

99mTc-DTPA腎摂取率法を用いたGFR測定による分腎機能評価

著者	Aburano Tamio, Takayama Teruhiko, Nakajima Kenichi, Seto Mikito, Tonami Norihisa, Hisada Kinichi, Yamada Masato, Iida Yasuharu, Kawamura Masaaki, Matsudaira Masamichi, Miyazaki Yoshiharu
雑誌名	核医学
巻	22
号	12
ページ	1781-1787
発行年	1985-12-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/3331

《原 著》

^{99m}Tc-DTPA 腎摂取率法を用いた GFR 測定 による分腎機能評価

油野 民雄* 高山 輝彦* 中嶋 憲一* 瀬戸 幹人*
利波 紀久* 久田 欣一* 山田 正人** 飯田 泰治**
河村 昌明** 松平 正道** 宮崎 吉春***

要旨 ^{99m}Tc-DTPA 腎動態検査施行時に、ほぼ Gates 法に準じて、^{99m}Tc-DTPA の初期腎摂取率を求めた。得られた腎摂取率値は、24 時間クレアチニン・クリアランス値 ($r=0.893$)、チオ硫酸ナトリウム・クリアランス値 ($r=0.846$) と、良好な相関結果を示した。一方、チオ硫酸ナトリウム・クリアランス値との相関結果より導き出された回帰式 ($y=8.775x+9.685$) より算出された GFR 値と、^{99m}Tc-DTPA 腎実質レノグラムパターンとの関連では、標準型パターンで 35 ml/min. 以上の分腎 GFR 値を呈したのに対し、機能低下型パターンで 20~35 ml/min. の範囲内の分腎 GFR 値を、無機能型パターンで 20 ml/min. 以下の分腎 GFR 値を呈した。以上、^{99m}Tc-DTPA 腎摂取率による GFR 測定は、客観的定量的分腎機能評価法として、有効と思われた。

I. はじめに

腎動態イメージングには、腎糸球体より濾過され、尿細管で分泌・再吸収されることなく、尿中へ排泄される ^{99m}Tc-DTPA が用いられており、一回投与で、腎の血流相、実質相、排泄相を、定性的にイメージ上分離評価することが可能である。

このような腎糸球体濾過物質を用いた場合、腎糸球体濾過率 (GFR) を算出することが可能であり、一般に血中濃度曲線の消失率より求められる¹⁾が、方法がやや煩雑なため、ルーチンに普及するに至っていない。一方、最近 Gates により、腎実質相での ^{99m}Tc-DTPA 腎摂取率を求めることから、GFR を算出する方法が報告され²⁾、従来より簡便に導き出すことが可能となった。

現在、われわれの属する金沢大学病院では、^{99m}Tc-DTPA を用いて、腎動態イメージングならびにレノグラムにより、各種腎疾患における腎の機能的変化を評価しているが、今回 Gates 法にほぼ従い左右腎の GFR を算出するとともに、レノグラム・パターンと対比しながら、分腎機能評価における分腎 GFR 測定の有用性を検討したので報告する。

II. 対象ならびに方法

1. 対象

排泄性または逆行性腎盂造影、血管造影、腎生検、その他種々の臨床検査法により診断の確定した 113 例を、対象とした。113 例の内訳は、糸球体腎炎 8 例 (急性 2 例、慢性 6 例)、慢性腎盂腎炎 1 例、ネフローゼ症候群 2 例、糖尿病性腎症 5 例、膠原病 5 例、閉塞性尿路疾患 11 例 (腎結石 4 例、尿管結石 1 例、膀胱腫瘍 3 例、その他 3 例)、腎血管性高血圧 9 例、本態性高血圧 32 例、その他疾患による腎機能障害 9 例の 82 例、および腎尿路系に異常を認めなかったその他疾患 31 例 (腎クリアランス検査異常なし) である。

* 金沢大学医学部核医学教室

** 同 附属病院アイソトープ部

*** 能登総合病院アイソトープ部

受付：60 年 4 月 23 日

最終稿受付：60 年 8 月 12 日

別刷請求先：金沢市宝町 13-1 (☎ 920)

