γ-カメラ・レノグラムの臨床的研究

東京慈恵会医科大学泌尿器科学教室 (主任: 町田豊平教授)	大	石	幸	彦
	三	木		誠
	上	田	正	山
	木	戸		晃
東京都養育院付属病院核医学放射線部 (部長: 飯尾正宏博士)	柳	沢	宗	利
	町	田	豊	平
	千	葉	一	夫
	山	田	英	夫
	松	井	謙	吾
	入	倉	英	雄
	飯	尾	正	宏

CLINICAL STUDY ON GAMMA CAMERA RENOGRAPHY

Yukihiko Ohishi, Makoto Miki, Masataka Ueda, Akira Kido,
Munetoshi Yanagisawa and Toyohei Machida

Department of Urology, The Jikei University School of Medicine, Tokyo, Japan

(Director: Prof. Toyohei Machida)

Kazuo Chiba, Hideo Yamada, Kengo Matsui, Hideo Irikura
and Masahiro Iio

Department of Nuclear Medicine and Radiological Science, Tokyo

Metropolitan Geriatric Hospital, Tokyo, Japan

(Director: Masahiro Iio)

Recently, the prevalence of the gamma camera has provided in urology with increased availability of gamma camera renography using various radiopharmaceuticals. Using gamma camera renal images can be obtained in a few minutes and also renograms are depicted by setting regions of interests (ROI) on the each kidney simultaneously. Therefore, one of many advantages of the gamma camera renography is that information on time-course renal function and morphology can be obtained simultaneously.

The clinical study was made on renography by $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$.

One hundred and eighty-six cases (96 males and 90 females) were examined with age of 11 to 97 years old (mean 60.2 years old).

In this study, Searle Pho/Gamma HP gamma camera was used with Data Store Play Back System, Diverging collimator and 32 KW Nova Computer System.

The radiopharmaceuticals used were 2 to 10 mCi of $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ and 300 μCi of ^{131}I -Hippuran.

The results were as follows:

1) Although $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ is a GFR substance, its renal clearance is relatively fast. Therefore, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ could be applied for dynamic renal study similar to ^{131}I -Hippuran.

2) As gamma camera renograms was depicted after ROI setting on the each kidney, contribution

from the extrarenal activity could be excluded. Simultaneous gamma camera images also served to obtain information of renal morphology and the manner of urine flow in the upper urinary tract.

3) $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ renogram was found to be useful to differentiate the obstructive renal disease, when ^{131}I -Hippuran renogram showed obstructive pattern in patients with parenchymal disease.

4) In parenchymal renal disease $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ renogram disclosed pathological changes earlier than ^{131}I -Hippuran renogram.

In obstructive renal disease involving the upper urinary tract, in spite of the apparent improvement of ^{131}I -Hippuran renogram, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ renogram still revealed the latest state of disease. Therefore, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ renogram showed more sensitivity in detecting both obstructive and parenchymal renal disease and provide clinicians with useful aid in the follow up studies of operated cases with, for example, obstructive uropathy in the upper urinary tract.

In summary, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ gamma camera study is found to be an useful aid in clinical urology. This technique is atraumatic, simple and safe even on such cases with poor risk, aged or children.

結 言

最近、 γ -カメラの利用が一般化するとともに、 γ -カメラを用いたレノグラフィーも開発されてきた¹⁻³⁾。 γ -カメラを利用すると腎イメージは短時間内に撮影可能で、また関心領域 (regions of interest, 以下 ROI と略す) をそれぞれの腎またはその特定部位に設定することによりレノグラムが記録でき、腎の形態と機能の病態生理を両面から同時に経時的に知ることができる。

腎動態機能検査用の放射性医薬品としては現在腎血漿流量 (以下 RPF と略す) 測定物質である ^{131}I -Hippuran が広く臨床的に応用され、糸球体濾過量 (以下 GFR と略す) 測定物質の代表としては Iodothalamic acid が用いられている。しかし、 ^{131}I 標識化合物は γ -カメラのクリスタルが $1/2''$ と薄いため、効率が悪いこと、そのため γ -カメラにより明瞭な像を経時的に短時間内で得るには相当大量投与を必要とすることから γ -カメラ・レノグラフィーには必ずしも適当ではない⁴⁾。ことに Iodothalamic acid は尿中排泄も遅く動態計測を目的とする γ -カメラ・レノグラフィーには適していない。

