

シンチカメラによる腎機能検査法に関する
臨床的研究（第Ⅳ報）—^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィーによる定量的分腎機能検査法について—

京都大学医学部泌尿器科学教室（主任 吉田 修教授）

細川 進一・川村 寿一・吉田 修

CLINICAL STUDIES ON RENAL FUNCTION BY
SCINTICAMERA (IV)—QUANTITATIVE SEPARATE RENAL FUNCTION STUDY BY
^{99m}Tc-DMSA RENOSCINTIGRAPHY—

Shin-ichi HOSOKAWA, Juichi KAWAMURA and Osamu YOSHIDA

From the Department of Urology, Faculty of Medicine, Kyoto University

In our previous reports, it was stressed that ^{99m}Tc-DMSA renoscintigraphy gives an excellent renal image. Renal uptake of ^{99m}Tc-DMSA could be evaluated by means of scinticamera from outside of the body, because this substance specifically accumulates to the renal cortex. For the clinical application, the following formula was postulated to know the ^{99m}Tc-DMSA Uptake rate.

^{99m}Tc-DMSA Renal uptake Formula

$$U_{(R)} = \frac{(U_{(r)} - B_{(r)})}{Q} \times \frac{1}{K} \times 100 (\%)$$

$$U_{(L)} = \frac{(U_{(l)} - B_{(l)})}{Q} \times \frac{1}{K} \times 100 (\%)$$

K: coefficient of depth

Q: total dose count

U_(r): r-kidney countU_(l): l-kidney countB_(r): r-kidney background countB_(l): l-kidney background countU_(R): r-kidney uptakeU_(L): l-kidney uptake

The calculation of this formula is quite easy.

Separate renal function study by means of ^{99m}Tc-DMSA renoscintigraphy can be performed even for children, poor risk patients and iodine hypersensitivity cases. It does not require collection of urine or blood.

Seventy normal persons received this examination, and ^{99m}Tc-DMSA uptake of the right kidney was $23.74 \pm 3.62\%$ whereas that of the left kidney was $23.99 \pm 3.48\%$. The uptake of both kidneys was $47.67 \pm 4.91\%$. The uptake of normal solitary kidney was $47.67 \pm 10.90\%$. The total renal plasma flow calculated from ¹³¹I-Hippuran renogram (Hirakawa's method) was found to be well correlated with total ^{99m}Tc-DMSA uptake ($r=0.94$).

The correlation of total ^{99m}Tc-DMSA uptake with blood urea nitrogen was $r=-0.70$ ($n=153$),

that with serum creatinine $r = -0.66$, that with 15 minutes value of PSP test $r = 0.70$, and that with creatinine clearance $r = 0.99$ ($n = 13$).

Separate quantitative renal function study by ^{99m}Tc -DMSA renoscintigraphy was found to be of clinical use and the various diseases of the kidney are now under this examination.

緒 言

著者は ^{99m}Tc -Sn-dimercaptosuccinic acid (DMSA) 腎シンチグラフィーがすぐれた腎の静的イメージを描出することを発表してきた¹⁻³⁾。また、 ^{99m}Tc -DMSA の体内 kinetics の研究より、DMSA が特異的に腎皮質に集積することがわかった。この性質を利用して左右腎への摂取率をしらべ、その摂取率をもって腎の皮質機能を表現するものと考え、その臨床的な有用性を検討してきた²⁻⁵⁾。

本論文では ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーを作製して腎の静的イメージを得ると同時に ^{99m}Tc -DMSA の左右腎への摂取率をしらべ、これの定量的分腎機能検査法としての有用性を検討した。

対 象 症 例

1975年8月より1977年1月までの18カ月間に京大中央放射線部で ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチを依頼された症例の中から303例を対象として選んだ。男子171例、女子132例で、年齢は6歳から78歳(平均38.3歳)であった。

疾患の内容は、膀胱尿管逆流現象を含む腎盂腎炎が85例、正常症例70例、原因不明の血尿45例、水腎症32例、腎結核12例、高血圧12例、孤立性腎嚢胞12例、腎癌10例、嚢胞腎6例、先天性単腎5例、腎不全4例、腎硬塞3例、腎盂癌2例、その他5例である。

研 究 方 法

^{99m}Tc -DMSA の使用方法は、日本メディフィジックスの仕様書に従い、原則として、成人は2 mCi、小児は1 mCi を1回静注法により肘静脈より投与した。使用した装置はNuclear Chicago の Pho/Gamma III に低エネルギー用高分解能コリメーターを装置したものである。データ処理機はNuclear Chicago の CDS 4096 data analyzer を用いた。注射後2時間目に腎シンチグラフィーを作製した。またこれと同時に、左右腎別に関心領域 (ROI) を設定し、30秒間測定して、そのカウント数を用いて左右腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取量を求めた。

体外計測により ^{99m}Tc -DMSA の左右腎の摂取率は次の式に従って求めた。

$$^{99m}\text{Tc}\text{-DMSA 腎の摂取率} = \frac{U_{(R,L)} - B_{(R,L)}}{Q} \times \frac{1}{K} \times 100(\%)$$

ここで Q は注射された総投与量のカウント数を、 $U_{(R,L)}$ は腎のカウント数を、 $B_{(R,L)}$ はバックグラウンドのカウント数を、 K は腎の深さに関する放射活性の係数を、それぞれ表わす。

なお体外計測を正確におこなうには、腎のバックグラウンドを除外する必要があるが、これに関しては、すでに第Ⅲ報⁶⁾で詳細に論じた。また ^{99m}Tc の減衰に関しては、投与サンプルと同時に体外計測をおこなうことによって、 ^{99m}Tc の減衰曲線より逆算しなくてもすむようにくふうした。腎の深さについては、Muethrcke⁷⁾ の腎生検を基にした Tauxe⁸⁾ の式* に

$$\text{腎の深さ} = 0.82 \text{ Wt} - 0.36 \text{ ht} - 0.06 \text{ Age} + 61.088 \text{ (mm)}$$

(Wtは体重で kg; ht は身長で cm; Age は年齢で年数を表わす)

