

手術方法と術後の腎機能

京都大学医学部泌尿器科学教室（主任：吉田 修教授）

川 村 寿 一

PRE- AND POST-OPERATIVE CORTICAL FUNCTION OF
THE KIDNEY WITH STAGHORN CALCULI ASSESSED
BY ^{99m}Tc -DMSA RENAL SCINTIGRAPHY

Juichi KAWAMURA

*From the Department of Urology, Faculty of Medicine, Kyoto University**(Director: Prof. O. Yoshida, M. D.)*

^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy consisting of the cortical image and DMSA renal uptake was used to assess the pre- and post-operative renal function in 39 patients with staghorn calculi or complicated calculi occupying more than 2 major calices. Extended pyelolithotomy was performed on 14 patients, nephrolithotomy on 14 patients, pyelolithotomy combined with nephrotomy on 7 patients, and partial nephrectomy on 4 patients.

Nine out of 14 patients who underwent pyelolithotomy and 4 out of 14 patients who underwent nephrolithotomy showed an increase or no change in the postoperative DMSA renal uptake in the diseased kidney. However, there was no increase in the postoperative DMSA renal uptake in the patients who underwent pyelolithotomy combined with nephrotomy or partial nephrectomy. Eight percent of the preoperative DMSA renal uptake in the diseased kidney seems to be the absolute level for predicting a postoperative recovery of the kidney function.

The contralateral kidney function can affect the postoperative recovery of the function in the operative side. It seems to be hard to expect an increment in the DMSA renal uptake postoperatively when the ratio of DMSA renal uptake in the operative side to the total DMSA renal uptake is less than 20%.

At least 6 months of the follow-up period is necessary for the evaluation of the kidney function in the operative side.

DMSA renal scintigraphy is a useful modality to assess pre- and post-operative kidney function in nephrolithiasis from the point of both morphological and functional changes in the renal cortex.

Key word : ^{99m}Tc -DMSA renal scintigram, ^{99m}Tc -DMSA renal uptake, Staghorn calculi, Nephrolithotomy

ま え が き

一般に、結石腎における機能評価は排泄性腎盂造影 (IVP) にてなされることが多い。IVP 上、結石陰影とともに造影剤排泄による尿排泄腔の形態を理解する

ことは手術操作に際して必要である。しかし、IVP では造影剤を排泄する腎機能実質の状態をつかむには不十分であり、また、採尿を前提としたクリアランス法による機能検査も感染や侵襲性の点から結石腎には適応しがたい。したがって、分腎機能検査ができて、採

尿を必要としないラジオアイソトープを使った腎機能検査法¹⁻³⁾が結石腎には好都合である。

著者は腎皮質集積性にすぐれたスキャン剤である^{99m}Tc-DMSA (dimercaptosuccinic acid) を用いて、安定した腎皮質イメージを得るのみならず、DMSAの腎摂取率を算出することによって、腎血流に依存的な分腎皮質機能 (cortical tubular mass) を知るパラメーターとして使用できることを発表し^{4,5)}、泌尿器科的腎疾患における応用⁶⁻⁹⁾を述べてきた。

本論文では、「腎結石に対する腎保存手術の適応と予後」のシンポジウムにおける分担課題「手術方法と術後の腎機能」にそうべく、腎結石保存手術の前後における腎機能変化を^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィによってとらえ、術式別に評価して、腎機能面から

みた術式の適応と予後について検討した。

対象および方法

対象症例は1976年4月から1981年3月の間に当科で施行された腎結石手術例から、2腎杯以上にまたがる複雑性ないしサンゴ状結石に対して結石除去術のおこなわれた39例で、手術前後でDMSA腎シンチグラフィの施行できた症例である。

Table 1 に示すごとく、性別では男16、女23で、術式別では腎盂切石術14例 (15回)、腎切石術14例、腎盂切石術に腎切石術を追加したもの7例、腎部分切除術4例となる。この腎盂切石術はいわゆる Gil-Vernet の extended pyelolithotomy (拡大腎盂切石術)¹⁰⁾ を意味する。年齢では腎切石術群で少し高くなっている

Table 1. Clinical subjects according to the mode of operation

Mode of operation	No. of patients	Male/Female	Age (years)
Extended pyelolithotomy	14	6/8	37.0
Extended pyelolithotomy + Nephrotomy	7	1/6	43.7
Nephrolithotomy	14	6/8	45.8
Partial nephrectomy	4	3/1	40.2
Total	39	16/23	41.6

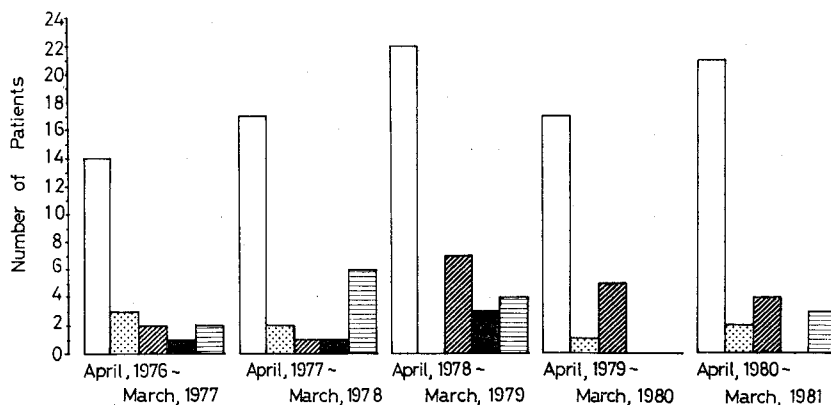
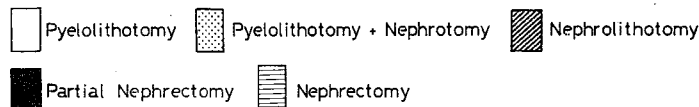


Fig. 1. Number of patients who underwent stone operations from April, 1976 to March, 1981.

