

## 《原 著》

## 大動脈疾患における腎動態シンチグラフィ

## ——大動脈瘤および閉塞性動脈硬化症における腎動脈侵襲の診断——

寺江 聰\* 伊藤 和夫\*\* 塚本江利子\*\* 中駄 邦博\*\*  
 藤森 研司\*\* 橋本 正人\*\*\* 田辺 達三\*\*\* 古館 正従\*\*  
 入江 五朗\*

**要旨**  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  腎動態シンチグラフィにて大動脈疾患(閉塞性動脈硬化症, 胸部および腹部大動脈瘤, 解離性大動脈瘤)における腎動脈侵襲の診断がどの程度可能かについて検討した。腎動脈侵襲の評価の指標として, 初期腎血流イメージでの視覚による判定(BPI)とコンピュータを用いて算出した相対的分腎機能比(RSRF)を用いた。前記疾患45例中, 動脈造影所見と比較し得た24症例(26スキャン)において, 片腎性動脈病変に関しては, BPI は false negative 例がなく, その sensitivity は 100% (9/9), specificity は 77% (10/13) で, RSRF は false negative 例があり, その sensitivity は 78% (7/9), specificity は 92% (12/13) で, 病側の診断に腎動態シンチグラフィは有用である結果を得た。しかし, 両側腎動脈侵襲を有する場合の診断は困難であった。腎動態シンチグラフィは腎血管病変に伴う二次的な相対的腎血流分布ならびに分腎機能の評価に対して有効な検査法である。

## I. 緒 言

閉塞性動脈硬化症(ASO), 大動脈瘤ならびに解離性大動脈瘤では, 原疾患の診断に加え病変の広がり, つまり大動脈より分岐する血管への侵襲を捉えることが重要になる。中でも腎動脈への侵襲の有無は高血圧や腎不全の原因となり, 手術適応あるいは術後管理の点で問題になることが多い<sup>1,2)</sup>。腎動脈侵襲の診断は intravenous pyelography (IVP), X-ray computed tomography (CT), 超音波断層法等の非侵襲的な検査方法も行われているが, その正確な診断となると侵襲的な経動脈性動脈造影に頼らざるを得ない。しかし, これらの大動脈疾患では, 経動脈性動脈造影による出血, 血栓, 造影剤による腎機能障害などの合併症の危

険が高く<sup>3,4)</sup>, また, 高齢者に圧倒的に多いため, 必ずしもすべての症例に経動脈性動脈造影を施行することはできない場合がある。そのため血管造影に対する補助診断法としての非侵襲的検査法の位置づけが重要になる。

$^{99m}\text{Tc-DTPA}$  を用いた腎動態シンチグラフィにて大動脈疾患(閉塞性動脈硬化症, 胸部および腹部大動脈瘤, 解離性大動脈瘤)における腎動脈侵襲の診断がどの程度可能であるか検討を行った。

## II. 対象および方法

## 1. 対 象

1982年5月から1985年9月までの3年4か月間に腎動態シンチグラフィを施行した症例の内, CTスキャン, 血管造影, または, 術中所見により診断の確定した閉塞性動脈硬化症(ASO), 胸部および腹部大動脈瘤, 解離性大動脈瘤の45例, 延べ61スキャンを対象とした。その内訳は Table 1 のとおりで, 男性38例, 女性7例, 年齢は31~75歳に分布していたが60歳以上が28例(62%)と半数以上であった。

\* 北海道大学医学部放射線医学教室

\*\* 同 核医学教室

\*\*\* 同 第二外科学教室

受付: 61年1月27日

最終稿受付: 61年6月16日

別刷請求先: 札幌市北15条西7丁目 (〒060)

北海道大学医学部核医学教室

伊 藤 和 夫

Table 1 Clinical diagnosis of materials

Clinical diagnosis	No. of cases
ASO group	17
ASO only	16
TAA added	1
AAA group	13
AAA only	6
ASO added	3
TAA added	3
multiple AAA	1
Dissecting	12
TAA only	3
Total	45

sixty-one scintigrams reviewed.

abbreviation;