K Value

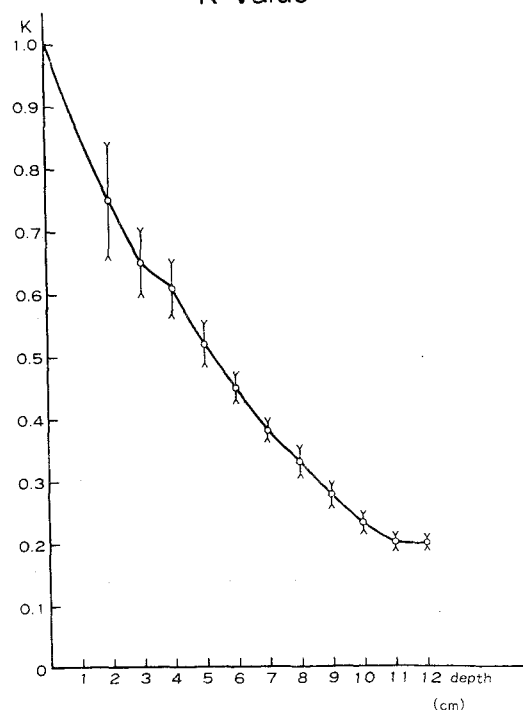


Fig. 1. Calculation of coefficient K

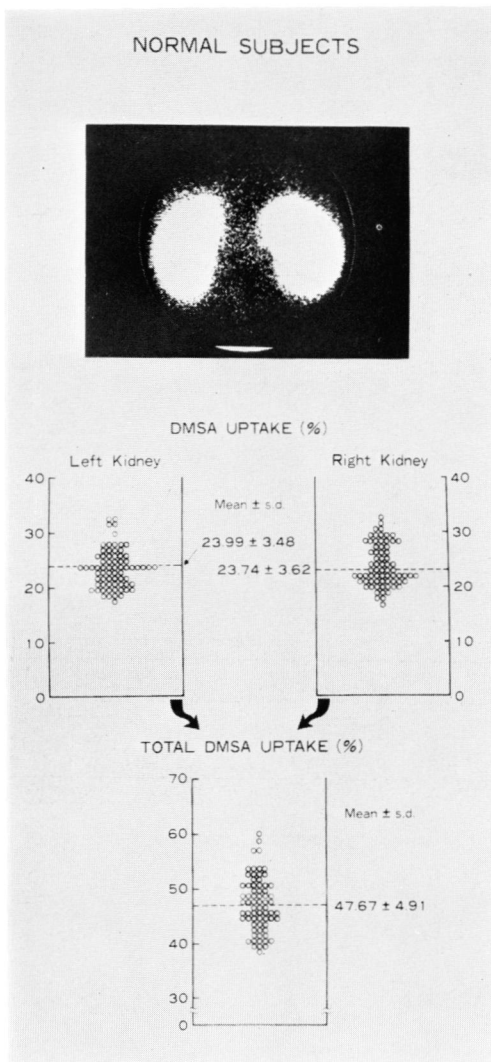


Fig. 2. ^{99m}Tc -DMSA uptake of each kidney in healthy controls

従って、年齢、体重、身長から腎の深さを求め、さらに腎の深さに関する放射活性の係数(K)は水を模した胴体ファントムにより測定した(Fig. 1)。

たとえば、右腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率を求めるには、まず年齢、身長、体重より腎の深さを求め、これに基づいて Fig. 1 より K を求め、CDS 4096 data analyzer にて実測した右腎のカウント数 $U(r)$ 、右腎のバックグラウンドのカウント数 $B(r)$ ならびに腎シンチグラフィーを作製する時点での投与サンプル量(体

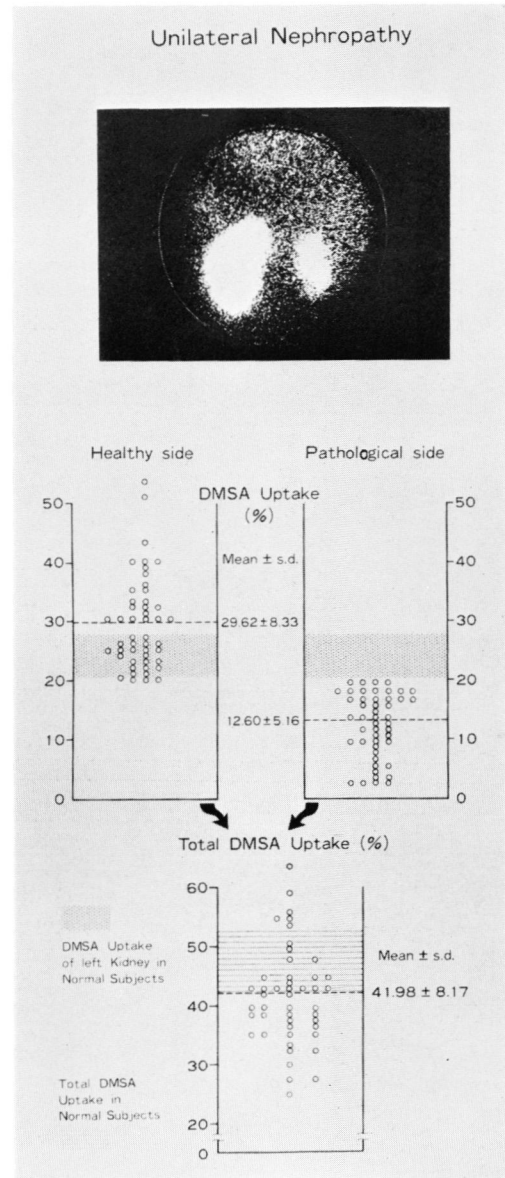
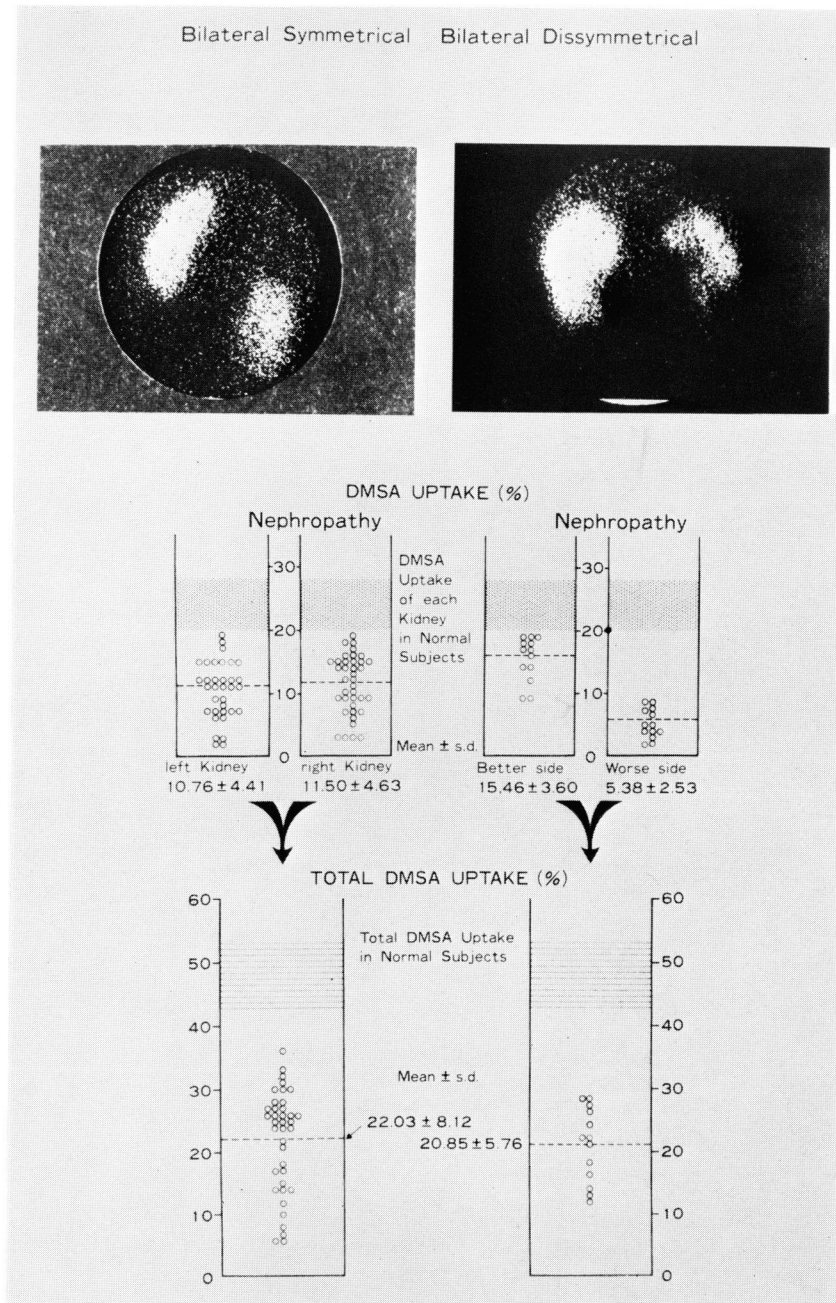


