<原 著>

老年者の^{99m}Tc-DMSA 腎摂取率および腎容積

—SPECT 腎断層イメージによる測定—

大石 幸彦 町田 豊平 田代 和也 木戸 晃
 和田 鉄郎 鳥居伸一郎 吉越富久夫 山田 英夫*
 丹野 宗彦* 外山比南子**

<要 旨> Single photon emission computed tomography (SPECT) で得られた^{99m}Tc-DMSA 腎横断層イメージから腎摂取率、腎容積を求める腎機能検査法を試み、老年者の腎機能について検討した。

対象は健常成人対照例20例、年齢60歳～87歳、平均70歳の老年者43例（健常老年者13例、各種老年腎疾患30例）の計63例である。

腎容積は吸収補正を用い再構成した各横断層イメージ上で、最適いき値法により決定した腎辺縁内の voxel 数を加算し算出した。腎断層画像は重畳積分法により再構成し、吸収補正は Sorrenson による前補正法を用いた GE-STAR 法により行い、最適いき値は42%を使用した。腎摂取率は腎容積内の総放射能を算出、投与量に対する百分率で表した。

健常老年者13例26腎の^{99m}Tc-DMSA 腎摂取率 $23 \pm 5\%$ は健常成人20例40腎 $27 \pm 2\%$ と比較し、有意 ($p < 0.01$) に低値を示した。老年者43症例79腎の腎容積と腎摂取率、43例の総腎容積および総腎摂取率と Ccr 値の相関はおおの $r = 0.5081$ ($p < 0.01$), $r = 0.3592$ ($p < 0.01$), $r = 0.6417$ ($p < 0.01$) で、総腎摂取率と Ccr 値は比較的良好に相関した。

本検査法は採血、採尿を必要とせず、腎断層イメージも得られ老年者の分腎機能検査法として臨床的に有用と考えられた。

Key words: 腎摂取率、腎容積、SPECT、^{99m}Tc-ジメルカプトコハク酸、腎機能検査

1. 緒 言

体外より容積や医薬品の摂取率を精度よく測定することは容易で無く、従来は2方向からのX線撮影やシンチグラムから形状を仮定することにより行われてきた¹⁾²⁾。近年、種々のコンピューター断層法の開発は非侵襲的に臓器の3次元的形態を画像として計測可能にし、臓器容積の測定が可能となった。臓器の容積はX線CT、核磁気共鳴法(MRI)により高精度に計測できるのに反し、放射性医薬品の生理学的、生化学的機序を用いて臓器を描出するシンチグラフィは、上記二

方法に比較し画質は劣るが、容積に加え医薬品の摂取率の測定も可能である。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、臓器容積、医薬品摂取率の測定が従来の2方向からの測定に比べ遙かに精度よく可能となった³⁾⁴⁾。

著者らは^{99m}Tc-dimercaptosuccinic acid (以下 Tc-DMSA と略す) を用い SPECT で得られた腎横断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として Tc-DMSA 腎摂取率を測定する腎機能測定方法を試みてきた。その方法と成人の正常値についてはすでに報告したが⁴⁾、今回は老年者の腎容積、腎摂取率を測定した結果を報告する。

2. 対 象

対象とした症例は年齢20～45歳、平均30歳の成人健

Y. Ohishi, T. Machida, K. Tashiro, A. Kido, T. Wada, S. Torii, F. Yoshigoe: 東京慈恵会医科大学泌尿器科

* H. Yamada, M. Tanno: 東京都老人医療センター核医学放射線部

** H. Toyama: 筑波大学臨床医学系放射線科
 受付日. 1987. 4. 24.

常対照例20例(男子10例, 女子10例)と年齢は60~87歳, 平均70歳の43症例(男子33例, 女子10例)79腎であった。対象症例の内訳は健常例13例, 腎摘後単腎6例, 腎癌, 腎機能障害おのおの5例, 高血圧症, 腎嚢腫, 腎梗塞おのおの3例, 糖尿病性腎症3例, 水腎症, 腎炎おのおの1例である。以上の43症例に対し43回の検査を施行した。