金沢大学医学部核医学教室

油野 民雄

なお今回検討した113例には、 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 検査施行前後1週間以内に、チオ硫酸ナトリウムまたは24時間内因性クレアチニン・クリアランス試験が施行された。

2. 方法

1) 前処置：通常、検査30分前に排尿させ、水300mlを服用させた。

2) データ収集：まず、低エネルギー用、高分解能コリメータを装着した大視野ガンマカメラ前方30cmに、約1~5mCiの $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ (第1RI研究所製)を封入した注射器をおき、1分間のカウント数を測定した。次に、患者を仰臥位とし、背面よりガンマカメラをあて、 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ を前腕肘静脈より急速注入した。静注直後より、1画像(64×64マトリックス)20秒、60枚(20分間)を磁気ディスク上にコンピュータを介して収録し、検査終了後の $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 腎摂取率算出用およびレノグラム解析用として、保存した。最後に、検査終了後、注射器内に残存する $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ のカウント数を、1分間計測した。

3) $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 腎摂取率の算出：腎摂取率は、以下のごとき手順に従い算出した。

① まず、CRT上に表示されたイメージ(cut off level 0%)上に、左右腎全体およびバックグラウンドとして左右腎の下方に関心領域を、ライトペンにて肉眼的に設定し、左右腎およびバックグラウンドの時間放射能曲線を求めた(Fig. 1に、設定した左右腎およびバックグラウンドの各関心領域を示す)。

② 求めた時間放射能曲線について、CRT上に放射能が出現してより120秒後から、180秒後までの左右両腎の集積カウント $\int_{120}^{180} R(t)dt$ を求め、

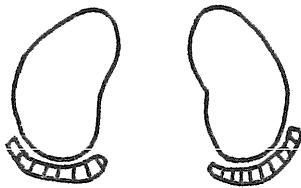


Fig. 1 Regions of interest below the kidneys were used for background subtraction.

それぞれのバックグラウンドカウント $\int_{120}^{180} \text{BKG}(t)dt$ を減算した $\int_{120}^{180} (R(t) - \text{BKG}(t))dt$ を算出した。

③ 次に腎の深さに対する補正として、左右腎の背面からの深さ(x)を、Tonnesenらの式³⁾(右腎の深さxr cm)=13.3×(体重kg)/(身長cm)+0.7、左腎の深さ(xl cm)=13.2×(体重kg)/(身長cm)+0.7により概算し、腎の深さによる γ 線吸収を補正した左右両腎の総補正集積カウント数 $\left[\int_{120}^{180} (Rr(t) - \text{BKGr}(t)) dt/e^{-\mu xr} \right] + \left[\int_{120}^{180} (Rl(t) - \text{BKGl}(t)) dt/e^{-\mu xl} \right]$ を求めた。 μ は、 ^{99m}Tc の軟部組織における線吸収係数(0.153)である。

④ 以上により求めた左右両腎の総補正集積カウント数を、1分間の患者投与カウント数(注射前のカウント数から注射後のカウント数を差し引いた値)で除し、 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ の左右両腎への摂取率(%)を求めた。

4) 腎実質レノグラムの作成：腎盂・腎杯を除く腎実質部およびバックグラウンドとして左右腎の下方に、ライトペンにて肉眼的に関心領域を設定し、バックグラウンドを除去した左右の腎実質レノグラムを作成した。

III. 結果

1. $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 腎摂取率値と24時間クレアチニン・クリアランス値との相関

同一症例にて、1週間以内に $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ と、24時間クレアチニン・クリアランスとによる検査が施行された47例につき、両検査で得られた数値間の相関を求めた。Fig. 2に示すごとく、相関係数(r)は0.893($p < 0.001$)であり、両腎の $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 総摂取率をx、クレアチニン・クリアランス値(Ccr)をyとすると、 $y = 8.263x - 3.556$ の回帰式が得られた。

2. $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 腎摂取率値とチオ硫酸ナトリウム・クリアランス値との相関

同一症例にて、1週間以内に $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ と、チオ硫酸ナトリウム・クリアランスとによる検査

