

^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率による体外衝撃波結石破碎術 (ESWL) の腎機能におよぼす影響の検討

—経皮的腎結石破碎術 (PNL) との比較—

三重大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 川村壽一教授)

松浦 浩, 日置 琢一*, 桜井 正樹**, 有馬 公伸
柳川 眞, 杉村 芳樹***, 栃木 宏水, 川村 壽一

武内病院泌尿器科 (部長: 加藤廣海)

木下 修隆, 加藤 廣海

INFLUENCE OF EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE LITHOTRIPSY (ESWL) ON RENAL FUNCTION ASSESSED BY ^{99m}Tc -DMSA SCINTIGRAPHY: COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN ESWL AND PERCUTANEOUS NEPHROURETEROLITHOTRIPSY (PNL)

Hiroshi Matsuura, Takuichi Hioki, Masaki Sakurai,
Kiminobu Arima, Makoto Yanagawa, Yoshiki Sugimura,
Hiromi Tochigi and Juichi Kawamura

From the Department of Urology, Mie University School of Medicine

Nobutaka Kinoshita and Hiromi Katoh

From the Department of Urology, Takeuchi Hospital

^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy was utilized to investigate the influence of ESWL on renal function in comparison with that of PNL.

In the beginning, the reproducibility of renal uptake rate by the scintigraphy was examined in eleven healthy volunteers under both non-diuretic and diuretic states. The renal uptake rate was shown to be sufficiently reproducible in the same person in the two different trials. However, the differences and the standard deviations were shown to be a few percentages, which were not statistically significant. Changes in the repeated renal uptake rate seem to indicate not only changes of renal function with the treatment but also some technical errors.

Herein, to investigate changes in renal function of the therapeutic side, the *uptake ratio rate* (rate of uptake rate in the therapeutic side/uptake rate in the contralateral side) was utilized instead of uptake rate. Renal scintigraphy was carried out in 48 patients with unilateral renal stones before and after ESWL or PNL monotherapy or the combined ESWL and PNL therapies. Within one week of treatment, the *uptake ratio rate* significantly decreased in patients with PNL or the combined ESWL and PNL, although DMSA uptake rate in the therapeutic side did not significantly changes. Neither renal uptake rate nor *uptake ratio rate* significantly changed after ESWL treatment. There was no significant difference in changes of *uptake ratio rate* between Siemens Lithostars Plus and the improved Dornier HM-3 lithotriptors.

This study indicated that ESWL monotherapy did not affect the *uptake ratio rate*, although PNL monotherapy and the combined ESWL and PNL therapies may affect the *uptake ratio rate* to some extent.

*現: 島田市民病院泌尿器科

**現: 松阪市民病院泌尿器科

***現: 愛知県ガンセンター泌尿器科

Key words: ^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy, ESWL, PNL

緒 言

今日、上部尿路結石に対する治療は体外衝撃波結石破碎術 (ESWL) が第一選択になった。この ESWL は腎臓作成という侵襲を伴う経皮的尿管碎石術 (PNL) に比べより安全な結石治療であり、腎機能障害は軽微かつ一過性であるとされている。しかし、術後血尿や疼痛がみられることから、何らかの組織障害があると考えられ、血液・尿の生化学的検査^{1,2)} や MRI³⁾などの画像検査により、腎機能障害の判定がされてきた。しかし、分腎機能という観点から ESWL 後の腎機能障害を評価した報告は少ない。

一方、 ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィはすぐれた分腎機能検査法としてその有用性が高く評価されている。しかし、DMSA 腎摂取率は各施設により正常値は異なり、正常範囲も広い。また、腎機能に変化がないにもかかわらず、ときどき腎摂取率が変化し、その解釈に苦しみ場合がある⁴⁾。腎機能以外の要素による考えられるが、はっきりとした原因は報告されていない。