3. 方 法

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 および島津シンチパック1200を使用した。

Tc-DMSA は5~10mCi を静注, 通常の腎イメージを撮影2時間後に臥位で, まずカメラ・ヘッドを体軸方向に約6度毎360度回転させ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。図1はその一部を示す。断層画像はこのデータを基に重畳積分法 Convolution により再構成した。断層画像は横断像を使用した(図2)。断層画像の厚さは約0.6cm, マトリックスは64×64とした。従って1 voxel の大きさは, 0.258 cm³となる。吸収補正は Sorrenson による前補正法を用いた GE-STAR 法で行った。各断面の辺縁の決定は等計数法で行い, 最適いき値 optimum equithreshold

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のち, 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 (mCi) との関係を表す校正曲線を用いて, 腎内総計数を mCi に換算し, 投与量に対する百分率で表した(図3)⁴⁾。

以上の方法により測定した正常成人20例, 健常老年者13例の腎容積, 腎摂取率の正常値, 老年腎疾患例の腎容積, 腎摂取率とその相関, 総腎容積ならびに総腎摂取率と簡便法により求めた Ccr 値との相関などについて検討した。なお, 有意差は Wilcoxon 検定で行った。

4. 結 果

1) 正常腎の腎容積と腎摂取率

正常成人40腎の腎容積と腎摂取率はおのおの225±28ml, 27±2%, 健常老年者26腎ではおのおの212±44ml, 23±5%で, 腎摂取率は正常成人と比較し有意に低値($p<0.01$)を示した。また, 健常老年者26腎の腎容積と腎摂取率は右腎206±39ml, 23±4%, 左腎220±39ml, 23±5%で腎容積, 腎摂取率とも左右の腎間で有意差は認めなかった。

2) 老年腎疾患の腎容積と腎摂取率

老年腎疾患30例53腎の腎容積と腎摂取率はおのおの

図1 腎断層イメージ再構成のための多方向腎イメージ

図2 再構成した腎横断々層イメージ

図3 腎容積, 腎摂取率の算出法

206±50ml, 17±8%で, 正常成人群, 健常老年者群と比較し腎摂取率では有意に低値 ($p<0.01$) を示した。

3) 腎容積と腎摂取率の相関

全老年者43例79腎の腎容積と腎摂取率の相関係数は $r=0.5081$ ($p<0.01$) であった (図4)。

4) 正常成人, 健常老年者, 老年腎疾患例の Ccr 値

正常成人, 健常老年者, 老年腎疾患例の Ccr 値はおのの123±24, 89±17, 46±21ml/minで, 健常老年者では正常成人と, 老年腎疾患例では前2者と比較し有意に低値を示した ($p<0.01$)。

5) 総腎容積および総腎摂取率と Ccr 値との相関

正常腎群33例および老年腎疾患例30例の総腎容積, 総腎摂取率と Ccr 値との相関係数はおのの $r=0.0587, 0.0208$ および $r=0.3381, 0.4721$ であった ($p<0.01$)。

全老年者43例の総腎容積, 総腎摂取率と Ccr 値との相関係数はおのの $r=0.3592, 0.6417$ ($p<0.01$) であった (図5, 6)。

6) 代表例

症例1. 74歳, 女子, 正常例。

Tc-DMSA 10mCi 投与による腎イメージでは腎形態は正常で, 腎容積と腎摂取率は左腎196ml, 25%, 右

図4 79腎の腎容積と腎摂取率の相関

図6 Ccr値と総腎摂取率の相関

図5 Ccr値と総腎容積の相関

腎摂取率は左腎83ml, 7%, 右腎256ml, 28%で左腎機能の低下が認められる(図9)。

症例4. 61歳, 男子, 左腎嚢腫例。

Ccr値は61ml/minで腎機能障害を伴い, DIPでは左腎に腎盂, 腎杯を圧排するSOLが認められる(図10A)。Tc-DMSA腎イメージでは同部は欠損となる(図10B)。腎容積と腎摂取率は左腎146ml, 10%, 右腎190ml, 16%で両腎, 特に腎摂取率の面での左腎機能低下が顕著である。

