

胎儿三维磁共振成像技术的初步应用

孙子燕, 夏黎明, 庞颖, 杨小红, 赵胜, 王承缘

【摘要】 目的:探讨三维磁共振成像(3D-MRI)技术在显示胎儿体表正常解剖和先天畸形方面的应用价值。**方法:**对 40 例 18~37 周的胎儿在超声检查后 1~2d 内行 MRI 检查,应用单次激发快速自旋回波序列(SSFSE)行胎儿轴面、矢状面和冠状面二维 MRI(2D-MRI),三维稳态进动快速成像(3D-FIESTA)序列 MRI,均使用并行采集技术(ASSET),在工作站对原始数据进行多平面重组(MPR)、容积重组(VR)和磁共振仿真内窥镜技术(MRVE)等三维图像后处理。将 MRI 和随访、尸检结果进行比较。**结果:**36 例孕妇 3D-MRI 检查成功率为 94.4%(34/36),34 例胎儿经随访和尸检证实 46 处畸形。胎儿体表先天畸形 2D-MRI 正确诊断 37 处,诊断符合率 80.4%(37/46);误诊 1 处,假阳性率为 2.1%(1/46);漏诊 8 处,漏诊率 17.4%(8/46)。3D-MRI 正确诊断 43 处,诊断符合率 93.5%(43/46);误诊 1 处,假阳性率 2.1%(1/46);漏诊 2 处,漏诊率为 4.3%(2/46)。两种方法诊断胎儿体表先天畸形差异无统计学意义($\chi^2=2.40, P>0.05$),但 3D-MRI 对于面部畸形如唇裂和其他复杂畸形如体蒂异常、骶尾部畸胎瘤、联体双胎等显示更直观清楚。**结论:**3D-MRI 一次扫描可直观反映胎儿体表结构的表面特征、立体形态及相互间的位置关系,VR、MRVE 对胎儿正常面部、外生殖器、脐带、肢体等的评价有较高价值,MPR 可对兴趣区进行多角度观察。磁共振三维成像对显示胎儿正常体表结构和病变及产前咨询和围产期手术具有重要的临床价值。

【关键词】 胎儿; 成像, 三维; 磁共振成像; 产前诊断

【中图分类号】 R714.53; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)09-0996-04

Preliminary application of three dimensional magnetic resonance imaging of fetus SUN Zi-yan, XIA Li-ming, PANG Ying, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the clinical value of three dimensional magnetic resonance imaging (3D-MRI) in displaying the normal and abnormal body surface structures of the fetuses. **Methods:** 40 fetuses (range, 18~37 weeks) with congenital abnormalities underwent 2D-MRI axial, sagittal and coronal SSFSE T₂ WI examinations and 3D-MRI with three dimensional fast image employing steady-state acquisition (3D-FIESTA). Volume rendering (VR) on a GE 1.5T superconducting MR scanner within 1~2 days after US conventional prenatal examinations. multiplanar reconstruction (MPR) magnetic resonance virtual endoscope (MRVE) were employed in image post-processing on a dedicated workstation. The MRI appearances of fetal malformations were compared with autopsy and follow-up results. **Results:** The achievement ratio was up to 94.4% (34/36). "one stop" 3D-FIESTA could clearly demonstrate the surface features of the fetus, such as the fetal face, genitalia, umbilical cord and extremity etc. The regions of interest could be viewed in various directions by using multiplanar mode 2D-MRI. In all of 37 body surface anomalies, the correct diagnostic rate was 80.4%, the false-positive rate was 2.1%, the missed-diagnostic rate was 17.4%. In 43 body surface anomalies diagnosed with 3D-MRI, the correct-diagnostic rate was 93.5%, the false-positive rate was 2.1%, the missed-diagnostic rate was 4.3%. There was no difference between 2D and 3D-MRI ($\chi^2=2.40, P>0.05$). But facial malformations such as cleft lip and other complicated malformations such as body stalk anomaly, sacrococcygeal teratoma, conjoined twins could be more clearly demonstrated by 3D-MRI. **Conclusions:** The 3D-MRI study of fetus is feasible and useful for displaying fetal anatomy and has a wide clinical applications, for antepartum console and planning of fetal surgery.

