

## 羊水过少致胎儿肺发育不良的 MRI 评价

董素贞, 朱铭, 钟玉敏

**【摘要】 目的:**探讨 MRI 对羊水过少致胎儿肺发育不良的定性和定量诊断价值。**方法:**病例组包括 26 例因羊水过少致胎儿肺发育不良的孕妇, 年龄 21~43 岁, 平均 28 岁; 孕龄 22~36 周, 平均 25 周。另选取 26 例相应孕周胎儿肺发育正常的孕妇作为对照组, 产前常规行超声(US)检查后 24~48 h 内行 MRI 检查, 采用稳态自由进动(SSFP)序列和单次激发快速自旋回波(SSTSE)序列  $T_2$ WI 以及快速  $T_1$ WI 序列, 将产前 MRI、US 表现与胎儿出生后影像学或尸检结果进行对照。**结果:**26 例孕妇均诊断为羊水过少, 其中泌尿系异常所致 22 例、胎膜早破所致 4 例。羊水过少组胎儿肺肝信号强度比(LLSIR)为  $1.34 \pm 0.27$ , 显著低于正常对照组( $2.14 \pm 0.70$ ), 2 组间差异有高度统计学意义( $P < 0.01$ )。26 例胎儿 US 均未提示双肺发育不良; 对于羊水过少的病因诊断, US 漏诊 2 例、诊断不完全正确 3 例, MRI 均诊断正确。**结论:**MRI 可以量化评价羊水过少致胎儿肺发育不良程度, 准确诊断羊水过少病因, 是诊断羊水过少合并胎儿异常的较理想的评价方法。

**【关键词】** 胎儿; 肺发育不良; 羊水过少; 磁共振成像

**【中图分类号】** 445.2; R714.53 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)07-0730-05

**MRI assessment of fetal oligohydramnios-associated pulmonary hypoplasia** DONG Su-zhen, ZHU Ming, ZHONG Yu-min. Department of Radiology, Shanghai Childrens' Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, P. R. China.

**【Abstract】 Objective:** To study the value of MRI in the qualitative and quantitative diagnosis of fetal oligohydramnios-associated pulmonary hypoplasia. **Methods:** Twenty-six pregnant women, aged from 21 to 43y (average 28y) and with the gestation period from 22w to 36w (average 25w) were recruited in this study, and 26 normal pregnant women with the same gestation period were collected as the control group. MR scanning was performed within 24 to 48h after ultrasonography (US) study. The MRI sequences included steady-state free-precession (SSFP) and single-shot turbo spin echo (SSTSE)  $T_2$ WI, and  $T_1$ -weighted fast imaging. Prenatal US and MRI findings were compared with postnatal imaging findings or autopsy. **Results:** Of the 26 cases having oligohydramnios with the cause as urinary tract abnormalities (22 cases) or premature rupture of amnion membrane (4 cases). The mean lung- to-liver signal intensity ratio (LLSIR) of the oligohydramnios ( $1.34 \pm 0.27$ ) on  $T_2$ -weighted MR imaging was significantly lower than that of the control group ( $2.14 \pm 0.70$ ), with significant statistic difference ( $P < 0.01$ ). 26 cases of pulmonary hypoplasia were all missed by US. For the diagnosis of the cause of oligohydramnios, two cases were missed by US. US diagnosis was not entirely correct in 3 cases. MRI diagnosis was correct in all 26 cases. **Conclusion:** The degree of fetal oligohydramnios-associated pulmonary hypoplasia could be quantitatively evaluated and the cause could be accurately diagnosed by MRI, MRI is a promising method for the assessment of fetal oligohydramnios-associated anomalies.