ASO: arteriosclerosis obliterans

AAA: abdominal aortic aneurysm

TAA: thoracic aortic aneurysm

## 2. 検査方法

シンチグラフィ施行に伴う前処置は行わず、仰臥位にて<sup>99m</sup>Tc-DTPA 10 mCi (370 MBq, 第一ラジオアイソトープ研究所)を前腕肘静脈よりbolus 注射した。撮像装置は低エネルギー用汎用平行コリメータを装着した大視野ガンマカメラを用いて行った。ガンマカメラは被験者の背面に固定し、視野内に両腎全体と心臓が含まれるように設定した。薬剤静注後のデータは静注7~10秒後より3秒ごと9枚の連続血流相イメージ、その後2分ごと9枚の連続イメージをマルチフォーマットイメージャーを用いてフィルムに記録し、同時にこれらのデータを最初の1分間は、1フレーム1秒、60フレーム、その後1フレーム10秒、114フレー

ム、合計174フレームを64×64 matrixでコンピュータを介して磁気ディスクに収録した。

データ処理は、心臓、両腎ならびにバックグラウンドとして右腎下極の腎周囲にそれぞれ関心領域(ROI)を設定して得た各ROI内のtime-activity curve (TAC)を用いた。

腎動脈侵襲の存在を示す指標としては、以下のものを用いた。

1) 初期腎血流相イメージでの視覚上の腎血流の左右差 (blood perfusion image: BPI)。

2) 相対的分腎機能比 (relative split renal function: RSRF)。左右の各値は以下の方法で算出した。

$$Rt-RSRF = C_r \times 100 / (C_r + C_l) \quad [\%]$$

$$Lt-RSRF = C_l \times 100 / (C_r + C_l) \quad [\%]$$

$C_r$  はバックグラウンド補正後の右腎TACの静注後1分~2分間のカウント総和で、 $C_l$  は左腎のそれである。

3) 総腎機能の指標 (total renal function index: TRFI)。この値は心臓の関心領域から得られたTACの静注後10分~19分のカウント数の変化を最小二乗法で近似し、この近似直線が示す静注時( $t=0$ )のカウント数が半減するまでの時間( $T_{1/2}$  min)として算出した。

## III. 結 果

### 1. 片腎性動脈侵襲について

腎動脈に関して血管造影所見が得られた症例は約半数の24例でその疾患別内訳と血管造影所見はTable 2のとおりであった。この24例の26スキャンについて、血管造影所見とBPI, RSRFとの比

Table 2 Angiographic findings of a renal artery

Group	No. of cases	Angiographic findings			
		Unilateral	Bilateral	Normal	Not correlated
ASO	17	4	0	8	5
AAA	13	1	3	2	7
Dissecting	12	3	1	1	7
TAA	3	0	0	1	2
Total	45	8	4	12	21

Table 3 Results of renal scintigraphy correlated to angiography (AOG)

Findings of AOG	No. of studies	Scintigraphic findings			
		Blood perfusion (BPI)		RSRF	
		Equal	Decreased	<=8%	8%<
Unilateral	9	0	9	2	7
right	4	0	4	2	2
left	5	0	5	0	5
Bilateral	4	2	2	3	1
Normal	13	10	3	12	1
Total	26	12	14	17	9

RSRF: relative split renal function

diagnostic rate;

BPI: sensitivity=100% (9/9), specificity=77% (10/13), accuracy=86% (19/22)

BSRF: sensitivity=78% (7/9), specificity=92% (12/13), accuracy=86% (19/22)

較を行った (Table 3). 片腎性の腎動脈侵襲を有する症例と両腎とも異常のなかった症例から片腎性の腎動脈侵襲に関する診断率を求めるに、BPI は sensitivity 100% (9/9), specificity 77% (10/13), accuracy 86%, RSRF は sensitivity 78% (7/9), specificity 92% (12/13), accuracy 86% で両指標とも accuracy に関しては差異がなかった。BPI の false positive 3 例 (23%) は、いずれも右側の低下であり、この内 1 例は、連続イメージにて右腎に囊腫の存在が疑われた症例であった。また、RSRF の判定は正常者 10 名の平均値±2 SD (50±2×4) から 42% 以下の値を異常としたが、false positive の 1 例は前記した腎囊腫が疑われた症例であった。

## 2. 両側腎動脈性侵襲について

一方、血管造影上で両側性腎動脈侵襲を認めた症例は 4 例で、この内 BPI では 2 例、RSRF では 1 例に異常が観察された。残りの 2 例はその血

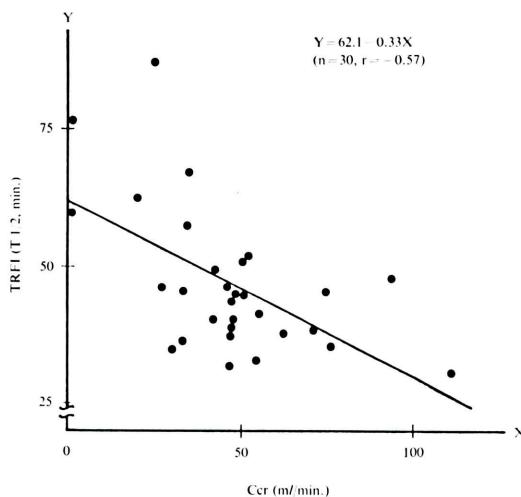


Fig. 1 Correlation between total renal function index (TRFI) and creatinine clearance for a period of 24 hours (Ccr).

