

《原 著》

^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラム・初期イメージによる 腎血流動態の解析と腎疾患分類の試み

川村 寿一* 細川 進一* 吉田 修* 藤田 透**
鳥塚 莞爾**

要旨 ^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラムの初期イメージは腎皮質における血流相を表わすので、DMSA 投与後直ちに腎内血流にしたがって分布する DMSA カウントを 90 秒間追跡して、これを DMSA レノグラム曲線として提示することができた。この曲線を解析して、腎皮質に初回分布する血流速度と血流量に関する 4 つのパラメーター (C_{max}, T_{max}, Tpl., tan θ) を抽出した。C_{max} の異常は腎実質病変を、T_{max} のそれは腎血管病変を、Tpl. は残存機能ネフロンを、tan θ は有効循環領域を、それぞれに表現し、後期イメージによる形態学的変化や腎摂取率を考慮して、これらのパラメーターの変化の組合せから腎の血流動態を基盤にした腎疾患分類の可能なことが示された。

まえがき

^{99m}Tc-dimercaptosuccinic acid (DMSA) はすぐれた腎スキャン剤として、従来から使われてきた水銀製剤に代って登場してきたが、その腎に取り込まれる特徴としては投与後 2~4 時間後に最大となる皮質集積性があげられる^{1)~4)}。また本物質の尿中排泄がその時間内にはきわめて少ないので、その得られた腎シンチグラムは腎内の尿流相の干渉を受けずに腎内血流にしたがって皮質に分布し、その尿細管上皮に主として摂取された結果得られた皮質イメージともいふべきものである^{5)~7)}。

すでに著者はこの DMSA の腎での特性を利用して、投与後 2 時間目の後期イメージによって、すぐれた腎の静的イメージを得ると共に、腎の深さやバックグラウンド活性の諸因子を考慮して DMSA 腎摂取率を測定し、これをもって排泄尿路の形態に影響されないで分腎機能を表わすパラ

メーターとして、日常臨床に有用であることを報告してきた^{8)~10)}。他方、本物質が静脈内に投与され、腎血流に従って腎内へはこびこまれ、投与後 1~2 分間に得られる初期イメージは early cortical perfusion ともいふべきもので、本物質が初回腎を通過する際に得られる腎皮質の血流相を表わすものと考えられる。

本論文では腎皮質の血管病変をもつ疾患を対象にして、初期イメージを撮ると共に、

1) 初回到皮質を循環して得られる DMSA カウントを経時的に記録し、後でそれらを DMSA レノグラム曲線として再生し、この曲線を解析して、いくつかのパラメーターを抽出し、疾患別に何か特徴が得られないか検討した。

2) また、得られたパラメーターの変化の組合せから、皮質血管病変を基にした腎疾患分類を試みた。

対象ならびに方法

対象となった腎疾患は、1976年12月より1977年11月までの1年間に、京大病院中央放射性同位元素部で腎シンチグラムを撮った 402 症例から、腎における血管病変ないし血流障害の考えられる 50 例を選んだ。後期イメージを撮るに先立って初期

* 京都大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 吉田修教授)

** 京都大学医学部核医学科教室 (主任: 鳥塚莞爾教授)
受付: 53 年 4 月 5 日

最終稿受付: 53 年 7 月 14 日

別刷請求先: 京都市左京区聖護院川原町 (☎ 606)

京都大学医学部泌尿器科学教室

川 村 寿 一

イメージを撮り、DMSA レノグラム曲線を得て解析に供した。これら腎疾患の内容は、腎腫瘍3例、孤立性腎のう胞2例、高血圧症10例（本態性6、腎性4）、水腎症5例、のう胞腎3例、糸球体腎炎5例、腎盂腎炎2例、糖尿病性腎症3例、痛風腎症2例、特発性ないし原因不明の腎出血15例、であった。

なお、対照腎機能正常群として、陰のう内疾患で泌尿器科へ入院した20歳から40歳までの男子10例を選んだ。これらの症例では IVP 上、上部尿路は正常、血圧正常で、通常の腎機能検査にて正常であった。

DMSA 腎シンチグラフィーの手順を Fig. 1 に模式的に示した。用いたシンチカメラは再生装置 data store play back system を連結した Nuclear Chicago Pho/Gamma III で、低エネルギー用高分解コリメーターを装着したものである。 ^{99m}Tc -