著者らは今回 γ -カメラを利用し新しい放射性医薬品 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ Diethylenetriaminepentaacetic acid (以下 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ と略す) を用いた腎機能検査法の有用性についての臨床的検討を行なった。

対象と方法

対象：慈恵医大泌尿器科と東京都養育院付属病院の全 186 症例にたいし 358 回のレノグラフィーを実施した。186 症例中の 154 例に $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ と ^{131}I -Hippuran の両放射性医薬品投与によるレノグラフィーを 326 回施行し比較検討した。症例の内訳は男子 96 例、女子 90 例、年齢 11 歳～97 歳、平均 60.2 歳であった。対象疾患は腎尿

路疾患 111 例、高血圧症 25 例、心血管系疾患 22 例、その他 28 例であった。

γ -カメラ・レノグラムの装置と方法： γ -カメラは Seale 製 Pho/Gamma HP, Data Store Play Back System-Nova 32KW Computer System, コリメーター (collimator) は 1261hole diverging 型, レートメーター (ratemeter) は島津製を用いた。

γ -カメラ・レノグラムの撮影の原理は Fig. 1 に示す

Fig. 1 Diagram of the present methods.

如く、生体内腎に集積した放射能はコリメーターを介してクリスタル (NaI (Tl)) に入射し蛍光を発する。この蛍光を 31 本の光電子増倍管 (PMT) で増幅、更に増幅器 (AMP) で増幅した後、波高分析器 (PHA) で光電子ピークを捉え、またマトリックスを介して位置を計算したのち輝点としてブラウン管 (CRT) 上に display される。よいイメージをうる為にはこの輝点が十分な像を結ぶまで一定時間集積、主としてポラロイドカメラで撮影するものである。放射能分布の時間的経過は磁気テープ (VTR) にも収録される。磁気テープに収録された

Fig. 2 Gamma camera renal images and ROI setting for gamma camera renography.

情報はテープを playback することで再現でき、モニター (persistence scope) 上で腎の ROI を設定、この部以外の放射能をカットし、ROI 内のみの放射能の時間的推移をレノグラムとしてレコーダー上に連続的に描記させる。なお、ROI の設定に当つては Fig. 2 に示す如くモニター上の腎イメージで正確に両腎の占める領域を決めて electronic window を重複することにより正確に両腎の夫々よりの放射能推移をレノグラムとして記録できる。

γ -カメラ・レノグラムの撮影方法は検査30分前に 200～300ml の水負荷を行ない、坐位で、背方から撮影した。情報はいつたん磁気テープに収録、後にテープを playback し、左右両腎部に ROI を設定、レートメーターを介し γ -カメラ・レノグラムを記録解析した。検査は $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ 2 mCi を使用したときは20分間、 ^{131}I -hippuran 300 μCi では15分間で行なつた。腎イメージは情報を磁気テープに収録と同時にボラロイドカメラで撮影し、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ では1～3分間毎、 ^{131}I -hippuran では3分間毎に経時的に撮影した。なお、レノグラムの描出条件は時定数10秒、チャート速度10mm/min、レンズは $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ では 200～500cps、 ^{131}I -Hippuran では20～50cps である。また、レノグラムのみならずラジオアイソトープ (radioisotope, 以下 RI と略す) 腎アンギオグラフィーを必要とするときは、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ 10mCi を bolus として肘静脈より静注、10秒～40秒まで5秒毎に血管相 (vascular phase) を、以後引き続き15～20分まで2～3分毎に機能相 (functional phase) の経時的イメージを撮影した。同時に実施したレノグラムの描出方法は前述の如くであるが、レンズは1K～2K cps である。

放射性医薬品：キレート物質である Diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) は、化学的に安定で高い化学的結合能を持ち、重金属とキレートを形成し、そのほとんどが腎糸球体から排泄されることから、種々の核種で標識された DTPA が GFR の測定に試用されてき