【Key words】 Fetus; Imaging, three-dimensions; Magnetic resonance imaging; Prenatal diagnosis

三维超声应用于胎儿各种结构的显示尽管已经显示出重要的临床应用价值,但是由于成像原理和技术的限制,仍然存在一定的局限性^[1]。对于胎儿的体表结构进行三维重组时,要面向探头采集的方向,因而限

制了三维超声的观察方向。羊水少时,胎儿的体表兴趣区结构可能显示不完全,胎动可导致三维图像出现扭曲,因而可能需要进行多次采样才能保证三维图像的准确性。由于超声的视野小,单次三维成像超声重组只能显示局部兴趣区,胎儿的整体三维图像较难获得,同时对复杂畸形如联体畸形三维超声有时不能完整显示。随着磁共振硬件和软件设备的进步和快速梯度序列的出现,胎儿三维磁共振成像(three dimen-

作者单位: 430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院(孙子燕、夏黎明、庞颖、王承缘); 430070 武汉,湖北省妇幼保健院(杨小红、赵胜)

作者简介: 孙子燕(1975-),男,湖北钟祥人,博士,主治医师,主要从事胎儿产前 MRI 诊断工作。

通讯作者: 夏黎明, E-mail: xialiming88@yahoo.com.cn

sional magnetic resonance imaging, 3D-MRI) 成为可能, 早期的胎儿三维成像主要用于宫内发育迟缓和巨大胎儿的体积和体重的测量^[2-6], 对显示胎儿正常结构和畸形的报道较少, 本研究使用三维稳态进动快速成像 (three dimensional fast image employing steady-state acquisition, 3D-FIESTA) 序列探讨 3D-MRI 技术在显示胎儿正常体表结构和复杂畸形方面的价值。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2006 年 9 月~2010 年 3 月在外院和我院行产前超声诊断和怀疑胎儿先天畸形的 36 例孕妇进行 MRI 检查, 孕妇年龄 21~35 岁, 平均 25.7 岁; 胎儿 40 例, 孕周 18~37 周, 平均 28.9 周。单胎妊娠 32 例, 双胎妊娠 4 例, 经过尸检和随访发现胎儿畸形 48 处, 其中单发畸形 34 处, 2 处畸形 4 例, 3 处畸形 2 例。

所有胎儿检查均得到孕妇及家属知情同意, 并签署知情同意书。

2. 超声检查方法

二维及三维超声检查使用西门子公司 Sequoia 521 型彩色超声多普勒诊断系统, 启动胎儿保护键, 二维超声发射能量小于 100 mW/cm^2 , 探头频率 3.5~5.0 MHz, 40 例胎儿在超声检查提示异常后, 均在当日由 1 名超声主任医师复查确认诊断, 并建议进行 MRI 检查。

3. MRI 扫描方法

MRI 检查于超声检查后 1~2d 进行, MRI 检查后对所检查胎儿进行尸检和随访观察。MR 检查使用美国 GE 公司 HD、HDxt 1.5T 超导型 MR 仪, 检查前先做好解释工作, 消除孕妇紧张情绪, 未使用镇静剂及腹带。孕妇取仰卧位, 平静呼吸, 采用相控阵体部线圈 (Torso 线圈), 在孕妇腹部三平面定位基础上常规行胎儿颅脑和胸腹部轴面, 冠状面和矢状面扫描, 应用单次激发快速自旋回波序列 (single-shot fast spin echo, SSFSE), 扫描参数: TR 2100 ms, TE 90 ms, 矩阵 224×224 , 视野 $44 \text{ cm} \times 44 \text{ cm}$, 激励次数 0.5, 带宽 62.5 kHz。层厚及层距根据胎儿的孕周和大小来决定。3D-FIESTA 胎儿三维成像扫描参数: TR 3.0 ms, TE 1.4 ms, 矩阵 224×224 , 视野 $36 \text{ cm} \times 36 \text{ cm} \sim 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$, 激励次数 0.5, 带宽 62.5 kHz, 翻转角 55° 。3D-MRI 扫描均使用阵列空间敏感性编码技术 (array spatial sensitivity encoding technique, ASSET) 技术, 即并行采集技术 (加速因子为 2) 和零填充内插处理技术 (zerofill interpolation processing, ZIP)。

