

# 脐动脉血流检测及其临床意义

韩慧娟 综述 周毓青 审校

(上海长宁区妇幼保健院功能科,上海 200051)

【中图分类号】 R445.1 【文献标识码】 A

doi: 10.13470/j.cnki.cjpd.2014.03.006

Satomura<sup>[1]</sup>在 1957 年首次提出运用多普勒技术可以评估血流状况。脐带作为母体与胎儿气体交换、营养物质供应和代谢产物排出的惟一通道,其血流动力学改变代表了脐-胎盘血流循环阻力,是胎儿、母体及胎盘的某些生理或病理变化的反映。超声多普勒技术测定胎儿脐动脉(umbilical artery, UA)血流速度波形自提出以来,因具有简便、易操作、无创、可重复检测的优点被广泛应用,已经成为判断胎儿宫内状况及围产儿结局的一项重要指标。

## 1 脐动脉血流检测

1.1 脐动脉血流检测方法 孕妇平卧或侧卧位,平静呼吸,尽量避免胎动或胎儿呼吸样运动。在羊水中找到脐带,以灰阶或彩色多普勒超声显示脐带(图 1),再将脉冲多普勒取样门置于脐动脉处获得其多普勒血流波形,然后启动机器内置软件自动或手动测量脐动脉的 S/D 值、RI 及 PI(图 2)。检测时注意,脉冲多普勒取样线与血流夹角应 <30°,并至少显示 3~5 个以上形态大小一致的波形后冻结图像。

1.2 脐动脉血流判断指标 目前已被大多数研究者用来评估收缩期和舒张期血流变化的有 3 种血流参数:收缩期最大峰值流速与舒张末期流速比值(peak systolic velocity/end diastolic velocity, S/D);阻力指数(resistance index, RI),  $RI = (\text{收缩期最大峰值流速} - \text{舒张末期流速}) / \text{收缩期最大峰值流速}$ ,即  $(S-D)/S$ ;搏动指数(pulsatility index, PI),  $PI = (\text{收缩期最大峰值流速} - \text{舒张末期流速}) / \text{时间平均流速}$ 。S 值主要受心脏容量负荷的影响,而 D 值主要受阻力负荷的影响。在心脏舒张期,循环末梢阻力越大血流减速度就越大,D 值(舒张末期流速)就越小,但 S 值变化不大,故 S/D 值升高。因此,S/D 值体

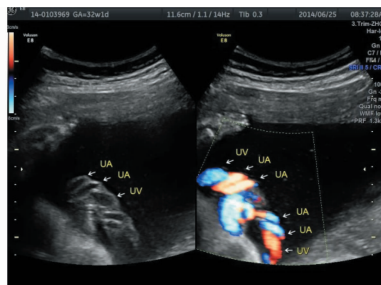


图 1 脐动脉灰阶与彩色血流图

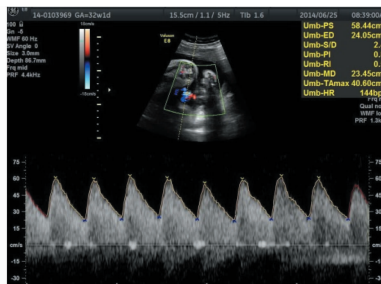


图 2 脐动脉多普勒测量图

现了被测动脉远端循环末梢阻力。同样,RI 为心动周期中血流速度变化幅度与收缩期最大峰值流速的比例关系,PI 为心脏舒张期血流速度下降的幅度与平均流速的比例关系。当循环末梢阻力增大,S/D 变化幅度增大,RI 升高、PI 升高。据文献报道,一条脐动脉代表了近 50% 的胎盘血管床阻力,因此,脐动脉的 3 个参数可作为检测胎盘血管阻力的指标<sup>[2]</sup>,其中以 S/D 更多的为临床所用。

1.3 脐动脉血流参数在孕期中的变化 在胎盘发育过程中,先形成初级绒毛干,再在绒毛板下分支形成一定数量的次级绒毛干和三级绒毛干,再分支形成末梢绒毛网。妊娠 8 周脐血流的信号显示,无舒张期信号。妊娠 12 周脐动脉开始出现舒张期的血流信号<sup>[3]</sup>(图 3)。随着妊娠的进展,胎盘血管床不断地增加,血管阻力降低,胎盘灌注量增加,脐动脉

