

Single photon emission computed tomography (SPECT) を 利用した各種腎疾患の ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率測定

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・田代 和也・岸本 幸一・和田 鉄郎

鳥居伸一郎・吉越富久夫・町田 豊平

東京都老人医療センター核医学放射線部（部長 山田英夫）

山 田 英 夫

筑波大学臨床医学系放射線科（主任：秋貞雅祥教授）

外 山 比 南 子

^{99m}Tc -DMSA RENAL UPTAKE IN UROLOGICAL DISEASES
MEASURED FROM RENAL TOMOGRAPHIC IMAGES USING
SINGLE PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY (SPECT)

Yukihiko OISHI, Kazuya TASHIRO, Koichi KISHIMOTO,

Tetsuro WADA, Shinichiro TORII,

Fukuo YOSHIGOE and Toyohei MACHIDA

From the Department of Urology, The Jikei University, School of Medicine

(Director: Prof. T. Machida)

Hideo YAMADA

From the Department of Nuclear Medicine and Radiology, Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital

(Chief: Dr. H. Yamada)

Hinako TOYAMA

From the Department of Radiology, Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba

(Director: Prof. M. Akisada)

To determine renal function, ^{99m}Tc -DMSA renal uptake was measured from renal tomographic images obtained by single photon emission computed tomography (SPECT). A total of 77 tests was conducted on 73 patients with various diseases in the kidneys and urinary tract to determine renal uptake. The correlation coefficient (r) between total renal volume and total renal uptake was 0.3509 and that between renal volume and uptake of 143 kidneys was 0.5433. In 62 patients whose creatinine clearance could be measured, the correlation coefficient between creatinine clearance and total renal volume was 0.2352, and that between creatinine clearance and total renal uptake was 0.8854, that is, creatinine clearance correlated well with renal uptake. Renal volume and uptake determined in 10 normal male and 10 normal female adults were 220 ml and 26.8% for the right kidney and 239 ml and 27.6% for the left kidney for the males and 206 ml and 26.4% (right) and 237 ml and 27.9% (left) for the females.

This method, which requires no blood or urine collection, is very useful as an individual kidney function test to evaluate individual kidney function and to understand kidney function before and after operation in patients with renal and urinary diseases.

Key words: ^{99m}Tc -DMSA renal uptake, Renal uptake, Single photon emission computed tomography, SPECT, Renal volume

はじめに

Single photon emission computed tomography (以下 SPECT と略す) は従来の γ -カメラを回転させるだけで断層画像を作成できることから急速に普及してきた。 ^{99m}Tc -dimercaptosuccinic acid (以下 Tc-DMSA と略す) を用い SPECT で得られた腎横断々層イメージから腎の容積を求め、この容積内の総放射能を算出、投与量に対する百分率から Tc-DMSA 腎摂取率を測定する分腎機能測定方法を試みた。すでに、その方法と正常成人の男女別の正常値については報告したが¹⁾、今回は各種腎疾患例について腎摂取率を測定、腎容積や Ccr 値との相関について報告する。

対象

対象とした症例は男子43例、女子30例計73例143腎で、年齢は12~78歳、平均42歳であった。対象症例の内訳は健常例28例、原発性糸球体腎炎11例、腎摘後単腎10例、腎嚢腫、腎盂腎炎、腎尿管結石それぞれ4例、腎癌3例、嚢胞腎、腎血管性高血圧症、水腎症それぞれ2例、糖尿病性腎症、腎盂腫瘍、腎結核それぞれ1例である。以上の73例に対し77回の検査を施行した。

方法

既報に示したごとく¹⁾、SPECT 装置は GE-Maxi Camera 400T 回転型 γ -カメラを、コリメーターは低エネルギー高分解能用を用いた。データ処理装置は GE-STAR および鳥津シンテバック 1200 を使用した。Tc-DMSA 10 mCi を静注、2時間後に臥位で、64方向からマトリックス 64×64 の腎投影データを採取した。断層像は重畳積分法 convolution により再構成した。断層画像の厚さは約 0.6 cm、マトリックスは 64×64 とした。したがって 1 voxel の大きさは、 0.258 cm^3 となる。吸収補正は Sorrenson による前補正法を用いた GE-STAR 法で行なった。腎辺縁の決定に必要な cut off level は42%を用いた。

各断面のこの輪郭内の面積および計数を算出し、断面の厚みを掛けて腎容積、腎内総計数を算出した。

Tc-DMSA 腎摂取率はファントム実験より求めた腎容積内総計数 counts/ml/sec と放射能校正曲線から、腎内総計数を mCi に換算、投与量に対する百分率で表した。

73症例に77回の検査を施行した総腎容積と総腎摂取率の相関、全143腎の腎容積と腎摂取率の相関、Ccr 値を測定し得た68例の総腎容積ならびに総腎摂取率と Ccr 値との相関について検討した。

結果

1) 正常腎の腎容積と腎摂取率

18~45歳(平均30歳)の正常成人20例40腎の腎容積は 181~299 ml, 平張 $225.5 \pm 28.5 \text{ ml}$, 両腎総計では 371~545 ml, 平均 $451.0 \pm 49.4 \text{ ml}$ であった。右腎は平均 $213 \pm 23.8 \text{ ml}$, 左腎は $237.9 \pm 28 \text{ ml}$ であった。腎摂取率は 20.6~34%, 平均 $27.2 \pm 2.9\%$, 両腎総計では 44.4~63%, 平均 $54.4 \pm 5.2\%$ であった。右腎は $26.6 \pm 2.7\%$, 左腎 $27.7 \pm 2.9\%$ であった。男女それぞれ10例40腎の腎容積と腎摂取率は Table 1 に示した。腎容積と腎摂取率には男女間、左右間に有意の差はなかった。60歳以上の高齢者5例の腎容積の平均は右腎 $222 \pm 29.5 \text{ ml}$, 左腎 $224 \pm 29.5 \text{ ml}$, 腎摂取率は右腎 $21.5 \pm 4.0\%$, 左腎 $21.2 \pm 4.7\%$ で腎摂取率は成人例より低かった。

2) 腎容積と腎摂取率の相関

全73症例に77回行なった検査の総腎容積と総腎摂取率の相関計数は $r=0.3509$ ($p<0.01$), 全143腎の腎容積と腎摂取率の相関計数は $r=0.5433$ ($p<0.01$) であった (Fig. 1)。

3) 総腎摂取率および総腎容積と Ccr 値との相関

73症例中 Ccr 値を測定し得た62例の腎容積、腎摂取率と Ccr 値との相関計数はそれぞれ $r=0.2352$ ($p<0.01$), $r=0.8854$ ($p<0.01$) であった (Fig. 2)。

4) 代表例

症例 1 : 37歳, 女子, 正常例

Tc-DMSA 10 mCi 投与による腎イメージでは、

Table 1. Renal volume and renal percent uptake in adult control subjects.

	Age (years)	Renal volume (ml)		Renal uptake rate (%)	
		right	left	right	left
Men (n=10)	30.8	220.4	239.3	26.8	27.6
SD	± 6.4	± 23.3	± 23.6	± 3.0	± 2.5
Women (n=10)	29.5	205.9	236.5	26.4	27.9
SD	± 7.3	± 23.2	± 33.0	± 2.6	± 3.6

