】 1008-1062(2024)10-0729-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.10.010

Value of ultrasound three-vessel trachea view combined with pulmonary artery trunk widening in the second trimester of pregnancy on guiding the diagnosis of fetal heart malformations

LI Hui, LI Ying-lai, WANG Xi-yan, WANG Jun-lan, ZHANG Zhong-hua, SUN Yan, WANG Hai-feng

(Cangzhou Women's and Children's Hospital, Cangzhou Hebei 061000, China)

Abstract: Objective: To explore the diagnostic value of ultrasound three-vessel trachea view (3VT) combined with pulmonary artery trunk widening in the second trimester of pregnancy on fetal heart malformations. **Methods:** Clinical data of 140 puerperae with fetal heart malformations who performed antenatal examination and delivered in our hospital were collected from January 2022 to June 2023. All puerperae received prenatal systematic ultrasound examination. The ultrasonography results of the subjects in the second trimester of pregnancy were counted to analyze the diagnostic value of ultrasound 3VT combined with pulmonary artery trunk widening on fetal heart malformations. **Results:** Among 140 cases of fetal heart malformations, ultrasound diagnosis in the second trimester of pregnancy revealed 36 cases (25.71%) of tetralogy of fallot, 15 cases (10.71%) of double-outlet right ventricle, 26 cases (18.57%) of coarctation of aortic arch, 4 cases (2.86%) of interruption of aortic arch, 4 cases (2.86%) of double aortic arch, 20 cases (14.29%) of pulmonary artery stenosis, 5 cases (3.57%) of persistent left superior vena cava, 5 cases (3.57%) of persistent truncus arteriosus, 12 cases (8.57%) of ductus arteriosus circuitry, 4 cases (2.86%) of right aortic arch and right ductus arteriosus, 4 cases (2.86%) of right aortic arch and left ductus arteriosus and 5 cases (3.57%) of left heart dysplasia, and 134 (95.71%) of 140 cases with cardiac malformations during follow-up were consistent with ultrasound diagnosis in the second trimester of pregnancy and 2 cases of persistent truncus arteriosus were not detected. Double-outlet right ventricle with transposition of the great arteries was not detected in 2 cases. Aortic arch coarctation was not detected in 1 case of short limbs and 1 case of single ventricle. There were 20 cases of pulmonary valve stenosis, 3 cases of pulmonary valve absence, 12 cases of idiopathic pulmonary artery dilatation and 18 cases of idiopathic pulmonary hypertension in 140 fetuses by clinical diagnosis. Based on pulmonary artery/aorta (PA/AO) ratio>1.2, 48 cases of malformations were detected, with the detection rate of 90.57%. Among 140 cases of fetal heart malformations, 134 cases were diagnosed

【收稿日期】 2023-12-30; **【修回日期】** 2024-04-16

【作者简介】 李辉(1987-), 男, 河北沧州人, 主治医师。E-mail: lh17603171383@163.com

【通信作者】 李辉, 河北省沧州市妇幼保健院, 061000。E-mail: lh17603171383@163.com

【基金项目】 2022 年沧州市科技计划项目 (222106065)。

correctly by 3VT in the second trimester, with the coincidence rate of 95.71%; 137 cases were diagnosed correctly by combining with PA/AO ratio >1.2 , with the coincidence rate of 97.86%. The coincidence rate of combined diagnosis of fetal cardiac malformations was slightly higher than that of pulmonary artery trunk widening examination or 3VT examination in the second trimester, but there was no statistical significance among the three methods($P>0.05$). **Conclusion:** Ultrasound 3VT combined with pulmonary artery trunk widening in the second trimester of pregnancy has high diagnostic value on fetal heart malformations.

