腎瘢痕のMRI診断ならびに臨床的検討

名古屋市立大学医学部泌尿器科教室 (主任: 大田黒和生教授)

津ヶ谷正行 平尾 憲昭 大田黒和生

愛知県厚生農協組合連合会加茂病院泌尿器科 (部長: 加藤次朗)

加 藤 次 朗

A CLINICAL STUDY AND THE DIAGNOSIS IN MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF RENAL SCARRING

Masayuki Tsugaya, Noriaki Hirao and Kazuo Ohtaguro

Department of Urology, Nagoya City University Medical School

(Director: Prof. K. Ohtaguro)

Jiro Kato

Department of Urology, Koseiren Kamo Hospital

(Chief: Dr. J. Kato)

Twenty-nine kidneys of seventeen patients (nine boys and eight girls) with vesicoureteral reflux and repeated urinary tract infection were studied by magnetic resonance imaging for diagnosis of renal scarring and correlation between clinical data and the degree renal scarring.

Renal scarring is classified into three types according to findings in magnetic resonance imaging. The degree of renal scarring are classified into five grades according to traditional grading of intravenous pyelogram. If a fine deformity of calyx is shown on intravenous pyelogram, magnetic resonance imaging demonstrates renal scarring. Magnetic resonance imaging without irradiation is exceedingly valuable for the diagnosis of renal scarring. The appearances of magnetic resonance imaging were supported by X-ray computed tomography.

There is a substantial correlation between serum creatinine and the grades of renal scarring by magnetic resonance imaging. There is a substantial correlation between fever attacks and the grade of renal scarring, and there is a significant reverse correlation between the age of the onset of upper urinary tract infection and the grade of renal scarring. It is suggested that upper urinary tract infection is the most significant factor in scar formation.

要旨: 膀胱尿管逆流現象 (Vesicoureteral Reflux: VUR) ならびに反復性尿路感染症の既往を有する男 9 例, 女 8 例, 計 17 例 29 腎を対象に X 線 CT スキャンで裏付けした MRI による腎瘢痕の画像診断を試み, 臨床的検討を行なった。

その結果, MRI の腎瘢痕の所見から 3 つのタイプに分類できた。また腎瘢痕の grade を従来の IVP の分類をもとに MRI の腎実質の所見から 5 段階に分類し, 従来の IVP による分類と比較検討したところ, IVP で些細な腎杯の変形が認められたものは MRI で瘢痕が認められ, 放射線被曝が無い MRI は腎瘢痕の画像診断において極めて有用な検査法である。

血清 creatinine 値と MRI の分類による腎瘢痕の grade との関係を検討したところ血清 creatinine 値との間に相関関係が認められた。

上部尿路感染の発症年齢やその頻度と MRI の分類による腎瘢痕の grade との関係では, 発症年齢が早期であり, 頻度が多いことが腎瘢痕の grade を高めており, 腎瘢痕の形成には上部尿路感染が最も重要な要因であることが示唆された。

結 言

膀胱尿管逆流現象 (Vesicoureteral Reflux : VUR) による腎障害は逆流性腎症として治療上重要な問題となっている。逆流性腎症における腎障害は腎実質の瘢痕ならびに萎縮であり、腎瘢痕はかなり進行した症例でない限り局所的な変化である。この腎瘢痕を早期にしかも適確に診断し、瘢痕の新生や進展を把握することは逆流性腎症の治療にとって重要なことである。

近年、画像診断は急速に進歩している。その中で放射線被曝が無い超音波断層撮影法と MRI (Magnetic Resonance Imaging) は期待されている検査法である。著者らは MRI による腎瘢痕の画像診断を試みその有用性を検討した。また MRI による腎瘢痕の診断を裏付ける目的で X 線 CT スキャンを施行した。

対象ならびに方法

対象症例は1987年4月から1988年3月までの間に名古屋市立大学病院と加茂病院泌尿器科で治療を受けた VUR ならびに反復性尿路感染症の既往を有する男9例、女8例、計17例29腎で、年齢分布は3～38歳(平均11.1歳)で、原発性 VUR 12例、続発性 VUR 5例であった。IVP と MRI は上記対象症例全例に施行した。MRI は超伝導型 (0.5 Tesla) の装置を用い、T1、プロトン密度シーと T2強調画像を multi slice で

撮影した。X 線 CT スキャンと対応させるため横断像を撮影し、17例中4例に冠状像も撮影した。腎臓の明瞭な画像を得るため、原則として表面コイルを用いた。X 線 CT スキャンは17例中15例に単純と造影後の X 線 CT スキャンおよびダイナミック X 線 CT スキャンを施行した。上記症例の腎瘢痕の有無と程度を MRI と X 線 CT スキャンで診断し、IVP で診断した腎瘢痕の程度と比較検討した。また上部尿路感染の発症年齢やその頻度、血清 BUN および creatinine 値と腎瘢痕の程度との関係を検討した。