が、30歳台後半から40歳台にピークがみられる。

また、これら対象となった症例の背景となった腎結石手術症例は同時期に138例を数え、その術式別頻度を年度別に Fig. 1 に掲げた。腎盂切石術91例 (65.9%)、腎切石術19例 (13.8%)、腎摘出術15例 (10.8%)、腎盂切石術に腎切石術を加えたもの8例 (5.9%)、腎部分切除術5例 (3.6%) となる。なお、腎摘出を余儀なくされた症例については術前の腎機能レベル (DMSA 摂取率) と腎の病的状態を比較した。

^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィ¹¹⁾は術前および術後、少くとも4週以降に、必要に応じて可及的に4～6カ月間隔で施行した。DMSA 腎シンチグラムは ^{99m}Tc -DMSA 2 ml (1.67 mCi/ml) を静脈内投与後3時間目に、Searle 社製 Pho/Gamm III に低エネルギー用高分解コリメーターを装着したシンチカメラにて撮影した。シンチカメラを背部よりあてるので、得られた腎イメージの左右はレ線上のそれとは逆になる。また、同時に DMSA 腎摂取率をすでに述べた方法^{12,13)}で算出した。正常値は右腎 $23.9 \pm 5.1\%$ 、左腎 $34.1 \pm 4.8\%$ と左右差なく、総腎として $48.0 \pm 7.5\%$ である。

腎シンチグラム上にうかがえる結石腎の形態的变化は、閉塞、感染、瘢痕化の腎病態に呼応して Table 2 に掲げるような所見にまとめられる。すなわち、閉塞腎では正常イメージから、全体的あるいは局所的な DMSA の摂取の低下、局所的な描出欠損などが、感染腎では不規則な摂取低下、描出不十分の所見が、また、瘢痕性治癒を反映して腎辺縁の不規則化から萎

縮、変形までが、それぞれ代表的な所見としてあげられる。

成 績

結石腎の機能を手術前後で比較するために、術式別に、術前の DMSA 摂取率をタテ軸に、術後のそれをヨコ軸にプロットして、Fig. 2 に図示した。 $y=x$ の点線より左上に位置するのは術後腎機能の低下したことを、右下に位置するのは腎機能の増加したことを、 $y=x$ 上にくるのは術前後で不変であったことを示す。○印腎盂切石術では15回中9回 (60%) に、■印の腎切石術では14回中4回 (28.6%) に、不変ないし増加がみられた。しかし、他群では不変ないし増加はみられなかった。

つぎに、手術側の腎機能の回復程度は反対側の腎機能の良し悪しに左右されることが多いので、総腎機能 (総腎 DMSA 摂取率) に対する手術側の腎機能 (患腎 DMSA 摂取率) の比をとって、術式別に、術前後で比較した (Fig. 3)。この患腎/総腎比の50%レベルは左右で腎機能に差がないことを、%が上がると手術側が反対側に比べてまきっていることを、逆に%が下がると手術側の腎機能の低下がよりいちじるしいことを表わす。術式別の平均した患腎/総腎比の変化率は腎盂切石術が-3% (3%の減少)、腎盂切石+腎切石術-5.5%、腎切石術-12.3%、腎部分切除術-11.3%となった。

また、術前の機能レベル別にみると、術前に80%以上の対側腎機能のいちじるしく低下している症例では術

Table 2. Fundamental patterns of nephrolithiasis on ^{99m}Tc -DMSA renal scintigram

Pathological process	Renal cortical image
Obstruction	normal uptake, normal contour generally decreased uptake focal faint or poor visualization
Inflammation	irregularly decreased uptake faint visualization
Scarring	irregular renal margin contracted kidney deformity

