体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の臨床経験

	丹	田	均
	加	藤	修
東札幌三樹会病院	坂	丈	敏
	大	西	茂
	中	嶋	久
札幌医科大学泌尿器科学教室	熊	本	悦
			明

CLINICAL EXPERIENCES OF RENAL AND UPPER URETER STONES BY EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE LITHOTRIPSY (ESWL)

Hitoshi Tanda, Shuji Kato, Taketoshi Saka, Shigeki Ohnishi and Hisao Nakajima

Urological Clinic of Higashisapporo Sanjukai Hospital

Yoshiaki Kumamoto

Department of Urology, Sapporo Medical College

For the first time in Japan, we have treated renal and upper ureteral stones using ESWL since September 1st 1984. The results have been satisfactory. We present our experience with ESWL.

We have treated 101 cases of renal and upper ureteral stones in 107 treatments. In 90% of these patients epidural anesthesia was used. The ages of the cases ranged from 20 to 74 years old, including 30 cases of women and 71 cases of men. The size of the stones varied from less than 1 cm to staghorn calculi. To break up these stones, 400 to 2200 shock waves were necessary. In 80 cases (79%) less than 1500 shock waves were used. The treatments lasted from 7 to 60 minutes with the average time from 11 to 40 minutes (86%).

76% of all cases had spontaneous sandy stone passage without complain. But 24% had such symptoms as fever and/or pain. 5 cases experienced dull pain or fever due to stone fragments that filled the lower ureter after distingrating large stones. Ureteral meatotomy in such cases produced satisfactory results. None of these patients needed open operation.

In 99% of the cases the size of the discharged stone fragments was less than 2 mm. Although our observation of the patients was still short we found natural discharge of stone fragments after ESWL treatment in 47 cases. The other cases had only sandy stones that easily discharged. Analysis of the stones showed that 82% were composed of caoxalate. Besides caoxalate 2 cases were composed of urate, 1 case was composed of cystine.

From these present findings, it appears that ESWL can break all stones of any size, composition, and the number of stones. The important thing for the future is how to facilitate the discharge of stone fragments after ESWL treatment.

We are confident that ESWL will soon take the place of surgery in treating urinary tract calculi.

要旨: 1984年9月1日より, 本邦で初めて, 上部尿路結石に対して, ESWL 施行し, 良好なる成績を上げたので報告する。

上部尿路結石101例に対して, 107回施行した。硬膜外麻酔を101例中96例(90%)に施行した。年齢は20~74歳で, 男71例, 女30例である。結石の大きさは鑄型結石(5例)から1cm以下迄に及んだ。Shock waveの回数は400~2,200回で, 1,500回以下が80例(79%)であった。治療時間は7分から60分間で, 通常は11~40分間で87例(86%)であった。治療後の副作用は76%の症例には無かった。あっても発熱,

疼痛（鈍痛が殆んどで疝痛は1例）であり、発熱は腎盂炎として治療した。尿培養にて12例に起炎菌を同定し得た。破碎された結石が多量に尿管下端に充満（stone street）している症例で、発熱、鈍痛がある場合に尿管口切開を5例に施行し良好であった。破碎した結石の大きさは2mm以下が99%であった。治療後、自然排石症例はfollow up期間は短い47例で、残りの症例は排泄可能な砂状結石のみである。結石成分は、碳酸カルシウムを中心とした成分が、82.2%であった。その他尿酸2例、cystine 1例であった。

ESWLは結石の大きさ、個数、成分にも拘らず、全て破碎された事が判明したが、向後破碎された結石の排泄をどう処理するかが、問題になる。更に、上部尿路結石症のopen surgeryに代わる最大の中心的役割を果たすと確信した。

結 言

西独のDornier社製腎結石破碎器を用いた、体外衝撃波による腎・尿管結石に対する破碎術（Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy以下ESWLと略記す）は、1980年2月よりMunich大学泌尿器科教室にて臨床試験が世界ではじめて施行され、良好なる成績を上げている。