5. 考 案

老年者の腎機能測定には採血, 採尿を必要としない検査法が望ましい。特に老年患者では尿失禁, 残尿を有する患者が多く, 採尿を必要とするPSP排泄試験, Fishberg濃縮試験, クリアランス試験など日常行われる検査法で得られたデータは正確さを欠き腎機能は過小評価される危険性が有り, 必ずしも適当でなく, 採尿を要しない検査法が望まれる。また, レノグラム曲線からRPF, GFR, Ccr値など腎機能の指標を求める方法も有るが, 得られたデータは使用されるパラメーターも多く種々な影響を受け易い⁵⁾⁶⁾。SPECTとTc-DMSAによる腎摂取率測定法は定時的な採血, 採尿を必要とせずに腎の2・3次元イメージと定量的腎機能測定が同時に可能で, 老年者の腎形態, 腎機能を把握する上で極めて優れた検査法と考えられる。

腎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

腎208ml, 27%であった(図7A)。

症例2. 75歳, 女子, 腎機能障害例。

BUN 49mg/dl, 血清クレアチニン値4.5mg/dl, Ccr値13ml/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(図7B)。腎容積と腎摂取率は左腎101ml, 3%, 右腎210ml, 5%で, 腎容積に比較し腎摂取率は著しく低値であった。

症例3. 74歳, 男子, 両腎梗塞兼右腎嚢腫例。

CTでは右腎上下極の腎嚢腫と両腎に腎実質よりやや濃度の低い多発性梗塞部が認められる(図8)。Tc-DMSA腎イメージでは両腎に欠損像を認め, 腎容積と

図7 症例1, 2の ^{99m}Tc -DMSA 腎イメージ (A: 正常例, B: 腎機能障害例)

図8 両腎梗塞兼右腎嚢腫例(症例3)のCT像

内に摂取された放射性医薬品の定量が出来る。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、臓器機能の測定が可能となる。

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³⁾, Kawamuraら⁷⁾により報告されている。著者ら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

射能量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当然必要となる⁸⁾⁹⁾。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

図9 症例3の腎イメージ

図10 左腎嚢腫例(症例4)のDIP(A)と腎イメージ(B)

に必要な最適いき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。著者らがSPECT 腎3次元イメージから算出した成人正常腎のTc-DMSA 腎摂取率2時間値は, 2次元イメージから算出した細川らの値と比較しやや高い測定値が得られた¹⁰⁾。また, 腎容積は最適いき値51%を使用したKawamuraら⁷⁾の値と比較し左腎でやや大きい値を示した。正常老年者の腎摂取率は正常成人と比較し, 有意に低値を示した。

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, しかも尿排出は極めて少ない優れた腎スキャン剤である¹¹⁾。したがって 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灌流すると考えれば, 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。それ故, Tc-DMSA で求めた腎容積と腎摂取率は相関し, 両者が共に RPF, PSP 15分値, Ccr 値と良好な相関を示すとする報告もある⁷⁾。しかし, 今回の検討では腎容積と腎摂取率の相関は良くなかったが, 臨床的に両者に解離が認められる事は当然と考えられる。総腎容積, 総腎摂取率と Ccr 値との相関を見ても, 腎摂取率とより良い相関を示しており, 腎摂取率は腎容積に比べてより正確に腎機能を反映するものと推察される。

6. まとめ

43症例の老年者を対象に, SPECT による 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行い, その臨床的有用性について検討した。

1) 79腎の腎容積と腎摂取率の相関係数は $r=0.5081$ であった。

2) Ccr 値と総腎容積および総腎摂取率との相関係数は $r=0.3592$, $r=0.6417$ で総腎摂取率とよく相関した。

3) したがって, 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た。

4) 正常成人例と健常老年者の腎容積と腎摂取率は、おのおの $225 \pm 28\text{ml}$, $27 \pm 2\%$, $212 \pm 44\text{ml}$, $23 \pm 5\%$ で、健常老年者では有意に低値 ($p < 0.01$) を示した。

