文章编号:1000-5404(2008)20-1933-04

论著

应用单层厚块单次激发快速自旋回波序列产前显示胎儿畸形

蔡 萍,黎 川,王 健,黄学全,谢 兵,王 新,周代全,何 强,巫北海 (第三军医大学西南医院放射科,重庆 400038)

摘 要:目的 利用磁共振水成像的原理,采用单次激发厚层快速自旋回波(single-shot turbo spin echo, SSTSE)重T_2加权序列行磁共振胎儿成像(magnetic resonance fetography, MRF),分析其成像质量及影响因素。评价其作为胎儿三维重建的一种替代方法的可行性。**方法** 2006年4月至2008年2月间,因产前超声筛查诊断或怀疑胎儿存在先天性缺陷以及染色体检查异常的孕妇164例,169个胎儿,羊水正常137例,其中中孕38例,晚孕99例,羊水过多18例,羊水过少9例,羊水正常者头位胎104例,臀位胎29例,横位胎4例,在常规胎儿MRI检查基础上行MRF。对MRF图像进行质量评价,分析图像质量与孕周、胎位和羊水的关系及图像质量降低的原因。**结果** 所有胎儿常规扫描和MRF成像均一次成功。51例胎儿体内的含液器官病理性扩张或萎陷,28例胎儿病理性积液,10例胎儿囊性病变,15例胎儿体表畸形和17例肢体畸形,以及16例母体肾盂积水和13例囊性病变在穿透胎儿表面后,也同时显示。MRF成像质量与胎儿孕龄、胎位、羊水量无统计学差异($P>0.05$)。运动伪影、卷积伪影、母亲膀胱过度充盈可使图像质量降低。**结论** MRF提供了一种具有三维立体感的胎儿整体图像,能在1幅图像上同时捕捉胎儿的解剖和病理,具有快速、多方位、多视角、多次重复优质成像的特点,可以作为胎儿三维成像的一种替代方法。

关键词: 诊断成像;胎儿;磁共振成像;成像技术
中图法分类号: R445.2;R714.53;R816.91 **文献标识码:** A

Prenatal visualization of fetal anomaly with a single-shot thick-slab turbo spin-echo sequence

CAI Ping, LI Chuan, WANG Jian, HUANG Xue-quan, XIE Bing, WANG Xin, ZHOU Dai-quan, HE Qiang, WU Bei-hai (Department of Radiology, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To analyze the image quality of magnetic resonance fetography with a single-shot thick-slab turbo spin-echo sequence, and to evaluate the potential of MRF in fetal magnetic resonance (MR) as an alternative to three-dimensional reconstructions. **Methods** From April 2006 to February 2008, 164 pregnant women with 169 fetuses underwent MR examinations for various indications (18th to 40^{+3}th gestational weeks) on a 1.5 T unit using a phased-array body surface coil after informed consent. Using our conventional protocol, this included thin multislice T_2-weighted HASTE, true-FIST sequence and T_1-weighted 2D FLASH sequence. A single-shot thick-slab (20 – 100 mm) turbo spin-echo was added to our conventional protocol. **Results** All our conventional protocol and single-shot thick-slab turbo spin-echo were performed successfully. It displayed that 51 fetuses were with pathological changes of fluid-filled cavities, 28 with pathological fluid accumulations, 10 with cystic mass, 15 with abnormal body surface, 17 with cacomelia 16 with maternal nephrydrosis and 13 with cystic disease, and "shining" through the fetal surface could be depicted. Pathological fluid accumulations could be delineated. There was no statistical difference of the quality of MRF among the groups of different gestational ages, fetal positions and amount of amniotic fluid ($P>0.05$). Constructed defect due to motion and convolution, mothers' overfilling bladder could degrade the image quality. **Conclusion** MRF with thick-slab method offers a general overview of fetal pathologic or anatomic structure that may be captured in one image. The combination of overall appearance and translucency provides a new look of the fetus. MRF can quickly be repeated to get images at different orientations and different view angles. It can be used as an alternative to 3D reconstructions.

