

## MR amniotography の臨床応用

扇 和之<sup>1</sup>, 豊田真規子<sup>1</sup>, 山下晶祥<sup>1</sup>, 小堀賢一<sup>1</sup>,  
古川 隆<sup>1</sup>, 秋山洋三<sup>2</sup>, 上原憲二<sup>3</sup>, 村田晃一郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>日本赤十字社医療センター放射線科 <sup>2</sup>春日部秀和病院放射線科 <sup>3</sup>北里研究所病院放射線科

### はじめに

胎児の MR imaging (MRI) には従来, gold standard としてシングルショットシーケンスを用いた T<sub>2</sub> 強調の 2D マルチスライス法が用いられてきた<sup>1)~9)</sup>. これはエコー時間 (TE) を hydrography よりはやや短かめに設定し, 一般には脂肪抑制も併用しない手法で<sup>1),3)~9)</sup>, hydrography とは基本的に異なるシーケンスといえる. 本稿では胎児・羊膜腔における 2D シングルスライス法の hydrography (MR amniotography ; MRAF)<sup>10)~16)</sup> の臨床応用について症例呈示を中心に述べ, それに関連して過去の歴史において胎児・羊膜腔の画像診断法として一翼を担っていた X 線 amniography, X 線 amniotography<sup>17),18)</sup> についても概説する.

### MRAF の撮像法

従来の 2D マルチスライス法による胎児 MRI が薄めのスライスの断層診断による個々の構造の詳細評価であるのに対して<sup>1)~9)</sup>, MRAF の役割は全体像の把握にある<sup>10)~16)</sup>. したがって MRAF の撮像法には, 厚いスライス厚 (一般に 3~10 cm) の 2D シングルスラ

イス法を使用する. MR hydrography としての特徴を生かすため, エコースペースは 10 ms 以上と長めに設定して液体成分のみを強調し, 母体や胎児の脂肪信号を排除するため脂肪抑制法を併用している. 基本的なシーケンスはシングルショットの fast spin-echo (SE) 法であり, 我々の施設ではハーフフーリエを併用した fast advanced spin-echo (FASE) 法を使用している. 使用装置は東芝社製 VISART (1.5T) で quadrature phased-array coil を用いた. MRAF の撮像条件は TR = ∞, effectiveTE = 250 ms, TI = 130 ms (IR パルスによる脂肪抑制併用), スライス厚 = 30~100 mm, マトリックス = 320 × 320, ETL = 180, エコー間隔 = 12.5 ms, FOV = 35~50 × 35~50 cm, 撮像時間 2 秒で, 2D マルチスライス法の撮像条件は TR = ∞, effectiveTE = 78 ms, スライス厚 = 5~10 mm, マトリックス = 192~256 × 256, ETL = 114~148, NEX = 1, エコー間隔 = 6.5 ms, FOV = 35~50 × 35~50 cm, 撮像時間 1 秒/1 スライスである. MRAF のスライス厚は撮像ターゲット (胎児の全体像, 躯幹部のみ, 特定の臓器) に応じて適宜選択する.

この総説は, 第 29 回日本磁気共鳴医学会大会シンポジウム「これからの腹部 MRI」での講演を中心にまとめたものである.

キーワード MR hydrography, fetal MR imaging, amniography, fetography, fetal abnormalities



Fig. 1. X-ray amniography in a fetus at 25 weeks gestation. X-ray amniogram taken 5 minutes after administration of 15 ml of water soluble iodine contrast media shows global extent of amniotic cavity and surface anatomy of the fetus and the umbilical cord (courtesy of Prof. Nobuhiro Shimada<sup>17),18)</sup>).

