胎儿大脑中动脉超声多普勒的临床应用及研究进展

傅静

(广州市妇女儿童医疗中心 产科,广东 广州 510623)

【中图分类号】 R445.1 【文献标识码】 A

doi: 10.13470/j.cnki.cjpd.2014.03.004

胎儿大脑中动脉(middle cerebral artery,MCA)是颈内动脉在颅内的分支。在解剖上,与 Willis 环关系密切。Willis 环由前交通动脉、两侧大脑前动脉起始段、两侧境内动脉末端、两侧后交通动脉和两侧大脑后动脉起始段共同组成[1]。该环的解剖及其与 MCA 的位置关系如图 1 所示。超声下测量 MCA 时探头与 MCA 的位置关系及超声下 MCA 的图像如图 2、3 所示。MCA 是胎儿脑部供血的主要血管。脑血管具有自主调节功能,内外环境的变化如缺氧等可导致其血流动力学改变,大脑前动脉、大脑后动脉及 MCA 的测量均可反映这些变化导致的病理状态,但以 MCA 的灵敏度最高[2]。MCA 的超声多普勒作为一种非侵入性检查,客观性强,因此,可用来检测胎儿一系列病理生理变化,协助判断胎儿的预后并采取相应措施。

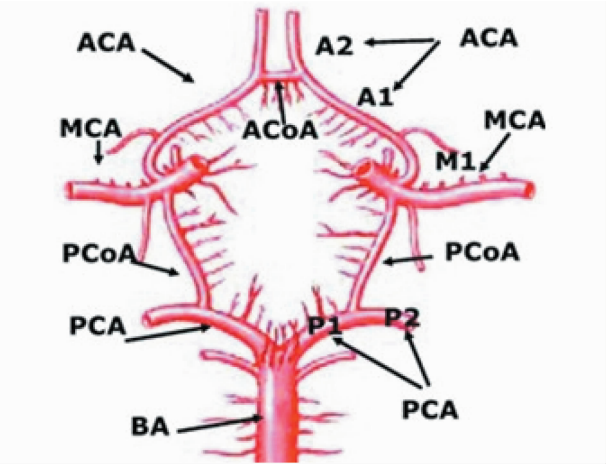


图 1 Willis 环的结构与 MCA 的位置

注:ACA:大脑前动脉;MCA:大脑中动脉;PCA:大脑后动脉;ACoA:前交通动脉;PCoA:后交通动脉; BA:基底动脉

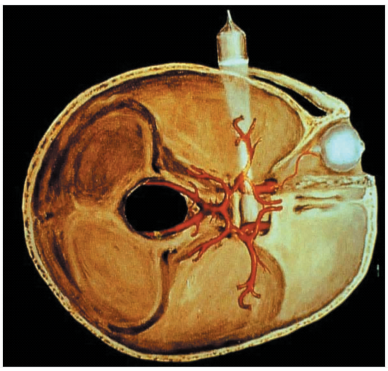


图 2 超声探头与 MCA 的位置关系

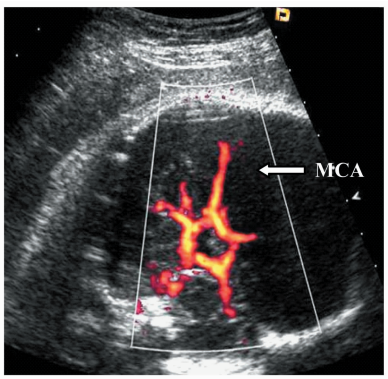
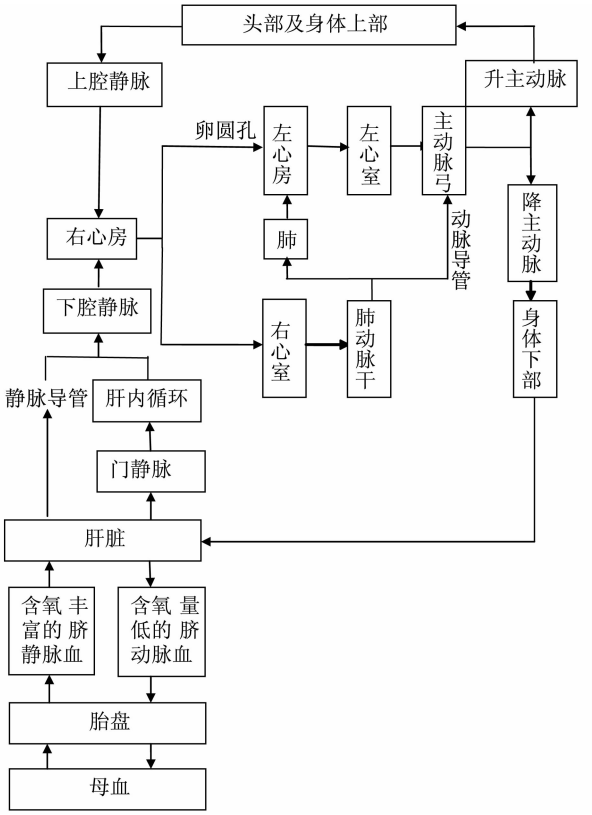