Table 4 Results of renal scintigraphy in cases with and without correlation to angiography (AOG)

Correlation to AOG	No. of studies	Scintigraphic findings			
		BPI		RSRF	
		Equal	Decreased	<=8%	8%<
Yes	26	12 (46%)	14 (54%)	17 (65%)	9 (35%)
No	23	10 (44%)	13 (56%)	15 (65%)	8 (35%)
Total	49	22 (45%)	27 (55%)	32 (65%)	17 (35%)

管造影上狭窄の程度に左右差が乏しく、BPI および RSRF いずれも左右差は認められなかった。

両腎性疾患の場合には総腎機能の指標 (TRFI) に異常が観察されることを想定して、TRFI と 24 時間クレアチニンクリアランス ( $C_{cr}$ ) との相関を今回対象とした30例のデータを基に検討した。しかし、TRFI と  $C_{cr}$  は Fig. 1 のように、逆相関が認められたが、相関係数は -0.57 で、良い相関は得られなかった。したがって、今回用いた TRFI を両腎性の腎動脈侵襲、その結果として生ずる両腎性の腎機能障害のパラメータに用いることは難しいと判断された。

### 3. 血管造影との非対比群における分析

血管造影所見と対比できなかった群における BPI および RSRF の異常の出現率に関して検討した (Table 4)。非対比群では対比群とほぼ一致した値が得られた。この結果から、非対比群にもほぼ同率に腎動脈侵襲を有する症例が存在していたことが推定された。

以下に代表的な症例を提示する。

#### 症例 1 (Figs. 2, 3)

70歳、男性、右下肢の閉塞性動脈硬化症。

血管造影では、左腎動脈の狭窄、右総腸骨～外腸骨動脈の閉塞がみられた。腎動態シンチグラフィでは、BPI は左側の低下、RSRF も左腎で 41.2% と低下していた。

#### 症例 2 (Figs. 4, 5)

72歳、男性、解離性大動脈瘤、術後。

血管造影では、右腎動脈は、造影されず、腎動態シンチグラフィでは、BPI は右側が著明に低下、RSRF も右腎が 30.1% と著明に低下していた。

#### 症例 3 (Figs. 6, 7)

72歳、男性、腹部大動脈瘤。

血管造影では、腎動脈分岐以下の大動脈瘤と、右腎動脈の狭窄を認めた。BPI は右側で低下し、RSRF では右 45.5%、左 54.5% で右の低下を認めたが有意な差ではなかった。この原因として、 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  静注 1 分～2 分後には、側副血行路を介して、かつ／または、狭窄部を通して、病側腎に血流が供給され腎実質機能が保持されている

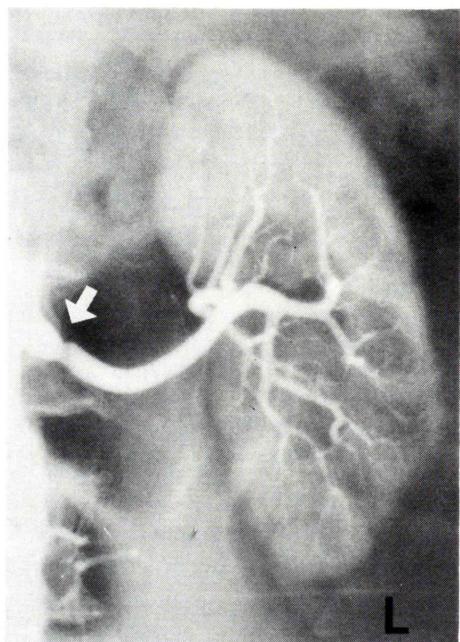


Fig. 2 Angiogram of the left renal artery in a 70-year-old male with arteriosclerosis obliterans. Arterial narrowing is noted at the proximal portion of the left renal artery (white arrow).