血流 S/D 值随孕周增加逐渐下降<sup>[4]</sup>(图 4,5)。妊娠 26~30 周时一般 S/D<4.0,孕 30~34 周时 S/D<3.5,孕 34 周以后 S/D<3.0<sup>[5]</sup>。1978 年 Abramowicz 等<sup>[6]</sup>依据大量的统计学数据,首先提出脐动脉 S/D 值的正常标准是妊娠晚期 S/D 值<3.0。目前临床多以 S/D 值>3.0、RI>0.6 或 S/D 值高于相应孕周第 95 百分位为异常<sup>[7]</sup>。

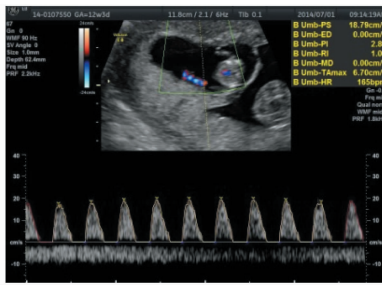


图 3 早期妊娠脐动脉血流多普勒波形

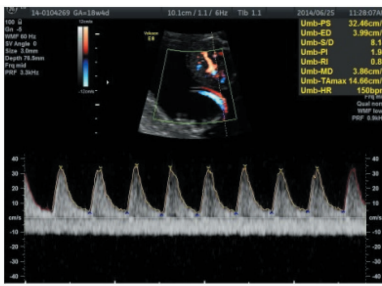


图 4 中期妊娠脐动脉血流多普勒波形

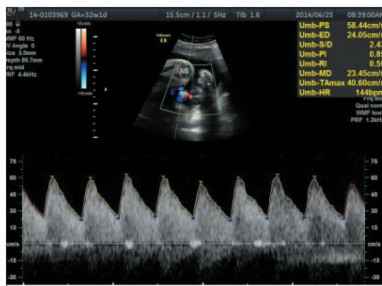


图 5 晚期妊娠脐动脉血流多普勒波形

1.4 脐动脉血流舒张末期缺失(absent end-diastolic velocity, AEDV)和反流(reversed end-diastolic velocity, REDV)(统称为 AREDV) 脐动脉舒张期的血流阻力在妊娠早期较高,随着胎儿-胎盘循环的日渐完善,脐血流阻力随孕周增加逐渐下降。当末梢循环阻力急剧升高时,可使舒张末期血流缺失(图 6)或出现反向血流(图 7)。如果在孕 28 周以后出现 AREDV 则提示胎盘血管外周阻力极高、胎

盘有严重的功能障碍。

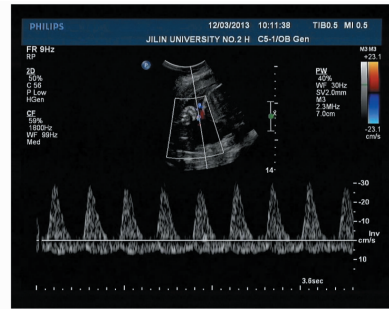


图 6 脐动脉舒张末期血流消失

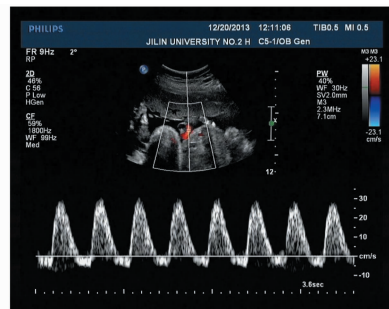


图 7 脐动脉舒张末期血流倒置

## 2 脐动脉血流参数在异常妊娠中的变化

2.1 脐动脉血流参数异常的病理基础 脐动脉血流异常升高表示胎儿-胎盘血管阻力升高。研究表明脐动脉血流速度波形主要由胎盘绒毛血管结构决定,异常的脐动脉血流速度与胎盘的第三级绒毛干闭塞有关。胎盘第三级绒毛干小动脉的数量显著减少,绒毛间质纤维化显著增加、纤维物质沉积,动脉硬化梗塞、血管闭塞等。血管结构的改变,使胎儿-胎盘血液循环量减少,影响胎儿的发育,同时使胎盘血管阻力增加,S/D 值增高,进一步恶化就反映出 AREDV<sup>[8]</sup>。