**【Key words】** Fetus; Lung hypoplasia; Oligohydramnios; Magnetic resonance imaging

羊水过少可导致胎儿双肺发育不良, 羊水过少时由于缺乏羊水无回声的衬托, 胎儿和母体软组织之间回声差异小, 超声(ultrasound, US)常不能清晰显示胎儿结构及相关异常。相反, 羊水过少时母体腹围减少、胎儿运动减少均有利于胎儿 MRI 检查。笔者回顾性对照分析 26 例羊水过少致胎儿肺发育不良的产前 MRI、产前 US 及随访结果, 探讨 MRI 对羊水过少致双肺发育不良及相关合并畸形的诊断价值和优势。

## 材料与方法

### 1. 一般资料

搜集 2005 年 7 月—2012 年 12 月行 MRI 检查的 3138 例异常胎儿中 26 例经随访证实为羊水过少致胎儿肺发育不良者的 MRI 资料, 孕妇年龄 21~43 岁, 平均 28 岁; 孕龄 22~36 周, 平均 25 周。产前常规行 US 检查后 24~48 h 内行 MRI 检查。所有胎儿均经出生后影像学(胸片、CT)或尸解证实。另选取 26 例相应孕周肺发育正常的胎儿(系孕妇其它系统异常而行 MRI 检查)作为对照组, 对比分析羊水过少致肺发育不良时胎儿肺肝信号强度比的改变。

作者单位: 200127 上海, 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心放射科

作者简介: 董素贞(1979-), 女, 河南周口人, 博士, 主治医师, 主要从事胎儿 MRI 及儿童影像学诊断工作。

基金项目: 国家自然科学基金(81101032)

## 2. 检查方法

26 例羊水过少以及对照组全部为 US 检查后行 MRI 检查。超声检查采用 Philips iU22 彩色多普勒超声诊断仪,凸阵探头,探头频率 2~5 MHz,选用产科胎儿检查条件进行检查。

MRI 检查:2005 年 7 月—2010 年 12 月使用 GE Echosped 1.5T MR 成像仪,2011 年起使用 Philips Achieva Nova Dual 1.5T MR 成像仪,梯度场强度为 33 或 60 mT/(m·s),采用 8 通道相控阵心脏线圈(GE)或 16 通道 sense-xl-torso 线圈(Philips),常规层厚 4~6 mm,常规层间距 0~0.5 mm(GE)或 -2~-4 mm(Philips),视野 26.0cm×26.0cm~35.5cm×35.5 cm,1~2 次激励。 $T_2$ WI 检查序列主要有两个,即稳态自由进动(steady-state free-precession, SSFP)序列和单次激发快速自旋回波(single-shot turbo spin echo, SSTSE)序列, $T_1$ WI 检查序列为一个。GE 公司采用快速平衡稳态采集(fast-imaging employing steady-state acquisition, FIESTA)序列、单次激发快速自旋回波(single-shot fast spin-echo, SSFSE)序列和快速反转恢复运动抑制(fast inversion recovery motion insensitive, FIRM)序列。FIESTA 序列采用最小 TR 和 TE,TR 3.6~4.2 ms,TE 1.0~1.8 ms,矩阵 224×224,翻转角 55°,扫描时间 10.0~20.0 s;SSFSE 序列:TR 1150~1450 ms,TE 42~145 ms,矩阵 256×192,翻转角 90°;FIRM 序列:TR 6.7~7.7 ms,TE 3.3~4.5 ms,翻转角 55°,矩阵 256×160。Philips MR 机相对序列分别为快速平衡稳态梯度回波(balanced fast field echo, B-FFE)序列、SSTSE 序列和  $T_1$  加权快速梯度回波( $T_1$ -weighted fast field echo,  $T_1$ W-TFE)序列。B-FFE 序列:TR 3.6 ms,TE 1.8 ms,矩阵 216×218,翻转角 80°;SSTSE:采用 TR

12000 ms,TE 80 ms,矩阵 236×220,翻转角 90°; $T_1$ W-TFE:TR 148 ms,TE 4.5 ms,矩阵 208×256。

检查时采用孕妇足先进,取仰卧位或左侧卧位,平静呼吸。先行孕妇中下腹冠状面定位扫描,再常规行胎儿颅脑、胸、腹横断面、矢状面和冠状面扫描,最后着重对泌尿系及肺行重点扫描。将胎儿出生后胸片、CT 或尸解结果与产前 US、MRI 结果进行对照。