そこで、今回、腎結石治療前後の腎機能評価に DMSA 腎摂取率を用いるにあたって、まず健康成人ボランティアに2回にわたって、 ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィを施行し、その摂取率の再現性について評価した。腎摂取率が変動する原因を調べるため、飲水、利尿状態が腎摂取率におよぼす影響について検討した。そして、腎結石患者において ESWL または PNL を施行前後で、 ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィを施行し、その腎機能におよぼす影響について比較検討した。

対象および方法

(1) ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率の再現性の評価

対象は健康成人12名(男5名、女7名、平均年齢25.1歳)である。施行前に血液生化学検査、超音波検査、尿検査にて腎機能、形態に異常がないことを確認した。しかし、1名に尿潜血が強陽性であったため、対象から除外した。対象を飲水群 (diuretic group; 5名)・非飲水群 (non-diuretic group; 6名) の2群に分類した。非飲水群は静注後撮像までの間絶食とし、飲水群は1回目は絶食、2回目は500mlの飲水をさせ、腎摂取率を求めた。なお、個々の被験者には

検査内容を詳細に説明し、文書で同意をえた。使用薬剤は日本メジフィジックス社製キドニーシンチ Tc-^{99m} 注射液を用いた。投与した注射液の放射化学的異物はすべて5%以下と検出限界で、標識率はほぼ100%であった。ディスポの注射器にて約1.2ml (約2mCi) 吸引し、Radio-isotope calibrator (CAPINTEC 社製 CRG-12) で静注前後で放射線量を測定し、その差を投与量とした。投与2時間後に東芝製 γ カメラ (GCA70AS) にて撮像し、データ処理には東芝製 GCA-90 を用い、川村⁵⁾らの方法に従い、2時間後の DMSA 腎摂取率 (renal uptake rate) を求めた。さらに、総腎摂取率に対する左右腎摂取率の比すなわち相対摂取率 (relative renal uptake rate) も算出した。また、利尿状態が腎摂取率におよぼす影響を検討するため、静注直前に排尿させ、その後撮像までの間蓄尿し、尿量、尿浸透圧、尿 pH を測定した後、その放射能を Radioisotope calibrator にて測定した。なお、有意差検査には必要に応じ、ウイルコクソンの符号付順位検定、マンローウィットニーの U 検定を用いた。

(2) ESWL の腎機能への影響の検討

今回、対象としたのは腎結石患者で、いずれも1986年から1993年11月までの間に三重大学医学部泌尿器科または武内病院泌尿器科において、1側の腎結石に対して PNL または ESWL が施行された48名である。治療前、治療中および治療終了後に ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィを施行し、腎摂取率を求め、桜井⁶⁾が用いた uptake ratio, すなわち PNL または ESWL を施行した側の腎摂取率に対する反対側腎摂取率に対する比 (治療側腎摂取率/非治療側腎摂取率: uptake ratio) を計算し、治療前値を100として治療前後でこの値を変化率 (uptake ratio rate) として調べた。なお、PNL または ESWL 以外の腎機能への影響を除外するため、術前およびシンチグラフィ施行までの間に水腎症、腎盂腎炎、被膜下血腫や PNL 後の出血などを認めた症例は除外した。また、治療前のどちらかの腎摂取率が5%以下の症例も除外した。対象をその治療法に応じて、5群に分類した (Table 1)。A, B, C 群では ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィは1回の PNL または ESWL 終了後、1週間以内に施行し、その腎摂取率を用いた。A 群は三重大学附属病院泌尿器科にてリソスタープラスを用いて ESWL を行

Table 1. Patient population

Group	Mode of stone therapy	No. of cases	Average of patient's age
A	ESWL only, one session (Siemens Lithostar Plus)	10	50.0
B	ESWL only, one session (improved Dornier HM-3)	13	55.6
C	PNL only, one session	11	51.9
D	both ESWL and PNL, each one session (Siemens Lithostar Plus)	8	56.9
E	ESWL only, more than one session (Siemens Lithostar Plus)	6	54.5

Table 2. Changes of renal uptake rate(%) and *relative uptake rate(%) in the diuretic group and the non-diuretic group

