

# T2\*強調 gradient echo 法を用いた dynamic MRI による腎機能評価に関する研究

岡山大学医学部放射線医学教室 (指導: 平木祥夫教授)

加 藤 勝 也

(平成7年1月27日受稿)

Key words : renal function, Gd-DTPA, dynamic MRI, creatinine clearance

## 緒 言

MRIはコントラスト分解能の高さ、任意の撮像断面を選択可能であること、放射線被曝がないことなどの利点があり、多くの領域で有用な検査法となっており、腎臓領域においても腫瘍性疾患の存在、性状、進展度診断をはじめとする形態診断法として広く用いられている。形態診断に加え機能診断の試みもなされており、当教室でもこれまで中磁場装置において spin echo 法 (以下 SE 法) の T1 強調像 (以下 T1WI) や、MRI 用の造影剤であるガドペンテト酸ジメグルミン (以下 Gd-DTPA) を用い T1 強調 gradient echo (以下 GE 法) を使用した dynamic MRI を施行しその有用性について検討し定量的評価を試みてきたがやや不十分な結果であった<sup>1-4)</sup>。

一方 T2\* 強調 GE 法による dynamic MRI の有用性も報告されているが<sup>5-7)</sup>、これまで24時間クレアチニンクリアランス値 (以下 Ccr) と比較検討した報告はまだない。今回、筆者は T2\* 強調 GE 法による dynamic MRI (以下 T2\* dynamic MRI) を施行しその時間信号強度曲線 (以下 time intensity curve ; TIC) を作成し、そこから独自のパラメータを設定し Ccr との相関について比較検討した。

## 対象と方法

### 1. ファントム実験

MRI の撮像機種は Siemens 社製 Magnetom H 15 (超伝導1.5T) で、body coil を使用し撮

像した。測定用ファントムは、米国データスペクトラム社製テラックスモデルファントムを使用した。試料としてアルブミン (25%) を用い Gd-DTPA 濃度を0.05mmol/l, 0.1mmol/l, 0.2mmol/l, 0.5mmol/l, 1 mmol/l, 2 mmol/l, 5 mmol/l, 10mmol/l, 20mmol/l にそれぞれ調整した。ファントム内には、塩化ニッケル水溶液 (5 mM) を注入し、インピーダンス調整を行った。

撮像シーケンスは、短時間撮像可能なシーケンスの内から T1 強調法として turbo FLASH 法 (TR=7 msec, TE=3 msec, TI=500msec, flip angle=8°), T2\* 強調法として FLASH 2 D 法 (TR=34msec, TE=25msec, flip angle=20°) を用い、各々のシーケンスについて Gd-DTPA 濃度変化に対する信号強度の変化を測定した。

### 2. 健常ボランティアにおける検討

腎疾患の既往、尿検査の異常がなく腎機能正常と思われるボランティア10例 (全て男性、22歳~35歳、平均27.8歳) に対し位置決め済の冠状断、矢状断像を撮像後、SE 法の T1WI の撮像と T2\* dynamic MRI を施行した。健常ボランティア全員に検査施行前にこの研究の趣旨を説明し協力の同意を得た。

撮像断面は T1WI は多断面の横断像、T2\* dynamic MRI は、位置決め済の矢状断像を参考に斜位をかけ、両腎門部が広く撮像範囲に含まれるように設定した冠状断像1断面とした。撮像パラメータは T1WI は TR=600msec, TE=15msec, matrix=256\*256, FOV=300mm,

slice thickness = 8 mm, T2\* dynamic MRI はファントム実験と同じパラメータの FLASH 2 D 法 (TR = 34 msec, TE = 25 msec, flip angle = 20°, matrix = 128 \* 256, FOV = 380 mm, slice thickness = 8 mm) を用い、一枚の撮像時間は 7.89 秒で呼吸停止下に行った。造影前の像を撮像し撮像断面を決定後、事前に 20 G サーフロー針にて確保した肘静脈より Gd-DTPA 0.2 ml/kg (0.1 mmol/kg) を用手的に 5 秒間で静注し、直後より 15 秒毎に 20 枚 (5 分後まで) 撮像した。

左右腎それぞれについて関心領域 (以下 regions of interest : ROI) を設定し T1WI と T2\* dynamic MRI の 21 相すべてにおける皮質、髓質の信号強度を測定した。ROI は皮質、髓質の各々 5 箇所を設定し、そのうち最大値、最小値を削除し中間の 3 箇所の ROI 値の平均値を求めた。これをもとに T1WI については従来より腎機能の評価に有用であるとされている皮髓信号区別比 (以下 cortico-medullary difference ratio ; CMDR)<sup>8-10)</sup> を求め、T2\* dynamic MRI については TIC を検討し簡便に腎機能の評価が可能ないように、独自に以下のようなパラメータを設定した。すなわち、Gd-DTPA の腎到達とともに認められる皮質の信号低下比を cortex decreased ratio (以下 CDR), 尿細管濾過に伴う髓質の信号低下比を medulla decreased ratio (以下 MDR) とし図 1 のように算出した。こ

