

Dynamic MRI による移植腎機能の検討

—予 報—

近畿大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 栗田 孝教授)

今西 正明, 瀬田正志, 池上 雅久

西岡 伯, 石井 徳味, 植村 匡志

国方 聖司, 神田 英憲, 松浦 健

秋山 隆弘, 栗田 孝

EVALUATION OF KIDNEY GRAFT FUNCTION
WITH DYNAMIC MRI

—PRELIMINARY REPORT—

Masaaki Imanishi, Masashi Negita, Masahisa Ikegami,

Tsukasa Nishioka, Tokumi Ishii, Tadashi Uemura,

Seiji Kunikata, Hidenori Kanda, Takeshi Matsuura,

Takahiro Akiyama and Takashi Kurita

From the Department of Urology, Kinki University School of Medicine

The value of dynamic magnetic resonance imaging (MRI) in the examination of the function of transplanted kidneys was examined. Dynamic MRI was performed on 14 renal transplant patients. After the injection of Gd-DTPA (dimeglumine gadopentetate), we used small tip angle gradient echo (STAGE) technique with a flip angle of 20 degrees. The cortex was higher in signal intensity of well functioning grafts than the medulla before the injection in Gd-DTPA. Signal intensity of the cortex decreased after 30 seconds. After 1 minute the signal intensity of the cortex recovered and low intensity band meaning passage of Gd-DTPA at corticomedullary differentiation was displayed. Signal intensity of the medulla decreased after 3 minutes. Signal intensity of the parenchyma of transplanted kidney after 5 minutes was much the same as that before injection. Image of poor functioning grafts displayed unclear figures.

Time-intensity values of both cortex and medulla in well functioning grafts decreased rapidly after about 2 minutes, and rose thereafter. Time-intensity curves of both cortex and medulla were almost flat on and after 5 minutes. Time-intensity curves of both cortex and medulla in poor functioning grafts were almost flat through out the examination. We concluded that effective parameters of the graft function for the time-intensity curve were ΔI_1 and ΔI_2 .

Dynamic MRI was suggested to be useful in the evaluation of kidney graft function.

(Acta Urol. Jpn. 38: 855-889, 1992)

Key words: Dynamic MRI, Gd-DTPA, Renal transplantation

結 言

MRI (magnetic resonance imaging 核磁気共鳴映像法) は, 生体に非侵襲的な画像診断法であり, 軟部組織間のコントラスト分解能が高く, 任意の方向の断層像が容易にえられることより多くの領域で有用な検査法となっている。最近, 腎移植後の機能的変

化をとらえるために, MRI が用いられるようになった¹⁻³⁾。さらに, MRI 用に開発された造影剤である Gd-DTPA (dimeglumine gadopentetate) を使用することにより dynamic MRI も可能となった。しかし, 腎の dynamic MRI については検討が始まったばかりで^{4,5)}, 移植腎についてはほとんど検討されていない⁶⁾。

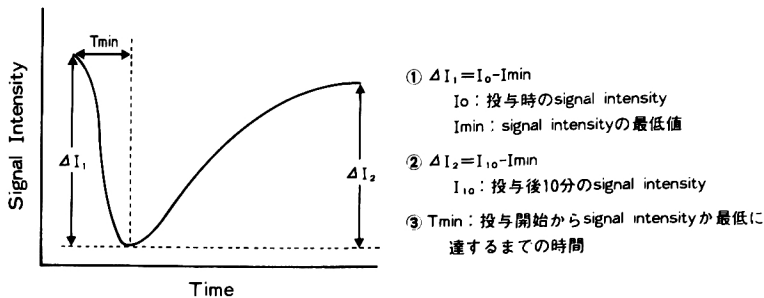


Fig. 1. Parameter of time-intensity curve.