图 3 超声下观察到的 MCA

1 胎儿血液循环特点及缺氧时血流动力学异常机制

与成人相比,胎儿的血液循环有以下特点(如图 4):①卵圆孔,使右心房的血液直接进入左心房,左右心房的压力接近平衡,孕中期由流经卵圆孔的血液约占右心房流出量的 40%,孕晚期占 30%[3];②动脉导管,其血流方向是从肺动脉干至主动脉弓远端和降主动脉,使肺动脉干和主动脉的压力接近平



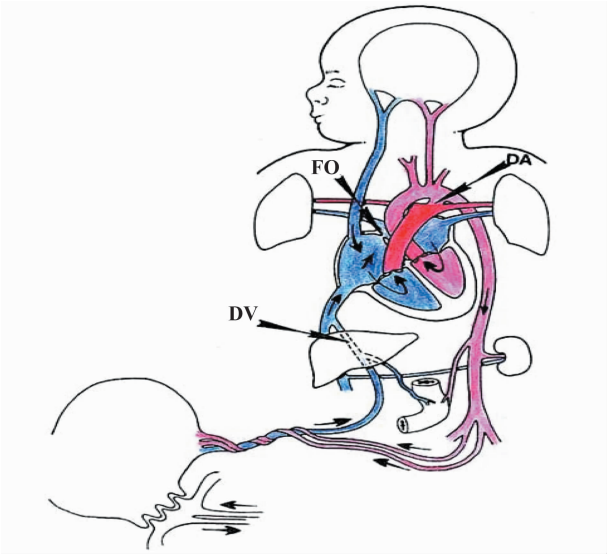


图 4　胎儿血液循环示意图

注:FO:卵圆孔;DA:动脉导管;DV:静脉导管

衡,胎儿期肺部无功能,血管阻力高,来自右室 90% 的血液不经过肺循环,而是通过动脉导管到达降主动脉,而左室只有 30%的血液通过主动脉弓到达降主动脉;③静脉导管,脐静脉在肝脏内分为 2 条:一条是静脉导管,管径很细,大约一半的脐静脉血由此直接汇入下腔静脉,流速很高;另一条是门静脉,进入肝脏内逐段分支,并通过肝静脉回流至下腔静脉。静脉导管内的血液直接由脐静脉血完全混合而快速冲进右心房,并正对卵圆孔而直接进入左心房、左心室、升主动脉和主动脉弓,这部分含氧量高的血液得以从主动脉弓上的 3 个分支供应胎儿头部及身体上部,使其血管氧分压高于身体下部。这些与成人血液循环不同的解剖特点对胎儿血流动力学及缺氧状态下胎儿的自身代偿机制有重要意义[4]。

2　MCA 测量的临床意义

2.1　*对胎儿宫内缺氧的评估*　在对胎儿血流动力学评估中,脐动脉(umbilical artery,UA)的监测最能反映胎盘阻力,也最为常用[4]。将 UA 与 MCA 联合应用,可以更好地监测胎儿缺氧。正常妊娠中,MCA 阻力指数总是高于 UA,且脐动脉搏动指数(pulsatility index,PI)随孕周增加而降低,如图 5a[5],大脑中动脉搏动指数随孕周增加而降低,如图 5b[5]。临床中,使用大脑中动脉的阻力指数与脐动脉的阻力指数的比值 C/U 来预测胎盘功能及胎儿宫内缺氧情况[2]。

