各種腎結石手術の腎機能に及ぼす影響

— ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーを用いた腎機能評価—

新潟大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 佐藤昭太郎教授)

片 山 靖 士

INFLUENCES OF RENAL STONE SURGERIES ON RENAL FUNCTION

—Evaluation of Renal Function with ^{99m}Tc -DMSA Renal Scintigraphy—

Yasushi Katayama

Department of Urology, Niigata University School of Medicine

(Director: Prof. Shotaro Sato)

From 1984 to 1990, ^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy was performed before and after nephrolithotomy (15 cases), pyelolithotomy (15 cases), percutaneous nephrolithotripsy (PNL: 15 cases) and extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL: 16 cases, 17 kidneys) in order to evaluate of influences of renal stone surgeries on split renal function. DMSA renal uptake change ratio of treated kidneys of nephrolithotomy ($-24.94 \pm 5.60\%$) was significantly lower than that of PNL ($-0.06 \pm 3.92\%$), pyelolithotomy ($-4.08 \pm 4.79\%$) ($p < 0.01$) and ESWL ($-7.72 \pm 3.87\%$) ($p < 0.05$). The average change ratios of contralateral kidneys were as follows: PNL $4.80 \pm 4.21\%$ nephrolithotomy $4.67 \pm 4.73\%$, pyelolithotomy $-1.46 \pm 5.39\%$ and ESWL $-2.02 \pm 4.44\%$.

One to 3 weeks after PNL, the cold area on the renal image was found in 10 (66.7%) of 15 cases.

In cases of ESWL, DMSA renal uptake decreased even 4—10 weeks (mean 7 weeks) after treatment. In conclusion, possibility of deterioration of renal function after ESWL was suggested.

Key words: renal stone, renal function, ^{99m}Tc -DMSA renal scintigraphy

要旨: 1984年から1990年まで, 腎切石術 (15例), 腎盂切石術 (15例), 経皮的腎砕石術 (PNL: 15例), 体外衝撃波砕石術 (ESWL: 16例, 17腎) の前後に ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーを施行し, 腎結石治療の分腎機能に及ぼす影響について検討した。

患側 DMSA 腎摂取率の変化率は, 腎切石術 ($-24.94 \pm 5.60\%$) が PNL ($-0.06 \pm 3.92\%$), 腎盂切石術 ($-4.08 \pm 4.79\%$) ($p < 0.01$), ESWL ($-7.72 \pm 3.87\%$) ($p < 0.05$) と比較して, 有意に低下した。対側腎摂取率の変化率は PNL ($4.80 \pm 4.21\%$), 腎切石術 ($4.67 \pm 4.73\%$), 腎盂切石術 ($-1.46 \pm 5.39\%$), ESWL ($-2.02 \pm 4.44\%$) で有意差はなかった。

PNL 症例では, 患側腎摂取率の低下はほとんどなかったが, 治療 1~3 週後に 15 例中 10 例 (66.7%) に腎イメージ上の cold area を認めた。

ESWL 症例では治療後 4~10 週 (平均 7 週) でも腎摂取率の低下を認め, ESWL による腎機能障害の可能性が示唆された。

キーワード: 腎結石, 腎機能, ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィー

結 言

近年, 腎結石治療方法は急速な変化を遂げ, 体外衝撃波砕石術 (ESWL: extracorporeal shock wave lithotripsy) が第一選択の治療法となってきた。当科においても, 従来の手術治療に変わり, 1984 年より経皮

的腎砕石術 (PNL: percutaneous nephrolithotripsy), 1988 年より軟性腎盂尿管鏡による経尿道的腎尿管砕石術 (f-TUL: flexible transurethral nephrolithotripsy) が施行されるようになり, 現在では ESWL, f-TUL が治療の主体となっている。ESWL は, 非観血的であり,

その有用性, 安全性は高く評価されている。しかし, 臨床例の増加, 経過観察期間の延長にともない, 腎機能障害の可能性も示唆されるようになってきたが, まだ十分には解明されていない。

今回, ESWL のほか, 腎切石術, 腎盂切石術, PNL による腎結石治療の前後に^{99m}Tc-DMSA (dimer-captosuccinic acid)腎シンチグラフィーを施行し, 各治療法による腎機能への影響についての評価, 検討を行ったので報告する。

対象および方法

1984年から1990年までに新潟大学医学部附属病院泌尿器科において腎結石治療を行い, その前後で^{99m}Tc-

DMSA 腎シンチグラフィーを施行した腎切石術症例15例, 腎盂切石術症例15例, PNL 症例15例, ESWL 症例16例 (17腎) を対象とした (表1)。