今回は preliminary に本検査法が移植腎機能にどのように反映するかについて検討を行った。

対象および方法

対象は当科において腎移植を施行した14例（生体腎10例，死体腎4例）である。

撮像には，0.5 tesla 超伝導装置 SMT-50 を用い，高速スキャン法である STAGE (small tip angle gradient echo) にて，呼吸停止下に行った。エコー時間 23 m second，繰返し時間 100 m second で，フリップ角は20度を用い T_2 強調画像をえた。G-DTPA は 0.1 mmol/kg を静注し，同一断面で経時的に，投与前，投与直後，30秒，1分，1分30秒，2分，2分30秒，3分，4分，5分，7分，10分において撮像した。

また，各画像において移植腎の皮質と髓質に関心領域 (ROI) を設定し各 ROI の signal intensity を測定することにより，皮質と髓質の time-intensity curve を作製した。こうしてえられた time-intensity curve を Fig. 1 に示す3項目のパラメーターで解析した。すなわち，① $I_0 - I_{min}$ (以下 ΔI_1) は，Gd-DTPA 投与時の signal intensity と，Gd-DTPA 通過に伴い signal intensity の減少が起こり最低値となった signal intensity との差を示す② $I_{10} - I_{min}$ (以下 ΔI_2) は Gd-DTPA 投与後10分の signal intensity と，signal intensity の最低値との差を示す。③ T_{min} は，Gd-DTPA 投与開始から signal intensity が最低に達するまでの時間である。

以上のパラメーターを比較し，血中クレアチニン値 1.1 mg/dl 以上の群 8 例（生体腎 6 例，死体腎 2 例），1.0 mg/dl 以下の群 6 例（生体腎 4 例，死体腎 2 例）の2群にわけ評価を行った。各群の平均年齢はおおの 31.3 ± 9.0，40.2 ± 17.5 であり有意差を認めなかった。平均血中クレアチニンはおおの 1.5 ± 0.6 mg/dl，0.9 ± 1.0 mg/dl であり 1.0 mg/dl 以下の群が有

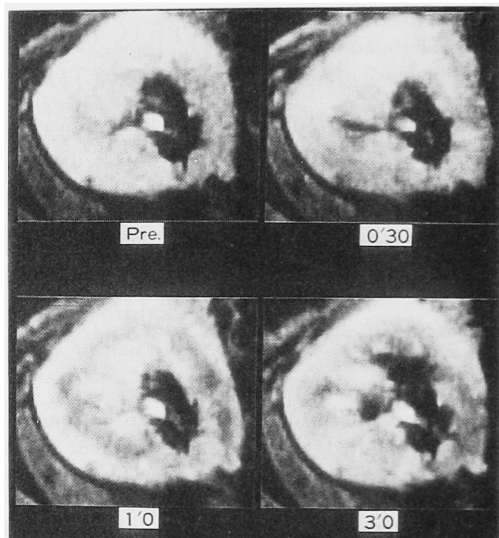


Fig. 2. Dynamic MR images of the recipient whose serum creatinine was 0.9 mg/dl. (upper left: before administration of Gd-DTPA, upper right: 30 seconds after administration of Gd-DTPA, lower left: 1 minute after administration of Gd-DTPA, lower right: 3 minutes after administration of Gd-DTPA)

意に低かった。

群相互間の関連は t 検定により行い，危険率 5% 以下の場合を有意差ありとした。

結 果

1. 症例

(1) 血中 Cr 0.9 mg/dl

腎機能良好例の画像を示す (Fig. 2)。左上の Gd-DTPA 投与前においては，皮質は髓質と比較すると high intensity を呈した。右上の投与後30秒では，Gd-DTPA はすでに血管相をすぎ腎実質内に取りこまれ，このため皮質の signal intensity が低下し，

low intensity を呈した. 左下の投与後1分では皮質の signal intensity の回復を認めた. また, 皮髄境界付近に low intensity band を認めた. 右下の投与後3分では, 皮質の signal intensity は回復しており髄質が low intensity を呈し, また, Gd-DTPA の排泄に伴い腎盂が low intensity を呈した. その後, 5分以降では腎実質内の signal intensity は Gd-DTPA 投与前とほぼ同様になり, 腎盂内の signal intensity は low intensity を呈した.

