

《原 著》

^{99m}Tc -DTPA および ^{131}I -Orthoiodohippurate 同時投与 による Renogram の検討

——分腎 GFR, ERPF および Retention Function の算出——

前田 盛正* 長谷川 隆** 田中 州鶴** 吉田 博**

要旨 ^{99m}Tc -DTPA と ^{131}I -OIH の同時投与によって, renogram を作成し, 腎の初期摂取率から分腎 ERPF および GFR を推定するとともに, 30 分膀胱排泄率と腎の初期摂取率の左右比からも分腎 ERPF および GFR を算出した. 腎の初期摂取率によるものと膀胱排泄率によるものとはいずれも良好な相関を示した.

また両放射性薬剤の renogram と大動脈曲線から, retention function を matrix 法による deconvolution によって解き, $H(1)$ および MTT を求めた. それぞれの $H(1)$ は分腎 ERPF および GFR と良好な正の相関を示したが, MTT では負の相関で相関係数は低いという結果を得た.

腎および BG の ROI のとり方について考察した. ^{131}I -OIH では ROI のとり方による影響は少ないが, ^{99m}Tc -DTPA では腎に近接した ROI が必要で, われわれは辺縁増強法と 30% cut off の方法を用いた.

BG の ROI として, 円弧と円周とを比較検討したが, subtraction 後の renogram の形は円弧の方が原型に近く, パターン認識の大切な renogram 検査では円弧の方がよいと考える.

I. はじめに

前々報¹⁾において ^{131}I -Orthoiodohippurate (OIH) による renogram の 1～2 分値および注射後 30 分の膀胱排泄率から個々の腎の ERPF を推定することを報告した. また前報²⁾においては ^{131}I -OIH-renogram の retention function を matrix 法の deconvolution によって, $H(1)$ および mean transit time (MTT) を算出し有効腎血漿流量 (ERPF) との相関について述べた.

腎の血流量の指標とされる OIH の他に, 腎の糸球体濾過値 (GFR) を示すという diethylene-triaminepentaacetic acid (DTPA) についても同様

のことが検討しうるはずである.

Gates³⁾および伊藤ら⁴⁾は renogram から求めた腎の初期摂取率によって GFR を推定し, クレアチニンクリアランスとよく一致したという. 平川ら⁵⁾は経時的な尿中排泄率から GFR を算出している. Nielsen ら⁶⁾は注射後早期の renogram の slope が, また Lee ら⁷⁾および Hutchings ら⁸⁾は注射後 22 分の腎および膀胱の摂取率の合計値が, ^{51}Cr -EDTA 法による GFR とよく一致するという. また Shore ら⁹⁾は初期計数値よりも slope の方がよかったと報告している.

いずれも採血という患者への負担をなくして, 腎機能の本質的な指標の一つである GFR を推定しようとするものである.

今回われわれは ^{131}I -OIH と ^{99m}Tc -DTPA の同時投与によって 2 核種同時の renogram を作成し, 腎の初期摂取率からの分腎 ERPF および GFR を推定し, また注射後 30 分の膀胱排泄率によっても分腎 ERPF および GFR の推定を行った. この

* 元大阪鉄道病院放射線科

** 大阪鉄道病院放射線科

受付: 60 年 1 月 23 日

最終稿受付: 60 年 4 月 17 日

別刷請求先: 京都市北区鞍馬口通寺町東入鞍馬口町 308

(☎ 603)

前 田 盛 正

際, ^{131}I -OIH では background (BG) の放射能が低く, 腎や BG の region of interest (ROI) のとり方による差は少ないが, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA では BG の放射能が高く, ことに右腎と重なる肝の血流の影響が大きい. この点については考察のところで精述する.

また ^{131}I -OIH と同様の方法で $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA の H(1) および MTT を算出し GFR との相関を求めるとともに, ^{131}I -OIH による H(1) および MTT との関係についても検討した.

II. 対象および方法

対象は昭和57年11月から昭和59年8月までに当院放射線科で renogram 検査をうけた 103 名 (205 腎) である. これらの患者の疾患は, 高血圧症 39 例, 慢性腎炎 17 例, 腎水腫 10 例, 尿管結石 9 例, 血尿 6 例, 腎癌 3 例, 萎縮腎 3 例, 囊胞腎 3 例, その他 13 例である.

装置は東芝製大型ガンマカメラ GCA202-3 に高エネルギー用平行コリメーターを装着し, 島津シンチパック 230 に連結したものである.

30分前に水 300 cc をのませ, 検査直前に排尿させる. 患者は背臥位とし, カメラはベットをへだてて下方から設置した. ^{131}I -OIH 250 μCi (9.25×10^6 Bq) と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA 2.5 mCi (9.25×10^7 Bq) の混合液を肘静脈から急速に注射し, 15秒ごとのイメージを25分間, 64×64 matrix で採取した. その後患者を腹臥位とし注射後 30 分の膀胱のイメージを 1 分間採取した. ^{131}I -OIH および $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA の投与量 (injected cpm) は, 注射前後に注射器をベット上において 1 分間計測し, その差の計数値とした.

腎の ROI を作るには, 注射後 0 ~ 5 分間の 64×64 matrix の ^{131}I -OIH の集合像 (A) を横方向に線微分して A' を作り, さらにこれを同様に線微分して A'' を作る. A' と A'' の最高値を一致させるごとく A'' に重み α をかけて引算し ($A' - \alpha A''$) を求める. ($A' - \alpha A''$) と A の最高値を一致させるごとく ($A' - \alpha A''$) に重み β をかけて [$\beta(A' - \alpha A'') + A$] の像を描く. このようにして辺縁を増

Table 1 Formulae for calculating separate ERPF and GFR

Separate ERPF or GFR calculated from early phase (t) uptake rate of single kidney (ml/min)

$$= \frac{\text{cpm}(t) \times q \times 100 \times k}{\text{injected cpm} \times e^{-\lambda t}} \quad (1)$$

Separate ERPF or GFR calculated from 30-minute excretion rate in bladder (ml/min)

$$= \frac{\text{cpm}(\text{bladder}) \times \text{right or left \%} \times k}{\text{injected cpm} \times e^{-\lambda Z}} \quad (2)$$

$$\text{right kidney } Y = 13.3 X + 0.7$$

$$\text{left kidney } Y = 13.2 X + 0.7$$

$$\text{bladder } Z = 17.4 X - 1.7$$

$$X = \frac{\text{weight in kg}}{\text{height in cm}}$$

right or left % was derived from equation (1)

	t	q	k	λ
ERPF	1 -2	2.78	7.4	0.11
GFR	1.5-2.5	2.99	3.4	0.153

t: Time (minutes) from the beginning of the renogram curve.

q: Conversion constant derived from uptake rate of the kidney at t minutes to 30-minute excretion rate in the bladder.

k: Conversion constant derived from 30-minute excretion rate in the bladder to ERPF or GFR.

λ : Linear absorption coefficient.

強した像を百分率表示とし, その30%のところを腎の外周とした (辺縁増強法).

1. Renogram における腎の初期摂取率による ERPF および GFR の算出

Renogram の作成には BG subtraction (BGS) を行った. BG の ROI は腎の外周から 1 matrix 離れたところで腎の下半分に, 腎盂部を除いて 1 matrix 幅の円弧状のものとした. BGS は腎との面積比を考慮して行った. スムージング¹⁾後 renogram の起始点から一定時間 (t) の 1 分間の計数値 cpm (t) を求め, Table 1 の (1) 式によって ERPF および GFR を求めた.

2. 30分膀胱排泄率による分腎 ERPF および GFR の算出

膀胱計数値も BGS を行って cpm (bladder) を求め, Table 1 の (2) 式によって分腎 ERPF およ

び GFR を算出した。BG の ROI は膀胱に近く、異常な放射能の集積のないところで矩形のものとし、面積比を考慮して BGS を行った。

因みに k の値は ^{131}I -OIH の 30 分尿中排泄率 67.6% を両腎 ERPF 正常値 500 ml/min に、 ^{99m}Tc -DTPA の 30 分尿中排泄率 29.4% を両腎 GFR の正常値 100 ml/min に相当するものとして算出した。

3. H(1) および MTT の算出

前報²⁾のごとく、両腎の直上で大動脈に 30 matrix の ROI を作り、Rutland¹⁰⁾の方法によって K および F 値を求め、renogram 曲線から blood background subtraction を行って $\text{CR}(t)$ を求め、 $\text{CR}(t) = \int B(t-T)H(T)dT$ の式を matrix 法によって deconvolution を行い、 $H(t) = [\text{CR}(t) - \sum B(t-T+1)H(t-T)]/B(1)\Delta t$ の式を逐次計算して $H(t)$ 曲線を作る。この曲線から $H(1)$ および MTT を求めた。

III. 結 果

1. ^{131}I -OIH-renogram における 1～2 分腎摂取率による分腎 ERPF と 30 分膀胱排泄率による分腎 ERPF との相関 (Fig. 1).

全例 205 腎についての両者の相関係数は 0.886972 と良好である。左右両側とも閉塞型 (M_2 bilateral) を示した症例では、1～2 分腎摂取率による ERPF が膀胱排泄率による ERPF より高くなる傾向がある。片側のみの閉塞型 (M_2 unilateral) ではそのような傾向はみられない。

2. ^{99m}Tc -DTPA-renogram における 1.5～2.5 分腎摂取率による GFR と 30 分膀胱排泄率による GFR との相関 (Fig. 2)

ERPF の場合よりも分散が大きく、また低機能腎において腎の初期摂取率による GFR が膀胱排泄率による GFR に比べて高値を示す傾向がある。したがって相関係数は 0.827769 と前者よりやや低く、intercept も 12.564 と大きい。

M_2 bilateral の症例は GFR でも同様に高値を示す傾向がある。

3. 30 分膀胱排泄率による ERPF と GFR の相関および濾過率について (Fig. 3)

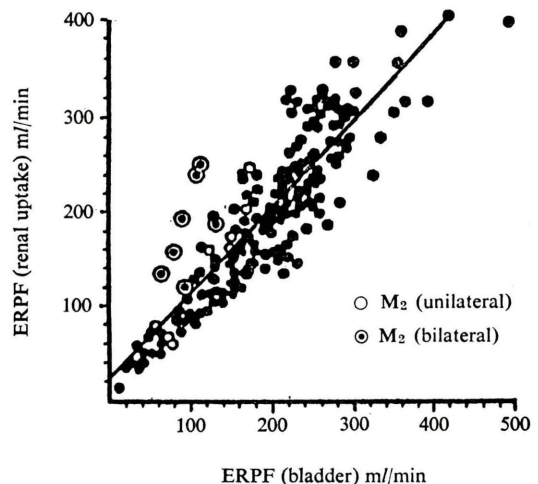


Fig. 1 Correlation between separate ERPF values calculated from 1-2 minute uptake rate [ERPF (renal uptake)] and separate ERPF calculated from 30-minute excretion rate in the bladder [ERPF (bladder)].

