



Title	1-コンパートメントモデルを適用した $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3ガンマカメラレノグラフィによる有効腎血漿流量の簡便な測定法
Author(s)	織内, 昇; 徳永, 真理; 鈴木, 英樹 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(11), p. 757-762
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19048">https://hdl.handle.net/11094/19048</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 1-コンパートメントモデルを適用した<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>ガンマカメラレノグラフィによる有効腎血漿流量の簡便な測定法

織内 昇<sup>1)</sup> 徳永 真理<sup>1)</sup> 鈴木 英樹<sup>1)</sup> 井上登美夫<sup>1)</sup>  
大西 良浩<sup>2)</sup> 井上 智弘<sup>2)</sup> 遠藤 啓吾<sup>1)</sup>

1) 群馬大学医学部核医学教室 2) 日本メジフィジックス株式会社

## Unilateral Effective Renal Plasma Flow Measurement using One-compartment Analysis of <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> and Gamma-camera Renography

Noboru Oriuchi<sup>1)</sup>, Mari Tokunaga<sup>1)</sup>, Hideki Suzuki<sup>1)</sup>, Tomio Inoue<sup>1)</sup>, Yoshihiro Ohnishi<sup>2)</sup>, Tomohiro Inoue<sup>2)</sup> and Keigo Endo<sup>1)</sup>

The aim of this study was to establish a simple and accurate procedure to calculate the unilateral effective renal plasma flow (ERPF) using <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> gamma-camera renography. Eleven patients with urological disorders were studied with <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> to calculate the renal uptake ratio (RUR), which was defined as the ratio of absorption-corrected renal counts within 1-2 min after intravenous injection to injection radioactivity measured with a gamma-camera. We assumed that <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> was distributed in the circulation, moved from the circulation to the kidneys, and was excreted solely from the kidneys. We thus adopted an one-compartment model to calculate <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> clearance (CL<sub>MAG</sub>) using RUR. Sequential *p*-aminohippurate (PAH) clearance study was performed as a gold standard in all the patients to compare CL<sub>MAG</sub> and PAH clearance. Obtained CL<sub>MAG</sub> correlated well with PAH clearance, and this one-compartment model seemed appropriate for describing CL<sub>MAG</sub>. Unilateral ERPF was accurately measured within two minutes after the intravenous injection of <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> in conjunction with the renal imaging study. This procedure is simple and reliable, and requires no blood or urine sampling.

Research Code No. : 719

Key words : <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>, Renal plasma flow, Compartmental analysis

Received Feb. 22, 1995 ; revision accepted Apr. 26, 1995

1) Department of Nuclear Medicine, Gunma University, School of Medicine  
2) Nihon Medi-Physics Co., Ltd.

## はじめに

<sup>99m</sup>Tc-mercaptoacetyltriglycine (<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>)は、主として近位尿細管から分泌されるため、そのクリアランスを定量解析することにより有効腎血漿流量(Effective Renal Plasma Flow ; ERPF)の測定が可能と考えられている<sup>1)-5)</sup>。従来、核医学的手法によるERPFの測定は、<sup>131</sup>I-OIHを用いて行われてきた<sup>6)-8)</sup>。しかし<sup>131</sup>Iは、β線による被爆と比較的長い半減期のために投与量に制限があり、しかもγ線のエネルギーが高いためイメージングには適さない。また<sup>123</sup>I-OIHはイメージングに適しているが、経済性などから<sup>99m</sup>Tc標識化合物の方が有利である。<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>は、物理学的特性や利便性からOIHにかわり得る腎動態イメージング製剤と考えられる。

われわれは、<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>を用いてERPFを正確に求める簡便な方法を考案した。この方法はガンマカメラレノグラフィのデータから求めた左右腎の摂取率を、<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>の体内動態を1-コンパートメントモデルで近似した場合のクリアランス算出式に当てはめて左右腎のそれぞれのERPFを求めるものである。パラアミノ馬尿酸(PAH)クリアランス法を全例に施行してERPFのゴールドスタンダードとし、両者の相関関係を検討することにより、本法による<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>クリアランスからのERPF算出の可能性を検討した。本法は採血、採尿を必要とせず、通常の<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>シンチグラフィを行うことによりERPF算出が可能である。

## 対 象

腎、尿路疾患を有する患者11例(男性10例、女性1例、20歳~75歳)を対象とした。疾患の内訳は、慢性糸球体腎炎4例、ネフローゼ症候群2例および糖尿病性腎症、高血圧性腎症、腎血管性高血圧症、左尿管腫瘍、セミノーマ術後腎障害がそれぞれ1例の合計11例である。血清クレアチニン値は平均1.19mg/dl(0.5~2.4)(正常値;男性1.3mg/dl以下、女性1.0mg/dl以下)であった。被験者に検査の目的と方法について説明を行い、書面による同意を得て検査を行った。

