

论 著

胎儿颅脑磁共振检查优化及功能成像的临床研究*

1. 哈尔滨市儿童医院医学影像科

(黑龙江 哈尔滨 150010)

2. 飞利浦医疗 (北京 10000)

张晓凡¹ 郝明珠¹ 张 旭¹王志伟¹ 卓芝政² 王 芳¹张 毅¹

【摘要】目的 探讨胎儿颅脑MR序列优化联合功能成像技术的临床应用价值。方法 89例胎龄具有产前超声、产前MR及产后MR检查的孕妇作为研究对象。常规序列: 2D T2W-TSE及3D T1W-TFE或2D T1W Balance TFE; 功能序列: DWI、SWI。结果 统计分析采用以产后胎龄MR诊断结果为标准, 对胎龄产前超声和产前MR诊断结果进行卡方检验($\chi^2=35.814$, $P<0.001$), 两组间存在显著差异。产前超声与产前MR诊断结果完全符合42例(56.0%); 产前MR与产后MR诊断结果完全符合71例(94.6%)。胎龄功能成像: DWI成像测量胎龄同侧同部位白质兴趣区ADC值: 24-29周胎龄约为 $(1.83 \pm 0.108) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$; 30-39周胎龄约为 $(1.71 \pm 0.025) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, 两组ADC值差异有统计学意义(t 值=3.82, $P<0.05$); SWI对显示脑出血量、范围、部位较其他序列更精准。结论 胎儿颅脑MR技术优化联合功能成像对胎儿神经系统疾病诊断具有显著优势, 可为临床提供更详细、更精准的影像学信息, 减低畸形及缺陷儿出生率。

【关键词】磁共振成像; 胎儿; 颅脑; 扩散加权成像; 磁敏感加权成像

【中图分类号】R651.1

【文献标识码】A

【基金项目】黑龙江省卫生厅科研课题, 2103-291

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.06.035

通讯作者: 张晓凡

The Clinical Application of Combining Improved Structural and Functional MRI Examinations on Fetus Cerebral Disease*

ZHANG Xiao-fan, HAO Ming-zhu, ZHANG Xu, et al., Department of Radiology, Harbin Children's Hospital, Harbin 150010, Heilongjiang Province, China

[Abstract] *Objective* To evaluate the clinical application of combining functional MRI and optimized structural MRI on clinical diagnosis of fetal brain abnormalities. *Methods* 89 subjects (prenatal gestational woman and corresponding postnatal neonate) who have received a prenatal ultrasound examination (US), prenatal MRI examinations and postnatal neonate MRI examinations were enrolled in this study. MRI scan protocols include general structural imaging (2D T2W-TSE and 3D T1W-TFE/2D T1W Balance TFE) and functional imaging (DWI and optional SWI). *Results* The prenatal US and prenatal MRI techniques were evaluated by comparing the examination results with postnatal neonate MRI. test results showed that there is a significant difference between them. The MRI examinations of fetuses with abnormal structures showed that 42 (56.0%) fetuses diagnosis results were consistent between prenatal US and prenatal MRI and 71 (94.6%) fetuses diagnosis results were consistent between prenatal MRI and postnatal MRI. Functional MRI examination results showed that prenatal DWI demonstrated a significant difference (t -test: t value=3.82, $P<0.05$) on ADC values within ipsilateral white matter ROIs between younger fetuses (gestational age: 24 to 29 weeks, ADC: $(1.83 \pm 0.108) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$) and older fetuses (gestational age: 30 to 39 weeks, ADC: $(1.71 \pm 0.025) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$). Prenatal SWI examination was more precise and sensitive than general structural MRI on the detection of volume, range, location of haemorrhage. *Conclusion* It could be concluded that the combination functional MRI and optimized structural MRI have obvious advantages over prenatal US on clinical diagnosis of fetal brain abnormalities. Prenatal MRI could provide more precise and reliable images which can help for the treatment of clinical abnormal and handicapped fetal.