5) Single photon emission computed tomography (SPECT) による TC-DMSA 腎断層イメージから腎摂取率を求める検査法は採血、採尿を必要とせず、老年者の分腎機能検査法として臨床的に有用と考えられる。

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) Rollo FD, Deland F: The determination of liver mass from radionuclide images. *Radiology* 91 : 1191—1194, 1968.
- 2) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, Lord JD Jr: Use of biplane angiocardiology for measurement of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* 60 : 762—776, 1960.
- 3) Tauxe WN, Soussaline F, Todd-Pokropek A, Cao A, Collard P, Richard C, Itti R: Determination of organ volume by single-photon emission tomography. *J Nucl Med* 23 : 984—987, 1982.
- 4) 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.

- 5) Dubovsky EW, Russel CD: Quantitation of renal function with glomerular and tubular agents. *Semin Nucl Med* 12 : 308—329, 1982.
- 6) Gates GF: Split renal function testing using Tc- 99m -DMSA—A rapid technique for determination defferential glomerular filtration—. *Clin Nucl Med* 8 : 400—407, 1983.
- 7) Kawamura J, Hitoshi I, Yoshida O, Fujita T, Torziuka 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.
- 8) Tauxe WN, Burke FC: Kidney depth and isotope renography. *J Nucl Med* 9 : 225—226, 1968.
- 9) 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—125, 1977.
- 10) 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IV)。泌尿紀要 23 : 653—665, 1977.
- 11) Lin TH, Kehntigan A, Winchell HS: A ^{99m}Tc -chelate substitute for organoradiomercurial renal agents. *J Nucl Med* 15 : 34—35, 1974.

Abstract

**Tc-99m-DMSA Renal Uptake Rate and Renal Volume of Elderly Persons
—Measurement by SPECT Renal Tomographic Image—**

Yukihiko Ohishi, Toyohi Machida, Akira Kido, Kazuya Tashiro,
Tetsuroh Wada, Shinichiroh Torii, Fukuo Yoshigoe*,
Hideo Yamada, Munehiko Tanno**
and Hinako Toyama***

Renal function of elderly persons was evaluated by the radionuclide renal function test based on the renal uptake rate and the renal volume determined by Tc-99m-DMSA transectional tomographic images using single photon emission computed tomography (SPECT). Forty-three elderly cases (13 healthy persons and 30 patients with various types of renal disorders) aged between 60 and 87 on an average of 70 were studied and compared with results obtained from 20 healthy adults (18—45 years old). Renal volume was calculated from the summation of voxels in the region districted by equi-count threshold level (percentage to maximum count) on each

section of the SPECT image. Attenuation correction was made by GE-STAR protocol utilizing Sorrenson's pre-correction method. The renal uptake rate was expressed as a percentage of the total radioactivity detected within the renal volume, against an amount of dose injected. In the 26 kidneys of 13 healthy elderly persons, Tc-99m-DMSA renal uptake was $23 \pm 5\%$, which was significantly lower ($p < 0.01$) than that of healthy adults being $27 \pm 2\%$. A correlation coefficient between renal volume and uptake of 79 kidneys of 43 elderly persons was 0.5081 ($p < 0.01$). Creatinine clearance (Ccr) was better correlated with the total renal uptake ($r = 0.6471$, $p < 0.01$) than with the total renal volume ($r = 0.3592$, $p < 0.01$). This method is considered to be useful for clinical purpose as a test of renal function for elderly persons since it requires neither blood nor urine samples.

key words: renal uptake rate, renal volume, SPECT, renal function test, Tc-99m-DMSA
(Jpn J Geriat 24: 567—574, 1987)

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

** Department of Nuclear Medicine and Radiological Science, Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital, Tokyo, Japan

*** Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan