

# 日本磁気共鳴医学会研究プロジェクト「ルーチン MRI 撮像法の標準化検討」成果報告 (第2報：上腹部，女性骨盤，前立腺および膀胱)

山下 康行

熊本大学大学院医学薬学研究部放射線診断学部門

【メンバー】 京都大学放射線医学講座 富樫かおり，中本裕土，神戸大学医学部附属病院放射線部 川光秀昭，住友別子病院放射線科 加藤 勤，兵庫県立成人病センター放射線科 門澤秀一，西神戸医療センター放射線科 松井美詠子（現 加古川市民病院放射線科），島根大学医学部放射線医学講座 北垣 一，内田幸司，産業医科大学放射線医学講座 興沼征典，東京慈恵会医科大学放射線医学講座 福田国彦，聖マリアンナ医科大学放射線医学講座 中島康雄，三重大学放射線医学講座 佐久間 肇，大阪成人病センター放射線診断科 鳴海善文（現 大阪医科大学放射線医学教室），堀之内 隆，長崎大学放射線医学講座 上谷雅孝，東海大学医学部附属病院放射線部 室伊三男，日本医科大学附属病院放射線部 土橋俊男，奈良県立医科大学附属病院放射線部 土井 司，熊本大学附属病院中央放射線部 林田佳子，小味昌憲，同医学部保健学科 肥合康弘

## 背景と目的

第1報参照のこと。

## 活動方針

第1報参照のこと。

## 上腹部

熊本大学大学院医学薬学研究部放射線診断学部門 山下康行

### 目的別パルス系列と撮像断面

複数施設および論文のサーベイ結果より，上腹部の MRI では次のような目的でプロトコールは大別化されていた。

- A. 肝腫瘍性病変
- B. 膵胆管
- C. 腎
- D. 尿管病変
- E. 副腎病変

### A. 肝腫瘍性病変

肝腫瘍性病変の検査は肝腫瘍の血行動態による鑑別並びに肝臓癌の検出を目的としたダイナミック MRI と転移性肝腫瘍の検出並びに腫瘍内の網内系の有無の評価を目的とした SPIO 検査に大別される。

#### a. ダイナミック MRI

Fast spin echo T<sub>2</sub>強調 (A)

Gradient echo T<sub>1</sub>強調 (A, dual echo 法を行うことは B)

Dynamic T<sub>1</sub> gradient echo (A)

ダイナミック MRI は主に肝腫瘍の血行動態による鑑別並びに肝臓癌の検出を目的として行われる。Fast spin echo 法による T<sub>2</sub> 強調画像並びに gradient echo 法による T<sub>1</sub> 強調画像、および Gd キレート造影剤を用いた急速静注による dynamic study を行う。造影前 T<sub>1</sub> 強調画像は dual echo 法によって in phase と opposed phase を撮ってもよい。撮像は動脈相 (30 秒後前後)、門脈相 (60 秒後前後) 並びに平衡相 (180 秒後前後) に開始する。血行動態を詳細に見る場合はさらに多くの時相を撮ってもよい。またこの dynamic study は in phase の方が望ましい。最近では 3D の gradient echo 法による dynamic MRI もよく行われている。

#### b. 肝臓の SPIO

Fast spin echo T<sub>2</sub> 造影前 (B)/造影後 (A)

T<sub>2</sub>\* 造影前 (C1)/造影後 (A)

T<sub>1</sub>-gradient echo (short TE) 造影前 (B)/造影後 (A)

In/out gradient echo-T<sub>1</sub> 造影前 (B)

質的診断を求めない場合には SPIO 投与前撮像を省略することも可能。

SPIO 検査は主に転移性肝腫瘍の検出並びに腫瘍内の網内系の有無の評価を目的として行われる。通常、T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像、T<sub>2</sub>\* 強調の造影前後を撮ることが望ましいが、質的診断を求めない場合には SPIO 投与前撮像を省略することも可能である。Single shot の SPIO 画像は濃度分解能、空間分解能が悪いので、T<sub>2</sub> 強調画像、T<sub>2</sub>\* 強調の代用とはならない。

#### B. 膵胆管系

膵胆管系の検査としては通常の T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像に加えて、膵胆管を評価する場合は MRCP を行う。また、膵癌などの実質性病変が疑われる場合はダイナミック MRI を行う。

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調 (A)

Gradient echo T<sub>1</sub> (A)

脂肪抑制 gradient echo T<sub>1</sub> (膵臓の場合、B)

Single shot fast SE 冠状断 (胆管の場合、B)

Single shot MRCP (A)

Multislice MRCP (原画像および MIP 像)  
(A)

Dynamic T<sub>1</sub> gradient echo (B)

膵胆管系における MRI の適応はマルチスライス CT によるダイナミック CT で診断に疑問がある場合や膵管や胆管を評価したい場合、膵の嚢胞性病変の評価、ヨードアレルギーがある場合、腎機能不良例などである。T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像並びに厚いスラブによる projection 法と、MIP 法による MRCP を行う。またマルチスライス MRCP の原画像も詳細な膵胆管の評価に有効である。また膵実質の評価には脂肪抑制の T<sub>1</sub> 強調画像の有効性も報告されている。膵癌などが疑われる場合には Gd キレートによる造影を行う。この場合、肝臓と同様にダイナミック MRI を行うことが望ましい。

#### C. 腎

腎臓の検査は腎腫瘍性病変を評価する場合と腎血管を評価する場合に大別される。

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 (A)

Gradient echo T<sub>1</sub> 強調画像 (A)

Single shot fast spin echo 冠状断 (B)

Dynamic T<sub>1</sub> gradient echo (A) あるいは

Gd-DTPA 3D MR angiography (B)

腎における MRI の適応はマルチスライス CT によるダイナミック CT で診断に疑問がある場合やヨードアレルギーがある場合、腎機能不良例などである。T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像横断像、並びに single shot 法による冠状断像を撮像する。癌などが疑われる場合には Gd キレートによるダイナミック MRI を行う。また血管性病変が疑われる場合は Gd-DTPA を用いた 3D MR angiography を行う。また、造影後の脂肪抑制 T<sub>1</sub> 強調画像は腎腫瘍の検出に有効性が報告されている。

## D. 尿管病変

尿管系の検査としては通常の T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像に加えて、MR urography を行う。

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調 (A)

Gradient echo T<sub>1</sub> (A)

Single shot fast SE 冠状断 (B)

MR urography (A)

Single shot 法

Multislice 法 (原画像および MIP 像)

造影後脂肪抑制 gradient echo T<sub>1</sub> 強調画像 (B) 横断, 冠状断

尿管病変における MRI の適応はマルチスライス CT によるダイナミック CT で診断に疑問がある場合やヨードアレルギーがある場合、腎機能不良例などである。T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像横断像、並びに single shot 法による冠状断像および MR urography を撮像する。癌などが疑われる場合には Gd キレートによる造影 MRI を行い、造影後脂肪抑制 gradient echo T<sub>1</sub> 強調画像の横断、冠状断を撮像する。尿管病変に対する dynamic study の有効性は報告されていない。

## E. 副腎病変

副腎の評価には T<sub>2</sub> 強調画像と chemical shift image を行う。

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調 (A)

In/out gradient echo T<sub>1</sub> (A)

Single shot fast SE 冠状断 (C1)

副腎病変における MRI の適応は CT で診断に疑問がある場合である。T<sub>1</sub> 強調画像、T<sub>2</sub> 強調画像横断像、並びに single shot 法による冠状断像および dual echo 法による chemical shift imaging を撮像する。褐色細胞腫の検出には T<sub>2</sub> 強調画像が有効であり、腺腫の診断には chemical shift image が有効である。造影 MRI の意義は通常乏しい。