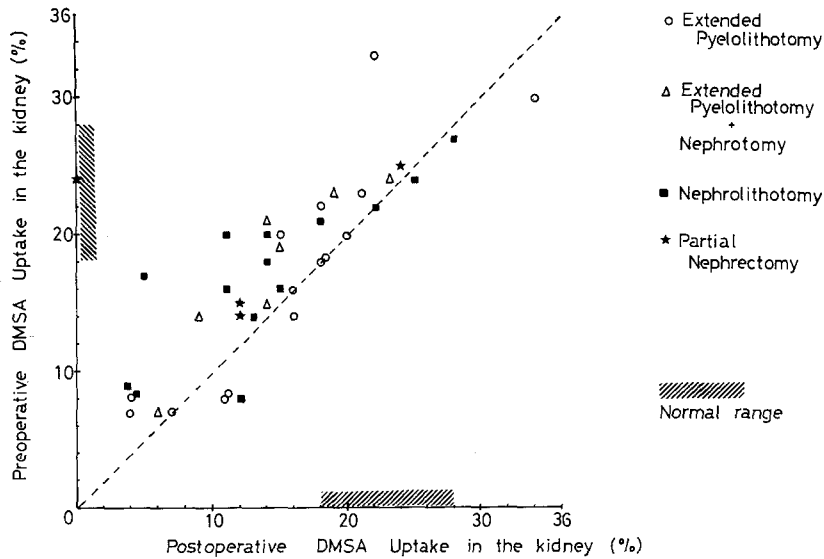


Fig. 2. Pre- and postoperative DMSA renal uptake in the diseased kidney

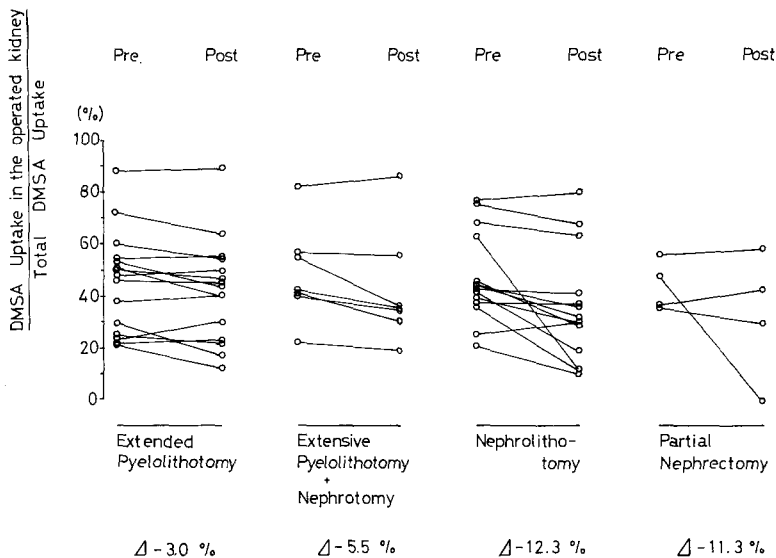


Fig. 3. Pre- and postoperative ratio of DMSA renal uptake in the operated kidney to the total DMSA renal uptake

後、変化しないかむしろ3%が少し増加している。40%以下の対側腎機能のすぐれた症例では術後、さらにこの比が減少するものが多い。40~60%の間では、腎盂切石術では不変ないし減少がみられ、腎切石術では少し減少するものが多い。腎盂切石+腎切石術群では概して術後の回復が悪い。しかし、術前20~30%と患腎機能の悪い例でも術後回復のみられることもある。

これら Fig. 2, 3 から、手術によって腎機能の回復が期待できる最低レベルは患腎 DMSA 摂取率で8%

までといえる。

Fig. 4 は腎摘出術をせざるをえなかった15例について、DMSA 摂取率(ヨコ軸)と合併症(タテ軸)の関係をみたものである。腎機能レベルからみた腎摘出の基準は3%以下といえる。

つぎに代表的な症例について、術前後の IVP と腎シンチグラム、DMSA 摂取率を呈示する。

症例1. K.I. 27歳女、右腎盂切石術。

Fig. 5, a は右サンゴ状結石の術前と術後5カ月目

Associated Pathological Conditions & DMSA Renal Uptake of the Kidney

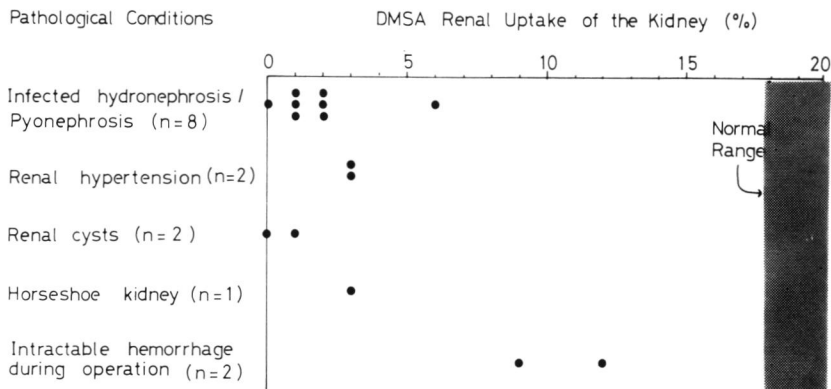


Fig. 4. Relationship between associated pathological conditions and DMSA renal uptake in the nephrectomized kidney

の IVP 像である。また、上腎杯の拡張が残存し、下腎杯の描出が不十分である。Fig. 5, b はシンチグラムで、DMSA 摂取率は 18% から 18% と不変で、形態上、少し腎イメージが小さくなり、DMSA 取込みが濃くなっている。水腎症性変化からすこし萎縮腎への傾向がうかがえる。

症例 2. S.I. 21 歳女、右→左腎盂切石術。

Fig. 6, a に掲げるような両側サンゴ状結石に対して、まず右側の、ついで 1 カ月後に左側の腎盂切石術をおこなった。左右共、同程度の水腎症性変化である。Fig. 6, b の腎シンチグラム上、術前左右共 20% の摂取率であったものが、右 2 カ月後、左 1 カ月後の術後シンチグラムでは右 15%、左 18% と、先に手術をおこなった右側に機能低下が認められた。

症例 3. M.M. 51 歳女、右腎盂切石+腎切石術。

Fig. 7, a は IVP 像で、右腎結石に対して腎盂切石術と腎下極への切開術を併用した。術後 1 カ月の IVP では水腎症が認められる。Fig. 7, b の腎シンチグラム上、左腎は萎縮腎を示すが、左尿管切石術後の水腎症性萎縮腎といえる。腎切石術を加えた右腎下極は変形し、摂取率は 23% から 19% に少し減少している。