[Key words] Magnetic Resonance Imaging; Fetus; Central Nervous System; Diffusion Weighted Imaging; Susceptibility Weighted Imaging

中国每年约有100万先天畸形或有缺陷的新生儿出生, 占全部出生人数的4%~6%, 其中中枢神经系统畸形的发生率位居前列^[1]。随着国家全面开放二胎政策的实施, 及早准确地发现胎儿颅脑疾病, 对临床采取积极治疗方案及优生优育均起到重要作用。近年来, 磁共振在胎儿的应用技术优势已逐步得到认可, 特别在胎儿中枢神经系统的应用^[2], 也是最可能提供超声额外影像学信息的成像手段。本文主要探讨胎龄磁共振(MR)常规技术优化联合功能成像的临床应用。

1 材料和方法

1.1 临床资料 选取本院MR检查的中晚期妊娠孕妇, 于一周内行产前胎儿超声(Fetal Ultrasound, fetal US)全身三级筛查, 胎龄超声提示异常行MR检查, 并有产后(出生至3个月)MR复查的89例作为研究对象。孕妇年龄为18~39岁, 平均 (28 ± 2.0) 岁, 孕龄为24~39周, 平均孕龄为 (31 ± 3.0) 周, 孕期身体健康。MR检查特异性吸收率(SAR)控制在3W/kg以下, 该研究得到医院伦理委员会的批准, 并取得孕妇的知

情同意。

1.2 影像学检查 设备使用 Philips Ingenia 3.0T超导型MRI 仪，选用16通道体部相控阵线圈；孕妇采取仰卧位，足先进，扫描时嘱受检者消除紧张情绪采用呼吸非心电门控扫描。胎脑MRI 扫描由经过培训的2名医师完成，诊断由2名高职医师采用盲法分析完成，若意见不一致时，共同讨论达成一致。

1.2.1 扫描序列：常规序列 2D T2W-TSE及3D T1W-TFE或2D T1W Balance TFE；功能序列包括DWI、SWI。研究对象均加DWI序列、对怀疑胎脑出血病例追加SWI序列，扫描层数根据胎儿大小决定。

1.2.2 统计学处理分析：数据采用SPSS13.0统计学软件，计数资料采用卡方检验。对于胎脑结构异常或畸形病例(样本数>40，最小理论频数为17.5>5)，采用卡方检验($\chi^2=35.814$, $P<0.001$)。分别对比分析产前超声、产前MR及产后MR诊断符合性情况。

2 结 果

本组研究的89例孕妇均成功进行常规MRI、DWI和13例SWI检查，图像信噪比良好，均获得较理想的胎脑MR诊断信息，出生至3月成功随访MR。

2.1 产前胎脑MRI检查结果 89例孕妇，均单胎。MR诊断胎脑正常27例、胎脑异常62例。双/单侧脑室扩张21例，轻度12例，中重度9例(图1-2)；透明隔间腔增宽5例、透明隔缺如3例(图3)；胼胝体部分发育不全或缺如8例(不全5例，缺如3例)(图4-5)；后颅窝池异常扩大11例(单纯枕大池扩

大8例、Dandy-walker畸形3例)(图6)；脑出血9例(脑实质出血5例、脑室内血肿4例)(图7-9)；室管膜下囊肿5例。

2.2 胎脑功能MR检查结果 产前DWI成像：选择同层同侧同部位的半卵圆中心区为感兴趣区，面积大小为 $(25\pm5)\text{mm}^2$ ；测量显示24-29周胎龄ADC值约为 $(1.83\pm0.108)\times10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ ，30-39周胎龄ADC值约为 $(1.71\pm0.025)\times10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ ，两组间ADC值比较差异，有统计学意义(t 值=3.82, $P<0.05$)，提示ADC值可评估胎脑的成熟度，与胎龄密切相关，即胎龄越大，兴趣区白质的ADC值越低。

产前SWI成像显示脑出血病例9例(图7)，表现枕顶板下硬膜外/下血肿、单/双侧脑室内血肿、基底节区及室管膜下血肿。较清晰显示出血征象，呈斑点状、类圆形、不规则形极低信号，脑室内出血为铸形的极低信号。SWI显示脑出血灶数量、范围、部位和性质较其他序列更准确和更清晰，对T1W高信号起到显著定性作用。

2.3 统计结果分析 对于胎脑结构异常或畸形病例，以产后MRI为标准的卡方检验共计

75例，结果显示产前超声和产前MR的诊断结果存在明显差异(值=35.814, $P<0.001$)。产前超声与产前MR诊断结果对照：完全符合42例，不符合33例，检出率为56.0%；产前超声与产后MR诊断结果对照：完全符合42例，不符合33例，检出率为56.0%；产前MR与产后MR结果对照：完全符合71例，不符合4例，检出率为94.6%，详见下表。(剔除胎脑出血和室管膜下囊肿二种疾病随时间增加病情转归发生动态变化的病例)。