腎切石術症例中5例では術中coolingを施行 (表2), 腎盂切石術症例中10例ではフィブリンコアグルム

表1 対象

	年 齢	性 別			
ESWL	41-79歳 (57.7歳)	男性	9	女性	7
PNL	25-70 (50.4)		12		3
腎盂切石	10-72 (43.8)		11		4
腎切石	21-73 (47.9)		7		8

表2 腎切石症例

症例	年齢	性	患側	DMSA 前	DMSA 後	変化率	残石	血流遮断	cooling
YH	47	M	R	18.61%	10.33%	-44.49%	—	28分	—
SM	62	F	R	18.71	11.25	-39.87	7mm	38	—
SW	56	M	L	18.49	15.29	-17.31	—	8	—
SM	37	F	R	20.70	21.27	2.75	—	17	—
YH	33	M	R	18.45	14.61	-20.81	—	30	—
KO	48	F	L	10.37	4.08	-60.66	8	54	—
MK	44	F	L	19.59	8.77	-55.23	9	70	—
SK	56	F	R	8.67	8.25	-4.84	3	25	+
TA	44	M	R	20.15	20.97	4.07	8	25	+
SM	38	F	L	17.94	18.05	0.61	—	25	+
MO	58	M	L	17.38	12.26	-29.46	3	46	+
TW	73	M	L	9.20	7.64	-17.17	—	28	+
TK	21	M	L	15.73	14.24	-9.47	—	8	—
FK	44	F	R	18.86	9.22	-51.11	2	30	—
HH	58	F	L	8.81	6.07	-31.10	3	33	—

表3 腎盂切石症例

症例	年齢	性	患側	DMSA 前	DMSA 後	変化率	残石	coagulum
EO	57	M	R	21.34%	17.39%	-18.51%	—	—
DN	58	M	L	14.38	12.73	-11.47	—	+
SO	56	M	L	19.70	16.58	-15.84	—	+
KH	57	M	R	15.37	9.98	-35.07	—	—
DW	17	M	R	21.36	19.09	-10.63	—	—
YI	21	F	R	18.28	23.73	29.81	—	—
KA	27	F	R	7.44	9.57	28.63	2mm	+
EU	52	M	L	20.73	20.35	-1.83	—	+
TK	64	M	R	10.47	9.68	-7.55	—	+
TN	65	F	L	12.90	11.15	-13.57	—	+
MS	10	F	R	27.38	23.64	-13.66	—	+
KK	72	M	L	12.32	14.52	17.86	—	+
SK	52	M	R	23.72	20.21	-14.80	—	+
AK	21	M	L	23.15	20.91	-9.68	—	+
NH	28	M	L	15.02	17.29	15.11	—	—

を使用した（表3）。PNL症例の初期4例は腎瘻造設と碎石を二期的に行ったが、その後は一期的に26Frまで腎瘻を拡張し、Wolf社製硬性腎盂鏡、超音波碎石装置を用いて碎石、摘出した。また、2例では碎石片の摘出に軟性鏡も使用した（表4）。

ESWL装置はWolf社製Piezolithを使用した。1990年2月から2カ月間、原則として外来治療、無麻酔とし、単腎、機能的単腎および大結石症例の4例にdouble J stentの留置を行った（表5）。X線透視装置は使用しなかった。2名の医師で患者の状態をみなが

ら強度、発射頻度を変え、超音波画像で碎石状態をモニターしながら碎石した。治療評価は翌日KUBで確認し、必要なら1週間後に再治療を施行した。

腎シンチグラフィーは、Siemens社製PHO/GAMMA LFOV型ガンマカメラ、low energy parallel multihole all-purpose collimeterを使用、photo peakを140KeV、window width 20%に設定した。データ収集、解析はDEC社製PDP 11/34A minicomputerを使用、radioisotope測定用のcalibratorはCapintec社製CRC-30を用いた。