Key words: diagnostic imaging; fetus; imaging techniques; magnetic resonance imaging

作者简介: 蔡 萍,女,四川省阆中市人,博士研究生,主治医师,讲师,主要从事乳腺与女性生殖系统方面的研究,发表论文10篇。电话:(023)68765930,E-mail:pingc_ddd@sina.com
通信作者: 王 健,E-mail:wangjian@mail.tmmu.com.cn
收稿日期: 2008-07-15;**修回日期:** 2008-09-03

作为产前超声重要辅助手段的胎儿 MRI,常规扫描序列所采集的一系列二维图像,需要阅片者一层一层地进行分析和跟踪[1,2]。采用容积重建技术所得胎儿三维重建图像伪影大,后处理耗时较长,仅在特殊情况下应用,难以推广[3]。本研究采用单层厚块单次激发快速自旋回波重 T_2 加权序列行磁共振胎儿成像(magnetic resonance fetography, MRF),分析其成像质量及影响因素,评估其作为胎儿三维重建的一种替代方法的可行性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

2006 年 4 月至 2008 年 2 月期间,因产前超声筛查诊断或怀疑胎儿存在先天性缺陷以及染色体检查异常的孕妇 164 例(5 个双胎),共 169 个胎儿由产科提出申请行 MRI 检查,孕妇年龄 20 ~ 39(27.7 ± 4.5)岁,孕龄 18 ~ 40^{+3} 周孕,平均 $30^{\pm5}$ 周孕。

1.2 分组

根据孕龄将本研究分为中孕组和晚孕组。根据超声羊水指数(amniotic fluid index, AFI)法评估胎儿的羊水量,将本组研究分为羊水正常组(10 ≤ AFI ≤ 20 cm),羊水过多组(AFI > 20 cm)和羊水过少组(AFI < 5 cm)。按照胎先露的部位分为头位组、臀位组和横位组。

1.3 MRF 的检查方法

1.3.1 检查前准备 检查前告知孕妇 MRI 的安全性,并与孕妇签署知情同意书。受检前嘱孕妇排空膀胱,对孕妇进行屏气训练后,采用仰卧位,足先进,鼓励晚孕者左侧卧位,不使用镇静剂和造影剂。

1.3.2 MRF 扫描 采用 Siemens Avanto 1.5T 超导型全身磁共振扫描仪,相控阵列体部表面线圈。在所获得的常规 T_2WI 上大致了解胎儿的大小、位置及病变,使用 SSTSE 序列行胎儿矢状和冠状位扫描,TR/TE = 4 550/(750 ~ 985) ms,矩阵:384 × 308,FOV:170 ~ 350 mm,回波链长度(echo train length, ETL):256,翻转角(flip angle,FA):180°,层厚随胎儿大小或身体部分或病变部位而不同,范围 20 ~ 100 mm。尽量避开胎盘和子宫壁,扫描时屏气,一次扫描获得一幅厚层投射图像,单层采集时间为 5 s,根据病情调整层块角度作不同方位重复 3 ~ 7 次扫描。

1.4 图像分析

分析正常和畸形胎儿的 MRF 表现。分别对每个病例所得的一组 MRF 图像,进行图像质量评价,分级评价采用 Chaumoitre 等[4]的方法将图像质量描述如下:①图像清晰不模糊,记 3 分;②图像有些模糊,但足以诊断,记 2 分;③由于胎儿和/或母亲运动而出现伪影,图像模糊不能达到诊断目的,记 1 分。1 组图像的最终得分取均值,保留小数点后 2 位。总体质量评价:优,2.5 ~ 3 分;良,2 ~ 2.4 分;差,1 ~ 1.9 分,并分析图像质量降低的原因。

1.5 统计学分析

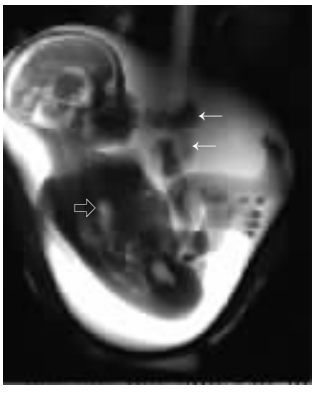
采用 SPSS 12.0 统计软件进行 χ^2 检验,分析 MRF 图像质量与孕龄、羊水量和胎位的关系。

