

# 腹部の MR hydrography

廣橋 伸治

奈良県立医科大学放射線医学教室

## はじめに

MRI のソフトウェア並びにハードウェアの改善により T<sub>2</sub> 強調像が著しく高速化され、水強調画像としてのいわゆる hydrography が可能となり、胆管膵管系に応用されたものは MR cholangiopancreatography (MRCP)、脊髄に応用されたものは MR myelography、尿路に応用したものは MR urography (MRU) と呼称されており、その他の色々な分野にもその応用範囲を広げつつある。本稿では、MRCP と MRU を中心に MR hydrography の腹部での臨床応用について概説する。

## 1. MR cholangiopancreatography (MRCP)

### 1) 総論

胆道・膵疾患の画像診断の主役はまず超音波検査 (US) であり、特に胆嚢疾患においてはその優位性はゆるがない。また、MRI においては、従来、US や CT などの画像に比べて空間分解能が悪く、撮像時間が長いため、膵疾患の診断に対する有用性は嚢胞性疾患の嚢胞内容の推定などに限られていた。しかし、様々な造影剤が開発され、また、高速撮像法の発達により撮像時間が呼吸停止可能な範囲にまで短縮し、胆道・膵においても良好な画像を得られるようになってきた。さらに、これらの技術を駆使した MRCP が開発されるに至り、各種の胆道・膵疾患の診断に大きな役割を果たすように

なっている<sup>1),2)</sup>。

MRI 診断の特徴は濃度分解能が高いことであり、特に、水成分を強調する画像を作成することが可能であることから、嚢胞の検出に非常に優れているとともに、胆管・膵管を描出できることが、膵疾患の診断に有用性を発揮する原動力となっている。しかしながら ERCP と異なり、胆管・膵管の選択的造影ではないことから、他臓器の嚢胞などが存在する場合にも同一画像上に表示され、1 方向からの撮像のみでは膵の嚢胞性疾患との鑑別が困難なことがあるため、多方向からの撮像により総合的に診断することが必要である。

### 2) 撮像法

MRI の検査前は少なくとも 3 時間の絶食とし、撮像直前にフェリセルツ® 1200 mg を水道水 100 ml で溶解した経口造影剤を服用させる。我々の使用機種は Siemens 社製 Magnetom Impact Expert 1.0T であり、位置決め撮像を施行後、厚い 2D MRCP である effective TE 1100 ms の single-shot RARE 法で冠状断像、ステレオ視用の 8 度斜位像、横断像などを用いて胆管・膵管の全体像を撮像する。次に、interecho spacing 10.9 ms, effective TE 87 ms の HASTE 法の横断像を全胆道・膵を含むように撮像し、詳細な断層像を得ると同時に MR 仮想胆道・膵管内視鏡 (virtual MR cholangiopancreatography) の元データとする。次に、胆管・膵管病変を多方向から観察する目的で、冠状断像、斜位像の HASTE 法を撮像する。

キーワード MR hydrography, MR cholangiopancreatography, MR urography

その時、腫瘍性病変を疑った場合には、実質性病変の vascularity、膵管内乳頭状腫瘍と結石・蛋白栓との鑑別や乳頭状腫瘍が存在する場合の実質浸潤度を判定する目的で、Gd-DTPAなどの造影剤を急速静注後 T<sub>1</sub>強調像を撮像することによる dynamic MRI を施行する。すべてを含めた検査時間は 30 分程度である。

以上は我々の機種における撮像法であり、基本的考えは共通しているが、MRI で撮像された画像は装置による差が大きいため、各施設の現状に合わせて撮像法を選択する必要がある。これら各装置による MRCP の画像の質の差異は、なぜ違うのか、なぜ良い画像ができないのかといった質問を受けることも多い。しかし、MRCP は高度な T<sub>2</sub>強調像であるという点は同等であり、薄いスライスと厚いスライス、長い effective TE と短い effective TE、脂肪抑制法の有無などの組み合わせにより、一見複雑な画像となっているために実際の臨床において混乱を招きかねないだけであることを銘記すべきである。

### 3) ERCP との比較

MRCP は ERCP と比較して、次のような多くの利点を有している。①非侵襲である、②術者の技量に左右されない、③完全閉塞部の両側の情報を得られる、④直達鏡よりも末梢の内視像を一次的に得られる、⑤急性膵炎時にも施行可能である、⑥1 回の検査で同時に virtual endoscopy のデータを作成することで内面像の観察も可能である、⑦他の三次元画像表示法との併用により、病変と胆管・主膵管との立体関係が把握できる。これらは、MRCP のもつ普遍的な利点であり、今後さらなる機器の発達により、さらに有用性が增大すると考えられる。

欠点は、①空間分解能に限界があり、分枝病変の描出に限界がある、②拡張のない症例では膵管像を得られない場合がある、③乳頭の所見をとらえられず、直視下生検も不可能であり、

直接治療への応用ができない。

これらの欠点は、機器の発達により克服されるもの (①, ②)、セクレチンなどの付加により改善しうるもの (②)、原理的に不可能なもの (③) に分類される。

これらの欠点により、現時点の MRCP の胆道・膵疾患における役割は主として胆道並びに膵管内病変の存在診断と画像的フォローアップにあり、鑑別診断や確定診断には補助的な役割であると考えている。また、これらの診断には MRCP のみではなく、通常の T<sub>1</sub>並びに T<sub>2</sub>強調像や造影 MRI を併用することが必須であることを強調したい。

### 4) 胆嚢疾患

#### a. 胆嚢炎

胆汁の濃縮機能が低下するため、絶食時の T<sub>1</sub>強調像で胆嚢は低信号を呈するとされている<sup>3)</sup>が、炎症では水分に加えて含有蛋白量も増加するため、T<sub>1</sub>強調像で高信号を呈すると報告もあり<sup>4)</sup>、胆嚢炎の胆汁の信号強度は一定の傾向を示さず、これのみで炎症の有無を判定できないと考えられる。

急性胆嚢炎においては、MRCP では胆嚢壁に沿った線状ないし帯状高信号域が特徴的であり、胆嚢周囲への炎症の波及も診断可能である。また、正常と比較して、肥厚した壁がよく濃染し、肝床部の肝実質が造影剤静注後の早い相で一時的に濃染することが特徴であると報告されている<sup>5)</sup>。