た⁵⁾。

^{99m}Tc で標識された DTPA には $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ 、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Fe})\text{DTPA}$ 、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Fe ascorbic acid})\text{DTPA}$ がある。これら物質の血漿からの消失速度や腎からの排泄速度は、DTPA に ^{99m}Tc を標識するとき使用する還元剤、錫、鉄、鉄アスコルビン酸により異なる⁶⁾。 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ は95%まで真のキレートで、安定で、主として腎糸球体から単独で排泄され、他の特定の集積臓器もない物質であり、GFR 物質としては腎よりの排泄は非常に早く⁷⁾、レノグラムと経時的腎イメージを同時に得るのに適している。また、標識核種が ^{99m}Tc で、低エネルギー、短半減期で β 線がないので被検者の被曝線量は少なく⁸⁾ 大量投与が可能で γ -カメラに適している。

$^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ は DTPA キット (ダイナボット社) によつて調製した。キットは Na_2DTPA 5mg, SnCl_2 0.25 mg を含む滅菌バイアルで、pH 4.0 である。このバイアルに2～8 ml の $^{99m}\text{TcO}_4$ -液を加え1分間振盪、混和する簡単な操作で確実に調製できる⁹⁾。

臨床成績

1) 正常腎機能の γ -カメラ・レノグラム

$^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ γ -カメラ・レノグラムの最高値到達時間は ^{131}I -Hippuran・ γ -カメラ・レノグラムとほぼ等しく5分以内にあるが、第2相の上昇勾配は ^{131}I -Hippuran よりもやや少なく、第3相は ^{131}I -Hippuran より全体にゆるやかな曲線を描きながら比較的早く排泄される。腎イメージでは、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ は3～6分像が最も鮮明で、その後徐々にうすくなるが検査終了時の20分でも比較鮮明な像として得られる。これに反し、 ^{131}I -Hippuran のイメージは0～3分が最も鮮明で以後急激に不鮮明となり、15分では不明瞭となる。腎のイメージは総体的に $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ (2mCi) が ^{131}I -Hippuran (300 μCi) に優っている。

症例1. 33歳、男子、総腎機能正常。

Fig. 3は ^{131}I -Hippuran と $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ による正

Fig. 3 Normal gamma camera renograms (case 1).

常型レノグラムである。 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムは ^{131}I -Hippuran レノグラムに比較し、第2相はやや低く、第3相は全体にゆるやかな曲線を示すが、統計精度

Fig. 4 Left hydronephrosis (case 2).

は優れている。

2) 閉塞性尿路障害のγ-カメラ・レノグラム

閉塞性尿路障害時のレノグラムは最高値到達時間の延長と第2相、第3相の延長緩徐化が特長とされている。 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ 、 ^{131}I -Hippuran レノグラムともに閉塞型を呈したものは35例(偏側性26例、両側性9例)であったが、その代表例を次に示す。

症例2. 32歳、男子、左間歇的水腎症。

主訴は左側腹部痛、IVP で軽度の左水腎症を認めた。総腎機能検査成績は BUN 15mg/dl, PSP 試験15分値25%, 120分値97%と正常範囲内。 ^{131}I -Hippuran レノグラムは (Fig. 4 上) 左腎で第2相の延長、第3相の遅延がみられ、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ では (Fig. 4 の下) 第2、3相の変化がより顕著にみられる。Fig. 5は81日後に再検したさいの両者のレヒグラムである。 ^{131}I -Hippuran は正常型に回復しているが、 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ はなお第3相の遅延がみられる。本症例の初回検査時のγ-カメラ腎イメージを Fig. 6 に示したがレノグラムの推移が

Fig. 5 Improved left hydronephrosis(same case as Fig. 2)

Fig. 6 Sequential renal images of case 2

腎イメージからもよく判読できる。 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$, ^{131}I -Hippuran はともに時間の経過とともに左腎盂部に放射能が集積する像がみられ、両者に RI の分布範囲、集積時間のずれが多少あることもわかる。

症例 3. 19歳, 女子, 左先天性水腎症.