DMSA (Mediphysics 製) 2 mCi を静脈内に投与し、直ちにカウントを開始し、1~90秒間の記録を磁気テープに収録した。初期イメージはこのうち30~60秒に集中してポラロイドカメラにて腎を中心に血流状態を形態的にとらえた。Fig. 1 の右上隅に示したように真中の大動脈像をはさんで左右に腎陰影が映し出され、このイメージには nuclear angiogram としての性質がよく表わされている。次に、この90秒間に撮影したイメージをミニコンピューター Scintipac 200 の画像上に再生し、腎皮質部に ROI を設定して、バックグラウンドを差し引き、この部分に記録されるカウントをタテ軸に、時間をヨコ軸にとると、Fig. 2 上段に示されるような DMSA レノグラムともいえるべき histogram が左右腎について得られる。さらに、この曲線のスムージングを行なうと、Fig. 2 下段に示されるような曲線が描かれる。投与された

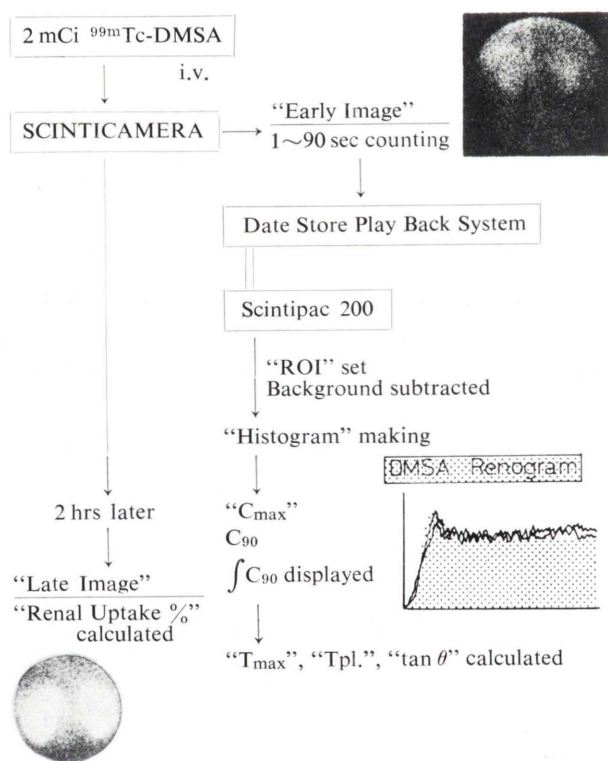


Fig. 1 Procedures of ^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy

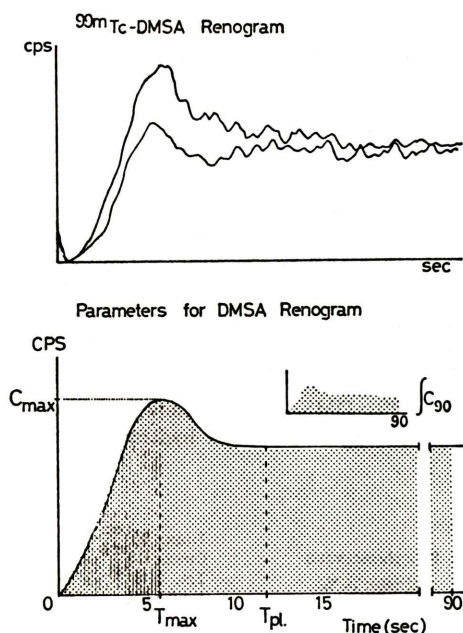


Fig. 2. ^{99m}Tc -DMSA renogram derived from early image of ^{99m}Tc -DMSA renal scintigram (upper). Smoothing of ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters extracted from the analysis of this curve (lower).