3 讨 论

胎儿颅脑MR成像检查已成为超声检查的重要补充手段，具有广阔的临床应用前景^[3]。胎儿超声声像图的空间分辨率和组织分辨率缺乏特异性，受视野相对小，受胎位胎龄、母体体型、成像区有无气体、羊水量及检查者技术水平等多因素影响，难以准确全面观察胎脑结构情况^[4]。本研究胎儿采用3.0T磁共振双源射频发射技术，有效保证孕妇与胎儿检查过程中SAR(值)的安全控制。

表1 胎脑产前超声、产前MR与产后MR诊断结果对照(例数)

疾病名称	检查方式		
	产前US	产前MR	产后MR
正常	4	27	28
侧脑室扩大单侧或双侧	轻度	10	12
		4	9
透明隔间腔增宽	10	5	5
透明隔部分缺如	16	3	3
胼胝体发育不全或缺如	18	8	8
单纯后颅窝池扩大	20	8	8
Dandy-walker畸形	0	3	3
胎儿脑实质出血、脑室血肿	5	9	7例吸收2例后遗
室管膜下囊肿	6	5	4例吸收1例可见
合计	89	89	89

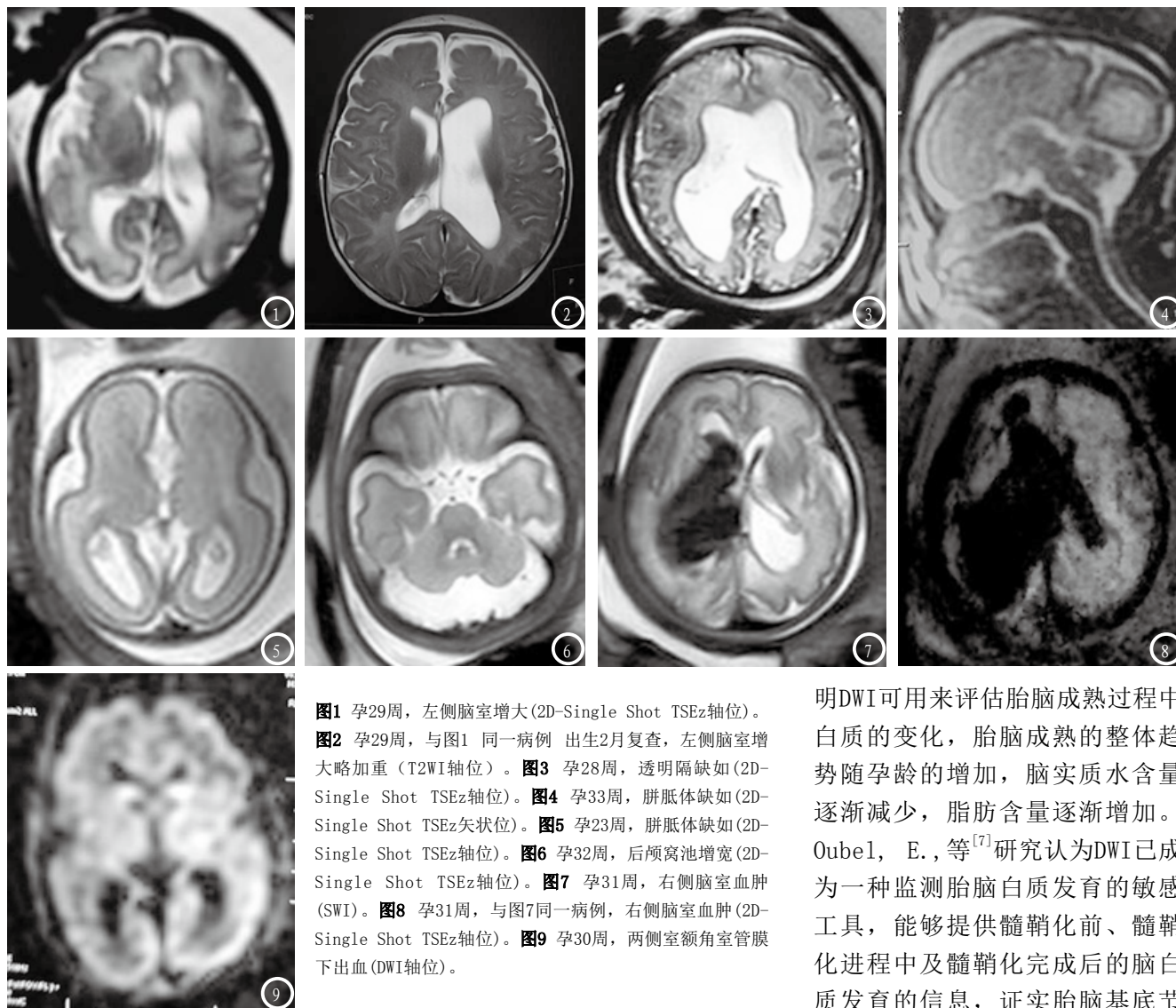


图1 孕29周，左侧脑室增大(2D-Single Shot TSEz轴位)。图2 孕29周，与图1 同一病例 出生2月复查，左侧脑室增大略加重(T2WI轴位)。图3 孕28周，透明隔缺如(2D-Single Shot TSEz轴位)。图4 孕33周，胼胝体缺如(2D-Single Shot TSEz矢状位)。图5 孕23周，胼胝体缺如(2D-Single Shot TSEz轴位)。图6 孕32周，后颅窝池增宽(2D-Single Shot TSEz轴位)。图7 孕31周，右侧脑室血肿(SWI)。图8 孕31周，与图7同一病例，右侧脑室血肿(2D-Single Shot TSEz轴位)。图9 孕30周，两侧额角室管膜下出血(DWI轴位)。