可能性が考えられた。

### IV. 考 案

腎動脈狭窄が腎血管性高血圧症の原因となることはよく知られており、ASO、大動脈瘤および解離性大動脈瘤では腎動脈に病変が広がり、その結果二次的な腎血流障害ならびに機能障害を生ずる場合がある。ASO あるいは大動脈瘤はそれ自体が高血圧症に合併して生ずることが多いこと、また、腎動脈狭窄は必ずしも高血圧症の原因となるわけではないこと<sup>5~7)</sup>などから、腎動脈に対する病変の広がりを正確に診断するには経動脈性血管造影法に頼らざるをえない。しかし、これらの疾患は高齢者に多く<sup>8,9)</sup>、また、鮮明な動脈像を得るために逆行性の経動脈造影が全く適応にならない症例も少なくない。したがって、非侵襲的検査の位置づけを的確に捉えておくことが大切である。

今回腎動脈侵襲の存在を示す指標として用いた BPI の判定および RSRF の算出はいずれも短期

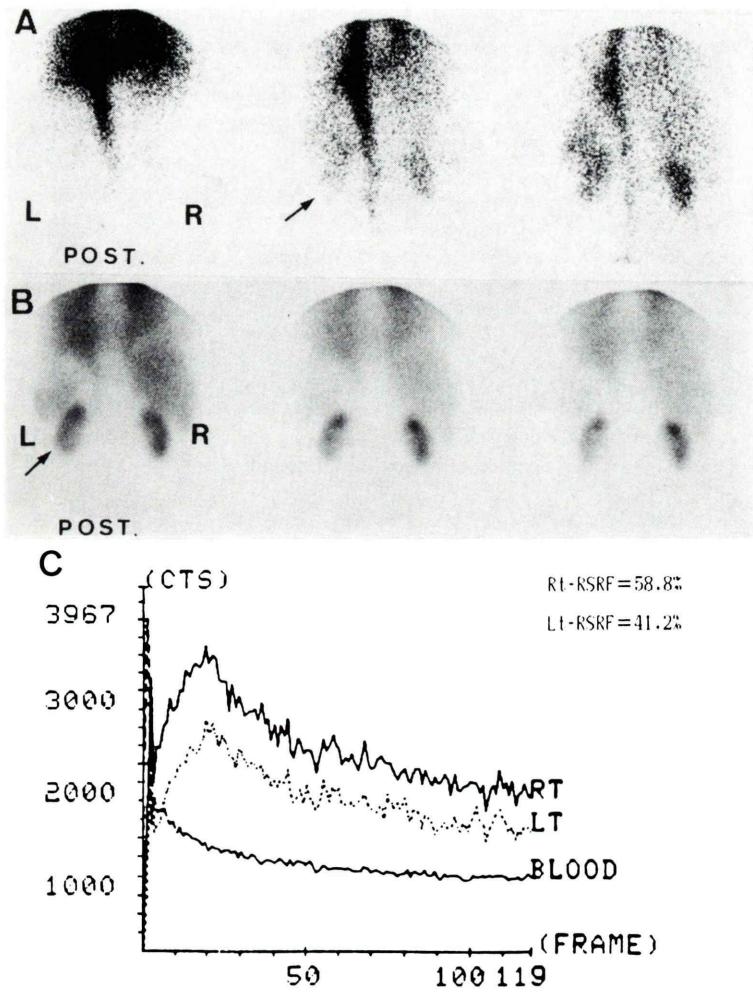


Fig. 3 Renal scintigrams of the same patient as Fig. 2.

- A: Blood perfusion images of the kidney every 3 sec.
- B: Sequential parenchymal and urinary drainage images every 2 min.
- C: Time-activity curve (TAC) of both kidneys and results processed using a computer.

Scintigrams show a relatively decreased blood perfusion and parenchymal uptake in the left kidney (black arrows). A relative split renal function index of the left kidney is significantly lower than the normal value (41.2% compared with  $50 \pm 8\%$ ).