## F. 腹部 MR angiography

胸腹部、骨盤、下肢では造影剤使用の MR angiography が行われることが多い。

3D gradient echo 法 造影前後

腹部大動脈や腎動脈などの評価に用いられる。同様の方法で、大動脈から下肢まで評価することも可能である。造影剤を用いない TOF 法は勧められない。また fast spin echo や SSFP を発展させた (FBI 法や True FISP 法など) 非造影の MR angiography が可能な機種もある。

最近では CT angiography でも同様の画像が得られるが、MR angiography は電離放射線の被曝がなく、ヨード造影剤にアレルギーがある患者や腎機能がやや低下している患者でも施行可能である。一方マルチスライス CT による CT angiography は分解能が高いこと、石灰化も評価可能であること、subtraction が不要なこと、検査時間が短いこと、MR angiography に比しコストが低いことなどが利点として挙げられる。

## 各パルス系列における設定パラメータ

複数施設および論文のサーベイ結果より、1.5 tesla の装置を用いた上腹部の MRI では次のような parameter が用いられており、推奨される。

① 上腹部 T<sub>2</sub> 強調画像

呼吸同期が行われることが多いが (A)、十分なコントラストおよび分解能が得られれば呼吸停止下に行ってもよい (B)。

## a. 呼吸同期法

Fast spin echo (TR-/TE 100 前後)

ETL 10~15

slice 厚 8 mm

slice 枚数 20 枚

撮像時間 5 分

脂肪抑制を付加してもよい (B)

## b. 呼吸停止法

HASTE 法 (SSFSE 法 TR/TE = inf/80 前後) あるいは

Fast spin echo (TR 3000 前後/TE 100 前後/ETL 20~30)

slice 厚 8 mm  
 slice 枚数 15~20 枚  
 撮像時間 16~20 秒  
 脂肪抑制を付加してもよい (B)  
 横断像のみならず胆管系などの評価には  
 冠状断も有効である。

最近の腹部の MRI 検査では T<sub>2</sub> 強調画像では spin echo 法に変わって、fast spin echo 法が用いられている。Fast spin echo 法は従来型の spin echo のスキャン時間を大幅に短縮し、ほぼ同様のコントラストが得られるため多くの施設で T<sub>2</sub> 強調画像としてルーチンに用いられている。その際撮像時間を短くするには TR を短くし、echo train 数を多くする必要があるが、過度に行くと組織間コントラストが低下したり、blurring が増えるため、trade off が必要となる。腹部撮像で echo train 数をある程度に抑さえ、分解能を維持するためには数分間の撮像が必要となる。最近では呼吸同期を併用することが多い。TR は 3000~4000 ms、TE は 80~100 ms、echo train は 10~15 が用いられ、この間でパルス系列の設定を行えば標準的な画像が得られると考えられる。

一方、fast spin echo 法でエコートレインを大きくすることで呼吸停止が可能となる。しかしその際には echo train をかなり増やす必要があり、コントラストはやや低下する。さらに最近では single shot のパルス系列である half Fourier single shot fast spin echo 法 (SSFSE 法あるいは HASTE 法) もよく用いている。このパルス系列は動きによるアーチファクトに大変強く、腹部や骨盤では大変有用な方法であるが、軟部のコントラストはかなり悪く、これのみで T<sub>2</sub> 強調画像として用いることには問題がある。しかし、呼吸同期が十分に機能せずに画質不良となる場合もあり、そのような場合には積極的に応用すべきであろう。

また T<sub>2</sub> 強調画像に脂肪抑制を併用する場合も多いが、これはコントラストを増強するには有効である。しかし画像全体の SN 比は低下す

るため、その仕様についてはコンセンサスはない。

## ② 上腹部 T<sub>1</sub> 強調画像

呼吸停止下の gradient echo 法が行われることが多く勧められる (A)。

2D gradient echo (TR 150 前後 / TE 4 前後)

脂肪抑制 -  
 slice 厚 8 mm  
 slice 枚数 15~20 枚  
 撮像時間 16~20 秒

腹部では spin echo 法による長時間の撮像では呼吸によるアーチファクトは避けられず、最近の MRI 装置では呼吸停止下の 2D マルチスライスの gradient echo 法の方が画質がよいことが多い。そのため、現在では大半の施設で、呼吸停止下の 2D マルチスライスの gradient echo 法が標準的なパルス系列として用いられている。

## ③ T<sub>1</sub> 強調画像 dual echo T<sub>1</sub> 強調画像

いわゆる chemical shift image である。呼吸停止下の gradient echo 法を用いて、in phase (TE=4.5) と opposed phase (TE=2.3) が行われる。腹部では副腎の腺腫や肝臓の微量の脂肪の検出に有効である (A)。

2D gradient echo (TR 150 前後 / TE 2.4 and 4.6)

脂肪抑制 -  
 slice 厚 8 mm  
 slice 枚数 15~20 枚  
 撮像時間 16~20 秒

Chemical shift 法は水と脂肪の共鳴周波数が異なることを利用した撮像法で、gradient echo 法で行われ、微量の脂肪の検出 (副腎腺腫、脂肪肝などの診断) に有利である。最近では gradient echo 法で dual echo で in phase と opposed phase が一度の撮像可能な機種が増えており、通常の T<sub>1</sub> 強調画像は dual echo 法で行い、ダイナミック検査を in phase で行っている施設も多いようである (B)。

④ ダイナミック造影

2D gradient echo 法が行われることが多く勧められる (A). 3D の gradient echo 法が可能な装置では 2D と同等あるいはそれ以上の情報を得ることも可能である (B).

2D gradient echo (TR 150 前後/TE 4 前後)

slice 厚 8 mm

slice 枚数 15~20 枚

撮像時間 16~20 秒

Delay 0, 30, 60~90, 150~300 秒後

脂肪抑制についてはコンセンサスなし (B)

3D gradient echo (TR 4~5 前後/TE 1.2~2 前後/FA 12~20°)

slice 厚 3~5 mm

slice 枚数 24~40 枚

撮像時間 20 秒前後

Delay 0, 30, 60~90, 150~300 秒後

脂肪抑制についてはコンセンサスなし (B)

ダイナミック MRI は Gd キレート造影剤を急速静注後経時的に撮像を繰り返す方法で、パルス系列としては呼吸停止の gradient echo 法による T<sub>1</sub>強調画像が用いられる。ダイナミック MRI の診断能は in phase でも opposed phase でも大差ないとされているが、opposed phase で造影した場合、脂肪の多い組織では paradoxical な信号抑制が起こることがあり、勧められない (D).

ダイナミック検査の撮像タイミングは多くの施設で 4 相行われており、通常の診断ではこれ以上撮像を重ねても読影の手間が増えるだけであろう (C2).

一方、最近では一部の機種では MR angiography のパルス系列を発展させた、3D の gradient echo 法が可能となり、薄いスライスの画像が得られ、またダイナミック MRI の画像から血管像の再構成も可能である。

⑤ SPIO T<sub>2</sub>\*

鉄の検出を目的とした SPIO 法では T<sub>2</sub>\*法の有効性が数多く報告されている (A).