		Diuretic group (means±SD)	Non-diuretic group (means±SD)
Left renal uptake rate (%)	1 st trial	20.98±2.19	22.03±2.39
	2 nd trial	21.01±2.71	21.16±1.18
Right renal uptake rate (%)	1 st trial	20.17±2.35	20.55±2.40
	2 nd trial	20.81±2.78	20.32±1.71
*Left relative uptake rate (%)	1 st trial	50.71±0.76	51.74±2.00
	2 nd trial	50.22±1.35	51.04±1.60
*Right relative uptake rate (%)	1 st trial	49.49±1.07	48.25±2.00
	2 nd trial	49.78±1.35	48.96±1.78

Not significantly different ($p>0.1$) both from diuretic group and non-diuretic group and from 1 st trial and 2 nd trial

$$\text{*Left (Right) relative uptake rate (\%)} = \frac{\text{Left (Right) renal uptake rate (\%)}}{\text{Left renal uptake rate (\%)} + \text{Right renal uptake rate (\%)}}$$

った。B群は武内病院泌尿器科にてドルニエ HM-3 改良型を用いて ESWL を行った。C群は三重大学附属病院泌尿器科にて PNL を行った。D群では三重大学附属病院泌尿器科にて PNL または ESWL がそれぞれ1回ずつ終了後1週間以内(治療開始から20日以内)に施行し、その腎摂取率を用いた。E群では三重大学附属病院泌尿器科にてリソスタープラスを用いて、ESWL を2回以上施行し、水腎症や腎盂腎炎を認めない時点での腎摂取率(全例治療開始から2週間以内かつ直前の ESWL が終了してから1週間以内)を用いた。さらに、経過観察可能であった症例では治療終了後3カ月、6カ月および1年後に ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィを施行した。

結 果

(1) ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率の再現性の評価

左右腎摂取率は飲水群、非飲水群とも1回目と2回

目の間および両群間に有意差はなかった。1回目と2回目の間の変化量を見ると、非飲水群で平均左1.4%、右1.5%、飲水群で平均0.8%、右1.4%、両群最大で41%変化していた。左右腎の相対摂取率でみると、飲水群、非飲水群とも1回目と2回目の間および両群間に有意差はなかった(Table 2)。また、1回目と2回目の変化量を見ると、非飲水群で平均左右それぞれ1.6%、飲水群でそれぞれ1.0%、0.8%、両群最大で2.5%変化していた。相対摂取率の方が変動幅は狭い結果であった。また、両腎を比較すると、有意差はないものの左腎に少し高い相対摂取率を示した(Table 2)。

今回の検討では飲水群・非飲水群とも1回目、2回目との間に静注後から撮像までの間の尿量・尿浸透圧・尿 pH・尿中放射線量に有意差はなかった。つぎに、尿量、尿中放射線量、尿浸透圧および尿 pH と腎摂取率の関係をみると、尿量、尿中放射線量、尿浸透圧および尿 pH とともに各腎摂取率あるいは相対摂取

Table 3. Differences in renal uptake rate (%) before and after treatment

Group	Therapeutic side (%)	Non-therapeutic side (%)
A	-1.9±3.1	-1.3±3.5
B	0.1±3.6	1.2±2.3
C	-1.9±3.5	-0.8±4.4
D	-1.7±2.1	2.6±3.4
E	-0.9±4.2	0.1±5.8

Table 4. Changes of uptake ratio rate (%) of before and after treatment in each patient group.