症例 4. A.T. 29 歳男、左腎切石術。

Fig. 8, a は本症の IVP 像であるが、左サンゴ状結石に対する腎切石術後 1 カ月で、上腎杯の水腎症変化が著明である。Fig. 8, b の腎シンチグラム上、術前から左腎上極は水腎杯を反映して淡い実質欠損としてうつっているが、術後欠損の程度が増強し、範囲も

広がっている。また、左腎下極外側部にも新たな欠損像を認めるようになった。摂取率は 20% から 13% への減少し、反対側は 24% から 29% へと増加している。

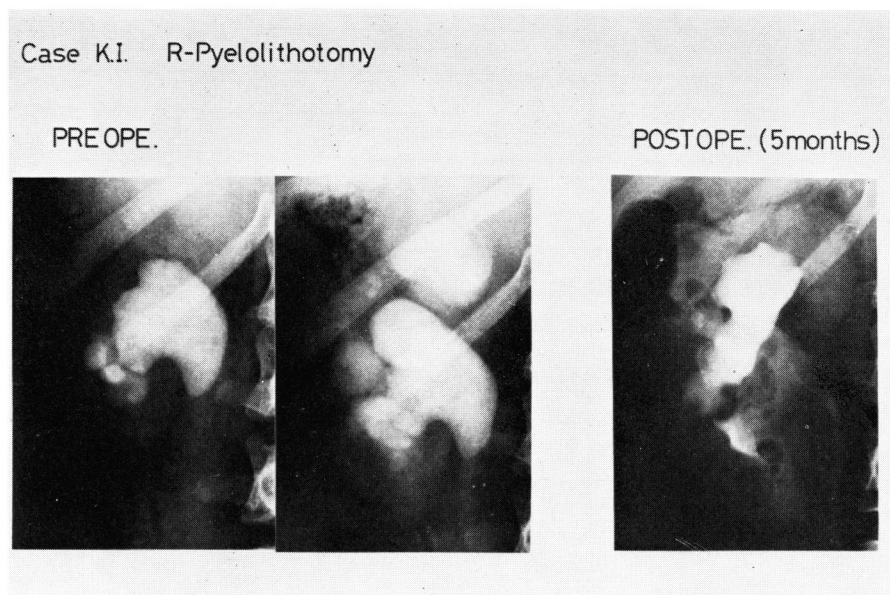
症例 5. T.H. 53 歳女、右腎切石術。

左腎は腎切石術後の萎縮腎となっている。手術側の機能がすぐれている症例である。Fig. 9, a の IVP 像は術後 1 カ月より 12 カ月の方がよく機能回復してきている。Fig. 9, b の腎シンチグラム上、手術側で 1 カ月後 25% から 20% へと減少し、反対側は 8% から 11% へと少し増加した。12 カ月後、手術側は元のレベルへ戻り、総腎機能としては、反対側の機能増加を反映して、術後摂取率が増す結果となった。

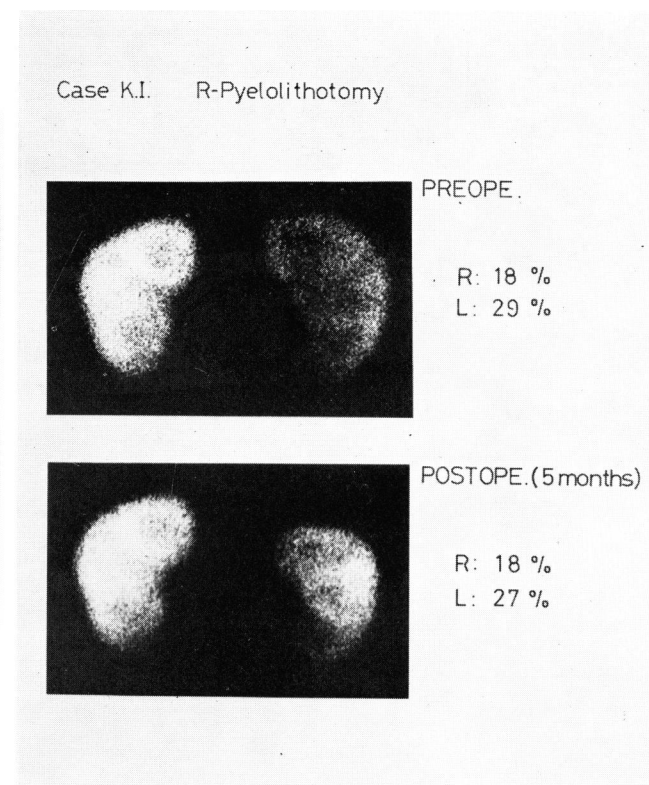
考 察

DMSA 腎摂取率からみた術式別の腎機能変化は、腎盂切石術と腎切石術を比較した場合、実質障害の程度を反映して腎切石術式に機能低下例が多くみられた。Fitzpatrick ら¹⁴⁾ も犬の実験から腎実障害害度が増せば増すほど、GFR や RPF の減少度が大きくなることを述べている。しかし、Stage & Lewis³⁾ は少数例ではあるが ^{99m}Tc-DTPA により求めた GFR 値には腎盂切石術と腎切石術 (anastrophic nephrolithotomy) で差はみられなかったとしている。