これらの所見から胆嚢炎が証明されれば胆嚢ドレナージの適応となり得る。

#### b. 胆嚢結石

T<sub>1</sub>強調像でも T<sub>2</sub>強調像でも低信号を呈することが多い。したがって、T<sub>1</sub>強調像よりも T<sub>2</sub>強調像で明瞭に描出され、MRCP でも明瞭に同定できる。しかしながら、MRCP 投影像では胆汁の高信号により結石の低信号が隠蔽されてしまう可能性もあり、胆嚢結石の検出には投

影像ではなく断層像を用いることが肝要である。

また、時に観察される内部高信号域は結石に存在する裂隙を示唆する所見と考えられており、溶解剤が裂隙に浸透するため結石溶解剤の効果が期待できる所見と解釈されており<sup>6)</sup>、胆石溶解療法の適応となり得る。

### c. 胆嚢癌と胆嚢腺筋腫症

胆嚢癌は T<sub>1</sub> 強調像で低信号、T<sub>2</sub> 強調像で高信号を呈する。これらは胆汁の信号強度と類似していることが多いため、腫瘍が明瞭に描出されないことが少なくない。ガドリニウム系造影剤による造影 MRI では、腫瘍は一般に良く濃染する<sup>7)</sup>ため腫瘍の同定は容易となり、さらに壁構造が描出されるため、進展度診断にも有用性を発揮する。

US と CT に勝る点は、肝への直接浸潤や転移巣の検出率が高いことで、共に T<sub>2</sub> 強調像で高信号に描出される。また、リンパ節は T<sub>1</sub> 強調像で低信号を呈し、無信号を示す血管と容易に識別可能であり、進行癌の診断における MRI の有用性は高く<sup>8)</sup>、治療方針の決定にも寄与する。

また、後述のごとく若年の胆嚢癌のハイリスクグループである膵管胆道合流異常症の検出も

MRI で容易であるため、将来はスクリーニング検査として胆嚢癌の早期発見への寄与が期待されている。

胆嚢癌の鑑別診断として考慮される胆嚢腺筋腫症は、病理学的には、胆嚢壁内の Rokitsky-Aschoff-sinuses (RAS) の拡張と腺並びに筋組織の増殖性変化よりなるため、拡張した RAS を描出することが診断に有用である。RAS は、小さい構造物であるため、表面コイルの使用や呼吸停止の画像が必須であり、肥厚した胆嚢壁に T<sub>1</sub> 強調像で低信号、T<sub>2</sub> 強調像で高信号を示す嚢胞状構造物として認められ、壁内結石の存在する例でも同様に描出されるため、診断に有用である<sup>9)</sup>。MRCP では拡張した RAS は胆嚢内腔を示す高信号域の周囲の小さな球状の高信号域として明瞭に描出され、全体像の把握に役立つ (Fig. 1)。

### 5) 胆管疾患

#### a. 胆管結石

CT においては結石が胆汁と等濃度を示し、診断困難なことがあるが、MRI では、胆嚢結石と同様に T<sub>1</sub> 強調像、T<sub>2</sub> 強調像で共に低信号を示すために、特に T<sub>2</sub> 強調像で診断が容易である。殊に MRCP では高信号を示す胆管と低



Fig. 1. Adenomyomatosis of gall bladder  
a : Projection MRCP depicts the small cystic lesions around the gall bladder.  
b : HASTE MRCP with 5 mm-section proves these small cystic lesions to be intramural cysts of the gall bladder. The finding is compatible to adenomyomatosis of gall bladder.

信号の結石が高コントラストを呈するために、スクリーニング検査として有用であり<sup>10)</sup>、胆道結石症の治療方針の決定に寄与する(Fig. 2).



Fig. 2. Common bile duct stone  
MRCP clearly demonstrates the small stone in the dilated common bile duct in addition to the gall stones.

#### b. 胆管癌

胆管癌は、乳頭型、結節型、乳頭浸潤型、結節浸潤型、浸潤型に分類され、結節部は、T<sub>1</sub>強調像で低信号、T<sub>2</sub>強調像では高信号を示す腫瘍として描出されるが、胆汁の信号との鑑別が困難なことがある。造影T<sub>1</sub>強調像では濃染される腫瘍として描出されるため、濃染されない胆汁と明瞭なコントラストを示すようになる。しかし、造影剤による濃染は、癌の浸潤部だけでなく、二次的に拡張した胆管部にも認められるため、癌の浸潤範囲の評価には注意を要する。

MRCPは胆管の全体像が非侵襲的に得られるため、胆管癌の進展範囲の推定とドレナージ法のアプローチ決定に有用である<sup>11)</sup>(Fig. 3)。また、乳頭部癌では乳頭部の大きな腫瘍のために、胆管・膵管が完全に閉塞してERCPの施行が困難な症例でも、胆管・膵管の全体像、すなわち、閉塞した胆管と膵管の閉塞部の両側の情報を得ることができるため、ERCPよりも診断に貢献する症例がある<sup>12)</sup>。



Fig. 3. Hilar bile duct cancer

a : Coronal MRCP shows dilatation of intrahepatic bile ducts in the both lobes and obstruction of the hilar bile duct.

b : Axial MRCP clearly demonstrates the affected intrahepatic bile ducts by the hilar bile duct cancer.



### c. 原発性硬化性胆管炎

原発性硬化性胆管炎は原因不明の胆道の線維性狭窄を生じる炎症疾患である。本症では肝内胆管に拡張がないことが多いため、経皮的胆管造影は困難なことが多く、内視鏡的逆行性胆管造影(ERC)が一般に用いられていたが、MRCPの有用性が期待されている。

胆管像は、肝内および肝外胆管にびまん性狭窄と数珠状所見が典型的であり、数珠状所見は胆管の線維性狭窄部分と正常部分が数珠状につながった状態を反映していると考えられており、原発性硬化性胆管炎に特徴的な所見である<sup>13)</sup>。その他、非常に短い狭窄帯である帯状狭窄や突出した憩室様変化は、認められる頻度は20~25%であるが本症に特徴的である<sup>14)</sup>。また、肝内枝の減少や肝外胆管のshaggy signと呼ばれる胆管壁不整像も本症においてよく認められる。