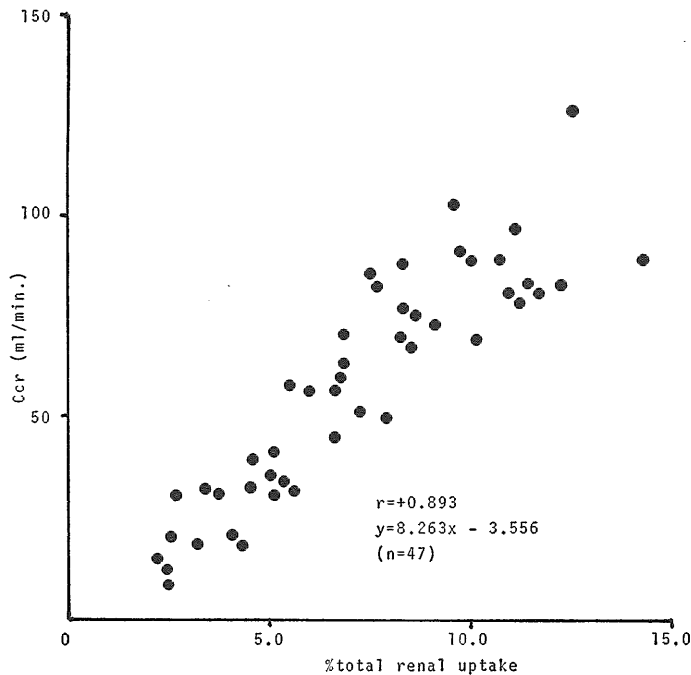


Fig. 2 Relation between 24 hour creatinine clearance (Ccr) and percent total renal uptake of ^{99m}Tc -DTPA at 2-3 min.

が施行された 75 例につき、両検査で得られた数値間の相関を求めた。Fig. 3 に示すごとく、相関係数 (r) は 0.846 ($p < 0.001$) であり、両腎の ^{99m}Tc -DTPA 総摂取率を x, チオ硫酸ナトリウム・クリアランス値 (Cthio) を y とすると、 $y = 8.775x + 9.685$ の回帰式が得られた。

3. 腎尿路疾患陰性群における分腎 GFR

^{99m}Tc -DTPA 腎摂取率値による GFR の算出は、Ccr との対比検討 47 例に比べ、Cthio との対比検討が 75 例と圧倒的に多数のため、Cthio との相関結果より得られた回帰式 ($y = 8.775x + 9.685$) より求められた。その際左右の分腎 GFR は、得られた左右両腎の総 GFR 値に、左右各腎の ^{99m}Tc -DTPA 摂取率を配分して求めた。

Figure 4 に、腎尿路疾患陰性 31 例(腎クリアランス検査でも異常なし)における左右腎の分腎 GFR 値を示した。右腎の GFR 値は、 52.0 ± 11.1 ml/min., 左腎の GFR 値は、 53.6 ± 10.9 ml/min. であり、左腎の GFR 値が右腎の GFR 値に比べ

やや高い数値を示したものの、左右腎間には統計的に有意な差違はみられなかった。また両腎ともに、34 ml/min. の数値を呈した右腎の 1 例を除き、35 ml/min. 以上の数値を呈した。

4. ^{99m}Tc -DTPA レノグラムパターンと分腎 GFR

久田の分類⁴⁾に従い腎実質レノグラムを、(1)標準型： T_{\max} 4 分以内かつ T 1/2 10 分以内^{5,6)}のもの、(2)遅延型： T_{\max} 4 分以上、ピーク値は健側より高く T 1/2 が著明に延長しているもの、あるいはピーク値が健側とほぼ同じ高さ、かつ T 1/2 の延長を認めるもの、(3)機能低下型： T_{\max} 4 分以上、ピーク値が健側より低く T 1/2 が極端に延長し、曲線は平坦化しているもの、(4)無機能型：曲線は低く平坦、血中のみの放射能推移を示すもの、(5)閉塞型： T_{\max} の著明な延長、ピーク値は健側より高いもの、以上 5 つのパターンに分類し、分腎 GFR との関係求めた。Fig. 5 に、パターン別の分腎 GFR を示した。標準型正常パターン

