



DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2014.06.012

www.csumed.org/xbwk/fileup/PDF/201406618.pdf

左心发育不良综合征胎儿肺静脉的多普勒超声检测

张静, 周启昌, 章鸣, 彭清海, 曾施, 周嘉炜

(中南大学湘雅二医院超声科, 长沙 410011)

[摘要]目的: 探讨多普勒超声检测左心发育不良综合征(hypoplastic left heart syndrome, HLHS)胎儿肺静脉(pulmonary vein, PV)血流频谱的临床价值。**方法:** 应用多普勒超声检测46例 24^{+0} ~ 37^{+6} 孕周HLHS胎儿和180例胎龄相匹配的正常对照组胎儿PV血流频谱, 测量血流参数: 心室收缩波(S波)、心室舒张波(D波)、心房收缩波(A波)和S/D比值, 并进行统计学分析比较, 与尸检或产后追踪结果对照。**结果:** HLHS胎儿组PV血流频谱A波反转、S波和S/D比值均较正常对照组胎儿明显增高($P<0.001$), 且呈现3种不同类型。卵圆孔右向左分流与卵圆孔限制性左向右分流两组HLHS胎儿均呈现三相波型, 但后者的反转A波较前者更高($P<0.001$)、D波较前者减低($P<0.001$)、S波和S/D比值较前者显著增高($P<0.001$); 房间隔完整HLHS胎儿的D波则缺失, 呈短而搏动明显的双向血流。**结论:** HLHS胎儿PV血流频谱的3种不同类型反映了左房高压的不同严重程度, 相关信息对于评估胎儿预后和制定围产期处理方案至关重要。

[关键词] 超声检查; 多普勒; 胎儿; 左心发育不良综合征; 肺静脉

Fetal pulmonary venous Doppler flow patterns in hypoplastic left heart syndrome

ZHANG Jing, ZHOU Qichang, ZHANG Ming, PENG Qinghai, ZENG Shi, ZHOU Jiawei

(Department of Ultrasonography, Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China)

ABSTRACT

Objective: To discuss the value of fetal pulmonary venous Doppler flow patterns in hypoplastic left heart syndrome (HLHS).

Methods: Forty-six HLHS and 180 normal singleton fetuses at 24^{+0} to 37^{+6} weeks of gestation were enrolled in this study. The blood flow of pulmonary vein (PV) was detected by color Doppler ultrasound. The systolic wave of ventricle (S-wave), diastolic wave of ventricle (D-wave), atrial contraction wave (A-wave) and S/D ratio of PV were measured. The statistical difference in the above parameters between HLHS and normal fetuses was compared. The diagnosis was also confirmed by autopsy in still birth or postnatal follow-up when the baby was alive.

收稿日期(Date of reception): 2014-01-13

作者简介(Biography): 张静, 博士, 主治医师, 主要从事心血管超声方面的研究。

通信作者(Corresponding author): 周启昌, Email: hnzqc2013@163.com

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(81271593); 湖南省科技计划项目(2014FJ3005)。This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (81271593) and Hunan Province Science & Technology Program, P. R. China (2014FJ3005) .

Results: The PV blood flow in HLHS fetuses had a high possibility of reversed A wave, and the velocity of S wave and S/D ratio were higher than the matched normal controls ($P<0.001$). There were 3 types of PV blood flow patterns among all fetuses with HLHS. Both the cases with right to left shunt through foramen ovale (FO) and the cases with restricted left to right shunt at FO showed the triphasic patterns of PV with antegrade S wave, D wave and retrograde A wave. However, the latter had a higher velocity of retrograde A wave ($P<0.001$), lower D wave ($P<0.001$), and obviously elevated S wave and S/D ratio ($P<0.001$). The cases with intact interatrial septum showed short and apparent pulsatile back and forth blood flow in the PV, which displayed as absence of D wave.

Conclusion: The 3 types of PV blood flow patterns in the fetuses with HLHS reflect the severity of hypertension in the left atrium, which is extremely vital for the prognosis and the perinatal treatment plan.