DMSA が腎に到達するまでに症例により多少の時間の遅れがあり、曲線の立ち上りに 0 秒スケールを合わせて、ヨコ軸の時間の調整をなおした。

この得られた DMSA レノグラム曲線について Fig. 2 下段に示すようないくつかのパラメーターを求めた。曲線が初回ピークに達する時間を T_{\max} 、その時のカウントを C_{\max} とし、この初回ピークのもつ勾配の角度を θ とすると、 $\tan \theta = C_{\max} / T_{\max}$ が求められる。さらにピークがすぎてカウントがほぼ一定になる時間を T_{plateau} (T_{pl})、90 秒のカウントを C_{90} 、90 秒までの全カウントを $\int C_{90}$ とした。これらのうち C_{\max} 、 C_{90} 、 $\int C_{90}$ はコンピューター上に示されるので、得られた曲線上で、 T_{\max} 、 T_{pl} を求め、また、 $\tan \theta$ を算出した。

また、DMSA 投与後 2 時間目に後期イメージを撮り、すでに述べた方法^{9),10)}にて DMSA 腎摂取率を左右腎について求めた。

成 績

腎疾患における DMSA レノグラム曲線とパラメーター

対照腎機能正常者における各パラメーターの平均値を Table 1 にまとめた。左右差は認められず、Fig. 3 に示したように右腎の DMSA レノグラムからは、 T_{\max} 8 秒、 C_{\max} 200 CPS、 T_{pl} 12 秒、 $\tan \theta$ 0.2 が得られ、腎摂取率は 24% であった。以下、疾患腎についてはこれらの 4 項目にしぼって述べる。

Fig. 4 は左腎細胞癌の DMSA レノグラムである。 T_{\max} は 11 秒と延長し、 C_{\max} も 250 CPS と増加していた。 T_{pl} は延長していたが $\tan \theta$ は正常で、摂取率 18% と皮質機能としてはよく保たれて

Table 1. Functional parameters from DMSA Renogram in Healthy Subjects (n=10)

		(Means \pm S.D.)	
Parameters		Right Kidney	Left Kidney
* T_{\max}	sec	7.5 \pm 2.5	7.5 \pm 2.7
* C_{\max}	counts/sec	200 \pm 38	200 \pm 41
* $\tan \theta$ (C_{\max} / T_{\max})		0.200 \pm 0.016	0.200 \pm 0.018
C_{90} -sec	counts	170 \pm 15	168 \pm 18
* T_{plateau}	sec	11.2 \pm 1.4	11.1 \pm 1.6
$\int C_{90}$	counts	14,000 \pm 2,751	14,226 \pm 2,880
*DMSA uptake	%	24.01 \pm 3.62	24.18 \pm 3.77

* useful parameters

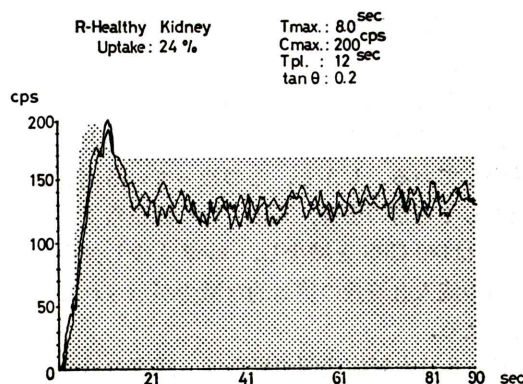


Fig. 3. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in a healthy control subject.

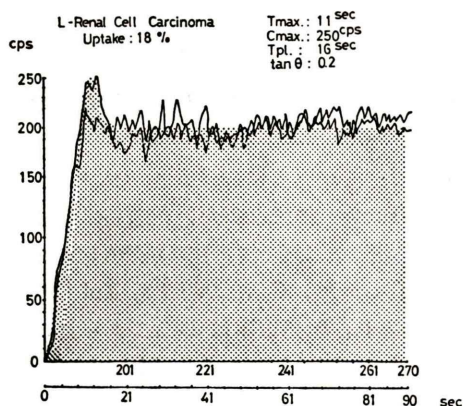


Fig. 4. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the case with left renal cell carcinoma.