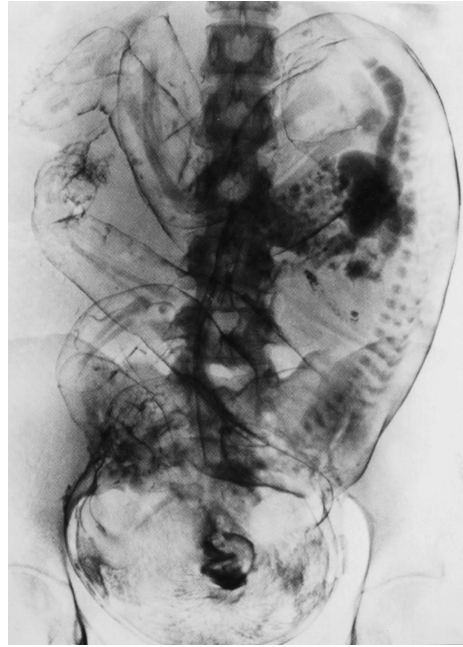


Fig. 2. X-ray amniotography in a fetus at 35 weeks gestation. X-ray amniotogram taken 42 hours after administration of 40 ml of water soluble iodine contrast media and 18 ml of lipid soluble contrast media (Lipiodol®) delineates surface anatomy of the fetus selectively, by virtue of lipid soluble characteristics of sebaceous appendage of the fetal skin. Intestine of the fetus is also visualized due to concentration of the swallowed water soluble contrast media (courtesy of Prof. Nobuhiro Shimada<sup>17),18)</sup>).

#### X線 amniography (羊水造影) と X線 amniotography (羊水胎児造影)

X線 amniography という検査が 1960 年代から '70 年代初頭を中心に、子宮内胎児輸血のガイドや胎児奇形の診断などを目的として行われていた<sup>19)</sup>。本法は水溶性のヨード性造影剤を羊水穿刺で羊膜腔に注入し、羊膜腔の輪郭や胎児体表面 (胎表面)、胎児付属物を陰影欠損として描出する手法である (Fig. 1)。さらに '70 年代前半になると水溶性造影剤と油性造影剤 (リピオドール) の両方を使用する X線 amniotography<sup>17),18)</sup> (X線 fetography と呼ばれる<sup>20)</sup>) が登場した。この方法では水溶性、

油性の両方の造影剤を羊膜腔に注入し、注入直後の X線 amniography の撮影に加え、注入後 36 時間前後に撮影すると、水溶性造影剤は胎児の嚥下により羊膜腔から消失し消化管で濃縮されて高濃度となり、一方で油性造影剤は胎脂に付着し胎表面を選択的に二重造影様に描出する (臍帯や羊水は胎脂がないため描出されない) (Fig. 2)<sup>17),18),20)</sup>。これらの方法は胎児・羊膜腔の全体像を客観的に描出するのに優れていたが、X線被曝の問題や水溶性造影剤では皮膚

2002 年 2 月 12 日受理

別刷請求先 〒150-8935 東京都渋谷区広尾 4-1-22 日本赤十字社医療センター放射線科 扇 和之

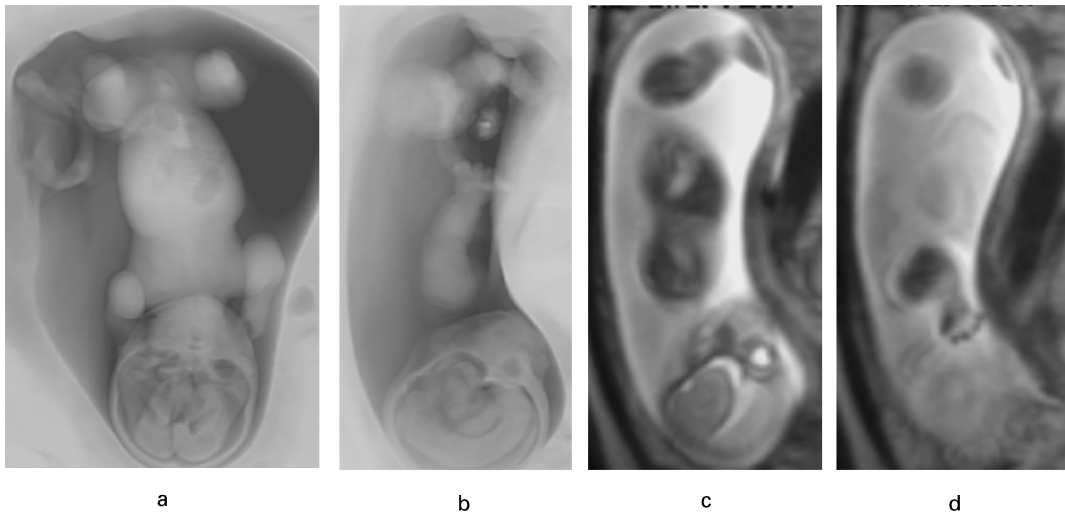


Fig. 3. Short-limb dysplasia in a fetus at 22 weeks gestation. Global surface anatomy of the fetus with short upper and lower extremities is better appreciated with coronal (a) and sagittal (b) MR AF than with 2D multislice FASE (c, d). Global extent of the amniotic cavity is also well delineated with MR AF.