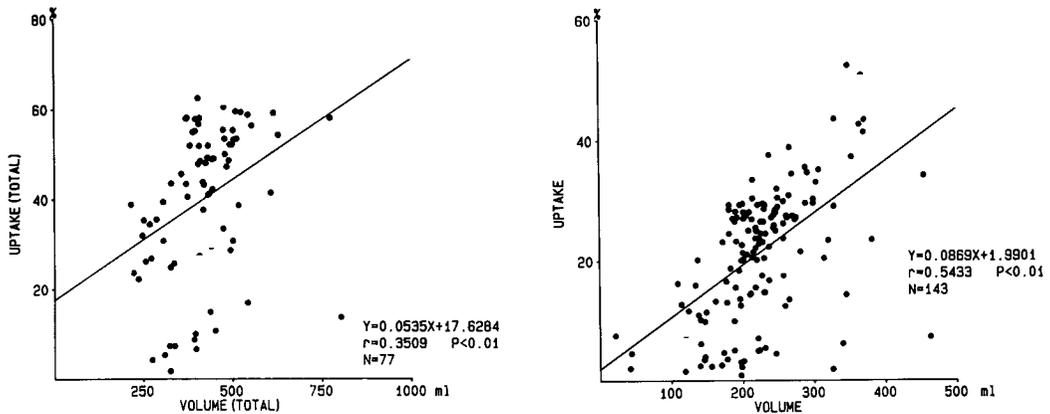


Fig. 1. Left: correlation between total renal uptake and total renal volume.
Right: Correlation between renal uptake and renal volume in individual kidney.

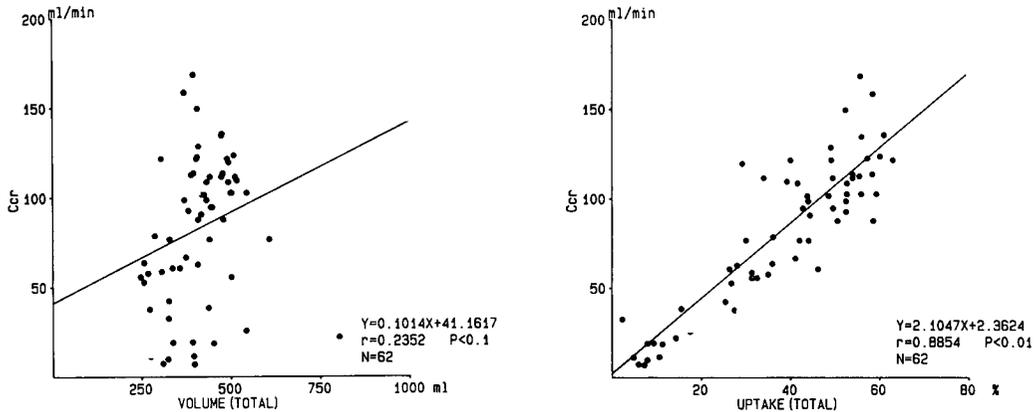


Fig. 2. Left: Correlation between total renal volume and creatinine clearance (ml/min).
Right: Correlation between total renal uptake and creatinine clearance (ml/min).

腎形態は正常である (Fig. 3 左). 腎容積と腎摂取率は左腎 241 ml, 25.5%, 右腎 229 ml, 30.4%であった.

症例 2 : 41歳, 男子, 慢性糸球体腎炎

Ccr 値は 12.6 ml/min で高度の腎機能障害を示す. Tc-DMSA 腎イメージでは, 両腎の腎摂取は低く, バックグラウンドは高い (Fig. 3 右). 腎容積と腎摂取率は左腎 119 ml, 2%, 右腎 156 ml, 2.8%であった.

症例 3 : 17歳, 女子, 慢性糸球体腎炎

BUN 20.5mg/dl, 血清 Cr 値 3 mg/dl, Ccr 値 23 ml/min で腎機能障害を示す. Tc-DMSA 腎イメージでは両腎の腎摂取は低く, バックグラウンドが高い (Fig. 4 左). 腎容積と腎摂取率はそれぞれ右腎 340 ml, 6%, 左腎 463 ml, 7%で腎容積に比較し腎摂取率は著しく低値であった.

症例 4 : 12歳, 女子, VUR を伴う慢性腎盂腎炎

Tc-DMSA 腎イメージでは右腎は小さく, 左腎は大きい (Fig. 4右). 腎容積と腎摂取率は左腎 348 ml, 53%, 右腎 42 ml, 2.5%で右腎機能障害による左腎の代償性肥大が認められる.

症例 5 : 18歳, 男子, 右腎血管性高血圧症

Fig. 5 の左は PTA 施行前, 右は施行後の腎動脈造影像である. PTA 施行後, 血中レニン活正値は 5.2 ng/ml/hr から 1.9 ng/ml/hr と正常化し, 血圧も改善した. PTA 施行前 (Fig. 6 左), 後 (Fig. 6 右) の腎イメージ上では変化を認めないが右腎の容積と腎摂取率は, 117 ml, 17%から 218 ml, 24.7%と明らかな改善を認めた.