$n=205$

$r=0.886972$

$Y=0.913X+21.157$

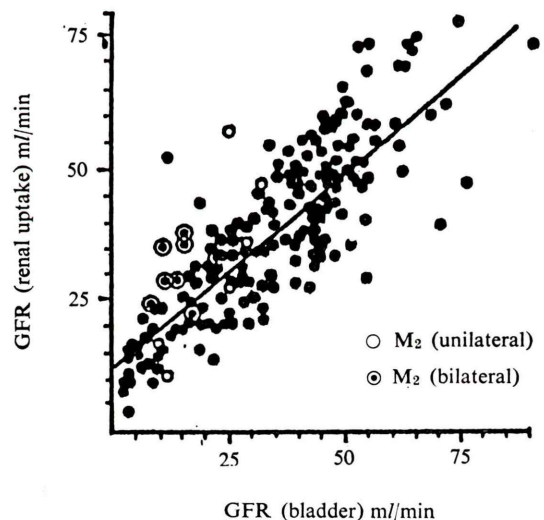


Fig. 2 Correlation between separate GFR values calculated from 1.5-2.5 minute uptake rate [GFR (renal uptake)] and separate GFR values calculated from 30-minute excretion rate in the bladder [GFR (bladder)].

$n=205$

$r=0.827769$

$Y=0.742X+12.564$

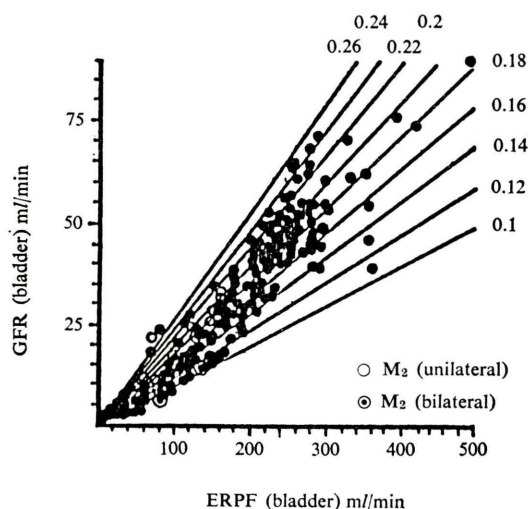


Fig. 3 Correlation between separate ERPF (bladder) and separate GFR (bladder).

$n=204$

$r=0.930027$

$Y=0.198X-3.57$

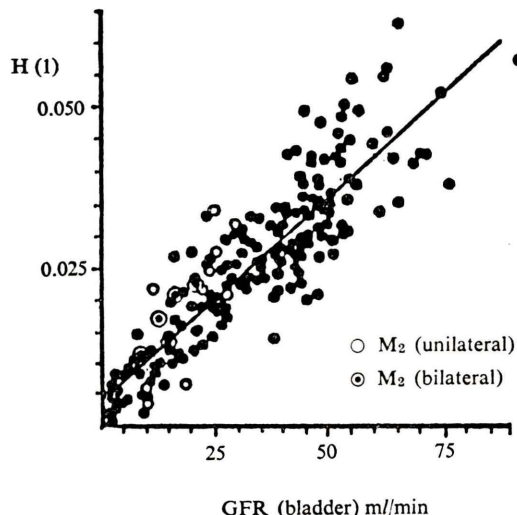


Fig. 5 Correlation between separate H(1) (^{99m}Tc -DTPA) and separate GFR (bladder).

$n=201$

$r=0.8773$

$Y=0.065X\frac{\text{GFR}}{100}+0.004$

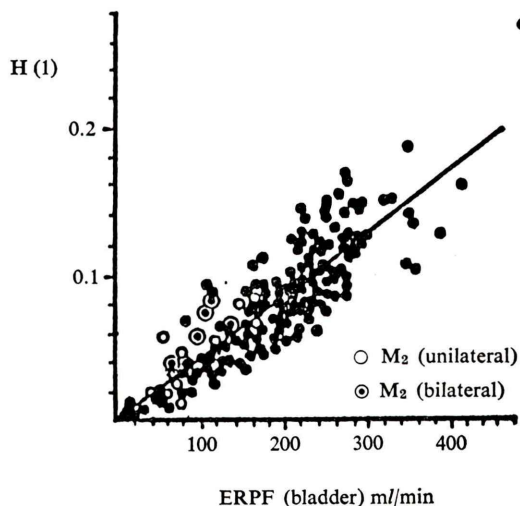


Fig. 4 Correlation between separate H(1) (^{131}I -OIH) and separate ERPF (bladder).

$n=202$

$r=0.8768$

$Y=0.044X\frac{\text{ERPF}}{100}-0.003$

膀胱排泄率による分腎 ERPF と GFR との相関は、相関係数 0.930027 と良好である。濾過率を算出するに、分腎 ERPF が 200 ml/min 以上のものの平均値および標準偏差は 0.189 ± 0.029 であり、200~100 ml/min のものでは 0.162 ± 0.033 、100 ml/min 以下のもの (異常値の 4 腎を除く) では 0.129 ± 0.040 と腎機能の低下とともに濾過率の減少を認めた。

しかし腎の初期摂取率による ERPF と GFR との間にはこのような濾過率の減少はみられなかった。

4. ^{131}I -OIH-renogram における H(1) と膀胱排泄率による ERPF との相関 (Fig. 4)

両者の相関係数は 0.8768 と良好である。しかし H(1) においても M₂ bilateral の症例に H(1) がやや高値になる傾向がある。

ERPF の正常値 250 ml/min に相当する H(1) は 0.1076 である。

5. ^{99m}Tc -DTPA-renogram における H(1) と膀胱排泄率による GFR との相関 (Fig. 5)