## 3. 图像分析和评价

羊水过少诊断标准:US 测量羊水池最大垂直深度 $\leq 2$  cm 或羊水指数 $\leq 5$  cm<sup>[1]</sup>。

通过 MRI 测量胎儿肺肝信号强度比(lung to liver signal intensity ratio, LLSIR)来评价胎儿肺发育不良。在能同时显示肺和肝脏的 SSTSE 冠状面图像上进行测量,测量时兴趣区应选择没有血管且避开边界的信号均匀区,兴趣区面积 0.3~1.3 cm<sup>2</sup>(图 1)。测量每例胎儿时,取不同层面的图像测量 3 次取平均值。

## 4. 统计学分析

采用 SPSS 11.5 软件进行统计学分析,采用两独立样本  $t$  检验分析羊水过少致肺发育不良和对照组胎儿之间 LLSIR 的差异, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

### 1. MRI 表现

26 例中因泌尿系异常导致羊水过少 22 例,胎膜早破所致羊水过少 4 例。22 例泌尿系异常包括右肾不发育、左肾多囊性发育不良 1 例、双侧婴儿型多囊肾 8 例、双侧多囊性肾发育不良 5 例、双侧肾发育不良 5 例、后尿道瓣膜 1 例、人体鱼序列征 2 例。

羊水过少致肺发育不良的主要 MRI 表现为

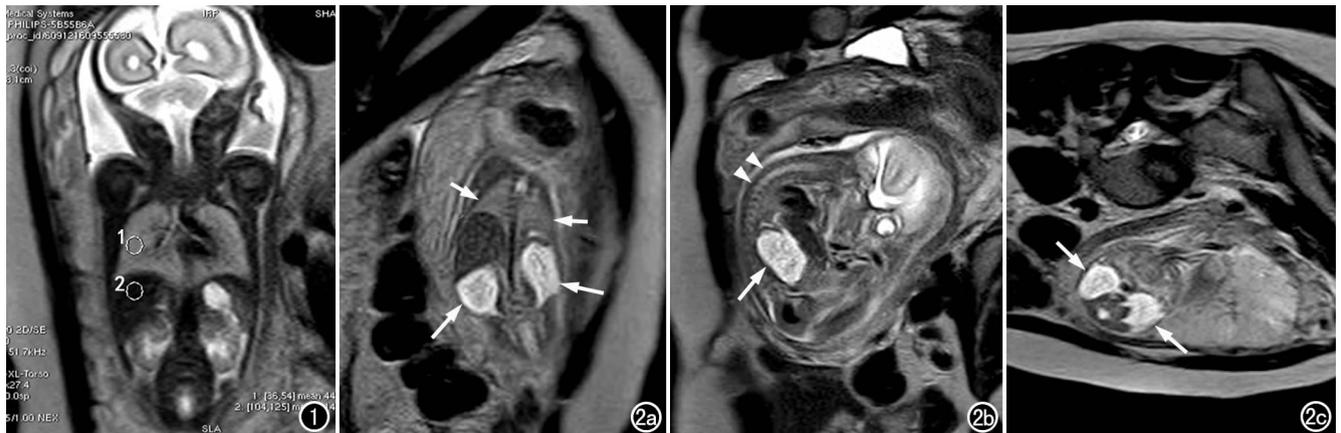


图 1 胎儿 LLSIR 的测量方法,于冠状面 SSTSE 图像上在高信号肺(ROI1)和低信号肝脏(ROI2)内分别选择 ROI 测量其信号强度,两者的比值(肺信号强度/肝信号强度)即为 LLSIR。图 2 孕 22 周,双侧婴儿型多囊肾,SSTSE 图像示双肾体积增大(长箭),实质信号弥漫性增高,皮髓质分界不清,双肺信号减低(短箭),胸椎严重弯曲(箭头),胎儿周围几乎看不到呈高信号的羊水。a) 冠状面; b) 矢状面; c) 横轴面。