DMSA 腎摂取率は GFR や RPF 値と 1 対 1 の対応で相関するのではないが、腎血流分布を反映した皮質機能を表現し、かつ尿流状態に干渉されないで、腎杯腎盂腔の背後にある機能実質を定量的に表現する



a



b

Fig. 5. Case 1. K.I., 27-year-old female, right staghorn calculi.
a: Pre- and postoperative IVP, b: Pre- and post-operative
DMSA renal scintigrams and uptakes

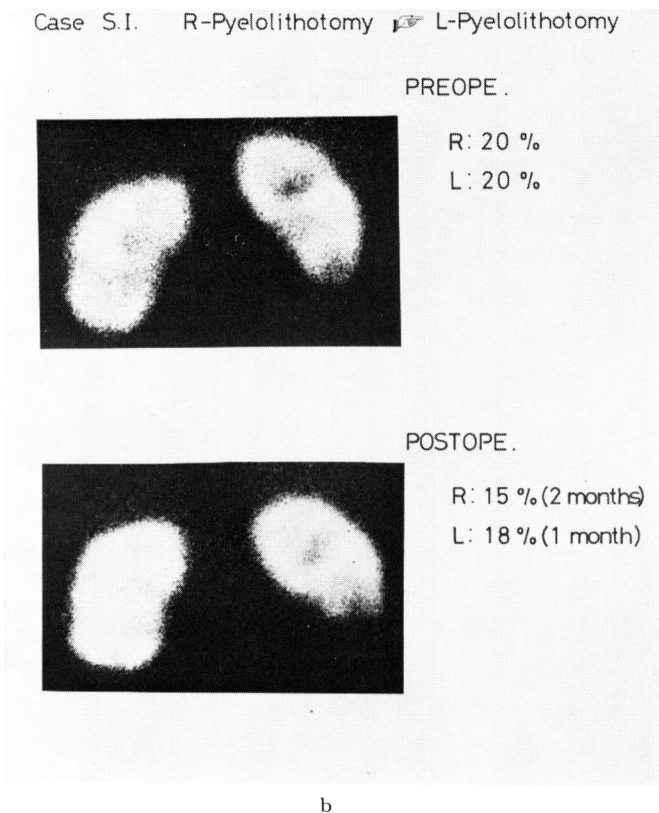
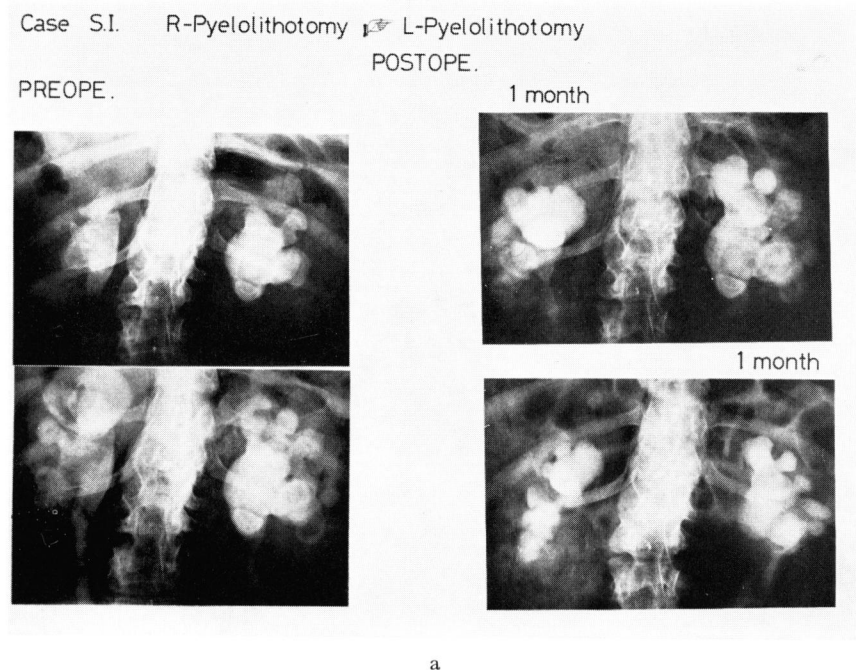
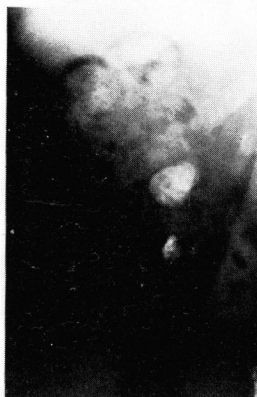


Fig. 6. Case 2. S. I., 21-year-old female, bilateral staghorn calculi. a: Pre- and postoperative IVP, b: Pre- and post-operative DMSA renal scintigrams and uptakes

Case M.M. R-Pyelolithotomy + Nephrotomy

PREOPE.



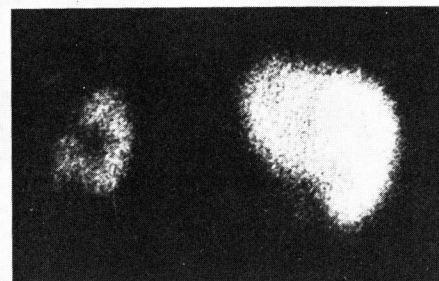
POSTOPE.(1 month)



a

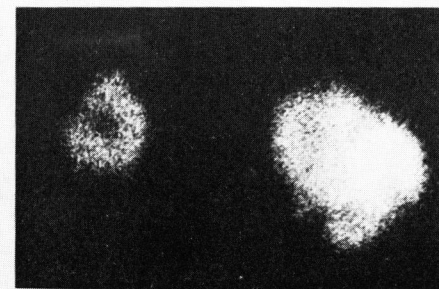
Case M.M. R-Pyelolithotomy + Nephrotomy

PREOPE.