2.2 妊娠高血压综合征(pregnancy-induced hypertension,PIH)(即妊高征) 妊高征是严重威胁母婴安全的产科并发症,其基本病理变化为全身小动脉痉挛、组织缺血、血管通透性增加、血液浓缩。母体的高血压继发性引起急性坏死性动脉炎和血管栓塞,因而减少有效交换面积,导致胎儿-胎盘的循环障碍。S/D 值是反映胎盘血管阻力的敏感指标,胎盘血管阻力增加,S/D 值升高。程忠平等<sup>[9]</sup>及 Charo S 等<sup>[10]</sup>从免疫学角度阐述了妊高征导致 S/D

值升高的原因,即全身血管内皮细胞广泛损伤、胎盘蜕膜部位血管发育不良。子宫胎盘缺血,一方面使胎盘合成功能下降,胎儿血液供应减少,引起胎儿宫内发育迟缓;另一方面引起胎盘代谢障碍,释放胎盘源性血浆细胞毒性因子,损伤血管内皮细胞,使胎儿-胎盘、子宫-胎盘循环阻力增高,因此S/D值明显高于正常。大量研究表明子痫或妊高征的孕妇,脐动脉血流参数升高,围产儿结局不良,发生胎儿生长受限、低体重儿、胎儿窘迫等的概率增加。Shahinaj R等<sup>[11]</sup>通过对产前诊断为先兆子痫和妊高征的738例孕妇研究分析,认为大脑中动脉与脐动脉的PI比值较单独脐动脉血流参数的升高更有意义,且提出大脑中动脉与脐动脉的PI比值 $<1$ 为异常的参考标准(敏感性为89%,特异性为94%)。

### 2.3 胎儿生长受限(fatal growth restriction, FGR)

当胎盘发生病理改变时,胎儿营养和供氧不足影响胎儿生长发育,造成FGR。赵影庭等<sup>[12]</sup>研究发现,FGR中脐血流S/D值增高的发生率、AEDV的发生率均明显高于对照组,围生儿预后不良发生率也较高。Kuo-Gon Wang等<sup>[8]</sup>及Baschat等<sup>[13]</sup>研究表明发生FGR、心室内出血、呼吸窘迫综合征、支气管肺发育不良、坏死性小肠结肠炎、远期神经发育障碍等围生儿常合并AEDV。有学者研究了FGR时一氧化氮水平与S/D值的关系,认为FGR时S/D值升高与一氧化氮合成减少有关<sup>[13]</sup>。

### 2.4 胎儿宫内窘迫(fetal intrauterine distress)

当胎儿宫内缺氧时,其血流动力学经历代偿期、血流再分配早期、血流再分配晚期、失代偿期4个阶段。早期表现为脐动脉阻力增加,大脑中动脉阻力减少,被称为“大脑保护效应”。晚期到失代偿期,脐动脉阻力进一步增加,大脑中动脉阻力进一步减少,以致出现脐动脉和大脑中动脉的血流逆流<sup>[14]</sup>。脑保护效应出现早于脐血流改变和胎心晚期减速前2~3周,故胎儿MCA血流指数变化在胎儿宫内缺氧时出现的更早、更敏感。临床上可通过检测胎儿MCA指标如搏动指数、阻力指数的变化来预测胎儿有无宫内缺氧<sup>[15]</sup>。大量学者都通过相关研究提出脐动脉和(或)大脑中动脉诊断胎儿宫内缺氧的诊断标准<sup>[16-18]</sup>。2013年李天刚等<sup>[19]</sup>将宫内缺氧胎儿

组与正常对照组比较,分析指出以胎儿脐动脉S/D $>4$ 、PI $>1.7$ 、RI $>0.8$ 诊断胎儿宫内缺氧的特异性及敏感性分别为55%、68%;以胎儿大脑中动脉S/D $<4$ 、PI $<1.6$ 、RI $<0.6$ 诊断胎儿宫内缺氧的特异性及敏感性分别为70%、79%;以RI比值(脐动脉/大脑中动脉) $>1$ 、PI比值(脐动脉/大脑中动脉) $>1$ 及S/D比值(脐动脉/大脑中动脉) $>0.6$ 诊断胎儿宫内缺氧的特异性及敏感性分别为89%、95%。

2.5 妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM) GDM是一种影响母儿健康的妊娠并发症。冯玉昆等<sup>[20]</sup>在妊娠期糖尿病胎盘细胞凋亡表达的研究中发现,GDM胎盘绒毛毛细血管过度充盈及合体细胞膜增加,可致胎儿-胎盘的阻力增高,影响气体及营养物质的交换。有研究表明<sup>[21,22]</sup>GDM时脐动脉S/D值、RI及PI升高,且部分研究得出当S/D值 $\geq 2.5$ 时,围产儿预后不良发生率高。因此应当引起临床重视。