明DWI可用来评估胎脑成熟过程中白质的变化，胎脑成熟的整体趋势随孕龄的增加，脑实质水含量逐渐减少，脂肪含量逐渐增加。Oubel, E., 等^[7]研究认为DWI已成为一种监测胎脑白质发育的敏感工具，能够提供髓鞘化前、髓鞘化进程中及髓鞘化完成后的脑白质发育的信息，证实胎脑基底节区、双侧侧脑室旁白质、脑桥、丘脑及小脑的ADC值随着胎龄的增加而减小，从形态学上，甚至胎脑发育的微结构水平上进行评价。本组病例研究对正常胎脑的DWI图及ADC值的初步分析，ADC值可评估胎脑的成熟度，与胎龄密切相关，即胎龄越大，脑白质的ADC值越低，此外，Baldoli^[8]等研究证实，DWI对胎儿急性缺血缺氧具有高敏感性，其ADC值的改变能够预测胎儿产后结局，超声及常规MRI对此类疾病的检出率较低。本组研究DWI可敏感发现早期的缺氧缺血改变，DWI对检测缺血损伤具有较高的敏感性，为急性缺血提供重要的诊断信息。此

3.1 胎脑常规MRI成像技术优化

胎儿中枢神经系统MR成像技术，主要采用的胎儿T2W-TSE、3D T1W-TFE以及快速Balance TFE快速成像序列。首先，T2W-TSE为类T2WI图像，对含水分多组织显示较好。此序列采集速度快，仅几十秒即可完成图像的采集，避免胎儿运动及孕妇呼吸伪影的影响；同时基于多源射频发射技术和全数字影像链采集，保障了扫描速度和图像信噪比^[5]。胎儿MR成像技术获得优质T1W图像具有一定困难，3D T1W-TFE序列采集速度快，缩短采集时间，避免运动伪影，提供高分辨的胎儿图像，显示胎儿微细结构，利于发现胎

儿发育早期异常。Balance TFE序列扫描速度较快，20s完成扫描。该序列血管为高信号，图像分辨率高，信噪比好，羊水信号较均匀，伪影少，使用无间隔或负间隔扫描，对于出血病灶有很高的特异性和敏感度。T1W对脑出血表现为高信号，利于临床诊断^[6]。9例胎脑出血病例中6例T1W较清晰显示脑实质出血或/和脑室内血肿，极大弥补超声检查的不足。

3.2 胎脑MR功能成像初探
磁共振扩散加权成像(DWI)主要采用单次激发的平面回波成像(EPI)，胎儿会不自主运动，需要EPI这种快速成像技术，获取胎儿图像相对较容易和敏感。研究表