2D gradient echo TR 150 前後 (上下 2 回)/TE 8~10

脂肪抑制-

slice 厚 8 mm

slice 枚数 15~20 枚

撮像時間 20 秒前後 (肝臓では上下 2 回に分けて撮像)

SPIO 投与後には磁場の不均一性に鋭敏な T<sub>2</sub>\*強調像の有用性が報告されている。Gradient echo 法において、TE を長くすると (20~50 ms) T<sub>2</sub>\*強調像が得られるが、SPIO 造影で用いられる T<sub>2</sub>\*強調像では画質の点から TE を 10 ms 以下にしても十分なコントラストが得られるといわれている。現在、多くの機種では肝臓を息どめ下ですべてカバーするには頭側と足側の 2 度に分けて撮像する必要がある。

⑥ MRCP および MR urography

MRCP では脂肪抑制を付加した強い T<sub>2</sub>強調画像が基本であり、厚いスラブによる projection 法と、マルチスライス法による MIP 法が行われることが多い (A).

a. Projection 法

Fast spin echo 法あるいは RARE 法 (非常に長い TR/TE=5000 ms 以上/1000 ms)

スライス厚 50 mm

脂肪抑制+

b. Multislice-MIP 法

HASTE 法 (SSFSE 法 TR/TE=inf/1000 ms) あるいは呼吸同期の 3D や long TR の 2D-fast spin echo 法 (TR/TE=/500~700 ms)

スライス厚は 4~5 mm

脂肪抑制+

現在の MR hydrography の主流は fast spin echo 法やその single shot 法である half Fourier single shot fast spin echo 法 (SSFSE あるいは HASTE 法) である。これらのパルス系列では通常のイメージングよりも effective TE

を数 120 ms から 1000 ms 程度まで延長させ、脂肪をはじめとした背景の信号を抑制させる。また echo space も長く設定し水以外の信号をできるだけ除去することで水を強調して描出している。

また half Fourier 法を用いる代わりに effective TE を 1000 ms 程度まで延長し、single shot の厚いスライス厚で撮像する方法 (true RARE 法とも呼ばれる) も用いられる。True RARE 法の方が half Fourier single shot fast spin echo 法より周囲の背景信号が良く抑制される。

一方、撮像スライス厚によって厚いスラブを用いる projection 法と multislice 法に大別されるが、多くの施設で、前者は true RARE 法が後者では half Fourier single shot fast spin echo 法 (SSFSE あるいは HASTE 法) が用いられていたが、いずれも呼吸停止で撮像する方法である。一方一部の機種では一方呼吸同期下に 3D で高い分解能を得る方法も行われている。

MR urography の方法も MRCP に準じる。

#### ⑦ Gd-DTPA 3D MR angiography

Coronal の gradient echo 法を用いて、Gd キレート剤の急速静注後撮像し、血管像を得る方法である。

3D gradient echo 法

TR/TE = 5/1.5~3 程度 TR/TE は短いほど望ましい。

Flip 角 30°

スラブ厚 60~80 mm

FOV 50 cm

Matrix 512 (256)

近年 Gd-DTPA を急速に静注して血管内に高濃度の造影剤が存在している間に高速のスキャンを行う方法が行われる。本法では gradient echo 法による T<sub>1</sub> 強調像を撮像し、得られた原画像から MIP 処理によって血管像を得る。撮像方向は、slab を血流方向と平行に設定した冠状断とすることにより、広い範囲の画像が可能である。最近では前述の高速 3D

gradient echo 法 (TR 5 ms 以下) を用いて呼吸停止下に高分解能および高い SNR の三次元の撮像が行われる。Gd キレート剤の急速静注後 (2~3 ml/s) に撮像する。Dual injector を用いて生食 20 ml でフラッシュすることが望ましい。撮像はパルス系列の k-space の中央付近で撮像する。冠状断で造影前後に撮像し、subtraction を行い、MIP 画像を作製する。

TE を短縮することにより、乱流による信号の voxel 内の spin の位相分散を最小にし、高い T<sub>1</sub> コントラストを得ることが可能となる。また脂肪の信号をキャンセルするためには out of phase になるような TE が望ましい (1.5T では 2.2, 6.6 ms)。腹部、骨盤部では必ずしも flow compensation を必要とせず TE を短縮させた方がよい結果が得られることが多い。

また、補間を行ったり、centric ordering によって、高画質で適切なタイミングで撮像できるような方法もあり、機器ごとに最適の撮像法を検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) Kanematsu M, Osada S, Amaoka N, Goshima S, Kondo H, Kato H, Nishibori H, Yokoyama R, Hoshi H, Moriyama N: Expression of vascular endothelial growth factor in hepatocellular carcinoma and the surrounding liver and correlation with MRI findings. AJR Am J Roentgenol 2005; 184: 832-841
- 2) Huang J, Raman SS, Vuong N, Sayre JW, Lu DS: Utility of breath-hold fast-recovery fast spin-echo T<sub>2</sub> versus respiratory-triggered fast spin-echo T<sub>2</sub> in clinical hepatic imaging. AJR Am J Roentgenol 2005; 184: 842-846
- 3) Kim SH, Choi D, Kim SH, Lim JH, Lee DJ, Kim MJ, Lim HK, Lee SJ: Ferucarbotran-enhanced MRI versus triple-phase MDCT for the preoperative detection of hepatocellular carcinoma. AJR Am J Roentgenol 2005; 184: 1069-1076
- 4) Sahani DV, Kalva SP, Fischman AJ, Kadavigere R, Blake M, Hahn PF, Saini S: Detection of liver

- metastases from adenocarcinoma of the colon and pancreas : comparison of mangafodipir trisodium-enhanced liver MRI and whole-body FDG PET. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 185 : 239-246
- 5) Hussain HK, Syed I, Nghiem HV, Johnson TD, Carlos RC, Weadock WJ, Francis IR : T2-weighted MR imaging in the assessment of cirrhotic liver. *Radiology* 2004 ; 230 : 637-644
  - 6) Pijl ME, Doornbos J, Wasser MN, van Houwelingen HC, Tollenaar RA, Bloem JL : Quantitative analysis of focal masses at MR imaging : a plea for standardization. *Radiology* 2004 ; 231 : 737-744
  - 7) Chen RC, Li CS, Lii JM, Chen WT, Tu HY : Peritumoral fat-spared area is well correlated with the presence of temporal peritumoral enhancement in hepatic hemangioma in fatty liver. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 22 : 86-91
  - 8) Hussain SM, De Becker J, Hop WC, Dwarkasing S, Wielopolski PA : Can a single-shot black-blood T2-weighted spin-echo echo-planar imaging sequence with sensitivity encoding replace the respiratory-triggered turbo spin-echo sequence for the liver? an optimization and feasibility study. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 21 : 219-229
  - 9) Matsuo M, Kanematsu M, Itoh K, et al. : Detection of malignant hepatic tumors with ferumoxides-enhanced MRI : comparison of five gradient-recalled echo sequences with different TEs. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 182 : 235-242
  - 10) Kim YK, Kim CS, Lee YH, Kwak HS, Lee JM : Comparison of superparamagnetic iron oxide-enhanced and gadobenate dimeglumine-enhanced dynamic MRI for detection of small hepatocellular carcinomas. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 182 : 1217-1223
  - 11) Youk JH, Lee JM, Kim CS : MRI for detection of hepatocellular carcinoma : comparison of mangafodipir trisodium and gadopentetate dimeglumine contrast agents. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 183 : 1049-1054
  - 12) Limanond P, Raman SS, Sayre J, Lu DS : Comparison of dynamic gadolinium-enhanced and ferumoxides-enhanced MRI of the liver on high- and low-field scanners. *J Magn Reson Imaging* 2004 ; 20 : 640-647
  - 13) Martin DR, Seibert D, Yang M, Salman K, Frick MP : Reversible heterogeneous arterial phase liver perfusion associated with transient acute hepatitis : findings on gadolinium-enhanced MRI. *J Magn Reson Imaging* 2004 ; 20 : 838-842
  - 14) Psatha EA, Semelka RC, Armao D, Woosley JT, Firat Z, Schneider G : Hepatocellular adenomas in men : MRI findings in four patients. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 22 : 258-264
  - 15) Naganawa S, Sato C, Nakamura T, Kumada H, Ishigaki T, Miura S, Maruyama K, Takizawa O : Diffusion-weighted images of the liver : comparison of tumor detection before and after contrast enhancement with superparamagnetic iron oxide. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 21 : 836-840
  - 16) Braga L, Semelka RC, Pietrobon R, Martin D, de Barros N, Guller U : Does hypervascularity of liver metastases as detected on MRI predict disease progression in breast cancer patients? *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 182 : 1207-1213
  - 17) Tanimoto A, Wakabayashi G, Shinmoto H, Okuda S, Kuribayashi S, Mukai M : The mechanism of ring enhancement in hepatocellular carcinoma on superparamagnetic iron oxide-enhanced T1-weighted images : an investigation into peritumoral Kupffer cells. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 21 : 230-236
  - 18) Pilleul F, Rochette A, Partensky C, Scoazec JY, Bernard P, Valette PJ : Preoperative evaluation of intraductal papillary mucinous tumors performed by pancreatic magnetic resonance imaging and correlated with surgical and histopathologic findings. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 21 : 237-244
  - 19) Brody JM, Schafer L, Tung GA, Breuer J, Shamsi K : Conspicuity of liver hemangiomas : short tau inversion recovery, T1, and T2 imaging with gadolinium ethoxybenzyl diethylenetriaminepentaacetic acid. *J Magn Reson Imaging* 2005 ; 21 : 391-397
  - 20) Ito K, Fujita T, Shimizu A, Koike S, Sasaki K, Matsunaga N, Hibino S, Yuhara M : Multiarterial phase dynamic MRI of small early enhancing hepatic lesions in cirrhosis or chronic hepatitis :