2.6 妊娠期肝内胆汁淤积症(intrahepatic cholestasis of pregnancy, ICP) ICP是发生在妊娠中、晚期,以瘙痒为主要特征的疾病,可导致早产、宫内窘迫及围生儿死亡等。ICP母体中高浓度的甘胆酸可以通过胎盘进入胎儿体内,或沉积在胎盘绒毛板上,造成绒毛间隙狭窄、绒毛水肿、胎盘出现缺血、缺氧并进行性加重,导致脐血流S/D值升高,出现胎儿宫内窘迫、FGR及围生儿死亡<sup>[23]</sup>。

2.7 羊水过少 羊水过少时脐带及其内部的脐动脉受压,导致舒张末期血流速度下降甚至消失,脐动脉S/D值升高。当羊水过少且S/D值明显异常时应高度引起重视,尽早终止妊娠。

2.8 脐带绕颈 脐带绕颈在临床上发生率较高,以头位妊娠最为常见,约占97.3%<sup>[24]</sup>。缠绕较松时多不造成临床危害,但缠绕过多、过紧时可能造成脐血管受压、脐动脉血流障碍、阻力升高,导致S/D升高<sup>[25]</sup>。但在实际操作中,因胎动、脐带缠绕方式、脐带形态等原因致超声无法准确判断缠绕的圈数及松紧程度<sup>[26]</sup>。可考虑使用CDFI技术动态观察脐动脉S/D值的改变,同时加强对胎动的观测及胎心电子监护。

2.9 脐带过度螺旋 脐带过度螺旋会导致脐血流

的速度缓慢,阻力升高,引起胎儿缺氧,S/D值升高,若持续存在未得到缓解,S/D进一步升高,甚至出现AREDV,胎儿严重缺氧。Chun-Fang Tian<sup>[27]</sup>等通过对92例孕37~41周的脐带扭转病例进行回顾性研究,在除外其他脐带异常(如脐带脱垂、脐带打结等)及胎盘功能未减退、胎儿无畸形的情况下,分析脐带的螺距值(扭转一周节断的长度/脐带直径)及脐动脉S/D值与胎儿结局的关系,认为脐带扭转螺距值越小(<2.0)及脐动脉血流S/D比值增高(>3.0),胎儿宫内窘迫发生率及剖宫产率明显高于对照组,差异有统计学意义。

2.10 早产 早产是产科常见的并发症之一,发生率占所有妊娠分娩的5%~10%,早产儿在新生儿死亡病例中占80%。高月清等<sup>[28]</sup>通过对322例孕妇回顾性研究,在除外妊娠合并症及排除前置胎盘、胎盘早剥、子宫肌瘤、子宫畸形等影响因素后,将早产孕妇与同期产检的正常非早产孕妇统计分析,得出早产组不同孕周子宫动脉血流和脐动脉血流参数均高于同期对照组,其差异均有统计学意义( $P < 0.01$ )的结论。2002年李雄等<sup>[29]</sup>通过回顾性分析186例(正常组与异常组各96例)孕妇的子宫动脉血流和脐动脉血流参数,结果显示早产组脐动脉血流参数与子宫动脉血流参数均较正常组高,且脐动脉和子宫动脉的PI、RI、S/D 3项指标综合预测早产的敏感性分别为86.2%和46.8%、特异性分别为73.1%和87.2%、正确率分别为91.6%和72.2%,因此认为脐动脉的预测意义更大。这一观点在2005年苏丹<sup>[30]</sup>的研究中也得到证实。

综上所述,彩色多普勒脐动脉血流检测作为晚期产检常规检查内容之一,可用于评价胎儿宫内状态,预测围产儿预后,为临床处理提供有效的参考。检测时需注意仪器条件的设置、统一操作规程,以尽可能地减小测量误差。与产科其他检测手段联合应用能更加准确地评价胎儿宫内情况<sup>[31]</sup>。

#### 参 考 文 献

[1] Satomura S. Ultrasonic Doppler method for the inspection of cardiac function[J]. *Acoust Am*,1957,29:1181-1185.  
[2] Nojiri K, Matsumoto M, Chiba K. Comparative assessment of pedicle morphology of the lumbar spine in various degener-

ative disease[J]. *Surg Radio Anat*,2005,21(8):119.