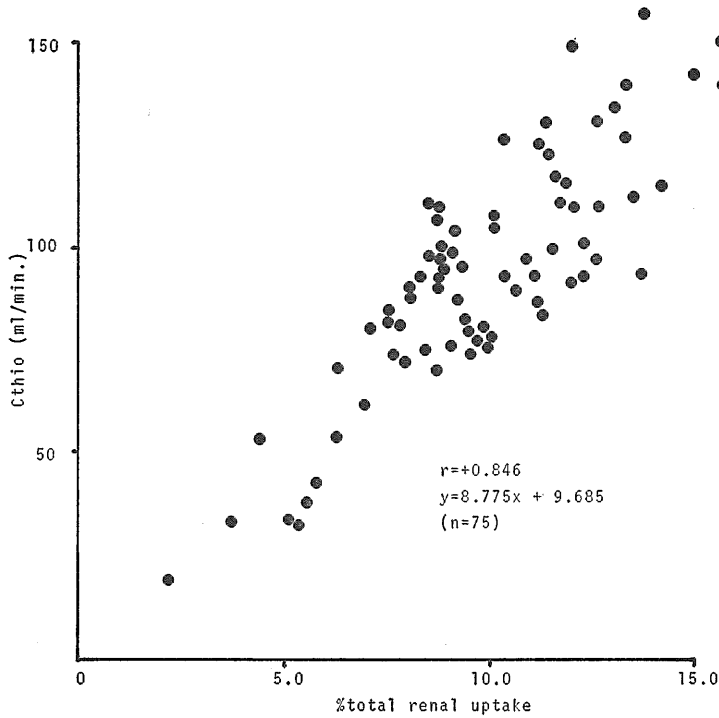


Fig. 3 Relation between sodium thiosulfate clearance (Cthio) and percent total renal uptake of ^{99m}Tc-DTPA at 2-3 min.

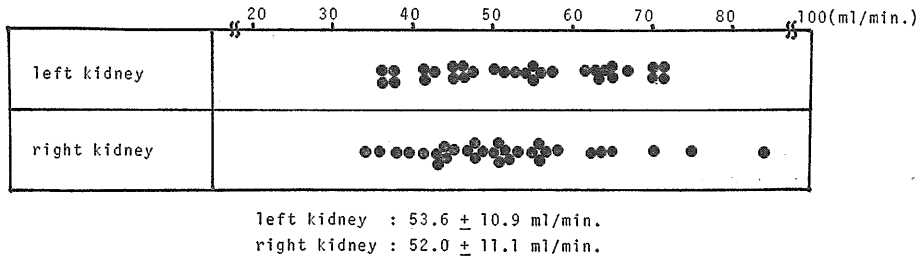


Fig. 4 Split GFR of left and right kidneys in the patients without nephrouropathy.

での分腎 GFR 値は、 48.2 ± 10.1 ml/min. であり、104 側腎中 6 側腎を除く 98 側腎 (94%) が 35 ml/min. 以上の値を示した。一方、機能低下型では、 27.6 ± 4.0 ml/min. の分腎 GFR 値を示し、18 側腎中 35 ml/min. と 19 ml/min. の数値を呈した 2 側腎を除く 16 側腎 (89%) が、20 ~ 35 ml/min. の範囲の値を示した。また、無機能型では、 14.6 ± 4.7 ml/min. の分腎 GFR 値を示し、23 ml/min. の数

値を呈した 1 側腎を除く 16 側腎中 15 側腎 (94%) が、20 ml/min. 以下の値を示した。これに対し、遅延型では 29.5 ± 10.6 ml/min. (15 側腎中、4 側腎が 35 ml/min. 以上、10 側腎が 20 ~ 35 ml/min. の範囲内、残り 1 側腎が 20 ml/min. 以下の数値を呈した)、閉塞型では 29.7 ± 10.1 ml/min. (11 側腎中、4 側腎が 35 ml/min. 以上、3 側腎が 20 ~ 35 ml/min. の範囲内、残り 4 側腎が 20 ml/min.

