

## 造影 MR urography

大淵真男<sup>1</sup>, 杉本英治<sup>1</sup>, 高原太郎<sup>2</sup>, 林 高樹<sup>1</sup>,  
滝沢謙治<sup>1</sup>, 本田 実<sup>1</sup>, 篠原広行<sup>1</sup>

<sup>1</sup>昭和大学藤が丘病院放射線科 <sup>2</sup>杏林大学放射線医学教室

### はじめに

第 27 回日本磁気共鳴医学会総会のシンポジウムで「効率的な MR 検査法をもとめて—造影を中心に—」というテーマのもと「MR hydrography をいかに用いるか」という演題で講演する機会を頂いた。シンポジウムでは造影 MR urography について述べたが、本稿ではその講演内容を中心に、造影 MR urography の方法と尿路描出能、そして臨床的有用性について述べる。

### 造影 MR urography の撮像方法

造影 MR urography は排泄性 MR urography とも呼ばれる。撮像には、高速グラジエントエコー法による T<sub>1</sub> 強調像が主に用いられている<sup>1)~6)</sup>。我々の施設での使用装置は Signa Horizon 1.0T, 使用コイルは torso phased array coil である。造影 MR urography の撮像シーケンスは efgre3d 法と呼ばれる高速グラジエントエコー法で、呼吸停止下での冠状断撮像を基本としている。基本的な撮像条件は TR/TE/flip angle = 6.2/1.4/20°, FOV : 30~35 × 30~35 cm, matrix : 256 × 160, slab thickness : 8 cm,

slice thickness : 8 mm, 1 回の撮像時間は 22 秒である。脂肪抑制には選択的脂肪抑制 IR pulse (spectral IR pulse) を用いており、主励起パルスの 27 ms 前に打っている (GE では便宜上 TI = 27 ms と表記している)。造影剤投与 1 分後から 10 分後まで 10 回撮像し、造影剤排泄の経時的变化を観察し、造影剤投与 8~10 分後の像で尿路の形態的变化を観察している。なお、使用している造影剤はガドベンテ酸ジメグルミン又はガドジアミド水和物のシリンジ製剤で、2 筒式自動注入装置 (根本杏林堂社製) を用い投与している。

### 造影剤の使い方

造影剤の使用量は注意が必要である。これは尿中の造影剤が高濃度になると、造影剤のもつ T<sub>2</sub> 短縮効果の影響が T<sub>1</sub> 短縮効果の影響より優位になり、尿の信号強度が低下し、極端な場合、T<sub>1</sub> 強調像で周囲の信号より低信号ないし無信号になってしまうからである。腎機能正常例に対し通常投与量 (0.1 mmol/kg) を用いると、かなりの頻度でこの現象が起こることは、骨盤部の造影 MRI 検査の際、膀胱の尿の信号変化でよく経験されることでもある。この尿の信号

この総説は、第 27 回日本磁気共鳴医学会大会シンポジウム「効率的な MR 検査法をもとめて—造影を中心に—」での講演をまとめたものである。

キーワード MRI, urography, urinary tract, gadolinium dimegulumine

の低信号化を防ぐ方法が二つある。一つは利尿剤を併用する方法、もう一つは造影剤投与量を少量とする方法である。前者の利点としては、利尿剤の併用により尿路描出能が向上すること、および腎機能が軽度低下している症例においても十分な描出を得ることができる点がある<sup>4)</sup>。しかし、0.1 mmol/kg 使用すると腎実質を含めた背景信号もかなり上昇してしまう。また利尿剤により尿量が著増すれば検査時間は余儀なく制限せざるをえない。次に、造影剤の投与量を少量とする方法について述べる。経験的には、通常投与量の1/5 (0.02 mmol/kg) ないし1/10 (0.01 mmol/kg) でも尿は高信号になる。この場合、投与量を体重で換算するのは実際には煩雑なため、我々の施設では一律2 ml を投与している<sup>5)</sup>。腎機能正常例では、投与3分後から腎杯の信号が上昇しはじめ、以後漸増し7~10分後、腎盂腎杯に造影剤が充満した像が得られる。一方、腎実質の信号は漸減していく。したがって、10分後は尿路と周囲とのコントラストはより明瞭化する。腎機能に関しては、造影剤の排泄が正常な例、遅延している例、10分後でも認められない例の少なくとも3段階に分けた定性的評価は可能である。またこの方法を用いた場合、背景信号の上昇がわずかであるため、造影剤を追加投与しての検査にほとんど影響を及ぼさない。例えば、引き続きダイナミックスタディや造影 MR angiography を施行しても良好なコントラストの画像を得ることができる。すなわち、シリンジ製剤を用いた場合、まず2 ml 使用して造影 MR urography を撮像し、引き続き残りの造影剤を使用しダイナミックスタディや造影 MR angiography を施行するといった検査計画が成立する。