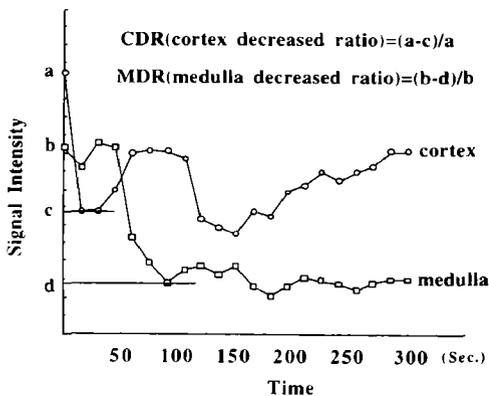


図 1 健常ボランティアにおける time intensity curve (TIC) 及びパラメータ (CDR, MDR) の設定

のうち MDR 算出には肉眼的にとらえやすい腎皮質の信号強度の再低下を指標としその 2 相前の髓質の ROI 値を用いた。

### 3. 臨床例における検討

対象は腎機能障害を疑われ Ccr を検査してある 35 症例の 70 腎 (男性 22 例, 女性 13 例) である。年齢は 18 歳 ~ 78 歳 (平均 62.5 歳) で腎機能検査の行われた原因は慢性腎不全 10 例, 急性腎不全 2 例, IgA 腎症 8 例, 膜性腎症 2 例, ループス腎炎 3 例, Alport 症候群 1 例, 蛋白尿精査 12 例, Henöch-Schöenlein 紫斑病 2 例, その他 3 名 (重複あり) であり今回の検討では、腎機能に左右差があると思われる腎血管障害疑いの患者は対象から除外した。水分負荷を出来るだけ同じ条件にするために、検査は基本的に夕食食事前に行い、昼食後は絶飲食とした。Ccr は MRI の前後 10 日間以内に測定され、Ccr により対象を 4 群に分けたところ 71 ml/min 以上の正常群が 7 例, 51-70 ml/min の軽度障害群が 9 例, 31-50 ml/min の中等度障害群が 7 例, 30 ml/min 以下の高度障害群が 12 例であった。

この 4 群すべてに健常ボランティアにおける検討と同様に SE 法 T1WI, T2\* dynamic MRI を施行し、その画像所見について以下の項目について検討した。

#### 1) 視覚的検討

##### (1) SE 法 T1WI について

a. 髓質に比べた皮質の高信号 (以下皮髓信号区別) の有無

##### (2) T2\* dynamic MRI について

a. Gd-DTPA の腎到達による皮質の信号低下 (以下早期皮質信号低下) の有無

b. 早期皮質信号低下後の髓質の信号低下 (以下髓質信号低下) の有無

c. 皮質から髓質への造影剤の濾過とともに信号が上昇した皮質の信号の再低下 (以下皮質信号再低下) の有無

#### 2) 定量的検討

これらの画像所見の検討に加えて健常ボランティアにおける検討と同様に SE 法 T1WI, T2\* dynamic MRI により得られた画像の皮質と髓質の信号強度をはかり T1WI より CMDR を、T2\* dynamic MRI より CDR, MDR を健常ボ

ランティアにおける検討と同様に求めた、MDRを決定する指標となる、皮質信号再低下が認められない高度腎機能障害例においては、健常ボランティアの髄質信号低下の時間や従来の報告<sup>5)</sup>を参考にし、7相目(約105秒後)の腎髄質のROI値を採用した。これらのパラメータとCcrとの相関係数を求め比較検討した。

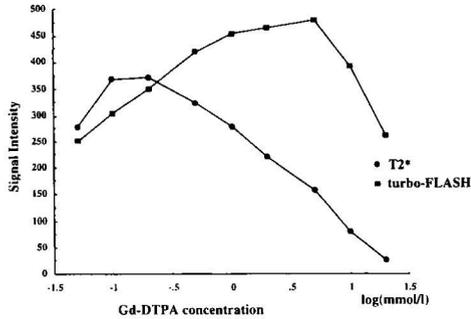


図2 Gd-DTPA 濃度と信号強度の関係

## 結 果

### 1. ファントム実験

図2のごとく、T1を強く強調した撮像法である turbo FLASH 法を用いた場合、低から中濃度領域ではGd-DTPAの濃度が高くなるにつれて信号強度が高くなるが、さらに高濃度になると信号強度の低下を認めた。T2\* 強調 GE 法 (FLASH) では極めて低濃度領域ではいったん信号強度の増強を認めるが、以後Gd-DTPAが高濃度になるとともに信号強度が低下した。

### 2. 健常ボランティアにおける検討

T1WIの皮髄信号区別は全例において明瞭に認められた。

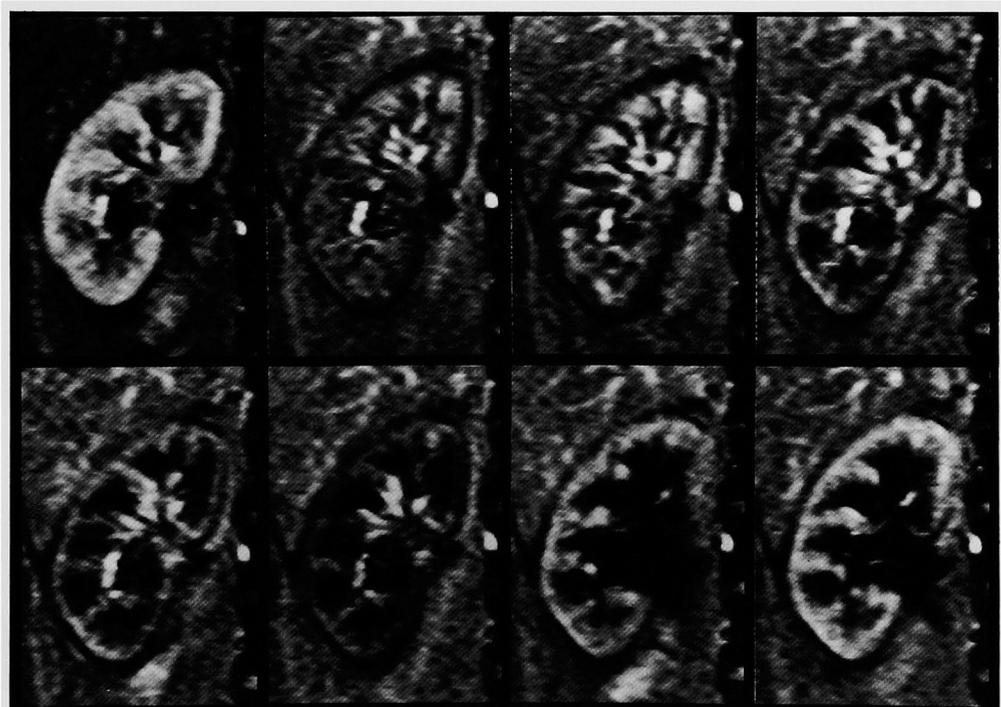
健常ボランティアのT2\* dynamic MRIの典型例の像を図3 a-hにTICを図1に示す。健常ボランティアでは全例において、まず腎臓への造影剤の到達とともに腎皮質の信号強度の低