結 果

単純 X 線 CT スキャンは腎輪郭の変形を描出するが先天性変化と腎瘢痕との鑑別はできなかった。造影後の X 線 CT スキャンは腎杯や腎盂が描出され、腎臓の解剖が明瞭に描出されるため、瘢痕によって腎実質が高度に萎縮した場合には腎瘢痕を容易に診断できるが、萎縮が軽度の場合には診断は困難であった。ダイナミック X 線 CT スキャンでは bolus phase で皮質と髓質が明瞭に描出されるため、萎縮が軽度の場合の腎瘢痕を容易に診断できる (Fig. 1)。しかし、腎全体を bolus phase の状態で撮影することは容易なことではない。腎障害が高度な1症例と MRI で十分に診断し得た1症例、計2症例には X 線 CT スキャンを施行

Fig. 1 Renal scarring was clearly demonstrated in X-ray CT scans after intravenous bolus injection of contrast medium. Left : plain X-ray CT scan. Right : bolus phase of contrast enhanced CT (Arrows show renal scarring).

しなかった。

MRIによる腎瘢痕の診断は、T1強調画像で瘢痕部における腎輪郭の変形あるいは腎実質の菲薄化と同部

位の皮質が皮質と髓質のほぼ中間あるいは髓質に近似した low intensity に描出され、この所見は X 線 CT スキャンで認められた瘢痕部に一致していた。プロト

Fig. 2 Renal scarring clearly demonstrated depression of renal parenchyma. Low intensity of renal cortex in renal scarring was shown in T1-weighted image (left) and as linear-or band-low intensity zone in T2-weighted image (right).

Fig. 3 Although renal scarring was clearly demonstrated as low intensity of renal cortex in T1-weighted image (left), low intensity zone was not shown in T2-weighted image (right).

Fig. 4 Renal scarring which has wide but partial thinning of renal parenchyma was demonstrated in MRI (left) and X-ray CT (right).

ンデンスティールと T2強調画像における瘢痕部は腎輪郭の陥凹部と同部の腎実質の楔状あるいは線状の low intensity zone として明瞭に描出された (Fig. 2). 腎瘢痕の中に T1強調画像で瘢痕部が明瞭に描出されていても, T2強調画像において low intensity zone が不明瞭であるかあるいは描出されなかったものが認められた (Fig. 3).

X 線 CT スキャンと MRI の腎瘢痕の所見を総合して検討したところ, 上記腎輪郭の陥凹所見 (Type I) (Fig. 2) のみならず腎実質が広範に菲薄化したもの (Type II) (Fig. 4), また腎実質の一部が欠損したもの (Type III) (Fig. 5) が認められ, 3つのタイプに分類できた (Fig. 6). 腎瘢痕の grade を従来の IVP の分類をもとに MRI の腎実質の所見から 5 段階に分類した (Fig. 7). すなわち腎瘢痕の数をもとに腎瘢痕が 1 ないし 2 箇所を grade I と II, 3 から 6 箇所を grade III, 7 箇所以上を grade IV とした. MRI 画像の横断像を主体として評価するため 1つのスライスで瘢痕が認められ, このスライスの上と下のスライスでその瘢痕と関係したものは 1つとして計算した.

Fig. 5 Renal scarring which has large depression of renal parenchyma as a defect was demonstrated in MRI (left) and X-ray CT (right). The upper and lower pictures were of different patients.

Fig. 6 Classification of grades of renal scarring in X-ray CT.

grade I と II の癒痕数は同じであるが、MRI の所見から grade II では T₂強調画像における癒痕部の腎実質が楔状あるいは線状の low intensity zone として明瞭に描出されるのに対し、grade I では癒痕の初期像と考えられる T₂強調画像におけるこの low intensity zone の描出が不明瞭あるいは認められないことで分類した。small kidney または腎の皮髄境界が不明瞭になり、腎が高度に障害されたものを grade V とした。また腎癒痕が認められないものを grade 0 とした。上記17例29腎をこの MRI の分類と従来の IVP による分類で比較検討したところ、IVP で些細な腎杯の変形が認められたものは MRI で癒痕が認められた (Fig. 8)。

初診時の VUR の grade と腎癒痕の程度による MRI の分類とを比較検討したところ、相関関係は認められなかった。

血清 BUN、creatinine 値と MRI の分類による腎癒痕の grade との関係を Spearman's correlation coefficients で検討した。片側腎には癒痕が認められなかったり (grade 0)、両腎に癒痕が認められても各々 grade が異なる症例が多いため、grade の高い腎と低い腎のそれぞれについて検討したところ、BUN と