症例 6 : 45歳, 男子, 左尿管結石

左中部尿管に結石があり, IVP で左腎の描出は認めなかった (Fig. 7 上). しかし, Tc-DMSA 腎イメージで, 左腎の描出を認めたため, 左尿管切石術を行ない, 左腎機能の改善を認めた (Fig. 7 下). Fig.

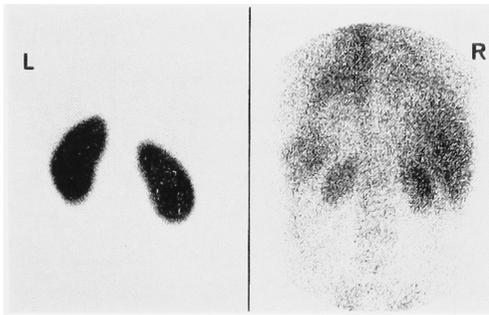


Fig. 3. Left: Normal renal image of normal renal function in case 1, 37-year-old female.
Right: Severe renal failure in case 2, 41-year-old female.

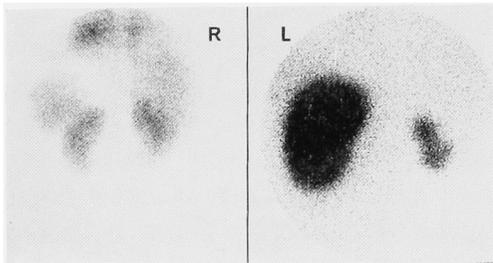


Fig. 4. Left: Severe renal failure in case 3, 17-year-old female.
Right: Chronic pyelonephritis of right side with VUR and compensatory hypertrophy of left kidney in case 4, 12-year-old female.



Fig. 5. Selective renal arteriography of right side renovascular hypertension in case 5, 18-year-old male.
Left: Before PTA. Right: After PTA.

8の左は術前、右は術後の Tc-DMSA 腎イメージを示す。なお、手術前後の腎摂取率はそれぞれ右腎51.4%, 43.2%, 左腎5.5%, 10.6%であった。

考 察

SPECT で得られた多方向イメージから断層画像を再構築すれば、各断面の面積の総和として臓器の形状が複雑でも容積算出が可能となり、これを基に臓器内

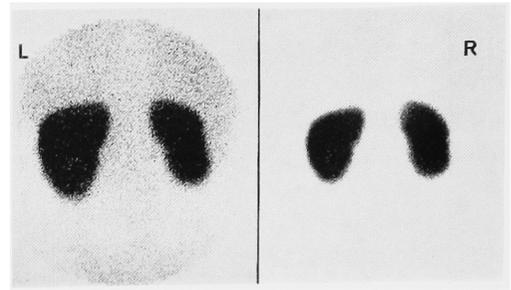


Fig. 6. Renal images in case 5.
Left: Before PTA. Right: After PTA.

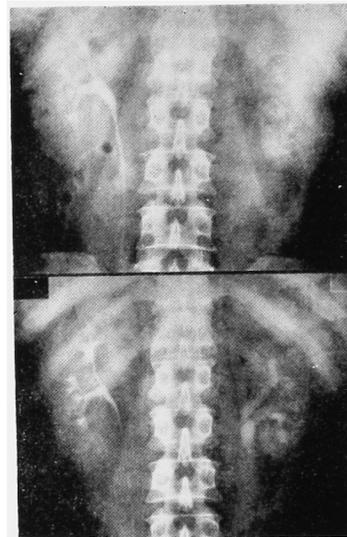


Fig. 7. IVP of case 6, left ureteral stone, 45-year-old male.
Above: Before operation.
Below: After ureterolithotomy.

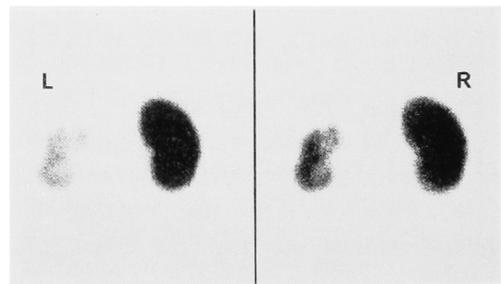


Fig. 8. Renal images of case 6.
Left: Before operation.
Right: After operation.