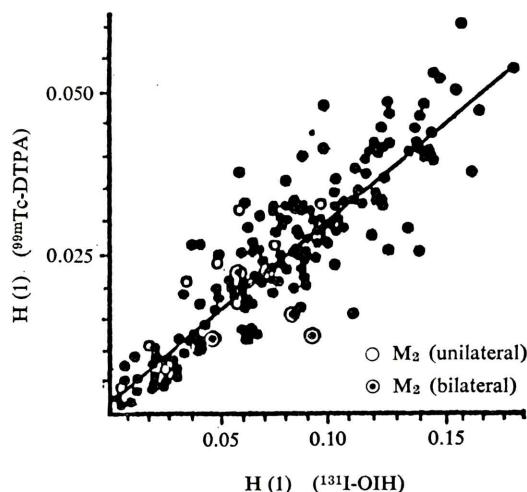


Fig. 6 Correlation between separate H(1) (^{131}I -OIH) and separate H(1) (^{99m}Tc -DTPA).
 $n=197$
 $r=0.8818$
 $Y=0.298X+0.003$

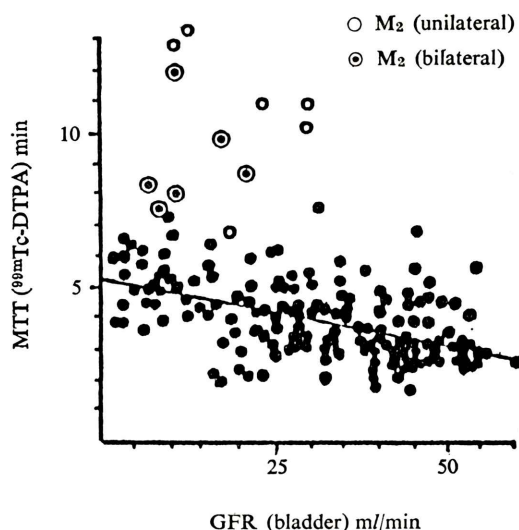


Fig. 8 Correlation between MTT (^{99m}Tc -DTPA) and separate GFR (bladder).
 $n=172$
 $r=-0.523$
 $Y=5.188-0.043X$
 (Cases of M_2 -type were excluded from calculations of the correlation equation)

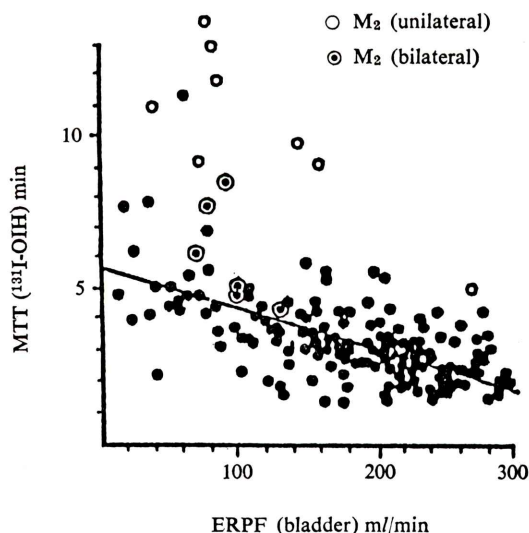


Fig. 7 Correlation between MTT (^{131}I -OIH) and separate ERPF (bladder).
 $n=177$
 $r=-0.6127$
 $Y=5.632-0.012X$
 (Cases of M_2 -type were excluded from calculations of the correlation equation)

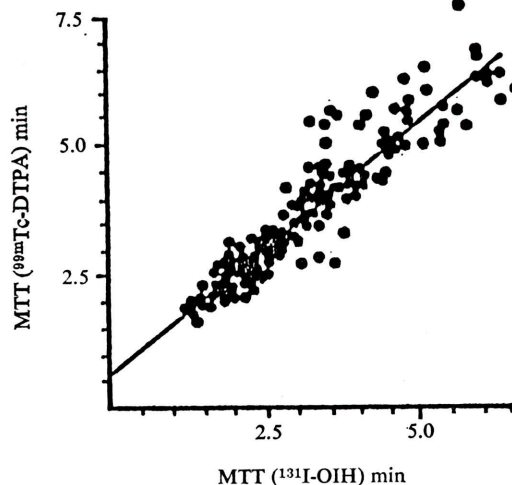


Fig. 9 Correlation between MTT (^{131}I -OIH) and MTT (^{99m}Tc -DTPA) of each kidney.
 $n=180$
 $r=0.9239$
 $Y=0.96X+0.672$
 (Cases of L and M_2 -type were excluded)

両者の相関係数は 0.877271 と前者と同様に良好である。また M₂ bilateral の症例の H(1) がやや高値であることも前者と同様である。

GFR の正常値 50 ml/min に相当する H(1) は 0.0363 である。

6. ¹³¹I-OIH と ^{99m}Tc-DTPA-renogram における H(1) の相関 (Fig. 6)

両者の相関は相関係数 0.8818 と良好であるが、Fig. 3 の膀胱排泄率による ERPF と GFR との相関関係よりも分散が大きく、また膀胱排泄率によるものでは腎機能の低下例に濾過値の低下をみとめたが、H(1) ではこのような傾向はみられなかった。

相関式から ERPF 250 ml/min に相当する H(1)

0.1076 に対する ^{99m}Tc-DTPA の H(1) を求めると 0.0340 となり、その比は 0.316 である。この値は濾過値の正常値 0.189 より著しく (1.67 倍) 大きい。その原因については考察のところで述べる。

7. ¹³¹I-OIH-renogram における MTT と膀胱排泄率による ERPF との相関 (Fig. 7)

M₂ 型では MTT の延長がみられる。M₂ 型を除いたものの相関係数は -0.6127 とあまりよい相関ではないが、腎機能の悪いものに MTT の延長の傾向がある。ことに M₂ 型で腎機能の悪いものに MTT の延長が著しい。

8. ^{99m}Tc-DTPA-renogram における MTT と膀胱排泄率による GFR との相関 (Fig. 8)