Group	before treatment (%)	after treatment (% : means ± SD)
A	100	96.1±11.4
B	100	95.3±12.9
C	100	83.1±10.7*
D	100	74.0±27.5*
E	100	91.6± 7.1

* significantly different from before treatment ($p < 0.01$)

Table 5. Comparison of uptake ratio rate (%) among the patient groups

Group	Average of shock wave count at ESWL	No. of nephrostomy	Average of uptake ratio rate (%)
A	2229		96.1
B	1992		95.3
C		1 or 2	83.1
D	2671	1 or 2	77.4
E	6815		91.6

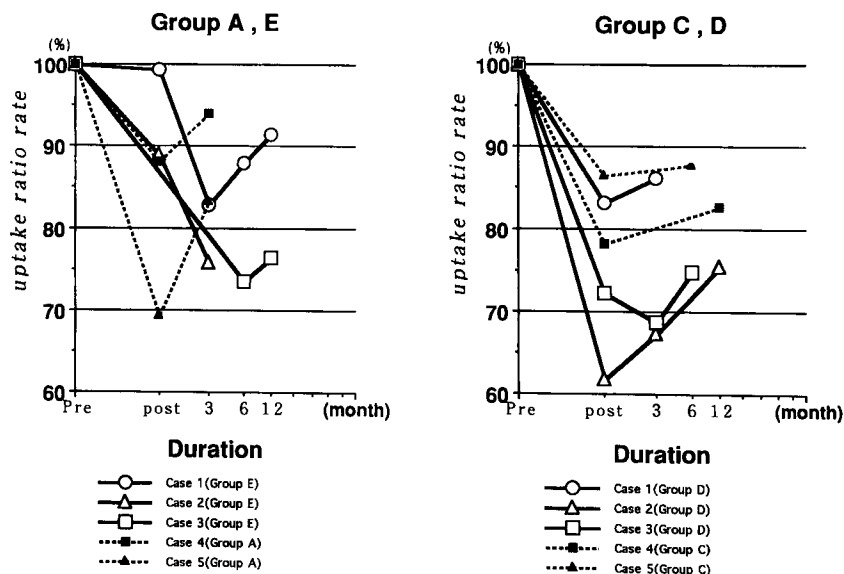
* Not significantly different between each two groups ($p > 0.1$)* Significantly different between each two groups ($p > 0.01$)

Fig. 1. Long-term follow up of changes in uptake ratio rate (%) after ESWL or PNL.

率の間に有意な相関関係は認められなかった。

(2) ESWL の腎機能への影響の検討

各群の治療側の ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率の変化量をみると、各群とも 0.1 ~ 1.9% 変化していた (Table

3). しかし, 各群の間に有意差は認めなかった. *uptake ratio rate* では A 群, B 群, E 群では治療前 (100%) に比べて有意差はなく, C 群, D 群では治療前 (100%) に比べて有意な低下が認められた (Table 4). 治療法別に比較すると, AB 群間, AE 群間および CD 群間に有意な差はなく, AC 群間および AD 群間に有意な差を認めた (Table 5). ESWL 単独で治療した A, B, E 群を比較すると, 衝撃波数は AB 群間に有意差はなかったが, A 群に比べ E 群では衝撃波数は有意な増加を認めた. しかし, *uptake ratio rate* は AB 群間および AE 群間に有意な差はなかった.

治療終了後 3 カ月以降では ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィにて経過観察できた症例は少なく十分な検討はできないが, Fig. 1 に示されるごとく, リソスタープラス使用群 (A, E 群) および PNL 単独群ないし PNL, ESWL 併用群 (C, D 群) において治療中または治療直後低下した *uptake ratio rate* は 3 カ月目以降には増加傾向を認めた.

考 察

(1) ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率の再現性の評価

^{99m}Tc -DMSA は優れた腎皮質への集積性があり, その腎シンチグラフィはすぐれた分腎機能検査法としてその有用性が高く評価されている. 小児膀胱尿管逆流症における腎機能⁶⁾, 癥瘕^{7,8)}や腎盂腎炎⁹⁾についての検討, さらに, ESWL⁹⁾, PNL^{9,10)}や腎切石術^{9,11)}などの腎機能におよぼす影響の検討などに利用されてきた. 正常値については川村⁹⁾は左腎 $23.74 \pm 3.62\%$, 右腎 $23.99 \pm 3.48\%$ と報告している. また, 千葉¹⁰⁾は腎機能正常の男子ボランティア 4 名を用いて, ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィを同じ条件で 3 回行い, 平均腎摂取率は左腎 $24.6 \pm 1.5\%$, 右腎 $23.2 \pm 1.8\%$ であったと報告している. しかし, 川村や千葉らの報告にもみられるように平均値に対し, その標準偏差 (SD) は大きく, 2SD はかなり広い範囲となる. また, 腎機能に変化がないにもかかわらず, とくどき両腎の腎摂取率が変化していることを経験することがある⁴⁾.