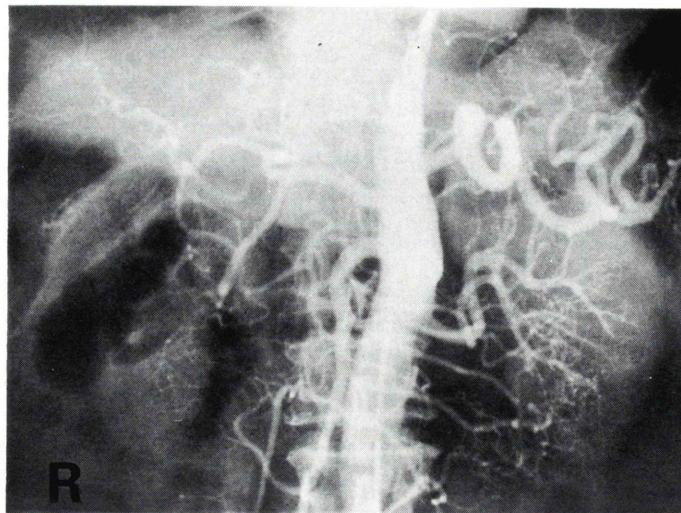


Fig. 4 Aortogram after the entry closure of a dissecting aneurysm in a 72-year-old male. The image of the right renal artery is not visualized.

間の核医学トレーニングで可能である。その結果, BPI と RSRF では sensitivity と specificity に違いが見られたが両者の accuracy はいずれも 86% で差が認められなかった。これまで ASO ならびに大動脈瘤の腎動脈侵襲に関する腎動態シンチグラフィの報告<sup>10,11)</sup>が乏しいため同一疾患での比較は難しいが、腎血管性高血圧 (RVH) のスクリーニング検査法に関する Havey<sup>12)</sup> らの報告では<sup>99m</sup>Tc-DTPA 腎動態シンチグラフィの sensitivity, specificity および accuracy はそれぞれ 86%, 89%, 88% と今回の検討結果に一致する値が報告されている。ちなみに <sup>131</sup>I-Renogram および IVP の sensitivity, specificity および accuracy はそれぞれ 74%, 77%, 76% および 77%, 86%, 81% で、<sup>99m</sup>Tc-DTPA 腎動態シンチグラフィよりも低い値が報告されている。Chiarini<sup>13)</sup> らは、腎動態シンチグラフィは RVH のスクリーニングとしてもまた、RVH の外科的予後を予測するうえでも最も確かな方法であると述べている。しかし、今回用いた方法では両側性の腎動脈侵襲の診断は困難であった。今回の方法が左右腎の相対的な血流分布ならびに腎機能の把握を主体とした分析法であったことを考えると当然予想された結果である。こ

の点を解決するには腎血流あるいは腎機能の新たな評価法が求められなければならない。つまり、TRFI を <sup>99m</sup>Tc-DTPA にて得られる糸球体濾過率 (GFR) で求めること<sup>14,15)</sup>、ならびに RSRF の算出は Gruenwald<sup>16)</sup> らが提唱している左右各腎の体表からの深さの測定と  $\gamma$  線吸収補正を行って求めるなどの測定法ならびに処理方法の採用である。しかし、腎動態シンチグラフィではいかなるパラメータを用いても、血管狭窄といった直接所見を得ることはできず、あくまでも血流分布あるいは分腎機能といった間接所見しか得られない。特に、ASO および大動脈瘤は 50 歳以上に圧倒的に多い疾患であり、腎動態シンチグラフィで両側性に (左右差の少ない) 異常が認められた場合でも、それが加齢によるものか、あるいは基礎疾患である高血圧性腎障害を示しているのかの鑑別は難しい。また、その狭窄程度がほぼ等しい両側性腎動脈侵襲が数 % ~ 十数 % 存在することも報告されている<sup>1,8,9,17,18)</sup>。

最近、経動脈性血管造影よりも侵襲性がなく、かつ、腎血管を直接確認できる診断法として digital subtraction angiography (DSA) が注目されている。Havey<sup>12)</sup> らは DSA による RVH の診断率