KEY WORDS

ultrasonography; Doppler; fetus; hypoplastic left heart syndrome; pulmonary vein

左心发育不良综合征(hypoplastic left heart syndrome, HLHS)是一种少见而严重的复杂先天性心血管畸形。HLHS的发病率在活产新生儿中为0.016%~0.036%, 占有先天性心脏畸形的1%~3.8%; 70%的病例发生于男性^[1], 同胞之间的复现率2%~13%^[2]。其病因学与发病机制不明, 预后极差; 如未经干预治疗, 绝大多数患儿将在出生后7~10 d内死亡^[3], 占新生儿早期因心脏病死亡的25%^[4]。因而, 产前尽早明确诊断和评估胎儿预后对临床及时有效干预尤为重要。

肺静脉(pulmonary vein, PV)直接连于左心房和肺毛细血管, 与心脏血流动力学关系密切, 故当胎儿心脏病引起左心房压力改变时, 其PV血流动力学也可能会受到相应影响。本研究应用多普勒超声检测HLHS胎儿PV血流频谱, 旨在为深入了解HLHS胎儿复杂而独特的病理生理和循环特点提供更多有用信息, 并探讨其对于评估胎儿预后的临床价值。

1 资料与方法

1.1 对象

2007年6月至2013年1月中南大学湘雅二医院接受常规产前超声检查的HLHS胎儿共49例, 胎龄 24^{+0} ~ 37^{+6} (29.10 ± 3.40)孕周; 孕妇年龄17~42(28.87 ± 5.54)岁, 均为单胎妊娠, 且至少具有以下高危因素之一: 1)产科常规超声检查怀疑胎儿先天性心脏病; 2)孕妇有先天性心脏病生育或家族史; 3)孕妇妊娠早期有病毒感染或服用致畸药物史; 4)母体糖尿病; 5)胎儿心律失常; 6)胎儿心外畸形; 7)非免疫性水肿; 8)染色体异常

或其他遗传异常; 9)高龄孕妇, 年龄 >35 岁。本研究仅包括超声心动图检查发现内脏心房正位、房室连接和大动脉连接正常、单纯的胎儿HLHS; HLHS同时合并其他心内畸形(例如大动脉转位、右室双出口和房室间隔缺损等)的胎儿排除在本研究之外。

正常对照组胎儿180例, 胎龄 24^{+0} ~ 37^{+6} (30.03 ± 3.85)孕周; 孕妇年龄21~40(28.77 ± 4.40)岁, 亦均为单胎妊娠。正常对照组胎儿孕妇身体健康, 均无吸烟、饮酒史, 糖尿病、高血压、心肝肾等慢性疾病和先天性心脏病生育及家族史。

本研究经中南大学湘雅二医院伦理委员会批准。检查前孕妇均知情超声检查的敏感性、准确性和局限性, 并签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

应用德国西门子公司Acuson Sequoia 512、美国GE公司Voluson 730 Expert和Voluson E8彩色多普勒超声诊断仪, 具备局部放大与电影回放功能, 探头频率2~8 MHz。启用产科检查程序, 功率 <100 mW/cm², 频谱多普勒与彩色多普勒检查时间 <5 min。孕妇仰卧或侧卧位, 首先进行产科超声常规检查并测量胎儿双顶径、头围、腹围、股骨、肱骨、胎盘厚度及羊水指数, 评价胎儿生长发育情况, 仪器自动估测胎儿体质量, 然后进入胎儿超声心动图检查程序, 再由胎儿超声心动图专家进行完整的胎儿心脏检查并采集图像。

多普勒超声检测胎儿PV血流频谱的方法: 探头先与胎儿脊柱平行, 纵向扫查, 在心脏平面处旋转, 即可获得心尖四腔心切面。局部放大后, 降低仪器的彩色量程, 并适当调整彩色增益, 彩色多普勒即可显示PV血流入左心房。依据胎儿体

位关系, 取样容积置于左侧或右侧PV入左心房的起始处(距左心房约1~2 mm), 校正声束与血流方向的夹角 $<20^\circ$; 显像最佳时, 于胎儿静息状态下获取PV血流频谱。正常胎儿PV血流频谱与静脉导管血流频谱相似, 呈典型的三相波型: 心室收缩期波峰(S波)、心室舒张期波峰(D波)和心房收缩期波谷(A波), 前向血流持续整个心动周期^[5-7](图1)。选取胎儿至少3个连续心动周期且边缘清晰的PV血流频谱, 测量血流参数: S波、D波、A波和S/D比值, 并记录其平均值。