いた。腫瘍血管の増生が著明なため、循環に時間がかかり、かつ流入血液量の増加が反映されている。しかし、腫瘍がさらに腎内へ進展して、残存腎実質が減少してくると T_{\max} は延長したままで、 C_{\max} の減少がみられるようになる。

Fig. 5 は右腎性高血圧症例で、摂取率16%と比較的にまだ機能は保たれているが、 T_{\max} は14秒と延長し、 T_{pl} も延びていることから、これは腎内血管抵抗の増大を反映したものかと思われる。 C_{\max} , $\tan\theta$ は正常範囲で、初回に腎に流入する血液量は正常と考えられた。また、高血圧が慢性化し、腎にも硬化性病変が進んでくると、Fig. 6 に示すように、摂取率は14%と減少し、 C_{\max} は116 CPS と著明に減少、 $\tan\theta$ も0.14 と減少している。 T_{\max} T_{pl} は延長していたものが正常範囲に入ってくる。

Fig. 7 は孤立性腎のう胞の症例で、腎実質は大きなう胞で圧排され、腎実質の mass としては減少している。しかし、この残っている実質が機能として正常の場合、 T_{\max} , T_{pl} は正常であるが、 C_{\max} は140 CPS と減少し、 $\tan\theta$ も少し減少し、腎への流入血液量の絶対的な減少が示されているといえる。

Fig. 8 は水腎症症例の場合で、高度の場合（摂取率5%）と中等度の場合（摂取率13%）を示した。 T_{\max} , C_{\max} 共に短縮、減少し、中等度の場合

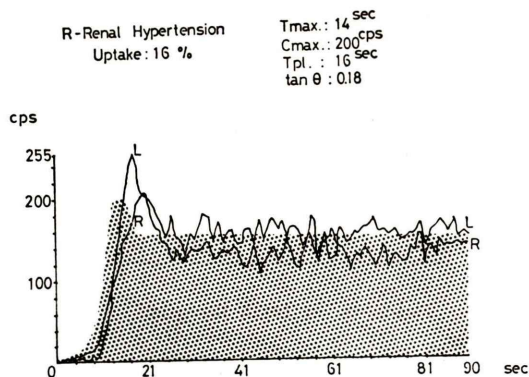


Fig. 5. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the case with right renal hypertension.

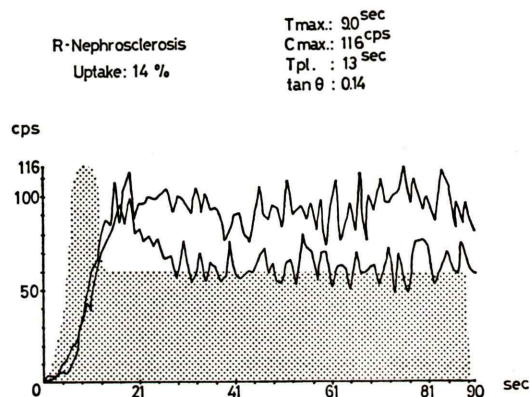


Fig. 6. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the case of hypertension associated with nephrosclerotic renal changes.

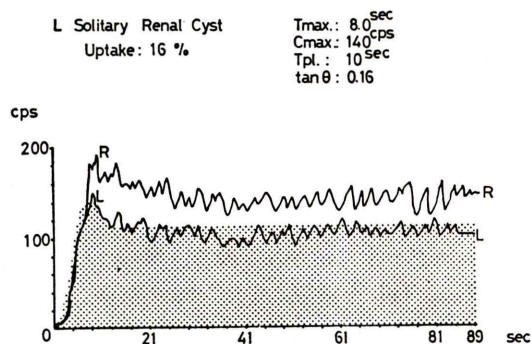


Fig. 7. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the case of a solitary renal cyst.

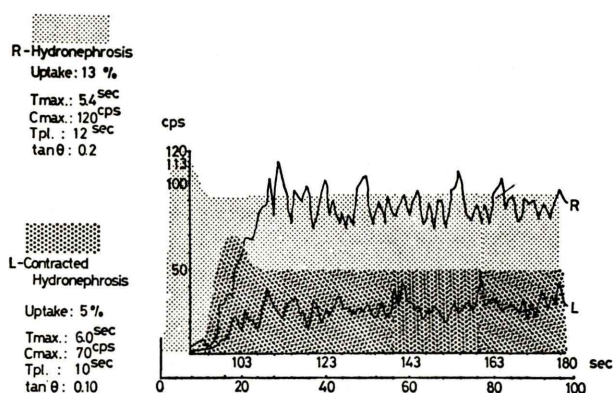


Fig. 8 ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in patients with moderate and severe hydronephrosis