Fig. 3. ^{99m}Tc -DMSA uptake in unilateral nephropathy with contralateral healthy kidney

内に投与された量と同量)のカウント数 Q を、それぞれ上記の式に挿入して、右腎の摂取量(%)を求めることができる。

^{99m}Tc -DMSA の撮影条件は、静注後2時間目にシンチカメラで60秒から90秒間撮影し、この間にポロイドカメラで腎の静的イメージを得た。また、2時間のあいだに摂取された ^{99m}Tc -DMSA の量は、CDS 4096 data analyzer にて30秒間測定して、各腎の摂取量をカウント数にて表現した。

Fig. 4. ^{99m}Tc -DMSA uptake in the case of bilateral nephropathies

主として IVP, PSP, 生化学所見から診断された正常および各疾患腎を次のように分類し、これに従って ^{99m}Tc -DMSA の各腎の摂取率を整理した。

- 1) 左右腎とも正常群 (n=70)
- 2) 一側が正常で他側が患腎である群 (n=48)
- 3) 両腎ともに同程度に異常が認められる群 (n=38)
- 4) 両腎ともに異常が認められるが、左右差の著明

に認められる群 (n=13)

- 5) 単腎であるが正常腎機能と考えられる群 (n=18)
- 6) 単腎で腎機能低下の認められる群 (n=25)

また、79例では ^{131}I -Hippuran renogram より求めた renal plasma flow (RPF) と ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率を、総腎、左右腎別、および $\frac{\text{右腎}}{\text{総腎}}$ 比について比較

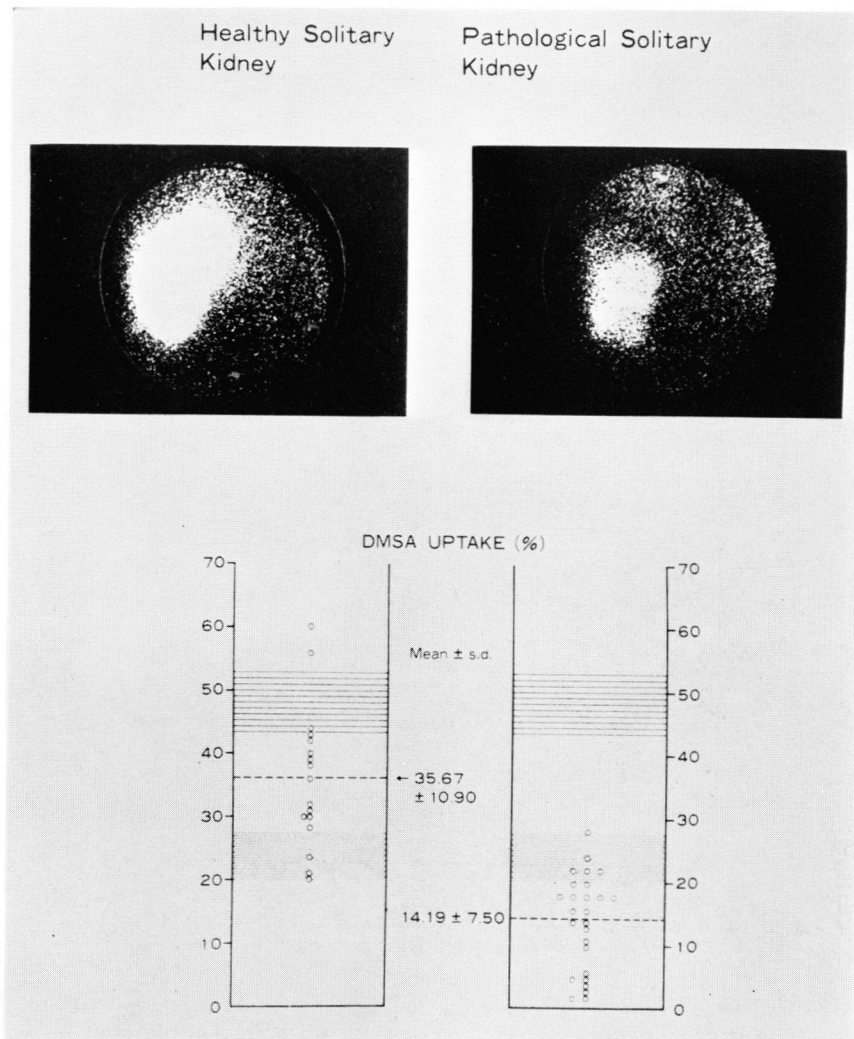


Fig. 5. ^{99m}Tc -DMSA up-take in the case of a healthy and a pathological solitary kidney

した。また、総腎機能を表わす項目〔BUN (153例)、血清クレアチニン (87例)、PSP 15分値 (41例)、内因性クレアチニンクリアランス (13例)〕と ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率の関係についても検討した。

成 績

(1) 両腎とも正常症例では Fig. 2 に示すように、右腎の摂取率は、 $23.74 \pm 3.62\%$ 、左腎のそれは $23.99 \pm 3.48\%$ で、両腎の総摂取率は $47.67 \pm 4.91\%$ であった。

(2) 健側腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は $29.62 \pm 8.33\%$ であり、患側腎のそれは、 $12.60 \pm 5.16\%$ であった。両腎の ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率としては $41.98 \pm 8.17\%$ であった (Fig. 3)。

(3) Fig. 4 に示すように両腎とも同程度に IVP にて低下が認められる症例では、右腎の摂取率 $11.50 \pm 4.63\%$ 、左腎のそれは $10.76 \pm 4.41\%$ であった。両腎の ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率は $22.03 \pm 8.12\%$ であった。また、両腎とも低下しているが、一側が他側よりも良い症例については、ややよい側の腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は $15.46 \pm 3.60\%$ であり、患側のそれは、 $5.38 \pm 2.53\%$ であった。両腎のそれは $20.85 \pm 5.76\%$ であった。