## 方 法

### 1. $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ ガンマカメラレノグラフィ

検査の30分前に各被験者に水約300mlを摂取させ、尿検体を採取した後、検査台上で安静を保った。 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 注射液(日本メジフィジックス社、西宮市)266~570MBq(検定時370MBq)を肘静脈よりボラス投与し、あらかじめ腹部の背面に設置したガンマカメラ(SIEMENS社製 ZLC-7500)を用い、投与直後から投与後3分までは3秒/フレーム、3分から20分までは10秒/フレームで64×64マトリックスの画像データを収集した。コリメータは低エネルギー用汎用型を用い、収集エネルギーを140keV±15%に設定した。

得られた画像上で、両側腎およびバックグラウンドとしておのおのの腎の内外側に関心領域(ROI)を設定し、バックグラウンド補正後のレノグラムを得た。また、投与量を算出するために、投与前後にシリンジの1分間当たりのカウントをガンマカメラで測定した。投与前後のシリンジのカウント差を実測した計数損失率で補正したものを補正投与量とした。

### 2. 1-コンパートメントモデルを用いた $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 血漿クリアランス

静脈内に投与された $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ は、投与後2分以内の早期には尿中への移行はないと仮定すると、この間の $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ の体内動態は1-コンパートメントモデルで近似することができる(Fig.1)。このとき、 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ の動態に関して以下のような関係が成り立つ。

$$\frac{dB(t)}{dt} = -k \times B(t),$$

$$R(t) + B(t) = D$$

ここで、 $D$ は投与量、 $B(t)$ および $R(t)$ はそれぞれ時間 $t$ における血中および腎における $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ 量、 $k$ は血中から腎への移行速度定数である。これを解くと、

$$R(t) = D - B(t) = D \times (1 - e^{-kt})$$

となるため、時間 $t_1 \sim t_2$ に腎に集積した $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ の量は、両辺を積分することにより

$$\int_{t_1}^{t_2} R(t)dt - D \times \int_{t_1}^{t_2} (1 - e^{-kt})dt$$

と表される。この式を変形すると、

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2} R(t)dt}{D} = \int_{t_1}^{t_2} (1 - e^{-kt})dt$$

$$= \left[ t + e^{-kt} / k \right]_{t_1}^{t_2} = (t_2 - t_1) + (e^{-kt_2} - e^{-kt_1}) / k$$

となる。ここで左辺  $\frac{\int_{t_1}^{t_2} R(t)dt}{D}$  は投与量に対する時間 $t_1 \sim t_2$

における腎の摂取率であるからこれをRenal Uptake Ratio (RUR)と言い換えると、次の式が導かれる。

$$RUR = (t_2 - t_1) + (e^{-kt_2} - e^{-kt_1}) / k$$

この式は $k$ について解くことはできないが、 $t_1, t_2$ をそれぞれ1, 2あるいは2, 3とすると $k$ とRURの関係は、Fig.2の曲線のようにになる。したがって関数 $k = A \times (e^{B \times RUR} - 1)$  ( $A, B$ : 定数)で近似することができ、

$$t_1 = 1, t_2 = 2 \text{ のとき, } k = 0.48026 \times (e^{1.35315 \times RUR} - 1)$$

$$t_1 = 2, t_2 = 3 \text{ のとき, } k = 0.29544 \times (e^{1.32081 \times RUR} - 1)$$

..... (1)

が得られ、 $t_1$ と $t_2$ を固定すれば、RURから $k$ 値を求めることができる。

一般にクリアランス(CL)は消失速度定数 $k$ と分布容積( $Vd$ )との積( $CL = k \times Vd$ )として表すことができる。分布容積はこのモデルでは循環血漿量と考えられるため $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ の血漿クリアランス( $CL_{MAG}$ )は