主訴は左側腹部の痙痛, DIP など左腎盂尿管移行部の狭窄による先天性水腎症と診断した. 総腎機能検査は BUN 12mg/dl, クレアチニン 0.8mg/dl, GFR90ml/min,

PSP 試験15分値25%, 120分値89%と正常範囲内であった. Fig. 7に示した両レノグラムは左側に第3相の下降がみられない. Fig. 8は同症例に左腎盂形成術を施行後43日目のレノグラムである. ^{131}I -Hippuran レノグラムではわずかに第2, 3相の遅延が認められるが, 術前に比して明らかに改善がみられる. しかし, ^{99m}Tc -

Fig. 8 Gamma camera renograms of the case 3 (43 days after operation)

Fig. 7 Gamma camera renograms of the case 3 (before operation)

(Sn)DTPA レノグラムは未だ術前とほぼ同様閉塞型を示しており ^{99m}Tc -(Sn)DTPA では改善がやや遅れていることが分る。Fig. 9 に術前, Fig. 10 に術後の DIP を示したが形態的には術後は改善している。

3) 実質性腎機能障害の γ -カメラ・レノグラム

Fig. 9 DIP of case 3 (before operation).

Fig. 10 DIP of case 3 (after operation)

腎実質障害すなわち非閉塞性実質性腎障害を示したものは60症例であつた。慢性実質性腎疾患による高度腎機能障害例では、両レノグラムはともに平坦な型を示した。しかし、高度に腎機能が障害された例を除くと、 ^{99m}Tc -(Sn)DTPA レノグラムではどの症例も第2相が消失平低化し、第3相に移行するのにかかわらず、 ^{131}I -Hippuran レノグラムでは第2、第3相の平低、遅延化を呈するものと、第2、第3相で閉塞型を示す2つの型式が認められた。後者の型すなわち、実質性腎障害でありながら閉塞型レノグラムを呈した例は10例みられた。 γ -カメラでこの型の腎イメージを観察すると、 ^{99m}Tc -(Sn)DTPA, ^{131}I -Hippuran の経時的腎イメージは腎機能の低下に伴い back ground が高くなり不鮮明となる。しかし、 ^{131}I -Hippuran レノグラムが閉塞型を示すものは時間経過とともに腎影が鮮明となり ^{99m}Tc -(Sn)DTPA のイメージよりも優れている所見であつた。

症例4. 23歳, 女子, 慢性糸球体腎炎。

諸検査成績は BUN 20mg/dl, クレアチニン 1.2mg/dl, GFR 80ml/min, 尿蛋白 (卅), 硝子様門柱 5~6 コ/数視野, PSP 試験15分値30%, 血圧 110/80mmHg, IVP 正常, 腎生検所見は慢性瀰漫性糸球体腎炎であつた。Fig. 11 に両レノグラムを示した。 ^{131}I -Hippuran レノグラムはほぼ正常であるが、 ^{99m}Tc -(Sn)DTPA では第2相をほとんど形成せず第3相に移行し、明らかに異常レノグラムを呈した。

症例5. 75歳, 女子, 腎硬化症

Fig. 11 Gamma camera renograms of case 4.

Fig. 12 Gamma camera renograms of case 5.

主訴は高血圧 (200/100mmHg), 尿蛋白 (卅), 浮腫で, 総腎機能検査は BUN 31.8mg/dl, クレアチニン 2.53mg/dl フィッシュバーグ濃縮試験1021, PSP 試験15分値 5%, 120分値 25%と低下しており, 眼底は KW 4度であった. Fig. 12に示す如く ^{131}I -Hippuran レノグラムは閉塞型であるが, $^{99\text{m}}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムは閉塞型を示さない. Fig. 13は同一症例の ^{131}I -Hippuran と $^{99\text{m}}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ の経時的腎イメージである. ^{131}I -Hippuran では時間経過とともに放射能は腎実質に摂取され, 腎イ

メージは鮮明となる. また, $^{99\text{m}}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ でも腎盂部への放射能集積はみられない. このことからこの症例は実質性腎障害であることが推定される. 本症は剖検で尿路に通過障害を認めず, 腎の組織所見は腎硬化症であった.

4) 部分的腎機能障害のγカメラ・レノグラム

部分的腎機能障害は腎癌, 腎のう腫, 腎結核, 腎梗塞などの症例に主にみられた. これらの症例の部分的機能診断には, $^{99\text{m}}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ による RI 腎アンギオグラフィが有用であった. また, 障害部と正常部にそれぞれ ROI を設定することにより両部の機能差が部分的レノグラム (regional renogram) として描記できた.