a. 造影前

b. 30秒後

c. 60秒後

d. 90秒後



e. 105秒後

f. 135秒後

g. 210秒後

h. 5分後

図3 健常ボランティアにおけるT2\* dynamic MRI の典型像

下が認められた(図3 b)。つぎに低信号帯が皮質から腎門方向へ移動するとともに髓質の信号強度の低下を認め(図3 c-f)、続いて低信号帯が移動し信号強度が上昇した皮質は再度わずかに低信号を呈した(図3 f)。その後腎盂から腎杯へと造影剤の腎からの排出にともない腎盂腎杯の信号強度の低下を認めた(図3 g, h)。

この結果を踏まえて臨床的に容易に腎機能測定ができるように簡便に測定できるパラメータ CDR, MDR を前述の如く設定した。健康ボランティア10例の20腎の CDR は0.495-0.829 (平均: 0.583, 標準偏差: 0.094), MDR は0.627-0.777 (平均: 0.716, 標準偏差: 0.044), CMDR は1.241-1.551 (平均: 1.336, 標準偏差: 0.088) であった(図4)。

3. 腎疾患患者における検討

1) 視覚的検討(表1)

(1) 正常群(7例14腎)

全例において皮髓信号区別, 早期皮質信号低下, 髓質信号低下, 皮質再信号低下が認められた。

(2) 軽度障害群(9例18腎)

皮髓信号区別は2例2腎で区別不可能であった。早期皮質信号低下, 髓質信号低下, 皮質再信号低下は全例で認められた。

(3) 中等度障害群(7例14腎)

皮髓信号区別は2例2腎で区別不可能であった。早期皮質信号低下は全例で認められたが1例2腎においては髓質信号低下が認

められなかった。皮質再信号低下は2例4腎で認められなかった。

(4) 高度障害群(12例24腎)

皮髓信号区別は11例18腎で認められなかった。全例で早期皮質信号低下は認められず11例22腎では早期に皮質の信号上昇を認めた。残り1例は皮質の信号はほぼ不変であった。皮質信号再低下は全例で認められず、髓質信号低下は4例8腎で認められた

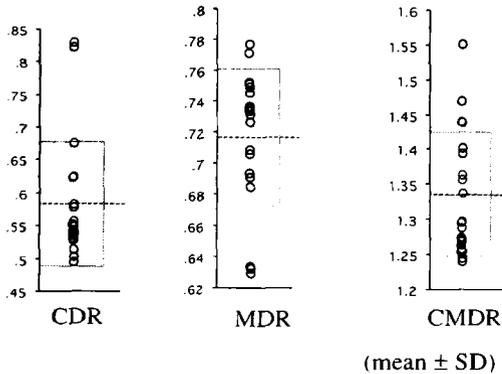


図4 健康ボランティアにおける CDR, MDR, CMDRの分布

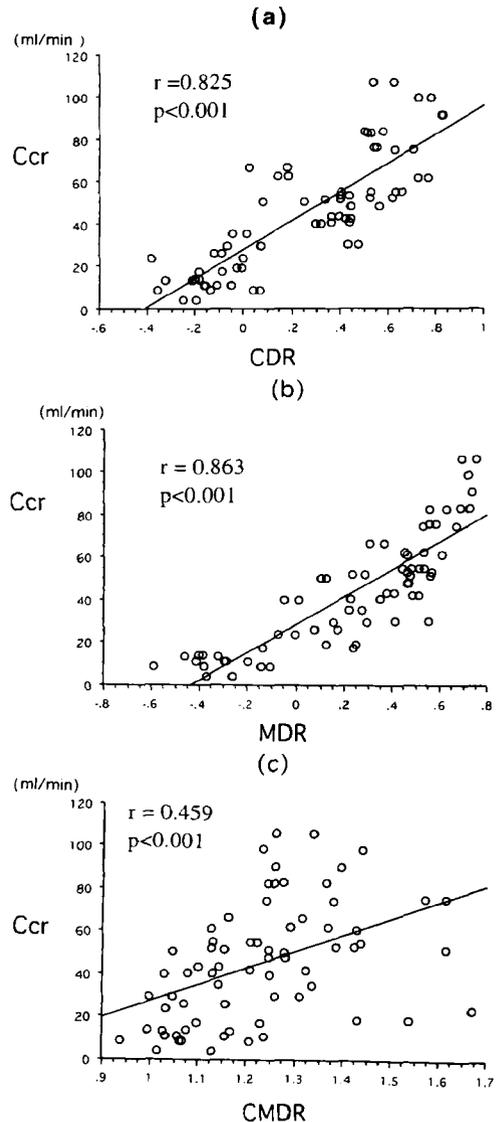


図5 腎疾患例における Ccr と、a) CDR, b) MDR, c) CMDR との相関

が8例16腎では逆に髓質の信号が上昇した。髓質信号低下が認められた4例はすべてCcr 15ml/min以上で髓質信号が上昇した8例は1例(23.7ml/min)を除いて全て15ml/min以下であった。