(4) 単腎の症例を Fig. 5 に示した。単腎で正常の症例では ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は $35.67 \pm 10.90\%$ であり、腎機能の低下している症例の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は $14.19 \pm 7.50\%$ であった。

(5) Fig. 6 に示すように、縦軸に総 RPF を、横

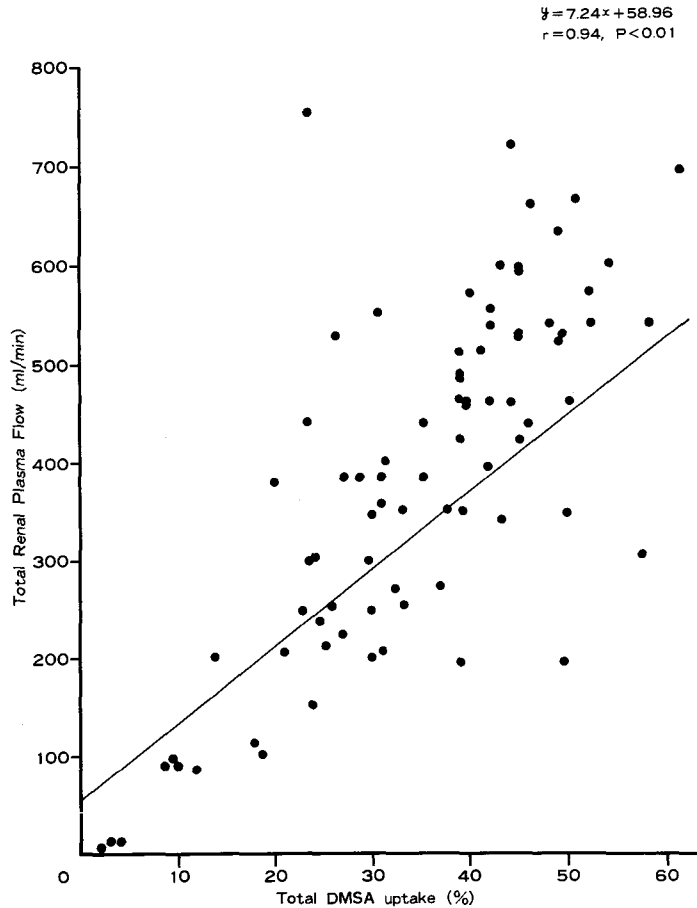


Fig. 6. Relationship between total RPF and total Tc-DMSA uptake

軸に ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率をプロットすると両者間には相関係数 $r=0.94$ のよい相関が示された。

(6) Fig. 7 では縦軸に右腎の RPF を、横軸には右腎の ^{99m}Tc -DMSA 摂取率をとると、相関係数 $r=0.96$ で示されるよい相関が得られた。

左腎についても、Fig. 8 のごとく、同様によい相関関係が認められた ($r=0.95$)。

(7) 縦軸に総 RPF に対する右腎の RPF を、横軸には ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率に対する右腎の摂取率をとってみると、Fig. 9 のごとく相関係数 $r=0.98$ のきわめてよい相関関係が認められた。

(8) Fig. 10 では縦軸に BUN を、横軸に ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率をとると、BUN 20 mg/100 ml 以下の正常症例では、 ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率が 31% 以上であり、 ^{99m}Tc -DMSA 摂取率 20% 以下の症例では全例 BUN が 20 mg/100 ml 以上であった。とくに DMSA の総摂取率が 5% 以下の症例では、BUN が 90 mg/100 ml 以上と高度の腎機能障害を示すことが

わかった。

(9) 血清クレアチニンとの関係を Fig. 11 でみた。クレアチニン 2.0 mg/100 ml 以下の症例では全例が ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率 21% 以上である。また、 ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率が 14% 以下の症例では、全例がクレアチニン 2.0 mg/100 ml 以上である。クレアチニン 12 mg/100 ml の時の ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率は 2% であった。

(10) Fig. 12 は PSP 15 分値との関係をみたものである。 ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率が 50% 以上の症例では全例とも PSP 15 分値 25% 以上であった。また ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率が 10% 以下のものは、PSP 検査を実施した 41 例中 3 例であるが、この 3 例とも PSP 15 分値は 5% 以下の症例であった。

(11) 縦軸に内因性クレアチニンクリアランス (Ccr) を、横軸には ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率をとると、相関係数 $r=0.99$ ときわめて良好な関係が示された (Fig. 13)。

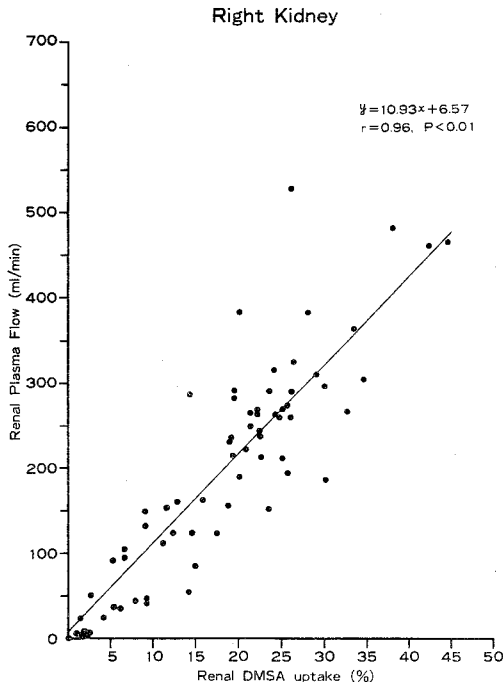


Fig. 7. Relationship between R-renal RPF and R-renal ^{99m}Tc -DMSA uptake

考 察

腎スキャンニング物質は近年までは、水銀化合物が臨床的^{9~15)}によく使用されていたが、被曝線量の問題や廃棄物の取扱いの問題から、現在ではほとんど使用されず、最近これにかわって各種 ^{99m}Tc -化合物(^{99m}Tc -DMSA^{1~6)}, ^{99m}Tc -DTPA⁴⁾, ^{99m}Tc -鉄化合物^{16~20)}, ^{99m}Tc -鉄 アスコルビン酸化合物^{21,22)}, ^{99m}Tc -penicillamine acetazolamide 化合物²³⁾など)が開発され臨床的にも使用されてきている。

著者は Hg 化合物にかわる Tc 化合物として ^{99m}Tc -DMSA をえらびこれについて臨床的に研究をおこなってきた。 ^{99m}Tc -DMSA は特異的に腎皮質に集積し尿中排泄も少ない。この性質を用いて腎のすぐれた静的イメージを得ると同時に、腎に摂取された ^{99m}Tc -DMSA の量をしらべることによって、定量的腎機能検査法としても用いることができるかどうか検討をおこなった。

従来から、腎シンチグラフィーを用いた腎機能の定量的評価は、水銀化合物についてもおこなわれてきた。

Reba ら⁹⁾ は ^{203}Hg -chlormerodrin を用いて、腎摂取率を計測するため $\text{Ct} = \text{Coo}(1 - e^{-kt})$ なる式を考え、