そこで, 健康成人 11 名を飲水群・非飲水群の 2 群に分け, 前後 2 回 DMSA 腎シンチグラフィを施行し, その腎摂取率を検討してみた. 健康成人では腎摂取率は (相対摂取率でも) 500 ml の飲水にかかわりなく, 前後 2 回で有意差はなく ($p > 0.1$), 再現性が保たれており, 500 ml の飲水は腎摂取率におよぼす影響は小さいと考えられた. しかし, 腎摂取率は再現性が保たれているものの変動幅が広く, 数%の変化は起こりうるものと考えられた. つぎに, 静注後撮像までの間の尿

の pH, 放射線量, 尿浸透圧, 尿量と腎摂取率との関係を見ると腎摂取率はいずれとも相関関係は認められず, DMSA 腎摂取率は正常範囲の利尿状況およびそれに伴う腎血流動態の変化は DMSA 腎摂取率におよぼす影響は小さいと考えられた.

一般に, DMSA 腎シンチグラフィの再現性に影響をおよぼすと考えられる原因として, 1) 吸収補正の誤差: 被験者の体位, 体重の変化など, 2) 時間の誤差: 撮像時間・calibrator 測定までに時間がかかる場合など, 3) その他: 注射液の血管外への漏出, ROI 設定の誤差などが考えられる. 注射液の血管外への漏出がある場合などは放射線量の推定値が実際の値と異なる場合であり, 日常の DMSA 腎シンチグラフィに従事しているとしばしば経験することと思われる. また, 複数の検者で同一症例の ROI を設定してみたところ, 腎摂取率に 1% 程度の変化が生じた. 今回の検討では有意な相関関係はなかったが, ラットを用いた実験で, 酸塩基バランスの変化と利尿負荷により ^{99m}Tc -DMSA の生物学的分布が変化したとの報告¹²⁾もあり, 利尿状態が腎摂取率になんらかの影響をおよぼすことも否定はできない.

このように腎摂取率は 2 回の測定の間に有意差はなく, 再現性は保たれているものの数%の変動は起こりうるものと考えられる. 臨床所見や他の検査所見と一致しない場合には, 相対摂取率などを併用して評価する必要もあると考えられた. なお, 相対摂取率では有意差はないものの, 左腎に大きい傾向があった. これについてははっきりとした原因は不明だが, 解剖学的な腎の大きさの差によるものではないかと思われる.

(2) ESWL の腎機能への影響の検討

ESWL 前後の DMSA 腎摂取率を直接比較することは治療によるもの以外の影響も含んでいると考えられる. たとえば, 治療後の腎摂取率が治療側と対側 (非治療側) がともに低下している症例では腎摂取率のみでその影響を判断するのは難しいと思われる. その原因は主として, 吸収補正, 注入量や撮像時間の誤差と考えられ, 両腎ともほぼ同程度変動したものと思われる. そのため, 結石治療前後の片腎の腎機能の変化を比較するには両腎の腎摂取率を検討する必要がある. そこで, 今回は, 桜井⁴⁾らの方法に従い, *uptake ratio* すなわち PNL または ESWL 側腎摂取率の対側に対する比 (治療側腎摂取率/非治療側腎摂取率) を用い, 治療前値を 100 として治療前後でこの値の変化 (*uptake ratio rate*) を調べた. なお, 衝撃波による直接の影響を検討するため, 治療開始より水腎症や腎盂腎炎を認めない時点での腎摂取率を用いた.