M₂ 型に MTT の延長がみられることは、¹³¹I-

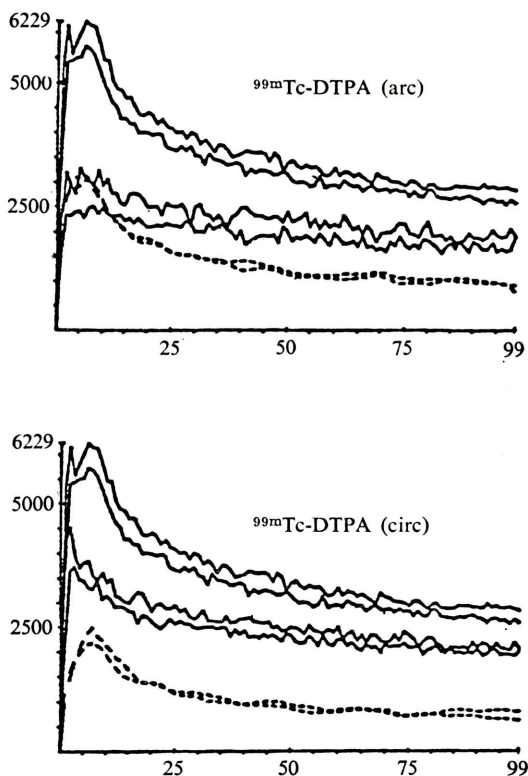
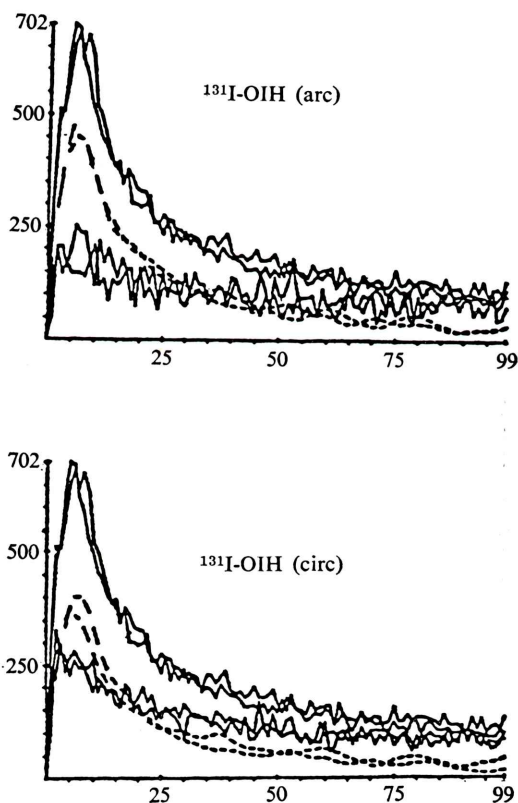


Fig. 10 Influence on BGS-renograms using different kinds of ROIs for background.

upper: original renograms
dotted: BGS renograms
lower: BG curves

arc: arcuated ROI
circ: circular ROI

OIH の場合と同様である。M₂ 型を除いた症例での相関係数は、 ^{131}I -OIH のものよりさらに低く、 -0.523 である。

9. ^{131}I -OIH と ^{99m}Tc -DTPA との MTT の相関 (Fig. 9)

M₂ 型および L 型 (ERPF が 80 ml/min 以下のもの)を除いた症例について両放射性薬剤の MTT の相関をみるに、相関係数は 0.9239 と良好で、 ^{131}I -OIH の MTT に比し ^{99m}Tc -DTPA の MTT は約 0.6 分長い。

M₂ 型や L 型では両者の MTT の相関は非常に悪くなる。

IV. 考 案

1. Renogram における腎の初期摂取率の時間 (t) の選定について

^{131}I -OIH による renogram は腎血流を反映するもので、急速な静注による正常腎の renogram (Fig. 10) は A 点および B 点までは急速な上昇を、その後は速やかな下降を示す。15 秒ごとのデータ採取を行ったわれわれの成績では、A 点は 0.5~0.75 分の間にあり、B 点は 2~4 分の間にある。この第二相は分泌相といわれ、腎機能の指標として最も適当な部分であろう。

われわれは 1~2 分を選定した。

^{99m}Tc -DTPA では、腎へ流入した血液の約 5 分の 1 が濾過排泄されるので、第一相が大きく第二相は比較的小さい。また血中からの排泄が遅いので下降曲線もゆるやかである。ことに周囲の臓器組織の放射能濃度が大きく、renogram 初期にしばしば spike 状の突出を作る。これは通常 A 点と一致する。 ^{99m}Tc -DTPA の A 点は ^{131}I -OIH と同じく 0.5~0.75 分の間にあり、B 点は 2.75~4.75 分の間にある。したがって選定する時間は 1~2.75 分の間であればよい。 ^{99m}Tc -DTPA の場合初期摂取率測定の間時間として瀬戸¹¹⁾は 80~160 秒を、伊藤ら⁴⁾は 1~2 分、Gates³⁾は 2~3 分がよいとしている。われわれは上記の時間の中でも A 点の影響のなるべく少ない 1.5~2.5 分を選んだ。膀胱排泄率による GFR との相関係数は測定時間と

して 1~2 分を用いた場合には 0.7971、1.5~2.5 分を用いると 0.8278 また 2~3 分を用いると 0.8425 となり、2~3 分を用いた場合が最も良好であったが、1.5~2.5 分との差は僅かである。

因みにこれらの時間の選定により、その部の renogram の cpm が異なるので適当な q 値を実験によって選ばねばならない。

2. 腎と BG の ROI の選定方法について

前々報¹⁾においては、操作の簡単のために腎の ROI を矩形とし、BG-ROI も腎下方の矩形とした。その際試みに腎の形にそった楕円形の ROI と BG-ROI も腎下半分に円弧状のものとしても ERPF の算出値には大差がないと述べた。これは ^{131}I -OIH では腎に流入した ^{131}I -OIH の 90% が排泄され、renogram 曲線の大部分を占めること、腎外臓器組織中の ^{131}I -OIH の濃度が比較的少ないからである。もちろん BGS には面積比の補正がなされている。

