

先天性泌尿器疾患における胎児 MRI の有用性

赤坂好宣¹, 金川公夫², 杉村和朗¹¹神戸大学大学院医学系研究科放射線医学分野²兵庫県立こども病院放射線科

はじめに

胎児期における MRI の有用性に関する報告は、主に中枢神経領域に多く認められる^{1)~5)}。その理由には、超音波検査で診断の難しい領域であることが挙げられる。すなわち、頭蓋骨があるために超音波が遮られ、画質不良により内部構造の形態把握が難しいのに対し、MRI ではそれによる影響がなく、脳脊髄液、脳実質間のコントラストに優れる点に起因する。一方、泌尿器系の異常は先天性疾患の中でも比較的頻度が高いものの、胎児期の MRI に関するまとまった報告は少ない^{6)~8)}。

今回我々は、胎児期に MRI を撮像され、出生後に手術、臨床経過、画像診断により先天性泌尿器疾患と確定診断された 23 例について、retrospective に胎児 MRI の有用性を検討した。

対象および方法

対象は、1995 年 2 月から 2000 年 9 月までに先天性泌尿器疾患を疑い胎児期に MRI が撮像され、出生後手術ないし画像診断あるいは臨床経過により確定診断がなされた 23 例である。疾患の内訳は、(1)両側の腎無形成ないし低形成 (Potter sequence (両側多嚢胞異形成腎例を除く) : 以下, PS) 7 例, (2)多嚢胞異形成

Table 1. Number of Cases for Each Disorder

• Potter sequence (PS)	7
• multicystic dysplastic kidney (MCDK)	8
• hydronephrosis (HN)	5
• hydroureteronephrosis (HUN)	1
• duplication of the urinary system (DUP)	2
total	23

腎 (multicystic dysplastic kidney : 以下, MCDK) 8 例 (両側例 2 例を含む), (3)水腎症 (hydronephrosis : 以下, HN) 5 例, (4)水腎水尿管症 (hydroureteronephrosis : 以下, HUN) 1 例, (5)重複腎盂尿管に伴う HN あるいは HUN (duplication of the urinary system : 以下, DUP) 2 例, である (Table 1)。MRI 撮像時の在胎週数は 19 週 1 日から 38 週 4 日, 平均 29 週 4 日で, 出生週数は他院で出生のため詳細不明の 3 例を除いて 21 週 2 日から 41 週 1 日, 平均 34 週 4 日であった。出生児の体重は, 360 g から 3700 g, 平均 2457 g で, 胎内発育遅延 (intrauterine growth retardation : 以下 IUGR) を呈したのは 4 例であった。IUGR の 4 例中 3 例が PS 症例で, 残る 1 例は MCDK 症例であった (Table 2~4)。

MRI 装置は, 1.0T Magnetom Impact (Siemens 社製) を使用し, body coil で検査を施行

キーワード congenital urological anomaly, MRI, fetal diagnosis, Potter sequence, hydronephrosis

Table 2. Potter Sequence

	gestational age at MRI	gestational age at birth	birth weight (g)	#diagnosis
1.*	19w1d	21w2d	360	clinical
2.*	34w2d	37w1d	1936	autopsy
3.	23w0d	24w4d	620	clinical
4.	29w0d	30w1d	1435	clinical
5.*	24w1d	27w1d	520	clinical
6.	28w1d	35w0d	2680	clinical
7.	24w2d	25w5d	900	clinical

* 1, 2, 5: IUGR

All died within 2 days after birth due to lung hypoplasia

Table 3. Multicystic Dysplastic Kidney

	gestational age at MRI	gestational age at birth	birth weight (g)	diagnosis
1.*	34w5d	35w6d	1566	imaging after birth
2.	33w5d	37w3d	2920	imaging after birth
3.	33w6d	39w3d	3484	imaging after birth
4.	35w1d	unknown	unknown	imaging after birth
5.	27w5d	41w1d	3414	imaging after birth
6.*	22w2d	39w0d	3338	operation
7.*	22w3d	unknown	unknown	clinical
8.*	26w1d	27w4d	unknown	autopsy