から吸収されるヨードによる児の甲状腺抑制の問題、油性造影剤では胎児肺への移行による生後の児の呼吸機能への影響などが懸念され<sup>18)</sup>、'80年代の超音波検査の急速な発展とともに姿を消した。現在ではほとんど施行されることはないが、胎児・羊膜腔の全体像を客観的かつ明瞭に描出したという点では胎児画像診断の歴史に確固たる足跡を残した検査法といえる。本稿で述べる MR AF は胎児・羊膜腔の全体像、特に胎表面が明瞭に描出されるという点で X 線 amniotography に類似しており、MRI バージョンの amniotography といえる。

#### MR AF による表面構造 (surface anatomy) の描出

MR AF では、hydrography であるため羊水と接した解剖構造の表面 (surface anatomy)、すなわち胎児や胎児付属物、胎児から外方性に突出する病変の表面構造が明瞭に描出される。従来の 2D マルチスライス法では液体成分の存

在の有無にかかわらず種々の内部構造も同時に描出されるため、表面構造のみが選択的に描出されることはない。このことは断層診断としての詳細評価を可能にしていると同時に、表面構造のみの全体的な把握を困難にしているともいえる。MR AF を用いて表面構造を明瞭に描出することにより、胎児躯幹部や四肢のバランスの評価、胎児と外方性突出病変との全体的な位置関係の評価、胎児と羊膜腔/胎児付属物との位置関係の評価などが容易となる。具体的な適応疾患としては四肢短縮症 (Fig. 3)、外表奇形、子宮内胎児発育遅延、胎児から外方性に突出する腫瘍性病変 (Fig. 4)、羊水過少/過多症、頸部臍帯巻絡 (Fig. 5) などが挙げられる。

#### MR AF による液体で満たされた胎児臓器の描出

胎児では、成人と同様に液体で満たされた臓器 (脳室、尿路系など) があると同時に胎児特有の液体で満たされた臓器 (肺、上部消化管な

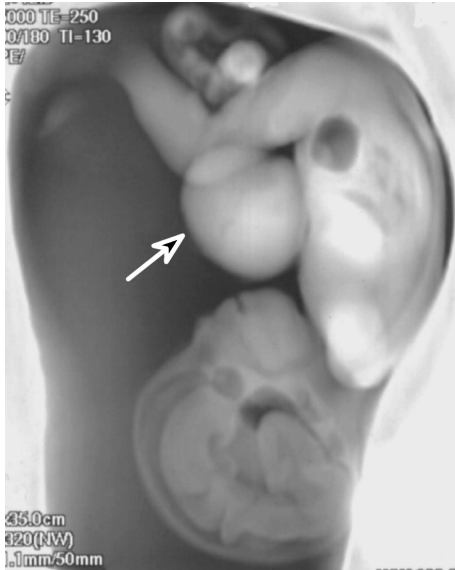


Fig. 4. Omphalocele in a fetus at 28 weeks gestation. MRAF demonstrates excellent surface anatomy of the fetus and the omphalocele (arrow). Hydramnion is also recognized.

ど)がある. MRAF ではこれらの液体で満たされた臓器の正常像 (Fig. 6), 異常像を明瞭に描出しうる. さらに液体に接した構造, すなわち脳表や肺血管などにも MRAF は適応可能である. 具体的な適応疾患としては水頭症 (Fig. 7), 脳回の形成異常, 肺の低形成, 肺血管の異常, 上部消化管の閉鎖 (Fig. 8) や位置異常 (Fig. 9), 水腎症, 尿路奇形などが挙げられる. これらの特定の臓器をターゲットとする場合は, その臓器の大きさや広がりに応じたスライス厚, スライス断面を適切に選択することが重要である.