$$CL_{MAG} = k \times \text{循環血漿量} \quad \dots \dots (2)$$

で与えられる。したがって循環血漿量と $k$ 値から $CL_{MAG}$ を求めることができる。

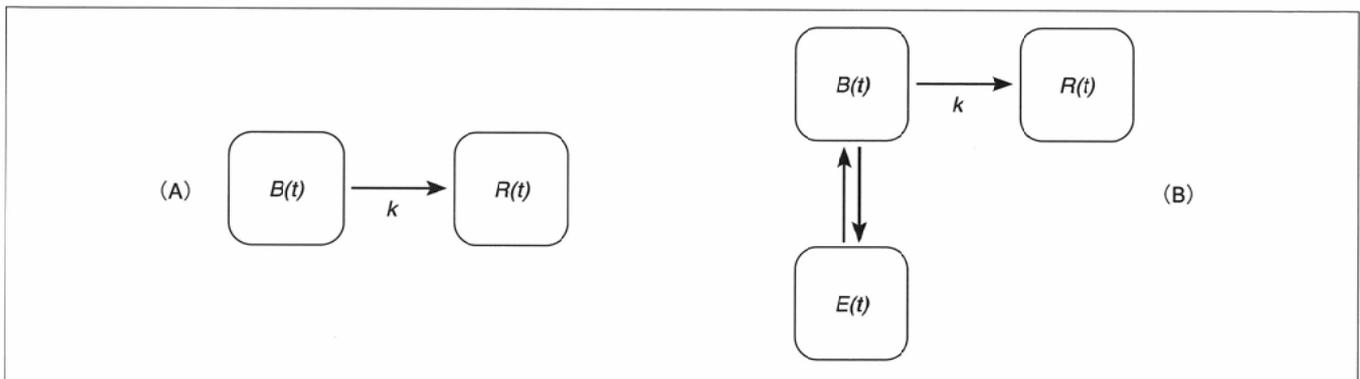


Fig.1 1-compartment model (A) and 2-compartment model (B) of  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  kinetics.  $B(t)$ ,  $R(t)$  and  $E(t)$  represent the amount of  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  at time  $t$  in the circulation, kidney and extravascular spaces, respectively. Constant  $k$  represents the transport rate constant of  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  from the circulation to the kidneys.

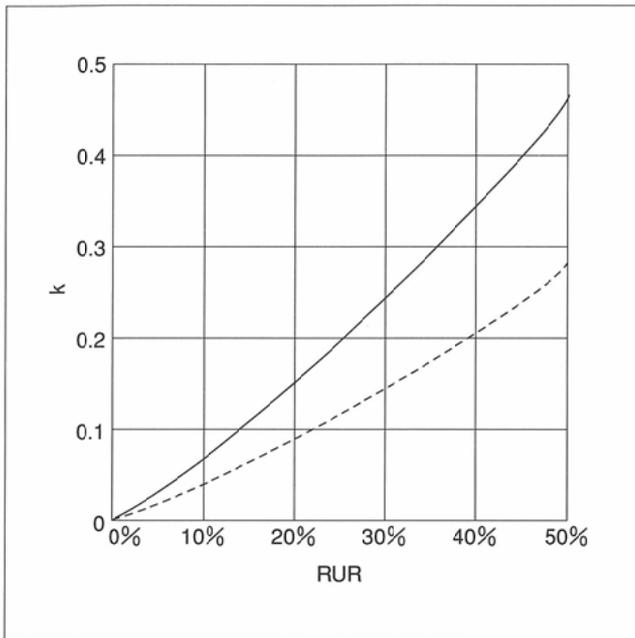


Fig.2 Relationship between Rate Constant (k) and Renal Uptake Ratio (RUR) at  $t_1 = 1, t_2 = 2$ ; (—) and  $t_1 = 2, t_2 = 3$ ; (-----).

3. 腎摂取率 (RUR) の算出

(1)  $^{99m}\text{Tc}$  の線減弱補正係数の算出

$^{99m}\text{Tc}$  の線減弱補正係数 ( $\mu$ ) は、次のようにして算出した。樹脂製の円筒形の容器に水を入れて、その上に  $370\text{MBq}$  の  $^{99m}\text{Tc}$  を入れたシリンジを置いた。水の深さを 0 から  $10\text{cm}$  まで  $1\text{cm}$  ずつ変化させ、それぞれの場合のカウントをガンマカメラで測定した。得られたカウントを水を入れなかった場合に得られたカウントを 1 とした相対的なカウントに換算し、これを指数関数  $A \times e^{-d \times \mu}$  ( $d$ : 水の深さ (cm),  $A$ : 定数) に当てはめて  $\mu$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) を算出した。

(2) 腎の深さによる腎カウントの減弱補正

バックグラウンド補正後のレノグラムから投与後 1 ~ 2 分における左右の腎の累積カウントを求め、これに線減弱補正係数  $\mu$  を用いて腎の深さによる減弱補正を加えた補正腎カウントを以下の式から算出した。

$$\text{補正腎カウント} = \frac{R(r)}{e^{-\mu \times D(r)}} + \frac{R(l)}{e^{-\mu \times D(l)}}$$

ここで、 $R(r)$  および  $R(l)$  はそれぞれ右腎および左腎における累積カウント、 $D(r)$  および  $D(l)$  はそれぞれ右腎および左腎の深さで、CT の画像上で背面から測定した腎表面までの最短距離と最長距離の平均値 (cm) とした。得られた補正腎カウントと補正投与量から、投与後 1 ~ 2 分における RUR を算出した。

$$RUR = \frac{\text{補正腎カウント} (\text{/min})}{\text{補正投与量} (\text{/min})} \dots (3)$$