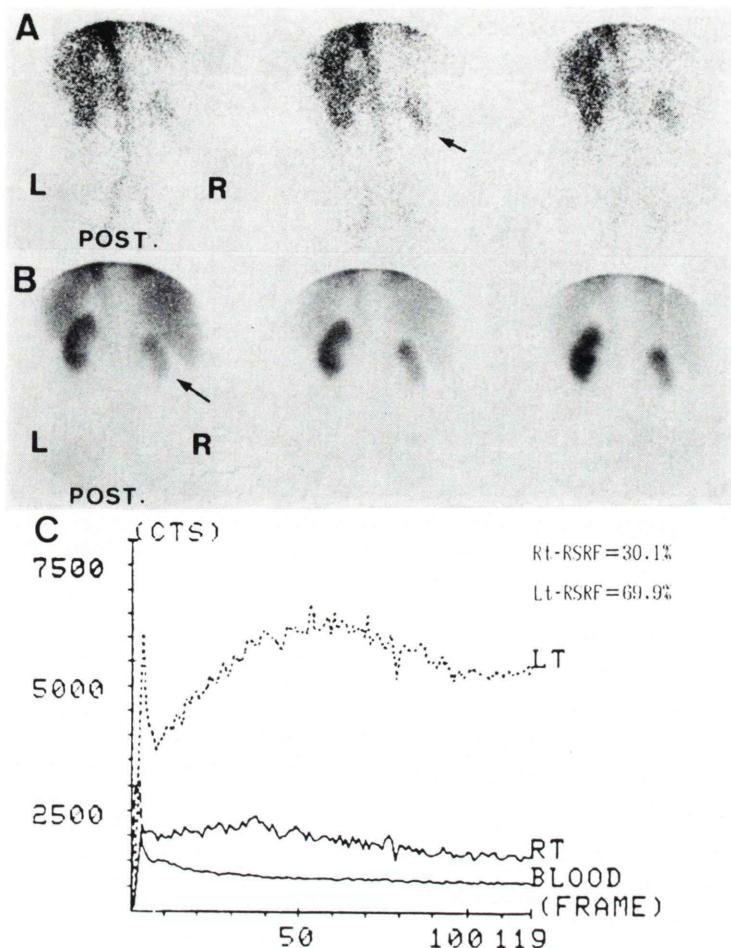


Fig. 5 Renal scintigrams of the same patient as Fig. 2. A, B and C are in the same arrangement as Fig. 3. Scintigrams show relatively poor blood perfusion and parenchymal uptake in the right contracted kidney (black arrows). The TAC of the right kidney shows a flat pattern suggesting a poor renal function.

は sensitivity 87.6%, specificity 89.5%と報告している。そして、DSA の欠点として、1) 空間分解能が低いため腎動脈の遠位部や分枝では、診断率が低下すること、2) 腎動脈の DSA のイメージは、数%～十数%の症例で読影不能となること、3) 造影剤による急性腎機能障害の危険が IVP よりも高いことなどを指摘している。

腎動態シンチグラフィは、造影剤が不要で、被曝線量も少なく、繰り返しの検査が可能である。DSA や動脈造影では、腎動脈を直接確認するこ

とができるが、術後の腎機能の予後を予測することはできない。このような点を考慮すると、腎血管性疾患において腎動態シンチグラフィは血管造影にとて最も相補的な検査法であると位置づけることができる。

## V. 結 語

$^{99m}\text{Tc-DTPA}$  による腎動態シンチグラフィを用いた ASO、大動脈瘤および解離性大動脈瘤における腎動脈侵襲の診断について検討した。上記疾

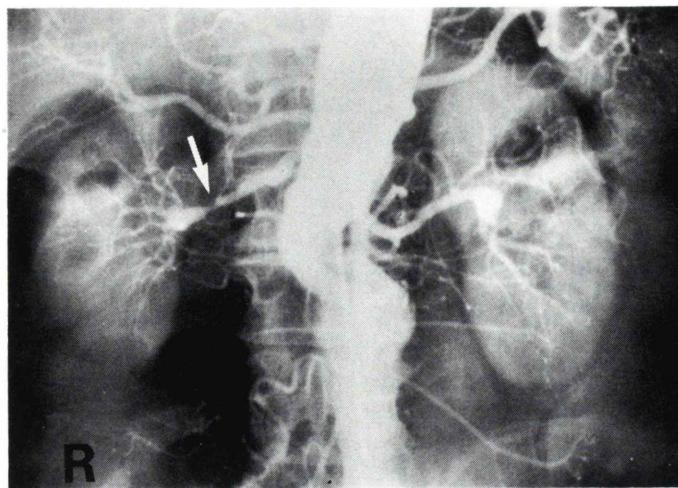


Fig. 6 Aortogram of a 72-year-old male with an abdominal aortic aneurysm. The aortogram reveals an irregular narrowing (white arrow) of the right renal artery.