Key words: Pulmonary Artery; Heart Defects, Congenital; Echocardiography, Doppler, Color

胎儿心脏畸形是临床常见的出生缺陷,可引起组织缺氧,加重心脏负担,还可导致肺功能紊乱、肺部血流异常、诱发肺部感染,严重时可导致新生儿猝死^[1]。因此,做好产前筛查及诊断,对改善妊娠结局、提高人口素质至关重要。

根据中国医师协会产前超声检查指南,胎儿心脏等系统超声检查最佳时间为孕中期,临床上常采用彩色多普勒超声进行检查,可在二维中孕中期系统筛查基础上,对心脏大血管等部位血流情况进行实时监测^[2]。三血管气管切面(Three vessels and trachea view, 3VT)又叫做动脉导管和主动脉弓横切面,是胎儿心脏筛查的众多横切面之一,可清晰显示胎儿心脏大血管的位置及形态结构等信息^[3]。正常生理条件下,胎儿上腔静脉与主动脉、肺动脉呈直线排序,直径依次增粗,若存在先天性心脏病血管畸形如特发性肺动脉扩张或肺动脉狭窄等常造成心室负荷加重,导致心室增厚,引起肺动脉内径改变,造成主干增宽。故有报道指出,肺动脉主干增宽是胎儿心脏畸形的主要表现^[4]。但目前临床上对 3VT、肺动脉主干增宽用于胎儿心脏畸形的筛查多为两者单独应用的报道,而两者联合检查对胎儿心脏畸形的诊断价值仍处于探索阶段。基于此,本研究对胎儿心脏畸形产妇的孕中期超声资料进行分析,旨在探究超声 3VT 联合肺动脉主干增宽对胎儿心脏畸形的诊断价值,为该疾病的临床诊断提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

纳入 2022 年 1 月—2023 年 6 月于我院产检及分娩且有完整孕中期超声影像资料的胎儿心脏畸形产妇。140 例胎儿心脏畸形产妇年龄 22~40 岁,平均(31.68 \pm 3.25)岁;系统超声检查孕周 18~24 周,平均(20.19 \pm 1.31)周;其中初产妇 89 例,经产妇 51 例。纳入标准:①宫内单胎妊娠;②孕周 18~24 周完成系统超声检查且检出心脏结构异常者;③PA/AO >1.2 。排除标准:①孕妇腹壁较厚而影响超声诊断者;②随访丢失者;③临床资料不完备;④认知异常者。

1.2 检查方法

应用彩色多普勒超声仪(美国 GE 公司, Voluson

E8 型及 E10 型),探头频率 3.5~5.5 MHz,指导孕妇仰卧位,暴露下腹部,先经腹作常规超声检查,调整焦点、帧频,确保获取胎儿完整图像,先判断胎儿体位、心脏位置,完毕后放大胎儿心脏部位覆盖显示屏约 1/3~2/3,采集 3VT 切面二维、彩色多普勒超声图像,3VT 切面获取方法:超声探头经四腔心切面向胎儿头侧上方倾斜,探头声束与胎儿长轴保持垂直,获得三血管切面,按下血流显像键,调整至血流充盈最好的切面,将图像放大至适当大小,显示脊柱及胸骨,在胸骨与脊柱中心做连线,以升主动脉中心一点做该连线的垂线,而后在垂直线上测量肺动脉与主动脉内径,计算其比值,肺动脉主干增宽判定标准为:肺动脉内径/主动脉内径(PA/AO) >1.2 ^[5]。对确诊肺动脉主干增宽者全面探查心脏位置、心房大小、回声等,完善血流频谱成像。所采集超声图像均安排 2 名以上具有资深阅片经验的影像科医师进行阅片并给出最终诊断结果。

1.3 随访方法

所有报告异常胎儿均定期复诊、随访其妊娠结局,以随访引产终止妊娠后尸检结果或正常分娩后新生儿心脏彩超检查结果作为金标准(根据产妇及其家属自主意愿决定终止妊娠引产或继续妊娠,对于决定选择终止妊娠的胎儿,待取得产妇及其家属同意后方可对胎儿进行尸检,观察其心血管异常形态结构;对于选择继续妊娠直至分娩者,待生命体征平稳后在胎儿出生后 2~6 月后进行心脏超声检查,随后进行随访)^[6-7],分析两种检查方法单独诊断及联合诊断对胎儿心脏畸形的诊断价值。本研究遵循医学伦理原则。

1.4 统计学处理

研究应用 SPSS 24.0 软件处理数据,计数资料以%表示,采用 χ^2 检验比较组间差异。 $P<0.05$ 即差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 140 例胎儿心脏畸形孕妇孕中期超声表现及随访结果