Time-intensity curve を示す (Fig. 3). 皮質, 髄

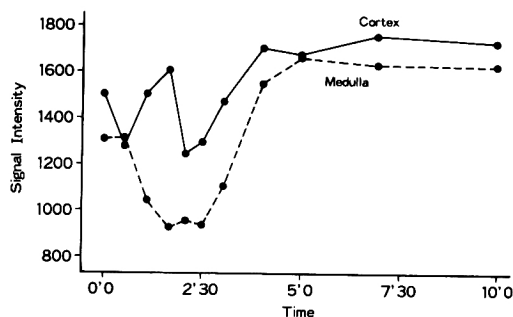


Fig. 3. Time-intensity curve of the recipient whose serum creatinine was 0.9 mg/dl.

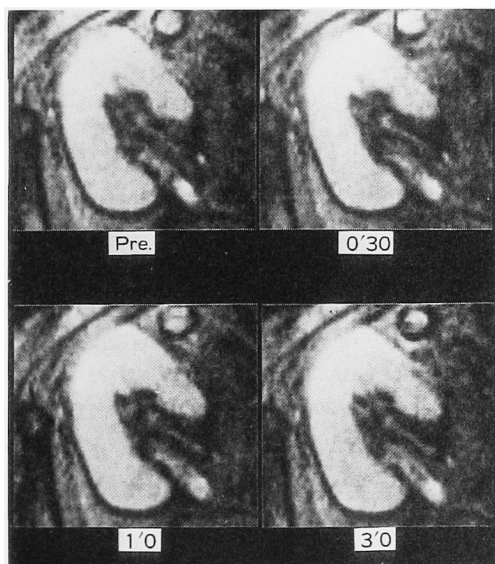


Fig. 4. Dynamic MR images of the recipient whose serum creatinine was 2.1 mg/dl. (upper left: before administration of Gd-DTPA, upper right: 30 seconds after administration of Gd-DTPA, lower left: 1 minute after administration of Gd-DTPA, lower right: 3 minutes after administration of Gd-DTPA)

質のどちらも経時的な signal intensity の低下を明瞭に認めた. signal intensity は約2分で皮質, 髄質のどちらも最低となり, その後回復した. 5分以降は皮質, 髄質とも signal intensity の変化はほとんど認めなかった.

(2) 血中 Cr. 2.1 mg/dl (Fig. 4, 5)

Gd-DTPA 投与前・30秒・1分とも, 皮質, 髄質はほぼ均一な signal intensity を呈した. 投与後3分では全体的にやや low intensity を呈するものの, 腎機能良好例で認められた low intensity band は認

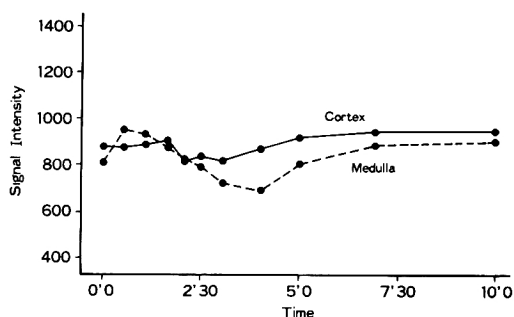


Fig. 5. Time-intensity curve of the recipient whose serum creatinine was 2.1 mg/dl.

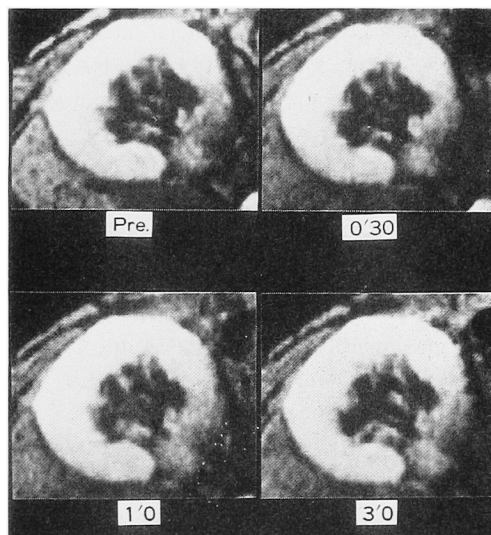


Fig. 6. Dynamic MR images of the recipient whose serum creatinine was 2.8 mg/dl. (upper left: before administration of Gd-DTPA, upper right: 30 seconds after administration of Gd-DTPA, lower left: 1 minute after administration of Gd-DTPA, lower right: 3 minutes after administration of Gd-DTPA)