- [3] 李胜利. 胎儿畸形产前超声诊断学[M]. 北京:人民军医出版社,2006:626-627.  
[4] 乐杰. 妇产科学[M]. 7版. 北京:人民卫生出版社,2008:29-30.  
[5] Doubilee PM, Benson CB. 妇产科超声图谱[M]. 陈铁福,孙倩,刘迪雯,译. 天津:天津科技翻译出版公司,2005:226-228.  
[6] Abramowice M, Cocicov C. The danger of indiscriminate use of substance which provoke physical and psychological dependence [J]. *Rev Assoc Paul Cir Dent*,1978, 32(3): 210-215.  
[7] Cunningham FG. 威廉姆斯产科学[M]. 21版. 段涛,丰有吉,主译. 济南:山东科学技术出版社,2006: 990.  
[8] Kuo-Gon Wang, Chen-Yu Chen, Yi-Yung Chen. The Effects of absent or reversed end-diastolic umbilical artery Doppler flow velocity[J]. *Taiwan J Obstet Gynecol*,2009,48(3):225-231.  
[9] 程忠平,林其德. 血管内皮生长因子与妊高征发病的关系[J]. *中华妇产科杂志*,1999,34(7):432-435.  
[10] Charo S, Gokce N, Vita JA. Endothelial dysfunction and coronary risk reduction[J]. *J Cardiopulm Rehabil*,1998,18(1): 60-67.  
[11] Shahinaj R, Manoku N, Kroi E, et al. The value of the middle cerebral to umbilical artery Doppler ratio in the prediction of neonatal outcome in patient with preeclampsia and gestational hypertension[J]. *Journal of Prenatal Medicine*,2010,4(2):17-21.  
[12] 赵影庭,余艳红,龚时鹏,等. 胎儿生长受限脐血流变化规律及其对围生儿预后的影响[J]. *鄞阳医学院学报*,2010,29(3): 227-229.  
[13] 乐海燕,应小燕. 胎儿宫内生长发育迟缓时孕妇血中一氧化氮水平与胎儿脐血流S/D值的关系[J]. *江苏医药杂志*,2000,26(5):365-366.  
[14] 谢红宁. 妇产科超声诊断学[M]. 北京:人民卫生出版社,2005,6:192.  
[15] Hershkovitz R, Kingdom JC, Geary M, et al. Fetal cerebral blood flow redistribution in late gestation: identification of compromise in small fetuses with normal umbilical artery Doppler[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*,2000,15(3):209-212.  
[16] 冯娟,黄剑毅,王瑶,等. 胎儿宫内窘迫脐动脉血流动力学检测的临床意义[J]. *中国医药指南杂志*,2012,14(7):1152-1153.  
[17] 陈卫华,罗红凤,叶军,等. 胎儿大脑中动脉及脐动脉血流监测对胎儿宫内缺氧的诊断价值[J]. *赣南医学院学报*,2007,27(6):840-841.  
[18] 吴静,赵凯英,林玉涓,等. 胎儿脐动脉和大脑中动脉及脐静脉导管血流阻力指标对妊高征患者胎儿宫内窘迫的预测价值[J]. *广东医学杂志*,2013,34(16):2551-2553.

(下转第35页)

动脉血流指数 PI 值,以确定在 11~14 孕周 PI 参数的正常参数值范围,为进一步深入研究后续各阶段子宫动脉血流情况奠定良好的基础,以便更好地预测与孕妇不良的围生期结局(FGR、妊娠期高血压疾病等)的相关性。

总之,作为无创性胎儿检查手段,胎儿血流多普勒波形测定广泛应用于临床<sup>[11]</sup>。早孕期可通过测定双侧子宫动脉血流波形、胎儿不同类型静脉导管波形等,预测胎儿生长发育及预后,结合 NT 和孕妇年龄,可协助筛查染色体异常及胎儿的远期预后。

参 考 文 献

[ 1 ] Jauniaux E, Jurkovic D, Campbell S. In vivo investigations of the anatomy and the physiology of early human placental circulations[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 1991, 1: 435-445.

[ 2 ] Jurkovic D, Jauniaux E, Kurjak A, et al. Transvaginal color Doppler assessment of the uteroplacental circulation in early pregnancy[J]. *Obstet Gynecol*, 1991, 77: 365-369.