合、Tpl., $\tan\theta$ はまだ正常範囲内にとどまっているが、高度の場合には Tpl. の短縮、 $\tan\theta$ の減少がみられるようになる。この変化はのう胞腎の症例でもみられ、摂取率13%の中等度腎障害の場合、Fig. 9 に示す如く T_{\max} の短縮、 C_{\max} の減少がみられ、Tpl., $\tan\theta$ はまだ正常範囲内にあり、残存腎実質当りの血流速や血流量は比較的保たれているといえる。しかし、さらに腎機能障害が進んでくると、Tpl. は短縮し、 $\tan\theta$ も減少してくる。

腎実質病変として糸球体腎炎の場合を Fig. 10 に掲げた。摂取率20%とまだ機能的にはよく保たれているが、 T_{\max} , C_{\max} 共に短縮ないし減少している。しかし、Tpl., $\tan\theta$ は正常域にある。さらに実質障害が著明に進んでくると、Tpl. の短縮、 $\tan\theta$ の減少がみられるようになる。腎の細動脈硬化性の病変の著明な糖尿病性腎症の場合を Fig. 11 に掲げた。 T_{\max} , Tpl. の短縮、 C_{\max} , $\tan\theta$ の減少など全てのパラメーターの異常がみられ、摂取率は12%とまだ中等度の機能低下が考えられる。腎実質障害の性質が血管病変に著しい場合はこのように摂取率の減少に先立って、各パラメーターの異常が出現する傾向がみられた。

その他、特発性ないし原因不明の腎出血として治療されている症例については、15例中12例に出血側で C_{\max} の減少、 T_{\max} の短縮、あるいは摂取率の減少を認め、腎皮質の血管病変の存在が示唆

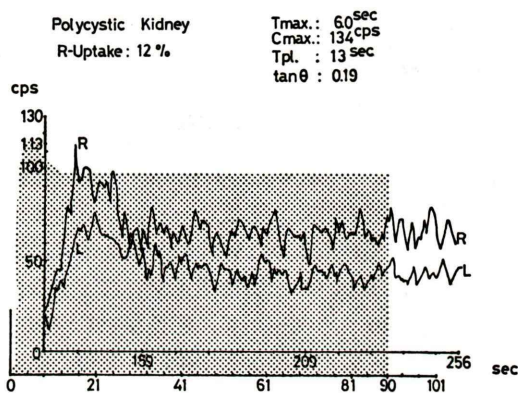


Fig. 9. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the patient in the early stage of polycystic kidney disease.

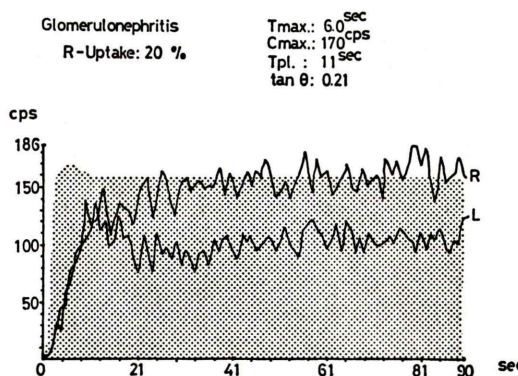


Fig. 10. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the case with chronic glomerulonephritis.

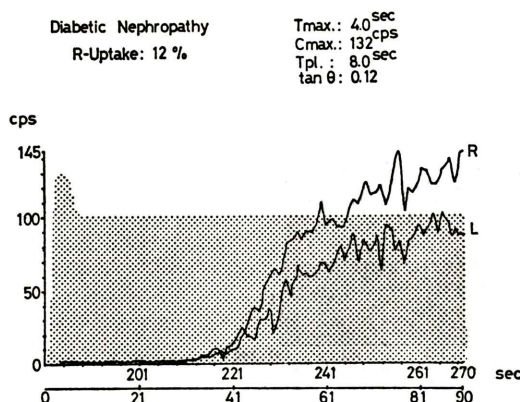


Fig. 11. ^{99m}Tc -DMSA renogram and parameters in the case with diabetic nephropathy.