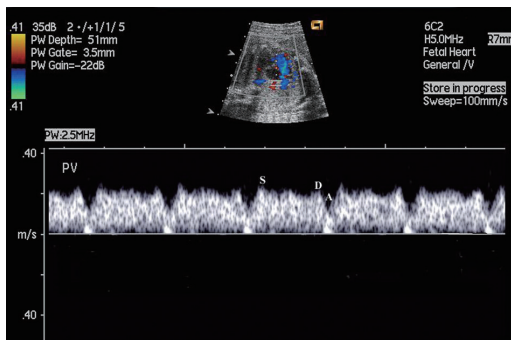


图1 正常胎儿肺静脉血流多普勒频谱图呈三相波型

Figure 1 Triphasic Doppler pattern of pulmonary venous flow in a normal fetus

PV: Pulmonary vein; S: Systolic peak of ventricle; D: Diastolic peak of ventricle; A: Atrial contraction wave

胎儿HLHS的超声心动图诊断要点: 1)左心室明显小于右心室或呈裂隙状, 右心室内径/左心室内径(RV/LV) >2 , 或左心室腔完全闭锁; 2)伴有主动脉瓣闭锁或狭窄和(或)二尖瓣闭锁或狭窄、升主动脉发育不良; 3)左心室未构成心尖部分。

1.3 追踪随访

产前超声诊断为HLHS的胎儿, 依据医学伦理学原则^[8], 均向孕妇及其家属告知胎儿目前的生长发育情况、可能的发展趋势、预后、产后治疗的可能性以及超声诊断的准确性与不确定性。根据胎儿父母意愿, 选择引产终止妊娠或者继续妊娠。选择引产者根据父母意愿决定是否进行尸检; 选择继续妊娠者每隔4~6周复查胎儿心脏超声直至胎儿分娩; 存活新生儿的心脏结构通过出生后心脏彩色多普勒超声复查证实。

1.4 统计学处理

数据用均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示; 采用SPSS 17.0统计学软件进行统计学处理; 采用协方差分析

(analysis of covariance, ANCOVA)处理多组计量资料, 以孕周作为协变量, 得出经孕周调整后的P值; 检验水准为双侧 $\alpha=0.05$, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 产前诊断和追踪结果

2.1.1 产前超声心动图诊断结果

产前超声心动图诊断的49例单纯的胎儿HLHS均表现为: 左位心、内脏心房正位、房室连接和心室大动脉连接一致。其中, 二尖瓣闭锁(呈无孔二尖瓣)18例, 二尖瓣狭窄31例, 主动脉瓣闭锁(呈无孔主动脉瓣)15例, 主动脉瓣狭窄34例(图2)。



图2 HLHS(房间隔完整)胎儿四腔心切面

Figure 2 Four-chamber view of a HLHS fetus with intact interatrial septum

LA: Left atrium; LV: Left ventricle; RA: Right atrium; RV: Right ventricle. Arrow shows intact interatrial septum.

2.1.2 追踪结果

上述49例产前诊断为单纯HLHS的胎儿中, 42例根据父母意愿选择引产终止妊娠, 4例宫内死亡, 均经尸检证实(图3); 余3例失访。

2.2 HLHS胎儿PV的多普勒超声检测结果

2.2.1 HLHS胎儿PV血流频谱特点

46例经尸检证实HLHS的胎儿PV血流频谱呈现3种不同类型。29例卵圆孔右向左分流和14例卵圆孔限制性左向右分流的HLHS胎儿PV血流频谱呈三相波型: 心室收缩期前向血流(S波)、心室舒张期前向血流(D波)和心房收缩期反转血流(A波)(图4, 5); 3例房间隔完整无分流的HLHS胎儿PV血流频谱呈短而搏动明显的双向来回血流, 即: 心室收缩期前向血流(S波)和心房收缩期反转血流(A波), 心室舒张期血流(D波)缺失(图6)。