この式から正確に腎機能が測定できて、将来は体外計測により各腎の摂取量が計算できると考えている。また Tabern ら¹⁰⁾ も ^{203}Hg -chlormerodrin を用いて、400症例について腎に集積した ^{203}Hg -chlormerodrin を体外計測しているが、各腎より得たカウント数で腎機能を5つのグループに分け腎機能の評価をおこなっているだけで定量的分腎機能検査ではない。Freeman ら¹¹⁾ は ^{197}Hg -chlormerodrin を用いて ^{131}I -Hippuran renogram と比較しているが、単に ^{197}Hg の活性度をしらべているだけであり定量的評価はしていない。Gadbos ら¹²⁾ はイヌを用いて $^{197}\text{HgCl}_2$ の両腎へのとりこみを体外計測より求めているが、両腎の総カウントに対する左腎のカウント比をしらべているだけであり、これも定量的分腎機能検査とはいえない。Raynaud ら¹³⁾ が $^{197}\text{HgCl}_2$ を用いて体外計測により腎摂取率を求めている。この方法は定量的分腎機能検査法であり、かれらによって、はじめて定量的に腎機能の評価がなされたといえる。かれらによれば右腎の水銀摂取率は正常腎機能者で $27 \pm 3.5\%$ であり、左腎のそれは $26 \pm 3.5\%$ で左右腎で1%もの差がある。この点について Raynaud ら¹⁴⁾ 自身も Hg による右腎摂取率が高い理由を、肝臓を中心とするバックグラウンドが大きいためと述べている。そして後日 Raynaud ら¹⁵⁾ はふたたび別の式を考え ^{197}Hg を体外計測しているが、やはり肝臓のバックグラウンドが大きいため、正確に左右腎の摂取率は求めにくいと報告している。著者の検査法は腎部のバックグラウンドについては、CDS 4096 data analyzer を用いて、腸骨部にバックグラウンドを設定し、この関心領域 (ROI) の大きさ、および、カウント数と腎部の ROI の大きさより、腎のバックグラウンドを求めている⁶⁾。 ^{99m}Tc -DMSA の摂取率については、正常症例では、左右差は、ほとんどなく、Raynaud ら^{14,15)} よりも腎機能を正確に測定しているものと考えられる。

左右の腎機能差については Möll ら²⁴⁾ や Hüet ら²⁵⁾ の動物実験によれば、腎は大きさ、形、機能には左右差はほとんどないと報告しており、著者らの検査法では ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は正常症例では左右差はほとんどなく、臨床的に有用な検査法であると考えられる。

各種 Tc 化合物を用いて、腎シンチグラフィーを得ている報告は多いが、同時に定量的な腎機能検査法として利用しているのは、文献的には、Persson ら²²⁾ だけである。かれらは ^{99m}Tc -ascorbate を用いて、体外計測法によって腎摂取率を計算している。かれらは、両腎の摂取率に対する右腎の摂取率の比と ^{131}I -Hippuran renogram より求めた両腎の RPF に対する右

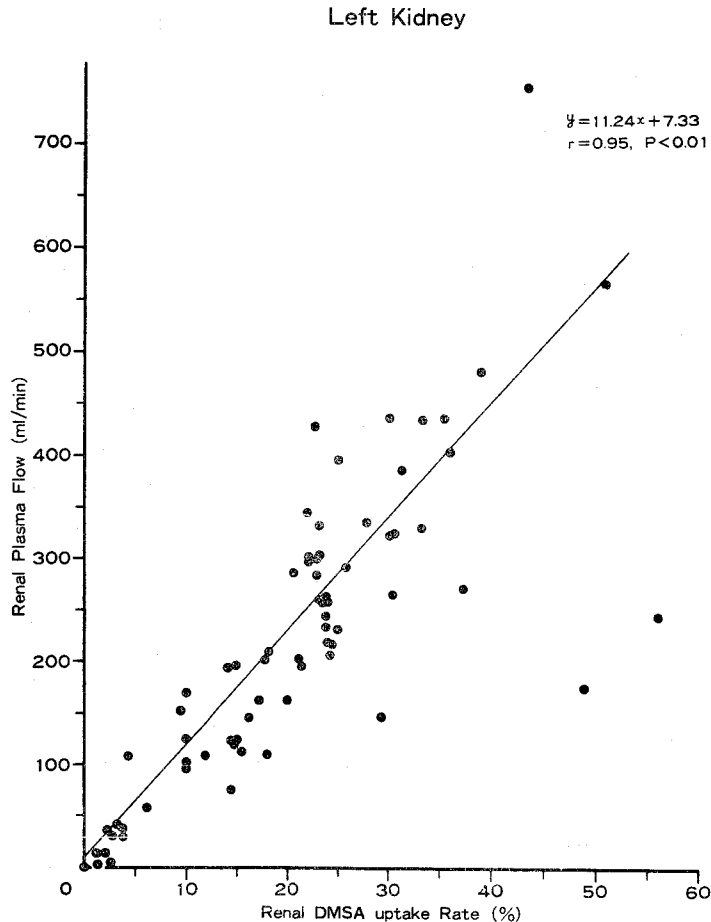


Fig. 8. Relationship between *L*-renal RPF and *L*-renal ^{99m}Tc -DMSA uptake

腎の RPF の比との関係を、29症例でしらべており、相関係数 $r=0.86$ であったと報告している。著者も79症例について同様の相関をしらべているが、相関係数 $r=0.98$ ときわめてよい相関を得ている。しかし Persson ら²²⁾ の式は腎の深さの測定方法について考慮がなされていない。

^{99m}Tc -DMSA につ て、これを定量的分腎機能検査として利用している報告にはいまだ接しないようである。最近 Mariß ら²⁷⁾ がシンチスキャナーとシンチカメラを用いて ^{99m}Tc -DMSA の腎部のカウントについて、その相関をしらべており両者はよい相関があったと報告しているが定量的腎機能検査法ではない。 ^{99m}Tc -DMSA は、著者がすでに報告したごとく、腎皮質に特異的に多量に集積し、また尿中排泄はきわめてすくない性質を持っている。したがって、腎の静的イメージを得るにはすぐれた腎スキャンニング物質である。著者はさらに、この皮質集積性の特徴を使用して、 ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率を求め、これで腎皮

質機能が定量的にしらべられるものと考えた。著者の式より求めた正常腎機能者の ^{99m}Tc -DMSA の左右腎の総摂取率は注射後2時間で $47.67 \pm 4.91\%$ であった。他方、安東ら²⁶⁾ のラットを用いた動物実験では、 ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率は注射後1時間で $45.5 \pm 7.9\%$ 、3時間後 $51.0 \pm 9.3\%$ であり、腎機能正常者では ^{99m}Tc -DMSA の摂取率はよく近似していることがわかった。