T<sub>2</sub>WI 上双肺信号减低(图 2a), 仅 1 例左侧肾发育不良致羊水过少表现为左肺信号减低。羊水过少导致胸腔压力大时可导致胸椎弯曲(图 2b)。肾源性羊水过少 MRI 均能清晰显示泌尿系病变, 即肾不发育, 表现为肾窝及腹腔内均未见肾脏。双侧婴儿型多囊肾表现为肾脏体积增大, T<sub>2</sub>WI 上皮质信号弥漫性增高, 皮髓质分界不清(图 2)。双侧多囊性肾发育不良表现为双肾体积增大, T<sub>2</sub>WI 上可见多个大小不一、分界清且互不相通的高信号囊性结构, 并可见较囊肿信号略低的囊壁(图 3、4)。双侧肾发育不良表现为双侧肾脏体积减小, 皮髓质分界不清。后尿道瓣膜, 于 SSFP 及 SSTSE 序列上显示双侧呈高信号的肾盂、肾盏扩张, 双输尿管囊状扩张。人体鱼序列征表现为双肾不发育或多发性囊性发育不良, 双下肢融合, 双足融合呈鱼尾状(图 5)。

## 2. MRI 量化评价

羊水过少组胎儿 LLSIR 为  $1.34 \pm 0.27$ , 正常对照组胎儿 LLSIR 为  $2.14 \pm 0.70$ , 两组间差异有高度统计学意义( $P < 0.01$ ), 羊水过少胎儿 LLSIR 明显低于正常胎儿(图 6)。

## 3. 产前 MRI、US 与随访结果对照

26 例 US 均未提示双肺发育不良。对于羊水过少的病因诊断, US 漏诊 2 例、诊断不完全正确 3 例, MRI 诊断均正确。US 漏诊病例为 1 例孕 32 周双侧多囊性发育不良肾和 1 例孕 30 周双肾发育不良胎儿, US 仅提示胎儿结构不清。诊断不完全正确病例中 1 例孕 22 周双侧多囊性肾发育不良合并马蹄肾, US 未提示马蹄肾(马蹄肾表现为双肾尾端于中线处融合, 图 4); 2 例人体鱼序列征 US 均诊断不完全正确, 1 例孕 29 周诊断为双肾不发育, 未提示双下肢及双足畸形, 1 例孕 28 周, US 提示双肾显示不清。