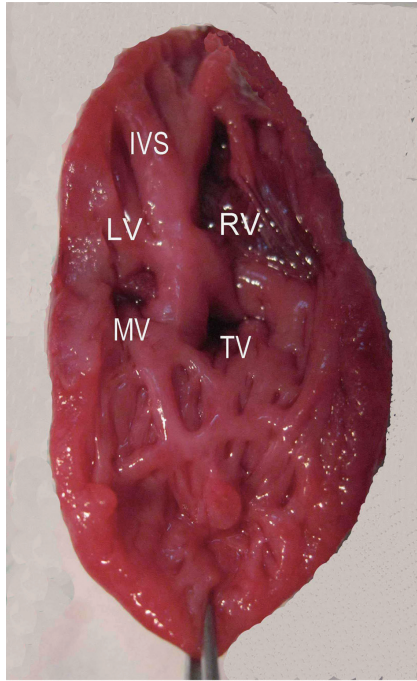


图3 HLHS胎儿尸体的心脏剖面图显示左心室明显小于右心室、二尖瓣增厚

Figure 3 Sectional view of left ventricle is obviously smaller than that of the right ventricle based on the autopsy result of a HLHS fetus

LV: Left ventricle; RV: Right ventricle; MV: Mitral valve; TV: Tricuspid valve; IVS: Interventricular septum

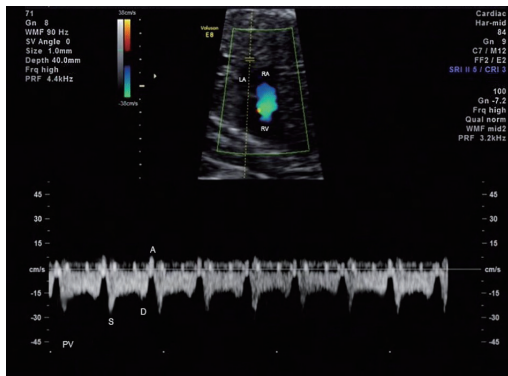


图4 卵圆孔右向左分流且非受限的HLHS胎儿肺静脉血流多普勒频谱图

Figure 4 Doppler pattern of pulmonary venous flow in a HLHS fetus with patent foramen ovale

PV: Pulmonary vein; S: Systolic peak of ventricle; D: Diastolic wave of ventricle; A: Reversal atrial systolic wave

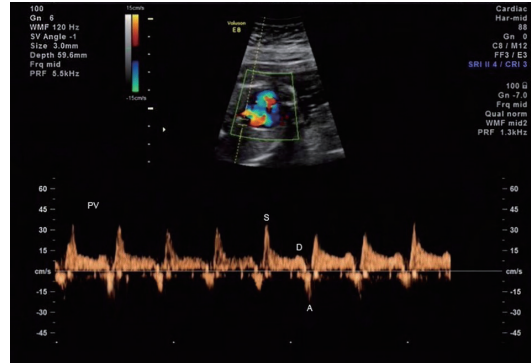


图5 卵圆孔限制性左向右分流的HLHS胎儿肺静脉血流多普勒频谱图

Figure 5 Doppler pattern of pulmonary venous flow in a HLHS fetus with restricted left to right shunt at foramen ovale

PV: Pulmonary vein; S: Systolic peak of ventricle; D: Diastolic peak of ventricle; A: Reversal atrial systolic wave

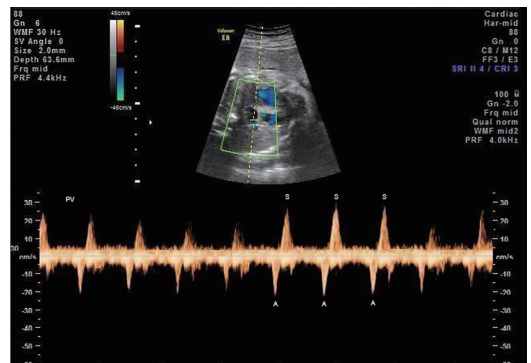


图6 房间隔完整无分流的HLHS胎儿肺静脉血流多普勒频谱图

Figure 6 Doppler pattern of pulmonary venous flow in a HLHS fetus with intact interatrial septum and no shunt at foramen ovale

PV: Pulmonary vein; S: Systolic peak of ventricle; A: Reversal atrial systolic wave