具体的な薬剤投与方法であるが、Nolte-Ernsting ら<sup>4)</sup>は、Gd-DTPA 0.1 mmol/kg を投与する30~60秒前に、利尿剤として furosemide

を5~10 mg 投与している。我々は<sup>5)</sup>、2 ml の造影剤を1 ml/s で静注し、引き続き20 ml の生理食塩水を1 ml/s で静注し wash out する。これらの投与には2筒式自動注入装置を用いているが、このとき、生理食塩水を50 ml 用のシリンジでセットしておけば、残りの造影剤を使用しての追加検査時、生理食塩水を再度用意する手間を省くことができる。

### 造影 MR urography の尿路描出能

Nolte-Ernsting ら<sup>4)</sup>は利尿剤併用造影 MRU と排泄性尿路造影との詳細な比較を行っている。尿管および膀胱は排泄性尿路造影よりも優れているが、腎盂腎杯は排泄性尿路造影の方が優れている、と報告している。

我々は、T<sub>2</sub>強調像および排泄性尿路造影と、2 ml の造影剤を用いた造影 MR urography (2 ml 造影 MR urography) の尿路描出能とを健常例と比較した。T<sub>2</sub>強調像は呼吸同期下の高速スピンエコー法と、呼吸停止下の single shot fast spin echo 法の両方と比較したが、腎盂腎杯および尿管の描出はいずれも2 ml 造影 MR urography の方が優れていた。すなわち、非拡張尿管に関しては造影剤により高信号とした方が、T<sub>2</sub>強調像より描出能が優れる、という結果であった。一方、排泄性尿路造影との比較では、腎盂腎杯の描出は排泄性尿路造影の方が優れており、近位尿管はほぼ同等の描出能、そして遠位尿管は2 ml 造影 MR urography の方が優れていた。排泄性尿路造影では遠位尿管は骨盤との重なりによりやや認識しづらくなるが、造影 MR urography は脂肪抑制を付加しているため、骨盤骨からの信号の影響は少なく、また断層像であるため周囲臓器との重なりの影響が少ないことが骨盤部においては幸いした結果である (Fig. 1)。