* 1 : IUGR, * 6: hydronephrotic type, * 7, 8: bilateral MCDK (PS)

Table 4. Others

disorder	gestational age at MRI	gestational age at birth	birth weight (g)	diagnosis
1. HN	29w0d	39w3d	3150	imaging after birth
2. HN	31w3d	39w4d	3060	imaging after birth
3. HN	28w4d	37w4d	3580	imaging after birth
4. HN	33w2d	37w0d	2842	imaging after birth
5. HN	28w6d	37w0d	3138	imaging after birth
6. HUN	32w3d	34w2d	2760	imaging after birth
7. DUP	38w4d	38w6d	3008	imaging after birth
8. DUP	35w4d	38w3d	3700	imaging after birth

した。撮像法は、T₁強調像が fast low angle echo time : TE 5 ms, flip angle : FA 70°, field of shot (FLASH) (repetition time : TR 139.7 ms, view : FOV 300~350 mm, matrix size 192 ×

2001年11月5日受理 2002年1月29日改訂

別刷請求先 〒654-0081 兵庫県神戸市須磨区高倉台 1-1-1 兵庫県立こども病院放射線科 赤坂好宣

256), T₂ 強調像が turbo spin echo (TSE) (TR 3030 ms, TE 128 ms, echo train length: ETL 23, FOV 300~350 mm, matrix size 184×256) で, 撮像時間は 1 方向当たり 25~35 秒, 可能な限り胎児に対して 3 方向の撮像を試みた. スライス厚は 4~5 mm, スライスギャップは 0.8~1 mm である. 検査に当たって, 原則として鎮静剤投与は行わないこととした.

得られた画像を 2 年以上の小児画像診断の経験を有する放射線科医 2 名により, retrospective に腎, 尿路系に注目するだけでなく, 他臓器もよく観察し, それぞれ独自の診断を行った上, 各疾患別の診断能および胎児 MRI の有用性について検討した. 各疾患の診断基準として, 1) PS: 両側の腎が不明瞭といった所見に加え, 膀胱が不明瞭, 羊水過少, 胸郭が小さいといった随伴所見を伴う, 2) MCDK: 腎床部中心に多嚢胞性病変が存在する, 3) HN: 腎床部中心にみられる嚢胞性病変の形態が腎盂, 腎杯の拡大と思われ, 尿管の拡大が不明瞭, 4) HUN: HN の所見に加え, 尿管の拡大を認める, 5) DUP: 腎盂・尿管の重複があり, それぞれの尿路拡張については HN, HUN を判定する, とした.

結 果

放射線科医 2 名による全例での正診率は 65.2% で, 各疾患別の正診率は PS: 85.2%, MCDK: 87.5%, HN: 60%, HUN: 50%, DUP: 0% であった (Table 5). PS では, 対象の小さな症例が多かったが, 腎が確認できないことに加えて, 膀胱が不明瞭, 羊水過少症, 胸郭が小さいなどの随伴所見により, 高い診断率が得られた (Fig. 1). MCDK は特徴的な形態により診断は容易であったが (Fig. 2), hydronephrotic type の 1 例のみ診断できなかった. 閉塞性尿路疾患を示す HN, HUN では, 尿管の拡張の有無の診断が困難であった (Figs. 3, 4). また, DUP では重複の有無が判断困難であった (Fig. 5).