症例 6. 65歳, 男子, 右腎癌.

主訴は無症候性全血尿, 膀胱鏡で右尿管口からの血尿を確認した. IVP, RP で右腎上極に $8.0 \times 6.0\text{cm}$ の space occupying lesion とこれに接する腎杯の延長と変形を認めた. 腎動脈撮影 (Fig. 14A) では, 同部に腫瘍血管を認めた. $^{99\text{m}}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ による RI 腎アンギオグラフィでは, 15~20秒の血管相イメージ (Fig. 14B) の如く, 右腎上極 (腫瘍部分) は血流を認めたが, 機能相イメージ (Fig. 14C) では撮取率が低く欠損像となった. γカメラ・レノグラムでは (Fig. 15A), 左は正常型, 右は第2相の遅延を示した. ROI を腫瘍部分 (a) と正常部分 (b) とに設定すると両部のレノグラムは Fig. 15B に示す如くなった. すなわち, (a) 部分では第1相は正常で, 第2相は欠如し第3相に移行する型, (b) 部分は正常型を示した. Fig. 15C は (a) 部分と (b) 部分の第1相を秒単位で詳細に描記したものである.

考 按

γカメラ・レノグラムとは, 腎での放射能動態の情報

Fig. 13 Sequential renal images of case 5.

Fig. 14 Right renal carcinoma (case 6).

A) Selective right renal arteriogram.

B) Vascular phase image (15–20 sec) by $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$.C) Functional phase image (1–3 min) by $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$.

Fig. 15 Gamma camera renograms of case 6.

を全て磁気テープに収録し、後にテープを playback することにより、収録された情報をモニター上で腎のイメージとして再現し、ここで左右両腎部に ROI を設定し、ROI のみの放射能をレノグラムとして描記させたものである。従つてこのようにして得られたレノグラムは、幾何学的な腎部指定区域からのみの放射能を計測していることになり、在来のレノグラム装置を用いた方法と比較して位置のずれは除外でき、また、腹部大動脈や腎以外の放射能の影響を受けない利点がある。さらに情報の収録と同時に経時的な腎、上部尿路のイメージも得られ、形態的情報も求められるので診断的価値が高くなる。

このような方法で得られた $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ と ^{131}I -Hippuran の γ -カメラ・レノグラムはそれぞれ腎での標識化合物の薬剤動態を示す曲線として描かれる。つまり $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ と ^{131}I -Hippuran の腎での摂取排泄動態によつて両者に差が現われる。著者らが正常腎機能症例から得た $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムは ^{131}I -Hippuran レノグラムより最高値到達時間の若干の延長、第3相の

緩徐な減衰を示した。Konikowski ら¹⁰⁾は¹⁴C-Inulin クリアランス値を1.0としたときの¹³¹I-Hippuran, ^{99m}Tc-(Sn)DTPA, ^{99m}Tc-(Fe)DTPA, ^{99m}Tc-(Fe ascorbic acid)DTPA などのクリアランス比を求め、^{99m}Tc-(Sn)DTPA は¹³¹I-Hippuran の3.4に次いで2.48と早く、一部尿細管からの排泄もあると報告している。これらの事実より^{99m}Tc-(Sn)DTPA はレノグラム用の放射性医薬品として利用できるといえる。

水腎症いわゆる obstructive uropathy にみられる^{99m}Tc-(Sn)DTPA レノグラムと¹³¹I-Hippuran レノグラムはともに従来から指摘されているパターンを示した。両者の間にパターン上の差異はないが腎実質機能の存在程度と尿流障害の程度によつて特に第3相の出現に変化があるが、パターンとしての本質的な違いはないと解釈してよい。また、acute obstructive uropathy では第3相の上昇が^{99m}Tc-(Sn)DTPA よりも著明にみられるのは¹³¹I-Hippuran の排泄速度の早さによるものが主体となるため現象と解釈される。