また全群を通じてT2\* dynamic MRIでは所見の左右差は認められなかったが、T1WIの皮髓信号区別は35例中9例で左右差を認めた。

## 2) 定量的検討

35例70腎におけるROI値の測定より求めたCDR, MDR, CMDRとCcrとの相関は図5 a-cの如くであり、いずれのパラメータもCcrと有意に相関が認められた( $P < 0.001$ )。相関係数( $r$ )はCDRが0.825, MDRが0.863, CMDRが0.459でMDRが最も良い相関を示した。

## 症 例

### 1. SE法T1WIにおける皮髓信号区別

a. 健常ボランティア(図6a) — K. K. 28

M —, CMDR 1.396 皮髓信号は明瞭に区別可能である。

b. 中等度腎障害例(図6b) — N. K. 56 M —, Ccr 41.5 ml/min, CMDR 1.137 皮髓信号は区別可能であるが腎機能低下とともに不明瞭になっている。

c. 高度腎障害例(図6c) — S. K. 72 F — Ccr 13.6 ml/min, CMDR 0.995 皮質, 髓質はほぼ同じ信号強度を呈しており区別不可能である。

### 2. 腎障害の程度による典型的なT2\* dynamic MRIのdynamic pattern

1) 軽度腎障害例(図7) — O. T. 68 M — Ccr 51.6ml/min, CDR=0.338, MDR=0.562, IgA腎症の症例である。早期皮質信号低下(図7b), 髓質信号低下(図7d-h), 皮質信号再低下(図7f)ともに認められるが, 信号低下は先の健常ボランティアに比べ少ない。

2) 高度腎障害例(図8) — Y. K. 28 M — Ccr 19.0 ml/min, CDR=-0.007, MDR=

表1 腎疾患例における視覚的検討項目の有所見数(率)

	正常群 (7例14腎)	軽度障害群 (9例18腎)	中等度障害群 (7例14腎)	高度障害群 (12例24腎)
皮髓信号区別	14 (100)	16 (88.9)	12 (85.7)	6 (25)
早期皮質信号低下	14 (100)	18 (100)	14 (100)	9 (0)
髓質信号低下	14 (100)	18 (100)	12 (85.7)	8 (33.3)
皮質信号再低下	14 (100)	18 (100)	10 (71.4)	0 (0)

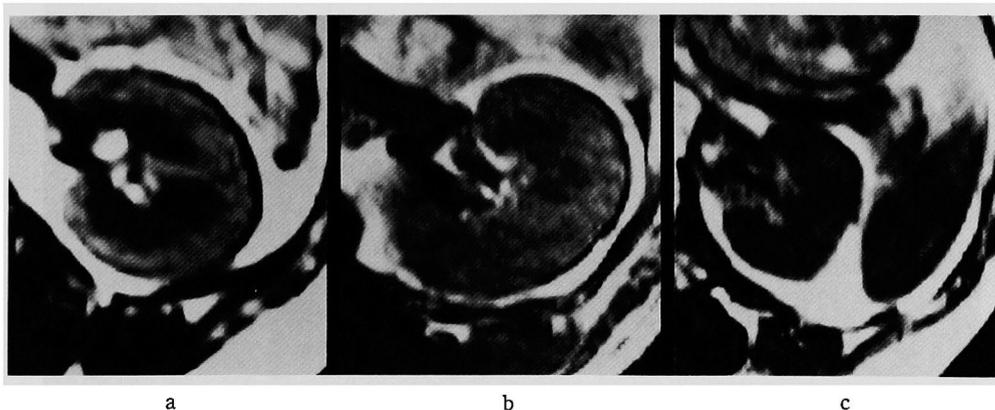


図6 T1WIにおける皮髓信号区別

a. 健常ボランティア, b. 中等度腎障害例(Ccr 41.5 ml/min), c. 高度腎障害例(Ccr 13.6 ml/min)