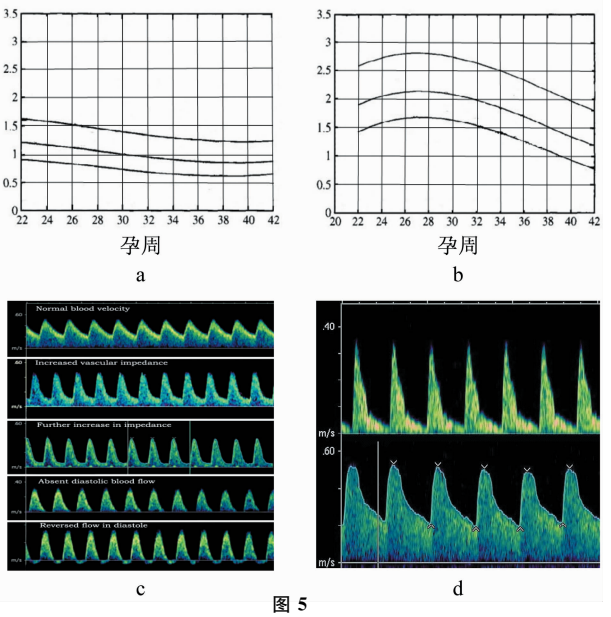


图 5

注:a:UA-PI 随孕周变化的趋势;b:MCA-PI 随孕周变化的趋势;c:正常 UA 血流频谱和缺氧程度依次加重 UA 血流频谱对比,可见 UA 依次出现舒张末期血流减少、缺失和反流,PI 值依次升高;d:正常 MCA 血流频谱和出现脑保护效应时 MCA 血流频谱对比,可见后者舒张期血流增多,PI 值降低

2.1.1 脑保护效应(Brain-sparing Effect) 当胎盘血液灌注不足时,胎儿血液重新分布,心脏、脑、肾上腺等重要器官的血管扩张,血管阻力降低,而其他部位如四肢、肠管、下肢等血管收缩,血管阻力增加。同时静脉导管扩张,血管阻力降低,使含氧丰富的脐静脉血进入静脉导管及左右心室和供应头颈支的比例增加,保证了心脏,大脑等重要脏器的血液供应。这种缺氧时通过代偿机制最大可能保护心脏和脑部血供的现象称为"脑保护效应"。脑保护效应在胎儿宫内生长受限(intrauterin growth restriction,IUGR)等慢性缺氧状态下常见[4,6]。胎儿缺氧时,多普勒监测胎儿宫内缺氧的血流动力学指标出现异常的顺序(图 6)。可见,子宫动脉最先出现搏动指数升高,舒张期切迹,随后出现 UA-PI 值异常升高,然后出现 MCA-PI 降低。正常妊娠 32 周以后 MCA-PI 随孕周的增加而下降,但与 UA-PI 的比值基本不变[4](图 5)。学者普遍认为,当该比值小于 1.08 时即达到脑保护效应的指标[7]。脑保护效应可以呈一过性,当胎儿长期严重缺氧时,肝、肠、肾脏的血供减少可造成胎儿腹围偏小,羊水减少和坏死性小肠炎发生[4],还可使脑血管的舒缩功能受损,代偿消失[8]。临床认为,脑保护效应是胎儿的适应性代偿状态[9],不是终止妊娠的指征[10]。研究表明[11],在选择性剖宫产前的 24 小时内行 MCA 检查,发现脑保护效应及异常脐血气分析之间并无相关性,提示胎儿可以在这种代偿状态下对缺氧耐受较长时间。但脑保护效应是以减少胎盘及脐带的血流为代价的,在慢性缺氧环境中已建立脑保护效应的胎儿,对于缺氧加重时进一步血流重新分布能力会降低[12];重度 IUGR 儿,缺氧后期还可能出现脑保护效应的消失,提示胎儿的濒死状态,预后很差[13]。