R: 23 %
L: 5 %

POSTOPE.(1 month)

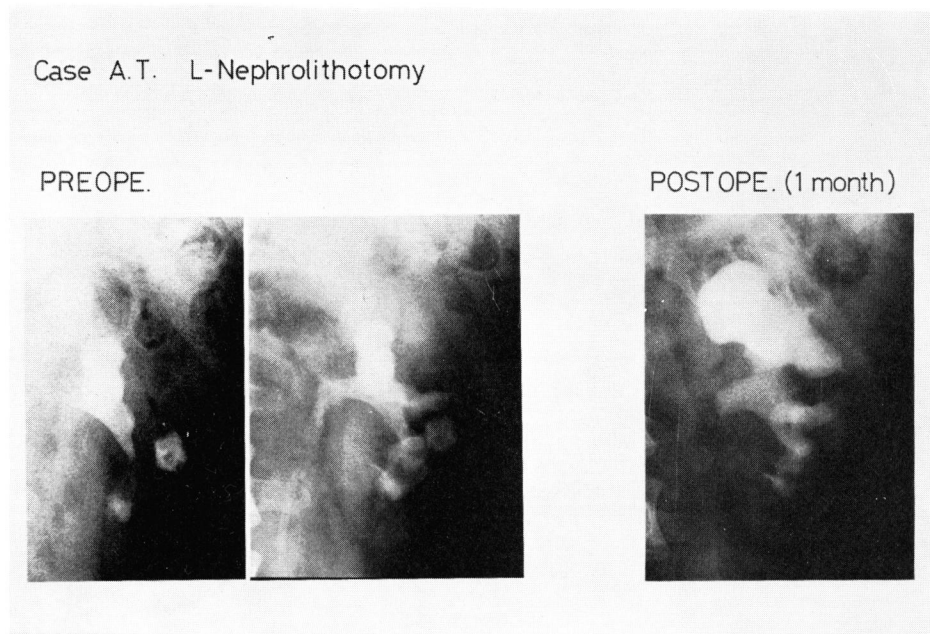


R: 19 %
L: 4 %

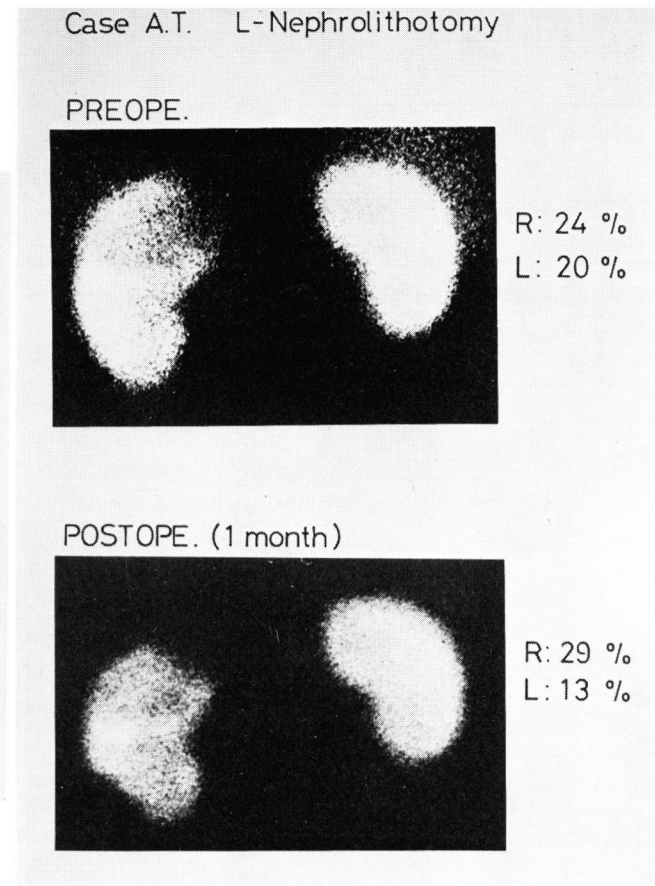
b

Fig. 7. Case 3. M. M., 51-year-old female, right renal stones. Left hydronephrotic contracted kidney after ureterolithotomy.

a: Pre- and postoperative IVP, b: Pre- and post-operative DMSA renal scintigrams and uptakes



a

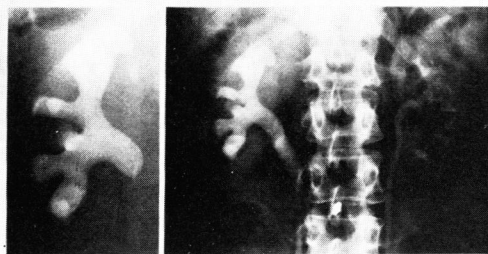


b

Fig. 8. Case 4. A.T., 29-year-old male, left staghorn calculi. a: Pre- and postoperative IVP, b: Pre- and post-operative DMSA renal scintigrams and uptakes.

Case T.H. R-Nephrolithotomy

PREOPE.



POSTOPE.

1 month



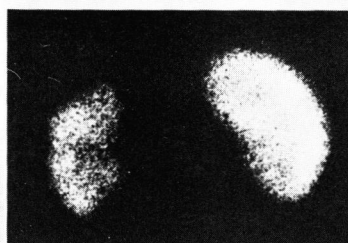
12 months



a

Case T.H. R-Nephrolithotomy

PREOPE.