腎実質障害時には一般に第2相の平低化と第3相の遅延がみられることはすでに多くの人が指摘している。ところが^{99m}Tc-(Sn)DTPA と¹³¹I-Hippuran で同一症例にγカメラ・レノグラムを施行しその曲線を解析すると、腎実質障害であるにも拘らず¹³¹I-Hippuran レノグラムのみが閉塞型レノグラムを示す例があること、また、¹³¹I-Hippuran では正常であるにも拘らず^{99m}Tc-(Sn)DTPA で異常パターンを示す例などに気付いた。腎実質障害時の¹³¹I-Hippuran レノグラムに於ける閉塞型の出現は症例5に示したが、この理由は尿細管機能障害による同部での¹³¹I-Hippuran の transit time の遅延にあると思われる。しかし、^{99m}Tc-(Sn)DTPA は主として糸球体より排泄されるため尿路通過障害がなければ閉塞型を呈しないと解釈している。

Winter¹¹⁾ (1961), Trinkle & Kiser (1964)¹²⁾は乏尿性腎不全では¹³¹I-Hippuran レノグラムで閉塞性と実質性腎疾患の鑑別ができると述べている。しかし Mayo ら¹³⁾ (1971)の報告でもみられるように、¹³¹I-Hippuran レノグラムは腎尿路に閉塞がなくとも閉塞型レノグラムを呈することがあり両疾患の鑑別が困難な場合もある。閉塞型レノグラムは腎動脈から膀胱迄の放射能の通過時間の遅延を反映しているので、上部尿路の通過障害にその原因があることが最も多い。しかし、尿路の通過障害以外にも高度な腎動脈狭窄、ショック、脱水¹⁴⁾、腎硬化症、糸球体腎炎¹⁵⁾、移植腎の拒絶反応¹⁶⁾¹⁷⁾でも閉塞型レ

ノグラムを呈することが知られている。Mayo ら¹³⁾は急性尿細管壊死の乏尿期および利尿期に入つても5週間にわたつて両側の閉塞型レノグラムを呈した4例を報告している。これらの症例では、ミオグロビン尿症による1例を除き、尿路の閉塞はなかつたという。また、慢性腎疾患による高度尿毒症のレノグラムは全く平坦で、この所見から¹³¹I-Hippuran レノグラムのみでも急性腎不全との鑑別が可能だと述べている。

レノグラム曲線が全体に平坦化するとき、レノグラムのみでは閉塞性腎障害か実質性腎障害かの鑑別ができない場合もあり、このようなとき腎イメージを参考にするものの必要性についてはすでに金子ら¹⁾や著者ら¹⁸⁾も指摘している如くである。

症例5に示すように¹³¹I-Hippuran レノグラムが閉塞型でも^{99m}Tc-(Sn)DTPA レノグラムが閉塞型でないときはある程度閉塞性疾患は否定でき、さらに同時に経時的腎イメージを行なうと腎での放射能動態がより確実に分り、本法は急性腎不全腎の尿路閉塞性疾患と実質性腎疾患の鑑別に役立つ。

以上述べた所見の他に、¹³¹I-Hippuran では正常でも、^{99m}Tc-(Sn)DTPA で異常が多く示されることもある。症例4にこうした例を示したが、この例では糸球体機能の低下が、¹³¹I-Hippuran レノグラムに現われる以前に^{99m}Tc-(Sn)DTPA レノグラムの変化として認められたことを示している。この点について久田ら¹⁹⁾は次の如く述べている。即ち、¹³¹I-Hippuran レノグラムは腎血流量、尿生成、尿排出に関しては有効な情報を与えるが、GFR に関する情報には乏しく、腎疾患が存在していても¹³¹I-Hippuran レノグラムでは異常を発見できないこともある。しかし、GFR 物質である¹³¹I-Glofil レノグラムでは異常が明瞭に指摘できると報告している。一方、Hayes ら²⁰⁾の動物実験による腎動脈狭窄例では、¹³¹I-Glofil レノグラムの変化は血流量の減少に比例して起こるが、¹³¹I-Hippuran レノグラムは25%以上の血流減少で初めてレノグラムの変化がみられ、有意の変化は50%以上血流が減少したときみられたという。従つて腎疾患のスクリーニング検査として^{99m}Tc-(Sn)DTPA レノグラムが¹³¹I-Hippuran レノグラムより優れている場合のあることを考えておく必要がある。

また、水腎症の回復過程のレノグラムに於ても^{99m}Tc-(Sn)DTPA と¹³¹I-Hippuran との間にその差がみられ、水腎症で腎機能の障害が進行したあとの機能の回復は尿細管機能からの回復が先行していることを示している。

Table 1 Characteristics of renogram pattern and sequential images by $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPA and ^{131}I -Hippuran.