2 结果

所有胎儿常规扫描和 MRF 成像均一次成功。所有孕妇均能配合,无 1 例因中途不适而退出。

2.1 MRF 表现

2.1.1 正常胎儿 MRF 表现 羊水量正常时 MRF 表现为:在黑色背景中,子宫内高信号羊水衬托下,整个胎儿显示为多种层次、不同灰度的结构。胎儿表面光滑连续,突出于胎儿表面的正常结构如额、鼻、上下唇、下颌、耳廓、外生殖器等在高信号羊水的衬托下表现为不同灰度的低信号;胎儿四肢在高信号羊水衬托下也显示为不同灰度的低信号,指、趾的细微结构清晰可辨;同时胎儿体内正常充满液体的器官如眼球、脑室、脑池、蛛网膜下腔、口腔、口咽、气管及左右主支气管(甚至段支气管)、双肺、胃泡、胆囊、肾盂、输尿管、膀胱表现为不同程度的高信号,在低信号对比下清晰可见;胎儿脑、脊髓、椎管、心影在高信号脑脊液和肺组织的衬托下也清晰显示;而胎儿脑实质、甲状腺、心脏、肝脏、脾脏、肾上腺、肾实质、结肠、骨等实质器官和大血管显示不清;小肠呈斑点状稍高信号或者低信号(图 1)。



60 mm 层厚 MRF,胎儿轮廓,上下肢及部分指(趾)端可见,胎儿体内正常充满液体的器官表现为不同程度的高信号,脐带为羊水所环绕(↑)。胃和小肠位于膈上(⇧)

图 1 胎儿 29 周孕左侧型先天性膈疝的 MRF 表现

2.1.2 胎儿畸形 MRF 表现 胎儿体内含液体器官的病理性扩张或萎陷表现为高信号结构增宽或消失,本组病例中脑积水 24 例、尿路扩张 21 例、食管、胃十二指肠闭锁共 4 例,先天性胆总管囊肿、小眼畸形各 1 例,采用不同角度旋转扫描,可准确显示狭窄或梗阻的部位(图 2)。



80 mm 层厚 MRF,胎儿胃和十二指肠扩张,呈典型的"双泡征"改变(↑)

图 2 胎儿 31 周孕十二指肠闭锁 MRF 表现

本组 28 例胎儿体内的病理性积液也表现为高信号,如胸腔积液、腹水、胎儿皮肤水肿等。胎儿体内的囊性病变包括水囊状淋巴管瘤 3 例,畸胎瘤 3 例,卵巢囊肿、肺腺瘤样畸形、支气管囊肿、膈下肺隔离症各 1 例表现为高信号,其内分隔表现为低信号;在高信号羊水衬托下,突出于胎儿表面的一些病理结构如寄生胎 1 例,颅缝早闭、小头畸形、露脑畸形各 1 例,脐膨出 4 例,腹裂畸形 2 例,肢体畸形 17 例,以及胎儿表面的缺损如 5 例唇腭裂在羊水衬托下整体显示,脐带表现为连接胎儿和胎盘的低信号螺旋状结构,另外 16 例母体肾盂积水和 9 例骶管囊肿,4 例卵巢囊肿也同时呈高信号显示。

2.2　MRF 图像质量影响因素及原因

2.2.1　MRF 图像质量与孕龄的关系　　研究结果显示,无论中孕还是晚孕胎儿,MRF 均能优质成像,成像质量在统计学上无显著性差异($P>0.05$,表 1)。中孕组成像质量良者 8 例,占 21%,晚孕组成像质量良者 15 例,占 15%,表现为胎儿身体或四肢边缘或胎儿体内高信号结构边缘模糊,根据母体羊膜腔的边缘是否清晰锐利,判断出非母亲屏气不良,而考虑为胎儿宫内轻微移动或者胎儿呼吸、吞咽、胃肠蠕动所致;两组均各有 3 例成像质量较差,4 例表现为胎儿结构模糊,并见大片不均匀低信号,不具诊断价值,是由于胎儿宫内较大的动作所致。1 例出现卷积伪影,1 例头位胎儿由于母亲膀胱过度充盈,膀胱内出现波动伪影,胎儿面出现高信号伪影。

表 1　羊水正常中孕和晚孕胎儿 MRF 图像质量评估

孕龄	优	良	差	总计
中孕胎	27	8	3	38
晚孕胎	81	15	3	99
总计	108	23	6	137

2.2.2　MRF 图像质量与羊水量的关系　　羊水正常不同胎位 MRF 图像质量评估结果表明,羊水量正常时,胎儿宫内方位不同,成像质量无显著统计学差异($P>0.05$,表 2)。

表 2　羊水正常不同胎位 MPF 图像质量评估结果

胎位	优	良	差	总计
头位胎	82	16	6	104
臀位胎	23	6	0	29
横位胎	3	1	0	4
总计	108	23	6	137

2.2.3　MRF 图像质量与胎位的关系　　不同羊水量 MRF 图像质量评估结果见表 3。结果表明,羊水正常组与羊水过多组、羊水过少组间无显著统计学差异($P>0.05$)。羊水过多组成像质量差者是由于胎儿宫内较大的动作所致运动伪影导致胎儿结构模糊,不具有诊断价值。