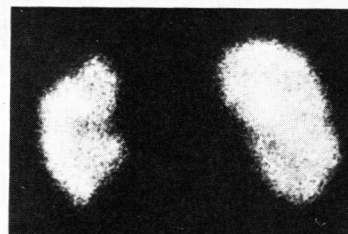


R: 25 %

L: 8 %

POSTOPE.

1 month



R: 20 %

L: 11 %

12 months



R: 26 %

L: 12 %

b

Fig. 9. Case 5. T. H., 53-year-old female, right staghorn calculi. Left contracted kidney after nephrolithotomy.

a: Pre- and postoperative IVP, b: Pre- and post-operative DMSA renal scintigrams and uptakes

ものと考えられる。この考え方にたった腎機能検査の応用として水腎症^{7,8)}あるいは膀胱尿管逆流現象⁹⁾の場合の機能評価があげられる。

腎結石手術における腎機能への影響因子として、術式別の侵襲度の大小のみならず Table 3 のごとく術前、術後を通していろいろな条件が考えられる。これらのなかで、比較的客観的なデータからその影響をしらべることができるものに術前の尿路感染があげられる。Table 4 は腎盂切石術と腎切石術群において、術前に分離された尿中細菌の種類であるが、両群で菌種に違いはみられない。また、Fig. 10 は菌数別に3群に分け、術前後の DMSA 摂取率を両群で比較したものであるが、菌数が多いから術後の腎機能低下がいちじるしいという傾向もない。もっとも、感染尿に対して、術前に抗生物質の投与がなされるのが普通であ

るから、術前の尿路感染が術後の腎機能には影響を与えないのかも知れない。

つぎに、術前の腎機能がどれ位までなら術後にその機能回復が望めるかは、常にわれわれの関心事である。それについて考える前に、腎摘出術式のえらばれた症例の腎機能レベルをみてみると、DMSA 摂取率で2~3%というところであった。勿論、腎摘出術の選択は機能レベルだけで決められるものでなく、いろいろ他の因子も考慮される。したがって、少なくとも DMSA 摂取率5%以上あれば腎実質はまだ残っていて回復の見込みが期待されるところである¹⁵⁾。しかし、Fig. 2 にみたごとく、概して、手術腎では術前の摂取率が低くなればなるほど、術後の機能回復は悪い傾向にあった。そのレベルは8%位と考えられる。予め存在していた水腎症性、腎盂腎炎性変化が結石が除

Table 3. Factors affecting the renal function before and after the operation for nephrolithiasis

"preoperative"	Obstructive nephropathy
	Inflammation
	Previous surgery
"during operation"	Mode of operation
	Renal ischemia
	Nephrotomy
	Nephrolithotomy
"postoperative"	Nephrectomy
	Residual stone
	Urinary stasis
	Infection
	Bleeding

Table 4. Isolated microorganisms before operation

Microorganisms		Pyelolithotomy	Nephrolithotomy
E. coli	$> 10^6$	2	3
	$10^3 \sim 10^5$	2	2
Proteus mirabilis	$> 10^6$	2	2
Proteus vulgaris	$> 10^6$	—	1
Pseudomonas aeruginosa	$> 10^6$	1	—
Enterococcus	$> 10^6$	—	1
	10^3	1	—
Staphylococcus	10^3	2	1
No growth		4	4
Total		14	14

去された後でも実質機能の回復をさまたげているものと思われる。

さらに、この数字を考えるにあたって注意しなければならないのは反対側の腎機能の良し悪しである。健常腎との機能差が大きくなればその代償性肥大を反映して、患側は術後ますます腎機能の低下をみて、萎縮化することはよく経験する。Fig. 3 には総腎機能に占

める患腎機能の割合を検討してみたが、患腎が30%以下を占める極端に悪いものでは、術後回復が悪い。しかし、40%までなら術後の減少も軽微であるといえる。逆に、手術側の腎機能が80%とよすぎる場合、術後、不変かよくなることが観察された。このように、総腎に対する相対的な腎機能でみる限り、40%までの減少なら良しとし、20%までの減少なら余り回復はみ

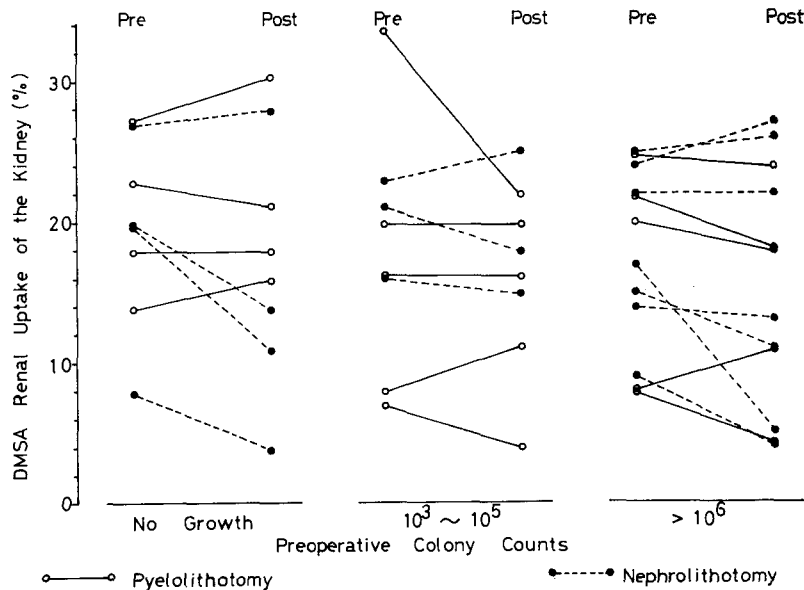


Fig. 10. Relationship between preoperative colony counts in urine and pre- and post-operative DMSA renal uptakes