ESWL 1回施行後1週間以内では *uptake ratio rate* は施行前後で有意な差はなく、ESWL の機種(リソスタープラスとドルニエ HM-3 改良型)の間にも有意差は認められなかった。1回の ESWL が腎機能におよぼす影響は軽微なものと考えられた。これに対し、PNL 単独治療例や ESWL・PNL 併用例では治療前後で *uptake ratio rate* は有意な低下 ($p<0.01$) を認めた。ESWL 単独治療例と比較しても、PNL 施行群では *uptake ratio rate* は有意に低下 ($p<0.01$) していた。PNL が腎機能に影響をおよぼす原因として nephrostomy 造設による挿入部周辺の腎実質障害や結石破砕時の灌流圧の影響が考えられている。Kawamura ら¹¹⁾ は nephrostomy 造設による組織障害が血管におよぶとその支配領域に血流障害を生じると報告している。実際、DMSA 腎シンチグラフィで nephrostomy 挿入部周囲に cold spot を認めたと報告⁴⁾ されている。また、ESWL を2週間以内に2回以上(平均2.3回、最大3回、通算衝撃波数平均6,815回)施行した群と1回施行群とを比較すると、通算衝撃波数が有意に増加 ($p<0.01$) しても有意な低下は認められなかった。なお、これには水腎症や腎盂腎炎など衝撃波による直接作用以外の腎機能に影響をおよぼす要因は加わっていない。Chaussy ら¹⁴⁾ が ESWL 後に起こる腎障害は衝撃波による直接作用ではなく、結石破砕片による尿流うっ滞が原因と報告しているように、水腎症などが加わると腎機能はさらに低下すると考えられる。

ESWL 後の腎機能障害は一過性で早期に回復するという報告が多い。尿中逸脱酵素についての検討では、尿中 NAG 活性や β_2 マイクログロブリンは治療後一過性の増加を認めたが早期に治療前値に回復するとする報告^{15,16)} が多く、何らかの尿細管障害を生じると示唆されるが、軽微かつ一過性に終わると考えられる。超音波カラードップラー法を用いた検討では衝撃波入射部位に腎血流変化を生じたが、術後1週間で術前値に回復すると報告¹⁷⁾ されている。今回の検討では ^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィと同時に尿中逸脱酵素など他の腎機能のパラメーターを比較検討していないが、*uptake ratio rate* を用いた検討でも1回の ESWL が腎機能におよぼす影響は軽微なものと考えられた。また、PNL と比べても腎への侵襲は少なかった。しかし、尿流うっ滞などがなければ、ESWL が直接腎機能におよぼす影響は一過性で、軽微であるとはいえ、短期間に何回も続けていいというものではないと思われる。

今後、ESWL あるいは PNL 併用 ESWL が複数

回の施行が必要な症例で、その治療期間内で水腎症や腎盂腎炎などが頻回に合併し、腎機能低下が考えられる場合、^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィを反復し、比較検討することはその分腎機能評価の上で有用と思われる。

結 語

- 1) ^{99m}Tc-DMSA 腎摂取率の再現性を健常成人で評価し、1側の腎結石に対し、ESWL または PNL を施行した48症例について、その治療前後に DMSA 腎シンチグラフィを施行し、これらの治療法の腎機能への影響の検討した。
- 2) 健常成人では ^{99m}Tc-DMSA 腎摂取率はその再現性は保たれているものの、数%の変動がみられた。
- 3) ESWL 群、PNL 群または両者併用群において治療前後で治療側腎摂取率には有意な変化はみられなかった。しかし、*uptake ratio rate* でみると ESWL 群では変化はみられなかったが ($p>0.1$)、PNL 群および両者併用群では有意な低下が見られた ($p<0.01$)。
- 4) 各群間を比較すると、PNL 群および両者併用群と ESWL 群との間に有意な差が認められた ($p<0.01$)。ESWL 群ではドルニエ HM-3 改良型とリソスタープラスとの間に有意な差はなかった。また、リソスタープラスでは1回施行時(平均衝撃波数2,229発)と複数回施行時(平均2.3回、平均衝撃波数6,815発)との間に有意な差は見られなかった ($p<0.1$)。