4. RUR からの  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  クリアランスの算出

式 (3) で得られた RUR を用いて、先に示した  $k$  と RUR の関数 (1) から各被験者における  $k$  値を算出した。循環血漿量は

小川らの式<sup>9)</sup>から推定した。

循環血漿量 ( $l$ ) =  $(a \times H^3 + b \times W + c) \times (1 - Ht) \times 100$   
 ここで、 $H$  は身長 (m),  $W$  は体重 (kg),  $Ht$  はヘマトクリット値、また、男性の場合、 $a = 0.1682, b = 0.05048, c = 0.4444$ , 女性の場合、 $a = 0.2502, b = 0.06253, c = -0.6620$  である。

$k$  値および循環血漿量を用いて計算式 (2) から  $CL_{\text{MAG}}$  を求めた。

5. パラアミノ馬尿酸による ERPF の測定

PAH による ERPF の測定は Flanigan らの方法を一部改変して行った<sup>10)</sup>。すなわち体重  $1\text{kg}$  当たり  $0.08\text{ml}$  の  $10\%$  の PAH 溶液 ( $8\text{mg}$ ) をワンショットで静脈内投与し、その後  $3\text{ml}$  / 分の速度で以下のように希釈した PAH 溶液を持続点滴した。生理食塩液  $500\text{ml}$  に希釈する体重  $1\text{kg}$  当たりの  $10\%$  PAH 溶液は、血清クレアチン値が  $1.2\text{mg/dl}$  未満の場合  $0.3\text{ml}$ ,  $1.2\text{mg/dl}$  以上  $1.8\text{mg/dl}$  未満の場合  $0.17\text{ml}$ ,  $1.8\text{mg/dl}$  以上の場合  $0.12\text{ml}$  とした。

PAH 溶液の持続点滴開始後約 60 分に完全に排尿させ、このときストップウォッチを作動させた。その 15 分後と 25 分後に採血を行い、これらの血漿中 PAH 濃度の平均値を  $P_1$  とした。40 分後に完全に排尿させたとき、ストップウォッチを停止させた。この時間と尿量から、時間尿量  $V$  ( $\text{ml/min}$ ) を算出し、尿中 PAH 濃度 ( $U_1$ ) を測定した。PAH 投与前に採取した尿および血漿中の PAH 濃度をそれぞれ  $U_0, P_0$  として以下の式から PAH クリアランスすなわちスタンダードとなる  $ERPF_{\text{PAH}}$  を算出した。

$$ERPF (\text{ml/min}) = \frac{(U_1 - U_0) \times V}{P_1 - P_0}$$

6.  $CL_{\text{MAG}}$  と  $ERPF_{\text{PAH}}$  の比較

$CL_{\text{MAG}}$  と  $ERPF_{\text{PAH}}$  を比較して、本法による  $CL_{\text{MAG}}$  の正確さを評価するとともに、 $CL_{\text{MAG}}$  を用いた  $ERPF$  算出式を求めた。また、RUR も  $ERPF_{\text{PAH}}$  と比較して本法が 1-コンパートメントモデルを用いることによって、より正確な  $ERPF$  算出に寄与するかを検討した。 $CL_{\text{MAG}}$  と  $ERPF_{\text{PAH}}$  ならびに RUR と  $ERPF_{\text{PAH}}$  の相関を検討した。

結 果

$^{99m}\text{Tc}$  の線減弱係数 ( $\mu$ ) は  $0.125$  と測定されたので、 $\mu = 0.125$  の値を用いて RUR を算出した。ガンマカメラレノグラフィで求めた  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  投与 1 ~ 2 分後の RUR は  $6.6\%$  から  $25.8\%$  であった。算出された RUR,  $k$  値,  $CL_{\text{MAG}}$  および  $ERPF_{\text{PAH}}$  を Table 1 に示すが、血清クレアチン値が  $1.5\text{mg/dl}$  以上の腎機能低下例では、RUR,  $CL_{\text{MAG}}$ ,  $ERPF_{\text{PAH}}$  とも著しく低い値を示した。RUR と  $ERPF_{\text{PAH}}$  は Fig. 3 に示すような高い相関を示し、相関係数は  $0.93$  ( $n = 11, p < 0.001$ ) であった。RUR から求めた  $k$  値を用いて 1-コンパートメントモデルで近似した  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  のクリアランス ( $CL_{\text{MAG}}$ ) の絶対値は  $98\text{ml/min}$  から  $488\text{ml/min}$  に分布した。一方、 $ERPF_{\text{PAH}}$  は