Nolte-Ernsting ら<sup>4)</sup>は腸管との重なりについ

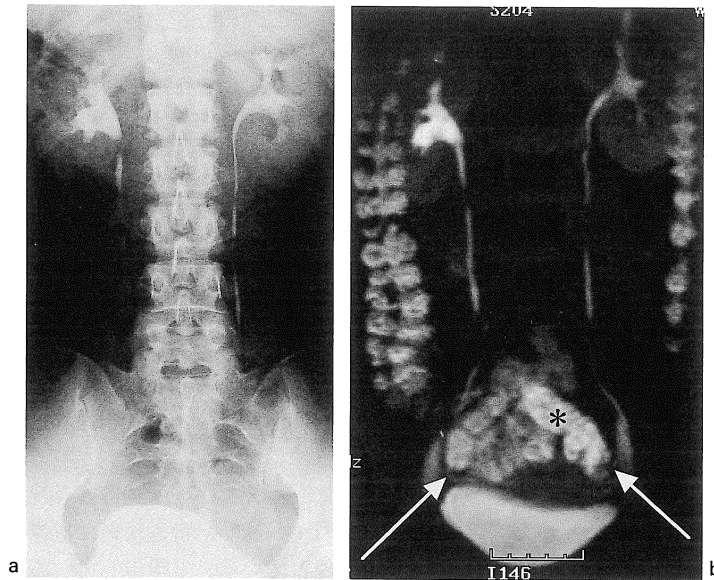


Fig. 1. 27-year-old female healthy volunteer  
(a) Conventional excretory urography shows the urinary tracts, but in the pelvic region, ureter is unclear.  
(b) Coronal contrast-enhanced MR urography using 2 ml Gd-DTPA (eMRU) image also shows the urinary tracts. Distal ureter (arrow) in the pelvic region is well depicted than conventional excretory urography. Colon is noted as high signal intensity structure (asterisk).

て、fluid-filled intestinal loops は水の信号が T<sub>1</sub> 強調像では低信号であるため邪魔にならない、と報告している。しかし、我々の経験では、T<sub>1</sub> 強調像で高信号となった大腸内容物が邪魔になる例は少なくない (Fig. 1)。

利尿剤を併用する方法と、造影剤を少量とする方法とではおそらく前者の方が尿路描出能は優れているものと思われるが、その差がどのくらい臨床的意義があるのかは言及困難である。

#### 造影 MR urography の臨床的有用性

造影 MR urography の臨床的有用性は、「臨床診断に対して造影 MR urography がどれほどの正診率を有するか」という点と、「従来の検査に造影 MR urography を組み合わせることによって診断能が向上するか」という点とがある。

前者に関しては、Nolte-Ernsting ら<sup>4)</sup>が詳細に検討し、正診率は 65~100% で偽陽性率が 0~15% と報告している。我々は、閉塞性尿路疾患を対象に T<sub>2</sub> 強調像での MR urography に 2 ml 造影 MR urography を組み合わせることで診断能が向上するかどうかを検討している。

#### T<sub>2</sub> 強調 MR urography と 2 ml 造影 MR urography の組み合わせ

T<sub>2</sub> 強調 MR urography は腎機能に依存することなく尿路を描出することができる。しかし一方で、腎機能に関する情報は得ることができない。また拡張していない尿路の描出は、利尿剤の使用やフェリセルツ等を用いた背景信号の抑制を行わない場合、十分とはいえない<sup>7)~11)</sup>。2 ml 造影 MR urography を組み合わせること

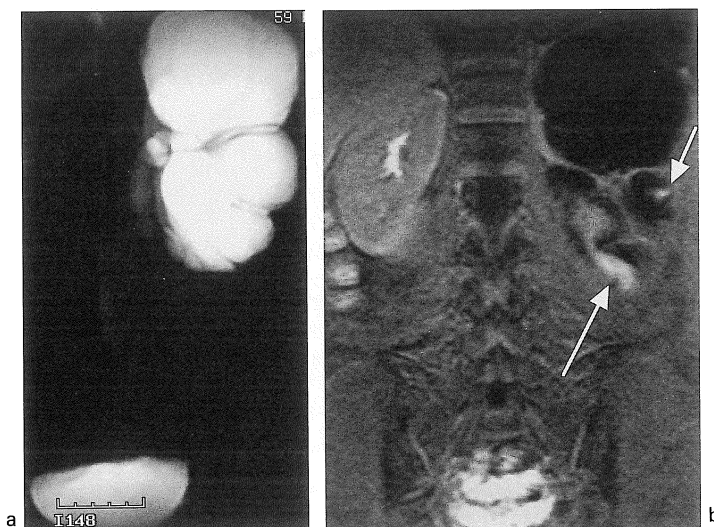


Fig. 2. 59-year-old male with left ureter-pelvis junction (UPJ) stenosis (a) Coronal heavily T<sub>2</sub>-weighted image reveals the left dilated collecting system and the level of obstruction. There is duplication of renal pelvis. (b) Coronal eMRU image. There is no apparent excretion in the upper moiety pelvis, and barely opacification in the lower moiety pelvis (arrows). Normal excretion is demonstrated in the right kidney.