140 例胎儿心脏畸形经孕中期超声诊断法洛四联症 36 例(25.71%),右心室双出口 15 例

(10.71%), 主动脉缩窄 26 例(18.57%, 图 1), 左心发育不良 5 例 (3.57%, 图 2), 主动脉弓离断 4 例 (2.86%, 图 3,4), 双主动脉弓 4 例(2.86%), 肺动脉狭窄 20 例(14.29%, 图 5,6), 永存左上腔静脉 5 例 (3.57%), 永存动脉干 5 例(3.57%), 动脉导管迂回 12 例(8.57%), 右位主动脉弓伴右位动脉导管 4 例 (2.86%), 右位主动脉弓伴左位动脉导管 4 例 (2.86%)。

随访合并畸形情况:法洛四联症 36 例经新生儿超声(或终止妊娠后尸检结果)证实伴单脐动脉畸形 6 例,36 例均同时伴室间隔缺损;永存左上腔静脉 5 例经证实伴室间隔缺损 2 例,单心室 1 例,单脐动脉 1 例,单心房 1 例;肺动脉狭窄 20 例经随访证实伴室间隔缺损 9 例,右室发育不良 5 例,主动脉缩窄 2 例,心包积液 2 例,右室双出口 2 例;右室双出口 15 例经证实伴室间隔缺损 15 例,同时伴肺动脉狭窄 4 例,同时伴大动脉转位 2 例;主动脉缩窄 26 例经随访证实伴二尖瓣狭窄 5 例,肺动脉狭窄 5 例,室间隔缺损 12 例,单心室 3 例,肢体短小 1 例;双主动脉弓 4 例及动脉导管迂回 12 例、左心发育不良 5 例均未合并其他畸形;右位主动脉弓,右位导管 4 例被证实其中 2 例伴左锁骨下动脉迷走;右位主动脉弓,左位

导管 4 例被证实其中伴肾积水 2 例; 主动脉弓离断 4 例被证实伴左心系统发育不良 2 例,室间隔缺损 2 例;永存动脉干 25 例被证实合并心房反位 1 例,单心室 2 例,心内膜垫缺损 5 例,肺动脉狭窄 6 例,室间隔缺损 10 例,左旋心 1 例。最常见合并畸形为室间隔缺损。

随访合并心脏畸形 140 例中 134 例 (95.71%) 与孕中期超声诊断相符,漏诊室间隔缺损合并大动脉转位 2 例未检出、房间隔缺损 2 例未检出;主动脉缩窄 2 例未检出。

2.2 肺动脉主干增宽检查结果

140 例胎儿经临床确诊存在肺动脉瓣狭窄 20 例,肺动脉瓣缺如 3 例,特发性肺动脉扩张 12 例,特发性肺动脉高压 18 例,共 53 例;以产前 PA/AO>1.2 作为依据,共检出 48 例畸形,检出率为 90.57%,见表 1。产后确诊为肺动脉狭窄的 20 例胎儿中有 19 例超声随孕周进展瓣膜渐进性增厚,见强回声,不能正常开放,有不同程度右房增大表现,经产后及终止妊娠证实为肺动脉瓣狭窄;3 例肺动脉瓣缺如超声无典型运动声像改变,见高收缩期流速,舒张期见混色反流,肺动脉主干形似沙漏,引产证实先天性肺动脉瓣缺如,羊水穿刺证实 3 例均为 21 三体综合征;