された。

DMSA レノグラム・パラメーターの異常の組合せによる腎疾患分類

前項で、代表的な疾患における DMSA レノグラム曲線とパラメーターの値を示したが、腎機能正常者における T_{max} , C_{max} , T_{pl} , $\tan \theta$ の値と比較して、各疾患における異常値をいろいろ組合せると Table 2 に掲げようないくつかのタイプにまとめられた。Type O を腎機能正常者群とすると、Type I は各パラメーターが共に延長ないし増加を示したもので、腎皮質の血管増生にもとづく血流量の増加がみられるもの。Type II は腎内血管抵抗の増加を反映して T_{max} の延長の目立つ高血圧群で、腎機能が正常の間は C_{max} , T_{pl} , $\tan \theta$ は正

常範囲にとどまっているが、細動脈の病変が進んでくると、 C_{max} がまず減少し、次いで T_{max} , T_{pl} も短縮し、 $\tan \theta$ も減少してくる。Type III は T_{max} , T_{pl} は正常で、 C_{max} , $\tan \theta$ の減少がみられる場合で、血流速は正常でも血流の分布領域の減少が反映されたものといえる。腎臓がこじんまりとまとまった状態が考えられる。Type IV, V, VI は T_{max} , C_{max} が共に短縮ないし減少するグループで、水腎症やのう胞腎の初期の場合の如く、腎皮質がまだよく保たれている Type IV では T_{pl} は延長しているが、 $\tan \theta$ は正常である。さらに腎実質障害が中等度に進んでくると Type V となり、 T_{max} , C_{max} はさらに短縮、減少してくるが、 T_{pl} , $\tan \theta$ は比較的まだ正常範囲内にとどまり、Type VI の高度の腎皮質障害が表われてくると、 T_{pl} , $\tan \theta$ も短縮、減少し、全てのパラメーターの異常が出現するようになる。

考 案

シンチカメラを使った腎機能検査において、使われる放射性同位元素の性質にしたがって、腎内血流相あるいは尿流相がラベルされ、それらからのインパルスがシンチカメラ上に特徴ある応答として描出される。著者は腎内血流相のマーカースとして ^{133}Xe が、尿流相のそれには ^{99m}Tc -DTPA や ^{131}I -hippuran が有用で、いろいろの疾患腎においてその機能の定性的、定量的な評価が可能な

Table 2 Tentative Classification of Kidney Diseases according to Parameters of DMSA Renogram

Type	T_{max}	C_{max}	T_{pl}	$\tan \theta$	Clinical Situations
O	→	→	→	→	Healthy Kidney
I	↑	↑	↑	↑(→)	Cortical hypervascular lesions
II	↑	→(→↓)	↑(→)	→(→↓)	Hypertension, Nephrosclerosis
III	→	↓	→	↓	Small Kidney, Solitary Renal Cyst
IV	(→→)↓	↓	↑	→	Hydronephrosis (acute phase, mild) Polycystic Kidney (Early stage)
V	↓	↓	→	→	Renoparenchymal Diseases (moderate)
VI	↓	↓	↓	↓	Renoparenchymal Diseases (severe) Diabetic Nephropathy

→: Normal Values

↑: prolonged, increased

↓: shortened, decreased

ことをすでに述べてきた^{11)~14)}。また、腎スキャン剤としての各種 Tc 化合物のなかで、^{99m}Tc-DMSA は腎の static image を撮るのにすぐれていることは広く認められている。本論文ではそのすぐれた皮質集積性ならびに尿中排泄が測定の上で無視出来ることを注目し、DMSA を皮質血流相のマーカーと考えて、DMSA シンチグラムの初期 dynamic image を解析することによって腎内血流動態の把握が可能かどうか検討してみた。

DMSA レノグラム 曲線は同時にとられたシンチグラム・初期イメージからも明らかのように、初回に DMSA が腎内を循環する際に得られる血流相を表現するものと考えられる。しかし、このレノグラム曲線の解析から得られたパラメーターの意義づけが問題となる。このパラメーターは腎疾患の種類や腎機能の良し悪しでいろいろ修飾を受けることがわかったので、腎が形態的にも機能的にも正常と考えられる症例について得られたパラメーターの値を一応正常と仮定すると、時間的な函数 (T_{max} , $T_{pl.}$) では延長, 正常, 短縮が, 量的な函数 (C_{max} , C_{90} , fC_{90} , $\tan\theta$) では増加, 正常, 減少が示されることがいろいろの疾患腎について観察された。さらに、これらのパラメーターの変化(異常)には疾患の種類によってかなり特徴のあることがわかったので、Table 2 に掲げたように、疾患別にいくつかのタイプに分けることができた。勿論、同一疾患でも腎機能の程度によってパラメーターは変化するものであるから、パラメーターの異常のみをとらえてひとつの疾患に pathognomonic な所見とはいえない。したがって、腎皮質機能を知るために、同時に DMSA 腎摂取率をしらべることが大切になってくる。