- differentiating between hypervascular hepatocellular carcinomas and pseudolesions. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 183 : 699-705
- 21) Tom WW, Yeh BM, Cheng JC, Qayyum A, Joe B, Coakley FV : Hepatic pseudotumor due to nodular fatty sparing : the diagnostic role of opposed-phase MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 183 : 721-724
  - 22) Mori K, Yoshioka H, Takahashi N, Yamaguchi M, Ueno T, Yamaki T, Saida Y : Triple arterial phase dynamic MRI with sensitivity encoding for hypervascular hepatocellular carcinoma : comparison of the diagnostic accuracy among the early, middle, late, and whole triple arterial phase imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 184 : 63-69
  - 23) Lim JS, Kim MJ, Kim JH, Kim SI, Choi JS, Park MS, Oh YT, Yoo HS, Lee JT, Kim KW : Preoperative MRI of potential living-donor-related liver transplantation using a single dose of gadobenate dimeglumine. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 185 : 424-431
  - 24) Alustiza JM, Artetxe J, Castiella A, Agirre C, Emparanza JI, Otazua P, Garcia-Bengochea M, Barrio J, Mujica F, Recondo JA : MR quantification of hepatic iron concentration. *Radiology* 2004 ; 230 : 479-484
  - 25) Tang Y, Yamashita Y, Namimoto T, Abe Y, Takahashi M : Liver T2-weighted MR imaging : comparison of fast and conventional half-Fourier single-shot turbo spin-echo, breath-hold turbo spin-echo, and respiratory-triggered turbo spin-echo sequences. *Radiology* 1997 ; 203 : 766-772
  - 26) Namimoto T, Yamashita Y, Awai K, Arakawa A, Nakayama Y, Morishita S, Araki Y : Detection of hepatocellular carcinoma using double-echo FLASH sequence during the hepatic arterial phase. *Magn Reson Med Sci* 2004 ; 3 : 87-93
- ic sonography in suspected common bile duct lithiasis : a prospective, comparative study. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 184 : 55-62
- 2) Valls C, Alba E, Cruz M, Figueras J, Andia E, Sanchez A, Llado L, Serrano T : Biliary complications after liver transplantation : diagnosis with MR cholangiopancreatography. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 184 : 812-820
  - 3) Hottat N, Winant C, Metens T, Bourgeois N, Deviere J, Matos C : MR cholangiography with manganese dipyriddyloxyl diphosphate in the evaluation of biliary-enteric anastomoses : preliminary experience. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 184 : 1556-1562
  - 4) Monill J, Pernas J, Clavero J, Farre A, Morales A, Gonzalez M, Artigas V, Martinez-Noguera A : Pancreatic duct after pancreatoduodenectomy : morphologic and functional evaluation with secretin-stimulated MR pancreatography. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 183 : 1267-1274
  - 5) Park MS, Kim KW, Yu JS, et al. : Early biliary complications of laparoscopic cholecystectomy : evaluation on T2-weighted MR cholangiography in conjunction with mangafodipir trisodium-enhanced T1-weighted MR cholangiography. *AJR Am J Roentgenol* 2004 ; 183 : 1559-1566
  - 6) Ward J, Sheridan MB, Guthrie JA, Davies MH, Millson CE, Lodge JP, Pollard SG, Prasad KR, Toogood GJ, Robinson PJ : Bile duct strictures after hepatobiliary surgery : assessment with MR cholangiography. *Radiology* 2004 ; 231 : 101-108
  - 7) Limanond P, Raman SS, Ghobrial RM, Busuttill RW, Lu DS : The utility of MRCP in preoperative mapping of biliary anatomy in adult-to-adult living related liver transplant donors. *J Magn Reson Imaging* 2004 ; 19 : 209-215
  - 8) Yamashita Y, Abe Y, Tang Y, Urata J, Sumi S, Takahashi M : *In vitro* and clinical studies of image acquisition in breath-hold MR cholangiopancreatography : single-shot projection technique versus multislice technique. *AJR Am J Roentgenol* 1997 ; 168 : 1449-1454
- MRCP 関係**
- 1) Aube C, Delorme B, Yzet T, Burtin P, Lebigot J, Pessaux P, Gondry-Jouet C, Boyer J, Caron C : MR cholangiopancreatography versus endoscop-



## 女性骨盤

京都大学 中本裕士, 小山 貴, 富樫かおり

### 目的別パルス系列と撮像断面

複数施設および論文のサーベイ結果に基づき、骨盤部の MRI では、原則としてすべての症例にルーチン検査を行い、検査内容や施設の事情に基づいてオプションの撮影法を追加するという方針で行う。

#### A. ルーチン検査

オプションの追加には、下記の疾患群に分けて考える。

- a. 子宮頸癌
- b. 子宮体癌
- c. 子宮奇形
- d. 卵巣疾患

#### A. ルーチン検査

Fast spin echo T<sub>2</sub>強調画像 (HASTE, TrueFISP) 冠状断像 (C1)

Fast spin echo T<sub>2</sub>強調画像 矢状断像および横断像 (A)

Spin echo T<sub>1</sub>強調画像 矢状断像又は横断像 (A)

婦人科の MRI 撮影では、まずルーチン撮像法を施行し、対象疾患や検査時間、検査体制 (技師のみで行うのか、医師が近くに常駐しているのか) などに基づいて、各施設が最適なオプションを選択すると良いと思われる。撮影の基本方針としては、6時間の絶食、腸管の蠕動を抑えるための Buscopan (Glucagon) の投与、phased array coil の使用を原則とする。

T<sub>2</sub>強調画像は fast spin echo (FSE) を用いて、矢状断像、横断像の2方向を撮影する。原則として脂肪抑制はしない。冠状断像は必要に応じて追加してもよい (C1)。腹壁皮下脂肪に saturation band を使用することで、呼吸性

のアーチファクトを減らし、画像のウィンドウ幅を広げることを可能とする。次に、T<sub>1</sub>強調画像は矢状断像、横断像の一方又は両方を、脂肪抑制せずに撮影する。T<sub>1</sub>強調画像を1方向のみで撮影する場合、卵巣疾患、子宮頸癌、子宮筋腫・腺筋症では横断像を選択するのがよい。子宮体癌でも横断像が推奨される (ガイドライン 2003, Lipson 1996)。T<sub>1</sub>強調画像には SE (FSE) を用いることが多いが、グラジエントエコー (in phase) を用いてもよい。

オプションの撮影法

#### 1. 高速 T<sub>2</sub>強調画像の追加

ルーチンの T<sub>2</sub>強調画像の代用とはなりえないが、HASTE や TrueFISP といった高速 T<sub>2</sub>シーケンスによる冠状断像を最初に撮ると、全体像が得られ、位置決めにも有用である。