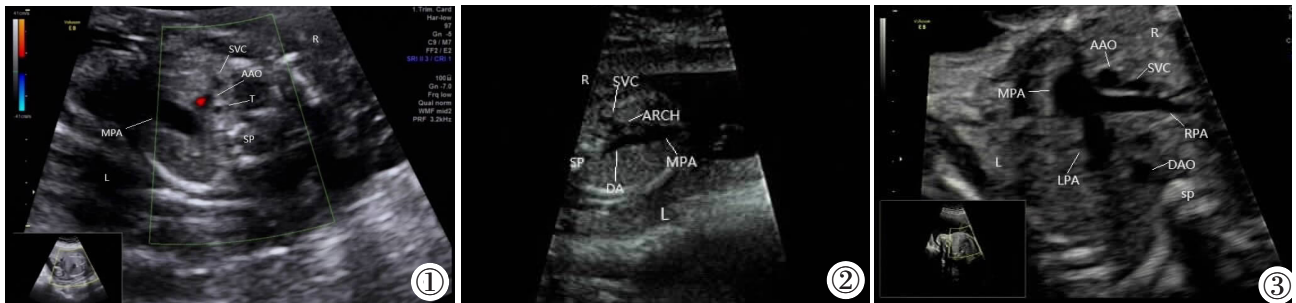


图 1 主动脉缩窄:3VT 显示主动脉重度狭窄,肺动脉、主动脉比例失衡。 图 2 左心发育不良:3VT 显示主动脉狭窄,肺动脉、主动脉比例失衡。 图 3 主动脉弓离断:3VT 显示主动脉狭窄,肺动脉、主动脉比例失衡。

Figure 1. Aortic arch coarctation: 3VT showed extreme stenosis of the aorta and unbalanced pulmonary artery-to-aorta ratio. Figure 2. Left heart dysplasia: 3VT showed aortic stenosis and unbalanced pulmonary artery-to-aorta ratio. Figure 3. Interruption of aortic arch: 3VT showed aortic stenosis and unbalanced pulmonary artery-to-aorta ratio.

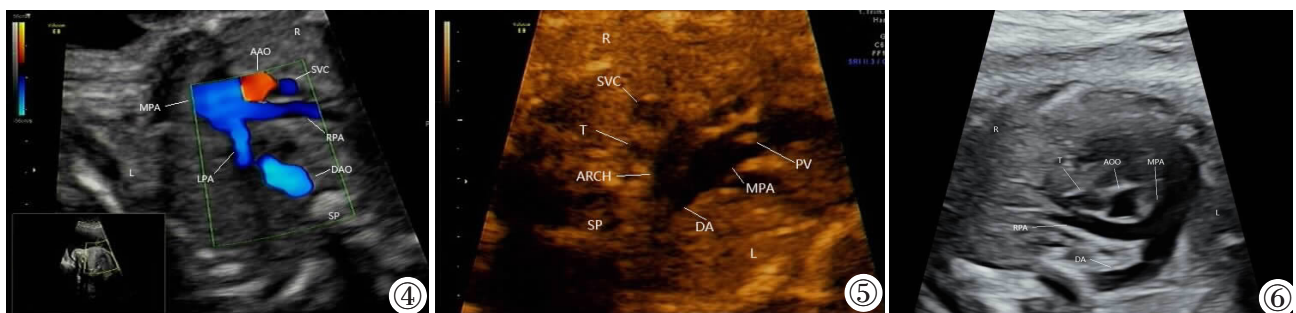


图 4 主动脉弓离断:3VT CDFI 图示肺动脉、主动脉比例失衡。 图 5 肺动脉瓣狭窄:3VT 显示肺动脉瓣增厚,肺动脉瓣狭窄,瓣后扩张,肺动脉、主动脉比例失衡。 图 6 肺动脉瓣狭窄:3VT 显示肺动脉明显增粗,肺动脉、主动脉比例失衡。

Figure 4. Interruption of aortic arch: 3VT plus CDFI showed unbalanced pulmonary artery-to-aorta ratio. Figure 5. Pulmonary valve stenosis: 3VT showed pulmonary valve thickening, pulmonary valve stenosis, valve expansion, unbalanced pulmonary artery-to-aorta ratio. Figure 6. Pulmonary valve stenosis: 3VT showed pulmonary artery thickening and unbalanced pulmonary artery-to-aorta ratio.