合并畸形中 1 例双侧婴儿型多囊肾合并 Dandy-

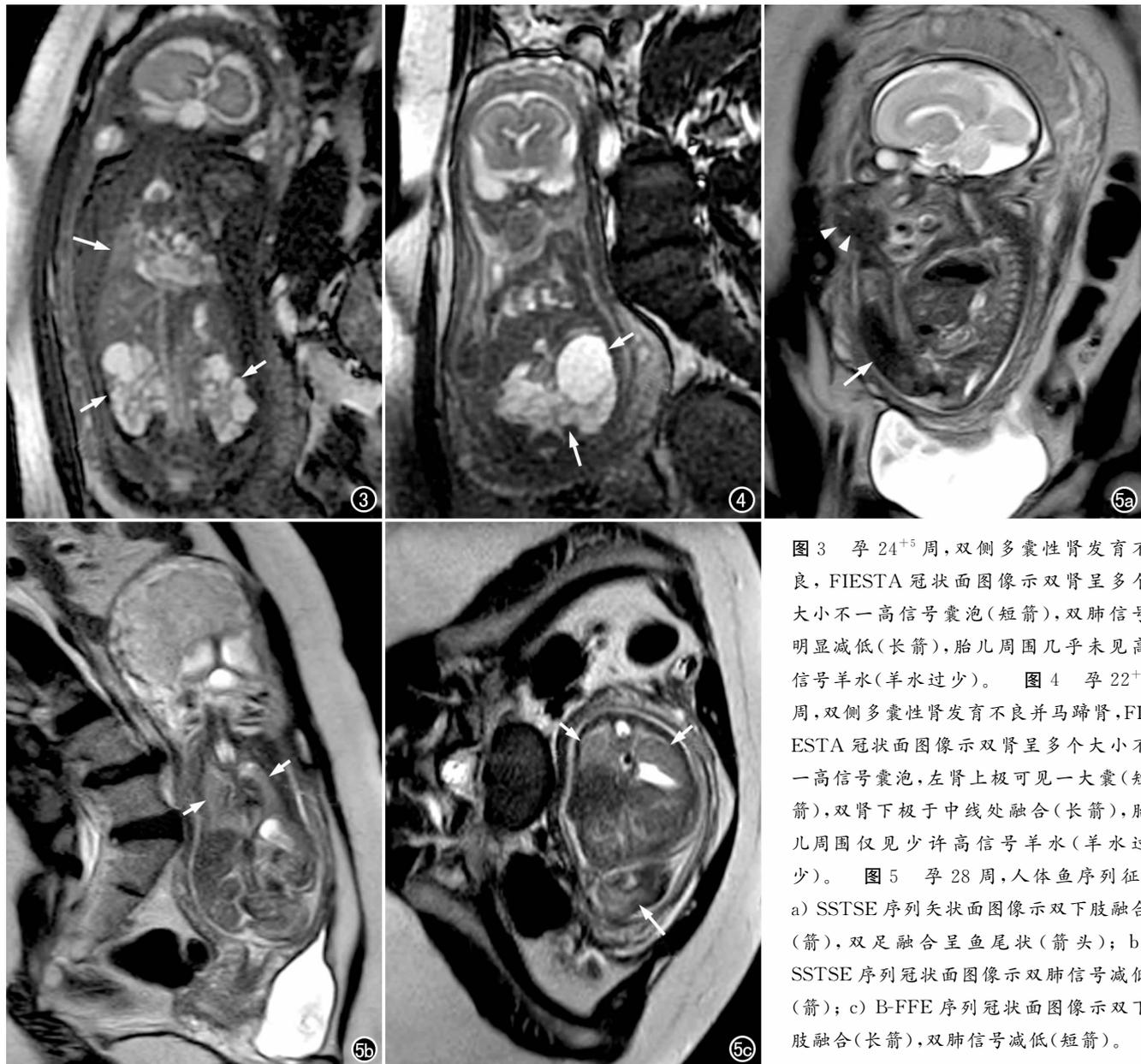


图 3 孕 24<sup>+5</sup> 周, 双侧多囊性肾发育不良, FIESTA 冠状面图像示双肾呈多个大小不一高信号囊泡(短箭), 双肺信号明显减低(长箭), 胎儿周围几乎未见高信号羊水(羊水过少)。图 4 孕 22<sup>+3</sup> 周, 双侧多囊性肾发育不良并马蹄肾, FIESTA 冠状面图像示双肾呈多个大小不一高信号囊泡, 左肾上极可见一大囊(短箭), 双肾下极于中线处融合(长箭), 胎儿周围仅见少许高信号羊水(羊水过少)。图 5 孕 28 周, 人体鱼序列征。a) SSTSE 序列矢状面图像示双下肢融合(箭), 双足融合呈鱼尾状(箭头); b) SSTSE 序列冠状面图像示双肺信号减低(箭); c) B-FFE 序列冠状面图像示双下肢融合(长箭), 双肺信号减低(短箭)。

Walker 畸形变异型, 1 例双侧多囊性肾发育不良存在右室双出口、室间隔缺损及马蹄肾, 1 例孕 22 周双侧多囊性发育不良肾伴马蹄肾, 1 例双肾发育不良合并双侧侧脑室后角增宽, 1 例胎膜早破合并枕大池扩大。

## 讨 论

### 1. 羊水过少病因

中期妊娠以后, 羊水主要来源于胎儿尿液(妊娠末期 90% 的羊水来源于胎儿尿液), 少部分来源于胎儿肺脏和羊膜腔内循环。羊水产生受阻或去路加速都是羊水过少的病因。其中以胎儿泌尿系异常最常见, 能导致羊水过少的泌尿系异常包括肾脏发育不全、双侧多囊性肾发育不良、常染色体隐性多囊肾疾病、膀胱流出道梗阻(后尿道瓣膜、尿道闭锁、梗阻性占位)<sup>[1]</sup>。胎膜早破是羊水过少的另一个常见病因。本组 26 例羊水过少, 其中 22 例为肾源性、4 例为胎膜早破。