Table 5. Results

diagnostic accuracy in each disorder	(%)
• Potter sequence (PS)	85.7
• multicystic dysplastic kidney (MCDK)	87.5
• hydronephrosis (HN)	60
• hydroureteronephrosis (HUN)	50
• duplication of the urinary system (DUP)	0

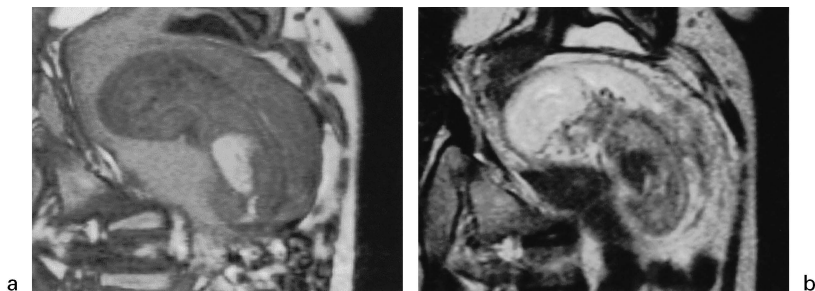


Fig. 1. Case with Potter sequence at 19 weeks' gestation
 a: Sagittal T1-weighted image. Kidney of the fetus was obscured. Oligohydramnios was observed.
 b: Sagittal T2-weighted image.



Fig. 2. Cases with multicystic dysplastic kidney (a, b : typical case, c, d : hydronephrotic type)

a : MRI at 33 weeks' gestation showed a characteristic multicystic abdominal mass in the fetus (arrow).

b : Ultrasonography after birth showed a multicystic mass in the right upper quadrant, diagnosed multicystic dysplastic kidney.

c : Fetal MRI at 22 weeks' gestation showed a large cystic mass in the fetal abdomen, suggesting hydronephrosis of the right kidney (arrow).

d : Ultrasonography after birth showed dilatation of the calices and renal pelvis, suggesting hydronephrosis. However, postoperative diagnosis was hydronephrotic type of multicystic dysplastic kidney.

考 察

胎児期の異常の検出や診断には超音波検査が有用であり、第一選択となっているが、近年、MRI が用いられるようになってきている。

MRI の胎児への影響はまだまだ不確定で、安全性は確立していない。このような状況下で MRI を依頼される理由には、(1)母体の肥満、(2)羊水過少症、(3)頭蓋骨によってエコーが遮られるなどといった超音波検査の画質不良を来す

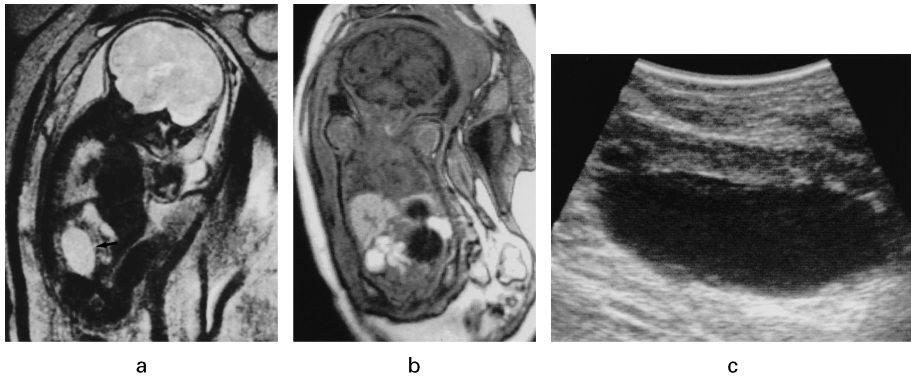


Fig. 3. Case with hydronephrosis
 a : Fetal MRI T₂-weighted image. A large simple cystic mass was seen at the left renal hilum of the fetus, suggesting hydronephrosis (arrow).
 b : Fetal MRI T₁-weighted image.
 c : Ultrasonography after birth.
 Dilatation of left renal pelvis and calices was detected, but ureter was not dilated, diagnosed hydronephrosis.