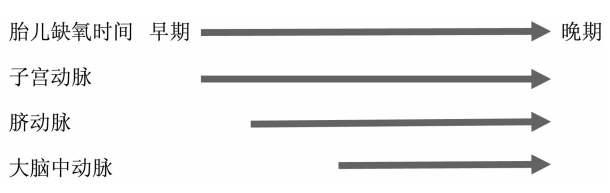


图 6 胎儿宫内缺氧时超声多普勒下出现血流动力学指标异常的顺序

2.1.2 缺氧指数(hypoxia index,HI) 缺氧是胎儿宫内死亡、新生儿脑瘫和神经损伤的最常见原因[14],存在 IUGR 的胎儿,即使有多普勒血流监测依然不能为慢性缺氧的胎儿提供可靠的临床干预指导[15,16]。出现脑保护效应后,C/U 值降低。C/U 值的降低可见于以下 4 种情况:①胎盘阻力增高,但脑血流灌注正常,此时无缺氧;②胎盘阻力正常,但由于缺氧存在,大脑中动脉阻力降低,见于中度贫血;③胎盘阻力和脑血管阻力均异常,见于妊娠相关的高血压疾病;④两个阻力指标均在正常范围内,但脐动脉血流阻力高于大脑中动脉血流阻力,出现在 IUGR 或缺氧等病理过程的早期阶段。C/U 比值可用于监测合并高血压的中重度 IUGR 和双胎妊娠。有文献报道[8,17],从 C/U<1.0 时开始,每日测量一次直至分娩,将每次 C/U 下降的百分比累加,即得到 HI 值。例如,第一天 C/U 值为 1.0,第二天为 0.8,第三天为 0.64,以后每天都下降 20%,直至第 11 天,HI=20%×10=200%。HI 是一个对胎儿缺氧程度量化的指标,与胎儿血氧饱和度的下降成正比[2],它综合考虑了缺氧的时间和缺氧程度,对合并 IUGR 的胎儿脑损伤和神经损伤有较好的预测作用[2,8,17]。在合并 IUGR 和高血压疾病的妊娠中,HI>160%可以预测异常胎心率和缺氧的发生[14],但在无合并症的妊娠中,HI 对胎心率异常的预测价值并不比 C/U 高[18]。

2.2 对胎儿宫内贫血的诊断 胎儿宫内贫血的常见类型有母体同种免疫性贫血、地中海贫血、母胎输血、双胎输血综合征导致的贫血等。在美国,最常见的胎儿宫内贫血类型是母体免疫性溶血[19]。早期对胎儿宫内贫血的诊断依赖于脐带穿刺和羊水穿刺等有创检测。脐带穿刺虽能直接测得胎儿的血红蛋白浓度,但可能引起出血、感染、胎膜早破、胎儿心动过缓甚至胎儿死亡等不良反应;羊水穿刺的检测依赖于溶血性贫血患儿羊水中胆红素水平,易受母体胆红素水平干扰,准确度不高,且只对抗-D 抗体引起的溶血性贫血有预测价值,还有引起羊膜炎、胎膜早破的风险[20,21]。

2000 年 Mari 等[20]发现了 MCA 的收缩期峰值血流速度(MCA peak systolic velocity,MCA-PSV)的测量可以很好地预测中重度胎儿贫血,MCA-PSV 值超过 1.5 倍中位数时,胎儿贫血的风险增

加;阳性预测价值大 65%,阴性预测价值大 100%。表 1 中显示了不同孕周 MCA-PSV 的 1.5 倍中位数。MCA-PSV 的测量对与轻度胎儿贫血的预测价值不大,而轻度胎儿贫血也并不需要临床干预。MCA-PSV 的应用是胎儿宫内贫血监测手段发展中的一个里程碑,具有安全、快速、准确的优点,得到后人的证实[22-24],并作为诊断胎儿贫血的"金指标"应用于临床,可为自身免疫性胎儿贫血、母胎贫血、地中海贫血、B19 病毒感染和胎盘血管瘤等所致的胎儿贫血及双胎输血综合征激光治疗后的胎儿贫血的诊断提供重要依据,也为及时宫内输血、促胎肺成熟和出生后抢救争取了时间[25-27]。

表 1　不同孕周 MCA-PSV 的参考值

孕周	MCA-PSV 中位数的倍数				
	1	1.3	1.5	1.7	2
15	20	26	30	34	40
16	21	27	32	36	42
17	22	29	33	37	44
18	23	30	35	39	46
19	24	31	36	41	48
20	25	33	38	43	50
21	26	34	39	44	52
22	28	36	42	48	56
24	29	38	44	49	58
25	32	42	48	54	64
26	33	43	50	56	66
27	35	46	53	60	70
28	37	48	56	63	74
29	38	49	57	65	76
30	40	50	60	68	80
31	42	55	63	71	84
32	44	57	66	75	88
33	46	60	69	78	92
34	48	62	72	82	96
35	50	65	75	85	100
36	53	69	80	90	106
37	55	72	83	94	110
38	58	75	87	99	116
39	61	79	92	104	122
40	63	82	95	107	126