に摂取された放射性医薬品の定量ができる。投与された放射性医薬品の何%が臓器内に存在するかを計測できれば、臓器の機能を推測することができる。

SPECT で撮影した Tc-DMSA 腎断層イメージを基に腎容積を算出する試みは Tauxe ら²⁾, Kawa-

mura ら³⁾により報告されている。著者はほぼ同様の方法で腎容積を求め、この腎容積内の総カウント数を総放射能に換算することにより、投与量に対する百分率として Tc-DMSA 腎摂取率を算出した。

現在までに報告されている Tc-DMSA 腎摂取率の算出方法は、2次元イメージから求める方法のため腎の深さ、腎部のバックグラウンドなどの補正が腎摂取率算出にさいし必要となる^{4,5)}。SPECT 3次元イメージから腎摂取率を算出する方法は、適切な腎辺縁を決定するために必要なしきい値をあらかじめ設定、腎容積を求めておくことにより、改めて腎の深さ、腎部のバックグラウンドの補正を必要としない利点がある。著者が SPECT 腎3次元イメージから算出した成人正常腎例の右腎の Tc-DMSA 腎摂取率2時間値は $26.6 \pm 2.7\%$ 、左腎は $27.7 \pm 2.9\%$ 、総腎のそれは $54.4 \pm 5.2\%$ で、2次元イメージから算出した細川ら⁶⁾のおのおの2時間値 $23.74 \pm 3.62\%$ 、 $23.99 \pm 3.48\%$ 、 $47.67 \pm 4.91\%$ と比較しやや高い測定値が得られた。また、腎容積は cut off level 51% を使用した Kawamura ら³⁾の値と比較し左腎でやや大きい値を示した。腎スキャン剤 Tc-DMSA は腎皮質を構成する有機能ネフロンに特異的に集積、約2時間後に plateau に達し、しかも尿排出はきわめて少ない優れた腎スキャン剤である⁷⁾ SPECT で Tc-DMSA を用いて求めた *in vivo* における腎容積と腎摂取率は腎皮質容積を表すと考えられる。また、腎血流の大部分が腎皮質領域を滲流すると考えれば、腎容積と腎摂取率は腎皮質血流量を表すものと解釈できる。したがって、Tc-DMSA で求めた腎容積と腎摂取率は相関し、両者がともに RPF、PSP 15分値、Ccr 値と良好な相関を示すとする報告もある³⁾。しかし、今回の検討での腎容積と腎摂取率は良好な相関を認めなかったが、泌尿器科疾患では腎が大きくとも腎機能低下を認める例は良く経験されることを考えれば容易に理解できる。また、内科的腎疾患腎でも急性腎炎はもとより、慢性腎障害例においても、腎機能の低下にもかかわらず、腎容積は正常に保たれることがあり、両者に解離が認められることは当然と思われる。この臨床的問題とは別に、SPECT によって求めた腎容積が時に大きく算出される要因として高度の腎機能障害例では Tc-DMSA の腎摂取が低いためバックグラウンドが高く、しきい値42%では肝・脾などの放射能を充分にカットオフできないのも一つの原因と考えられる。したがって、容積が大きく算出されてもその中に含まれる放射能量は少なく摂取率は当然低い結果となる。総腎容積、総腎摂取率と Ccr 値との相関を見ても、

腎摂取率ときわめて良い相関を示しており、この事実からも腎摂取率のほうが腎容積に比して正確な腎機能を反映するものと推察される。

Tc-DMSA 腎横断々層イメージより腎摂取率を求める方法は、症例5、6に示したごとく術前後の分腎機能の評価、手術方法の選択にもきわめて価値がある。

ま と め

1) 73症例の各種腎疾患例を対象に、SPECT による ^{99m}Tc-DMSA 腎横断々層イメージより腎摂取率を求める腎機能検査法を77回行ない、その臨床的有用性について検討した。