#### 2. 脂肪抑制の T<sub>1</sub>強調画像の横断像の撮影

ルーチン T<sub>1</sub>強調画像で卵巣などに高信号域を認めた場合に追加するとよい。(又は、現場での判断が難しい場合などでは、脂肪抑制の T<sub>1</sub>強調画像の横断像を、ルーチン T<sub>1</sub>撮影に追加してもよい。) SE, グラジエントエコー (out of phase は微細な脂肪組織も抑制でき、通常の脂肪抑制で皮様嚢腫と確認できない場合に有用) を使用する。

#### 3. 造影検査

ガドリニウム製剤を用いた造影が必要なものは、卵巣腫瘍と子宮内膜癌である。脂肪抑制は必須ではないが、有用なことがある (C1)。一方、造影不要な疾患は、子宮頸癌、成熟奇形種あるいは内膜症性嚢胞と確認でき、悪性腫瘍合併の可能性が疑われない場合、さらに子宮筋腫・腺筋症である。

造影検査は横断像、矢状断像の2方向を基本とする。ルーチンと同様 SE (TSE) を使用

して高分解能画像を得る。脂肪抑制は併用しても、しなくてもよい。しかし、造影前の T<sub>1</sub> 強調画像が脂肪抑制でないと比較が困難な場合があり、時間的に余裕があればルーチン T<sub>1</sub> 強調画像とは別に、脂肪抑制 T<sub>1</sub> 強調画像を造影前にも撮影すると造影効果の評価が容易となる。

ダイナミック造影は、頸癌で早期相が有効という報告や、卵巣の hyper vascular tumor に有用なことがあるが、必須ではない (C1)。グラジエントエコーの out of phase を用いると、脂肪と水分が混ざりあっている組織 (デルモイド) で、微細な脂肪も完全に抑制でき造影効果の判定に役立つことがある。また、撮像時間も短縮できる。ダイナミック撮影後にも、高分解能の T<sub>1</sub> 強調画像を省略しないで撮影するとよい。

#### a. 子宮頸癌

##### ルーチン検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 矢状断像および横断像 (A)

Spin echo T<sub>1</sub> 強調画像 矢状断像又は横断像 (A)

##### オプション検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 斜位横断像 (B)

主病巣の進展範囲を見やすくするため、子宮頸部短軸に垂直な short axis 断面での T<sub>2</sub> 強調画像を追加撮影してもよい。造影は必ずしも必要ではない (C2)。

#### b. 子宮体癌

##### ルーチン検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 矢状断像および横断像 (A)

Spin echo T<sub>1</sub> 強調画像 矢状断像又は横断像 (A)

##### オプション検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 斜位冠状断像 (B)

造影後 Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 矢状断像 (B)

子宮体部に平行な断面 (oblique coronal) 又

は短軸断面で T<sub>2</sub> 強調画像を追加撮影してもよい。造影は筋層浸潤の評価に有用であるという報告と、T<sub>2</sub> 強調画像と同等という報告両者があるが、平衡相で腫瘍と筋層のコントラストが高いという報告があり、行うことを薦める。方向は、矢状断で行う。脂肪抑制は必ずしも必要ではない。T<sub>2</sub> 強調画像で junctional zone の描出が不良な場合には、ダイナミック造影における早期相が筋層浸潤の評価に有用と言われる。

#### c. 子宮奇形

##### ルーチン検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 矢状断像および横断像 (A)

Spin echo T<sub>1</sub> 強調画像 矢状断像又は横断像 (A)

##### オプション検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 斜位冠状断像 (B)

子宮の長軸にあわせた oblique coronal の T<sub>2</sub> 強調画像で、底部の形態を見る。必要例では、両側腎を含む coronal SPGR1 また single shot fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像の冠状断像を撮影してもよい。

#### d. 卵巣疾患

##### ルーチン検査

Fast spin echo T<sub>2</sub> 強調画像 矢状断像および横断像 (A)

Spin echo T<sub>1</sub> 強調画像 矢状断像又は横断像 (A)

##### オプション検査

脂肪抑制 gradient echo T<sub>1</sub> 強調画像 横断像 (B)

造影後脂肪抑制 gradient echo T<sub>1</sub> 強調画像 横断像 (B)

FOV は 20 cm, スライス厚は 4~5 mm, NEX は 1~2 でギャップレスを推奨する。脂肪抑制の T<sub>2</sub> と造影 T<sub>1</sub> は腹膜と肝臓表面の病変の検出を向上させる。

## 参考文献

### Review

- 1) Mitchell DG : Benign disease of the uterus and ovaries. Applications of magnetic resonance imaging. Radiol Clin North Am 1992 ; 30 : 777-787
- 2) McCarthy S : Magnetic resonance imaging of the normal female pelvis. Radiol Clin North Am 1992 ; 30 : 769-775
- 3) Lipson SA, Hricak H : MR imaging of the female pelvis. Radiol Clin North Am 1996 ; 34 : 1157-1182
- 4) Outwater E, Kressel HY : Evaluation of gynecologic malignancy by magnetic resonance imaging. Radiol Clin North Am 1992 ; 30 : 789-806
- 5) Outwater EK, Dunton CJ : Imaging of the ovary and adnexa : clinical issues and applications of MR imaging. Radiology 1995 ; 194 : 1-18
- 6) Fishman-Javitt MC, Lovecchio JL, Stein HL : Imaging strategies for MRI of the pelvis. Radiol Clin North Am 1988 ; 26 : 633-651
- 7) Togashi K : MR imaging of the ovaries : normal appearance and benign disease. Radiol Clin North Am 2003 ; 41 : 799-811
- 8) Kinkel K : Pitfalls in staging uterine neoplasm with imaging : a review. Abdom Imaging 2006 ; 31 : 164-173

### Uterus

- 1) Takahashi S, Murakami T, Narumi Y, et al. : Preoperative staging of endometrial carcinoma : diagnostic effect of T<sub>2</sub>-weighted fast spin-echo MR imaging. Radiology 1998 ; 206 : 539-547
- 2) Kinkel K, Kaji Y, Yu KK, Segal MR, Lu Y, Powell CB, Hricak H : Radiologic staging in patients with endometrial cancer : a meta-analy-

sis. Radiology 1999 ; 212 : 711-718

- 3) Manfredi R, Mirk P, Maresca G, et al. : Local-regional staging of endometrial carcinoma : role of MR imaging in surgical planning. Radiology 2004 ; 231 : 372-378
- 4) Troiano RN, McCarthy SM : Mullerian duct anomalies : imaging and clinical issues. Radiology 2004 ; 233 : 19-34
- 5) Pelage JP, Guaou NG, Jha RC, et al. : Uterine fibroid tumors : long-term MR imaging outcome after embolization. Radiology 2004 ; 230 : 803-809
- 6) Hricak H, Gatsonis C, Chi DS, et al. : American College of Radiology Imaging Network 6651 ; Gynecologic Oncology Group 183 : Role of imaging in pretreatment evaluation of early invasive cervical cancer : results of the intergroup study American College of Radiology Imaging Network 6651-Gynecologic Oncology Group 183. J Clin Oncol 2005 ; 23 : 9329-9337

### Ovary

- 1) Forstner R, Hricak H, Occhipinti KA, Powell CB, Frankel SD, Stern JL : Ovarian cancer : staging with CT and MR imaging. Radiology 1995 ; 197 : 619-626
- 2) Hricak H, Chen M, Coakley FV, et al. : Complex adnexal masses : detection and characterization with MR imaging-multivariate analysis. Radiology 2000 ; 214 : 39-46
- 3) deSouza NM, O'Neill R, McIndoe GA, et al. : Borderline tumors of the ovary : CT and MRI features and tumor markers in differentiation from stage I disease. AJR Am J Roentgenol 2005 ; 184 : 999-1003