MCA-PSV 还可用于监测经输血治疗后的同种免疫性溶血性胎儿宫内贫血[28],甚至孕妇接受化疗后的胎儿宫内贫血[29-31];但有研究[32]认为,对于经输血治疗后的重度胎儿宫内贫血预测价值降低,经两次输血治疗后则预测价值消失。

2.3　IUGR 的评估及监测　目前公认的 IUGR 诊断标准为胎儿估计体重低于同孕周胎儿的第十百分位数,IUGR 与胎儿宫内死亡、重度胎儿宫内窘迫和围产儿脑损伤等不良妊娠结局有关,胎儿成年以后的生活质量也将受到影响,其产前识别有助于减少这些不良妊娠结局的发生[33]。在排除胎儿畸形的前提下,UA 的血流监测在 IUGR 的监护中有重要作用[34]。但在孕晚期,即使脐动脉血流正常的病例也可存在生长受限,这些病例即使严密监护,其不良妊娠结局发生率仍然较高,如脐血流联合 MCA 血流指标,可以提高发现 IUGR 的灵敏度及特异度[35],更好地预测不良妊娠结局的发生[36]。如果 UA-PI 值正常而 MCA 血流指标异常,则胎儿宫内窘迫和急诊剖宫产的风险升高[2]。在 IUGR 的胎儿中,34 周之前出现脑保护效应对胎儿不良妊娠结局有预测作用,34 周后则预测价值不大[2,37,38]。

2.4　对不良妊娠结局的预测　在 IUGR 胎儿中,如胎儿已存在舒张末期脐血流缺失或反流,MCA-PI 值降低会使围生儿的死亡风险增加[39];在双胎输血综合征的受体胎儿中,升高的 MCV-PSV 值提示胎儿 24 小时内死亡的风险增加[40];但是单独使用 MCA 血流指标对不良妊娠结局的预测价值并不高[41,42]。有研究认为[43-45],在先兆子痫孕妇和妊娠期高血压的孕妇中,C/U 是预测早产、低出生体重、围生儿死亡、胎儿窘迫所知剖宫产、新生儿低 Apgar 评分、高新生儿重症监护室收治率和 IUGR 发生率等不良妊娠结局的良好指标,但主要用于 34 周以前。

3　测量的注意事项

MCA 的测量应用于临床的前提是严格控制测量技术,提高测量的客观性,否则可能诊断错误,对胎儿造成危害[21,46]。测量的步骤与要求:①嘱孕妇放松,取平卧位,避开胎动及呼吸运动时间测量;②取胎头横切面,先使用灰阶成像,找到双顶径平面,再略向下平移探头,显示大脑脚,然后使用彩色血流呈像功能,显示大脑脚前方呈等边形的大脑动脉环(Willis 环),看到 MCA 从 Wilis 环左右两侧的颈内动脉末段发出,向侧前方行走;③放大图像,使

MCA 所占面积超过 50%，并显示 MCA 的全部长度；④测量标尺放在靠近 MCA 自颈内动脉发出的一端，距离发出点 1～2mm；⑤在不使用角度调节器的条件下尽量使声束角为 0°；⑥在 15～30 秒的时间内，得到的波形应彼此相似，冻结图像即可进行测量；⑦重复以上步骤至少 3 次，取声束角最小的图像作为诊断图像[6,22,47]。图 7 为正常的 MCA 超声多普勒波形，包括高耸的收缩波和相对平缓的舒张波。

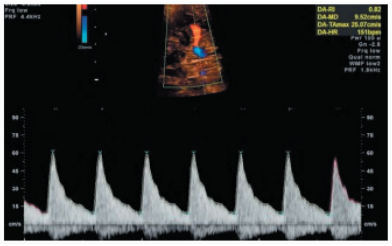


图 7 MCA 的血流频谱

常用的测量指标有 MCA-PSV、PI、阻力指数(resistance index，RI)。孕 11～12 周以后，MCA 才出现舒张末期血流，PI＝(收缩期峰值血流速度-舒张末期流速)/时间平均最高流速，它反映了外周血管的阻力[48]。正常单胎妊娠的 MCA-PSV 值会随着孕周增加而升高。有报道[47]称，无并发症的单绒毛膜双羊膜囊双胎及其 MCA-PSV 值在 18 周之前比单胎高，18～37 周则与单胎相当。