られず、現状維持がやっとというところであろう。

このような左右腎間での機能のカウンターバランスの観点から、2, 3の興味深い事柄がみられた。そのひとつは、症例2. S.I. (Fig. 6)にみるように、左右同じ腎機能の結石腎に対する手術後、少くとも他の条件が同じと仮定すると、先に手術した方が腎機能の回復が悪いということである。これは先に手術した側の機能回復が不十分なため、他側の機能亢進がみられ、この側については2回目の手術後腎機能の低下は軽微であったことが推測される。また、症例5. T.H. (Fig. 9)にみられたように、機能の良い側の手術では、術後その一過性の減少の間に他側に少し機能増加がみられ、手術側の機能回復がみられるにつれて、総腎としては悪い側の機能増加を反映して、機能増加がみられた。

以上のように、腎手術時の腎機能を考える時、他側の腎機能の良し悪しが術後の腎機能に影響してくる。これは腎結石手術のみならず、水腎症^{7,8)}や膀胱尿管逆流現象⁹⁾の時にも観察された事柄である。その他、腎機能の回復性にかかわる因子として、術後の観察期間があげられる。術後少くとも6カ月以上のfollow-up期間において機能回復をみるべきであろう。Eisenら¹⁾もeff RPFについて、術前レベルまでの回復をみるには腎盂切石術で6カ月必要であり、腎切石術では術後6カ月に最大約70%までの回復がみられると述べている。

ま と め

術式別に、腎結石手術前後の腎機能を^{99m}Tc-DMSA腎シンチグラフィによって検討し、純粹に機能面から腎保存術式を考える時、

- 1) 術式別では腎盂切石術が機能低下の少ない術式といえる。
- 2) どの術式でも反対側の腎機能の良し悪しが術後の腎機能に影響する。手術側のDMSA摂取率が総腎に対して1/5以下の場合、術後の回復がむづかしい。
- 3) 手術側のDMSA摂取率が8%までの低下なら、術後回復する可能性がある。
- 4) 腎機能の回復性の評価には少なくとも術後6カ月は必要である。

稿を終えるにあたり、吉田 修教授のご校閲に深謝し、伊藤坦、岡田裕作両先生のご協力に感謝する。

文 献

- 1) Eisen M, Altmann K, Pixberg HU et al: Nierenfunktion nach Ausgusssteinoperation. *Helv chir Acta* 41: 309~314, 1974
- 2) Heinze HG, Eisenberger F, Pfeifer KJ, et al: Wertigkeit der quantitativen Funktionsszintigraphie der Nieren in der Urologie. *Fortschr Röntgenstr* 126: 241~246, 1977

- 3) Stage KH, Lewis S: Pre- and postoperative evaluation of renal function in patients with staghorn calculi utilizing quantitative renal scanning. *Urol* **17**: 29~32, 1981
- 4) 細川進一・川村寿一・吉田 修：シンチカメラによる腎機能検査法に関する臨床的研究 (IV). 泌尿紀要 **23**: 653~665, 1977
- 5) Kawamura J, Hosokawa S, Yoshida O, et al: Validity of ^{99m}Tc -DMSA renal uptake for an assessment of individual kidney function. *J Urol* **119**: 305~309, 1978
- 6) 川村寿一・伊藤 坦・王 本欽・ほか：非閉塞性上部尿路感染症における腎シンチグラフィーによる分腎機能検査. 泌尿紀要 **25**: 555~567, 1979
- 7) 川村寿一・伊藤 坦・王 本欽・ほか：腎シンチグラフィーによる閉塞性腎盂疾患 (Obstructive Nephropathy) の残存腎機能の評価. 泌尿紀要 **26**: 967~977, 1980
- 8) 川村寿一：尿路閉塞性疾患—特に映像診断による—。腎と透析 **9**: 321~330, 1980
- 9) Kawamura J, Itoh H, Sawanishi K, et al: A simple method of predicting progression of polycystic kidney disease by ^{99m}Tc -DMSA renalscintigraphy. *Urol Int* **35**: 388~394, 1980
- 10) Gil-Vernet J: New concepts in removing renal calculi. *Urol Int* **20**: 255~288, 1965
- 11) 川村寿一： ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィー：腎シンチグラフィー—腎の機能と形態検査—, p. 19, 南江堂, 東京, 1981
- 12) 川村寿一・吉田 修：腎シンチグラフィーによる定量的分腎機能検査. 日本臨床 **37**: 2685~2688, 1979
- 13) Kawamura J, Hosokawa S, Yoshida O: Renal function studies using ^{99m}Tc -DMSA. *Clin Nucl Med* **4**: 39~46, 1979
- 14) Fitzpatrick JM, Sleight MW, Braack A, et al: Intrarenal access: Effects on renal function and morphology. *Brit J Urol* **52**: 409~414, 1980
- 15) 細川進一・川村寿一・吉田 修： ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーによる術前術後の腎機能の評価. 泌尿紀要 **22**: 829~838, 1976

(1982年2月19日受付)