## 前立腺および膀胱

大阪府立成人病センター放射線診断科 鳴海善文(現 大阪医科大学), 堀之内 隆

### 前立腺プロトコール

- Phased array coil
- ブスコパン投与が望ましい

### ルーチン撮像法

- 1) T<sub>1</sub>強調 軸断面 (A)
- 2) T<sub>2</sub>強調 軸断面 (A)
- 3) T<sub>2</sub>強調 冠状断面 (A)

• 追加撮像法

- 1) T<sub>2</sub>強調 矢状断面 (背側方向への被膜外浸潤を疑う場合) (B)
- 2) 造影後 T<sub>1</sub>強調軸断面, 冠状断面 (精囊浸潤を疑う場合) (B)
- 3) ダイナミック MRI (T<sub>2</sub>強調で存在診断を確診できない場合) (C1)
- 4) Diffusion (T<sub>2</sub>強調で存在診断を確診できない場合) (C1)

各パルス系列における設定パラメータ

① T<sub>2</sub>強調画像

前立腺 MRI 検査において T<sub>2</sub>強調画像は前立腺の zonal anatomy の明瞭な描出が可能であり, 内腺領域, 外腺領域, 神経血管束, 精囊などが明瞭に描出される。また, 外腺領域に発生した癌は外腺の相対的低信号領域として描出される。そのために空間分解能がよく, T<sub>2</sub>コントラストの良い画像が要求される。サーベイ結果からも fast spin echo 法を使用して ETL は 15 以下, スライス厚は 4 mm 程度, FOV は 200~240 mm, マトリックスは 512 をベースとするのが標準的であると思われる。加算回数は腹壁のアーチファクトの影響や折り返し防止のために位相方向に 100% over sampling している施設も多くあり, それも含めて 2~3 回が妥当と思われる。TR は撮像枚数によっても変化するが 4000 ms 前後が一般的で TE は 100 ms 前後が必要と思われる。撮像範囲は横断面で前立腺底部から精囊までが必要である。撮像方向は両葉の外腺が観察できる横断面と冠状断が望ましく, 背側への被膜外浸潤を疑う場合は矢状断も撮像することが勧められる。また, 1 回の撮像時間を 3~4 分程度に設定することが勧められる。

Fast spin echo 法

TR/TE=4000 ms 前後/100 ms 前後

ETL=15 以下

スライス厚=5 mm 以下 (4 mm が望まし

い)

FOV=200~240 mm

マトリックス=256 以上 (512 が望ましい)

スライス数=19~20 枚

撮像時間=3~4 分

② T<sub>1</sub>強調画像

T<sub>1</sub>強調画像は zonal anatomy が明瞭ではない, そのために前立腺周囲脂肪層への浸潤の有無や出血や周囲リンパ節の評価に使用される。撮像方向は横断面が基本で T<sub>2</sub>強調画像のように多方向の撮像は必ずしも必要ではない。撮像方法は撮像枚数の関係から spin echo 法が一般的であり, TR/TE は 600~650 ms/10~15 ms が使用されていた。その他の撮像パラメータは T<sub>2</sub>強調画像と同様にするのが望ましいが, マトリックスは撮像時間の関係上 256 ベースでも良いと思われる。撮像範囲は T<sub>2</sub>強調画像の横断面と同様に前立腺底部から精囊までが必要である。また, 25%の施設で ETL を小さくした fast spin echo 法を使用されていたが, この場合の TR/TE は 400~500 ms/6~12 ms が使用されており, 2 回の撮像で撮像範囲全体をカバーし, T<sub>1</sub>コントラストが低下しないように TR/TE が spin echo 法より少なくなっている傾向にあるので, 使用に関しては問題ないと考えられる。また, 1 回の撮像時間を 2~3 分程度に設定することが勧められる。

Spin echo 法 (Fast spin echo 法も可)

TR/TE=400~650 ms/12 ms 前後

ETL=3 程度 (Fast spin echo 法の場合)

スライス厚=5 mm 以下 (4 mm が望まし

い)

FOV=200~240 mm

マトリックス=256 以上

スライス数=19~20 枚

撮像時間=2~3 分

③ 造影後 T<sub>1</sub>強調画像

前立腺の MRI 検査において造影は必ずしも必要ではないが, ルーチンの撮像法で精囊浸潤やリンパ節転移, 骨転移が疑われる場合は追加

して施行することが勧められる。撮像条件は造影前の T<sub>1</sub> 強調画像の条件と同じにすることが望ましく、撮像範囲は疑われる浸潤、転移が十分に観察できるようにする。また、撮像方向は横断面が基本であるが、精囊浸潤の判定が不明瞭な場合は冠状断も追加する方が望ましい。造影後脂肪抑制に関しては必須ではなく、上記に追加して冠状断のみ行っても良い。撮像パラメータは造影前 T<sub>1</sub> 強調画像に準ずる

#### ④ ダイナミック MRI と diffusion およびリンパ節検索

T<sub>2</sub> 強調画像で存在診断を確信できない場合はダイナミック MRI を施行する場合もあるが、存在診断、進展度診断ともに十分なコンセンサスは得られていない。撮像方法はコントラストを重視した 2d-GRE 又は fast spin echo 法が使用される場合とスライス方向の分解能を重視した 3d-GRE 法が考えられる。サーベイ結果から 1 回の撮像時間は 25~30 秒であり、3~6phase 撮像されていた。撮像タイミングは、早期相（造影剤注入 30 秒後）が必須であり、早期相に連続して同じ方法を行い、その後 120 (180) 秒後の後期相を撮像する。

#### 3D-GRE 法

脂肪抑制併用

TR/TE = 4 mm 程度 / 2 mm 程度

スライス厚 = 2~3 mm

FOV = 200~240 mm

マトリックス = 256 程度

撮像時間 = 30 秒程度

Delay = 30, 60, 120, (180) s

(fast spin echo 法, 2d-GRE も可能)

Diffusion に関しては、施行する施設が増加しているのが現状であろうと思われる。DWIBS に代表される骨盤全体を撮像する場合と前立腺に範囲を絞る場合が考えられる。しかし、その撮像パラメータは装置間の差が大きく十分なコンセンサスが得られていないのが現状である。ただ、一定の傾向として、画像ゆがみを軽減するために、TE および EPI ファクター

を最短になるように関連する条件を設定することは一応の理解が得られている。また parallel imaging 法を使用することも勧められる。

#### SE-EPI

TR = 5000 ms 以上

TE = 最短

スライス厚 = 4~5 mm 又は 7~10 mm

マトリックス = 128 ベース

EPI ファクター = 最小

FOV = 200~250 mm 又は 350~400 mm

STIR 又は CHESSE 法による脂肪抑制法併用

b-factor = 0, 1000 又は 2000

リンパ節検索に関してはサーベイ結果からも 15% の施設で施行されているにすぎず、コンセンサスは得られていない。しかし、治療方針の決定においてリンパ節検索は重要であり、CT が施行されていない場合は骨盤高位のリンパ節検索は必要であると考えられる。

#### Fast spin echo 法 (spin echo 法も可)

TR/TE = 400~700 ms / 12 ms 前後

ETL = 3~5 程度

スライス厚 = 7~10 mm

FOV = 280~350 mm

マトリックス = 256

スライス数 = 19~20 枚

撮像時間 = 2 分程度

(造影後脂肪抑制併用 3D-True FISP でも可能)

#### 膀胱プロトコール

- Phased array coil
- プスコパン投与が望ましい

#### 単独病変

##### a. ルーチン撮像法

- 1) T<sub>1</sub> 強調 軸断面 (A)
- 2) T<sub>2</sub> 強調 軸断面 (病変の局在部位に応じて冠状あるいは矢状断面を追加) (A)
- 3) T<sub>2</sub> 強調 斜位断面 (A)