表4 PNL症例

症例	年齢	性	患側	DMSA 前	DMSA 後	変化率	残石	defect	その他
YK	32	M	R	23.47%	24.98%	6.43%	8mm	—	二期的
YN	48	M	L	18.93	18.63	—1.58	—	—	二期的
KM	46	M	L	16.77	14.86	—11.39	3	+	二期的
MA	59	M	L	13.73	14.46	5.32	4	+	二期的
SI	25	M	R	20.52	24.74	20.57	—	+	
SS	54	M	L	19.52	14.17	—27.41	4	+	
SI	55	F	R	14.38	13.15	—8.55	—	+	軟性鏡併用
IS	38	M	R	19.61	19.72	0.56	7	—	
TN	70	M	R	8.55	9.95	16.37	—	—	
MF	36	M	R	20.33	16.27	—19.97	—	+	
BH	70	F	R	17.68	18.80	6.33	—	—	
MH	59	M	R	20.78	17.13	—17.56	—	+	
MI	51	M	R	18.04	16.65	—7.71	2	+	
SS	55	M	R	14.68	17.44	18.80	—	+	軟性鏡併用
RO	58	F	L	15.20	18.08	18.94	3	+	

表5 ESWL症例

症例	年齢	性	患側	DMSA 前	DMSA 後	変化率	回数	衝撃波数	残石	その他
NK	52	M	R	22.18%	15.96%	—28.04%	2	5000	—	
FU	61	F	R	18.41	16.64	—9.61	3	4400	—	
NN	52	M	R	20.94	13.20	—36.96	3	8953	5mm	D-J
HK	71	F	L	10.96	8.81	—19.62	1	6105	—	
TT	79	F	R	16.48	11.17	—32.22	1	3500	—	
KW	68	F	R	29.49	28.05	—4.88	1	3100	—	D-J, 左萎縮腎
IS	41	M	R	22.71	20.87	—8.10	1	1988	—	
MK	61	F	L	27.78	28.27	1.76	2	4188	—	D-J, 単腎
KY	48	M	L	20.06	17.59	—12.31	1	2110	—	
MH	51	M	R	18.75	20.83	11.09	1	2400	—	
			L	18.33	20.63	12.55	1	1400	—	
AB	69	M	L	10.27	8.54	—16.84	2	9500	—	
HO	45	M	R	31.55	33.10	4.91	4	7995	—	D-J, 左萎縮腎, シスチン
SK	56	F	L	17.20	20.04	16.51	1	2000	4	疼痛, 嘔吐
SS	62	M	L	21.88	21.83	—0.23	2	5100	—	
YK	51	M	L	15.33	16.35	6.65	4	11219	5	疼痛
AK	56	F	L	15.94	13.37	—16.12	2	3800	—	

D-J: double J stent

DMSA は第一ラジオアイソトープ研究所製の「テクネ DMSA キット」を使用し、 ^{99m}Tc -DMSA の作製もこれに準じ、ラベリングの時点で37MBq/ml となるように調整した。

^{99m}Tc -DMSA は成人約185MBq を肘静脈から静注し、生理食塩水20ml でフラッシュした。静注 2 時間後、患者を腹臥位とし、背面にガンマカメラを密着させ、64×64チャンネルで60秒間のデータ収集をした。DMSA 腎摂取率は両腎および左腎下方の back ground に関心領域を設定し、渡辺¹⁾、武田²⁾の方法に従い、 ^{99m}Tc の時間による減衰補正、back ground の補正、腎の深さによるガンマ線の減衰補正を行い測定した。

腎シンチグラフィー施行時期は、治療前および ESWL 症例は通過障害のないことを確認して治療後平均 7 週、それ以外は治療後 1～3 週に施行した。DMSA 腎摂取率の変化率〔(治療後摂取率－治療前摂取率)/治療前摂取率×100 (%)〕および posterior-anterior view image と治療法との関係につき検討した。なお、有意差検定は t 検定を用いた。

結 果

腎結石の治療効果は治療後 1 カ月で評価した (表 6)。ESWL 症例は平均治療回数1.9回、衝撃波数は1,400～11,219発、平均4,869発であった。14腎で完全排石したが、2 例は治療期間の関係で最後まで治療できず、1 例は反復治療にもかかわらず一部が碎石されずに残った。副作用は、全例に肉眼的血尿を認めたが数日で消失した。治療中嘔吐が 1 例あり、鎮痛処置を 2 例で必要としたが、重篤な合併症はみられなかった。ESWL 後、血液生化学、血漿レニン活性の異常を認めた症例はなかった。PNL 症例では碎石片の残存が 7 例に認められたが、治療 3 カ月後にはこのうち 4 例が排石した。また、2 例では硬性鏡の届かない所に移動した碎石片を軟性鏡で摘出した。腎盂切石術症例では、複数結石に対してフィブリンコアグルムを使用し、1 例以外は残石を認めなかった。腎切石術症例はさんご

表 7 DMSA 腎摂取率の変化率

	患 側 腎	対 側 腎	総 腎
ESWL	-7.72±3.87	-2.02±4.44	-4.32±3.80
PNL	-0.06±3.92	4.80±4.21	2.42±3.98
腎盂切石	-4.08±4.79	-1.46±5.39	-3.64±4.49
腎切石	-24.94±5.60	4.67±4.73	-9.05±3.84

*: p<0.01, **: p<0.05 (mean±S.E.)