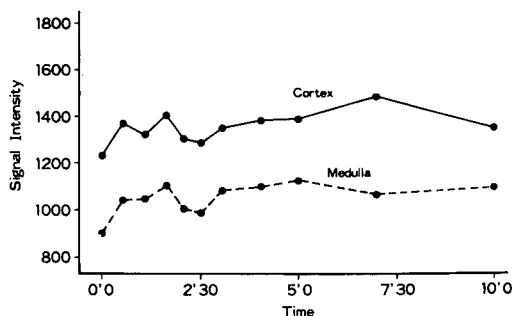


Fig. 7. Time-intensity curve of the recipient whose serum creatinine was 2.8 mg/dl.

Table 1. Values determined from the time-intensity curve.

		Cr. ≤ 1.0 (n=6)	Cr. ≥ 1.1 (n=8)
Cortex	ΔI_1	205.4 $\pm$ 127.8	113.3 $\pm$ 37.8
	ΔI_2	311.4 $\pm$ 205.4	140.4 $\pm$ 68.2
	T min	140.0 $\pm$ 24.5	161.3 $\pm$ 81.7
Medulla	ΔI_1^*	350.9 $\pm$ 168.5	176.1 $\pm$ 89.0
	ΔI_2	306.6 $\pm$ 223.9	150.4 $\pm$ 33.9
	T min	185.0 $\pm$ 74.5	180.0 $\pm$ 50.7

(*P<0.05)

められなかった。それ以降は投与前とはほぼ同様となった。

Time-intensity curve では signal intensity の低下を認めるものの、腎機能良好例と比較すると signal intensity の低下は軽度であった。また、最低値に達する時間の延長を認めた。

(3) 血中 Cr. 2.8 mg/dl (Fig. 6, 7)

Gd-DTPA 投与前から10分後までほぼ同様に、皮質、髄質とも均一な signal intensity を呈した。

Time-intensity curve では皮質、髄質とも signal intensity の変化はほとんど認められなかった。

2. Time-intensity curve の結果 (Table 1)

Time-intensity curve を前述した3項目のパラメーターについて皮質、髄質とも検討をおこなった。皮質については、 ΔI_1 、 ΔI_2 とも有意差を認めないものの、血中クレアチニン 1.0 mg/dl 以下の群で大きい傾向があった。T min は2群間でほとんど差を認めなかった。髄質については、 ΔI_1 は血中クレアチニン 1.0 mg/dl 以下の群が有意に大きく、また、 ΔI_2 も有意差を認めないものの大きい傾向があった。T min は2群間でほとんど差を認めなかった。

考 案

移植腎に対する画像診断はさまざまな応用がなされている。今回は、移植腎に対する dynamic MRI の有用性につき検討を行った。

従来の MRI の撮像法は1回の撮像時間が数分から十数分と長く、動態機能検査には適していなかった。最近の MRI の技能進歩は目覚ましく、高速撮像法が導入され1回の撮像時間は数秒に短縮できるようになり呼吸停止下での撮像が可能となった。また、MRI 用の造影剤である Gd-DTPA が開発され、高速撮像法を使用し、dynamic MRI が可能となった。今回使用した高速撮像法は STAGE であり、この撮像法ではフリップ角を小さくすると T₂ 強調画像がえられ、逆に大きくすると T₁ 強調画像がえられる。今回はフリップ角を20度とし Gd-DTPA の分布を low intensity として描出する T₂ 強調画像にて検討を行った。

移植腎の MRI は移植腎機能が良好なほど皮髄境界が明瞭に描出される^{1,2)}。今回の検討では血中クレアチニン 0.9 mg/dl の腎機能良好例における dynamic MRI の画像は、Gd-DTPA 投与前では皮質が髄質より high intensity を呈していた。このことは髄質には遠位尿細管や集合管が多くあり、皮質に比べて free water が多いためにコントラストがついたものと思われる³⁾。