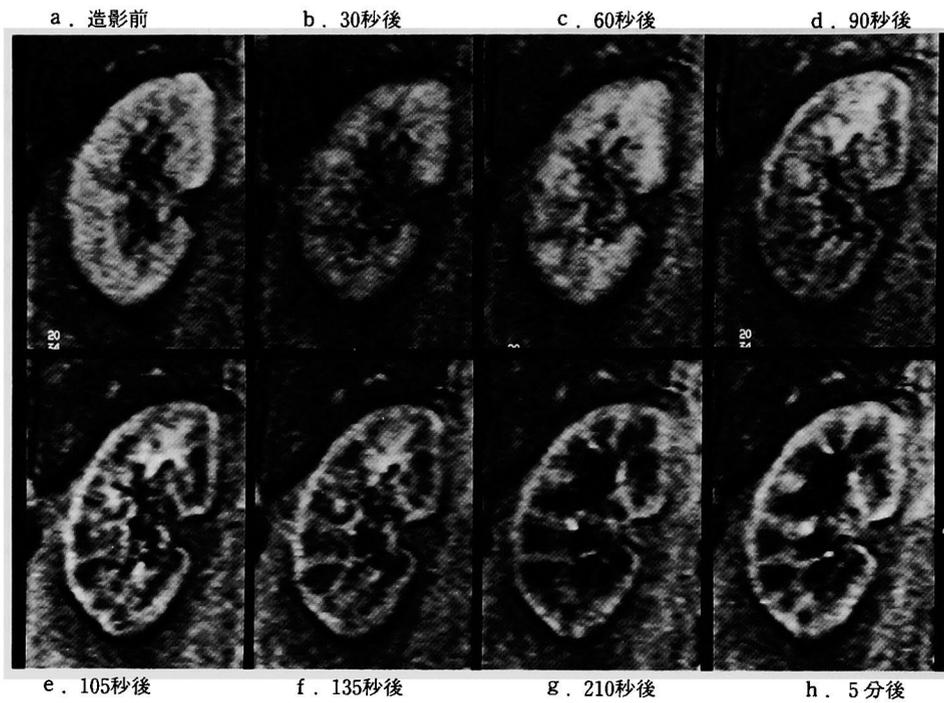


図7 軽度腎機能障害例 (Ccr 51.6 ml/min) における T2\* dynamic MRI

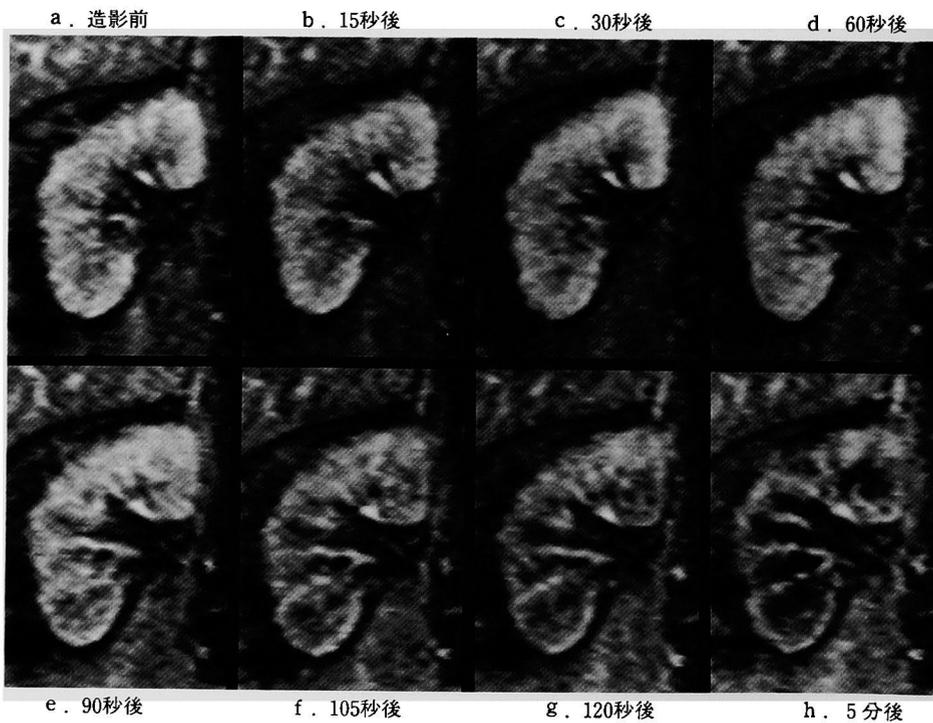


図8 高度腎機能障害例 (Ccr 19.0 ml/min) における T2\* dynamic MRI

0.253, 腎性高血圧を疑われ腎生検と臨床経過より Henöch-Schöenlein 紫斑病と診断された症例である。健常人で見られた Gd-DTPA の腎到達による早期皮質信号低下は認められず、皮質の信号にほとんど変化を認めなかった (図 8 b)。髓質の信号強度は徐々に低下しており (図 8 e-h)、わずかに糸球体濾過を受けた Gd-DTPA が尿細管で濃縮されたためと考えられる。

### 3) 高度腎障害例 (図 9) —K. S. 37 F—

Ccr 11.1 ml/min, CDR = -0.048, MDR = -0.412, SLE にて経過観察中にループス腎炎を併発し急速に腎機能低下を認め急性腎不全が疑われた症例である。この症例でも早期皮質信号低下は認められず信号上昇を認めた (図 9 b)。また、髓質の信号低下も認められず逆に髓質の信号上昇が見られた (図 9 d-h)。皮質、髓質ともにこの信号上昇は dynamic MRI 終了時まで持続した。

## 考 察

腎機能を画像診断法を用いて評価しようという試みは、これまでもなされておりさまざまな報告が見られる<sup>1-14)</sup>。画像診断による腎機能の評価法としては、レノグラム、dynamic CT も用いられているが<sup>11-13)</sup>、レノグラムは空間分解能に劣るため形態診断能が悪く、また分腎機能の評価は可能であるが局所腎機能の評価は困難である。dynamic CT ではヨード造影剤を急速静注しなければならず、造影剤による検査時のショック、熱感、さらに腎機能低下例では腎毒性などの副作用が問題となってくる。それに加え CT、レノグラムともに放射線被曝の問題があり特に若年者の患者に繰り返し検査を施行することははばかれる。これに対し MRI は、造影剤によるショック、腎毒性などの副作用がほとんどなく、高度腎機能患者に対しても施行可能であり、また放射線被曝がないために特に経過観察を必要とする患者にも繰り返し検査施行