これに反し、 ^{99m}Tc -DTPA では renogram 曲線の一部 (約 20%) が濾過量であり、周囲臓器組織中の濃度が高く、ことに右腎では肝との重なりがあり、これらが renogram に大きな影響を及ぼす。これらの影響を少なくするためには、なるべく腎の外縁に近接した腎の ROI を描くべきであろう。

前報²⁾においてわれわれは、注射後 0~5 分の像を集め、これを微分し、その 20% のところを腎の ROI とした (一回微分法)。しかしこれではなお腎の ROI としてはかなり大きい。

中沢ら¹²⁾は肝の体積の測定法として 2 次微分法と cut off 法の併用を提唱している。われわれはこの方法を少し簡易化し、1 次と 2 次微分像との引算に原像を加算し、cut off level は 30% と一定にした (辺縁増強法)。この方法によって腎の外縁に近接した ROI を描くことができ、先の一回微分法に比べて 25~45% 面積が縮小した。

Gates³⁾は原像の 50% の BGS を行った後 light pen で腎外縁を描くとしているが、片腎の機能が悪い場合その腎は実際より縮小してしまうのではなからうか。微分法ではそのようなことはない。

BG-ROI としてその代表的なものは、tissue

background subtraction (TBGS) に止める腎下方の円弧状のものと, blood background subtraction (BBGS) を行う腎周囲の円周状のものとが考えられる。もとより, いずれもその本態は血流中の放射能であるが, 前者は主として毛細管内のものであり, 後者は太い血管内のものが含まれていると考えられる。すなわち Fig. 10 の BG 曲線を見るに, renogram の A, B 点間に相当する部分に差があり $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ において両者の差が明らかである。

3. 腎および BG の ROI による renogram への影響について

A. Renogram における腎の初期摂取率による ERPF および GFR の変化について

腎と BG の ROI のとり方によって renogram 曲線は大きく変化する。Renogram の腎の初期摂取率から ERPF および GFR を算出しようとするとき初期の cpm が当然大きく変化するが, 実験結果から正常腎について30分膀胱排泄率による ERPF または GFR に適合する q 値を選べばよい (Table 2)。

しかし腎の ROI に辺縁増強法を用い適当な q 値を選んでも, BG-ROI を円弧にとるか円周にするかで低機能腎において差が生じる。その関係は腎の初期摂取率による値と膀胱排泄率による値との相関式の intercept に表われるので, それを Table 3 に示す。Intercept の大きさは低機能腎において腎の初期摂取率による値が膀胱排泄率による値よりもそれだけ大きいことを示す。

ERPF でも GFR でも円周の方が intercept が小さく, また症例全体の相関係数も勝れている。

B. 左右比の変化について

われわれは renogram における腎の初期摂取率と30分膀胱排泄率から ERPF および GFR を算出しているが, 後者の方が信頼性が高いので臨床的には後者を採用している。この際の分腎率は renogram 初期の腎摂取率の左右の%を用いている。したがって腎の初期摂取率から得られる情報のうち, 腎機能の推定値よりも左右の%の方が大切といえる。

Table 2 Change of q values according to shape of ROI for kidney and background

Back-ground	Kidney		
	Square	Ellipsoid A	Ellipsoid B
ERPF			
Square	2.52		
Arc		2.71	2.78
Circ			3.09
GFR			
Arc			2.99
Circ		3.03	3.43

Ellipsoid A: Single differentiation and 20% cut-off method

Ellipsoid B: Edge-enhancement and 30% cut-off method

Table 3 Influence on correlation between ERPF (renal uptake) and ERPF (bladder), and between GFR (renal uptake) and GFR (bladder) using arcuated and circular ROIs for BG

	n	r	Slope	Intercept
ERPF				
Arc	205	0.886972	0.913395	21.1571
Circ	166	0.911794	0.981892	2.1297
GFR				
Arc	205	0.827769	0.742266	12.5639
Circ	166	0.895596	0.862019	6.99238

Arc: arcuated ROI, Circ: circular ROI.

Renogram の初期摂取率から右腎の百分率 (右%) を求め, 一回微分法と辺縁増強法の腎の ROI と円弧および円周の BG-ROI について比較するとともに, ERPF と GFR の右%の照合度についても検討した。

Table 4 は辺縁増強法の円弧の右%を基準として他の方法との比を求め, その比の平均値と標準偏差を示したものである。また各法の右%相互間の相関係数をも付記した。

ERPF ではどの方法でも右%にほとんど差がないが, GFR では一回微分法でも辺縁増強法でも円周の BG では右%の低下がみられるが, 後者ではその低下が少ない。また辺縁増強法の ERPF 右%に対する GFR 右%の比をみると, 円弧では

Table 4 Comparison of right kidney uptake ratios and correlation coefficients in various configurations of ROI for kidney and background

ROIs of kidney and background		Uptake ratio (rt-kidney) mean and standard deviation	Correlation coefficient
ERPF/ERPF	A, arc/B, arc	1.009±0.048	0.977979
	B, circ/B, arc	0.984±0.063	0.966654
GFR/GFR	A, circ/B, arc	0.928±0.092	0.888887
	B, circ/B, arc	0.948±0.068	0.94505
GFR/ERPF	B, arc/B, arc	1.025±0.078	0.959236
	B, circ/B, circ	0.962±0.063	0.975533

A: Single differentiation and 20% cut-off method.

B: Edge enhancement and 30% cut-off method.