諸家の報告^{1,2)}どおり、Gd-DTPA 投与前では血中クレアチニン 2.1 mg/dl、2.8 mg/dl と移植腎機能が不良なものでは皮髄境界は不明瞭であった。Gd-DTPA 投与前は腎機能良好例では Gd-DTPA の通過にともなって signal intensity の低下を認め明瞭なコントラスト画像がえられた。移植腎機能が不良となるほど signal intensity の低下が軽度となりコントラストが不明瞭な画像となった。また、腎機能良好例における Gd-DTPA 投与後1分で認められた low intensity band は Gd-DTPA が皮質から髄質に通過していく際の signal intensity の低下を示したものである。Low intensity band は移植腎機能不良例では認められず、移植腎機能良好例における特徴的な画像である。

Time-intensity curve は、皮質・髄質とも移植腎機能良好例では curve の下降および立ち上がりとも急激であり、腎機能が増悪するほど平坦になった。本来 signal intensity の下降は皮質が髄質より早く起こるものと思われるが、腎機能良好例では signal intensity の最低値は髄質が皮質より早く起こるこ

れは設定した ROI が測定時に体動等による若干のずれが起こったことと、撮像間隔が30秒と長いことが影響したものと思われる。

今回の time-intensity curve におけるパラメーターでは標準偏差の値が大きくやや不正確ではあるものの、皮質・髓質とも $\Delta I_1 \cdot \Delta I_2$ は腎機能良好例では高値となり、腎機能を反映するパラメーターになると考えられた。T_{min} は有用性を認めなかったが、撮像間隔を短縮すれば有用なパラメーターとなりうるものと思われた。

今回の検討では 0.5 tesla 超伝導装置を使用した。この装置は腎機能良好例では鮮明な画像がえられたものの、不良例ではコントラスト分解能の悪い画像であった。また、撮像時間に約17秒を要し撮像間隔を今回よりも短縮することは不可能である。現在臨床で用いられている最良な装置は 1.5 tesla 超伝導装置であり、撮像時間も約5秒と短く撮像間隔の短縮が可能である。この装置を使用することにより、より経時的で正確な測定が可能となり、また腎機能不良例においても分解度の高い鮮明な画像がえられるものと思われる。

dynamic MRI は非侵襲的であり、かつ、CT および腎ダイナミックス・レノグラムでえられる情報を同時に与えることが可能である。今回の撮像条件でえられた情報はやや劣るものの、撮像条件を改善することにより有用な検査法になるものと期待される。

文 献

- 1) Klehr HU, Spannbrucker N, Molitor D, et al. Magnetic resonance imaging in renal transplants. *Transplant Proc* **19**: 3716-3718, 1987
- 2) 松井 英, 李 哲柱, 浜島高志, ほか: 移植腎の核磁気共鳴画像. *移植* **22**: 356-361, 1987
- 3) Dunbar KR, Salomon DR, Kaude J, et al.: Loss of corticomedullary demarcation on magnetic resonance imaging: An index of biopsy-proven acute renal transplant dysfunction. *Am J Kidney Dis* **12**: 200-207, 1988
- 4) Kikinis R, von Schluthess GK, Jager P, et al.: Normal and hydronephrotic Kidney: Evaluation of renal function with contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* **165**: 837-842, 1987
- 5) Krestin GP, Friedmann G, Steinbrich W, et al.: Gd-DTPA enhanced fast dynamic MRI of kidneys and adrenals. *Diagn Imaging Int (Suppl)*: 40-43, 1988
- 6) Heintz P, Ehrenheim CH and Hundeshagen H: Gd-DTPA in MRI and ^{99m}Tc-DTPA in the examination of the perfusion of transplanted kidneys. *Diagn Imaging Int (Suppl)*: 20-21, 1988
- 7) Geisinger MA, Risius B, Jordan ML, et al.: Magnetic resonance imaging of renal transplants. *AJR* **143**: 1229-1234, 1984

(Received on November 22, 1991)
(Accepted on March 5, 1992)