状結石例で一部の腎杯内に自然排石困難と考えられる結石が残った。

治療法別の患側 DMSA 腎摂取率の変化率は、腎切石術、ESWL、腎盂切石術、PNL の順に低下率が大きかった (表 7)。腎切石術と PNL、腎盂切石術 (p<0.01)、ESWL (p<0.05) との間に有意差を認めた。PNL 症例では患側腎摂取率の減少はわずかであったものの10例 (66.7%) で腎瘻挿入部に一致した cold area がみられた。腎切石術では、cooling の有無でみると、血流遮断時間は cooling 施行29.8±9.1分、cooling 非施行31.6±19.3分と差がなかったが、腎摂取率の変化率は-9.36±6.18%、-32.73±6.66%と有意差 (p<0.05) を認めた。対側腎摂取率の変化率は、各治療法間に有意差を認めなかった。しかし、腎切石症例では患側の低下を代償するため対側腎摂取率が増加した。総腎の変化率は PNL と腎切石術の間に有意差 (p<0.05) を認めた。

考 察

ESWL に関しては Chaussy ら³⁾により臨床応用が報告されて以来、その非侵襲性、安全性、有用性は高く評価され、現在では上部尿路結石治療法の第一選択となっている。しかし、疼痛、血尿の見られることもあり、腎組織への影響も皆無ではないと考えられる。その程度は、衝撃波発生法、焦点合わせ、衝撃波の強さ、衝撃波数、治療回数および間隔などにより異なると思われるが、まだ十分には解明されていない。

動物実験による組織学的検討では、Newman ら⁴⁾は犬の腎臓に8,000発の衝撃波をあて、32日後にびまん性に間質の線維化を認めている。Abrahams ら⁵⁾は ESWL 治療 7～22日後の犬の腎臓に出血とその器質化の過程である線維芽細胞による瘢痕を認めている。また、飯盛ら⁶⁾は犬に500回、1,000回照射し、直後には出血を認めたものの 1 週間後には正常にもどったと報告している。

一方、臨床例では組織学的検討は困難であり、血液生化学、尿中逸脱酵素なども正確な患側腎機能の指標

表 6 治療成績

	残石なし	残 石 あり	
		<4mm	>4mm
ESWL	14	1	2
PNL	8	5	2
腎盂切石	14	1	0
腎切石	7	4	4

とはならない。腎機能障害の検討、判定には形態学的検査、分腎機能検査が現時点では主体となる。Rubinら⁷⁾はX線CTにより、70%の症例で異常所見を認めている。Kaudeら⁸⁾はMRIにより、ESWL後38例中24例で異常所見を認めている。

定量的分腎機能検査ではRI検査が主体となる。Kaude⁸⁾、Williamsら⁹⁾は¹³¹I-Hippuranを用いた有効腎血漿流量の5%以上の低下が治療早期で33例中10例(30%)、17~21ヵ月後でも21例中5例(23.8%)で認められたと報告している。Bomanjiら¹⁰⁾は^{99m}Tc-DTPAレノグラフィーよりPTTI: parenchymal transit time indexを求め、ESWL2~3日後には有意に増加したが、3週後には治療前に回復したとしている。Dumontら¹¹⁾は^{99m}Tc-DMSA、¹³¹I-Hippuranを用い、治療後2日以内には17例全例、1ヵ月後には10例、6ヵ月後でも3例に皮質病変を認めている。

このように、種々の方法でESWL後の腎機能障害に関して検討が行われているが、今回、^{99m}Tc-DMSA腎シンチグラフィーを用いて腎機能障害の評価を行った。^{99m}Tc-DMSA腎シンチグラフィーは腎周囲組織の変化はとらえられないものの、腎皮質機能の定量的評価に優れ、良好なイメージで腎内の局所変化も評価できるためである¹²⁾。