今度、本邦（東札幌三樹会病院 札幌市）に始めて導入され、1984年9月1日より臨床試験が行なわれた。同年11月上旬まで、腎・尿管結石症例101症例（107回施行）に対して試験し、良好な成績を上げたので、主にその治療方法、症例の供覧、治療成績の中間報告をする。

原理および器械装置

ESWLの原理および器械装置については、すでに文献で詳細に報告されているので^{1)~3)}、ここでは簡単に紹介する。図1に、本邦で始めて設置された東札幌三樹会病院の結石治療室の主な所を示した。図1に示した如く、治療室（図2①参照）、操作室（図2②参照）、

器械室とに分れる。器械室の中には、脱気装置、軟水化装置、温水供給装置、N₂Oガス供給装置、油圧供給装置等がある。

治療室の中には、治療装置があり、それは、油圧式の患者懸架システム（図3参照）、温水槽（容量約200l：図4参照）、高電圧（10KV~30KV：図4に示した温水槽の底部）を発生させる装置（spark generator）、X線透視システム（図4に示した温水槽の左右側面に位置する）、温水槽の中のほぼ中央の底部に位置する半随円形の反射板（semiellipsoidal reflector）とそこにある電極棒（shock wave applicator）とからなる。

操作室（図2②参照）の中には、X線透視TVモニター2台とX線操作・結石の位置を移動し、確認する操作器（control cabinet）とからなる。

ESWLの原理を簡単に略記すると、spark generatorからsparkが出され、その周囲の水が急激に温められる時に、膨張し、shock waveを発生、これを結石に集中させる。そして何回か繰り出されるshock waveにより、結石が小結石に少しずつ破碎されるこ

図1 東札幌三樹会病院の腎結石治療棟（1部）の設計図
（竹中工務店北海道支店 設計者：田中 裕氏提供）

図2-①

図2-②

図3 患者懸架システム

とになる。すなわち、

① 10~30KV（通常18KV）の高電圧によりelectrodeにて、温水中にsparkを発生させる。

② sparkは周囲の温水（液体）を急激な爆発的気化を起こす。その時にshock waveを生ずる。これが円弧状に広がる。

図4 治療器（温水槽、2対のエックス線装置等）

③ Shock waveは円弧状に広がるので、これを1点に集中させる為には、shock waveを発生させた後、もう1点の焦点に集中させれば良いことになる。そこで、楕円形は2つの焦点をもつので、semiellipsoidal reflectorが考案された。楕円形を半分にしたreflectorは、shock waveを発生させるのを第1焦点とし、結石の位置を第2焦点にしている。この焦点は1cm²の広さをもつという。

④ Shock waveは、音響学的伝導率（インピーダンス）に差がなければそのまま伝播される。従って生体の組織・臓器は水と同じ様な成分の為、shock waveは水中から発生された後、何ら生体に損傷を与えることなく伝播される。結石という異物（固体）に当たると、shock waveの一部が反響し高圧の振動が生じて、結石（固体）の破砕が起る。これを反復shock waveを与えることにより少しずつ破砕されてくる。

⑤ Shock waveによって破砕された小結石の粒子は、わずかな散乱運動（瞬間的に 2×10^{-3} jouleの運動エネルギー）を行う。その力は、空から降る雨粒位の強さである為、腎・尿管の粘膜への損傷・影響は殆んどないと云われている。

ESWLの操作と治療の方法

著者らの実際に行った治療方法について、簡単に略記する。

1. 腸内ガス発生防止の為に、低繊維食を治療前数日間摂取させるのが理想であるが、通常、普通食をとらせた。
2. 通常の腰椎麻酔の前処置をした。
3. 麻酔は、硬膜外麻酔を施行した。硬膜外にカテー

テルを留置しないで、1.5%キシロカインを15ml硬膜外に注入した。麻酔後心電図のモニターを装備した。

4. 上記2, 3の施行中に温水槽の中に37~39℃の脱気した温水を自動供給装置により入れておいた。

5. 図3の如く患者を固定した後、油圧式リフトで温水槽の中につけた。次いで、操作室中の control cabinet にある位置確認用ボタンにより、結石の位置と semiellipsoidal reflector の位置に合うように微動操作した。