### d. 膵管胆道合流異常症

膵管胆道合流異常は膵管・胆管が十二指腸壁外で合流し、長い共通管を形成する先天性の解剖学的奇形であり、総胆管拡張に伴うものと伴わないものとに大別される。先天性総胆管拡張症のほとんどは膵管胆道合流異常を伴っており、小児期に腹痛発作などで発見される場合が多く、高率に胆管癌を合併することから早期診断を必要とする。一方、胆管非拡張型の膵管胆道合流異常症は高率に胆嚢癌を合併し、成人までに発見されることはまれであったが、画像診断による早期発見に努力すべきである。

この病態の診断にはERCが必須であったが、小児では全身麻酔を必要とする場合が多いので、MRCPにより診断体系が変わりつつある。MRCPは非常に有用であり、総胆管拡張症ではMRCPにより膵管・胆管の全体像が得られるほか、膵管内のprotein plugを含めた結石の描出にも非常に優れており、合併症の診断にもMRCPは有用である。総胆管拡張症などの胆管・膵管の解剖学的異常は、膵炎の併発により発見される場合も多く、膵炎を繰り返す小

児には積極的にMRCPを行うことにより膵管胆道合流異常症の早期診断が可能となる<sup>15)</sup>。

非拡張型の膵管胆道合流異常は成人に発見される場合が多い。胆嚢壁肥厚をみる症例では腫瘍と炎症との鑑別が困難な例が少なくないが、MRCPで膵管・胆道合流異常の有無を確認することは鑑別診断を行う上で有力な手掛かりとなる。また、将来的には胆嚢癌のハイリスクグループである膵管胆道合流異常の早期発見にMRCPの有用性が期待されている。

### 6) 膵疾患

#### a. 正常像と発生異常

膵実質はT<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>強調像のいずれも中等度の信号強度を呈する。脂肪抑制法を用いたT<sub>1</sub>強調像では膵実質は相対的高信号を示し、病変の存在診断に非常に有用である。また、Gd-DTPAなどの非特異性造影剤を用いた造影MRIの早期相で、正常膵実質は著明に濃染するため、病変部とのコントラストが明瞭になることが多く、診断に有用である。

最近のMRCPは正常膵管も高率に描出可能であり、描出不良例においてもセクレチンを併用することで描出できるようになる<sup>16)</sup>。セクレチン併用では、膵管描出を良好にすると同時に膵機能の推定も可能となる<sup>17)</sup>。また、MRCPの膵管の形態からCTなどでは困難であった輪状膵や膵管癒合不全などの各種の膵の発生異常の診断も可能となってきた<sup>18),19)</sup>。

#### b. 膵炎

膵炎の診断にMRIの果たす役割は限られている。しかし、膵炎の原因疾患の診断にはMRCPは重要な役割を果たす。特に、小児の急性膵炎の原因検索には直接造影の施行が困難であるためMRCPの果たす役割は大きく、膵管・胆管合流異常などの有無を容易に判定することができる<sup>20)</sup>。また、浸潤性膵管癌や膵管内腫瘍でも急性膵炎として発症する場合があり、ERCは炎症の急性期に施行できないことから、MRCPが診断の第1選択となる。

また、MRCPは慢性膵炎の診断や経過観察

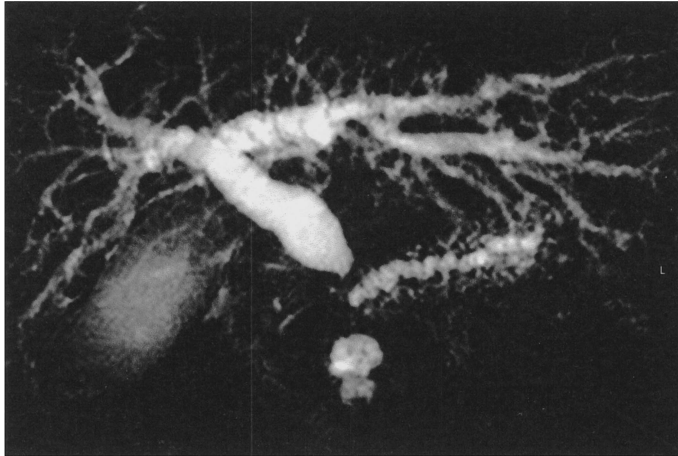


Fig. 4. Advanced pancreas head cancer  
MRCP clearly demonstrates the dilatation of both bile duct and pancreatic duct system (double duct sign), and irregular obstruction of the both ducts at the pancreatic head.

においても、ERCP に置き換えることができる。

#### c. 充実性膵腫瘍

充実性腫瘍のうち最も重要な浸潤性膵管癌の診断には、dynamic MRI と MRCP の組み合わせが有効であり、早期診断にも有用性が期待されているが、空間分解能の上から、いまだ早期診断は困難であると言わざるを得ない。しかしながら、膵管を画像化できる MRCP は膵実質に深く浸潤した癌しかとらえられなかった従来の画像診断法よりも、より早期診断が可能な診断法であると考えられ (Fig. 4)、高分解能 dynamic MRI との併用による診断能の向上が期待される。

浸潤性膵管癌の進展度診断に関する、MRI と CT の有用性の比較には多くの研究がある<sup>21)~23)</sup>が、より薄いスライス撮影すれば、より空間分解能の高い CT の方が有用性が高いと考えられる。血管浸潤に関しても MRA と CTA により診断可能であるが、CTA の方がより空間分解能が高く、より精度が高い。これらは multidetector row CT の普及により、より

この傾向が促進される。その他の充実性腫瘍については、CT とほぼ同等の診断能であり、特に MRI の有用性は認められないが、膵管と充実性腫瘍の位置関係を T<sub>2</sub> 強調像で把握できることは治療法の選択に有用な情報を提供することがある。

#### d. 膵管内腫瘍

特に、膵管内腫瘍の診断においては、ERCP は特徴的な乳頭の所見を描出する上で重要な画像診断法であるが、粘液のため病変の全体像を描出することが困難である。しかし、MRCP は粘液に障害されることはなく、粘液を高信号に描出することにより診断に役立つ<sup>24)~26)</sup>。また、MRCP のデータを用いて作成できる仮想 MR 膵管内視鏡により得られる膵管内視像は、膵管内腫瘍の占拠範囲などの診断に有用であり、今後の発展と普及が期待される<sup>27)</sup>。一方、ERCP では粘液を直接確認でき、また、経乳頭的な膵管内の生検も可能であることは、本疾患の診断の利点である。