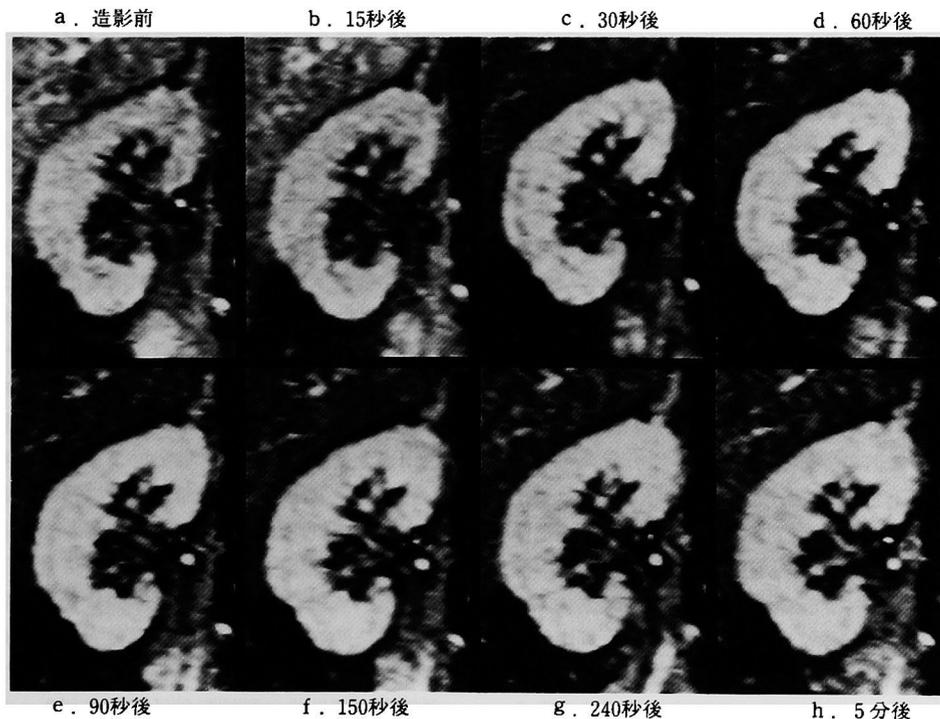


図 9 高度腎機能障害例 (Ccr 11.1 ml/min) における T2\* dynamic MRI

可能である。さらに空間分解能はCTに劣るものの局所腎機能の評価も可能と考えられる。今回筆者は T2\*強調 GE 法を用いた dynamic MRI による腎機能評価を試みた。

MRI による腎機能評価の報告としては、T1WI における皮質髄質信号区別、dynamic MRI の有用性が報告されているが、いずれも血漿クレアチニン値、BUN 値との比較検討のみである。T1WI の皮髄信号区別は腎の繊維化、浮腫の影響を受け、また腎機能のみを反映するものではないとされており<sup>9,10</sup>今回の検討でも35例中12例で左右差を認め、高度障害腎でも比較的明瞭に認められる症例もあった。血漿クレアチニン値、BUN 値は軽度腎機能障害時は変動が見られず、高度腎機能障害患者においては血液透析により変動し、また脱水等全身状態にも影響を受け腎機能の指標としてはやや信頼度を欠き不適当と考えられる。そこで今回筆者は、血液透析や全身状態により影響を受けにくい腎機能評価の指標として Ccr を用い、dynamic MRI により得られるパラメータとの相関を比較検討した。

dynamic MRI に用いる撮像法としては、主に T1 強調画像と T2\* 強調画像の2種類の報告があるが今回筆者は、T2\*強調 GE 法を用いた。これまで当教室では中磁場装置にて T1 強調 GE 法と T2\* 強調 GE 法の両法を試みてきた<sup>1-4</sup>。その結果 T2\*強調 GE 法は、中磁場装置では信号雑音比 (S/N 比) が十分得られないため T2\* 強調度の強いシークエンスを用いることができず、また水分負荷の影響による信号強度の変化が大きいため腎機能評価に不適であるとしていた<sup>4</sup>。今回の検討に用いた高磁場装置においては、より T2\* 強調度の強いシークエンスで撮像可能であり、健常ボランティアにおける検討で十分に評価可能であり、水分負荷の条件を出来るだけ一定にして検討した。

MRI 用の造影剤である Gd-DTPA は、糸球体濾過物質であり濾過後は尿細管における再吸収を受けない<sup>2,14</sup>。よって、腎に到達した Gd-DTPA は糸球体濾過後、尿細管や集合管における水分再吸収により次第に濃縮され高濃度になる。このため、T1 を強く強調する撮像法である turbo-FLASH 法を用いた場合においてさえ図

2の如く、Gd-DTPA が高濃度になると、Gd-DTPA の T2 短縮効果により信号強度の低下を認め、腎のように Gd-DTPA が高度に濃縮される臓器では、高濃度領域において信号が低下し、正確な評価が困難になる危険性が考えられる。中・低磁場装置では水分負荷と造影剤の投与量を減少させることにより T2 短縮効果による信号強度の低下はある程度防ぐことが可能である報告もある<sup>11,14</sup>が、今回筆者の用いた高磁場装置では T2 短縮効果と susceptibility 効果<sup>15,16</sup>による信号低下が中、低磁場装置に比べてより問題となってくると考えられる。従って、濃度上昇に伴い信号強度が漸減していく T2\* 強調画像による撮像法が、高磁場装置における定量的腎機能評価には適していると考えられる。実際、ファントムによる検討において T2\* 強調 GE 法により、極めて低濃度領域ではいったん信号強度の増強を認めたが、以後 Gd-DTPA が高濃度になるとともに信号強度が低下していくことが確認された。