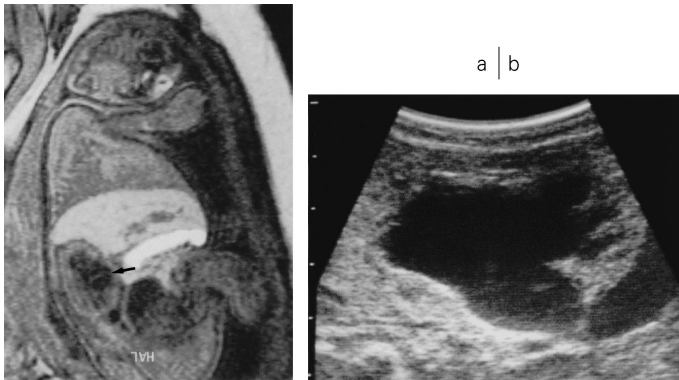


Fig. 4. Case with hydroureteronephrosis
 a : Fetal MRI at 33 weeks' gestation. Dilatation of the right renal pelvis was observed (arrow), but hydroureter could not be detected.
 b : After birth, ultrasonography revealed hydroureteronephrosis of the right kidney.

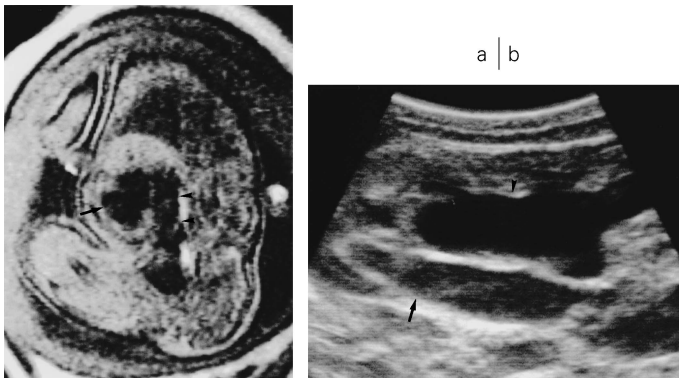


Fig. 5. Case with duplication of the urinary system
 a : Fetal MRI at 35 weeks' gestation. Dilatation of the right renal pelvis (arrow) and ureter (arrow head) were seen in the fetus, but duplication could not be detected.
 b : Ultrasonography after birth revealed duplication of the right kidney. Hydroureteronephrosis of the right upper kidney (arrow) and hydronephrosis of the right lower kidney (arrow head) were observed.

場合、(4)異常が複雑で把握が難しい場合の補助診断としてなどである⁹⁾。胎児期におけるMRIの有用性に関する報告は主に中枢神経領域などで認められるが、その理由には前述(3)のごとく、超音波検査で診断の難しい領域であることが挙げられる。一方、泌尿器系の異常は先天性疾患の中でも比較的頻度が高いものの、胎児期のMRIに関するまとまった報告は少ない。そこで、今回、先天性泌尿器系疾患におけるMRIの有用性についてretrospectiveに検討した。

今回対象とした23症例の疾患は、(1)羊水過少症(PS)、(2)腹部腫瘤(MCDK)、(3)閉塞性尿路疾患(HN, HUN)、(4)複雑奇形(DUP)の4種類に大別できる。今回の検討ではこれらの疾患別の診断能には差がみられ、大きく2群(良好・不良)に分けられた。すなわち、羊水過少症の精査でMRIを依頼されるPS、腹部腫瘤の精査として依頼されるMCDKは比較的正診率は高いものの、閉塞性尿路疾患における拡張尿管の指摘や、複雑奇形の形態把握は困難であった。また、撮像法によるアーチファクトの多寡、診断基準に示した所見のとらえやすさなどはT₁強調像(FLASH)、T₂強調像(TSE)の間に違いがないように思われたが、胸郭あるいは肺の低形成の判断はT₂強調像の方がわかりやすいように思われた。