表 3　不同羊水量 MPF 图像质量评估结果

组别	优	良	差	总计
羊水正常组	108	23	6	137
羊水过多组	15	2	1	18
羊水过少组	4	5	0	9
总计	127	30	7	164

3　讨论

3.1　MRF 成像原理和优势

人类胎儿生活在充满羊水的母体子宫内,胎儿的诸多解剖结构和病理如常见的淋巴管瘤含水量也非常丰富。如何克服传统三维重建对胎儿扫描层厚、扫描时绝对静止的严格要求,在一幅图像上同时捕捉胎儿的解剖和病理呢? 我们尝试利用胎儿的高含水量和羊水环境,运用磁共振水成像原理,在胎儿常规扫描基础上,采用单层厚块单次激发 TSE 序列行 MRF。国内尚少见报道将这种成像序列应用于胎儿,国外也少见报道[4-6]。

磁共振水成像(MR hydrography, MRH)是利用相对静止的液体具有很长 T_2 弛豫值呈高信号,周围组织短 T_2 弛豫值呈低信号的特点,应用较长的重复时间(TR >3 000 ms)及特长的回波时间(TE >150 ms),产生重 T_2 效果,把周围的实质器官和快速流动的血液信号压低(变黑),从而使含液体器官显影且信号更加突出。目前,临床上常用的 MRH 主要包括磁共振胰胆管成像(MR cholangiopancreatiography, MRCP)和磁共振泌尿系成像(MR urography, MRU)。

MRF 显示了 US 以外的另一种宫内胎儿全新面貌:在子宫内高信号的羊水衬托下,胎儿表面稍高信号的软组织和羊水形成一种理想的自然对比。由于所选层厚范围内羊水与胎儿的结构在各个区域所占的比例不同,形成了具有多种层次、不同灰度的信号变化,产生了一种立体感,这种三维立体感可以通过调整厚层扫描的角度多次成像的方法进一步加强,所得图像还可以在计算机工作站上旋转观察。

三维 US 仅仅显示胎儿的表面解剖或骨骼,而 MR 胎儿成像由于胎儿各部位的厚度和组织成分不同,其成像灰度也不同,对胎儿的内部器官形成了一种穿透效应,具有“透视”的功能,利用这种穿透力能显示胎儿体内正常充满液体的器官,同时还能显示胎儿体内异常的病理性液体潴积,这种 2D 的方法能够大视野观察胎儿的解剖和病理之间的整体关系,所得图像和出生后的影像如上胃肠道造影、胸腹平片、膀胱尿路造影具有很高的相关性[4]。

3.2　影响 MRF 图像质量的原因分析

研究结果表明 MRF 图像优良,其成像质量与胎儿孕龄、胎位、羊水量无统计学差异。图像质量下降的主要原因是出现运动伪影,包括母体运动和胎儿运动。母亲体位舒适后,一般不会在扫描床上的左右移动,但

母亲呼吸时膈肌的上下移动及其程度,会影响臀位胎儿的位置以及颅脑的显像。而我们采用的单层厚块单次激发 TSE 序列,允许一次采集单层,单次采集时间仅 5 s,孕妇很容易接受,采集同时屏气,显著减小了运动伪影,所以本研究无 1 例由于母体呼吸伪影而导致的图像质量减低,臀位胎儿的 MRF 图像质量也未受影响。

胎动是 MRF 出现伪影的主要原因。如果在图像采集的瞬间胎儿出现较大的动作,常常会出现明显的运动伪影,图像质量不具诊断价值。而简单运动和胎儿体内运动如心率、呼吸、胃肠蠕动等对图像质量影响较小。胎动增加出现图像质量降低的几率更大一些。早孕期胎动多为偶然突发的,晚孕期胎动变得复杂、协调、连续、完整。外界刺激会促使晚孕胎儿的胎动增多、胎心率增快、呼吸运动减慢、眨眼、惊跳等反射。