## b. 追加撮像法

- 1) ダイナミック MRI (斜位断面 T<sub>2</sub>強調で深達度診断を確診出来ない場合) (B)

## 複数病変

## a. ルーチン撮像法

- 1) T<sub>1</sub>強調 軸断面 (A)
- 2) T<sub>2</sub>強調 軸断面 (病変の局在部位に応じて冠状あるいは矢状断面を追加) (A)
- 3) T<sub>2</sub>強調 主腫瘍の斜位断面 (A)

## b. 追加撮像法

- 1) ダイナミック MRI (斜位断面 T<sub>2</sub>強調で深達度診断を確診出来ない場合) (B)

## 各パルス系列における設定パラメータ

① T<sub>2</sub>強調画像

膀胱 MRI 検査は膀胱癌の staging における有用性が期待されている。T<sub>2</sub>強調画像は膀胱筋層浸潤の評価に有用であり、膀胱内の尿と腫瘍および筋層と周囲脂肪層との境界が明瞭になる。ただ chemical shift artifact も出現しやすいので周波数方向の受信バンド幅を広めにするか、関心領域にアーチファクトが重ならないように適時周波数方向と位相方向を交換するなどの工夫が必要である。サーベイ結果からは fast spin echo 法を使用して ETL は 15 以下、スライス厚は 3~5 mm, FOV は 200~240 mm, マトリックスは 256 以上必要だと思われた。加算回数は腹壁のアーチファクトの影響や折り返し防止のために位相方向に 100% over sampling している施設も多くあり、それも含めて 2~4 回が標準的と思われる。TR は撮像枚数によっても変化するが 4000 ms 前後が一般的で TE は 100 ms 前後が妥当だと思われる。撮像方向は腫瘍が単独病変の場合は横断面および腫瘍に垂直な oblique 断面の 2 方向は必須であり、複数病変の場合は横断面および主腫瘍に垂直な oblique 断面と、病変の局在部位に応じて冠状断又は矢状断を追加することが勧められる。また、T<sub>2</sub>強調画像を撮像する前に、病変

の位置確認と撮像断面を決定するために撮像時間の短い HASTE や balanced 系シーケンスなどを使用して確認することも選択し得る方法と思われる。

## Fast spin echo 法

TR/TE = 4000 ms 前後 / 100 ms 前後

ETL = 15 以下

スライス厚 = 5 mm

FOV = 200~250 mm

マトリックス = 256~512 ベース

スライス数 = 15~20 枚

撮像時間 = 3~4 分

② T<sub>1</sub>強調画像

T<sub>1</sub>強調画像は内腔に突出する腫瘍の性状と膀胱周囲の脂肪層への浸潤の評価に適している。撮像方法は撮像枚数の関係から spin echo 法が一般的であり、TR/TE は 600~650 ms / 10~15 ms が使用されていた。その他の撮像パラメータは T<sub>2</sub>強調画像と同様にするのが望ましい。また、25%の施設で ETL を小さくした fast spin echo 法を使用されていたが、前立腺と同様に TR/TE は 400~500 ms / 6~12 ms が使用され、2 回の撮像で撮像範囲全体をカバーされていた。撮像方向は横断面が基本であり、マトリックスは 256 以上、加算回数は 1~2 回、1 回の検査時間は 2~3 分が妥当と思われる。

## Spin echo 法 (fast spin echo 法も可)

TR/TE = 400~650 ms / 12 ms 前後

ETL = 3 程度 (fast spin echo 法の場合)

スライス厚 = 5 mm

FOV = 200~250 mm

マトリックス = 256 以上

スライス数 = 15~20 枚

撮像時間 = 2~3 分

③ ダイナミック MRI と造影後 T<sub>1</sub>強調画像

膀胱壁と腫瘍が垂直な斜位断面 T<sub>2</sub>強調画像において、深達度診断が確信できない場合はダイナミック MRI が必要になる。撮像方法はコントラストを重視した 2d-GRE 又は fast spin echo 法が使用される場合が一般的である。1

回の撮像時間はサーベイ結果から20~40秒程度であり、2~6 phase 撮像されていた。撮像のタイミングは腫瘍と膀胱壁の信号強度差が最大となる早期相（造影剤注入約30~40秒後）は必須であり、後期相は早期相に連続して2回行うか、約30~40秒の間をあけて行う。ダイナミック検査後の造影後T<sub>1</sub>強調画像は特に必要ではないが、リンパ節転移の確認のために追加撮像しても良いと考える。撮像方法、撮像方向は造影前T<sub>1</sub>強調画像に準じる。

2D-GRE法 (fast spin echo 法も可能)

TR/TE=120~140程度/4.6ms程度

スライス厚=3~4mm

FOV=200~250mm

マトリックス=256程度

スライス数=11~15枚

撮像時間=30秒程度

Delay=30, (60), 90s, 又は45s間隔

#### ④ リンパ節検索

リンパ節検索に関してはサーベイ結果からも11%の施設で施行されているにすぎず、コンセンサスは得られていないのが現状である。しかし、病期診断においてリンパ節検索は重要であり、CTが施行されていない場合は骨盤高位のリンパ節検索は必要であると考えられる。

Fast spin echo法 (spin echo法も可)

TR/TE=400~700ms/12ms前後

ETL=3~5程度

スライス厚=7~10mm

FOV=280~350mm

マトリックス=256

スライス数=19~20枚

撮像時間=2分程度

(造影後脂肪抑制併用3D-True FISPでも可能)

#### 参考文献

##### 前立腺

- 1) Yu KK, Hricak H: Imaging prostate cancer.

Radiol Clin North Am 2000; 38: 59-85

- 2) Hricak H: Imaging prostate carcinoma. Radiology 1988; 169: 569-571
- 3) Schnall MD, Imai Y, Tomaszewski J, Pollack HM, Lenkinski RE, Kressel HY: Prostate cancer: local staging with endorectal surface coil MR imaging. Radiology 1991; 178: 797-802
- 4) Schiebler ML, Yankaskas BC, Tempny C, Spritzer CE, Rifkin MD, Pollack HM, Holtz P, Zerhouni EA: MR imaging in adenocarcinoma of the prostate: interobserver variation and efficacy for determining stage C disease. AJR Am J Roentgenol 1992; 158: 559-562
- 5) Mirowitz SA: Seminal vesicles: biopsy-related hemorrhage simulating tumor invasion at endorectal MR imaging. Radiology 1992; 185: 373-376
- 6) Roy C, Morel M, Saussine C, Vetter JM, Rimmelin A, Jacqmin D, Bourjat P: Magnetic resonance imaging of seminal vesicles. Normal and pathological aspects. J Radiol 1993; 74: 171-178 (French)
- 7) Hricak H, White S, Vigneron D, Kurhanewicz J, Kosco A, Levin D, Weiss J, Narayan P, Carroll PR: Carcinoma of the prostate gland: MR imaging with pelvic phased-array coils versus integrated endorectal-pelvic phased-array coils. Radiology 1994; 193: 703-709
- 8) D'Amico AV, Whittington R, Schnall M, Malkowicz SB, Tomaszewski JE, Schultz D, Wein A: The impact of the inclusion of endorectal coil magnetic resonance imaging in a multivariate analysis to predict clinically unsuspected extraprostatic cancer. Cancer 1995; 75: 2368-2372
- 9) White S, Hricak H, Forstner R, Kurhanewicz J, Vigneron DB, Zaloudek CJ, Weiss JM, Narayan P, Carroll PR: Prostate cancer: effect of post-biopsy hemorrhage on interpretation of MR images. Radiology 1995; 195: 385-390
- 10) Jager GJ, Ruijter ET, van de Kaa CA, de la Rosette JJ, Oosterhof GO, Thornbury JR, Barentsz JO: Local staging of prostate cancer with endorectal MR imaging: correlation with histopathology. AJR Am J Roentgenol 1996; 166: 845-852