Table 1 Patient Characteristics and Examination Results of Renal Function

Patient No.	Age (y)	Sex	S-Cr <sup>a)</sup> (mg/dl)	RUR <sup>b)</sup> (%)	k <sup>c)</sup>	CL <sub>MAG<sub>3</sub></sub> <sup>d)</sup> (ml/min)	ERPF <sub>PAH</sub> <sup>e)</sup> (ml/min)
1	20	M	0.7	25.8	0.200	456	741
2	30	M	0.8	22.2	0.168	488	608
3	65	M	0.8	20.6	0.154	425	505
4	32	M	0.6	25.2	0.195	449	499
5	38	M	1.1	15.8	0.114	317	382
6	57	M	0.8	11.6	0.081	228	376
7	48	F	0.5	13.9	0.099	191	284
8	40	M	2.2	10.7	0.075	216	279
9	75	M	1.5	11.9	0.084	174	227
10	50	M	2.4	6.6	0.045	150	202
11	59	M	1.7	7.0	0.048	98	115

a) Serum creatinine level, b) Renal uptake ratio of <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> in 1-2 min after intravenous injection, c) Rate constant of <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> from the circulation to the kidneys in 1-compartment model, d) <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> clearance, e) Effective renal plasma flow measured with p-aminohippurate clearance

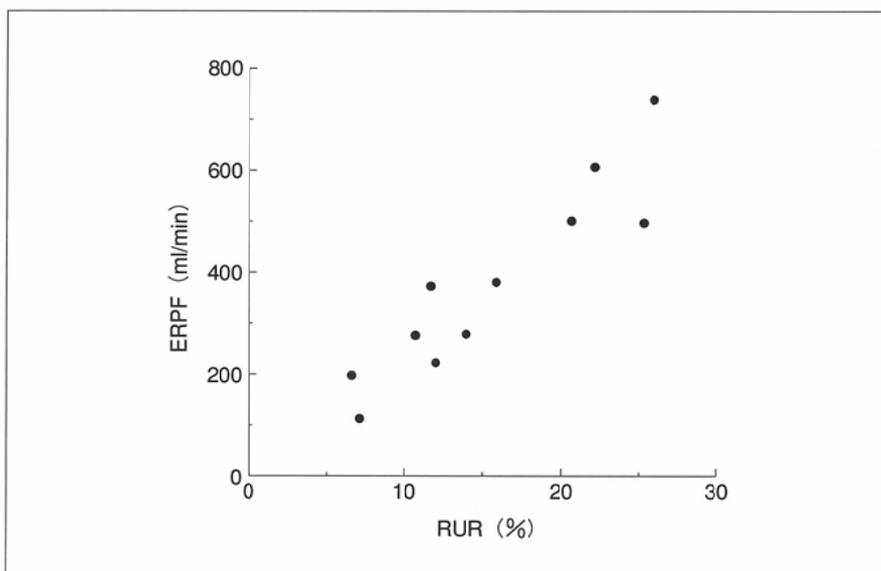


Fig.3 Correlation between renal uptake ratio (RUR) of <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> in 1-2 min after intravenous injection and effective renal plasma flow (ERPF) measured by p-aminohippurate in 11 patients with renal disorders. Correlation coefficient ; r = 0.93.

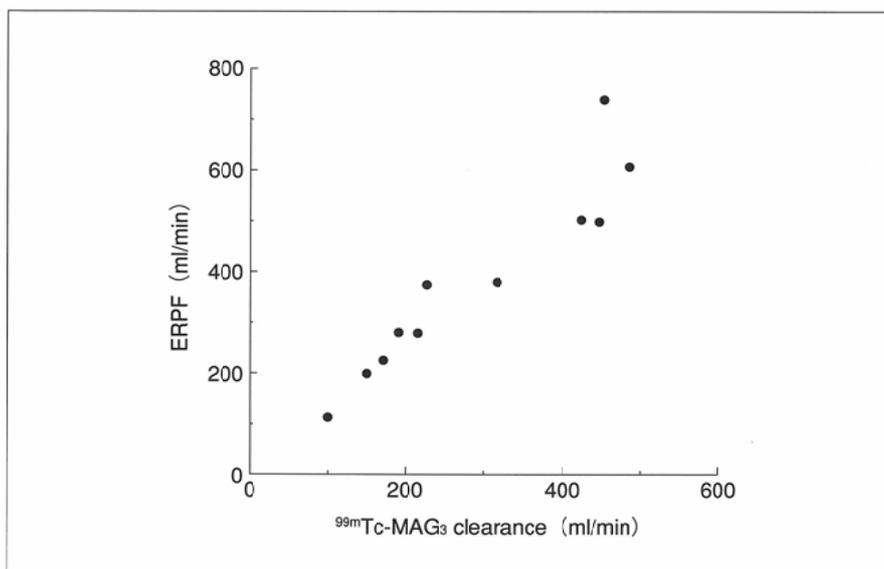


Fig.4 Correlation between <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> clearance and effective renal plasma flow (ERPF) measured by p-aminohippurate in 11 patients with renal disorders. Correlation coefficient ; r = 0.94.