### 2. 羊水过少致肺发育不良机制

羊水过少超过 6 天即可引起肺发育不良, 也有报道泌尿系畸形所致羊水过少胎儿肺发育不良先于羊水过少, 肺发育不良和羊水过少相互影响<sup>[2]</sup>。羊水过少致肺发育不良机制可能有以下方面: ①肺分泌液体的机械因素; ②转录和生长因子表达的减少; ③长期羊水过少导致胎儿呼吸运动减少; ④胎膜早破通常合并感染和炎症, 可致胎儿呼吸运动减少、支气管肺发育不良<sup>[3]</sup>。

### 3. MRI 对羊水过少致肺发育不良及相关合并畸形的诊断价值

MRI 是诊断羊水过少所致畸形的最有价值的影像学检查方法, 它不受羊水过少的干扰, 能清晰显示胎儿结构及相关异常<sup>[4]</sup>。

MRI 对羊水过少致肺发育不良的评价优势: 羊水过少致双肺发育不良, 于 T<sub>2</sub>WI 序列上表现为双肺信号减低, 难以区分肺与周围器官的边界, 因此常采用 LLSIR 预测羊水过少致双肺发育不良的程度<sup>[5]</sup>。本研究中 26 例羊水过少胎儿孕龄 20~37 周, LLSIR 均值 1.34±0.27, 明显低于相应孕龄正常对照组。另外, 根据 T<sub>2</sub>WI 序列胎儿正中矢状面图像上胸椎弯曲的程度可以间接预测胸腔受压的程度。T<sub>2</sub>WI 序列上双肺信号减低加上肺体积明显减少(<10 mL)是临床重度肺发育不良的可靠指标。MRI 可鉴别诊断羊水过少的病因, 对于肾源性羊水过少, MRI 能较好详细的评价泌尿生殖系异常, 也能诊断羊水过少的其它病因, 如胎膜早破合并的感染和胎儿炎症反应综合征、胎盘异常(梗死和出血)。

### 4. MRI 对肾源性羊水过少患者泌尿生殖系异常的评价优势

羊水过少合并胎儿畸形中, 泌尿系异常占 60%, 泌尿生殖系异常导致羊水过少主要是由于尿液产生过少, 主要为双侧肾脏严重异常或膀胱流出道严重梗阻。双侧肾脏严重异常包括双肾缺如、双侧婴儿型多囊肾、双侧多囊性肾发育不良以及双肾发育不良。本组中 22 例基本涵盖了上述所有畸形类型。在肾源性羊水过少相关的泌尿生殖系异常, MRI 在定性诊断和量化评价中具有明显优势, MRI 除不受羊水过少影响, 也不受孕周过大的影响, 随着孕周增加、胎儿脏器体积变大, MRI 显示更清楚。本组研究中 US 显示双肾不清楚 2 例均为晚孕(分别孕 30 周和 32 周)。