PSでは一般に致死的で、妊娠継続の意志の確認のためかMRI撮像時の在胎週数が低く、また、IUGRを伴った症例もあり、対象が小さいものが多く、腎の有無の判定は難しいものの、PSの診断には胎児の大きさはあまり影響ないように思われる。すなわち、腎が不明瞭な症例では、膀胱が不明瞭、羊水過少症の合併および胸郭が小さいといった二次的な所見に注目すればPSの診断は可能と思われた。また、胎児の動きによるアーチファクトが比較的少ないことも診断にそれほど苦慮しない一因であると思われる。診断できなかった症例は、アーチファクトが強いために、肺低形成が評価困難であった

症例と、胸郭は小さいが羊水がそれほど少なくないように思われた症例であった。桑島らは、PS症例では低形成肺の信号強度がT₁強調像、T₂強調像で正常と異なることを報告しているが¹⁰⁾、こういった所見も今後の検討課題と思われる。

MCDKはHNと異なるぶどうの房状と称される特徴的な嚢胞形態により、診断に苦慮することは少ないと思われるが、唯一診断できなかった症例はhydronephrotic typeのものであり、形態上HNとの鑑別が困難で、注意が必要と思われた。この症例は出生後もHNとして経過観察されていたが、^{99m}Tc-DTPAによるレノグラムで無機能腎であることがわかり、手術により確認されたものである。

これに対し、同様に腹部の嚢胞状腫瘤を呈するHNは、腎盂、腎杯の拡張という特徴的な所見が得られれば診断可能であるが、腎盂の拡張が高度な例では腎外の嚢胞性腫瘤と診断される症例があり、診断する際のピットフォールであった。これは、高度の拡張を示した症例では腎盂の拡張が目立つのに比べ、腎杯の拡張が不明瞭で、いかにも単房性腫瘤のようにみえるためと思われる。

一方、DUPに伴う尿路拡張の形態把握、特に拡張尿管や尿管瘤の有無や閉塞性尿路疾患における尿管拡張の有無は、出生後の治療に際して把握しておくことが望ましいが、正診率は低かった。こういった小さな変化を詳細に把握するには、胎児の動きや母体の呼吸によるアーチファクトの影響を抑制する必要がある。

近年、half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo (HASTE)、true fast imaging with steady state precession (true FISP)などのより高速な撮像法が用いられ、胎児異常の診断率が向上してきているが、今回の撮像方法では撮像時間が30秒前後と、動いている胎児を対象とするには十分に満足できる画像ではなかった。このため、正診率も比較的低いものとなった。しかし、出生前診断としてより重要な

PS と MCDK では良好な結果が得られた。すなわち、PS では一般に致死的で診断が確実に行われることが重要である。しかるに超音波検査の画質は羊水過少症のためにそれほど良好とは言えない。また、超音波検査で診断できたとしても、さらに客観的な画像評価のため MRI を依頼されることが多い。MCDK も腹部腫瘍の精査として依頼され、良悪を含め腫瘍か否かを確実に診断することが望まれる。したがって今回用いた方法は臨床的に有用であると考えられる。一方、DUP や閉塞性尿路疾患の診断に関しては今後の課題と思われたが、HASTE, true FISP といったより高速な撮像法など技術上の進歩により、診断能の向上が期待できる。

結 語

先天性泌尿器疾患の胎児 MRI 23 例について retrospective に診断能を検討した。今回の撮像法では動きによるアーチファクトなど、画質上の問題で十分な診断能とは言えないが、PS や MCDK など、胎児期に診断することが重要な疾患において正診率が高く、MRI は有用であった。一方、DUP や閉塞性尿路疾患における拡張尿管の有無は出生後の治療に際し把握しておくことが望ましく、今後の課題と思われた。

謝 辞

稿を終えるに当たり、多大なご協力を頂いた、兵庫県立こども病院産科部長大橋正伸先生、同泌尿器科部長谷風三郎先生、神戸大学大学院医学系研究科放射線医学分野楫靖先生に深謝いたします。