4. 三维 MR 图像后处理

将原始数据传输到工作站使用 SUN ADW4.4 版本进行三维图像后处理。使用多平面重组 (multi-planar reconstruction, MPR)、容积重组 (volume rendering, VR) 和 MR 仿真内窥镜 (magnetic resonance virtual endoscopy, MRVE) 等技术对胎儿头颅、四肢、脐带和胸腹部等结构进行三维后处理, 胎儿正常结构和畸形的诊断由两位副主任医师以上儿科放射诊断医师独立观察 3D-MRI 的原始图像, 结合 MPR、VR 重组图像和 MRVE 图像独立作出诊断, 诊断不一致时经协商得出一致结论。

5. 统计学处理

采用 SPSS 13.0 软件对数据进行统计分析, 行 $\times$ 列表的卡方检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

3D-MRI 检查成功率达 94.4% (34/36), 2 例扫描失败, 其中 1 例马蹄内翻足胎动频繁, 图像运动伪影明显, 1 例十二指肠闭锁因羊水过多孕妇无法屏气。三维采集时间 10~15 s, 三维图像后处理时间 5~22 min。

3D-MRI 可直观反映胎儿正常体表结构的表面特征、立体形态及相互间的位置关系。VR、MRVE 对胎儿正常面部 (图 1)、肢体 (图 2)、脐带等的评价有较高价值, 较二维磁共振成像更清晰直观。MPR 则可对兴趣区进行多角度观察 (图 3)。尸检和随访证实胎儿 46 处畸形 (2 例检查失败者未纳入统计), 包括无脑畸形 6 例, 脑膜脑膨出 7 例, 小头畸形 2 例, 小颌小耳畸形 1 例, 唇裂 5 例, 颈部囊性淋巴管瘤 3 例, 骶尾部畸胎瘤 3 例, 脐膨出 5 例, 腹裂畸形 2 例, 体蒂异常 1 例, 肢体畸形 7 例 (其中马蹄内翻足 1 例, 肢体多发屈曲畸形 1 例, 短肢畸形 3 例, 并指畸形 2 例), 联体双胎 4 例, 2D-MRI 正确诊断 37 处, 诊断符合率 80.4% (37/46); 误诊 1 处, 假阳性率为 2.1% (1/46); 漏诊 8 处, 漏诊率为 17.4% (8/46)。3D-MRI 正确诊断 43 处, 诊断符合率 93.5% (43/46); 误诊 1 处, 假阳性率 2.1% (1/46); 漏诊 2 处, 漏诊率为 4.3% (2/46)。两种方法诊断胎儿体表先天畸形差异无统计学意义 ($\chi^2 = 2.40$, $P > 0.05$)。1 例小头畸形, 2D-MRI 和 3D-MRI 均诊断为无脑畸形; VR 显示小颌小耳畸形 1 例 (图 4), 2D-MRI 漏诊小耳畸形; 2D-MRI 漏诊 1 例右侧唇裂, VR 显示胎儿上唇右侧缺损 (图 5); 1 例肢体多发屈曲畸形, 2D-MRI 未明确显示腕部畸形 (图 6); 3D-MRI 明确显示双胎联体畸形且双胎之一为无脑畸形, 2D-MRI 不能明确显示骶尾部联体, MPR 和 VR 可清楚显示 (图 7); 1 例体蒂异常, 3D-MRI 清楚显示脊柱弯曲和短脐带, 2D-MRI 未能明确显示; 2 例并指畸形 2D-