产后确诊为 12 例特发性肺动脉扩张胎儿中 11 例超声检查时 PA/AO>1.2, 且瓣膜回声、开合无明显异常, 主动脉伴瘤样扩张, 收缩期高流速, 舒张期见异常反流, 三尖瓣收缩期流速降低, 产后随访证实; 产后确诊为 18 例特发性肺动脉高压胎儿中 15 例产前超声检查时均见肺动脉主干增宽, 但瓣膜无明显异常, 见肺动脉异常反流。孕期随访三尖瓣反流速度上升, 肺动脉压明显上升, 产后证实。肺动脉主干增宽对不同肺动脉异常的检出率对比, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 表 1。其中肺动脉瓣狭窄、肺动脉瓣缺如、特发性肺动脉扩张、特发性肺动脉高压诊断标准参照 2006 年国际妇产科超声协会发布的《胎儿心脏筛查指南》^[8]。

表 1 肺动脉主干增宽检查结果

	例数	PA/AO>1.2	PA/AO≤1.2	检出率
肺动脉瓣狭窄	20	19	1	95.00%
肺动脉瓣缺如	3	3	0	100.00%
特发性肺动脉扩张	12	11	1	91.67%
特发性肺动脉高压	18	15	3	83.33%
合计	53	48	5	90.57%

2.3 3VT 与肺动脉主干增宽联合诊断胎儿心脏畸形的价值

140 例胎儿心脏畸形孕中期 3VT 诊断正确 134 例, 符合率为 95.71%; PA/AO>1.2 作为依据对肺动脉主干增宽诊断正确 48 例, 符合率为 90.57%; 两种方法联合诊断正确 137 例, 符合率为 97.86%。两者联合诊断胎儿心脏畸形的符合率略高于肺动脉主干增宽检查及孕中期 3VT 检查单独诊断, 但三者组间对比差异无统计意义 ($\chi^2=5.079, P=0.079$)。主动脉缩窄 2 例未检出, 胎儿孕中期 3VT 未显主动脉缩窄, 但肺动脉扩张明显, 肺动脉压上升, 肺动脉主干增宽, 结合 PA/AO>1.2 变化确诊; 2 例大动脉转位属矫正型, 孕中期超声血流动力学示正常, 但见肺动脉主干增宽, 结合 PA/AO 比值变化后确诊。

3 讨论

心脏畸形是一种常见的先天性畸形疾病, 患儿发病后存活率较低^[9]。临床资料显示, 经超声 3VT 对观察胎儿心脏大血管形态、结构等, 能用于心脏发育情况评估^[10]。超声 3VT 是在四腔心检查基础上发展而来的, 能通过血管血流和解剖结构清晰呈现观察胎儿心脏大血管形态、结构、部位间关系, 操作方法简单, 无创性, 用于产前筛查, 有助于提高胎儿先天性心脏病检出率, 提高优生率^[11-12]。3VT 可为大血管、流出道异常提供有效诊断证据, 对筛查右心、左心发

育有重要价值。此类先天性心脏病在胎儿期即有明显血流动力学变化, 多呈现为 3VT 切面大动脉内径或血流方向异常改变, 对提示心室发育不良或动脉瓣闭锁有积极的意义。

本研究 140 例胎儿心脏畸形经孕中期 3VT 诊断正确 134 例, 符合率为 95.71%, 提示 3VT 对先天性心脏畸形有较高的诊断价值, 与既往研究结果相符^[13], 但仍有部分存在漏诊现象。2 例永存动脉同时伴单心室、心内膜垫缺损未检出, 一方面考虑复杂性心脏畸形可能存在多切面异常, 此外, 此时心内膜垫缺损范围小, 显示相对困难, 受操作者手法、经验影响, 均可能出现漏诊; 另胎儿左、右心室压差较小而对穿隔血流不敏感, 导致此类畸形检出率降低, 提示对于复杂性心脏畸形 3VT 需进一步完善多切面扫描, 以提高诊断效能。同时室间隔缺损合并大动脉转位 2 例未检出, 提示无法单纯依靠大动脉排序来确诊转位情况; 房间隔缺损 2 例、主动脉缩窄 2 例未检出, 一方面考虑部分胎儿心脏畸形随孕周进展而变化, 孕中期血流未呈现明显改变导致漏诊, 一方面可能与孕中期轻度心血管异常 3VT 容易漏诊有关。