また著者の式は、 ^{99m}Tc の物理的半減期が約6時間と短半減期であること、 ^{99m}Tc の γ 線のエネルギーが 140 KeV と低エネルギーであること、およびコンプトン散乱が ^{197}Hg の 1/16.5 であり、非常に少ないことを考慮して考えた。このように著者の式は、実験的にも放射化学的にも腎機能を正確に表現するのに有用であると考えられる。

この ^{99m}Tc -DMSA 摂取率は、従来からの腎機能検査項目、なかでも、RPF、PSP 検査15分値とはよい相関を示していることがわかった。これは、全腎の血

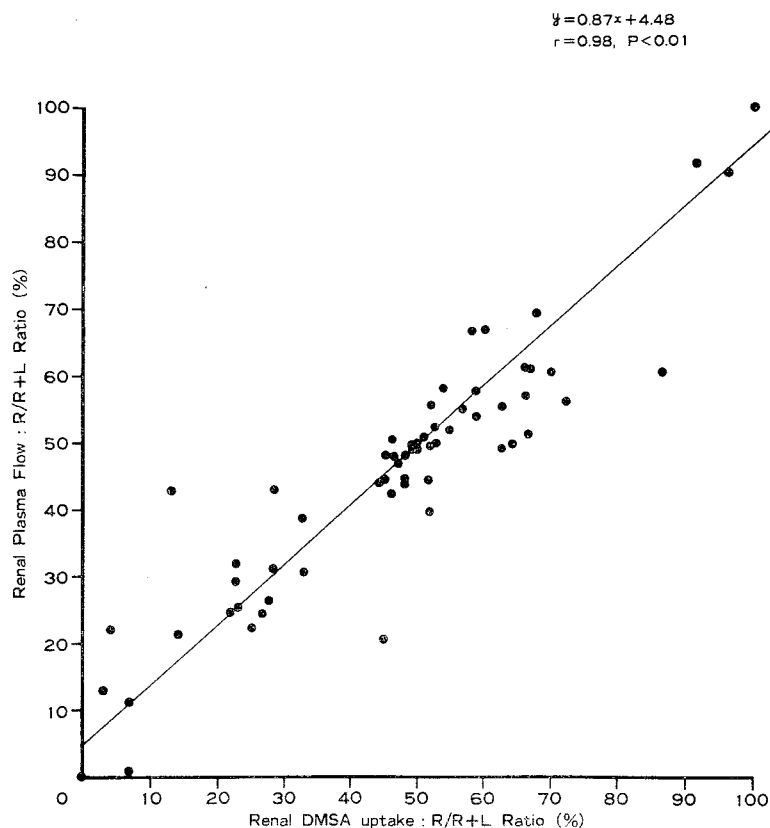


Fig. 9. Relationship between the ratio of right RPF to total RPF and the ratio of right ^{99m}Tc -DMSA uptake to total ^{99m}Tc -DMSA uptake

流量の90%は皮質を流れており、 ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率は当然この皮質の血流を反映するものと考えられる。したがって ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率と RPF, PSP 検査15分値とはよい相関が得られるものと考え

られる。また血清化学的検査による総腎機能検査としての BUN 値, クレアチニン値とも、 ^{99m}Tc -DMSA 総腎摂取率はよい相関を示したが、腎機能が BUN, クレアチニンで正常でも ^{99m}Tc -DMSA 総腎摂取率では低

Table I. Clinical evaluation of renal function tests.

	Informations of Renal Functions				
	GFR	RBF or RPF	Renal Tubular Function (Cortex)	Urinary Flow Phase	Renal Morphology (Cortex)
BUN	○	×	×	×	×
serum creatinine	○	×	△	×	×
PSP (15 min. value)	×	○	○	△	×
Creatinine	◎	×	×	×	×
RPF (I^{131} -Hippuran renogram)	×	◎	○	○	×
IVP	×	×	×	◎	◎
Renal uptake and scintigraphy of ^{99m}Tc -FMDS	○	○	◎	×	◎

Evaluation { ◎ excellent
 ○ good
 △ fair
 × poor } : { Creatinine : 24 endogenous creatinine clearance
 GFR : glomerular filtration rate
 RBF : renal blood flow
 RPF : renal plasma flow }

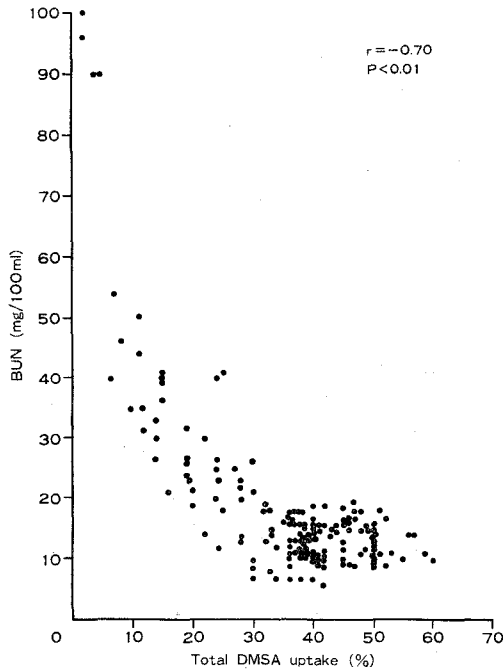


Fig. 10. Relationship between BUN and total DMSA uptake

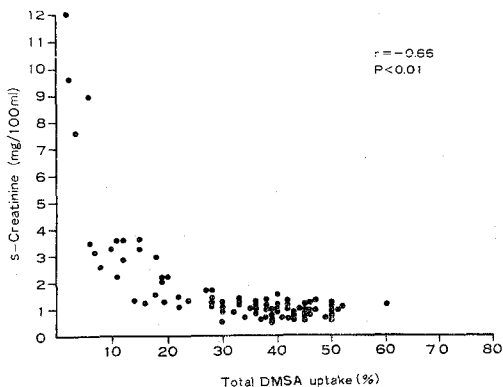


Fig. 11. Relationship between serum creatinine and total DMSA uptake

下している症例が多数あり、 ^{99m}Tc -DMSA は BUN、クレアチニンが上昇するより前に摂取率の低下を示し、腎機能の低下を血清レベルよりもさきに示すものと考えられる。Ccr と ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率はきわめてよい相関関係である。これは ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率は皮質機能を反映し、皮質機能は当然糸球体濾過量も反映するためと考えられる。このように ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率は臨床的にもきわめて有用であると考えられた。以上総論的にもきわめて有用であると考えられた。本法と従来からの腎機能検査法を Table 1