本論文の要旨は第33回日本核医学会総会および第36回日本腎臓学会総会において発表した。

文 献

- 1) Zanetti GZ, Montanari E, Guarneri A, et al.: Long-term followup after extracorporeal shock wave lithotripsy treatment of kidney stones in solitary kidneys. J Urol 148: 1011-1014, 1992
- 2) 岩瀬 豊: 体外衝撃波結石破砕装置 (ESWL) による尿路結石治療および腎機能に及ぼす影響に関する研究. 名古屋大医学会誌 43: 819-844, 1992
- 3) 鳥居伸一郎, 町田豊平, 大石幸彦, ほか: 体外衝撃波結石破砕術 (ESWL) による腎組織障害—MRI による観察—. 日泌尿会誌 79: 1323-1327, 1988
- 4) 桜井正樹, 日置琢一, 奥野利幸, ほか: ^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィによる PNL の腎機能に及ぼす影響の検討. 日泌尿会誌 81: 61-67, 1990
- 5) 川村寿一: ^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィ. 「腎シンチグラフィ」—腎の機能と形態検査日: 19-50, 南江堂, 東京, 1986
- 6) 日置琢一: 小児膀胱尿管逆流小児における腎機能

- の検討— ^{99m}Tc -DMSA 腎摂取率の変化—. 三重医学 37: 331-337, 1993
- 7) 近田龍一郎, 折笠精一, 坂井清英, ほか: 小児膀胱尿管逆流小児伴う腎瘢痕—DMSA 腎シンチグラフィによる検討—. 日泌尿会誌 80: 884-890, 1989
- 8) Rushton HG and Majd M: Dimercaptosuccinic acid renal scintigraphy for the evaluation of pyelonephritis and scarring: A review of experimental and clinical studies. J Urol 148: 1726-1732, 1992
- 9) 片山靖士: 各種腎結石手術の腎機能に及ぼす影響— ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィを用いた腎機能評価—. 日泌尿会誌 82: 1588-1593, 1993
- 10) 千葉 裕, 折笠精一: 経皮的尿管結石摘出術の腎機能への影響について—DMSA 腎シンチグラフィによる長期経過観察—. 日泌尿会誌 79: 1479-1487, 1988
- 11) Kawamura J, Itoh H, Okada Y, et al.: Pre-operative cortical function of the kidney with staghorn calculi assessed by ^{99m}Tc Technetium-Dimercaptosuccinic acid renal scintigraphy. J Urol 130: 430-433, 1983
- 12) Yee CA, Lee HB, Blafox MD, et al.: ^{99m}Tc -DMSA renal uptake: Influence of biochemical and physiological factors. J Nucl Med 22: 1054-1058, 1981
- 13) Kawamura J, Tochigi H, Sakurai M, et al.: Assessment of kidney function after percutaneous nephrostolithotripsy (PNL) by ^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy; Long-term follow up. Akt Urol 21: 33-36, 1990
- 14) Chaussy C, Dchmiedt E, Jocken D, et al.: First clinical experience with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock wave. J Urol 127: 417-420, 1982
- 15) 田口勝行, 折笠精一, 桑原正明, ほか: 誤照射防止装置付きピエゾ型碎石装置を用いた体外衝撃波結石破碎術の経験. 日泌尿会誌 82: 105-110, 1991
- 16) 影山幸雄, 楠山弘之, 呂 延偉, ほか: 体外衝撃波の腎機能への影響. 泌尿紀要 35: 1403-1407, 1990
- 17) 片岡肇一, 笠原敏男, 小橋川啓, ほか: 体外衝撃波結石破碎術 (ESWL) 前後における腎血流変化の検討—超音波カラードップラー法を用いて—. 日泌尿会誌 84: 851-856, 1993

(Received on May 12, 1994)
(Accepted on July 29, 1994)