双肾缺如常合并膀胱缺如, MRI 常在孕 16 周后(因 16 周前羊水可接近正常)发现羊水极少或无羊水、双肾窝及腹腔内无肾脏、膀胱显示<sup>[6]</sup>。婴儿型多囊肾 MRI 可以清晰显示肾脏皮髓质分界处的多发直径 1~2 mm 的小囊, 清晰分辨肾脏皮髓质的边界(尤其是 SSFSE 序列)<sup>[7]</sup>。多囊性肾发育不良 T<sub>2</sub>W 序列能较好显示, 可表现为增大肾脏伴有多发大小不一薄壁囊肿, 无正常肾实质, 囊肿之间互不相通; 也可表现为肾脏缩小或正常大小, 肾实质信号增高, 皮髓质分界不清, 内见多发小囊肿或无囊肿。囊肿较小或无明显囊肿时 US 容易漏诊, 一定要行胎儿 MRI 检查进一步确认。双肾发育不良 MRI 可显示双肾偏小, T<sub>2</sub>WI 序列上肾脏信号增高, 皮髓质分界不清, 输尿管常不显示, 膀胱偏小或未显示。在定性诊断方面 MRI 较 US 具有一定优势。膀胱流出道梗阻胎儿腹腔增大、羊水过少, MR T<sub>2</sub>WI 序列可显示腹腔内巨大的呈高信号的膀胱占据整个腹腔, 双肾可以正常、积水或发育不良, 本组中 1 例后尿道瓣膜双肾表现为重度积水。人体鱼序列征常合并双肾发育不全或缺如, 羊水极度减少或无羊水, 合并肺发育不良, 存在多发系统异常, 主要为骶骨缺失伴双下肢发育不全。由于此类患者几乎无羊水, 超声检查易漏诊, 尤其是对下肢远端足畸形。本组中 2 例人体鱼序列征 US 均未准确诊断, 1 例孕 29 周并双肾缺如、漏诊双下肢及双足畸形, 此例胎儿除孕周大、羊水少影响 US 诊断外, 融合双下肢及呈鱼尾状的足邻近胎盘, 也影响了 US 对其显示的敏感性。1 例孕 28 周双肾发育不良 US 未能清晰显示。MRI 不受羊水过少、孕周较大等因素的影响, 视野大, 同一切面能同时显示泌尿系及下肢等多系统异常, 尤其是足部异常<sup>[8]</sup>。

### 5. MRI 对合并其它系统异常的诊断价值

10% 羊水过少患者合并多发异常, 早期出现羊水过少或羊水过少时间长时可导致胎儿面部(如 Potter 面容、低位耳等)、肢体畸形以及肺纤维化, 还可合并心脏、胃肠道、中枢神经系统等多系统的畸形, 本组 26 例

中 2 例存在肢体异常即人体鱼序列征, 1 例合并心脏右室双出口、室间隔缺损畸形, 3 例合并中枢神经系统异常, MRI 均做出了相对准确的诊断。

MRI 是羊水过少致胎儿双肺发育不良及相关合并畸形的较理想的诊断方法, 当 US 发现羊水过少后, 可再行 MRI 检查以确定胎儿双肺发育情况及羊水过少的病因, 结合两者能更准确地评估羊水过少胎儿的预后。

#### 参考文献:

- [1] Kemper MJ, Mueller-Wiefel DE. Prognosis of antenatally diagnosed oligohydramnios of renal origin[J]. Eur J Pediatr, 2007, 166(5):393-398.
- [2] Smith NP, Losty PD, Connell MG, et al. Abnormal lung development precedes oligohydramnios in a transgenic murine model of renal dysgenesis[J]. J Urol, 2006, 175(2):783-786.

- [3] Williams O, Hutchings G, Hubinont C, et al. Pulmonary effects of prolonged oligohydramnios following mid-trimester rupture of the membranes——antenatal and postnatal management[J]. Neonatology, 2012, 101(2):83-90.
- [4] Alamo L, Laswad T, Schnyder P, et al. Fetal MRI as complement to US in the diagnosis and characterization of anomalies of the genito-urinary tract[J]. Eur J Radiol, 2010, 76(2):258-264.
- [5] 董素贞, 朱铭, 毛建平, 等. 胎儿继发性性肺发育不良的 MRI 评价[J]. 临床放射学杂志, 2008, 27(10):1378-1382.
- [6] Hawkins JS, Dashe JS, Twickler DM. Magnetic resonance imaging diagnosis of severe fetal renal anomalies[J]. Am J Obstet Gynecol, 2008, 198(3):328-332.
- [7] Hörmann M, Brugger PC, Balassy C, et al. Fetal MRI of the urinary system[J]. Eur J Radiol, 2006, 57(2):303-311.
- [8] 董素贞, 朱铭, 毛建平, 等. 胎儿先天性肢体畸形的 MRI 诊断探讨[J]. 中华放射学杂志, 2008, 42(11):1143-1146.