外, DWI对出血病变也有较好显示。

磁敏感加权成像(SWI), 利用三维高分辨完全流动补偿的梯度回波序列进行扫描, 生成幅度和相位两组原始图像, 通过相位后处理显示磁敏感物质的磁性特点, 可敏感的检测静脉内的去氧血红蛋白和血管外的血液产物。SWI可较早发现超声易漏诊的小血管畸形, 减少将来导致胎儿或者新生儿颅内出血的潜在危险因素^[9]。SWI采用3D-FFE序列, 可得到高分辨率图像, 对于微小静脉、出血及铁沉积具有较高的特异性和敏感度。胎儿颅内出血多发生在中晚孕期, 发病机制可能与生发层发育有关, 室管膜下区域对缺氧、低血糖、酸中毒、感染等因素极为敏感, 导致该处血管易破裂出血, 严重者可导致患儿出生后智力低下、癫痫、脑性瘫痪等^[10]。文献报道^[11]证实了SWI在新生儿颅脑中的应用研究, SWI与常规MRI相比, 可检测出新生儿颅脑内更多、更小的出血病灶, 较常规序列在显示出血灶范围, 出血部位更准确, 尤其对微小出血灶定性及数量方面具有明显优势。本组病例研究表明SWI适用于胎儿颅脑出血的检查, 特别对T1WI高信号病灶做出较明确定性诊断, SWI技术联合其他MRI序列

进行有效互补。

3.3 展望 磁共振成像以其广视野, 不受胎儿体位及羊水量等因素影响, 可对胎儿兴趣区做任意方位成像, 直观显示病变与周围结构的关系, 组织分辨率高, 在发现胎儿畸形方面受到显著重视。特别随着MR功能成像技术在未来的快速进步, 不仅可研究胎脑形态学, 而且可无创性研究胎脑功能学, 进一步探讨胎脑的发育过程和疾病的发生机制, 为产前胎儿精准的影像学诊断提供强有力保障, 显著减低畸形及缺陷儿出生率。

参考文献

- [1] Judas, M., 2011. Prenatal development of the human fetal telencephalon. In: Prayer, D. (Ed.), *Fetal MRI* [J]. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 81-146.
- [2] 朱铭. 胎儿磁共振-磁共振检查的新领域 [J]. 磁共振成像, 2011, 2 (1): 7-12.
- [3] Nadine J, Girard MD. Magnetic resonance imaging of fetal developmental anomalies [J]. *Top Magn Reson Imaging* 2011, 22 (1): 11-23.
- [4] Tamara TC, Jodi SD, Richard CA, et al. Central nervous system findings on fetal magnetic resonance imaging and outcomes

in children with spina bifida [J]. *Obstet Gynecol*, 2010, 116 (2 Pt 1): 323-329.

- [5] Glenin Orit A. MR imaging of the fetal brain [J]. *Pediatr Radiol* 2010, 40: 68-81.
- [6] Wedeen, V. J., Rosene, D. L., Wang, R., Dai, G., Mortazavi, F., Hagmann, P., Kaas, J. H., Tseng, W. Y., 2012. The geometric structure of the brain fiber pathways [J]. *Science*, 335, 1628-1634.
- [7] Oubel, E., Koob, M., Studholme, C., Dietemann, J. L., Rousseau, F., 2012. Reconstruction of scattered data in fetal diffusion MRI [J]. *Medical Image Analysis* 16, 28-37.
- [8] Badoli C, Righini A, Parazzini, C, et al. Demonstration of Acute Ischemic Lesions in the Fetal Brain by Diffusion Magnetic Resonance Imaging [J]. *Ann Neurol*, 2008, 52: 243-246.
- [9] Bosemani T, Poretti A, Huisman TA. Susceptibility-weighted imaging in pediatric neuroimaging [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2014, 40 (3): 530-544.
- [10] 武玺宁, 孟华, 姜玉新, 等. 胎儿颅内出血的产前超声诊断 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2012, 21 (1): 42-44.
- [11] 张晓凡, 曾立红, 王志伟. 磁敏感加权成像评估早产儿脑损伤及预后 [J]. *中国医学影像技术* 2014, 30 (8): 1175-1178.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2016-04-25