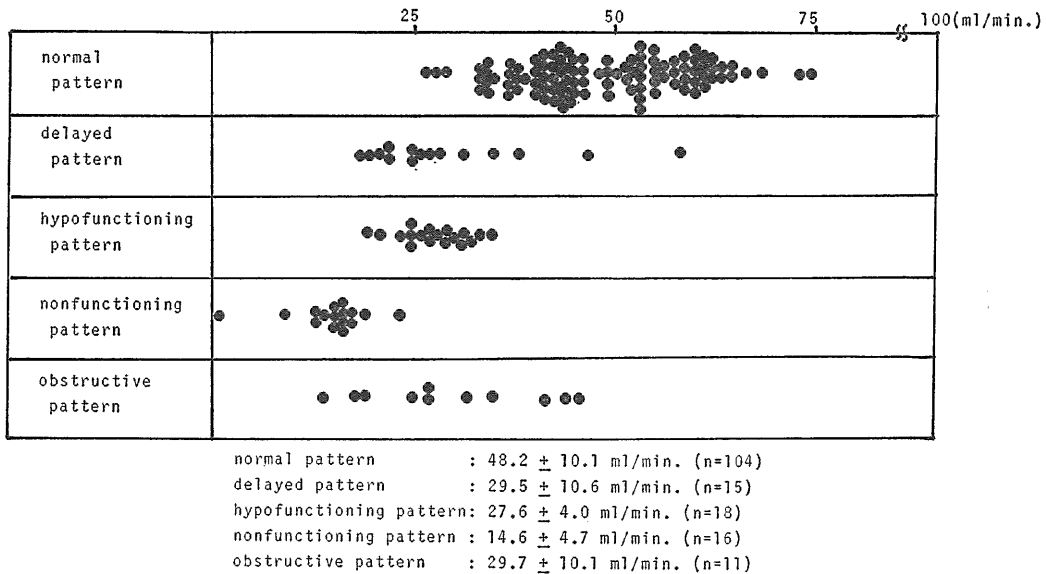


Fig. 5 Split GFR in various ^{99m}Tc-DTPA renogram patterns.

以下の数値を呈した)と、機能低下型や無機能型に比べ、比較的幅広い分布を示した。

IV. 考 案

一般に、^{99m}Tc-DTPA などの RI 標識腎糸球体濾過物質を用いた場合、GFR は血中消失率より求められ、さらに左右腎の GFR の分配は、求められた GFR 値に、RI 投与後最初の数分間の左右腎の集積比を、乗ずることより求められる¹⁾。一方、腎糸球体濾過物質投与後最初の数分間は、投与された物質が腎実質内に留まっている段階のため、この間に求められた腎摂取率が、GFR とよく相関することが指摘されている⁷⁻⁹⁾。したがって、投与後最初の数分間の腎摂取率を求めることにより、単に左右腎の GFR の分配を行うだけでなく、直接 GFR を算出することも可能とされる^{2,10,11)}。

^{99m}Tc-DTPA の初期腎摂取率算出の際、採用する時間に関しては、^{99m}Tc-DTPA が腎に蓄積されており、かつ腎から排泄されない時間であることが必要である。deconvolution analysis による ^{99m}Tc-DTPA の腎平均通過時間は、Diffey ら¹²⁾によれば 3.0 ± 1.5 分であることから、通常、投与

後 3 分以内であれば腎からの排泄は無視できると思われる。さらに、できるだけ腎周囲および腎内の血流の影響の少なくなる時間を採用することも、肝要である。以上の点を踏まえ、24 時間クレアチニン・クリアランス値との最適相関結果から、Gates²⁾は 2~3 分間を、伊藤ら¹¹⁾は 1~2 分間を採用している。しかしながら、他の 1~3 分間における時間帯との相関結果とは著しい差違がいずれもみられず、投与後 1~3 分間における時間の採用であれば、比較的満足すべき結果を得ることができるものと思われる。したがって、今回、Gates の方法²⁾にできるだけ準ずるため 2~3 分間のデータを採用した。