综上所述，MCA 的测量作为一项无创检查，并非产前检查中的常规项目，主要用于 IUGR 和胎儿宫内贫血等高危妊娠胎儿病理变化的诊断及预后判断，有助于产科医生采取相应干预措施，减少不良妊娠结局的发生。对于测量者的要求严格，为减少统一测量及不同测量者之间的测量差异，使测量结果客观、可靠，需要足够的培训。MCA 的测量并不是监测所有胎儿血流异常的单一指标，往往和脐血流等其他指标配合使用。随着孕妇及胎儿治疗手段的不断发展，MCA 测量的应用范围还将得到进一步的探讨。

参 考 文 献

[1] 宿宝贵，潘三强. 系统解剖学[M]. 2 版. 北京：高等教育出版社，2007：405.

[2] Phllippe Arbeille GC. Doppler Ultrasound in Obestetrics and Gynecology[M]. 2 ed. German：Spinger-Verlag Berlin Heidelberg，2005：630.

[3] 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.

[4] 严英榴，杨秀雄. 产前超声诊断学[M]. 2 版. 北京：人民卫生出版社，2012.

[5] Harrington K，Carpenter RG，Nguyen M，et al. Changes observed in Doppler studies of the fetal circulation in pregnancies complicated by pre-eclampsia or the delivery of a small-for-gestational-age baby. I. Cross-sectional analysis[J]. Ultrasound Obstet Gynecol，1995，6(1)：19-28.

[6] Kachewar SG，Gandage SG. The Foetal 'Mind' as a Reflection of its Inner Self：Evidence from Colour Doppler Ultrasound of Foetal MCA[J]. Mens Sana Monographs，2012，10(1)：98-108.

[7] Gramellini D，Folli MC，Raboni S，et al. Cerebral-umbilical Doppler ratio as a predictor of adverse perinatal outcome[J]. Obstet Gynecol，1992，79(3)：416-420.

[8] Salihagic-Kadic A，Medic M，Jugovic D，et al. Fetal cerebrovascular response to chronic hypoxia--implications for the prevention of brain damage[J]. J Matern Fetal Neonatal Med，2006，19(7)：387-396.

[9] Ott WJ. Middle cerebral artery blood flow in the fetus and central nervous system complications in the neonate[J]. J Matern Fetal Neonatal Med，2003，14(1)：26-29.

[10] Fu J，Olofsson P. Relations between fetal brain-sparing circulation，oxytocin challenge test，mode of delivery and fetal outcome in growth-restricted term fetuses[J]. Acta Obstet Gynecol Scand，2011，90(3)：227-230.

[11] Cheema R，Dubiel M，Gudmundsson S. Signs of fetal brain sparing are not related to umbilical cord blood gases at birth[J]. Early Hum Dev，2009，85(7)：467-470.

[12] Fu J，Olofsson P. Restrained cerebral hyperperfusion in response to superimposed acute hypoxemia in growth-restricted human fetuses with established brain-sparing blood flow[J]. Early Hum Dev，2006，82(3)：211-216.

[13] Konje JC，Bell SC，Taylor DJ. Abnormal Doppler velocimetry and blood flow volume in the middle cerebral artery in very severe intrauterine growth restriction：is the occurence of reversal of compensatory flow too late?[J]. BJOG，2001，108(9)：973-979.

[14] Arbeille P，Perrotin F，Salihagic A，et al. Fetal Doppler Hypoxic index for the prediction of abnormal fetal heart rate at

delivery in chronic fetal distress[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2005,121(2):171-177.

[15] Thornton JG, Hornbuckle J, Vail A,et al. Infant wellbeing at 2 years of age in the Growth Restriction Intervention Trial (GRIT): multicentred randomised controlled trial[J]. Lancet, 2004,364(9433):513-520.

[16] Baschat AA, Gembruch U, Reiss I, et al. Relationship between arterial and venous Doppler and perinatal outcome in fetal growth restriction[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2000,16(5):407-413.

[17] Jugovic D, Tumbri J, Medic M, et al. New Doppler index for prediction of perinatal brain damage in growth-restricted and hypoxic fetuses[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2007, 30(3):303-311.

[18] Ropacka-Lesiak M, Korbelak T, Breborowicz G. Hypoxia index in the prediction of abnormal CTG at delivery in uncomplicated pregnancies[J]. Neuro Endocrinol Lett, 2013, 34(1):75-80.