2.2.2 HLHS胎儿组与正常对照组胎儿PV血流参数比较

HLHS胎儿组PV血流频谱的A波反转、S波和S/D比值均较胎龄相匹配的正常对照组胎儿明显增高($P < 0.001$)；其中，卵圆孔血流异常(限制性左向右分流或无分流)与卵圆孔右向左分流两组HLHS胎儿之间进行比较，前者的PV血流频谱反转A波较后者更高($P < 0.001$)、D波则较后者减低或缺失($P < 0.001$)、S波和S/D比值较后者显著增高($P < 0.001$)。HLHS胎儿组与正常对照组胎儿PV血流参数比较见表1。

表 1 HLHS 胎儿组与胎龄相匹配的正常对照组胎儿 PV 血流参数比较 ($\bar{x} \pm s$)Table 1 Comparison of PV blood flow parameters between HLHS and matched normal controls ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	孕周	S/(m/s)	D/(m/s)	A/(m/s)	S/D
正常对照组	180	30.16 ± 3.85	0.30 ± 0.05	0.26 ± 0.04	0.10 ± 0.03	1.18 ± 0.04
HLHS 组 (FO 右向左分流)	29	29.30 ± 3.63	0.36 ± 0.08**	0.24 ± 0.05	-0.13 ± 0.04**	1.51 ± 0.15**
HLHS 组 (FO 左向右或无分流)	17	29.13 ± 3.10	0.42 ± 0.08**††	0.18 ± 0.10**††	-0.27 ± 0.12**††	2.02 ± 0.40**††

HLHS: 左心发育不良综合征; PV: 肺静脉; S: 心室收缩波峰值; D: 心室舒张波峰值; A: 心房收缩波峰值; S/D: 心室收缩波峰值/心室舒张波峰值; FO: 卵圆孔。经孕周调整后, 与正常对照组比较, ** $P < 0.001$; 与 HLHS 组 (FO 右向左分流) 比较, †† $P < 0.001$

3 讨论

胎儿肺循环有其自身特点。肺循环血管阻力高限制了肺血流量, 因而相对于联合心输出量, 胎儿肺血流量仅占较少部分。但它随孕周增长而发生变化, 妊娠晚期增加明显, 约可达联合心输出量的 25%^[9]。胎儿肺血流量对于促进胎儿正常肺血管发育非常重要。由于 HLHS 胎儿的二尖瓣和左心室发育不良, 无法使左心房充分减压, 所以 PV 血液回流至左心房后, 除了经房间隔分流几乎无其他通路。因此, 心房间交通的大小对于决定左心房及 PV 减压的程度非常关键, 继而会影响肺动脉内的前向血流量。当卵圆孔较大或房间隔缺损时, 左心房及 PV 得到减压, 肺动脉内前向血流量将保持正常; 而当房间隔完整或卵圆孔严重受限时, 左心房和 PV 的压力将升高, 进入肺动脉的前向血流量也将受到限制, 血液将优先分流入动脉导管和体循环而不是肺。持续 PV 高压和有限的肺动脉血流量可导致肺血管系统发育异常。

在胎儿时期, 由于肺不承担气体交换功能, 所以房间隔完整和卵圆孔受限的 HLHS 胎儿可无临床症状。然而, 分娩后肺会随着呼吸而扩张, PV 回流受阻立刻导致 PV 充血并出现严重低氧血症。这类患儿即使及时接受开放房间隔手术, 其预后也仍然很差^[10]。研究^[11]报道, 房间隔完整的 HLHS 新生儿中, 仅有 17% 可存活至进行外科手术, 其主要死亡原因是呼吸功能不全和低氧血症。这类患儿继发肺发育异常可能是导致其高死亡率的主要因素^[10, 12-14]。房间隔完整的 HLHS 婴儿肺血管系统的尸检显示, PV 存在严重肥厚和“动脉化”的显著组织学变化。这些组织学改变提示, HLHS 患儿除了心脏结构异常外还存在肺

血管异常。如果肺血管的发育在胎儿时期就已受损, 那么出生后立刻开放房间隔则太迟, 可能已无法逆转其肺血管病变^[11]。针对此类患儿, 产前人工建立房间隔交通进行左心房减压, 可短期增加出生后 PV 回流量, 从而使得患儿分娩后最初几小时内病情更为稳定; 而胎儿早期左心房减压则有可能减缓肺血管的继发病理变化, 为宫内有效的肺血管发育争取时间, 从而改善出生后接受姑息治疗 HLHS 患儿的不良血流动力学效应。