[ 3 ] Chien PF, Arnott N. How useful is uterine artery Doppler flow velocimetry in the prediction of pre-eclampsia, in intrauterine growth retardation and perinatal death? [J]. *BJOG*, 2000, 107: 196-2081.

[ 4 ] Fleischer AC. 妇产科超声诊断学[M]. 房世保,译. 北京:人民

卫生出版社, 2005, 11-121.

[ 5 ] Makikallio K, Jouppila P. First trimester uterine, placental and yolk sac haemodynamics in pre-eclampsia and preterm labour[J]. *Hum Reprod*, 2004, 19 (3): 729-731.

[ 6 ] 许杨青,陈欣林,陈常佩. 子宫-胎盘循环的超声检测研究现状及进展[J/CD]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2009, 6(4): 725-729.

[ 7 ] Gómez O, Figueras F, Martínez JM, et al. Sequential changes in uterine artery blood flow pattern between the first and second trimesters of gestation in relation to pregnancy outcome[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2006, 28: 802-808.

[ 8 ] Melchiorre K, Wormald B, Leslie K, et al. First-trimester uterine artery Doppler indices in term and preterm pre-eclampsia[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2008, 32(2): 133-137.

[ 9 ] Poon LC, Staboulidou I, Maiz N, et al. Hypertensive disorders in pregnancy: screening by uterine artery Doppler at 11-13 weeks[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2009, 34(2): 142-148.

[10] Sciscione AC, Hayes EJ. Uterine artery Doppler flow studies in obstetric practice[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2009, 201(2): 121-126.

[11] 于洁,陈倩. 胎儿血流多普勒波形测定的临床评价[J/CD]. *中国产前诊断杂志(电子版)*, 2011, 3(1): 26-30.

(收稿日期:2014-07-25)

编辑:刘邓浩

(上接第 24 页)

[19] 李天刚,杨磊,王艺璇,等. 胎儿脐动脉及大脑中动脉血流参数及其比值在诊断胎儿宫内缺氧中的价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2013, 15(15): 311-314.

[20] 冯玉昆,黄磊,马润玫,等. 妊娠期糖尿病胎盘细胞凋亡的调控基因表达的研究[J]. *中国优生与遗传杂志*. 2005, 13: 15-17.

[21] 任华,陶静西. 56 例妊娠期糖尿病胎儿脐动脉、大脑中动脉血流彩色多普勒超声检查分析[J]. *实用临床医药杂志*. 2011, 15(23): 146-147.

[22] 张珂,葛明珠,贺晶,等. 脐动脉血流监测在妊娠期糖尿病孕妇中的临床意义[J]. *中华医学杂志*. 2008, 88(5): 317-319.

[23] 郭道宁,张耀,刘强. 彩色多普勒超声在肝内胆汁淤积症致脐动脉血流异常对胎儿宫内缺氧监测的价值[J]. *中华超声影像学杂志*, 2002, 11(4): 222-224.

[24] 李馥玫,赵琰. 脐带绕颈对围产儿的影响[J]. *实用妇产科杂志*, 2000, 16(5): 242.

[25] 陈桂华,杨红,黄丽蓉. 产前彩色多普勒超声检测脐血流及脐带绕颈的临床研究[J]. *现代临床医学*, 2006, 10(32): 346.

[26] 徐晓红,李英勇,刘锋,等. 彩色多普勒超声对脐带绕颈诊断结果易变性的研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2005, 21(5): 379-381.

[27] Chun-Fang Tian, Mei-hua Kang, Wei Wu, et al. Relationship between pitch value or S/D ratio of torsion of cord and fetal outcome[J]. *Prenat Diagn*, 2010, 30: 454-458.

[28] 高月清,裘佳敏. 早产患者子宫动脉及胎儿脐动脉血流动力学变化的研究[J]. *现代妇产科进展*, 2010, 19(6): 450-451.

[29] 李雄,周立明. 彩色多普勒监测胎盘循环与围产儿不良结局的关系[J]. *中国现代医学杂志*, 2002, 12(23): 96-97.

[30] 苏丹. 彩色多普勒检测子宫动脉及脐动脉预测异常妊娠结局[D]. 四川大学七年制医学硕士学位论文, 2005: 11-44.

[31] 时东东,周毓青. 胎儿宫内窘迫的监测及超声应用[J]. *医学综述*, 2014, 20(8): 1471-1743.

(收稿日期:2014-07-20)

编辑:宋文颖