#### MRAF による嚢胞性病変, 浮腫, 液体貯留の描出

成人における MR hydrography が嚢胞性病変や液体貯留を明瞭に描出しうるように, MRAF にも同様の有用性がある. すなわち嚢胞性腫瘍の存在診断や形態評価 (Fig. 10), 胸水, 腹水といった液体貯留や浮腫性変化の広が

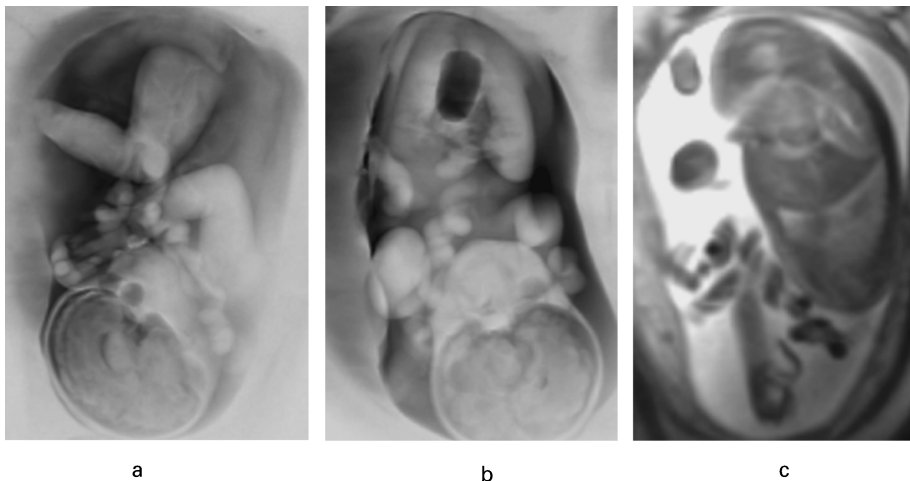


Fig. 5. Demonstration of nuchal encirclement by the umbilical cord in a fetus at 33 weeks gestation. Global appearance of umbilical cord around the fetal neck is better visualized with sagittal (a) and coronal (b) MRAF than with 2D multislice FASE (c). Nuchal encirclement by the umbilical cord proves to affect the intrauterine fetal conditions and the delivery.



Fig. 6. Normal fluid-filled organs in a fetus at 34 weeks gestation. Global anatomical orientation of cerebral ventricles, lungs, intestine and urinary bladder is clearly visualized with MRAF.

りの評価 (Fig. 11) に有用な情報を提供してくれる。嚢胞性腫瘍の詳細構造は従来の2Dマルチスライス法でも十分に評価可能なため、MRAFは嚢胞性腫瘍の全体像や他の解剖構造との相対的位置関係の評価、浮腫や液体貯留についてもその全体的な広がりやその役割がある。同じMRAF画像でも薄めのスライス厚(3~5 cm)を用いればパーシャルボリューム効果の少ない形態評価が可能であり、厚めのスライス厚(6~10 cm)を用いればパーシャルボリューム効果を生じるものの、より広い範囲で全体的な広がりや他の解剖構造との相対的位置関係の評価が可能となる。薄めと厚めの両方のスライス厚をうまく相補的に用いることが重要である。

#### おわりに

胎児・羊膜腔におけるMR hydrographyの新しい臨床応用としてMRAFについて症例呈示を中心に述べた。一般にMR~graphyという呼称においては、その範となるX線~graphyなるものが存在し、MRAFにおいてはX線amniotography(X線fetography)がそれに相当する。そのX線amniotographyに

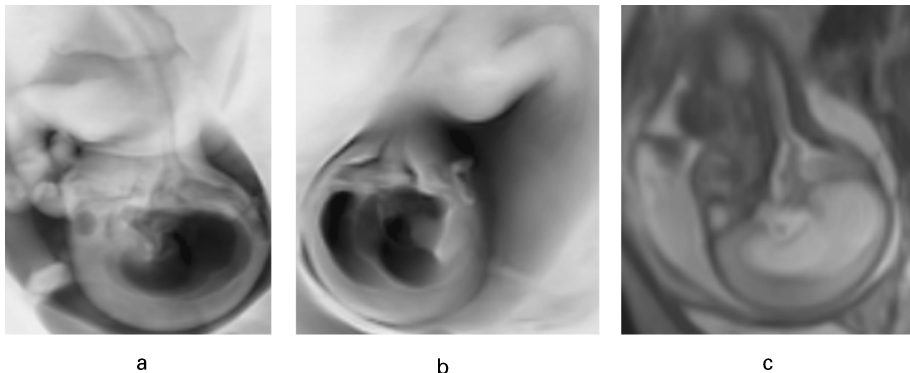


Fig. 7. Congenital hydrocephalus in a fetus at 28 weeks gestation. Prominent dilatation of both lateral ventricles is seen. Global extent of the cerebral ventricles and the cerebrospinal fluid space is better delineated with sagittal (a) and oblique (b) MRAF than with 2D multislice FASE (c).