115ml/minから741ml/minと幅広く分布し、 $CL_{MAG}$ は $ERPF_{PAH}$ と比べて、平均 $23.6 \pm 9.3\%$ 低い値であった。また $ERPF_{PAH}$ と $CL_{MAG}$ は良好な相関を示し、0.94と高い相関係数であった(Fig.4)。

## 考 察

$^{99m}Tc-MAG_3$ の体内動態は、通常Fig.1に示す2-コンパートメントモデルで表され、1回静注法で投与された物質による腎機能の評価は、6回の採血を要する2-コンパートメントモデルが最も正確とされている<sup>11)</sup>。しかし、採血を要する方法は煩雑で被検者の負担も大きいため一般化しにくい。われわれは $^{99m}Tc-MAG_3$ の体内動態を血管外のコンパートメントを除いた1-コンパートメントモデルで近似し、投与後1~2分における腎摂取率から $^{99m}Tc-MAG_3$ の血漿クリアランスを算出した。本法は、採血や採尿を必要とせず、通常の腎動態シンチグラフィを行うことにより、分腎 $ERPF$ の算出が可能であるため簡便である。投与前後の注射筒の放射能をガンマカメラで計測し、得られた画像上の腎とバックグラウンドにROIを設定すればよい。

PAHにより求めた $ERPF$ をゴールドスタンダードとして検討したが、 $^{99m}Tc-MAG_3$ クリアランスとPAHクリアランスとの比は平均0.76であった。両者を直接比較した結果は、ほとんど報告されていない<sup>12)</sup>が、OIHクリアランスとPAHクリアランスとの比は $1^{13)}$ あるいは $1.11^{14)}$ 、 $^{99m}Tc-MAG_3$ クリアランスとOIHクリアランスとの比は $0.7^{2)}$ あるいは $0.67^{4)}$ と報告されていることから、今回の0.76という値は妥当である。 $^{99m}Tc-MAG_3$ のクリアランスはPAHクリアランスと極めてよく相関したことから、本法によって $ERPF$ を正確に推定し得ると考えられる。RUR自体も、 $ERPF_{PAH}$ とよく相関( $r = 0.93$ )するため、RURから $ERPF$ を算出することも可能であるが、今回の検討によると1-コンパートメントモデルを適用した $^{99m}Tc-MAG_3$ の血漿クリアランス値を用いた場合でも、 $ERPF$ を正しく(相関係数0.94)算出できることが明らかとなった。

$^{99m}Tc-MAG_3$ を用いた腎機能の定量的評価法としては、 $^{99m}Tc-MAG_3$ のクリアランス値自体をその指標とするものや、直接あるいはガンマカメラにより間接的に測定したクリアランスを $ERPF$ に換算してそれを指標とするものがある<sup>15)-22)</sup>。 $ERPF$ に換算することにより、誤差が増大して実用的でないならば、 $ERPF$ に換算すべきではない。一方、腎機能の定量的評価法としての $ERPF$ は、GFRとともに代表的であるため、これを算出する臨床的意義は大きい。 $ERPF$ の標準的な算出法はパラアミノ馬尿酸クリアランス( $ERPF_{PAH}$ )であるが、これを日常臨床で行うことは困難で、簡便な $ERPF$ 算出法が必要とされる。 $^{99m}Tc-MAG_3$ クリアランスを求めるためにも通常は採血が必要で、容易には施行できないため、われわれは採血や採尿を必要としない $ERPF$ 算出法の開発を試みた。

これまでに報告された $^{99m}Tc-MAG_3$ による $ERPF$ 算出法には、 $^{99m}Tc-MAG_3$ のクリアランスと腎における抽出率から求めるもの<sup>19)</sup>と、 $^{131}I-OIH$ による $ERPF$ 算出法であるSchlegel法<sup>7)</sup>やTauxeら<sup>8)</sup>による $^{131}I-OIH$ のクリアランス法を適用するもの<sup>20), 23), 24)</sup>がある。 $ERPF$ 値のゴールドスタンダードはPAHクリアランスとされている。 $^{99m}Tc-MAG_3$ とOIHのクリアランスがよく相関することはこれまで多数報告されているが、PAHと比較した報告はない<sup>19), 23)-28)</sup>。 $^{99m}Tc-MAG_3$ は、尿細管からの排泄においてPAHの影響をOIHよりも強く受けると言われている<sup>4), 29)</sup>。そのため、今回の検討は $^{99m}Tc-MAG_3$ とPAHの同時投与を避け、 $^{99m}Tc-MAG_3$ を用いたレノグラフィ終了後にひきつづいてPAHのクリアランス法を行うことにより両検査の時間差を最小限にした。腎機能は、生体の状態により微妙に変動しやすいことが知られているためである<sup>10)</sup>。