Circ and arc: Form of background ROI

1 よりやや大きく、円周では 1 よりやや小さい。いずれにせよ腎影に近接した辺縁増強法であれば BG-ROI は円弧でも円周でもよいと考えられる。

C. 肝との重なりについて

このような現象は右腎が肝と重なることによる。この点をさらに究明するため、若干例について右腎を上下に二等分し、BG-ROI も上下に分け、それぞれについて subtraction を行った。その結果 ERPF 値では低機能腎で上半分が subtraction がやや過大の傾向があり、GFR 値では低機能腎の上半分が過大のものもあるが、全例において下半分が subtraction の不足を示した。

腎から重複部分の肝を subtraction するに当たって、BG-ROI は腎から 1 matrix 離れたところで 1 matrix 幅のものとした。これでは当然 BG-ROI に含まれる肝は重複部分より放射能の高い肝の中心部に近く、面積比を考慮した subtraction によって過大の subtraction になる。これが上半分過大の原因であろう。他方、低機能腎の ^{99m}Tc-DTPA-renogram にみられる下半分の subtraction 不足の現象は明解な説明は困難であるが、腸間膜血管内の放射能が拡散的に分布することにより、周辺ほど放射能が低くなるためではなからうか。この現象は左腎についても同様で、腎周囲の放射能の高い低機能腎においては BG を円弧にとると腎の初期摂取率による GFR が膀胱排泄率による GFR より高値になる原因と考えられる。

D. TBGS か、BBGS か

前項では、TBGS と BBGS とでは一長一短があるが、辺縁増強法によって腎の外縁に近接した ROI を用いると右%に著差はなく、この左右%と膀胱排泄率から分腎 ERPF および GFR を算出すればよいとした。しかしわれわれは臨床的には TBGS の方を用いた方がよいと考える。

前々報にも述べたことであるが、¹³¹I-OIH による renogram は腎血流そのものであり、いわゆる周囲の background の補正としての TBGS に止めるべきで、大動脈や肝の血流を用いての BBGS は行うべきではない。

Figure 10 に示したごとく、円弧の BG-ROI は比較的平坦で、tissue background であり、円周では血流の減衰曲線である。腎内の血流部分を完全に除去するものとしては、前報に述べた Rutland の BBGS があり、残った CR(t) 曲線は尿中の放射能曲線で、その形は通常の renogram とは全く異なる。

¹³¹I-OIH でも腎血流の一部を差引く円周の BGS では円弧に比べ A および B 点が低くなり、renogram の原像とはやや異なったものになる。

^{99m}Tc-DTPA では腎外血流中の放射能が高く renogram 曲線への影響は ¹³¹I-OIH よりも遙かに大きく、BG を円周にとると A 点および B 点の低下が著しく、subtraction 前の renogram とはかなり異なった像となる。これに反し BG を円弧と

したものではより原形に近い曲線である。

本来 renogram の診断はパターン認識を基本とするものであるから、原型に近いものの方がよいと考えられ、BG-ROI としてわれわれは円弧を選んだ。

E. その他の BG-ROI について

その他の BG-ROI として両腎の中央もよく用いられる。これは大動脈に相当し、得られる曲線は血流の減衰曲線である。われわれは腎の外側部に半円状の ROI (肝を含む) を設けて、renogram の腎初期摂取率による ERPF および GFR の算出を試みたが、円周と全く同じであった。

4. 腎と大動脈との ROI の大きさの H(1) および MTT への影響について

H(1) および MTT の計算には BGS は行わなかったため、腎および大動脈の ROI のみについて考察する。

A. 腎の ROI の大きさの影響

辺縁増強法は一回微分法よりも25~45%面積が少なくなる。しかし BBGS を行うので、H(1) の減少は僅かであり、後者に対する比は、 $^{131}\text{I-OIH}$ で右腎 0.955 ± 0.162 、左腎で 0.959 ± 0.114 であり、 $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ では、右腎 0.9396 ± 0.1723 、左腎 0.9486 ± 0.1294 であった。

MTT における辺縁増強法と一回微分法との比は、 $^{131}\text{I-OIH}$ で右腎 1.112 ± 0.169 、左腎 1.072 ± 0.110 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ では、右腎 1.055 ± 0.103 、左腎 1.034 ± 0.077 と、辺縁増強法の方がやや MTT が長い傾向があるが僅かである。

B. 大動脈の ROI の大きさの影響

$^{131}\text{I-OIH}$ における H(1) の数値は腹部大動脈から腎への分流量であることを前報²⁾で述べた。このことは数式上でも H(1) が初期の尿中放射能値 CR(1) を大動脈初期値 B(1) で除したものであることから当然といえる。しかし B(1) の絶対値は不明であり、大動脈の ROI の大きさの選定によって決まる。 $^{131}\text{I-OIH}$ において用いた 30 matrix という大きさは膀胱蓄積曲線 cystogram の k 値 0.16 を根拠とした^{1,2)}。

$^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ についても、小数列ではあるがこ

の k 値を求めると 0.147 なる値を得た。k 値は心拍出血液量の両腎への分流量と考えられるから、 $^{131}\text{I-OIH}$ と近似の値となるのは当然であろう。

しかし CR(t) は尿中排泄曲線であるから、 $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ の H(1) は $^{131}\text{I-OIH}$ の約 5 分の 1 となるはずであるが、われわれの結果は遙かに (1.67 倍) 大きい。すなわち $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ のときの B(1) はもっと大きく設定する必要がある。

本来腎と大動脈の深さの差および γ 線エネルギーによる吸収補正を行うべきであるが、われわれはこれを行っていないことに原因があるものと考えられる。また大動脈はしばしば腰椎と重なり、個々の症例について厳密な補正をすることは容易ではない。

しかし $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ の H(1) と GFR の相関係数は $^{131}\text{I-OIH}$ の H(1) と ERPF の相関係数と同等の良好な値であるから、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ と ^{131}I とのエネルギーの差はあまり問題にしなくてもよいのかもしれない。そのときは $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ の B(1) に適当な係数 (1.67) を乗ずれば数値的に妥当な H(1) が得られる。