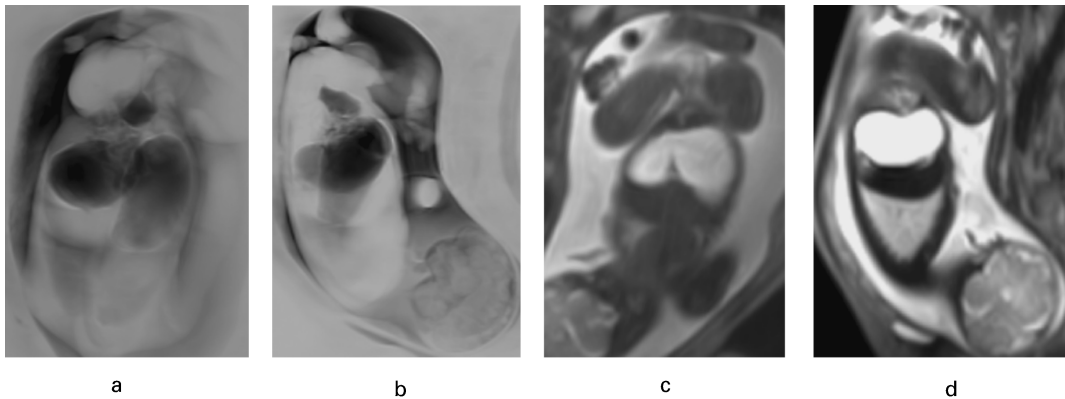


Fig. 8. Duodenal atresia in a fetus at 38 weeks gestation. Marked dilatation of the stomach is seen due to duodenal atresia. Global appearance of the dilated stomach is better demonstrated with coronal (a) and sagittal (b) MRAF than with 2D multislice FASE (c, d).

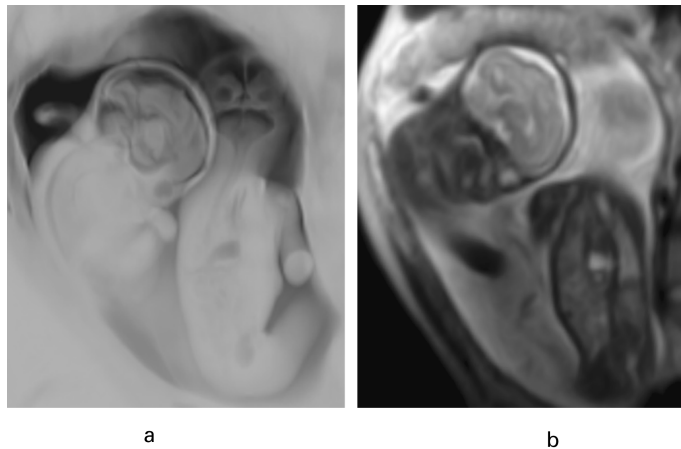


Fig. 9. Congenital diaphragmatic hernia in twin pregnancy at 29 weeks gestation. Fluid-filled stomach and the intestine located in the thorax in one twin is noted in MRAF (a) and 2D multislice FASE (b).

についても歴史的歩みを含めて紹介した。

MRAFは胎児・羊膜腔の全体像や液体で満たされた臓器/病変の全体的な広がりの評価に非常に有用である。ただし従来の2Dマルチスライス法も胎児・羊膜腔のMRI診断には必要不可欠であり、MRAFは2Dマルチスライス法に付加的に使用し、お互いの特徴を生かしな