は、これらの T<sub>2</sub> 強調 MR urography の欠点がある程度カバーすることができる。

実際の臨床例においてどのような点で有用であったかを述べる。まず、造影剤の排泄能という点においては、2 ml 造影 MR urography は分腎という単位ではなく、腎のある一部分からの造影剤の排泄があるかどうか、という評価が可能であった (Fig. 2)。拡張していない尿路の描出という点においては、閉塞性尿路疾患における狭窄部より遠位側の尿管の描出能を観察したところ、T<sub>2</sub> 強調像で描出されたのは 16% であったのに対し、2 ml 造影 MR urography では 42% で描出され、狭窄部の移行形態の評価に役立った (Fig. 3)。また、変形した腎盂腎杯と嚢胞、特に parapelvic cyst により腎盂腎杯が圧排変形しているような例では、造影される腎盂腎杯と造影されない parapelvic cyst とを明瞭に区別することができ、各々の位置関係がよくわかった。尿路結石症例では、2 ml

造影 MR urography により病側の造影剤排泄が遅延しているかどうかの評価ができ、更に造影剤排泄がある程度保たれている症例では結石が filling defect として描出され、T<sub>2</sub> 強調 MR urography で得られた所見の裏付けとして役立った (Fig. 4)。

#### 造影剤を追加投与してのダイナミック検査、 造影 MR angiography

我々は 2 ml 造影 MR urography を施行した場合、必ず残りの造影剤を追加投与してダイナミック検査ないし造影 MR angiography を施行している。造影剤の排泄能がある症例では、尿路と血管とのいずれもが高信号として描出されている像を得ることができる。これまで、尿管が高信号となることが不利益となった症例は経験していない。この検査により、腫瘍例においては腫瘍の深達度、腫瘍と周囲血管との関係

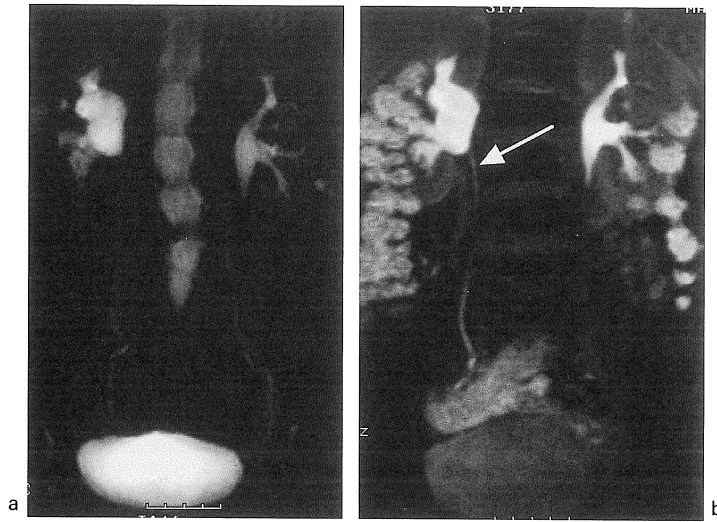


Fig. 3. 64-year-old female with right ureter-pelvis junction (UPJ) stenosis  
(a) Coronal heavily T<sub>2</sub>-weighted image shows dilatation of right pelvicalyceal system but not show the ureter distal to the UPJ stenosis.  
(b) Coronal eMRU image shows the non-dilated ureter distal to the UPJ stenosis (arrow). The opacification in right dilated ureter is same to that in normal left collecting system.