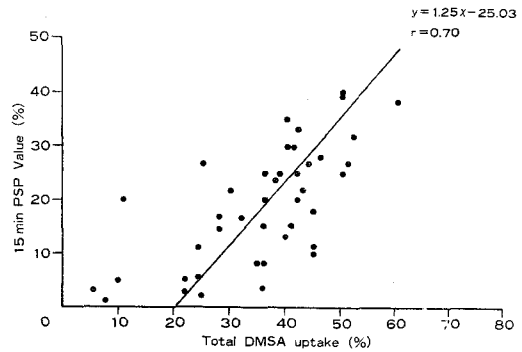


Fig. 12. Relationship between 15 min value PSP and total DMSA uptake

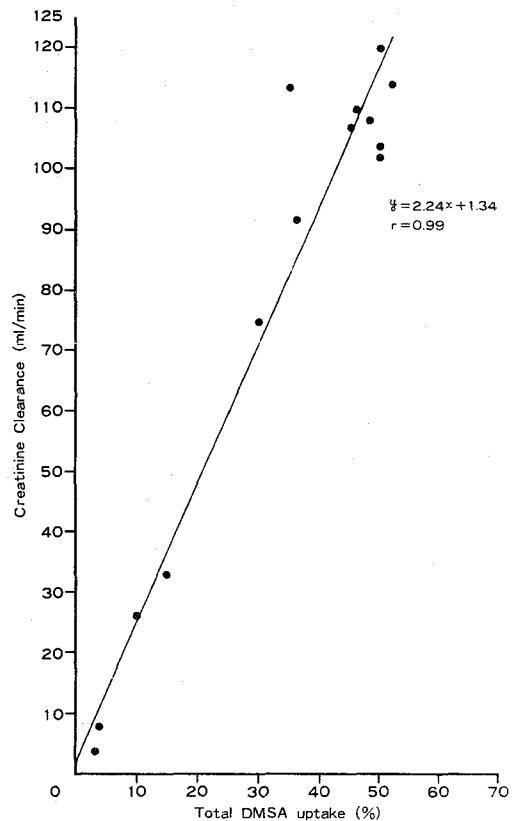


Fig. 13. Relationship between creatinine clearance and total DMSA uptake

に示した。

以上総論的に腎機能検査法としての本法の有用性を述べてきたが、現在までに1,000例以上の各種腎疾患に本法を応用し、その経験から次のような疾患の場合にも本法は有用であると考えられた。

(1) 術前術後の腎の形態と機能について

本法を用いることによって術前の腎の機能と形態を知り、術後の腎機能の回復状態を定量的に知ることができて有用である。これに関してはすでに報告した。

(2) 腎腫瘍と腎嚢腫の鑑別について

腎腫瘍の場合は初期イメージ (^{99m}Tc -DMSA 静注直後から約3分間までの腎のイメージのことで主として血流を表現する)で腫瘍部は血流に富んでいるので ^{99m}Tc -DMSA のとりこみがはっきりと認められるが、腎嚢腫の場合は血流がなく陰影欠損としてうつる。後期像*では、ともに陰影欠損としてうつるので腎の腫瘍と嚢腫の鑑別にある程度有用である。このことに関してもすでに報告した²⁾。

(3) (3)腎盂腎炎の形態と機能について

腎盂腎炎でも IVP など従来のレ線検査ではっきりとした異常を示さない症例があるが、本法を用いれば腎のイメージおよび ^{99m}Tc -DMSA の低下より、腎障害の部位と機能障害の程度を知ることができる。また VUR の場合でも IVP で変化がなくても、本法では腎イメージではっきりと腎の形態の変化を知ることができ ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率の低下を認める症例がある。

(4) 水腎症の形態と機能について

IVP で得た腎盂腎杯系の拡張の程度から類推した腎機能程度と ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は、かならずしも一致しないことがわかった。手術によって下部尿路通過障害が改善されて、水腎症が回復した場合でも、皮質機能としてはじゅうぶんに回復していない場合には、本法では腎摂取率が依然として低下していることがわかった。逆に IVP 上の異常が、術後不変であるのに ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率が術前よりもさらに増加している場合、腎機能の回復してきていることがじゅうぶんに予知できた。

(5) 腎結核について

IVP 腎杯系に変化がない症例でも、 ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーでは腎皮質の病巣部に一致して変化を認め、また ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率の低下を認めた。

(6) 腎の代償肥大について

腎摘前の健側腎の腎シンチグラフィーおよび ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率と腎摘後のそれをくらべると明らかに術後腎も大きくなり腎摂取率も増加しており、本法を用いて腎の代償肥大を形態と機能の立場より定量的に研究できるものと考ええる。

* 後期像＝後期イメージ (^{99m}Tc -DMSA 静注後2時間目の腎シンチグラフィー、ふつう腎シンチグラフィーといえはこの後期イメージをさす)

(7) 腎硬塞について

初期イメージにても、後期イメージにても硬塞部には、 ^{99m}Tc -DMSA のとりこみがなく、その腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率の低下が認められた。

(8) 糖尿病性腎症について

IVP で一見正常にみえても、初期イメージ、後期イメージとも ^{99m}Tc -DMSA のとりこみが粗であり、また BUN、クレアチニンが正常値を示しているにも ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は極端に低下していることがわかった。

(9) 腎に由来する高血圧について

腎血管性高血圧の症例では、患側腎の初期イメージは血流がすくないため影像が悪く、後期イメージでは腎摂取率の低下を認める。

腎性高血圧の場合は ^{99m}Tc -DMSA の腎摂取率の低下が認められた。

(10) 囊胞腎とか慢性腎炎などの腎機能の予後の推定について

^{99m}Tc -DMSA の両腎の総摂取率を片対数の縦軸に、横軸に月数(年数)をプロットして、総摂取率が1%を越えるときの月数(年数)をみれば、この時が透析にはいる時期であることがわかる。

(11) 急性腎不全について

腎後性急性腎不全症例では、腎のイメージと腎摂取率を得ることができた。腎性の急性腎不全症例では、極端に腎のイメージが悪く、腎摂取率も低下していた。

(12) 透析時の腎機能と形態について

従来のレ線検査法では透析中の腎の形態を知ることが困難であったが、本法を用いれば透析症例でも腎のイメージおよび腎摂取率より残存腎機能を推定できることがわかった。

以上のことより、著者の ^{99m}Tc -DMSA による検査法は手技が容易であり、一症例について腎シンチグラフィーと同時に定量的分腎機能検査を平均3分の短時間で検査することができる。また採血や採尿なしに検査ができて、被曝線量がごく微量であり、副作用もほとんどないことなどが臨床検査法として本法がすぐれた特徴をもっていると考えられる。

結 語

^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーを用いて定量的分腎機能検査をおこなった。

(1) 両腎とも腎機能正常と考えられる症例について

^{99m}Tc -DMSA の摂取率を求めた。右腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は $23.74 \pm 3.62\%$ 、左腎のそれは 23.99

±3.48%であった。両腎の摂取率は $47.67 \pm 4.91\%$ であった。

(2) 単腎で明らかにその腎が正常の症例の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率は $35.67 \pm 10.90\%$ であった。

(3) 総 RPF と ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率の両者間には良い相関が認められた ($r=0.94$)。

(4) 右腎の RPF に対する総 RPF の比と右腎の ^{99m}Tc -DMSA の摂取率に対する ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率の関係はよい相関が得られ、相関係数 $r=0.98$ であった。

(5) BUN(mg/100 ml) と ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率の関係をしらべた。 ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率20%以下では全例 BUN が 20 mg/100 ml 以上であった。また ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率31%以上では BUN は全例20 mg/100 ml 以下であった。