图 1 胎儿面部三维 MRI。a) VR 示胎儿正常上下唇和鼻部; b) MRVE 示胎儿正常上下唇和鼻部。

图 2 胎儿肢体三维 MRI VR 示胎儿手指。图 3 骶尾部畸胎瘤三维 MRI。a) VR 示胎儿骶尾部囊实性肿块(箭); b) MPR 清楚显示肿块与盆腔内关系(箭)。

MRI 和 3D-MRI 均未明确显示。

讨 论

早期由于磁共振硬件和软件的限制,三维磁共振成像技术在临床上应用较少,多用于血管、内耳和尿路成像,在胎儿方面的应用国内外报道均较少^[2-6]。国外学者进行胎儿三维磁共振成像研究主要是测量宫内发育迟缓和巨大胎儿的体积和体重来评估胎儿的预后和生产方式的选择,因为超声对于宫内发育迟缓和巨大胎儿体重的预测存在较大偏差。由于二维无间隔扫描是将二维无间隔采集的图像进行三维重组,受胎动的影响存在明显的“阶梯”状伪影,因此可能导致胎儿体积等测量值的不准确。同时手动后处理时间长(长达 6 h 之久),显然不能满足临床需要。笔者采用目前最快速的 3D-FIESTA 技术及并行采集技术(ASSET)行胎儿三维图像采集,采集时间和后处理时间均较短,一次屏气采集时间 10~15 s,基本上克服了胎动的影响,图像后处理时间 5~22 min,可满足临床需要。良好的组织对比是胎儿三维磁共振成像的基础,FIESTA 序列是一种带有均衡梯度结构的快速梯度回波序列,多用于腹部器官扫描的快速定位和心脏扫描^[10],其信号强度取决于组织的 T_2 值和 T_1 值之比,而不是由 TR 值的改变来决定。羊水的 T_2 值和 T_1 值之比较大,故呈明显高信号,而胎儿皮肤软组织的 T_2 值和 T_1 值之比较小,故呈中等偏低信号,因此两者的信号存在较大

的差异,经过图像后处理可以清楚勾画出胎儿的体表结构。

MRI 虽然具有大视野、多平面成像、软组织分辨力高等优势,在胎儿中枢神经系统、胸部和腹部正常解剖和疾病诊断方面得到广泛应用^[7-9],但是多平面二维图像对于胎儿的面部、肢体畸形的显示以及复杂畸形的诊断仍然存在一定的不足,由于胎儿体表结构复杂的曲率变化和胎动的影响,常规的磁共振多平面连续断层图像并不能获得兴趣区的完整图像。同时由于平面图像形成三维图像这一过程受观察者的诊断水平及熟练程度等诸因素的影响,对一些复杂的胎儿畸形,即使是经验丰富的观察者也难以准确判断其解剖关系,而三维 MRVR 和 MRVE 可直观显示兴趣区结构的表面特征、立体形态及体表结构间的位置关系;MPR 能获取二维磁共振成像不易得到的标准解剖位信息,并能通过多平面旋转对兴趣区结构进行多角度观察。

本研究显示 3D-MRI 在胎儿面部的观察方面具有重要的价值。胎儿面部是高危妊娠产前检查的重要内容,某些先天性面部异常如唇裂通常是染色体异常或胎儿其他异常的一个指征,早期发现、早期诊断对于产前诊断有重要意义。常规 MRI 很容易漏诊唇裂畸形和小颌小耳畸形,三维 MRI 较直观,对于评价唇裂畸形、小颌小耳畸形有重要的诊断价值。应用 MRI 三维重组模式可以直接观察胎儿的肢体和脐带等,但是由于阈值的选择不当和胎动的影响,3D-MRI 有时也容