产前尽早明确 HLHS 胎儿是否存在左房高压, 对于临床有效地及时干预十分有益。大多数情况下 HLHS 胎儿的卵圆孔位置高且靠后, 二尖瓣闭锁时左心房非常小; 尤其是在妊娠晚期或胎位不佳时, 要想直接观察卵圆孔的形态并精确评估其大小和血流会非常困难。这有可能造成产前超声所见与出生后患儿的血流动力学或病理解剖情况并不完全相符^[15-16]。多普勒超声评估静脉血流频谱可间接反映心房的充盈压。近年来, HLHS 胎儿的 PV 血流频谱分析引起了不少学者的研究兴趣^[15-17]。然而, 目前关于卵圆孔血流方向正常情况下, HLHS 胎儿 PV 血流频谱的研究报道较少。

本研究中 HLHS 胎儿 PV 血流频谱呈现 3 种不同类型。卵圆孔未受限且右向左分流的 HLHS 胎儿 PV 血流频谱表现为: 心室收缩期和舒张期为连续的前向血流、S 波和 S/D 比值较胎龄相匹配的正常对照组胎儿增高、心房收缩期出现短暂的 A 波反转。卵圆孔血流明显异常(限制性左向右分流或房水平无分流)的 HLHS 胎儿 PV 血流频谱则表现为: 反转 A 波更高、D 波则减低或缺失、S 波和 S/D 比值较胎龄相匹配的正常对照组胎儿显著增高。其中, 卵圆孔限制性左向右分流的 HLHS 胎

儿PV血流频谱的S波和反转A波均较卵圆孔右向左分流的HLHS胎儿增高, D波则减低; 房间隔完整无分流的HLHS胎儿PV血流频谱则表现为短而搏动明显的双向来回血流, 即心室收缩期前向血流S波和心房收缩期反转血流A波、心室舒张期血流D波缺失。

研究表明: 1)正常胎儿PV的血流频谱与胎儿静脉导管的血流频谱相似。由心室收缩期出现的第1个波峰(S波), 心室舒张期出现的第2个波峰(D波)和心房收缩期出现的波谷(A波)组成, 前向血流持续整个心动周期, 心房收缩期血流无反转。胎儿PV血流频谱的形成主要是由于PV与左心房之间的压差引起, PV血流频谱能较好地反映左心房的血流动力学, 而左心房的压力是影响PV血流的主要直接因素, 左心房压力的改变可通过PV血流频谱直观地表现出来。2)HLHS胎儿存在二尖瓣闭锁或狭窄的情况下, 左心室血流输入不同程度梗阻, 从而导致左心房的压力不同程度升高。其中, 卵圆孔限制性左向右分流的胎儿与卵圆孔未受限且右向左分流的胎儿比较, 前者的左心房压力较后者增高; 而卵圆孔限制性左向右分流的胎儿与房间隔完整无分流的胎儿比较, 后者的左房高压情况则较前者进一步加重, 从而导致PV心室舒张期的前向血流D波逐渐减低至消失、心房收缩期反转血流A波则逐渐增高。因此, HLHS胎儿PV血流频谱的3种不同类型反映了左房高压的不同严重程度^[16]。当HLHS胎儿卵圆孔早闭或受限引起PV回流受阻而导致左心房压力升高时, 左心房的血液通过闭锁或狭窄的二尖瓣输入左心室受阻, 同时又未能有效地经卵圆孔分流入右心房, 继而出现PV压力升高, 最终可能导致胎儿肺血管的继发性病变。

综上所述, HLHS胎儿的PV血流频谱可作为一个间接预测左心房高压程度的有用指标, 它了解胎儿时期左心房的血流动力学、PV回流和肺血管发育的情况提供了重要信息, 也有助于全面地分析HLHS这类复杂先天性心脏病胎儿的宫内发育情况及评估其预后。这些信息对于HLHS患儿的产前咨询和临床制定围产期处理方案都至关重要。

参考文献

1. Connor JA, Thiagarajan R. Hypoplastic left heart syndrome[J]. *Orphanet J Rare Dis*, 2007, 2: 23.
2. Boughman JA, Berg KA, Astemborski JA, et al. Familial risks