临床资料显示, 肺动脉主干增宽胎儿有较高的先天性心脏畸形发生风险^[14]。特发性肺动脉高压、肺动脉瓣狭窄、肺动脉瓣缺如等是胎儿肺动脉主干增宽的主要特点^[15-16]。本研究发现, 以 PA/AO>1.2 作为依据, 共检出 48 例畸形, 检出率为 90.57%, 提示其对肺动脉主干增宽具有较高的检查灵敏度。但本研究发现, 仅检查肺动脉主干异常来诊断心脏畸形的漏诊率较高, 提示肺动脉主干异常来判断心脏畸形是有所欠缺的, 故还需联合血管及气管的结构位置等来作出正确诊断。经进一步分析发现, 联合肺动脉主干增宽可提高超声诊断胎儿畸形符合率, 提示联合诊断对胎儿心脏畸形具有较高的诊断价值, 说明或可将其应用于孕中期胎儿心脏畸形的临床筛查中。考虑一般心脏解剖正常胎儿其肺动脉、主动脉、上腔静脉排序正常, 内径由粗至细, 而心脏畸形如肺动脉狭窄、肺动脉扩张及高压患儿其肺动脉压随孕周进展而增加, 右室负荷增加, 容易出现心室增厚或扩大, 造成先天性心脏血管畸形, 增加先天性心脏病发生风险。故对无明显血流改变但存在肺动脉瓣异常及特发性肺动脉扩张等可疑胎儿畸形孕妇可进一步配合 PA/AO 比值筛查, 结合肺动脉主干增宽及随访超声影像特征, 进一步观察动脉瓣膜征象改变, 反流情况, 提高肺动脉相关畸形检出率, 提高优生率。

综上所述, 孕中期超声 3VT 联合肺动脉主干增宽对胎儿心脏畸形具有较高的诊断价值, 且联合诊断与最终诊断的符合率较高。但超声检查诊断胎儿

心脏畸形仍存在局限性,超声检查易受孕妇的体形、羊水量等各方面影响,再加上胎儿心脏体积小且动脉分支复杂,加大了胎儿心脏畸形的诊断难度。故后期如何排除客观影响、提高超声诊断符合率,是超声诊断胎儿畸形的重点和难点。

[参考文献]