[19] Mari G, Adrignolo A, Abuhamad AZ, et al. Diagnosis of fetal anemia with Doppler ultrasound in the pregnancy complicated by maternal blood group immunization[J]. Ultrasound Obstet Gynecol,1995,5(6):400-405.

[20] Mari G, Deter RL, Carpenter RL, et al. Noninvasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. Collaborative Group for Doppler Assessment of the Blood Velocity in Anemic Fetuses[J]. N Engl J Med, 2000,342(1):9-14.

[21] Mari G. Middle cerebral artery peak systolic velocity: is it the standard of care for the diagnosis of fetal anemia? [J]. J Ultrasound Med,2005,24(5):697-702.

[22] Andrei C, Vladareanu R. The value of reference ranges for middle cerebral artery peak systolic velocity in the management of rhesus alloimmunized pregnancies[J]. Maedica, 2012,7(1):14-19.

[23] 侯敏，吕国荣，唐力. 多普勒超声检测大脑中动脉收缩期峰值流速与胎儿贫血[J]. 中国医学影像技术,2010,2:310-312.

[24] Vignoni E, Daldoss C, Soregaroli M, et al. Monitoring of pregnancy complicated by maternal-fetal isoimmunization. A comparison between two clinical protocols[J]. Minerva Ginecol,2003,55(4):353-358.

[25] Mari G, Abuhamad AZ, Cosmi E, et al. Middle cerebral artery peak systolic velocity: technique and variability[J]. J Ultrasound Med,2005,24(4):425-430.

[26] Chauvet A, Dewilde A, Thomas D, et al. Ultrasound diagnosis, management and prognosis in a consecutive series of 27 cases of fetal hydrops following maternal parvovirus B19 infection[J]. Fetal Diagn Ther,2011,30(1):41-47.

[27] 李玮璟，刘建强，吴珍生. 母血 AFP 和胎儿大脑中动脉收缩期血流峰值对评估胎儿贫血的作用[J]. 中国病理生理杂志，2009,12:2454-2456.

[28] Mari G, Zimmermann R, Moise KJ, et al. Correlation between middle cerebral artery peak systolic velocity and fetal hemoglobin after 2 previous intrauterine transfusions[J]. Am J Obstet Gynecol,2005,193(3 Pt 2):1117-1120.

[29] Halaska MJ, Komar M, Vlk R, et al. A pilot study on peak systolic velocity monitoring of fetal anemia after administration of chemotherapy during pregnancy[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2014,174:76-79.

[30] Deren O, Onderoglu L. The value of middle cerebral artery systolic velocity for initial and subsequent management in fetal anemia[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol,2002,101(1):26-30.

[31] Hermann M, Poissonnier MH, Grange G. Cerebral Doppler velocimetry to predict fetal anemia after more than three intravenous fetal exchange transfusions[J]. Transfusion,2014. [PubMed:24845829]

[32] Scheier M, Hernandez-Andrade E, Fonseca EB,et al. Prediction of severe fetal anemia in red blood cell alloimmunization after previous intrauterine transfusions[J]. Am J Obstet Gynecol,2006,195(6):1550-1556.

[33] Flood K, Unterscheider J, Daly S, et al. The role of brain sparing in the prediction of adverse outcomes in intrauterine growth restriction: results of the multicenter PORTO Study [J]. Am J Obstet Gynecol,2014.[PubMed:24813969]

[34] Chauhan SP, Gupta LM, Hendrix NW, et al. Intrauterine growth restriction: comparison of American College of Obstetricians and Gynecologists practice bulletin with other national guidelines[J]. Am J Obstet Gynecol,2009,200(4):409.e1-09.e6

[35] Severi FM, Bocchi C, Visentin A, et al. Uterine and fetal cerebral Doppler predict the outcome of third-trimester small-for-gestational age fetuses with normal umbilical artery Doppler[J]. Ultrasound Obstet Gynecol,2002,19(3):225-228.

[36] Bano S, Chaudhary V, Pande S, et al. Color doppler evaluation of cerebral-umbilical pulsatility ratio and its usefulness in the diagnosis of intrauterine growth retardation and prediction of adverse perinatal outcome[J]. Indian J Radiol Imaging, 2010,0(1):20-25.

[37] Maged AM, Abdelhafez A, Mostafa WA, et al. Fetal middle cerebral and umbilical artery Doppler after 40 weeks gestational age [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2014. [PubMed:24580652]

[38] Kessous R, Aricha-Tamir B, Weintraub AY, et al. Umbilical artery peak systolic velocity measurements for prediction of perinatal outcome among IUGR fetuses[J]. J Clin Ultrasound, 2014, 42(7):405-410.