(6) 血清クレアチニンと ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率について検討した。 ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率が14%以下では全例クレアチニンは 2.0 mg/100 ml 以上であり、 ^{99m}Tc -DMSA 総摂取率が21%以上の症例ではクレアチニンは 2.0 mg/100 ml 以下であった。

(7) PSP 15分値と ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率の関係を検討した。その相関は $r=0.70$ であり、 ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率が10%以下の症例では、PSP 15分値が5%以下であった。

(8) クレアチニンクリアランスと ^{99m}Tc -DMSA の総摂取率の関係は、相関係数 $r=0.99$ ときわめて良好な関係であった。

ま と め

^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーを用いて定量的分腎機能検査を303症例についておこない、従来からおこなわれている腎機能検査法(RPF, BUN, クレアチニン, PSP 15分値, (Ccr)と比較検討したところ、きわめて良好な関係を示された。また、 ^{99m}Tc -DMSA の静注後2時間目の正常症例における総摂取率は $47.67 \pm 4.91\%$ であることがわかった。本法は動物実験的にも理論的にも腎機能を正しくとらえることがわかった。したがって本法は定量的分腎機能検査法として臨床的に有用であり、今後の腎疾患の研究に役だつものとする。

謝辞 本研究に際しご助言とご援助をいただきました京都大学医学部第Ⅲ内科平川顕名講師、同放射線科石井靖助教授、放射線同位元素部門藤田透助手に謝意を表わします。

本論文の要旨は1976年11月東京で開催された第19回日本腎臓学会で発表した。

参 考 文 献

- 1) 石井 靖・ほか： ^{99m}Tc -dimercaptosuccinic acid (^{99m}Tc -DMSA)による腎シンチグラフィについて。核医学, 13: 7, 1976.
- 2) 川村寿一・ほか：腎シンチカメラによる腎 space occupying lesions の鑑別診断の試み。一初期イメージと後期イメージの比較。泌尿紀要, 22: 219, 1976.
- 3) 細川進一・ほか：シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究(第I報) — ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーについて。泌尿紀要, 22: 313, 1976.
- 4) 細川進一・ほか：シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究(第II報) — ^{99m}Tc -DTPA レノグラムと ^{131}I -Hippuran レノグラムの比較および ^{99m}Tc -DTPA 腎シンチグラフィーと ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーの比較。泌尿紀要, 22: 329, 1976.
- 5) 細川進一・ほか： ^{99m}Tc -Sn-DMSA腎シンチグラフィーによる術前術後の腎機能の評価。泌尿紀要, 22: 829, 1976.
- 6) 細川進一・ほか：シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究(第III報) — ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーの腎バックグラウンドについて。泌尿紀要, 23: 119, 1977.
- 7) Muethrcke, R. C. et al.: Technique of percutaneous renal biopsy in the prone position. J. Urol., 74: 268, 1955.
- 8) Tauxe, N. W. et al.: Kidney depth and isotope renography. J. Nucl. Med., 9: 225, 1968.
- 9) Reba, R. C. et al.: Measurement of Hg^{203} Chlormerodrin accumulation by the kidney for detection of unilateral renal disease. Radiology, 79: 134, 1962.
- 10) Tabern, D. L. et al.: The quantitative measurement of tubular chlormerodrin binding as an index of renal function: A study of 400 cases. C.M.A. Journal, 103: 601, 1970.
- 11) Freeman, L. M. et al.: Rapid sequential renal blood flow scintigraphy. Radiology, 92: 918, 1969.
- 12) Gadbois, W. F. et al.: The use of sequential ^{197}Hg chlormerodrin delayed scans to evaluate and to follow individual renal function. J. Urol., 112: 420, 1974.

- 13) Raynaud, C. et al.: Measurement of renal mercury uptake by external counting: separate functional testing of each kidney. *J. Urol.*, **99**: 248, 1968.
- 14) Raynaud, C. et al.: The use of the renal uptake of ^{197}Hg as a method for testing the functional value of each kidney. *J. Nucl. Med.*, **11**: 125, 1970.
- 15) Raynaud, C. et al.: Measuring renal uptake of $^{197}\text{HgCl}_2$ by gamma camera. *Radiology*, **110**: 413, 1974.
- 16) Kazem, I. et al.: Ferro ^{99m}Tc Technetium Komplex zur Nierenzintigraphie, Teil I: Darstellung und chemische Eigenschaften. *Nucl. Med.*, **5**: 404, 1966.
- 17) Kazem, I. et al.: Nierenzintigraphie mit Ferro ^{99m}Tc -Komplex, Teil II. Gewebsverteilung und logisches Verhalten. *Nucl. Med.*, **5**: 409, 1966.
- 18) Gottschalk, A. et al.: Technetium-99m iron complex as a renal scanning agent. *J. Nucl. Med.*, **97**: 373, 1966.
- 19) Schmidt, K. J. et al.: Grundlagen und Technik der Nierenzintigraphie mit einem ^{99m}Tc -Eisen-Komplex *Rontgenstr.*, **107**: 725, 1967.
- 20) Hernig, K. et al.: Klinische Erfahrungen mit dem ^{99m}Tc Technetium Eisen-Komplex zur Nierenzintigraphie ein Vergleich mit Quecksilberpräparaten. *Rontgenstr.*, **109**: 336, 1969.
- 21) Hauser, W. et al.: Renal uptake of ^{99m}Tc -iron-ascorbic acid complex in man. *Radiology*, **101**: 637, 1971.
- 22) Persson, R.B.R. et al.: ^{99m}Tc -ascorbate, preparation, quality-control and quantitative renal uptake in man. *International J. Nucl. Med. and Biology*, **2**: 113, 1975.
- 23) 三木 誠・ほか：新しい腎スキャン剤： ^{99m}Tc -penicillamine acetazolamide complex (TPAC) による腎シンチグフィー。臨泌, **28**: 797, 1974.
- 24) Möll, H. et al.: Size of normal kidneys. *Acta Radiol.*, **46**: 640, 1956.
- 25) Hütel, W. H. et al.: Renal function in the separate kidney man, I. Hemodynamics and excretion of solute and water in normal subjects. *J. Clin. Invest.*, **39**: 389, 1960.
- 26) 安東 醇・ほか：新しいスキャンニング剤 ^{99m}Tc -Dimercaptosuccinic acid と他の腎スキャンニング剤との比較. *Radioisotope*, **24**: 46, 1975.
- 27) Mariß, P. et al.: Abschätzung der seitengetrennten Nierenfunktion mittels der ^{99m}Tc -DMSA-Anfnahme. *Fortschr. Rontgenstr.*, **126**: 442, 1977.

(1977年6月10日迅速掲載受付)

泌尿器科紀要訂正

第23巻第6号 三国友吉 ・ほかの論文

P. 599 左段 上より13行目 series の前にこのを入れる

P. 602 Table 4 No. 10 の行, 両側の下の-を+にする