当施設ではESWL装置がないため、以前より関連病院等ESWL装置を有する施設に結石治療を依頼していたが、碎石装置、治療回数、期間などが異なるため腎機能に関しては一定の評価が困難であった。今回2ヵ月間Piezolithを使用する機会を得たので一定の条件で比較するため、ESWL症例はこの期間のものに限定した。DMSA腎摂取率をみると、患側腎は治療後平均7.72%減少していた。治療回数、総衝撃波数との間には一定の関係は認められなかった。この値は、条件が異なるため比較は難しいが、他施設で治療を受けた症例(Dornier HM3 -16.35±10.85%, Edap LT-01 -18.00±8.72%, Siemens LITHOSTAR -37.13±10.20%)よりも低下率は小さかった。原因としては今回の使用装置の焦点が小さいこと、圧電素子が多く広い面積のディッシュより衝撃波が発生するため、通過組織が広く個々への影響が少ないこと、連続超音波モニターにより誤照射が少ないことが考えられる。また、コンピュータ処理画像では治療後16日目に腎シンチグラフィーを施行した症例において、衝撃波通過部と考えられる結石存在部周囲でやや集積の低下がみられた以外、著明な局所の変化は認めなかった。

ESWL後の腎機能障害に関しては、一過性で1ヵ月後には施行前に回復するという報告が多い。今回の検討では早期の変化ではなく、その後にも影響が残るかどうかを知るために原則として治療後4週以降、平均7週で腎シンチグラフィーを施行した。治療後16日目の腎シンチグラフィーで一部局所の変化がみられたことから推測すると、他の治療法と同じ治療1~3週後ではさらに低下率が大きいものと考えられる。

治療成績に関しては、今回は治療後1ヵ月で通過障害のないものを対象としたため、残石なし82.3%、残石<4mm 5.9%という成績であった。この期間Piezolithで治療した30例全体では、3ヵ月後で残石なし19例(63.3%)、<4mm 5例(16.7%)であり、自然排石可能と思われるものを含めると26例(86.7%)で有効と考えられた。

PNLによる腎機能障害に関しては、^{99m}Tc-DMSA腎シンチグラフィーにより、千葉ら¹³⁾は患側腎の2~5%、桜井ら¹⁴⁾は7%低下したと報告している。今回の検討では、治療後患側DMSA腎摂取率の低下はわずかであったが、腎瘻挿入部に一致したcold area、集積低下が15例中10例(66.7%)と高率に認められた。これはPNL後早期に腎シンチグラフィーを施行したためと考えられる¹⁵⁾。この局所変化は、腎瘻留置期間、碎石時間と相関はなかった。その後の観察では、明らかなcold areaとして残存するのは2例のみで、集積低下の範囲も徐々に減少していく傾向にあった。なお、今回の対象症例以降では、PNLを行う場合でも腎瘻を18Fr程度までとし、軟性鏡を用いて碎石、摘出し、腎機能障害を軽減させるようにしている。

開腹手術は、当科では最近ほとんど行われなくなった。腎盂切石術は、フィブリンコアグルムの併用により複数結石でもほとんど残石がなく、DMSA腎摂取率の低下も約4%と優れた成績を示した。本術式単独での施行はなくとも、今後は腎盂尿管移行部狭窄症の合併例などには適応されていくものと考ええる。

腎切石術は対象にさんご状結石が多いため、他の治療法と比較して残石が多かった。腎血流遮断による阻血性変化を防ぐため、遮断時間の長くなる症例には腎周囲よりcoolingを併用した。腎摂取率の変化率は、coolingの有無に分けてみて有意差があるのは当然であるが、cooling施行例でも大きく低下した症例もあり、縫合を含めて本術式の腎機能への影響はかなり大きいと考えられる。

以上、ESWL症例を中心に腎結石治療による腎機能

への影響を ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーにより評価、検討したが、ESWL は碎石効果、患者への侵襲が少なく社会復帰も早いことを考えると非常に優れた治療法である。しかし、DMSA 腎摂取率が7.72%と軽度ではあるが腎摂取率が低下することが認められ、また今回は認めなかったが、ESWL 後に高血圧症の発生も報告されており¹⁶⁾、残石、再発により ESWL による再治療が必要となる場合には十分考慮する必要がある。

また、外来あるいは短期入院治療が可能になり、治療だけに専念し、結石形成の原因検索がおろそかにされる傾向もある。ESWL 後の完全排石は当初の予想より少なく、碎石片の残存、再発に対しての対応策を確立するとともに、安易な再治療を避け、結石形成因子の検索にも力を入れるべきであると考え。

結 語

ESWL 症例を中心に、PNL、腎盂切石術、腎切石術前後に ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーを用いて腎機能への影響を評価、検討し、以下の結論を得た。