2) 73例に77回検査を行なった総腎容積と総腎摂取率、143腎の腎容積と腎摂取率の相関計数はそれぞれ $r=0.3509$ 、 $r=0.5433$ であった。

3) 73例中 Ccr 値を測定し得た62例の Ccr 値と総腎容積および総腎摂取率との相関係数は $r=0.2352$ 、 $r=0.8854$ で総腎摂取率とよく相関した。

4) したがって、^{99m}Tc-DMSA 腎摂取率は腎容積と比較し、より正確な腎機能を表すものと推察できる。

5) 成人正常男女それぞれ10例40腎の腎容積と腎摂取率は、それぞれ男子では右腎 220 ml, 26.8%, 左腎 239 ml, 27.6%, 女子ではそれぞれ 206 ml, 26.4%, 237 ml, 27.9% であった。

SPECT による ^{99m}Tc-DMSA 腎横断々層腎イメージから腎摂取率を求める腎機能検査法は、腎尿路疾患の腎機能の評価、手術前後の腎機能評価にさいし、採尿、採血を必要としない分腎機能検査法として有用である。

なお、本研究の一部は昭和61、62年度文部省科学研究費補助金(一般研究・C、課題番号61570772)によった。

文 献

- 1) 大石幸彦・町田豊平・木戸 晃・田代和也・和田鉄郎・鳥居伸一郎・吉越富久夫・山田英夫・千葉一夫・外山比南子: Single photon emission computed tomography (SPECT) による ^{99m}Tc-ジメルカプトコハク酸腎摂取率測定法. *Radioisotopes* 35: 115~121, 1986
- 2) Tauxe WN, Todd-Pokropek A, Suassalien F, Raynaud C and Kellershohn C: Estimates of kidney volume by single photon emission tomography: A preliminary report. *Eur J Nucl Med* 8: 72~74, 1983
- 3) Kawamura J, Hitoshi I, Yoshida O, Fujita T and Torizuka K: In vivo estimation of renal volume using a rotating gamma camera for ^{99m}Tc-dimercaptosuccinic acid renal imaging. *Eur J Nucl Med* 9: 168~172, 1984
- 4) Tauxe WN and Burke FC: Kidney depth

and isotope renography. J Nucl Med 9: 225~226, 1968

- 5) 細川進一・川村寿一・吉田 修・藤田 透・石井 靖・鳥塚莞爾：シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究（第三報）—^{99m}Tc-DMSA腎シンチグラフィの腎バックグラウンドについて—。泌尿紀要 23: 119~125, 1977
- 6) 細川進一・川村寿一・吉田 修：シンチカメラに

よる腎機能に関する臨床的研究（第四）。泌尿紀要 23: 653~665, 1977

- 7) Lin TH, Kehntigan A and Winchell HS: A ^{99m}Tc-chelate substitute for organoradiomercurial renal agents. J Nucl Med 15: 34~35, 1974

(1986年10月20日受付)

アレルギー性疾患 慢性肝疾患に……

■グリチルリチン製剤

強力ネオミノファーゲンシ

健保略称 強ミノC

●作用

抗アレルギー作用、抗炎症作用、解毒作用、インターフェロン誘起作用、および肝細胞障害抑制・修復促進作用を有します。

●用法・用量

1日1回、1管（2ml、5ml、または20ml）を皮下または静脈内に注射。

症状により適宜増減。

慢性肝疾患には、1日1回、40mlを静脈内に注射。年齢、症状により適宜増減。

●適応症

アレルギー性疾患（喘息、蕁麻疹、湿疹、ストロフルス、アレルギー性鼻炎など）。食中毒。薬物中毒、薬物過敏症、口内炎。

慢性肝疾患における肝機能異常の改善。

包装 20ml 5管・30管、5ml 5管・50管、2ml 10管・100管

*使用上の注意は、製品の添付文書をご参照下さい。

●内服療法には

グリチロン 錠二号

包装 1000錠、5000錠

健保適用

株式会社 ミノファーゲン製薬本舗 (〒160) 東京都新宿区四谷3-2-7