われわれは $ERPF$ を求めるために、Schlegel法に準じてガンマカメラを用いて投与量を測定した。 $^{99m}Tc-MAG_3$ は、 $^{131}I-OIH$ や $^{123}I-OIH$ と比較して投与量が多く、今回の検討では $266 \sim 570 MBq$ を投与した。これまでの報告でも投与量は $185 \sim 370 MBq$ が多く<sup>2), 3), 17), 23), 26)</sup>、この程度の放射能をシリンジに入れてガンマカメラで測定する場合には、計数損失が無視できない。そこで正確な定量を行うためには計数損失を補正する必要がある。また腎のカウントに対しても、腎から体表面までの組織による $\gamma$ 線の減弱を補正した。線減弱補正係数は、実測することにより機器の特性や収集条件による影響を除外した。施設や機器ごとに実測した値を用いることは、正確な定量を行うために必要と考えられる。腎の深さはCTによる実測値を用いたが、身長や体重などから推定する計算式を用いる方法もあり<sup>30)-32)</sup>、そのようにして推定した値を用いてもほぼ同様の結果が得られた(結果略)。

今回の検討では、静脈内投与1~2分後の腎摂取率から $^{99m}Tc-MAG_3$ クリアランスを求めた。 $^{99m}Tc-MAG_3$ は、投与後3分では尿路系への排泄が無視できないため1-コンパートメントモデルを適用することはできず、1~2分のデータに比べて2~3分の腎摂取率を用いて算出した値は誤差が大きいと思われる。Fig.2に示すように、2~3分の方が腎摂取率は高値であるが、それでも尿路系へ排泄された分を過小評価している。

また今回の検討では1-コンパートメントモデルによる近似を用いたが、2-コンパートメントモデルによる方法と比較すると誤差が大きいことは仕方がない。しかし2-コンパートメントモデルの場合には、今回のような採血をしない方法では解けないため、今回の結果と比較することは困難である。血中と血管外との間の移行速度定数を変化させたときのクリアランス値への影響の程度を評価するなどの方法で、今後両者を比較して誤差が許容範囲内にあるか否かを確認する必要がある。