がら相補的に胎児・羊膜腔のMRI診断を進めていくことが重要である。本稿がその一助になれば幸いである。

稿を終えるに当たり、X線amniography, amniotographyの症例使用を御快諾頂きました北里大学医学部産婦人科学教室の島田信宏名

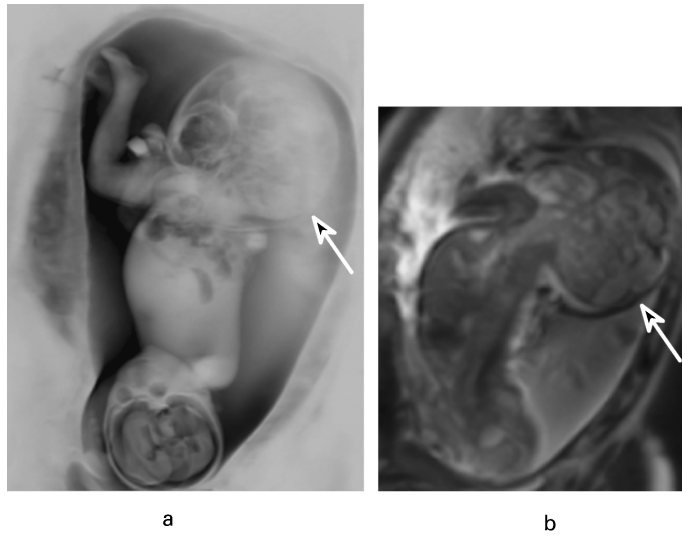


Fig. 10. Sacrococcygeal teratoma in a fetus at 26 weeks gestation. Extent of multicystic changes in a large sacrococcygeal tumor (arrow) and the global relationship of the tumor and the fetus are better demonstrated with MRAF (a) than with 2D multislice FASE (b).

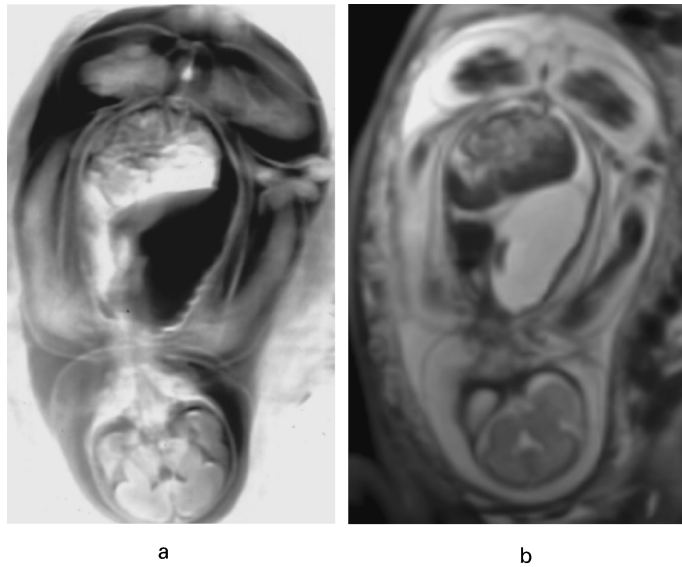


Fig. 11. Hydrops fetalis at 26 weeks gestation. Global extent of marked subcutaneous edema throughout fetal body is well recognized in MRAF (a) and 2D multislice FASE (b). A large amount of pleural effusion is also seen, displacing the mediastinum contralaterally.