	$^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPA		^{131}I -Hippuran	
	Renogram	Image	Renogram	Image
Normal	Normal (slower than Hippuran)	Image is most clear as 3 to 6 min and then becomes unclear gradually after 6 min	Normal	Image is most clear at 3 min, then becomes unclear
Obstructive uropathy	Obstructive pattern	Radioactivity is concentration into the pelvis (Centralization)	Obstructive pattern	Radioactivity is concentration into the pelvis (Centralization)
Parenchymal renal disease	Second phase is flat or disappear	Homogenous concentration	(1) Second phase is flat and 3rd phase is delayed (2) Obstructive pattern	→The most clear image is obtained at late stage →Image is obtained along with time elapsed
Renovascular hypertension	Affected kidney shows flat and delayed 2nd phase	Affected kidney accumulates less activity with homogenous distribution	Affected kidney shows flat and delayed 2nd phase but sensitivity is lower than $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPA	Same as $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPA

症例2, 症例3はそれらの事実を示すものである。

γ -カメラ・レノグラムが得られるとき同時に描出できる経時的腎イメージは, その形態的推移と合せて, RIの分布移行やRIの摂取率の変化も読みとれる。即ち, レノグラムが閉塞型を示しても実質に均等に分布した実質性腎障害か, 腎盂腎杯に貯留した閉塞性腎障害かは腎の経時的イメージから直ちに読みとれる。また, 部分的欠損像の有無, その部のRIの時間的集積の変化なども観察される。部分的腎機能障害の実例は症例6の腎癌例で示したが, RI腎アンギオグラフィーは簡便な優れた腎のspace occupying lesionの鑑別診断法で, またspace occupying lesionと正常部にROIを設定することにより血流状態の差も曲線として描記できる。経時的腎イメージは移植腎の腎機能検査, 腎血管性高血圧症の診断にも有用である。

最後に $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPAと ^{131}I -Hippuranのレノグラムと腎イメージの特徴をまとめるとTable. 1の如くなる。正常例では, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPAレノグラムは

^{131}I -Hippuranレノグラムと比較し曲線は緩徐である。腎実質イメージは $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPAでは3~6分まで, ^{131}I -Hippuranでは3分までが鮮明である。閉塞性腎疾患では両レノグラムはともに閉塞型を示し, 両イメージは腎盂部への著明なRI集積(centralization)を示す。実質性腎疾患では $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPAレノグラムは第2相の消失, 平低化を示すのに反し, ^{131}I -Hippuranレノグラムは第2相の平低化との第3相の遅延を示すものと, 閉塞型を示す2つの型式がある。 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPAと ^{131}I -Hippuranの経時的腎イメージは均等であるが, ^{131}I -Hippuranレノグラムが閉塞型を示すものは時間経過とともに腎イメージは鮮明となる。従つて $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPAと ^{131}I -Hippuran両者の γ -カメラ・レノグラムを同時に施行することによつて, 2つの側面から腎機能(動態)の観察が可能で, 腎疾患の鑑別にも役立つであろう。

結 論

- 1) γ -カメラと新しい放射性医薬品 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})$ DTPA

(GFR 物質)を用いたレノグラム(γ -カメラ・レノグラム)の有用性を検討した。

2) 対象は 186 症例(男子 96 例, 女子 90 例)で, これらの症例に 358 回の γ -カメラ・レノグラムを施行した。同一症例に GFR 物質 $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ と RPF 物質 ^{131}I -Hippuran の併用による γ -カメラ・レノグラムおよび経時的腎イメージを 154 症例に 326 回実施した。

3) γ -カメラ・レノグラムは左右両腎部に正確に ROI を設定, レノグラムを描出するので在来のレノグラムでしばしばみられたような腎の位置ずれがなく, 大動脈など腎以外の放射能の影響をも受けない利点がある。また, 同時に行なう経時的腎イメージから腎の形態や排泄動態に関する情報も得られる。