このようにして今回得られた ^{99m}Tc-DTPA 初期腎摂取率は、24 時間クレアチニン・クリアランス値とは相関係数 0.893、チオ硫酸ナトリウム・クリアランス値とは相関係数 0.846 の数値を示し、いずれも危険率 0.1% 以内で有意の相関を示す結果を得た。しかしながら、今回得られた相関係数が、Gates²⁾や伊藤ら¹¹⁾の数値に比べやや低い結果を示した原因として、第一に今回 Gates の方法に準じたものの、検査時の被験者の体位は坐位でなく

仰臥位であったこと、第二に腎の深さを概算する手段として、欧米人に適した Tonnesen らの式³⁾をそのまま採用し、日本人に適した算出式¹¹⁾を考慮しなかったことがあげられよう。

今回チオ硫酸ナトリウム・クリアランス値との相関結果より導き出された回帰式から算出した分腎 GFR 値は、左右腎いずれも 35 ml/min. 以上の値を呈し、金井ら¹³⁾の報告した左右腎の総 GFR 値の正常 70~130 ml/min. の値と、ほぼ一致した結果を得た。一方、左右差に関しては、明らかな差違がみられなかったものの、左腎: 53.6±10.9 ml/min., 右腎: 52.0±11.1 ml/min. と、左腎がやや高い結果を呈した。この点に関しては、瀬戸ら¹⁴⁾も、同様の結果を示し、左右腎の大きさの相違に由来するものと述べている。

次に、腎実質レノグラムパターンと分腎 GFR 値との関係では、標準型パターンでは 35 ml/min. 以上の値を、機能低下型パターンでは 20~35 ml/min. の範囲の値を、無機能型パターンでは 20 ml/min. 以下の値を示し、レノグラムパターンと分腎 GFR 値間で、一定の関係が得られた。また、遅延型パターンでは、幅広い分布を示したが、本来遅延型パターンは標準型パターンに近いパターンから、機能低下型パターンに近いパターンまで含む⁴⁾ため、今回得られた結果はほぼ妥当なものと思われる。このようなレノグラムパターンと分腎クリアランス値との関係は、¹³¹I-ヒップラン・レノグラムと分腎 ERPF 値間でもみられることを、著者らは以前報告した¹⁵⁾。分腎機能の評価に際しては、どちらかといえば定性的あるいは主観的評価法にすぎないレノグラムパターンに比べ、分腎 GFR, ERPF 値の算出は、より定量的かつ客観的評価が可能な点で、有効といえよう。

V. おわりに

腎動態イメージング用放射性医薬品である ^{99m}Tc-DTPA を用い、投与後初期腎摂取率を求め、チオ硫酸ナトリウム・クリアランス値との相関結果より導き出された回帰曲線より GFR を算出するとともに、腎実質レノグラムパターンと対比し

ながら、腎実質機能評価における分腎 GFR 測定の有用性を検討した。

^{99m}Tc-DTPA 初期腎摂取率による GFR 算出は、従来の血中消失率法に比べ、手技が簡便で、しかも短時間で実施できる利点があり、かつ客観的定量的分腎機能の評価が可能なることから、今後腎尿路疾患の診断ならびに経過観察の上で、有効な一指標をもたらすものと思われる。