このように、腎皮質機能を把握した上で、使用

したパラメーター (T_{max} , C_{max} , $T_{pl.}$, $\tan\theta$) のもつ意味を 50 症例について retrospective に検討してみると Table 3 のようにまとめられる。 T_{max} は初回に皮質を流れる血流の速さを示し、血管床の増加あるいは減少で示される皮質血管病変を表わす。 C_{max} は T_{max} の送りで初回に皮質を流れる血流量を示し、血管病変を含めた皮質実質の変化に対応するパラメーターといえる。 $T_{pl.}$ は腎に初回流入した血流がほぼ一定になる時間で、機能ネフロン当りの平均した血流速を示す。 $\tan\theta$ はネフロン当りに流入する平均した血流量で、一番有効に分布している血流範囲を表わし、perfusion rate と perfusion area の間の“つりあい”を表現するパラメーターとも理解される。先に述べたように、同一疾患においても腎機能の変化に応じてこれらのパラメーターも変るものであり、また、 T_{max} , C_{max} に多少の変化がみられても、 $T_{pl.}$, $\tan\theta$ がまだ正常域に保たれている間は残存腎実質が代償的に機能を果たして、総腎機能としては余り障害が現われてきていないことがみられた。

また、腎機能の低下とパラメーターの変化は大體平行して進むことがみられているが、腎機能の低下に先立って、パラメーターの異常が出現することは、腎細動脈の病変の著明な糖尿病性腎症の場合によく観察された。これは同じ血管病変を伴った腎実質疾患でも、腎盂腎炎や糸球体腎炎の場合とは異なる場所であった。

本論文で検討した症例で全ての腎疾患を網羅しているとはいえないので、症例をさらに追加して検討することが必要であろう。また、何らかの治療を行なった前後で、これらのパラメーターを比較したり、腎機能の推移を観察中に、その変化に合わせてパラメーターの変化をしらべることによ

Table 3. Clinical implication of Four Parameters derived from ^{99m}Tc-DMSA Renogram

DMSA Renogram	Physiology	Pathology
T_{max}	initial cortical blood flow rate	absolute cortical vascular lesions
C_{max}	initial cortical distribution volume	absolute cortical parenchymal lesions
$T_{plateau}$	effective perfusion rate	relative cortical vascular lesions
$\tan\theta$	effective perfusion area	relative cortical parenchymal lesions