健常ボランティアにおける撮像においてはまず腎臓への造影剤の到達とともに腎皮質の信号強度の低下 (早期皮質信号低下) が認められた。これは、Gd-DTPA の陰性増強効果によるもので、皮質に存在する糸球体に灌流する豊富な血流による所見と考えた。またファントムによる検討では、低濃度領域での信号上昇が見られたが健常者においては造影剤到達時の信号上昇は見られなかった。健常腎ではファントムによる検討の低濃度域を上回る Gd-DTPA 濃度が保たれているため信号低下が出現したものと考えられる。その後低信号帯が皮質から腎門方向へ移動することが観察されそれとともに、髄質の信号低下が認められた。この低信号帯の移動は Gd-DTPA の尿細管内の移動による所見と考えられる。皮質から低信号帯が髄質に移動するとともに、皮質の信号はいったん上昇した後に再度わずかに低信号を呈した (皮質再信号低下)。これは、尿細管で再吸収が進む過程で再度皮質領域にまで高濃度の Gd-DTPA が及んだためと考えた。皮質信号再低下を認める前に髄質の信号低下のピーク (髄質信号低下) を認め、この信号低下は糸球体、尿細管両方の機能を反映す

ると考えた。その後腎盂から腎杯へと造影剤の腎からの排出にともない腎盂腎杯の信号強度の低下を認めた。

この早期皮質信号低下、皮質再信号低下、髄質信号低下が腎機能低下に伴いどのように変化するか、35例の患者をCcrにより正常群(>71 ml/min)、軽度障害群(51-70ml/min)、中等度障害群(31-50ml/min)、高度障害群(<30ml/min)の4群に分類し検討した(表1)。

皮質信号低下は糸球体への血流を反映していると考えられ、腎機能低下とともに不明瞭化した。これは、腎障害による糸球体の密度と血流の低下によると思われ、さらに腎機能が低下した高度腎障害群では逆に皮質の信号上昇を認めた。この信号上昇は、ファントムによる検討における前半部のGd-DTPA低濃度領域に相当すると考えられる。次に髄質信号低下は糸球体濾過されたGd-DTPAの尿細管通過時の濃縮によると考えられ、皮質再信号低下はその過程で皮質領域にまでGd-DTPAが及ぶことによると考えられる。これらの所見は糸球体血流に加えて尿細管の濃縮能も反映すると考えられ、腎機能の低下に伴い不明瞭化する。これは腎障害による糸球体の密度と血流の低下に加えて、糸球体濾過能の低下、尿細管再吸収能の低下も反映していると考えられ、早期皮質信号の変化と同様にさらに腎障害が進むと信号上昇が認められるようになる。皮質の早期信号上昇は高度障害群のほぼ全例で認められたのに対し、髄質信号上昇は12例中8例でしか認められるのみであった。この所見はCcrが高度に低下(15ml/min)した症例でのみ認められておりさらに高度の腎機能障害の所見と考えられた。

このような皮質、髄質の信号変化をROI値を測定することにより腎機能の定量的な評価が可能になるのではないかと考え、臨床的に簡便に測定できるようにパラメータCDR、MDRを規定した。CDRは早期皮質信号低下時のROI値より算出し、糸球体血流を反映すると考えた。MDRは尿細管で水の再吸収が進む過程で腎髄質にどの程度信号低下が見られるかを評価し、糸球体血流に加え、糸球体濾過や尿細管機能を反映すると考えた。MDRは図1の如く、画像上の目

安となりやすい皮質信号再低下の2相前の髄質のROI値より算出し、皮質信号再低下が確認出来ないような高度腎障害の症例では7相目(105秒後)のROI値を採用した。これは健常ボランティアの10例中8例で皮質信号再低下の2相前で髄質の信号強度の低下のピークを認め、10例中7例で7相目に髄質信号低下のピークを認めたからである。また、Semelkaらの報告<sup>5)</sup>でもGd-DTPA静注後1分30秒から2分後に髄質にGd-DTPAが到達するとされており、今回の105秒後の信号測定は妥当な時間と思われる。

CDR、MDRに加え、従来より用いられているCMDRも測定し、これらのパラメータを35例70腎について求め、Ccrとの相関を求め、腎機能の定量的評価の可能性を検討したところ、結果3に示したようにCDR、MDR、CMDRのすべてにCcrとの相関を認めた( $P < 0.001$ )。CDR、MDRの相関係数はそれぞれ0.825、0.863と、従来のCMDRの0.459を上回っておりより有用な腎機能の定量的評価の指標となると考えられた。MDRの相関が若干CDRを上回っているが、これはCDRが糸球体血流のみを反映しているのに対し、MDRはさらに糸球体濾過、尿細管機能も反映しているためと考えられる。このことより、症例毎に腎機能低下の原因とCDR、MDRの変化を分析することにより、画像から腎障害部位の類推がある程度可能になることも期待される。また、今回対象症例から除外したが腎血管性病変、腎梗塞等の局所性腎病変の評価にも有用であると考えられ、今後の検討課題と思われる。

## 結 論

ファントム実験の結果をもとに、健常ボランティア10例、腎機能障害疑い患者35例に対し、T2\* GE法を用いたdynamic MRIを施行した。

健常ボランティアにおいて認められたT2\* dynamic MRIの視覚所見である。皮質信号低下、髄質信号低下、皮質再信号低下は腎機能低下例では認められなくなり、高度腎機能障害例では逆に皮質信号、髄質信号の上昇がみられた。