[39] Nomura RM, Niigaki JI, Horigome FT, et al. Doppler velocimetry of the fetal middle cerebral artery and other parameters of fetal well-being in neonatal survival during pregnancies with placental insufficiency[J]. Rev Assoc Med Bras, 2013, 59(4):392-399.

[40] Kontopoulos EV, Quintero RA. Assessment of the peak systolic velocity of the middle cerebral artery in twin-twin transfusion syndrome. Part I: preoperative assessment[J]. Am J Obstet Gynecol, 2009, 200(1):61. e1-5.

[41] Morris RK, Say R, Robson SC, et al. Systematic review and meta-analysis of middle cerebral artery Doppler to predict perinatal wellbeing[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2012, 165(2):141-155.

[42] Ropacka-Lesiak M, Korbelak T, Breborowicz G. Doppler blood flow velocimetry in the middle cerebral artery in uncomplicated pregnancy[J]. Ginekologia polska, 2011, 82(3):185-190.

[43] 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]. J Prenat Med, 2010, 4(2):17-21.

[44] Yalti S, Oral O, Gurbuz B, et al. Ratio of middle cerebral to umbilical artery blood velocity in preeclamptic & hypertensive women in the prediction of poor perinatal outcome[J]. Indian J Med Res, 2004, 120(1):44-50.

[45] Eser A, Zulfikaroglu E, Eserdag S, et al. Predictive value of middle cerebral artery to uterine artery pulsatility index ratio in preeclampsia[J]. Arch Gynecol Obstet, 2011, 284(2):307-311.

[46] Mari G. Middle cerebral artery peak systolic velocity for the diagnosis of fetal anemia: the untold story[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2005, 25(4):323-330.

[47] Klaritsch P, Deprest J, Van Mieghem T, et al. Reference ranges for middle cerebral artery peak systolic velocity in monochorionic diamniotic twins: a longitudinal study[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2009, 34(2):149-154.

[48] van den Broek AJ, Kok JH, Houtzager BA, et al. Behavioural problems at the age of eleven years in preterm-born children with or without fetal brain sparing: a prospective cohort study[J]. Early Hum Dev, 2010, 86(6):379-384.

(收稿日期:2014-08-11)

编辑:刘勇

(上接第 8 页)

[15] Llurba E, Carreras E, Gratacos E, et al. Maternal history and uterine artery Doppler in the assessment of risk for development of early- and late-onset preeclampsia and intrauterine growth restriction [J]. Obstet Gynecol Int, 2009, 2009: 275613.

[16] Hwang HS, Kim YH, Kwon JY, et al. Uterine and umbilical artery Doppler velocimetry as a predictor for adverse pregnancy outcomes in pregnant women with anemia[J]. J Perinat Med, 2010, 38:467-471.

[17] Shwarzman P, Waintraub AY, Frieger M, et al. Third-trimester abnormal uterine artery doppler findings are associated with adverse pregnancy outcomes [J]. J Ultrasound Med, 2013, 32(12):2107-2113.

[18] Li H, Gudnason H, Olofsson P, et al. Increased uterine artery vascular impedance is related to adverse outcome of pregnancy but is present in only one-third of late third-trimester pre-eclamptic women[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2005, 25(5):459-463.

[19] Kafkaslı A, Türkçüoglu I, Turhan U. Maternal, Fetal and perinatal characteristics of preeclampsia cases with and without abnormalities in uterine artery Doppler indexes[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2013, 26(9):936-940.

[20] Bolz N, Kalache KD, Proquitte H, et al. Value of Doppler sonography near term: can umbilical and uterine artery indices in low-risk pregnancies predict perinatal outcome? [J]. J Perinat Med, 2013, 41(2):165-170.

[21] Gudmundsson S, Korszun P, Olofsson P, et al. A new score indicating placental vascular resistance[J]. Acta Obstet Gynecol Scand, 2003, 82: 807-812.

[22] Eser A, Zulfikaroglu E, Eserdag S. Predictive value of middle cerebral artery to uterine artery pulsatility index ratio in preeclampsia[J]. Arch Gynecol Obstet, 2011, 284(2):307-311.

(收稿日期:2014-08-15)

编辑:宋文颖