1. 患側の DMSA 腎摂取率の変化率は、PNL - 0.06%、腎盂切石術 - 4.08%、ESWL - 7.72%、腎切石術 - 24.94%の順であった。

2. ESWL 症例は治療後平均7週でも上記の変化を認め、ESWL による腎障害の可能性が示唆された。

3. PNL 症例では、患側腎摂取率の低下はほとんどなかったが、早期には cold area が66.7%で認められた。

本論文の一部は第76回日本泌尿器科学会総会、第55回日本泌尿器科学会東部総会において発表した。

稿を終えるにあたり、本研究に御援助、御協力いただいた新潟大学医学部放射線科学教室酒井邦夫教授、小田野幾雄助教授ならびに新潟大学医学部附属病院核医学部門職員各位に深謝致します。終始御指導、御校閲を賜った恩師佐藤昭太郎教授、武田正之助教授に深甚なる謝意を表します。

文 献

- 渡辺 学： ^{99m}Tc -DMSA 腎 uptake の分腎機能検査法としての意義。日泌尿会誌，76，1504—1515，1985。
- 武田正之： ^{99m}Tc -DMSA 腎 uptake による泌尿器科的腎疾患の腎機能評価に関する研究。第1編，年齢による変動。日泌尿会誌，78，1553—1558，1987。
- Chaussy, C.H., Brendel, W. and Schmiedt, E.: Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet*, II, 1265—1268, 1980。
- Newman, R., Hackett, R., Senior, D., Brock, K., Feldman, J., Sosnowski, J. and Finlayson, B.: Pathologic effects of ESWL on canine renal tissue. *Urology*, 29, 194—200, 1987。
- Abrahams, C., Lipson, S. and Ross, L.: Pathologic changes in the kidneys and other organs of dogs undergoing extracorporeal shock wave lithotripsy with a tubless lithotripter. *J. Urol.*, 140, 391—394, 1988。
- 飯盛宏記，千住将明，杉本俊門，杉村一誠，山本啓介，岸本武利，前川正信：衝撃波の腎に対する影響についての実験的研究。日泌尿会誌，81，400—407，1990。
- Rubin, J.I., Arger, P.H., Pollack, H.M., Banner, M.P., Coleman, B.G., Mintz, M.C. and VanArsdalen, K.N.: Kidney changes after extracorporeal shock wave lithotripsy: CT evaluation. *Radiology*, 162, 21—24, 1987。
- Kaude, J.V., Williams, C.M., Millner, M.R., Scott, K.N. and Finlayson, B.: Renal morphology and function immediately after extracorporeal shock-wave lithotripsy. *A.J.R.*, 145, 305—313, 1985。
- Williams, C.M., Kaude, J.V., Newman, R.C., Peterson, J.C. and Thomas, W.C.: Extracorporeal shock-wave lithotripsy: Long-term complications. *A.J.R.*, 150, 311—315, 1988。
- Bomanji, J., Boddy, S.A.M., Britton, K.E., Nimmon, C.C. and Whitfield, H.N.: Radionuclide evaluation pre- and postextracorporeal shock wave lithotripsy for renal calculi. *J. Nucl. Med.*, 28, 1284—1289, 1987。
- Dumont, M., Marchand, L., Laroche, B., Robert, G. and Thabet, M.: Scintigraphic evaluation of renal function after extracorporeal shock-wave lithotripsy. *J. Can. Assoc. Radiol.*, 41, 138—140, 1990。
- 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（第IV報）。— ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーによる定量的分腎機能検査法について—。泌尿紀要，23，653—665，1977。
- 千葉 裕，棚橋善克，桑原正明，折笠精一，中道五郎：経皮的腎尿管結石摘出術の腎機能への影響。日泌尿会誌，78，2338，1987。
- 桜井正樹，日置琢一，奥野利幸，杉村芳樹，山川謙輔，柳川 真，田島和洋，栃木宏水，川村寿一： ^{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。
- 片山靖士，武田正之，佐藤昭太郎，森下英夫，渡辺学，小田野幾雄： ^{99m}Tc -DMSA 腎シンチグラフィーによる各種腎結石治療法の腎機能に及ぼす影響。泌尿器外科，1，1155—1158，1988。
- Lingeman, J.E. and Kulb, T.B.: Hypertension following extracorporeal shock wave lithotripsy. *J. Urol.*, 137, 142A, 1987。

(1991年6月13日受理)