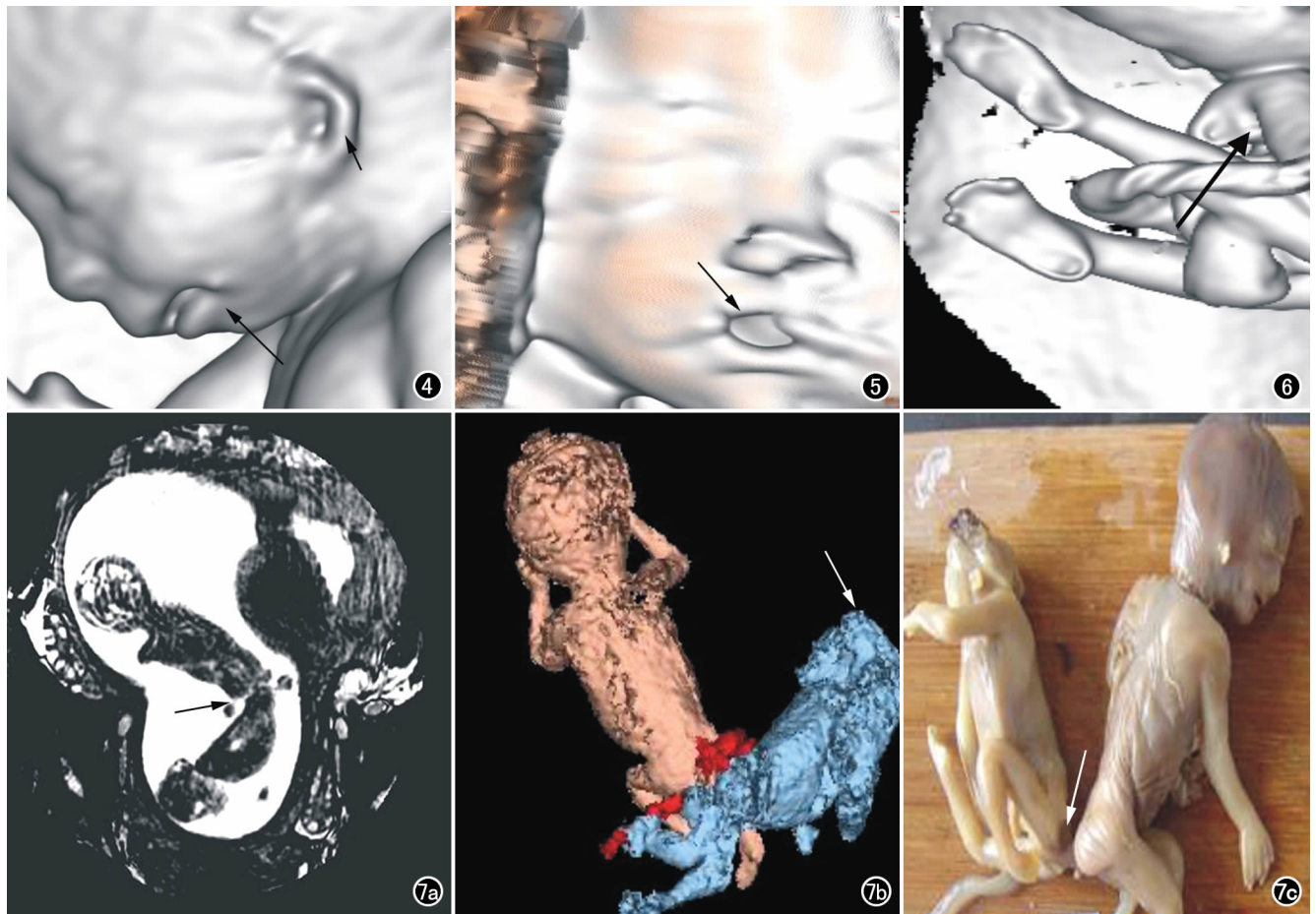


图 4 小颌小耳畸形三维 MRI VR 示胎儿小颌(长箭)和小耳畸形(短箭)。图 5 胎儿三维 MRI VR 示胎儿右侧上唇裂隙缺损(箭)。图 6 胎儿肢体多发屈曲畸形。VR 示胎儿手腕屈曲(箭)。图 7 骶尾部联体双胎三维 MRI。a) MPR 示双胎骶尾部联体(箭); b) VR 示双胎之一为无脑儿(箭); c) 引产后标本证实骶尾部联体(箭)及双胎之一为无脑儿。

易漏诊胎儿肢体畸形。对于胎儿体蒂异常和联体双胎等复杂畸形,MPR 可提供比常规二维 MRI 更详实的信息^[5]。Luks 等^[5]建议使用 VR 技术显示双胎之间羊膜囊的位置以便计算胎儿镜和激光纤维进入的位置和曲度,达到激光消融双胎之间交通血管的目的。

和三维超声采集一样,3D-FIESTA 所采集的兴趣区周围要有羊水的存在,羊水少时,胎儿与子宫壁相贴近,而子宫壁和胎儿皮肤软组织的信号差别小,因此三维重组时无法显示胎儿的体表结构。同时胎动的影响可能使得胎儿三维磁共振采集失败,本组 1 例孕妇由于羊水过多不能坚持屏气,1 例由于胎动过于频繁而导致图像伪影较多,重组图像差,但是小幅度的胎动对于采集影响不大,因此羊水量正常的病例成像质量好。胎盘、肢体对兴趣区的遮挡可以造成假阳性和假阴性,因此结合二维图像观察很有必要。

参考文献:

- [1] 徐辉雄,吕明德,张青萍,等. 二维及三维超声评价胎儿畸形的对比研究[J]. 中华超声影像学杂志,2002,11(7):330-332.
- [2] Kubik-Huch RA, Wildermuth S, Cettuzzi L, et al. Fetus and uteroplacental unit: fast MR imaging with three-dimensional recon-

struction and volumetry feasibility study[J]. Radiology,2001,219(2):567-573.