MRI による腎癒痕の grade との間に相関関係は認められなかったが、creatinine において grade の高い腎の検討では $r=0.658$, $p<0.005$, grade の低い腎では $r=0.505$, $p<0.05$ と相関関係が認められた (Fig. 9)。

上部尿路感染の発症年齢やその頻度と MRI による腎癒痕の grade の高い腎との関係を検討した。上部尿路感染の頻度が11回以上の症例では明確な回数は不明のためこれらの症例を1群として扱い腎癒痕の grade との関係を Spearman's correlation coefficients と Kuskal Wallis test (H test) で検討したところ、発症年齢では $r=-0.768$, $p<0.0005$ と負の相関関係が認められたが、H test では $0.05<p<0.1$ で有意差が認められなかった (Fig. 10)。一方、頻度では $r=0.836$, $p<0.0001$ で正の相関関係が認められ、H test は $p<0.05$ と有意差が認められた (Fig. 11)。

考 察

腎癒痕の診断には一般に IVP が用いられているが、腸管ガスの重なりのため診断に苦慮する。特に乳幼児では腸管ガスが多いため診断は困難なことが多い。また癒痕が腎の腹側あるいは背側にある場合にも診断は困難である。腎シンチグラムでは急性腎盂腎炎の病巣部でも摂取率が低下し、急性単純性腎盂腎炎において再燃を繰り返した症例の治癒は著しく遷延することから¹⁾、VUR 症例では逆流によって遷延治癒が予想されるため癒痕の診断に注意を要する。超音波断層法は現在広く普及し、手軽に検査ができしかも放射線被曝が無いことから有用な検査法であるため、著者らは現在検討中である。しかし、本法は腎輪郭の変形を描出するが著者らの経験では現時点では先天性変化と腎癒痕との鑑別は容易ではない。X 線 CT スキャンは腎の解剖を明瞭に描出することから癒痕形成の診断に適して

Fig. 7 Classification of grades of renal scarring in MRI.

Fig. 8 Relationship between grades of renal scarring in MRI and grades of IVP.

Fig. 9 Relationship between serum creatinine and grades of renal scarring in MRI. There is a substantial correlation between both.

Fig. 10 Relationship between age of onset and grades of renal scarring in MRI. There are substantial reverse correlations in both.

いるが、反復検査を要する逆流性腎症の小児症例に頻回の X 線 CT スキャンを施行することは放射線被曝の点から問題となる。MRI は X 線 CT スキャンと異なり放射線被曝が無く、造影剤を投与しなくても T1 強調画像で腎の皮質と髄質を明瞭に描出し、しかも横

Fig. 11 Relationship between fever attacks and grades of renal scarring in MRI. There are substantial correlations in both.

断像のみならず任意の断層像を描出することができる (Fig. 12)。また腎機能が高度に障害された場合にはこの皮髄境界は不明瞭となる²⁾。MRI の欠点は装置が高価であり、撮影時間が長いことである。撮影中の体動は不良な画像の原因となるため小児、特に乳幼児では眠らさせるための薬剤を必要とする。MRI は現在盛んに開発、改良されているため、撮影時間が長い問題は近い将来解決されるであろう。腎瘢痕について IVP や腎シンチグラムで種々の検討が行なわれてきたが³⁾⁴⁾、腎実質の形態変化を画像診断で明瞭に捉えることはできなかった。X 線 CT スキャンで裏付けられ、MRI で診断できた腎瘢痕は大きく 3 種類のタイプに分類できた。腎輪郭の陥凹所見 (Type I) は最も頻度の高い瘢痕の一般的なタイプである。腎盂や腎杯の拡張した症例では腎の一部であるが、腎実質が広範にしかも膜状に菲薄化したタイプ (Type II) が認められた。また腎実質の一部が欠損したタイプ (Type III) も認められ、最初の症例では先天性変化と思われたが、症例を重ねる中で、この変化も腎瘢痕による変化であると診断した。

生駒らによる腎盂腎炎の grading⁵⁾をもとに MRI で得られた腎実質の萎縮としての腎瘢痕の grading を分類した。腎瘢痕の数をもとに腎瘢痕が 1 ないし 2 箇所を grade I と II、3 から 6 箇所を grade III、7 箇所以上を grade IV とし、生駒らによる腎盂腎炎の grading⁵⁾に対応させた。MRI の所見で T1 強調画像で瘢痕部が明瞭に描出されていても、T2 強調画像において low intensity zone が不明瞭であるかまたは描出されなかったものが認められた。著者らはこの MRI 所見は腎瘢痕の線維性変化が乏しいことによる変化と考え、瘢痕の初期像と診断して grade I の範疇に入れ

Fig. 12 IVP and MRI: MRI clearly demonstrates renal scarring in coronal sections.