##### (1) 主膵管型膵管内腫瘍

拡張した主膵管内に腫瘍が存在する本症で

は、拡張した主膵管と主膵管内腫瘍の存在が診断の決め手となる。MRCP 投影像では、ERCP では粘液のため描出することが困難な場合も多い拡張した主膵管の全体像の描出は容易である。さらに、MRCP 断層像では拡張した主膵管内の腫瘍を容易に描出でき、膵管内の腫瘍の進展範囲を把握できる。また、造影MRIを併用すれば、主膵管内腫瘍は濃染することにより、主膵管内に存在する結石などとの鑑別も可能となる。切除線の決定のためには、病変が存在していない部位を明らかにする必要があるが、この目的にはCTやMRCPのデータを用いた仮想膵管内視像の有用性が期待される。これらのMRIを主とした診断情報を基にして、直視下生検を目的とした直達膵管内視鏡や進達度診断を目的とした膵管内超音波検査が施行され、最終的な確定診断がなされる。

## (2) 分枝型膵管内腫瘍

拡張した分枝膵管内に腫瘍が存在する本症では、拡張した主膵管とともにぶどうの房状に拡張した分枝膵管とその内部の腫瘍の存在が診断の決め手となる。本症では、MRCPが全体像の把握に有用であり、スクリーニング検査としての有用性が期待される。すなわち、MRCP投影像では、拡張した主膵管とぶどうの房状に拡張した分枝膵管を容易に同定でき、断層像では拡張した分枝膵管内の腫瘍を容易に描出できる。また、造影MRIでは、分枝膵管内腫瘍は濃染することで結石や蛋白栓との鑑別も可能である。これら一連のMRI検査に引き続いて、腫瘍自体の把握や進達度診断には膵管内超音波検査や超音波内視鏡検査が施行され、膵実質浸潤の存在するものは、外科的治療がないものに関しては、嚢胞径は25 mm以上、又は、分枝膵管内腫瘍径が6 mm以上のものを手術適応と判定し、嚢胞径24 mm以下でかつ分枝膵管内腫瘍径5 mm以下のものは、経過観察とされている<sup>28)</sup>。

## e. 嚢胞性腫瘍

MRIはT<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>強調像における信号強度や拡

散強調像の利用などにより嚢胞内容の推定が可能であることから、嚢胞性腫瘍の診断に果たす役割は他画像よりも大きい。また、MRCPの発達により嚢胞性腫瘍と膵管との位置関係が明瞭に把握できるようになり、特に、他の嚢胞性腫瘍との鑑別が困難であった膵管内腫瘍をMRCPにより容易に診断できるようになった意義は大きい。

Solid-pseudopapillary tumorの嚢胞は原則として単発、単房である。典型例では、若年の女性に多いという疫学的事項から診断は容易であるが、年齢が高齢であったり、男性例であると診断に苦慮する場合も少なくない。CTと比較してMRIのsolid-pseudopapillary tumorの診断における長所は、T<sub>1</sub>強調像において被膜の存在が容易に把握でき、嚢胞内容が高信号を示すことにより出血壊死を伴った腫瘍であると診断できることである<sup>29)</sup>。本嚢胞は比較的厚い被膜を有していることが病理学的に知られており、MRIではT<sub>1</sub>強調像の腫瘍辺縁の低信号帯として明瞭に描出される。また、画像上嚢胞性病変として描出される部分は病理組織学的には出血壊死であるため、メトヘモグロビンの作用でT<sub>1</sub>強調像で高信号を呈する。

漿液性嚢胞腺腫は小さな嚢胞の集合体であるから、T<sub>2</sub>強調像では腫瘍全体が著明な高信号を呈することが特徴である。小嚢胞の集合体であることは、MRI T<sub>2</sub>強調像ではCTよりもはるかに容易に診断可能である。嚢胞の分布は中央部がより小さく、辺縁部がより大きい蜂巢状を呈することが特徴であるが、辺縁部の嚢胞は2 cm程度に達する腫瘍もあり、前述した分枝型膵管内腫瘍との鑑別が問題となる場合もあることに注意が必要である。MRCPでは、多房性嚢胞性腫瘍として描出されるが、腫瘍中央部の中心性瘢痕部は低信号域として描出され(Fig. 5)、分枝型膵管内腫瘍との鑑別が問題となる場合がある。この場合、通常、漿液性嚢胞腺腫には主膵管との連続性がないことが鑑別のポイントとなる。すなわち、主膵管の拡張を欠

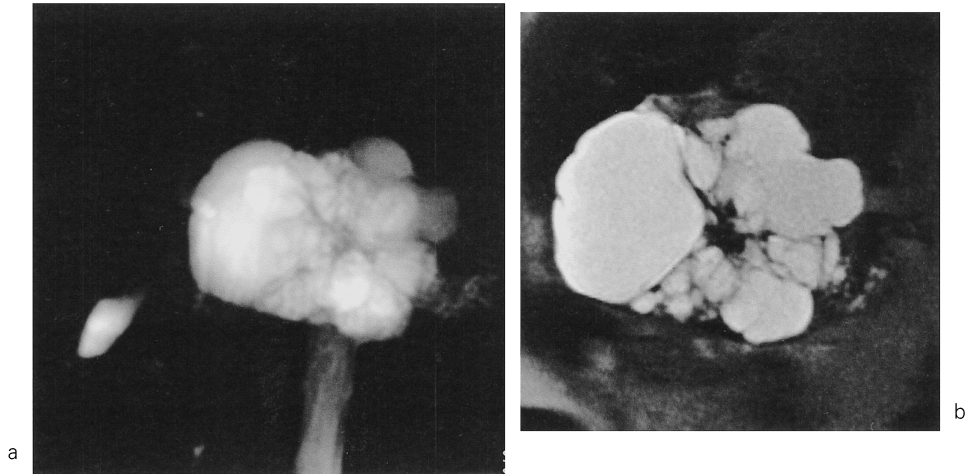


Fig. 5. Serous cystic tumor of the pancreas  
a : Projection MRCP shows large cystic lesion in the pancreas body.  
b : HASTE MRCP proves to be the cystic lesion to be composed of multiple cysts and central scar.

く、セクレチン負荷で嚢胞径の縮小が認められないなどの間接所見とともに、あらゆる角度からの MRCP 断層像や膵管内視像で多房性嚢胞と主膵管との連続性が証明できないことが、本症の診断を支持する所見となる。

漿液性嚢胞腺癌については、我々は経験がないが、腫瘍部自体は漿液性嚢胞腺腫とはほぼ同等の所見を呈するとの報告が多く、MRI でも鑑別は困難であると推察される。ただし、転移巣の検出については T<sub>2</sub> 強調像で著明な高信号域として描出できる MRI は有利であると考えられる。

粘液性嚢胞腺腫、腺癌は中年以降の女性の膵尾部に発生する腫瘍として知られている。単房性ないし多房性嚢胞を示し、病理学的には比較的厚い被膜を有することが知られており、内部は粘液である。MRCP では嚢胞が高信号域として明瞭に描出されることにより、検出は容易であるが、他の嚢胞性腫瘍との鑑別には、被膜の存在を示唆する T<sub>1</sub> 強調像での辺縁低信号帯が診断に役立つ。また、内容が粘液であることに関しては MRI の拡散強調像が鑑別診断に寄

与する可能性がある<sup>30)</sup>が、まだ有用性は確立されていない。

## 2. MR urography (MRU)

### 1) 総論

尿路を非侵襲的に画像化することは、経静脈性造影剤を用いた排泄性尿路造影に始まり現在では高速撮像法の発達により CT urography が可能となり、さらに MRI 用経静脈性造影剤を用いた MR urography も加わった。一方では、MRI の T<sub>2</sub> 強調像が著しく高速化されたことにより、いわゆる hydrography が可能となり、この技術を尿路に応用したのも MR urography と呼称されている。2 種類の MR urography が存在する中で、本稿では、hydrography の技術を応用した経静脈性造影剤を用いない MR urography の撮像方法と臨床応用について、我々の経験を基に述べる。

### 2) 撮像法

MRU は、静止している水を画像化することで尿路の全体像を得る方法である。そのため、

造影 MRU では描出されない閉塞性尿路疾患や腎機能低下病態による造影剤排泄不能状態でも尿路の描出が可能である点が非造影 MRU の最も大きな特徴であり、長所である<sup>31)~37)</sup>。静止している水を画像化するためには、effective TE を 80 ms 以上に長く設定した高速スピンエコー法が有用であり、最近では single-shot RARE, HASTE, FASE, ssfse などと称されているシングルショットの高速スピンエコー法を用いている施設が多い。我々は、single-shot RARE 法を全体像の把握のための投影像に、HASTE 法を詳細な読影のための断層像に使用している。

前述のごとく、本法は尿路のみを選択しているわけではないので、胆管・膵管、脊髄周囲の脳脊髄液や液体の貯留した消化管も同時に描出されることが欠点である。現時点では、脳脊髄液の信号を消去する方法はまだ考案されていないが、胆管・膵管を描出しないためには、撮像領域を頭側でやや背側に傾斜させて撮像することが有効である。液体の貯留した消化管の信号を消去するためには、経口消化管造影剤が有用である。このような目的で用いられる陰性経口造影剤としては、発泡散などの気体が簡単に使用できるが、胃のみしか確実に造影できないため、小腸にも分布する造影剤の開発が待たれていた。この目的を満たす造影剤として、本来は陽性造影剤であるフェリセルツ®を溶解する溶媒の量を減らして 12 倍に濃縮した製剤が陰性造影剤として用いることが可能であると報告された。さらに、我々は非造影 MRU においてはフェリセルツ®に牛乳を溶媒として加えた製剤<sup>38)</sup>でも十分陰性造影剤として使用可能であり、小腸へ効率よく分布し、また、容量負荷がかかるため、尿路の描出自身にも有用であることを報告した。

尿路の描出をさらに良好とするためには、利尿剤の併用が有用であり、通常では描出されにくい非閉塞性尿路疾患においても有用性を発揮できるようになるため、我々は積極的に併用し

ている。もちろん、利尿剤の適応には注意を払う必要がある。また、投影像の撮像の際には尿管の描出能の向上のため 1 度だけの撮像ではなく、複数回撮像することが肝要である。

したがって実際の非造影 MRU の撮像は以下のようなになる。まず、フェリセルツ® 1 包を水 50 ml で溶解し牛乳 250 ml を加えた製剤 300 ml を飲用させ、30 分後に再度同量の造影剤と利尿剤(ラシックス® 10 mg)を飲用させ、30 分後から撮像を開始する。撮像はまず、single-shot RARE 法で冠状断と 8 度の右前斜位像を撮像する。この際、我々はそれぞれ 21 秒の呼吸停止下に 3 回撮像を繰り返している。次に、左右別々に矢状断像を同様の方法で撮像する。最後に、断層像を冠状断像で撮像する。もちろん、病変によっては矢状断像や斜断像を追加することは言うまでもない。この後、通常の T<sub>1</sub> 強調像や T<sub>2</sub> 強調像および Gd-chelate を用いた dynamic MRI を施行し、質的診断に役立てている。

造影剤を用いた造影 MRU と MR hydrography の技術を応用した非造影 MRU の使い分けにおいては、閉塞性尿路疾患や腎機能低下病態においては非造影 MRU を選択すべきであるが、非拡張尿路の描出には利尿剤の併用なしには限界があるため、症例によっては造影 MRU を追加する。しかし、利尿剤の併用が禁忌である症例以外には利尿剤を併用することで非拡張尿路もほとんどの症例で明瞭に描出することが可能であるため、我々の施設ではほとんど併用していない。ただし、我々の手技はやや煩雑であり、手技の容易な造影 MRU を第 1 選択又は非造影 MRU と併用している施設もある。

造影 MRU が非常に有用な疾患は血管による尿路の圧排である。前述のごとく造影 MRU は造影 MRA と類似の手技であるため、両者を併用することは極めて容易であり、尿路の圧排、狭窄、偏位が血管によるものと推定されるときに、試みられてよい方法であると考える。

### 3) 先天性疾患

尿路系の先天性疾患は非常に多彩であるが、腎に関する奇形は US や CT で容易に診断可能であるのでここでは尿管の先天性疾患に限って言及する。

尿管開口異常はまれな尿路奇形ではなく、発生頻度は人口の 0.05% 程度とされている。開口異常の 80% には重複尿管が伴っているとされ、特に重複尿管が伴っている場合には本症の診断は排泄性尿路造影で機能腎に属する腎盂腎杯尿管を観察し、US や CT で非機能腎に属する腎盂腎杯尿管を観察するという 2 種の診断法を組み合わせる診断法が通常であった。非造影 MRU はこの両者を同時に観察できるという点で画期的であり、本症の診断に非常に有用である。

また、右尿管が下大静脈の背側を走行する下大静脈後尿管では右側腎盂・腎杯の拡張のほか、上部尿管の特徴的なヘアピンカーブ状の走行が非造影 MRU でも明瞭に描出でき、造影 MRU と MRA の併用により診断が確定できる。その他、腎動脈下極枝の圧排による腎盂尿管移行部狭窄なども、造影 MRU と MRA の併用により容易に確定診断可能である (Fig. 6)。

#### 4) 尿路結石

尿路結石とは尿路にできた固形物の総称で、部位により腎結石、尿管結石、膀胱結石、尿道結石などに分けられ、前二者を上部尿路結石、後者を下部尿路結石と称する。腎結石はさらに腎杯結石、腎盂結石に分けられ、腎杯結石にできる場合もあり腎杯憩室結石と呼ばれる。通常、画像診断は腹部単純撮影、排泄性尿路造影などの X 線診断が行われ、結石の診断に MRU が用いられる必要はないが、X 線陰性結石で腫瘍との鑑別が困難な場合には、非造影 MRU による診断が有用な場合がある。すなわち、断層像において腫瘍と比較して結石は著明な低信号を呈するため、結石との確定が可能となるためである (Fig. 7)。しかしながら、TE の長い投影像においては、両者の鑑別は困難であることを銘記し、必ず TE の短い断層像を用

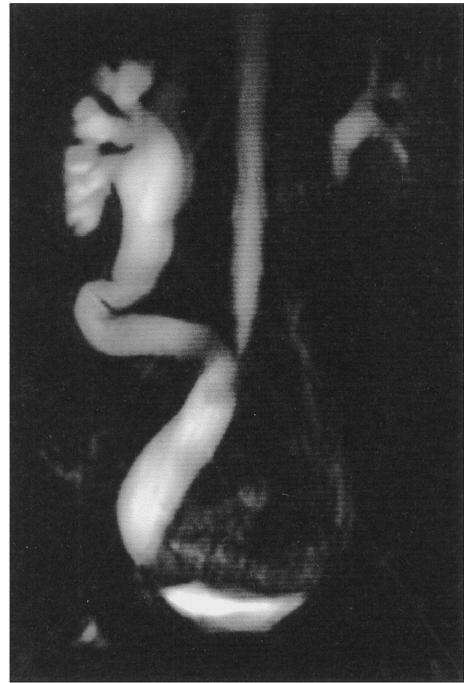


Fig. 6. Congenital ureterovesical junctional stenosis  
MRU clearly demonstrates dilated right hydronephrosis and hydroureter due to ureterovesical junctional stenosis.

いて診断することが肝要である。

#### 5) 腎盂尿管腫瘍、膀胱腫瘍

腎盂尿管腫瘍は腎盂尿管上皮より発生する腫瘍で、膀胱腫瘍は膀胱組織から発生する腫瘍の総称である。腎盂尿管腫瘍に関しては排泄性尿路造影法で陰影欠損を認めることにより診断していたが、排泄系に腫瘍が存在する場合、多かれ少なかれ排泄障害が生じるため、本症は非造影 MRU の良い適応となることが多い (Fig. 8)。膀胱腫瘍では膀胱鏡で十分診断できるが、尿管口に浸潤している場合は排泄障害を生じるため、上部尿路の全体像の把握には非造影 MRU が有用である。これらの疾患では、特に、完全に閉塞して通常の排泄性尿路造影では診断できない場合に非常に良い適応となる

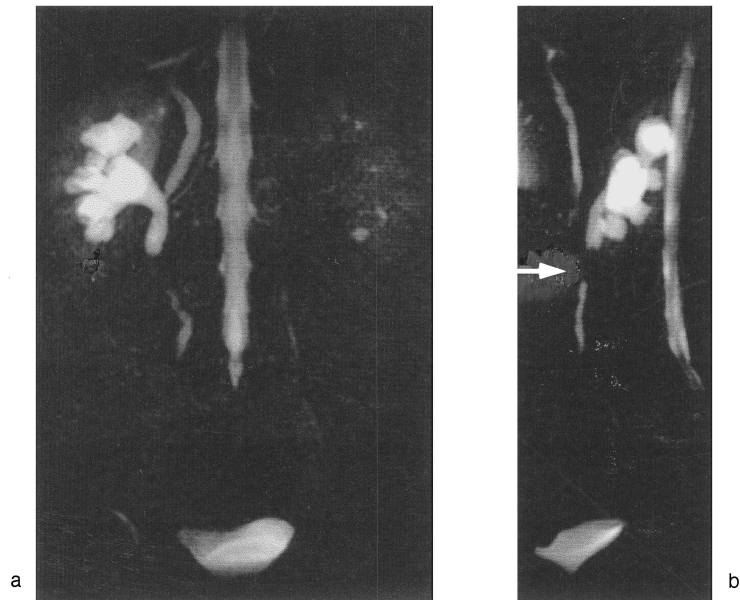


Fig. 7. Right ureter stone

a : Dilatation of right pelvocalyceal system and upper ureter and abrupt obstruction of right upper ureter are clearly shown by coronal MRU.

b : Saggital MRU demonstrated not only the proximal but also distal ureter to the obstructed portion. The shape of the obstruction suggests that it is caused by ureter stones (allow).

(Fig. 9). この場合、腫瘍は拡張した尿管の中の陰影欠損像として描出され、形態や範囲が容易に診断できる。質的診断は一般的には容易ではないが、尿管の fibroepithelial polyp は特異な形態を呈するため、質的診断も可能であると考えている。質的診断には、その後に行う造影剤を用いた dynamic MRI が必要であり、非造影 MRU では上記の特殊な場合を除いては質的診断には至らないことを銘記すべきである。

#### 6) 小児への応用

小児の尿路疾患は多彩であるが、尿路異常を疑ったときに用いられる主な検査には、超音波、腹部単純撮影 (KUB)、排泄性尿路造影、排尿時膀胱尿道撮影、腎シンチグラフィ、レノグラム、膀胱鏡などがある。これらのうち、超音波と排泄性尿路造影はほとんどの症例に対

し適応があると考えられる。超音波診断は、侵襲がなく、簡便なためスクリーニング検査としても用いられるが、排泄性尿路造影に代わり得るものではなく、全尿路をみるためには排泄性尿路造影が必要とされてきた。非造影 MRU は、小児疾患にも容易に応用可能であり、成人に比較して描出能は低いものの、閉塞性尿路疾患では拡張した尿路を明瞭に描出でき、十分診断に貢献する<sup>39)</sup>。

小児尿路疾患のうち水腎症や水尿管を来す腎盂尿管移行部狭窄や尿管膀胱移行部狭窄は非造影 MRU で十分診断可能である。また、尿管系の異常である尿管瘤や前述の尿管開口異常も小児のうちに早期に発見し、治療することが可能である。また、下部尿路の異常である尿膜管異常や膀胱異常も非造影 MRU で診断可能であると思われる。したがって本法は、経静脈性



Fig. 8. Left ureteral tumor  
MRU demonstrates clearly left hydronephrosis and hydroureter due to polypoid lesion of lower ureter (arrow).

造影剤を必要としない点並びに放射線被曝を避けられるという点からも小児の閉塞性尿路疾患には、まず試みられるべき方法であると考えられる。

### おわりに

MRCP の発達により、MRI が膵疾患の診断に重要な役割を果たすようになり、MRU は同様の撮像法である MRCP や MR myelography と比較して普及が遅れていたが、有用性が非造影 MRU においては撮像法を工夫することで、また、腎機能を同時に観察できる造影 MRU を付け加えることでより有効な検査となり得ると考えられている。また、消化管や胎児の MR hydrography も試みられ徐々に有用性を

を発揮しつつある。MRI の有用性をいろいろな分野で発揮するためにも MR hydrography に対する様々な人々によるいろいろな工夫が必要であり、そのような結果として MR hydrography はますます非常に重要な画像診断法として定着するであろう。

### 文 献

- 1) Itai Y, Ohtomo K : Cystic tumor of the pancreas. *Eur Radiol* 1996 ; 6 : 844-850
- 2) 廣橋伸治 : 膵嚢胞性疾患の画像診断. *画像診断* 1998 ; 18(6) : 664-673
- 3) Pu Y, Yamamoto F, Igimi H, et al. : A comparative study usefulness of magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute cholecystitis. *J Gastroenterol* 1994 ; 29 : 192-198
- 4) Loffin TG, Simeone JF, Mueller PR, et al. : Gallbladder bile in cholecystitis : *in vitro* MR evaluation. *Radiology* 1985 ; 157 : 457-459
- 5) Loud PA, Semelka RC, Kettritz U, et al. : MRI of acute cholecystitis : comparison with the normal gallbladder and other entities. *Magn Reson Imaging* 1996 ; 14 : 349-355
- 6) Baron RL, Shuman WP, Lee SP, et al. : MR appearance of gallstones *in vitro* at 1.5T : correlation with chemical composition. *AJR* 1989 ; 153 : 497-502
- 7) Yoshimitsu K, Honda H, Kaneko K, et al. : Dynamic MRI of the gallbladder lesions : differentiation of benign from malignant. *JMRI* 1997 ; 7 : 696-701
- 8) Sagoh T, Itoh K, Togashi K, et al. : Gallbladder carcinoma : evaluation with MR imaging. *Radiology* 1990 ; 174 : 131-136
- 9) 塚本勝彦, 本城和光, 片山 節, 他 : 胆嚢腺筋症の 1 例 : 高分解能 multislice dynamic MRI および dynamic CT を中心にして. *臨床放射線* 1993 ; 38 : 729-732
- 10) Guibaud L, Bret PM, Reinhold C, et al. : Diagnosis of choledocholithiasis : value of MR cholangiography. *AJR* 1994 ; 163 : 847-850
- 11) Morimoto K, Shimoi M, Shirakawa T, et al. : Biliary obstruction : evaluation with three dimensional MR cholangiography. *Radiology* 1992 ;



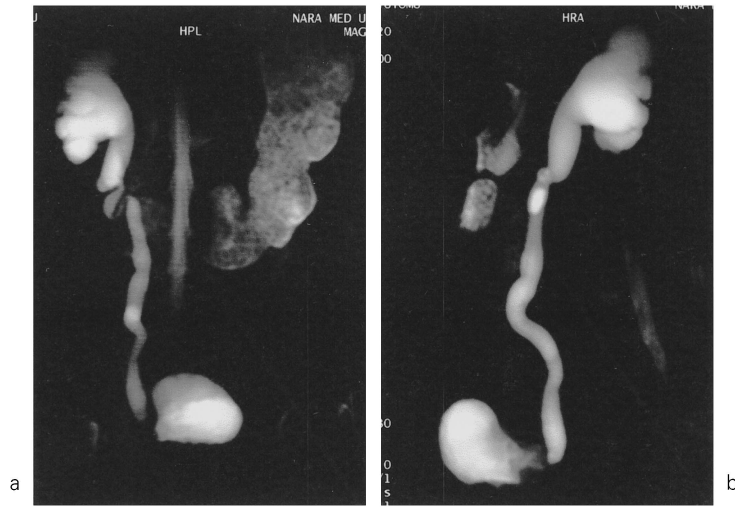


Fig. 9. Advanced urinary bladder cancer invaded the right ureter  
a : Coronal MRU clearly shows right hydronephrosis, hydroureter and irregular defect of urinary bladder.  
b : Saggital MRU demonstrates irregular shape bladder tumor invading lower ureter more clearly than the coronal image.

- 183 : 575-580
- 12) 廣橋伸治, 打田日出夫, 大石 元, 他 : 十二指腸乳頭部癌の診断 : CT, MRCP, 血管造影などの画像診断. 胃と腸 1997 ; 32 : 157-164
  - 13) 露口利夫, 斎藤雅彦, 森下 一, 他 : 原発性硬化性胆管炎の診断. 胆と膵 1996 ; 17 : 823-827
  - 14) Myers RN, Cooper JH, Padis N : Primary sclerosing cholangitis : complete gross and histologic reversal after long-term steroid therapy. Am J Gastroenterol 1970 ; 53 : 527
  - 15) 廣橋伸治, 打田日出夫. 診断 (MRCP) : 膵・胆管合流異常 : その consensus と controversy. 東京 : 医学図書出版, 1997 ; 52-27
  - 16) 竹原康雄, 一条勝利, 遠山典宏, 他 : セクレチン負荷 MR cholangiopancreatography (MRCP). 日医放会誌 1995 ; 55 : 255-256
  - 17) Matos C, Metens T, Deviere J, et al. : Pancreatic duct : morphologic and functional evaluation with dynamic MR pancreatography after secretin stimulation. Radiology 1997 ; 203 : 435-441
  - 18) Hidaka T, Hirohashi S, Uchida H, et al. : Annular pancreas diagnosed by single-shot MR cholangiopancreatography. Magn Reson Imag 1998 ; 16(4) : 441-444
  - 19) Bret PM, Reinhold C, Taourel PG, et al. : Pancreas divisum : evaluation with MR cholangiopancreatography. Radiology 1996 ; 199 : 99-103
  - 20) Hirohashi S, Hirohashi R, Uchida H, et al. : Pancreatitis : evaluation with MR cholangiopancreatography in children. Radiology 1997 ; 203 : 411-415
  - 21) Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, et al. : Pancreatic ductal adenocarcinoma : preoperative assessment with helical CT versus dynamic MR imaging. Radiology 1997 ; 202 : 655-662
  - 22) Irie H, Honda H, Kaneko K, et al. : Comparison of helical CT and MR imaging in detecting and staging small pancreatic adenocarcinoma. Abdom Imaging 1997 ; 22 : 429-433
  - 23) Nishiharu T, Yamashita Y, Abe Y, et al. : Local extension of pancreatic carcinoma : assessment with thin-section helical CT versus with breath-hold fast MR imaging-ROC analysis. Radiology 1999 ; 212 : 445-452
  - 24) Koito K, Namieno T, Ichimura T, et al. : Mucin-

- producing pancreatic tumors : comparison of MR cholangiopancreatography with endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Radiology* 1998 ; 208 : 231-237
- 25) Onaya H, Itai Y, Niitsu M, et al. : Ductectatic mucinous cystic neoplasms of the pancreas : evaluation with MR cholangiopancreatography. *AJR* 1998 ; 171 : 171-177
- 26) Sugiyama M, Atomi Y, Hachiya J : Intraductal papillary tumors of the pancreas : evaluation with magnetic resonance cholangiopancreatography. *Am J Gastroentel* 1998 ; 93 : 156-159
- 27) 廣橋伸治, 坂本雅彦, 打田日出夫, 他 : MRI による胆膵の virtual endoscopy. *消化器内視鏡* 2000 ; 12 : 1013-1017
- 28) 真口宏介 : 粘液産生膵腫瘍の臨床病理学のおよび診断学的研究. *日消誌* 1994 ; 91 : 1003-1015
- 29) Ohtomo K, Furui S, Omoue M, et al. : Solid and papillary epithelial neoplasm of the pancreas : MR imaging and pathologic correlation. *Radiology* 1992 ; 184 : 567-570
- 30) Yamashita Y, Namimoto T, Mitsuzaki K, et al. : Mucin-producing tumor of the pancreas : diagnostic value of diffusion-weighted echo-planar MR imaging. *Radiology* 1998 ; 208(3) : 605-609
- 31) Roy C, Saussine C, Jahn C, et al. : Evaluation of RARE-MR urography in the assessment of ureterohydronephrosis. *J Comput Assist Tomogr* 1994 ; 18(4) : 601-608
- 32) Aerts P, Van HoeL, Bosmans H, et al. : Breath-hold MR urography using the HASTE technique. *AJR Am J Roentgenol* 1996 ; 166(3) : 543-545
- 33) Regan F, Bohlman ME, Khazan R, et al. : MR urography using HASTE imaging in the assessment of ureteric obstruction. *AJR Am J Roentgenol* 1996 ; 167(5) : 1115-1120
- 34) Tang Y, Yamashita Y, Namimoto T, et al. : The value of MR urography that uses HASTE sequences to reveal urinary tract disorders. *AJR Am J Roentgenol* 1996 ; 167(6) : 1497-1502
- 35) Rothpearl A, Frager D, Subramanian A, et al. : MR urography : technique and application. *Radiology* 1995 ; 194(1) : 125-130
- 36) Hattery RR, King BF : Technique and application of MR urography. *Radiology* 1995 ; 194(1) : 25-27
- 37) Reuther G, Kiefer B, Wandl E : Visualization of urinary tract dilatation : value of single-shot MR urography. *Eur Radiol* 1997 ; 7(8) : 1276-1281
- 38) Hirohashi S, Hirohashi R, Uchida H, et al. : MR cholangiopancreatography and MR urography : improved enhancement with a negative oral contrast agent. *Radiology* 1997 ; 203 : 281-285
- 39) Sigmund G, Stoever B, Zimmerhackl LB, et al. : RARE-MR-urography in the diagnosis of upper urinary tract abnormalities in children. *Pediatr Radiol* 1991 ; 21(6) : 416-420

## **MR Hydrography of the Abdomen**

Shinji HIROHASHI

*Department of Radiology, Nara Medical University  
840 Shijyo-cho, Kashihara, Nara 634-8522*

Improvements in both software and hardware for magnetic resonance imaging has enabled high speed T<sub>2</sub> weighted images and hydrography to show only static fluid. Several types of imaging including hydrography included MR cholangiopancreatography (MRCP), MR myelography, and MR urography (MRU) will become more widely used in other fields. We reviewed the method of use and clinical application of MR hydrography in the abdominal area. We focused on MRCP and MRU in this article.

MRCP has already played an important role in the diagnosis of pancreatobiliary abnormalities. MRU will become more important for this type of diagnosis if the acquisition method is improved so that it reflects renal function information. Recently, the indication of MR hydrography has increased in the fields of gastrointestinal tract and fetal imaging. MR hydrography holds great possibility in these fields and the further development and ideas from radiologist will present more options. Consequently, MR hydrography will become an established method of image diagnosis.