## 文 献

- 1) Fritzberg AR, Kasina S, Eshima D : Synthesis and biological evaluation of Technetium-99m MAG<sub>3</sub> as a hippuran replacement. *J Nucl Med* 27 : 111-116, 1986
- 2) Taylor A Jr, Eshima D, Fritzberg AR, et al : Comparison of iodine-131 OIH and technetium-99m MAG<sub>3</sub> renal imaging in volunteers. *J Nucl Med* 27 : 795-803, 1986
- 3) Russel CD, Thorstad B, Yester MV, et al : Comparison of technetium-99m MAG<sub>3</sub> with iodine-131 hippuran by a simultaneous dual channel technique. *J Nucl Med* 29 : 1189-1193, 1988
- 4) Bubeck B, Brandau W, Weber E, et al : Pharmacokinetics of technetium-99m-MAG<sub>3</sub> in humans. *J Nucl Med* 31 : 1285-1293, 1990
- 5) Roland A, Kengen, Sytse Meijer, H. Beekhuis, et al : Technetium-99m-MAG<sub>3</sub> clearance as a parameter of effective renal plasma flow in patients with proteinuria and lowered serum albumin levels. *J Nucl Med* 32 : 1709-1712, 1991
- 6) Blaurock MD, Merrill JP: Simplified hippuran clearance: Measurement of renal function in man with simplified hippuran clearance. *Nephron* 3 : 274-281, 1966
- 7) Schlegel JU, Hamway SA : Individual renal plasma flow determination in 2 minutes. *J Urol* 116 : 282-285, 1976
- 8) Tauxe WN, Dubovsky EV, Kidd T Jr, et al : New formulas for the calculation of effective renal plasma flow. *Eur J Nucl Med* 7 : 51-54, 1982
- 9) 藤田達士 : 循環血液量. 呼と循 18 : 13-24, 1970
- 10) Flanigan WJ : (In) Sanderman FW, Sanderman FW Jr. ed : Laboratory Diagnosis of Kidney Disease. 86, 1970, Warren H Green Inc, St.Louis
- 11) Sapirstein LA, Vidt DG, Mandel MK, et al : Volumes of distribution and clearances of intravenously injected creatinine in the dog. *Am J Physiol* 181 : 330-336, 1955
- 12) 佐藤始広, 平山浩一, 石川演美, 他 : 腎機能障害患者における<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>による腎シンチグラフィの臨床的評価 核医学 31 : 75-84, 1994
- 13) Stadalnik RC, Vogel JM, Jansholt AL, et al : Renal clearance and excretion parameters of orthoiodohippurate (I-123) compared with OIH(I-131) and PAH. *J Nucl Med* 21 : 168-170, 1980
- 14) Burbank MK, Tauxe WN, Maher FT, et al : Evaluation of radioiodinated hippuran for the estimation of renal plasma flow. *Proc Staff Meet Mayo Clin* 36 : 372-386, 1961
- 15) Russell CD, Taylor A, Eshima D : Estimation of technetium-99m-MAG<sub>3</sub> plasma clearance in adults from one or two blood samples. *J Nucl Med* 30 : 1955-1959, 1989
- 16) Claessens RAMJ, Corstens FHM : Tc-99m-MAG<sub>3</sub> clearance determined in patients by simplified methods. (In) HAE Schmidt, J Chambron, ed.: Nuclear Medicine 432-434, 1990, Schattauer, Stuttgart
- 17) Muller-Suur R, Magnusson G, Bois-Svensson I, et al : Estimation of technetium-99m mercaptoacetyltriglycine plasma clearance by use of one single plasma sample. *Eur J Nucl Med* 18 : 28-31, 1991
- 18) 河 相吉, 菅 豊, 佐藤寿男, 他 : <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>を用いた有効腎血漿流量の測定 ; 2-コンパートメントモデルによる解析. 核医学 31 : 175-181, 1994
- 19) Schaap GH, Alferink THR, de Jong RBJ, et al : <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> : Dynamic studies in patients with renal disease. *Eur J Nucl Med* 14 : 28-31, 1988
- 20) Abdel-Dayem HM, Sadek S, Al-Bahar R, et al : Comparison of Tc-99m mercaptoacetyltriglycine and I-131 orthoiodohippurate in determination of effective renal plasma flow (ERPF). *Nucl Med Commun* 10 : 99-107, 1989
- 21) 高山輝彦, 油野民雄, 秀毛範至, 他 : <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>による腎機能評価 ; <sup>123</sup>I-OIHおよび<sup>99m</sup>Tc-DTPAとの比較. 核医学 30 : 753-760, 1993
- 22) Itoh K, Tsukamoto E, Kakizaki H, et al : Comparative study of renal scintigraphy with <sup>99m</sup>Tc-mercaptoacetyltriglycine and <sup>123</sup>I-orthoiodohippurate. *Nucl Med Commun* 14 : 644-652, 1993
- 23) Russell CD, Thorstad BL, Yester MV, et al : Quantitation of renal function with Tc-99m MAG<sub>3</sub>. *J Nucl Med* 29 : 1931-1933, 1988
- 24) Muller-Suur R, Bois-Svensson I, Mesko L : A comparative study of renal scintigraphy and clearance with technetium-99m-MAG<sub>3</sub> and iodine-123-hippurate in patients with renal disorders. *J Nucl Med* 31 : 1811-1817, 1990
- 25) Bubeck B, Brandau W, Steinbaecher M, et al : Technetium-99m-labeled renal functioning and imaging agents. II. Clinical evaluation of <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> (<sup>99m</sup>Tc-mercaptoacetylglucylglycylglycine). *Nucl Med Biol* 15 : 109-118, 1988
- 26) Taylor A Jr, Ziffer JA, Steves A, et al : Clinical comparison of I-131 orthoiodohippurate and the kit formulation of Tc-99m mercaptoacetyltriglycine. *Radiology* 170 : 721-725, 1989
- 27) Jafri RA, Britton KE, Nimmon CC, et al : Technetium-99m MAG<sub>3</sub>, a comparison with iodine-123 and iodine-131 orthoiodohippurate, in patients with renal disorders. *J Nucl Med* 29 : 147-158, 1988
- 28) Prenen JAC, de Klerk JMH, van het Schip AD, et al : Technetium-99m-MAG<sub>3</sub> versus iodine-123-OIH : Renal clearance and distribution volume as measured by a constant infusion technique. *J Nucl Med* 32 : 2057-2060, 1991
- 29) Brandau W, Bubeck B, Berger J, et al : Excretion characteristics of Tc-99m-MAG<sub>3</sub> in patients. (In) Schmidt HEA, Buraggi GL, ed : Nuclear Medicine 409-412, 1989, Schattauer Verlag, Stuttgart-New York
- 30) Tonnesen KH, Munck O, Hald T, et al : Influence on the radiorenogram of variation in skin to kidney distance and the clinical importance hereof. (In) Zum Winkel K, Blaurock MD, Funck-Bretano JL, ed. : Proceedings of the international symposium on radionuclides in nephrology April : 79-86, 1974, Thieme, Stuttgart
- 31) 伊藤綱朗, 竹田 寛, 豊田 俊, 他 : <sup>99m</sup>Tc-DTPA腎摂取率による糸球体濾過率の評価. 核医学 21 : 1579-1586, 1984
- 32) Taylor A, Lewis C, Giacometti A, et al : Improved formulas for the estimation of renal depth in adults. *J Nucl Med* 34 : 1766-1769, 1993