皮質信号、髄質信号の変化を表すパラメータであるCDR、MDRはCcrと良好に相関してお

り腎機能の定量的評価が可能であると考えられた。

dynamic MRI の画像や TIC を検討することにより腎障害部位の類推の可能性もあり、また本法は腎血管性病変、局所性腎病変にも応用可能と考えられた。

稿を終えるにあたり、御指導御校閲を賜った恩師平木祥夫教授に深謝するとともに、直接御指導をいただいた戸上泉講師に厚く感謝いたします。さらに貴重な症例を提供していただいた、岡山大学第3内科学教室 太田善介教授ならびに榎野博史助教授に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 戸上 泉, 村上公則, 津野田雅敏, 新屋晴孝, 佐藤伸夫, 木本 真, 上者郁夫, 平木祥夫: Dynamic MRI による腎機能の定量的評価に関する研究—至適撮像法に関する基礎的検討及び臨床応用の試み—, 岡山医誌 (1991) **103** (特集号), 283—293.
- 2) 戸上 泉, 村上公則, 津野田雅敏, 北川尚広, 佐藤伸夫, 木本 真, 上者郁夫, 平木祥夫, 宇堃 智, 公文裕巳, 大森弘之: Gd-DTPA を用いた Dynamic MRI による腎機能評価の検討—正常者における Dynamic CT, <sup>99m</sup>Tc-DTPA によるレノグラムとの比較—, 日本画像医学雑誌 (1991) **10**, 138—146.
- 3) 村上公則, 戸上 泉, 津野田雅敏, 佐藤伸夫, 木本 真, 上者郁夫, 平木祥夫, 榎野博史, 太田善介, 小野敦, 道田圭一, 石井 誠, 佐能量雄: Gd-DTPA を用いた dynamic MRI による腎機能評価の検討—初期臨床経験—, 日本磁気共鳴医学会雑誌 (1991) **11**, 166—174.
- 4) Murakami K, Togami I and Hiraki Y: Evaluation of renal function by dynamic MR imaging: Effect of water load. *Acta Med Okayama* (1994) **48**, 199—209.
- 5) Semelka RC, Hricak H, Tomei E, Floth A and Stoller M: Obstructive nephropathy: Evaluation with Dynamic Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* (1990) **175**, 797—803.
- 6) Kikinis R, von Schulthess GK, Jäger P, Bino W, Kuoni W and Kübler O: Normal and hydronephrotic kidney: Evaluation of renal function with contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* (1987) **165**, 837—842.
- 7) Choyke PL, Frank JA, Girton ME, Inscoc SW, Carvlin MJ, Black JL, Austin HA and Dwyer AJ: Dynamic Gd-DTPA-enhanced MR imaging of the kidney: experimental results. *Radiology* (1989) **170**, 713—720.
- 8) Semelka RC, Corrigan K, Ascher SM, Brown JJ and Colindres RE: Renal corticomedullary differentiation: Observation in patients with differing serum creatinine levels. *Radiology* (1994) **190**, 149—151.
- 9) 石川 勲: 腎の画像診断と腎機能. *臨床病理* (1987) **35**, 992—1001.
- 10) Terrier F, Hricak H, Justich E, Dooms GC and Grodd W: The diagnostic value of renal cortex-to-medulla contrast on magnetic resonance images. *Eur J Radiol* (1986) **6**, 121—126.
- 11) 大山行雄: 腎機能障害と腎ダイナミック CT. *臨床放射線* (1986) **31**, 589—594.
- 12) Fuld IL, Matalon TA, Vogelzang RL, Neiman HL, Kowal LE, Hutchins WW and Soper W: Dynamic CT in the evaluation of physiologic status of renal transplants. *AJR* (1984) **142**, 1157—1160.
- 13) 佐藤伸夫, 戸上 泉, 村上公則, 北川尚広, 木本 真, 平木祥夫, 宇堃 智, 公文裕巳, 大森弘之: 腎ダイナミック CT による腎機能評価に関する検討—腎皮質および大動脈の時間濃度曲線を用いた定量的評価への試み—, 日本医学放射線学会雑誌 (1991) **51**, 1346—1351.
- 14) Carvlin MJ, Arger PH, Kundel HL, Axel L, Dougherty L, Kassab EA and Moore B: Use of Gd-DTPA and fast gradient-echo and spin-echo MR imaging to demonstrate renal function in the

rabbit. *Radiology* (1989) **170**, 705—711.

- 15) Ludeke KM, Roschmann P and Tischler R : Susceptibility artifacts in NMR imaging. *Magn Reson Imaging* (1985) **3**, 329—343.
- 16) Wendt RE III, Wilcott MR III, Nitz W, Murphy PH and Bryan RN : MR imaging of susceptibility-induced magnetic field inhomogeneities. *Radiology* (1988) **168**, 837—841.

**Evaluation of renal function with dynamic MRI-T2\*  
weighted gradient echo technique**

**Katsuya KATO**

**Department of Radiology,**

**Okayama University Medical School,**

**Okayama 700, Japan**

**(Director : Prof. Y. Hiraki)**

To evaluate the usefulness of dynamic MRI of kidneys in healthy volunteers and patients with different 24-hour creatinine clearance (Ccr) levels, a dynamic study that employed the T2\* weighted gradient echo technique (FLASH : TR/TE = 34/25msec, flip angle = 20 degrees) with single images during breathhold was performed on 10 healthy volunteers and 35 patients, all examined for the Ccr and suspected of having renal parenchymal disease after a phantom study. T1-weighted and dynamic MR imagings were obtained with a 1.5T imager. I analyzed the time-intensity curve of renal cortex and medulla, and defined a cortex decreased ratio (CDR) and medulla decreased ratio (MDR) in comparison with the Ccr. The cortico-medullary difference ratio (CMDR) of T1WI was also compared with the Ccr. The parameters of the T2\* dynamic MRI study (CDR, MDR) were better correlated with the Ccr than CMDR. Renal function can be quantitatively evaluated with the T2\* dynamic MRI and there is a possibility that we can qualitatively evaluate the renal dysfunction and estimate its cause .