- [3] Prayer D, Brugger PC, Prayer LF, et al. MRI: techniques and protocols[J]. Pediatr Radiol,2004,34(9):685-693.
- [4] Schierlitz L, Dumanli H, Robinson JN, et al. Three-dimensional magnetic resonance imaging of fetal brains[J]. Lancet,2001,357(9263):1177-1178.
- [5] Hata N, Wada T, Chiba T, et al. Three-dimensional volume rendering of fetal MR images for the diagnosis of congenital cystic adenomatoid malformation[J]. Acad Radiol,2003,10(3):309-312.
- [6] Levine D. Three-dimensional fetal MR imaging: will it fulfill its promise? [J]. Radiology,2001,219(2):313-315.
- [7] 夏黎明,杨文忠,邹明丽,等. 胎儿主要器官的正常解剖和 MR 表现[J]. 中华放射学杂志,2005,39(10):1064-1067.
- [8] 杨文忠,夏黎明,陈欣林,等. 快速 MRI 对胎儿中枢神经系统先天畸形的诊断价值与超声对照研究[J]. 中华放射学杂志,2005,40(11):1139-1140.
- [9] 孙子燕,夏黎明,陈欣林,等. 胎儿先天性肺囊腺瘤样畸形的 MRI 表现及其诊断价值[J]. 中华放射学杂志,2007,41(5):490-492.
- [10] 孙子燕,夏黎明,王承缘,等. 心肌致密化不全的影像学诊断与超声对比研究[J]. 中华放射学杂志,2007,41(8):805-808.

(收稿日期:2010-02-04 修回日期:2011-04-18)