V. 結 語

Renogram の初期の計数値または slope が腎機能を反映することは多くの人が指摘するところである。計数値と slope のいずれがよいかも論議の対象となるが^{9,13)}、H(1) は slope を示すと考えられるから、本報告は両法を兼ねるものである。また低機能腎で BG の放射能の高いとき、両法とも測定誤差を生じやすく、ことに $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ では高値になりやすい。この点を補うものとして 30 分膀胱排泄率による腎機能の測定がある⁹⁾。

この二核種同時の renogram 検査は、データー処理時間を含めて 45 分くらいであり、上記の各種の腎機能パラメーターが得られる。小児や全身状態の悪い患者では、始めの数分間の検査でもかなりのデーターが得られる¹⁴⁾。さらに移植腎への応用も可能と考えられる⁸⁾。

文 献

- 1) 前田盛正, 山口三男, 長谷川隆, 他: ^{131}I -Orthoiodohippurate (^{131}I -OIH) による Renogram および Cystogram と有効腎血漿流量 (ERPF) の測定. 核医学 **20**: 391-398, 1983
- 2) 前田盛正, 長谷川隆, 吉田 博: ^{131}I -Orthoiodohippurate (^{131}I -OIH) Renogram における有効腎血漿流量 (ERPF) と Retention Function との相関について. 核医学 **21**: 1285-1291, 1984
- 3) Gates GF: Glomerular filtration rate: Estimation from fractional renal accumulation of ^{99m}Tc -DTPA (Stannous). AJR **138**: 565-570, 1982
- 4) 伊藤綱郎, 竹田 寛, 豊田 俊, 他: ^{99m}Tc -DTPA 腎摂取率による糸球体濾過率の評価. 核医学 **21**: 1579-1586, 1984
- 5) 平川顕名, 上山秀磨, 桑原道義: 臓器循環測定の実際——腎レノグラムのアナログシュミレーション——. 総合臨床 **20**: 1706-1720, 1971
- 6) Nielsen SP, Møller ML, Trap-Jensen J: ^{99m}Tc -DTPA scintillation-camera renography: A new method for estimation of single-kidney function. J Nucl Med **18**: 112-117, 1977
- 7) Lee TY, Constable AR, Cranage RW: A Method for GFR Determination without Blood Samples in Routine Renal Scintigraphy with Tc-99m DTPA. In radionuclides in Nephrology Proceeding of the Vth International Symposium, Jokes AM, Constable AR, Brown MJG, Tauxe WM, eds, Academic Press, London, 1982, pp. 107-112
- 8) Hutchings VH, Sweny P, Fernando ON, Constable AR: Measurement of glomerular filtration rate without blood sampling: Validation in renal transplant patients. Brit J Radiology **57**: 347-349, 1984
- 9) Shore RM, Koff SA, Mentser M, et al: Glomerular filtration rate in children: Determination from the Tc-99m-DTPA renogram. Radiology **151**: 627-633, 1984
- 10) Rutland MD: A single injection technique for subtraction of blood background in ^{131}I -hippuran renograms. Brit J Radiology **52**: 134-137, 1979
- 11) 瀬戸 光: ^{99m}Tc -DTPA による分腎機能の定量的評価と腎動態イメージングに関する研究. 金沢大学十全医学会雑誌 **88**: 386-404, 1979
- 12) 中沢圭治, 石井勝己, 三屋公紀, 他: Single Photon Emission Computed Tomography による臓器体積測定の評価——輪郭決定法とその評価のためのファントム実験——. 核医学 **21**: 1-6, 1984
- 13) Piepsz A, Ham HR, Dobbeleir A, et al: Comments on Tc-99m-DTPA scintillation camera renography. J Nucl Med **18**: 1041-1042, 1977
- 14) Schlegel JU, Hamway SA: Individual renal plasma flow determination in 2 minutes. J Urol **116**: 282-285, 1976

Summary

Analysis of Renograms with Simultaneous Injection of ^{99m}Tc -DTPA and ^{131}I -OIH —Estimation of GFR, ERPF and Retention Function of Individual Kidney—

Morimasa MAEDA*, Ryu HASEGAWA**, Shukaku TANAKA**
and Hiroshi YOSHIDA**

**Present address: 308 Kuramaguchi-cho, Kita-ku, Kyoto*

***Department of Radiology, JNR Osaka Hospital*

Renograms obtained by the simultaneous injection of ^{131}I -OIH and ^{99m}Tc -DTPA were analyzed. Separate ERPF and GFR of individual kidneys were calculated using two methods; the early phase uptake rate in the kidney and the 30-minute excretion rate in the bladder. The values of ERPF and GFR obtained from the two methods showed good correlation between both radio-pharmaceuticals.

Retention function was then calculated using matrix deconvolution after aortic blood background subtraction. Values of $H(1)$ showed good correlation with ERPF and GFR, respectively.

However, values of MTT showed rather poor correlation with ERPF and GFR, especially the latter.

The influence of the region of interest (ROI)

configuration on the kidney and background was then discussed. The size and form of ROI for the kidney and background have a considerable effect on the ^{99m}Tc -DTPA renogram, although they have a little effect on the ^{131}I -OIH renogram.

Configuration of ROI over the kidney should fit close to the real edge of the organ. We tried to use a combination of double differentiation (edge enhancement) and 30% cut off method for ROI over the kidney.

For the background, we prefer arcuated to circular ROI because the renogram obtained by the former method is more similar to the original renogram which is important for its subsequent analysis.

Key words: ^{99m}Tc -DTPA renogram, ^{131}I -OIH renogram, GFR, ERPF, Retention function.