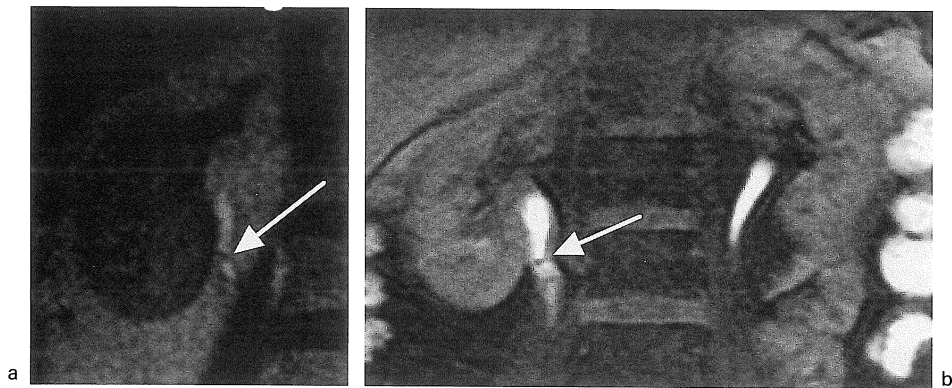


Fig. 4. 56-year-old female with ureterolithiasis of the ureteropelvic junction  
(a) Coronal T<sub>2</sub>-weighted image shows small low signal intensity lesion (arrow) at ureteropelvic junction.  
(b) Coronal eMRU image. The right proximal ureter is optimally opacified and ureterolithiasis at ureteropelvic junction is depicted as a small defect (arrow).

の評価に役立つ。また腎動静脈奇形等の腎血管病変の評価ができ、血管と尿管の位置関係の評価ができる。そして、排泄性尿路造影でいわゆ

る vascular impression と評価されていた所見が、vascular compression と表現できる画像が得られるようになった (Fig. 5)。

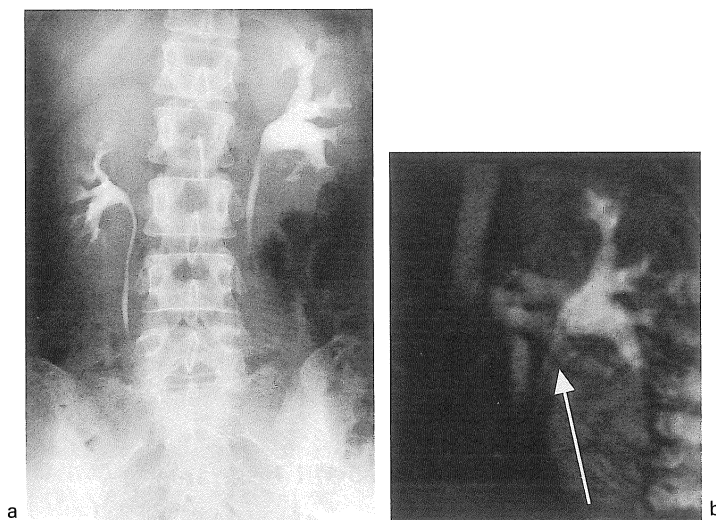


Fig. 5. 30-year-old female with UPJ stenosis  
(a) Conventional excretory urography shows UPJ stenosis that suspected so-called "vascular impression".  
(b) Coronal composite image, enhanced MR urography and contrast-enhanced MR angiography, shows that dilated branch of renal vein causes UPJ stenosis (arrow).

### おわりに

造影 MR urography の撮像方法および臨床的有用性を述べた。同方法は、従来検査に置き換わるものではない。従来検査と組み合わせて用いることにより、より多くの情報を得ることができ、また、従来検査の適応とならない対象に対する新たな診断手段として位置付けられるものと考えられる。

### 文 献

- 1) Nolte-Ernsting C, Adam G, Bucker A, Berges S, Bjornerud A, Gunther RW : Contrast-enhanced magnetic resonance urography. First experimental results with a polymeric gadolinium blood-pool agent. *Invest Radiol* 1997 ; 32 : 418-423
- 2) Nolte-Ernsting C, Bucker A, Adam G, Neuerburg J, Gunther RW : T<sub>1</sub>-weighted excretory MR urography using Gd-DTPA after low-dose

diuretic administration. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahren* 1997 ; 167 : 314-318