- [1] Liu Z, Wang M, Yu P, et al. Maternal trichloroethylene exposure and metabolic gene polymorphisms may interact during fetal cardiovascular malformation[J]. *Reprod Toxicol*, 2021, 106(11): 1-8.
- [2] Hsu YC, Huang SY, Chou CM. Giant congenital arteriovenous malformation over right upper limb causing heart failure[J]. *Asian J Surg*, 2020, 43(10): 1016-1017.
- [3] 娄丽平, 王华, 张灵巧. 三血管气管切面在筛查胎儿心脏大血管异常中的临床应用价值 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2022, 33(10): 721-723.
- [4] 王红鸽, 杨军, 韩舒, 等. 三血管及三血管气管切面在超声产前诊断胎儿心脏大血管畸形中的应用价值 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2015, 26(3): 192-196.
- [5] 张爱武, 李云芳, 张中华, 等. 孕中期胎儿心脏单纯肺动脉主干增宽在产前超声筛查胎儿 CHD 中的诊断与鉴别诊断价值 [J]. *中国妇产科临床杂志*, 2021, 22(3): 305-306.
- [6] 李胜利, 王晨虹, 龙峰, 等. 胎儿畸形产前超声诊断学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2017: 110.
- [7] 王新房. 超声心动图学[M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 601-605.
- [8] International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. Cardiac screening examination of the fetus: guidelines for performing the "basic" and "extended basic" cardiac scan[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006, 27(1): 107-113.
- [9] 林冬梅, 朱云晓, 袁鲲, 等. 四腔心与三血管气管切面联合 HD-flow 筛查早孕期胎儿心血管畸形的应用价值 [J]. *中山大学学报(医学科学版)*, 2022, 43(1): 146-151.
- [10] 刘慧, 许淑君. 三血管切面及三血管气管切面对超声产前诊断胎儿心脏大血管畸形中的应用分析 [J]. *黑龙江医学*, 2023, 47(2): 175-177.
- [11] 于婷芹, 叶春秀, 刘玮玮, 等. 胎儿超声三血管气管切面联合肺静脉血流频谱诊断胎儿心脏大血管畸形的临床研究 [J]. *局解手术学杂志*, 2021, 30(12): 1072-1076.
- [12] 张洁, 陈晓园, 杜颖, 等. 三维超声和二维超声对先天性心脏病儿童心脏标准切面的显示效果比较研究 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2019, 17(15): 2351-2355.
- [13] 刘丹, 韩媛媛. 四腔心联合三血管切面在孕中晚期胎儿先天性心脏病超声筛查中的应用价值 [J]. *陕西医学杂志*, 2022, 51(4): 478-480.
- [14] 李文秀, 耿斌, 陈旭娜, 等. 单侧肺动脉异常起源于升动脉的产前超声心动图诊断[J]. *中国循证儿科杂志*, 2019, 14(1): 20-24.
- [15] 钱小华, 金建文. 产科超声三血管切面发现胎儿肺动脉异常的临床分析[J]. *中国妇幼健康研究*, 2016, 27(5): 637-639.
- [6] 中国医院协会血液净化中心分会血管通路工作组. 中国血液透析用血管通路专家共识 (第 2 版)[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(6): 365-381.
- [7] 王海燕. 肾脏病学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 1435-1442.
- [8] 廖露, 邹丽婷, 付梦茹, 等. 血清代谢组学与维持性血液透析患者自体动静脉内瘘狭窄的关系[J]. *中国血液净化*, 2023, 22(3): 206-209.
- [9] Nigwekar SU. Cardiovascular calcifications among patients with uremia: answers to hard questions [J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2019, 26(6): 407-408.
- [10] Rehman ZU, Arham A, Sophie Z. Femoral vein transposition arteriovenous fistula is a feasible option in "selected" patients as hemodialysis access[J]. *Ann Vasc Dis*, 2019, 12(1): 25-29.
- [11] 胡坤, 王苏贵, 王利静. 自制动静脉内瘘保护套联合远红外照射在超高压球囊扩张术治疗维持性血液透析病人自体动静脉内瘘狭窄中的应用[J]. *蚌埠医学院学报*, 2020, 45(4): 544-546.
- [12] Muaddi L, Ledgerwood C, Sheridan R, et al. Acute renal failure and its complications, indications for emergent dialysis, and dialysis modalities[J]. *Crit Care Nurs Q*, 2022, 45(3): 258-265.
- [13] 胡婷婷, 刘莉华, 马胜银, 等. DSA 和彩超引导下的经皮血管成形术治疗血液透析患者动静脉内瘘狭窄的疗效 [J]. *安徽医学*, 2020, 41(9): 1009-1012.
- [14] Piryani AK, Kilari S, Takahashi E, et al. Rationale and trial design of mesenchymal stem cell trial in preventing venous stenosis of hemodialysis vascular access arteriovenous fistula(mest avf trial)[J]. *Kidney360*, 2021, 2(12): 1945-1952.
- [15] 龚丽娜, 王淑清, 颜明. 彩色多普勒超声在尿毒症血液透析病人自体动静脉内瘘的术前目标血管选择及术后内瘘通道检测中的应用[J]. *安徽医药*, 2019, 23(9): 1852-1854.
- [16] Johnsen L, Hisdal J, Jonung T, et al. Three-dimensional ultrasound volume and conventional ultrasound diameter changes are equally good markers of endoleak in follow-up after endovascular aneurysm repair[J]. *J Vasc Surg*, 2022, 75(3): 1030-1037.
- [17] 苑欣, 菅梅, 陈琼. 彩色多普勒超声在血液透析患者动静脉内瘘并发症防治中的价值 [J]. *中国医学影像技术*, 2018, 34(10): 1490-1493.
- [18] He G, Zhao J, Yang Z, et al. Comparison of image features and diagnostic value of color Doppler ultrasound and two-dimensional ultrasound in the diagnosis of ovarian sex cord-stromal tumors[J]. *Oncol Lett*, 2020, 20(2): 1671-1676.
- [19] 蔡杜娟, 包继开. 彩色多普勒超声对颈动脉狭窄支架成形术疗效及术后残余狭窄的评估价值 [J]. *临床与病理杂志*, 2022, 42(1): 110-116.
- [20] 陈刘爽, 卓岩, 金希萍. 彩色多普勒超声在自体动静脉内瘘血流量测量中的临床价值 [J]. *医学影像学杂志*, 2023, 33(1): 160-163.

(上接 724 页)