本論文は、昭和 59 年 10 月、第 24 回日本核医学会総会(福島市)での発表要旨に、加筆したものである。

文 献

- 1) Dubovsky EV, Russell CD: Quantitation of Renal Function with Glomerular and Tubular Agents. *Semin Nucl Med* 12: 308-329, 1982
- 2) Gates GF: Split Renal Function Testing Using Tc-99m DTPA—A Rapid Technique for Determining Differential Glomerular Filtration—. *Clin Nucl Med* 8: 400-407, 1983
- 3) Tonnesen KH, Munck O, Hald T, et al: Influence on the Radiorenogram of Variation in Skin to Kidney Distance and the Clinical Importance hereof. Read at International Symposium Radio-nuclides in Nephrology, Berlin, Germany, April, 1974 (cited by Schlegel JU, Hamway SA: Individual Renal Plasma Flow Determination in 2 Minutes. *J Urol* 116: 282-285, 1976)
- 4) 久田欣一: 最新核医学, 改訂第 7 版, 金原出版(株), 東京, 1980, pp. 313-316
- 5) 三木 誠: 核医学動態機能検査法, 初版, 久田欣一編, 永井書店, 大阪, 1979, pp. 216-236
- 6) 伊藤和夫, 今中香里, 野々村克也, 他: 閉塞性尿路疾患における利尿レノグラム (Diuretic Renogram) の臨床的評価. *核医学* 19: 721-732, 1982
- 7) Piepsz A, Dobbeleir A, Erbsmann F: Measurement of Separate Kidney Clearance by Means of ^{99m}Tc-DTPA Complex and a Scintillation Camera. *Eur J Nucl Med* 2: 173-177, 1977
- 8) Powers TA, Stone WJ, Grove RB, et al: Radio-nuclide Measurement of Differential Glomerular Filtration Rate. *Invest Radiol* 16: 59-64, 1981
- 9) Shore RM, Koff SA, Hayes JR, et al: Glomerular Filtration Rate in Children: Determination from the Tc-99m DTPA Renogram. *Radiology* 151: 627-633, 1984
- 10) Gates GF: Glomerular Filtration Rate: Estimation from Fractional Renal Accumulation of ^{99m}Tc-DTPA (Stannous). *Am J Roentgenol* 138: 565-570, 1982

- 11) 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
- 12) Diffey BL, Hall FM, Corfield JR: The ^{99m}Tc-DTPA Dynamic Renal Scan with Deconvolution Analysis. J Nucl Med 17: 352-355, 1976
- 13) 金井 泉, 金井正光: 臨床検査法提要, 改訂第28版, 金原出版(株), 東京, 1978, p. XIV-12
- 14) 瀬戸 光, 柿下正雄, 二谷立介, 他: ^{99m}Tc-DTPA による相対的分腎血流・機能の定量的評価——腎の大きさおよび計数密度との比較——. 核医学 17: 799-808, 1980
- 15) 高山輝彦, 多田 明, 油野民雄, 他: ¹²³I-orthoiodo-hippurate (OIH) による有効腎血漿量 (ERPF) 測定の有用性. 核医学 20: 841-847, 1983

Summary

Measurement of Split Glomerular Filtration Rate by Fractional Renal Uptake of Tc-99m DTPA

Tamio ABURANO*, Teruhiko TAKAYAMA*, Kenichi NAKAJIMA*, Mikito SETO*,
Nori-hisa TONAMI*, Kinichi HISADA*, Masato YAMADA**, Yasuharu IIDA**,
Masaaki KAWAMURA**, Masamichi MATSUDAIRA**
and Yoshiharu MIYAZAKI***

*Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University

**Division of Central Radioisotope Service, Kanazawa University Hospital, Kanazawa

***Division of Radioisotope Service, Noto General Hospital, Nanao

The percent renal uptake of Tc-99m DTPA, within 2 to 3 minutes following the radionuclide appearance into the kidneys according to the method by Gates, was correlated well with the sodium thiosulfate clearance determination (n=75, r=0.846) as well as the 24-hour creatinine clearance determination (n=47, r=0.893). Therefore, the formula for calculation of glomerular filtration rate (GFR) was derived from the linear regression analysis between renal uptake of Tc-99m DTPA and sodium thiosulfate clearance determination, accordingly: $GFR (ml/min.) = 8.775 \times (\% \text{ total renal uptake}) + 9.685$. In the 31 patients without nephropathy, the split GFR of left kidney was $53.6 \pm 10.9 ml/min.$ and that of right kidney was $52.0 \pm 11.1 ml/min.$

The radionuclide computed GFR was also examined for the evaluation of split function of renal parenchyma, in comparison with Tc-99m DTPA renogram pattern. In most cases with standard renogram pattern, the split GFR showed the values over 35 ml/min. Most cases with hypofunctioning renogram pattern showed the values of split GFR within the range of 20-35 ml/min. And most cases with nonfunctioning renogram pattern showed the values under 20 ml/min.

In the present study, the split GFR determination was found to be a useful and reliable method for the quantitative evaluation of split function of renal parenchyma.

Key words: ^{99m}Tc-DTPA, Renal uptake, GFR, Split renal function.