誉教授，並びに MRAF の症例を御提供頂きました日赤医療センター杉本充弘部長はじめ産婦人科の諸兄，与田仁志副部長はじめ新生児未熟児科の諸兄に深謝いたします。またデータ収集に御協力頂いた日赤医療センター放射線科 MRI 室の技師諸氏，並びに東芝メディカル㈱の諸氏に御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) Levine D, Hatabu H, Gaa J, et al. : Fetal anatomy revealed with fast MR sequences. *AJR* 1996 ; 167 : 905-908
- 2) Yamashita Y, Namimoto T, Abe Y, et al. : MR imaging of the fetus by a HASTE sequence. *AJR* 1997 ; 168 : 513-519
- 3) Levine D, Barnes PD, Sher S, et al. : Fetal fast MR imaging : reproducibility, technical quality, and conspicuity of anatomy. *Radiology* 1998 ; 206 : 549-554
- 4) Huppert BJ, Brandt KR, Ramin KD, et al. : Single-shot fast spin-echo MR imaging of the fetus : a pictorial essay. *RadioGraphics* 1999 ; 19 : S215-S227
- 5) Garel C, Brisse H, Sebag G, et al. : Magnetic resonance imaging of the fetus. *Pediatr Radiol* 1998 ; 28 : 201-211
- 6) Sonigo PC, Rypens FF, Carteret M, et al. : MR imaging of fetal cerebral anomalies. *Pediatr Radiol* 1998 ; 28 : 212-222
- 7) Hubbard AM, Adzick NS, Crombleholme TM, et al. : Congenital chest lesions : diagnosis and characterization with prenatal MR imaging. *Radiology* 1999 ; 212 : 43-48
- 8) Coakley FV, Hricak H, Filly RA, et al. : Complex fetal disorders : effect of MR imaging on management-preliminary clinical experience. *Radiology* 1999 ; 213 : 691-696
- 9) Coakley FV, Lopoo JB, Lu Y, et al. : Normal and hypoplastic fetal lungs : volumetric assessment with prenatal single-shot rapid acquisition with relaxation enhancement MR imaging. *Radiology* 2000 ; 216 : 107-111
- 10) 寺腰博明, 内山勝弘, 江良謙一, 他 : MRI による新しい胎児画像—胎児体表面画像 (MR fetography) の考案—。日磁医誌 2000 ; 20 : 138-149
- 11) 扇 和之, 豊田真規子, 横手宏之, 他 : 腹部 MR hydrography—撮像のポイントと新しい臨床応用の可能性。日医放会誌 2001 ; 61 : 215-221
- 12) 豊田真規子, 扇 和之, 横手宏之, 他 : 胎児 MRI における 2D シングルスライス法の hydrography およびシネ表示の有用性。日医放会誌 2001 ; 61 : S185-186
- 13) Ohgi K, Toyoda M, Yokote H, et al. : Fetal MR imaging with a half-Fourier rapid acquisition with relaxation enhancement sequence : the value of 2D single slice hydrography and cine-display. *Proc ISMRM* 2001 ; 2081
- 14) 扇 和之 : MR amniotography. 蜂屋順一監, 高原太郎編, MRI 応用自在。東京 : メジカルビュー社, 2001 ; 156-159
- 15) Ohgi K, Kitamura K, Toyoda M, et al. : Half-Fourier rapid acquisition with relaxation enhancement MR imaging of the fetus : a pictorial essay with emphasis on the value of 2D single slice hydrography. *Radiology* 2001 ; 221(P) : 702
- 16) 扇 和之, 北村賀永子, 豊田真規子, 他 : MR amniotography (MRAF) ~ 胎児・羊水腔の MR hydrography. 映像情報メディカル 2001 ; 33 : 80-86
- 17) 島田信宏. 羊水胎児造影 (Amniotography). 東京 : 南山堂, 1978
- 18) 島田信宏. 羊水胎児造影. 鈴木正彦編, 産婦人科 Mook No. 41 「画像診断のキーポイント」. 東京 : 金原出版, 1988
- 19) McLain CR, Jr. : Amniography, a versatile diagnostic procedure in obstetrics. *Obstet Gynec* 1964 ; 23 : 45-50
- 20) Wieshaan PF : Fetography. *Am J Obstet Gynecol* 1972 ; 113 : 819-822



## Clinical Application of MR Amniofetography

Kazuyuki OHGI<sup>1</sup>, Makiko TOYODA<sup>1</sup>, Akiyoshi YAMASHITA<sup>1</sup>,  
Kenichi KOBORI<sup>1</sup>, Takashi FURUKAWA<sup>1</sup>, Hiromi AKIYAMA<sup>2</sup>,  
Kenji UEHARA<sup>3</sup>, Kouichirou MURATA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Radiology, Japanese Red-Cross Medical Center  
4-1-22 Hiroo, Shibuya-ku, Tokyo 150-8935*

<sup>2</sup>*Department of Radiology, Kasukabe-Shuwa Hospital*

<sup>3</sup>*Department of Radiology, Kitazato-Institute Hospital*

Recent advances in MR hydrography techniques allow for a range of clinical applications using MR imaging (MRI) in various anatomical regions. In this article we will describe the usefulness of 2D single slice hydrography (MR amniofetography) for the evaluation of a fetus and the amniotic cavity when used as additional information to conventional 2D multislice single shot fast spin-echo (FSE) sequences. MR amniofetography (MRAF) provides excellent visualization of the global surface anatomy of the fetus, umbilical cord, amniotic cavity and various fetal abnormalities. Fluid-filled fetal organs such as cerebral ventricles, lungs, gastrointestinal and urinary tracts are also clearly demonstrated with MRAF. MRAF also delineates the global extent of cystic lesions, edema and effusion very well. Therefore, MRAF can be a useful addition to conventional 2D multislice single shot FSE sequences in MR evaluation of the fetus and amniotic cavity.