って、腎の血行動態からみた腎機能の変化を把握できるものと思われる。

本論文の要旨は第17回日本核医学会総会(昭和52年11月29,30日,12月1日,於東京)におけるプレナリー・セッションにおいて発表された。

文 献

- 1) Lin TH, Khentigan A, Winchell HS: A 99m-Tc-chelate substitute for organoradiomercurial renal agents. *J Nucl Med* **15**: 34-35, 1974
- 2) 安東 醇, 油野民雄, 久田欣一他: 新しい腎スキャンニング剤 ^{99m}Tc -DMSA と他の腎スキャンニング剤との比較. *ラジオアイソトープ* **24**: 46-51, 1975
- 3) Arnold RW, Subramanian G, McAfee JG, et al: Comparison of 99m-Tc-complexes for renal imaging. *J Nucl Med* **16**: 357-367, 1975
- 4) 細川進一, 川村寿一, 吉田 修: 腎スキャン剤 ^{99m}Tc -DMSA の腎局在性に関する実験的研究. *泌尿紀要* **24**: 61-65, 1978
- 5) Enlander D, Weber PM, dos Remedios LV: Renal cortical imaging in 35 patients: superior quality with 99m-Tc-DMSA. *J Nucl Med* **15**: 743-749, 1974
- 6) 石井 靖, 細川進一, 藤田 透他: ^{99m}Tc -DMSA による腎シンチグラムについて. *核医学* **13**: 7-16, 1976
- 7) 細川進一, 川村寿一, 吉田 修他: シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究 (I). *泌尿紀要* **22**: 313-327, 1976
- 8) 細川進一, 川村寿一, 吉田 修他: シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究 (III)— ^{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**: 119-125, 1977
- 9) 細川進一, 川村寿一, 吉田 修: シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究 (IV)— ^{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—. *泌尿紀要* **23**: 653-665, 1977
- 10) Kawamura J, Hosokawa S, Yoshida O, et al: Validity of 99m-Tc-DMSA renal uptake for an assessment of individual kidney function. *J Urol* **119**: 305-309, 1978
- 11) 川村寿一, 原田 卓, 沢西謙次他: 泌尿器科的腎疾患における ^{133}Xe washout 法による腎血流量の測定の臨床的有用性の検討. *泌尿紀要* **20**: 219-232, 1974
- 12) Ishii Y, Kawamura J, Mukai T, et al: Functional imaging of intrarenal blood flow using scintillation camera and computer. *J Nucl Med*, **16**: 899-907, 1975
- 13) 石井 靖, 高橋正治, 鳥塚莞爾 他: 99m-Tc-(Sn)-DTPA による腎内動態の検討とその臨床的効果について. *核医学* **12**: 245-253, 1975
- 14) Kawamura J, Hosokawa S, Yoshida O, et al: Investigation of intrarenal blood flow and urine flow aspects by scintillation camera. *Invest Urol* **14**: 263-268, 1977

Summary

The Implication of Renal Cortical Blood Flow Detected by ^{99m}Tc -Dimercaptosuccinic acid (DMSA) Renal Scintigraphy

Juichi KAWAMURA*, Shinichi HOSOKAWA*, Osamu YOSHIDA*, Toru FUJITA**,
and Kanji TORIZUKA**

Department of Urology and Department of Nuclear Medicine**, Faculty of Medicine, Kyoto University*

^{99m}Tc -DMSA, renal scan agent, is perfused initially to the afferent and efferent arteries of the glomerulus followed by the renal blood flow and taken up to the tubular cells located within the cortical zone. This initial perfusion counts of DMSA can be traced as a DMSA renogram by a scinticamera and four parameters were extracted from the curve. i) T_{\max} (maximum peak time of the curve), ii) C_{\max} (counts at T_{\max}), iii) $\tan \theta$ (an angle of the upslope part of the curve) and iv) T_{plateau} (T_{pl} : the time when a constant count was obtained on the curve after passing a peak). In this study, those parameters were investigated in the variety of renal diseases and the implication was discussed.

In the case of renal cell carcinoma with neovascularity of the cortex, T_{\max} and T_{pl} were prolonged, C_{\max} increased and $\tan \theta$ was normal. In the case of hypertensive kidneys, while T_{\max} and T_{pl} were prolonged, C_{\max} was within normal limits. However, in nephrosclerosis, C_{\max} and $\tan \theta$ decreased associated with prolonged T_{\max} and T_{pl} . In the case of mild hydronephrosis, while C_{\max} and T_{\max} decreased, T_{pl} and $\tan \theta$ was

within normal limits. On the extension of the severity of hydronephrosis, T_{pl} and $\tan \theta$ were prolonged or decreased. In cases of glomerulonephritis and pyelonephritis with moderate lesions, while T_{\max} and C_{\max} decreased, T_{pl} and $\tan \theta$ were still within normal limits. In the advanced case of such diseases and in the case of diabetic nephropathy, all parameters were decreased.

From this study, T_{\max} indicates initial cortical blood flow rate, C_{\max} initial cortical distribution volume, T_{pl} effective perfusion rate and $\tan \theta$ effective perfusion area. While abnormalities in T_{\max} and T_{pl} reveal pathologic changes in the cortical vascularity, those in C_{\max} and $\tan \theta$ indicate cortical parenchymal disorders. Particularly, $\tan \theta$ may indicate a functional balance between cortical perfusion rate and area. In conclusion, various combinations of the four parameters can allow to classify renal cortical diseases on the basis of renal hemodynamics.

Key words: ^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy, Early image, DMSA renogram, Cortical blood flow, Renal hemodynamics