胎动的另一个重要决定因素是羊水量,研究者用超声观察发现,羊水量减少时,胎儿宫内活动空间减少,运动受限,胎动次数减少,这可以解释为什么本研究羊水过少组无 1 例图像质量差者。羊水过少时,胎儿体内的高含水量结构仍然可以清晰成像,即使扫描瞬间捕捉到胎儿的体内运动,图像仍然可以达到诊断目的。但由于缺乏高信号羊水的对比,胎儿内部含水量又较正常少,尤其是胎儿的表面结构和脐带显示不清,图像较黑,对比度较差,这也是图像质量优者仅占 4 例(44%)的原因,因此足够的羊水量对于 MRF 优质成像是必要的[6]。相反羊水过多和羊水正常胎儿活动空间较大,出现较大运动的几率也增多。中孕胎儿体积小,子宫容积相对较大,羊水量相对充足,胎儿有足够的活动空间,容易出现较大的运动,足月妊娠时胎儿体积较大,子宫容积相对减少,胎动减少。但同时功能成熟的晚孕胎儿对 MR 扫描线圈的声振刺激产生反应,又会使胎动次数增多,这可能是羊水正常时中晚孕胎儿 MRF 成像质量间没有显著差异的原因。

3.3 MRF 图像优化的应对策略

为获取高质量有诊断价值的 MRF 图像,我们的经验是,首先要取得孕妇的配合,检查前需排空膀胱。耐心对孕妇进行屏气训练,尽量减少扫描时源于孕妇呼吸造成的运动伪影。孕妇的体位尽可能舒适以保证整个扫描过程连续顺利地进行。在所获得的常规 T_2WI 上大致了解胎儿的大小和位置及病变,在横断或者矢状位 T_2WI 成像基础上行 MRF 成像,一般选取矢状位和冠状位成像,在不造成折叠和卷积伪影的前提下,将胎儿的结构尽可能涵盖在内,对于较小的胎儿,尽量减小 FOV 的大小,增加图像的信噪比。对于感兴趣的病变区,可以针对性地减少层厚,提高局部图像的分辨能力,降低背景噪声,有利于病变检出。同时还可选取多轴位、多视角重复扫描,对病变进行详细的三维观察。

图像采集时胎动产生运动伪影导致图像质量下降,常常无法避免,解决的方式仅有重新定位扫描。多次重复扫描胎动仍频繁,而羊水量正常,图像质量下降,间接提示宫内胎儿行为异常,可能存在胎儿结构畸形或其他原因。

MRF 成像时间短,可重复多次成像,将胎儿的半透明状态并与整体显示相结合,能够提供三维重建不能获得的信息,甚至在孕晚期和羊水过少的时候均可以在 1 幅图像上显示胎儿的解剖,同时捕获胎儿的病理,是对宫内胎儿的一种全新显示,有助于小儿外科医师对宫内胎儿病理解剖的整体理解,有利于胎儿父母及亲属的产前咨询。可作为放射科、产科的年轻医师以及医学生的辅助教学资料,加深其对子宫内胎儿的形态学理解。理论上在 MRF 上还可对胎儿进行一些生物学测量,如计算胎儿头颅、躯干、四肢的比率,胎儿的心胸比率,测量胎儿的肺容积,评估羊水量,评估脑回的结构以及后颅窝的大小和容量,评价胎儿颅脑的发育。对胎儿 MRI 有潜在的临床应用和研究价值,可以作为胎儿三维成像的一种替代方法。

参考文献:

[1] Cassart M, Massez A, Metens T, *et al*. Complementary role of MRI after sonography in assessing bilateral urinary tract anomalies in the fetus [J]. AJR Am J Roentgenol, 2004, 182(3): 689 - 695.

[2] Breysem L, Bosmans H, Dymarkowski S, *et al*. The value of fast MR imaging as an adjunct to ultrasound in prenatal diagnosis[J]. Eur Radiol, 2003, 13(7): 1538 - 1548.

[3] Norwitz E R, Hoyte L P, Jenkins K J, *et al*. Separation of conjoined twins with the twin reversed-arterial-perfusion sequence after prenatal planning with three-dimensional modeling[J]. N Engl J Med, 2000, 343(6): 399 - 402.

[4] Chaumoitre K, Wikberg E, Shojai R, *et al*. Fetal magnetic resonance hydrography: evaluation of a single-shot thick-slab RARE (rapid acquisition with relaxation enhancement) sequence in fetal thoracoabdominal pathology[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2006, 27(5): 537 - 544.

[5] Chaumoitre K, Amous Z, Bretelle F, *et al*. Prenatal MRI diagnosis of esophageal atresia[J]. J Radiol, 2004, 85(12 Pt 1): 2029 - 2031.

[6] Brugger P C, Mittermayer C, Prayer D. A new look at the fetus: Thick-slab T2-weighted sequences in fetal MRI[J]. Eur J Radiol, 2006, 57(2): 182 - 186.

(编辑 王 红)