- of congenital heart defect assessed in a population-based epidemiologic study[J]. *Am J Med Genet*, 1987, 26(4): 839-849.
3. Goldberg CS, Gomez CA. Hypoplastic left heart syndrome: new developments and current controversies[J]. *Semin Neonatol*, 2003, 8(6): 461-468.
 4. Bardo DM, Frankel DG, Applegate KE, et al. Hypoplastic left heart syndrome[J]. *Radiographics*, 2001, 21(3): 705-717.
 5. Lenz F, Chaoui R. Reference ranges for Doppler-assessed pulmonary venous blood flow velocities and pulsatility indices in normal human fetuses[J]. *Prenat Diagn*, 2002, 22(9): 786-791.
 6. Better DJ, Apfel HD, Zidere V, et al. Pattern of pulmonary venous blood flow in the hypoplastic left heart syndrome in the fetus[J]. *Heart*, 1999, 81(6): 646-649.
 7. 王小艳, 周启昌, 章鸣, 等. 正常胎儿肺静脉血流多普勒频谱分析及其临床意义[J]. *中华超声影像学杂志*, 2005, 14(2): 121-123.
WANG Xiaoyan, ZHOU Qichang, ZHANG Ming, et al. Analysis of pulmonary venous flow pattern in normal fetus by Doppler echocardiography[J]. *Chinese Journal of Ultrasonography*, 2005, 14(2): 121-123.
 8. 周启昌, 王小艳. 胎儿畸形产前诊断与干预的伦理学研究[J]. *中国医学伦理学*, 2004, 17(4): 55-57.
ZHOU Qichang, WANG Xiaoyan. Ethical issues of prenatal diagnosis and intervention of fetal anomalies[J]. *Chinese Medical Ethics*, 2004, 17(4): 55-57.
 9. Rasanen J, Wood DC, Weiner S, et al. Role of the pulmonary circulation in the distribution of human fetal cardiac output during the second half of pregnancy[J]. *Circulation*, 1996, 94(5): 1068-1073.
 10. Rychik J, Rome JJ, Collins MH, et al. The hypoplastic left heart syndrome with intact atrial septum: atrial morphology, pulmonary vascular histopathology and outcome[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1999, 34(2): 554-560.
 11. Rychik J. Hypoplastic left heart syndrome: from in-utero diagnosis to school age[J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2005, 10(6): 553-566.
 12. Vlahos AP, Lock JE, McElhinney DB, et al. Hypoplastic left heart syndrome with intact or highly restrictive atrial septum: outcome after neonatal transcatheter atrial septostomy[J]. *Circulation*, 2004, 109(19): 2326-2330.
 13. Graziano JN, Heidelberg KP, Ensing GJ, et al. The influence of a restrictive atrial septal defect on pulmonary vascular morphology in patients with hypoplastic left heart syndrome[J]. *Pediatr Cardiol*, 2002, 23(2): 146-151.
 14. Marshall AC, Van der Velde ME, Tworetzky W, et al. Creation of an atrial septal defect in utero for fetuses with hypoplastic left heart syndrome and intact or highly restrictive atrial septum[J]. *Circulation*, 2004, 110(3): 253-258.

15. Taketazu M, Barrea C, Smallhorn JF, et al. Intrauterine pulmonary venous flow and restrictive foramen ovale in fetal hypoplastic left heart syndrome[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43(10): 1902-1907.
16. Manning N, Archer N. Fetal pulmonary venous Doppler flow patterns in hypoplastic left heart syndrome[J]. Heart, 2008, 94(11): 1374-1375.
17. Chintala K, Tian Z, Du W, et al. Fetal pulmonary venous Doppler patterns in hypoplastic left heart syndrome: relationship to atrial septal restriction[J]. Heart, 2008, 94(11): 1446-1449.

(本文编辑 郭征)

本文引用: 张静, 周启昌, 章鸣, 彭清海, 曾施, 周嘉炜. 左心发育不良综合征胎儿肺静脉的多普勒超声检测[J]. 中南大学学报: 医学版, 2014, 39(6): 618-624. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2014.06.012

Cite this article as: ZHANG Jing, ZHOU Qichang, ZHANG Ming, PENG Qinghai, ZENG Shi, ZHOU Jiawei. Fetal pulmonary venous Doppler flow patterns in hypoplastic left heart syndrome[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2014, 39(6): 618-624. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2014.06.012