文 献

- 1) Chong BW, Babcook CJ, Pang D, Ellis WG : A magnetic resonance template for normal cerebellar development in the human fetus. *Neurosurgery* 1997 ; 41 : 924-929
- 2) Chien YH, Tsao PN, Lee WT, Peng SF, Yau KI : Congenital intracranial teratoma. *Pediatr Neurol* 2000 ; 22 : 72-74
- 3) Garel C, Brisse H, Sebag G, Elmaleh M, Oury JF, Hassan M : Magnetic resonance imaging of the fetus. *Pediatr Radiol* 1998 ; 28 : 201-211
- 4) Sonigo PC, Rypens FF, Carteret M, Delezoide AL, Brunelle FO : MR imaging of fetal cerebral anomalies. *Pediatr Radiol* 1998 ; 28 : 212-222
- 5) Simon EM, Goldstein RB, Coakley FV, Filly RA, Broderick KC, Musci TJ, Barkovich AJ : Fast MR imaging of fetal CNS anomalies in utero. *AJNR* 2000 ; 21 : 1688-1698
- 6) Poutamo J, Vanninen R, Partanen K, Kirkinen P : Diagnosing fetal urinary tract abnormalities : benefits of MRI compared to ultrasonography. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2000 ; 79 : 65-71
- 7) Nishi T : Prenatal diagnosis of urinary tract abnormalities. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1997 ; 76 : 409-413
- 8) Takeuchi K, Moriyama T, Funakoshi T, Maruo T : Prenatal diagnosis of urogenital abnormalities with oligohydramnios by magnetic resonance imaging using turbo spin echo technique. *J Perinat Med* 1998 ; 26 : 59-61
- 9) Kubik-Huch RA, Huisman TA, Wisser J, Gottstein-Aalame N, Debatin JF, Seifert B, Ladd ME, Stallmach T, Marincek B : Ultrafast MR imaging of the fetus. *AJR Am J Roentgenol* 2000 ; 174 : 1599-1606
- 10) 桑島成子, 河野 敦, 斉木名執, 飯村文俊, 河野達夫, 橋本禎介, 藤岡睦久 : MRI の信号強度による胎児肺低形成の評価. *日小児放誌* 2000 ; 16 : 137-142

Usefulness of Fetal MR Imaging for Congenital Urological Anomalies

Yoshinobu AKASAKA¹, Kimio KANEGAWA², Kazuro SUGIMURA¹

¹*Department of Radiology, Kobe University Graduate School of Medicine
7-5-2 Kusunoki-cho, Chuo-ku, Kobe 650-0017*

²*Department of Radiology, Kobe Children's Hospital*

Despite the fact that congenital urological anomalies are not rare, the role of fetal MRI in these disorders has not been well defined. We evaluated the usefulness of MRI in the prenatal diagnosis of patients with such anomalies.

A total of 23 cases were included in this study. The 23 cases were divided as follows : 7 cases of bilateral renal agenesis or severe hypogenesis (Potter sequence : PS), 8 cases of multicystic dysplastic kidney (2 cases were bilateral : MCDK), 5 cases of hydronephrosis (HN), one case of hydroureteronephrosis (HUN) and 2 cases of HN or HUN with duplication (DUP). In this study the scan time for fetal MRI was approximately 30 seconds for one sequence.

Overall, the diagnostic accuracy was 65.2% ; 85.2% for PS, 87.5% for MCDK, 60.0% for HN, 50.0% for HUN and 0% for DUP. Even though imaging quality was relatively poor for motion artifact in this series, we were able to diagnose PS and MCDK because of associated lung hypoplasia and its characteristic shape. The diagnosis of HN, HUN and DUP was difficult. HN was sometimes misdiagnosed as a retroperitoneal cystic mass because the dilation of calices was obscured in severe cases. In HUN and DUP cases dilation of the ureter was unclear. However, using HASTE or true FISP sequence may solve this problem. Based on this data, we conclude that fetal MRI is useful for prenatal diagnosis of urological anomalies.