(收稿日期: 2013-05-25 修回日期: 2013-05-15)

## · 经验介绍 ·

# GGF50RF-H X 线机旋转阳极反馈电路故障分析与检修一例

赖胜圣, 刘虔铨

【中图分类号】R811.1; R814.3 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2013)07-0734-01

【关键词】放射摄影术; 电路; 设备维修

故障现象: 摄影状态下, 按下手闸第一档, 提示“ERROR 4”, 按下手闸第二档的曝光指示灯不亮, 没有射线产生, 摄影不能进行。

故障分析: 查看故障代码表得知, “ERROR 4”提示阳极加速失败或阳极驱动电路故障。此设备的曝光原理: 按下手闸第一档, 主控单元板接收预设曝光参数, 灯丝逆变加热, 旋转阳极启动, 同时产生旋转阳极反馈信号到主控单元板; 按下手闸第二档, 触发可控硅, 产生 kV, 产生 X 射线, 曝光。打开机器面板, 参照随机附带图纸, 找到阳极驱动电路(图 1), 观察旋转阳极。启动继电器, 按下手闸第一档, 经过延时后, 发现中间继电器没吸附, 断定为阳极驱动电路故障。其工作过程: 按下手闸第一档, 接口单元板 X5 接口 5 脚 (START) 电平变高, V47 导通, AT89C2051 第 17 管脚输出高电平, 经过 N2(LM339) 比较后, 输出高电平, 触发三极管 V53 导通, 继而 K9 导通, 把启动电压加到启动线圈, 经过电压、电流检测后, 延时 0.3 秒, AT89C2051 第 18 管脚变为高电平, 三极管 V51 导通, K8 得电, 把运行电压输到线圈, 延时结束, 发光二极管 V45 变亮, 同时反馈信号通过 X5 第 6 管脚 (RUN) 送到主控单元板, 表明旋转阳极正常。

用万用表测量 X5 第 5 管脚, 按下手闸第一档, 电压从低电平变为高电平, V47 导通。再测量 AT89C2051 第 17 管脚, 为高电平, D67 导通, N2(LM339) 2 管脚变为高电平, D68 导通, 但三极管 V53 不导通, K9 不吸合, 确定故障点在此。用万

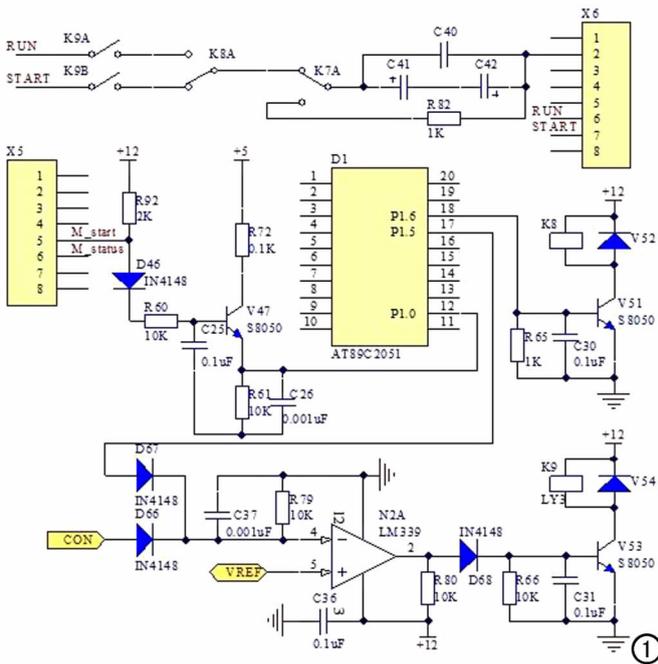


图 1 GGF50RF-H X 线机阳极驱动电路图。

用表测量, V53 基极及发射极间电压  $U_{BE}$  约为 0 伏, 为开路, 确定其已经损坏。

故障解决: 更换 V53, 按下手闸第一档后, K9、K8 继而吸合, 按下第二档后, 曝光指示灯亮, 能正常曝光。

(收稿日期: 2012-12-13)