患における片側性腎動脈侵襲の診断に関しては、腎動態シンチグラフィの初期腎血流相イメージ(BPI)および相対的分腎機能比(RSRF)はいずれもそのaccuracyは86%で両者に差がなかった。しかし、今回用いた方法では上記疾患における両側性腎動脈侵襲の評価は困難であった。腎動態シンチグラフィは片腎性腎動脈侵襲による二次的の変化を捉えることができる非侵襲的かつ簡便な検査法である。

#### 文 献

- 1) Brewster DC, Retana A, Waltman AC, et al: Angiography in the management of aneurysms of the abdominal aorta. *N Engl J Med* **292**: 822-825, 1975
- 2) Brewster DC, Buth J, Darling RC, et al: Combined aortic and renal artery reconstruction. *Am J Surg* **131**: 457-463, 1976
- 3) Cochran ST, Wong LS, Roe DJ: Predicting angiography-induced acute renal function impairment: Clinical risk model. *AJR* **141**: 1027-1030, 1983
- 4) Reiss MD, Bookstein JJ, Bleifer KH: Radiologic aspects of renovascular hypertension: Part 4. Arteriographic complications. *JAMA* **221**: 374-378, 1972
- 5) Holley KE, Hunt CJ, Brown AL, et al: Renal artery stenosis: A clinical-pathologic study in normotensive and hypertensive patients. *Am J Med* **37**: 14-22, 1964
- 6) Eyler WR, Clark MD, Graman JE, et al: Angiography of the renal areas including a comparative study of renal arterial stenosis in patients with and without hypertension. *Radiology* **78**: 879-891, 1962
- 7) Dustan HP, Humphries AW, de Wolfe VG, et al: Normal arterial pressure in patients with renal arterial stenosis. *JAMA* **187**: 1028-1029, 1964
- 8) Burchell HB: Aortic dissection (dissecting hematoma: dissecting aneurysm of the aorta). *Circulation* **12**: 1068-1079, 1955
- 9) Schatz IJ, Fairbairn JF, II, Juergens JL: Abdominal aortic aneurysms: A reappraisal. *Circulation* **26**: 200-205, 1962
- 10) 油野民雄, 高山輝彦, 中嶋憲一, 他: 片側性非腫瘍性腎疾患における腎 RI アンギオグラフィ. *核医学* **21**: 1597-1603, 1984
- 11) Goldstein HA, Greenberg A, McLean GK, et al: Renal scan in aortic dissection. *Clin Nucl Med* **8**: 85-86, 1983
- 12) Havey RJ, Krumlovsky F, del Greco F, et al: Screening for renovascular hypertension. *JAMA* **254**: 388-393, 1985
- 13) Chiarini C, Esposti ED, Losinno F, et al: Renal scintigraphy versus renal vein renin activity for identifying and treating renovascular hypertension. *Nephron* **32**: 8-13, 1982
- 14) Gates GF: Glomerular Filtration Rate: Estimation from Fractional Renal Accumulation of Tc-99m DPTA (Stannous). *AJR* **138**: 565-570, 1982
- 15) Piepsz A, Denis R, Ham HR, et al: A simple method for measuring separate glomerular filtration