IVP

MRI

た、grade Vは腎が高度に障害されたもので、small kidney または腎の皮髄境界が不明瞭になった腎を grade V の範疇に入れた、small kidney は先天性の腎形成異常と後天性の腎萎縮が含まれている。MRI で両者を鑑別し得ると思われるが、症例が少ないため検討できなかった。著明な腎萎縮は認められないが、腎が高度に障害されて腎の皮髄境界が不明瞭になった腎を grade V とした。この MRI の分類と生駒らの IVP による分類⁹⁾と比較検討したところ、IVP で些細な腎杯の変形が認められた grade I のものは MRI の分類で grade I から grade III の瘢痕が認められた。それゆえ IVP で些細な腎杯の変形が認められた腎は少なからず腎瘢痕を有していることから、IVP で注意深く観察すれば腎瘢痕を推察できることが示唆された。

MRI による腎瘢痕の grading と VUR の grading との間に相関関係は認められなかったが、血清 creatinine 値と MRI の分類による腎瘢痕の grade との間に相関関係が認められた。また上部尿路感染の発症年齢やその頻度との関係を検討したところ、発症年齢とは負の相関、頻度とは正の相関関係が認められた。腎瘢痕の形成には上部尿路感染が最も重要な要因であることが示唆された。

MRI は現時点では今回検討したような形態学的診断が主体となっているが、Gd-DTPA による腎の排泄機能の検討⁶⁾やスペクトログラフィーによる腎における代謝機能についての検討⁷⁾も将来実現できるであろう。

結 語

膀胱尿管逆流現象ならびに反復性尿路感染症の既往を有する男 9 例、女 8 例、計 17 例 29 腎を対象に MRI による腎瘢痕の画像診断を試み、X 線 CT スキャンでその裏付けを取って腎瘢痕の診断ならびに臨床的検討を行なった。

その結果、MRI の腎瘢痕の所見から腎輪郭の陥凹所見のみならず腎実質が広範に菲薄化したもの、また腎実質の一部が欠損したものが認められ、3つのタイプに分類できた。

腎瘢痕の grade を従来の IVP の分類をもとに MRI の腎実質の所見から 5 段階に分類し、初診時の VUR の grade と腎瘢痕の程度による MRI の分類とを比較検討したところ、相関関係は認められなかった。

この MRI の分類と従来の IVP による分類と比較検討したところ、IVP で些細な腎杯の変形が認められたものは MRI で瘢痕が認められた。

放射線被曝が無いMRIは腎瘢痕の画像診断において極めて有用な検査法である。

血清BUN, creatinine値とMRIの分類による腎瘢痕のgradeとの関係を検討したところ血清creatinine値との間に相関関係が認められた。

上部尿路感染の発症年齢やその頻度とMRIの分類による腎瘢痕のgradeとの関係では、発症年齢が早期であり、頻度が多いことが腎瘢痕のgradeを高めており、腎瘢痕の形成には上部尿路感染が最も重要な要因であることが示唆された。

稿を終えるに当たり、多大な御協力を頂いた荒木克己、宮地利明氏を始めとする本学中央放射線部の方々および泌尿器科学ならびに放射線医学教室員一同に御礼申し上げます。

本論文の要旨は第76回日本泌尿器科学会総会、第1回日本小児泌尿器科分科会において発表した。

文 献

- 1) 津ヶ谷正行, 平尾憲昭, 岩瀬 豊, 阪上 洋, 和田裕人: 急性腎盂腎炎における腎CTスキャンの意義. 日泌尿会誌, 79, 841—846, 1988.
- 2) Leung, A.W.L., Bydder, G.M., Steiner, R.E.,

Bryant, D.J. and Young, I.R.: Magnetic resonance imaging of the kidneys. *Amr. J. Roentgenology*, 143, 1215—1227, 1984.

- 3) Smellie, J., Edwards, D., Hunter, N., Normand, I.C.S. and Prescod, N.: Vesico-ureteric Reflux and renal scarring. *Kidney Int.*, 8, S-65—S-72, 1975.
- 4) Barry, K.A., Robert, K., Robert, W.J. and Helen, C.: ^{99m}Tc -DMSA scanning to diagnose pyelonephritic scarring in children. *Urology*, 21, 641—644, 1983.
- 5) 生駒文彦, 有馬正明, 島田憲次: 逆流性腎症. 臨床泌尿器, 40, 773—789, 1986.
- 6) 池平博夫, 山根昭子, 福田信男, 鳥居伸一郎, 柴田貞夫, 松本 徹, 飯沼 武, 館野文男: ガドリニウムDTPAによるNMR-CT腎動態機能検査法の試み. 核医学, 22, 219—224, 1985.
- 7) Weiner, M.W. and Adam, W.R.: Magnetic resonance spectroscopy for evaluation of renal function. *Seminars in Urology*, 3, 34—42, 1985.
(1988年12月28日受理)