- 11) Jager GJ, Severens JL, Thornbury JR, de La Rosette JJ, Ruijs SH, Barentsz JO : Prostate cancer staging : should MR imaging be used? —A decision analytic approach. *Radiology* 2000 ; 215 : 445–451
  - 12) Ikonen S, Karkkainen P, Kivisaari L, Salo JO, Taari K, Vehmas T, Tervahartiala P, Rannikko S : Endorectal magnetic resonance imaging of prostatic cancer : comparison between fat-suppressed T<sub>2</sub>-weighted fast spin echo and three-dimensional dual-echo, steady-state sequences. *Eur Radiol* 2001 ; 11 : 236–241
- 膀胱
- 1) Barentsz JO, Lemmens JA, Ruijs SH, Boskamp EB, Hendriks AJ, Karthaus HF, Kaanders JH, Rosenbusch G : Carcinoma of the urinary bladder : MR imaging with a double surface coil. *AJR Am J Roentgenol* 1988 ; 151 : 107–112
  - 2) Husband JE, Olliff JF, Williams MP, Heron CW, Cherryman GR : Bladder cancer : staging with CT and MR imaging. *Radiology* 1989 ; 173 : 435–440
  - 3) Tanimoto A, Yuasa Y, Imai Y, Izutsu M, Hiramatsu K, Tachibana M, Tazaki H : Bladder tumor staging : comparison of conventional and gadolinium-enhanced dynamic MR imaging and CT. *Radiology* 1992 ; 185 : 741–747
  - 4) Barentsz JO, Ruijs SH, van Erning LJ : Magnetic resonance imaging of urinary bladder cancer : an overview and new developments. *Magn Reson Q* 1993 ; 9 : 235–258
  - 5) Narumi Y, Kadota T, Inoue E, Kuriyama K, Fujita M, Hosomi N, Sawai Y, Kuroda M, Kotake T, Kuroda C : Bladder tumors : staging with gadolinium-enhanced oblique MR imaging. *Radiology* 1993 ; 187 : 145–150
  - 6) Semelka RC, Ascher SM, Chalpin DB, Carroll PR, Hricak H : Bladder tumor staging : comparison of contrast-enhanced CT, T<sub>1</sub>- and T<sub>2</sub>-weighted MR imaging, dynamic gadolinium-enhanced imaging, and late gadolinium-enhanced imaging. *Radiology* 1994 ; 193 : 239–245
  - 7) Barentsz JO, Jager G, Mugler JP 3rd, Oosterhof G, Peters H, van Erning LT, Ruijs SH : Staging urinary bladder cancer : value of T<sub>1</sub>-weighted three-dimensional magnetization prepared-rapid gradient-echo and two-dimensional spin-echo sequences. *AJR Am J Roentgenol* 1995 ; 164 : 109–115
  - 8) Barentsz JO, Jager GJ, Witjes JA, Ruijs JH : Primary staging of urinary bladder carcinoma : the role of MRI and a comparison with CT. *Eur Radiol* 1996 ; 6 : 129–133 (Review)
  - 9) Teeger S, Sica GT : MR imaging of bladder diseases. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1996 ; 4 : 565–581 (Review)
  - 10) Scattoni V, Da Pozzo LF, Colombo R, Nava L, Rigatti P, De Cobelli F, Vanzulli A, Del Maschio A : Dynamic gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging in staging of superficial bladder cancer. *J Urol* 1996 ; 155 : 1594–1599
  - 11) Barentsz JO, Engelbrecht MR, Witjes JA, de la Rosette JJ, van der Graaf M : MR imaging of the male pelvis. *Eur Radiol* 1999 ; 9 : 1722–1736 (Review)
  - 12) Scheidler J, Reiser MF : MRI of the female and male pelvis : current and future applications of contrast enhancement. *Eur J Radiol* 2000 ; 34 : 220–228 (Review)
  - 13) Beyersdorff D, Taupitz M, Giessing M, Turk I, Schnorr D, Loening S, Hamm B. [The staging of bladder tumors in MRT : the value of the intravesical application of an iron oxide-containing contrast medium in combination with high-resolution T<sub>2</sub>-weighted imaging] *Rofo* 2000 ; 172 : 504–508 (German)
  - 14) Saito W, Amanuma M, Tanaka J, Heshiki A : Histopathological analysis of a bladder cancer stalk observed on MRI. *Magn Reson Imaging* 2000 ; 18 : 411–415
  - 15) Tsuda K, Narumi Y, Nakamura H, Nonomura I, Okuyama A : Staging urinary bladder cancer with dynamic MR imaging. *Hinyokika Kyo* 2000 ; 46 : 835–839 (Review)
  - 16) Barentsz JO, Jager GJ, Witjes JA : MR imaging of the urinary bladder. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2000 ; 8 : 853–867 (Review)
  - 17) Roy C, Merran S : Imaging and pathology of bladder tumors. *J Radiol* 2002 ; 83 : 843–859 ; discussion : 861–862
  - 18) Tekes A, Kamel IR, Chan TY, Schoenberg MP,



- Bluemke DA : MR imaging features of non-transitional cell carcinoma of the urinary bladder with pathologic correlation. *AJR Am J Roentgenol* 2003 ; 180 : 779-784
- 19) Tekes A, Kamel IR, Imam K, Chan TY, Schoenberg MP, Bluemke DA : MR imaging features of transitional cell carcinoma of the urinary bladder. *AJR Am J Roentgenol* 2003 ; 180 : 771-777
- 20) Kikuchi E, Xu S, Otori M, Matei C, Lupu M, Menendez S, Koutcher JA, Bochner BH : Detection and quantitative analysis of early stage orthotopic murine bladder tumor using *in vivo* magnetic resonance imaging. *J Urol* 2003 ; 170 : 1375-1378
- 21) Tekes A, Kamel IR, Szarf G, Chan TY, Schoenberg MP, Bluemke DA : Carcinosarcoma of the urinary bladder : dynamic contrast-enhanced MR imaging with clinical and pathologic correlation. *AJR Am J Roentgenol* 2003 ; 181 : 139-142
- 22) Yoshida S : Pitfall in interpretation of MR imaging of the bladder. *AJR Am J Roentgenol* 2003 ; 180 : 1178 ; author reply 1178
- 23) Beer A, Saar B, Rummeny EJ : Tumors of the urinary bladder : technique, current use, and perspectives of MR and CT cystography. *Abdom Imaging* 2003 ; 28 : 868-876
- 24) Kim SH, Yang DM, Kim NR : Polypoid and papillary cystitis mimicking a large transitional carcinoma in a patient without a history of catheterization : computed tomography and magnetic resonance findings. *J Comput Assist Tomogr* 2004 ; 28 : 485-487
- 25) Deserno WM, Harisinghani MG, Taupitz M, Jager GJ, Witjes JA, Mulders PF, Hulsbergen van de Kaa CA, Kaufmann D, Barentsz JO : Urinary bladder cancer : preoperative nodal staging with ferumoxtran-10-enhanced MR imaging. *Radiology* 2004 ; 233 : 449-456
- 26) Beer A, Saar B, Zanti N, Link TM, Roggel R, Hwang SL, Schwaibold H, Rummeny EJ : MR cystography for bladder tumor detection. *Eur Radiol* 2004 ; 14 : 2311-2319
- 27) Mallampati GK, Siegelman ES : MR imaging of the bladder. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2004 ; 12 : 545-555
- 28) Tekes A, Kamel I, Imam K, Szarf G, Schoenberg M, Nasir K, Thompson R, Bluemke D : Dynamic MRI of bladder cancer : evaluation of staging accuracy. *AJR Am J Roentgenol* 2005 ; 184 : 121-127
- 29) Wong-You-Cheong JJ, Woodward PJ, Manning MA, Sesterhenn IA : From the Archives of the AFIP : neoplasms of the urinary bladder : radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2006 ; 26 : 553-580