- 3) Dorsam J, Knopp MV, Oesingmann N, Schad L, Brkovic D, van Kaick G, Staehler G : Magnetic resonance urography. First clinical results. *Urologe A* 1997 ; 36 : 173-176
- 4) Nolte-Ernsting CC, Bucker A, Adam GB, Neuerburg JM, Jung P, Hunter DW, Jakse G, Gunther RW : Gadolinium-enhanced excretory MR urography after low-dose diuretic injection : comparison with conventional excretory urography. *Radiology* 1998 ; 209 : 147-157
- 5) 大淵真男, 高原太郎, 高橋光幸, 他 : 呼吸停止下三次元造影 MR Urography—少量 (2 ml) 造影剤による試み—. *日医放会誌* 1998 ; 58 : 163-165
- 6) 扇 和之, 佐藤公彦, 田中佐織, 他 : 尿路系の MR urography. *INNERVISION* 1998 ; 13(10) : 46-50
- 7) Rothpearl A, Frager D, Subramanian A, Bashist B, Baer J, Kay C, Cooke K, Raia C : MR urog-

- raphy : technique and application. Radiology 1995 ; 194 : 125-130
- 8) Aerts P, Van Hoe L, Bosmans H, Oyen R, Marchal G, Baert AL : Breath-hold MR urography using the HASTE technique. AJR Am J Roentgenol 1996 ; 166 : 543-545
- 9) Tang Y, Yamashita Y, Namimoto T, Abe Y, Nishiharu T, Sumi S, Takahashi M : The value of MR urography that uses HASTE sequences to reveal urinary tract disorders. AJR Am J Roentgenol 1996 ; 167 : 1497-1502
- 10) O'Malley ME, Soto JA, Yucel EK, Hussain S : MR urography : evaluation of a three-dimensional fast spin-echo technique in patients with hydronephrosis. AJR Am J Roentgenol 1997 ; 168 : 387-392
- 11) Hirohashi S, Hirohashi R, Uchida H, Kitano S, Ono W, Ohishi H, Nakanishi S : MR cholangiopancreatography and MR urography : improved enhancement with a negative oral contrast agent. Radiology 1997 ; 203 : 281-285

### Contrast-enhanced MR Urography

Masao OBUCHI<sup>1</sup>, Hideharu SUGIMOTO<sup>1</sup>, Taro TAKAHARA<sup>2</sup>,  
Takaki HAYASHI<sup>1</sup>, Kenji TAKIZAWA<sup>1</sup>, Minoru HONDA<sup>1</sup>,  
Hiroyuki SHINOHARA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Radiology, Showa University Fujigaoka Hospital  
1-30 Fujigaoka, Aoba-ku, Yokohama, Kanagawa 227-8501*

<sup>2</sup>*Department of Radiology, Kyorin University*

Contrast-enhanced MR urography (eMRU) using gadopentate dimeglumine (Gd-DTPA) gives us both the morphological and functional information. However, usage of standard dose of Gd-DTPA causes excessive concentration of endoluminal Gd-DTPA in the urine and decreased endoluminal signal due to T<sub>2</sub> shortening effects. Therefore, a very small amount of contrast material (2 ml) is enough to demonstrate the urinary tract positively without T<sub>2</sub> shortening effect. MR urography using fast spin-echo sequences (T<sub>2</sub>W-MRU) can provide us high-quality images of the dilated urinary tract and adjacent abnormalities, However, they cannot show functional information or morphology of non-dilated ureters. Combined usage of eMRU and T<sub>2</sub>W-MRU overcomes potential limitations of each. Thus it is useful for depicting the ureter distal to the stenosis, detecting the calculus and differentiating the deformed calyces from the cyst. Furthermore the usage of 2 ml of Gd-DTPA does not increase nuisance signals from the background. Therefore, it enables us to have additional contrast-enhanced MR angiography (eMRA) using additional Gd-DTPA. This eMRA well demonstrates the anatomical correlation between enhanced ureter and enhanced vascular structure.