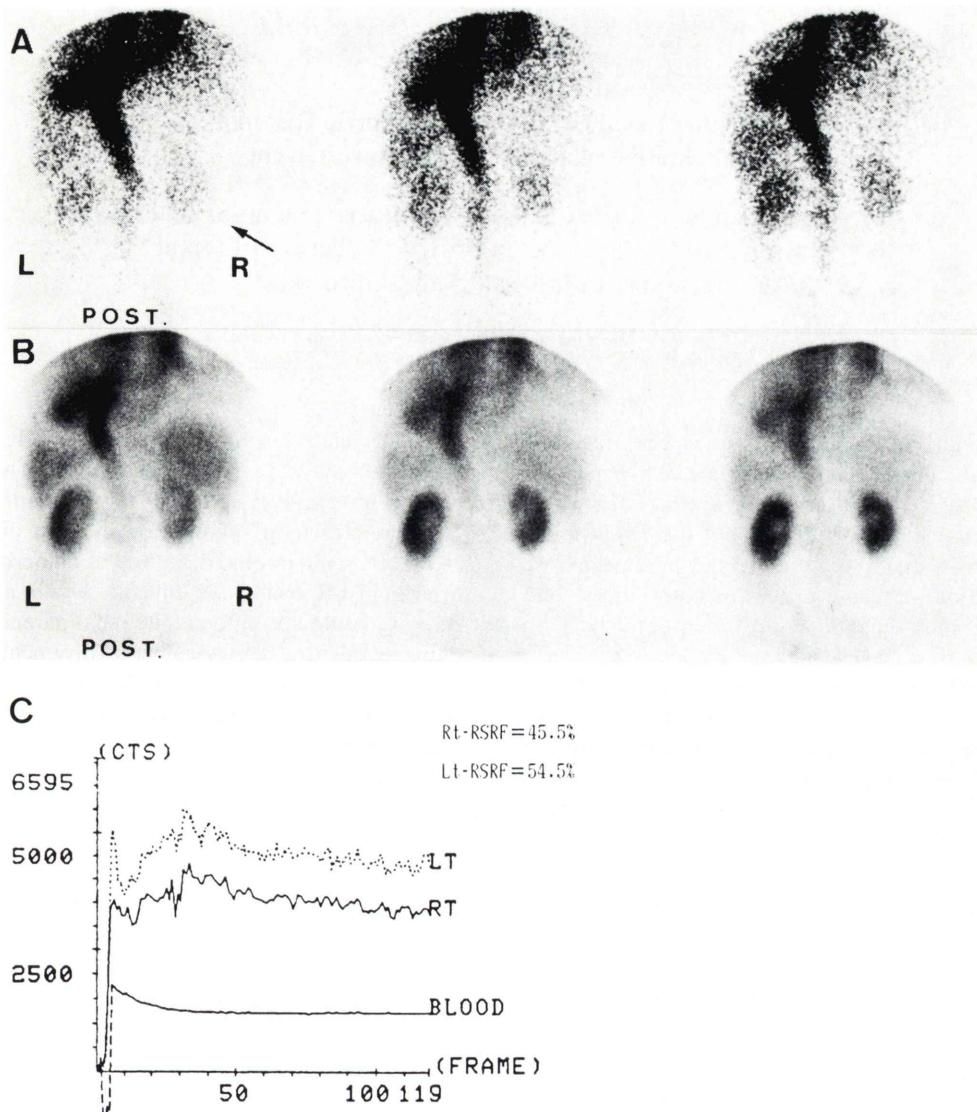


Fig. 7 Renal scintigrams of the same patient as Fig. 6. The arrangement of each figure corresponds to Fig. 3 and Fig. 5. Blood perfusion of the right kidney is definitely decreased as compared to the left one. However, the relative split renal function index of the right kidney is 45.5% which is within normal limits.

tion rate using a single injection of Tc-99m DTPA and the scintillation camera. *J Pediatr* **93**: 769-774, 1978

- 16) Gruenewald SM, Collins LT, Fawdry RM: Kidney depth measurement and its influence on quantitation of function from gamma camera renography. *Clin Nucl Med* **10**: 398-401, 1985
- 17) Bookstein JJ, Abrams HJ, Buenger RE, et al:

Radiologic aspects of renovascular hypertension: Part 3. The role of urography in unilateral renovascular disease. *JAMA* **220**: 1225-1230, 1972

- 18) Bookstein JJ, Maxwell MH, Abrams HL, et al: Cooperative study of radiologic aspects of renovascular hypertension: bilateral renovascular disease. *JAMA* **237**: 1706-1709, 1977

## Summary

### Dynamic Renal Scintigraphy in Aortic Disorders —Evaluation of Renal Arterial Involvement—

Satoshi TERAЕ\*, Kazuo ITOH\*\*, Eriko TSUKAMOTO\*\*, Kunihiro NAKADA\*\*, Kenji FUJIMORI\*\*, Masato HASHIMOTO\*\*\*, Tatsuzo TANABE\*\*\*, Masayori FURUDATE\*\* and Goro IRIE\*

\*Department of Radiology, \*\*Department of Nuclear Medicine,  
\*\*\*Second Department of Surgery, Hokkaido University School of Medicine

Dynamic renal scintigraphy has been reviewed for evaluation of renal arterial involvement in aortic disorders such as arteriosclerosis obliterans, abdominal aortic aneurysm and dissecting aneurysm. As a diagnostic finding and parameters, we used blood perfusion images of both kidneys and relative split renal function index obtained with analysis of the time-activity curves which were generated using a renal region of interest. In the diagnosis of unilateral renal arterial involvement, sensitivity and specificity of blood perfusion images were 100% (9/9) and 77% (10/13) and

those of relative split renal function index were 78% (7/9) and 92% (12/13), respectively. Dynamic renal scintigraphy was useful for evaluating unilateral renal arterial involvement in aortic diseases. However, scintigraphic diagnosis of bilateral renal arterial involvement were difficult. And in a severe case, we could not differentiate renal parenchymal damage due to renovascular involvement from senile renal dysfunction or hypertensive renal disease which is often a cause of aortic disorders.

**Key words:** Aortic disorders, Renal artery, Renal scintigraphy,  $^{99m}\text{Tc}$ -DPTA.