4) $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ は安定した放射性化合物で, GFR 物質としては腎からの排泄も比較的早く ^{131}I -Hippuran に劣らず腎動態機能検査に適している。また, ^{131}I -Hippuran レノグラムでは実質性腎障害時にも閉塞型レノグラムを示すことがあるが, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムが閉塞型レノグラムを示さないときは閉塞性腎障害ではなく実質性腎障害が主体であることを見出した。

5) $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムは実質性腎障害をきたす疾患では ^{131}I -Hippuran レノグラムに変化が現われる前に異常が現われる。また, 上部尿路の尿流障害緩解期では, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムの改善は ^{131}I -Hippuran レノグラムより遅れる。すなわち, $^{99m}\text{Tc}-(\text{Sn})\text{DTPA}$ レノグラムは上部尿路に通過障害をきたす疾患の術後の腎実質機能回復の経過観察に役立つ。

6) γ -カメラ・レノグラムは分腎機能検査法として鋭敏で被検者の負担も軽く, 高齢者や重症患者にも容易に施行でき, 腎の動態機能, 経時的形態の変化を検査する優れた方法である。

なお, 本論文の要旨は第 13, 14 回日本核医学会総会, 第 2 回日本核医学会関東甲信越地方会, 第 348, 351 回日本泌尿器科学会東京地方会, 第 15, 16 回日本老年医学会総会で報告した。

文 献

- 1) 金子昌生, 佐々木常雄: Radioisotopes, 17, 317,

- 1968.
- 2) 岸本 孝, 小峰志訓, 石川大二: 日泌尿会誌, 60, 61, 1965.
- 3) 三木 誠, 町田豊平, 上田正山, 木戸 晃, 南武, 森 瑞樹, 小塚勝義: 日泌尿会誌, 64, 163, 1973.
- 4) 上田英雄, 飯尾正宏: 核医学臨床生理診断法, 第 1 版, 438, 医歯薬出版, 東京, 1973.
- 5) 上田正山, 三木 誠, 町田豊平, 南 武, 三浦義幸, 山田裕史, 田中 彰, 浦久保五郎: Radioisotopes, 21, 566, 1972.
- 6) Kloppe, J.F., Hauser, W., Atkins, H.L., Eckelman, W.C. and Richards, P.: J. Nucl. Med., 13, 107, 1972.
- 7) Atkins, H.L., Cardinale, K.G., Eckelman, W.C., Hauser, W., Kloppe, J.F. and Richards, P.: Radiology, 98, 674, 1971.
- 8) Hine, G.J. and Johnston, R.E.: J. Nucl. Med., 11, 469, 1970.
- 9) Lieberman, E.: Personal communication.
- 10) Konikowski, T., Glenn, H.J. and Haynie, T.P.: J. Nucl. Med., 13, 834, 1972.
- 11) Winter, C.C.: J. Urol., 85, 683, 1961.
- 12) Trinkle, J.K. and Kiser, W.S.: J. Urol., 91, 199, 1964.
- 13) Mayo, M.E., Hilton, P.J., Jones, N.F., Lloyd-Davies, R.W. and Croft, D.M.: Brit. Med. J., 3, 516, 1971.
- 14) Wax, S.H. and McDonald, D.F.: J. Urol., 96, 816, 1966.
- 15) Zum Winkel, K.: 核医学, 9, 303, 1972.
- 16) Loken, M.K., Staab, E.W., Vernier, R.L. and Kelly, W.D.: J. Nucl. Med., 5, 807, 1964.
- 17) 高安久雄, 岩本 孝, 阿曾佳郎, 小川秋実, 北川竜一, 上野 精, 小磯謙吉, 加納勝利: 日本臨床, 26, 2334, 1968.
- 18) 大石幸彦, 千葉一夫, 松井謙吾, 山田英夫, 入倉英雄, 飯尾正宏, 南 武, 町田豊平: 核医学, 11, 541, 1974.
- 19) 久田欣一, 利波紀久: 臨床放射線, 13, 920, 1968.
- 20) Hayes, M., Swanson, L.A. and Taplin, G.V.: J. Nucl. Med., 7, 337, 1966.

(1976 年 2 月 5 日受付)