6. 操作室にて、2軸のX線透視で、結石の位置を確定した(図5参照)。治療室でのX線の散乱線を測定して、その完全性を確認してみたところ、図6①~④に示した如く、破碎器および治療室附近では、基準値以下で問題にならない程度であった。

7. 治療開始する際に、shock wave の発声音に対して、患者に不安を与えない為に、1回発生させ、患者に説明するようにした。この発声音は、予想した以上に大きいので、実際に、音量測定してみた。その結果を表1に示したが、治療室では、80~100ホンであり、病院内での発音防止の設計指標によると、かなりの騒音となり、「無視できない大声会話(3m)」の音量であった。

8. 結石破碎は、shock wave を断続的に発射させて行うものであるが、その回数は、結石の大きさ、位置、結石成分により異った。

9. 治療時間は、shock wave の回数の他、50~100

図5 結石を装置の固定焦点に合わせるのに使います。2対のエックス線装置が取り付けられています。温水槽底部にエックス線管が、上部の自在フレームにイメージインテンシファイヤーが取り付けられています。(株式会社パスコメディカルシステムズ提供)

回毎に、X線透視で snap shoot で結石破碎状態と、結石の位置を確認するので、そのX線透視操作する時間も影響した。

10. X線被曝時間は、上記8, 9より多少異なるが、5~60秒間であった。

11. 治療は、結石が破碎された結石陰影像を確認して終った。

12. 治療直後、腎、膀胱部の単純撮影(以下 KUB と記す)で粉々になった事を確認した。

13. 治療室の中には、shock wave の音を消音させる為に、軽音楽を back ground music として流した。

14. 治療後、可及的に水分を摂取させた。また、尿と一緒に排泄された砂状結石を集め、結石分析に提出した。

治療結果

(1) 麻酔

全身麻酔は、浅い呼吸にて治療するという意味では有用であるが、我々は、簡易である硬膜外麻酔を多用した(表2参照)。麻酔効果が不十分な時には、静脈麻酔を併用した。

(2) 年齢と性

ESWL を施行した101例(男71例、女30例)の年齢層別男女数を表3に示した。最少年齢は20歳の女子で、最高年齢は74歳の男子であった。

(3) 結石の位置・個数・大きさ

表4に示した如く、鋳型結石5例を含む腎結石68例、腎・尿管結石6例、尿管結石27例に施行した。当初は、拇指頭大までの結石をESWLの適応と考えていたが、表4に示したように、1~2腎杯にわたる鋳型結石4例、完全鋳型結石5例にも治療した。これらの多量排泄を予想される結石群に対しては、2~3回に分けて治療した。1回目に治療した砂状の結石群が完全消失した後に、2回目の治療を試みた。また両側性の場合には、片側ずつ試みた。

結石の数は表4に示したように、1個が67例、2個以上が34例であった。2カ所以上の症例には、小結石の部位により治療した。

結石の大きさは表5に示したが、2cm(長軸)以下が101例中78例(77%)であった。しかし、3cm以上に及ぶ大結石9例(9%)にも施行した。

次いで、腎盂尿管移行部結石を含む尿管結石(腰部：L₄以上の高さまでの尿管結石)23例(うち腎杯合併7例)に対して治療した。腎盂内結石に比し、成功率が少ないので尿管バルーンを挿入して水分を注入しながら

図 6

①

東札幌三井金銅製錬所 火精製課 電気設備図定規集

1. 測定日	昭和 59 年 10 月 27 日
2. 測定場所	火精製課ワイリッパズ社 304-85
3. 測定内容	火精製課ワイリッパズ社 304-85
4. 測定結果	火精製課ワイリッパズ社 304-85

5. 測定状況

上記の条件のもとに、火精製課に火を投入し、火精製課の電気設備図定規集に於いて測定した。

②

環境測定結果

測定条件	測定日	測定場所	測定時間	測定結果	備考
1. 測定日	昭和 59 年 10 月 25 日	火精製課	10:00	火精製課	
2. 測定場所	火精製課	火精製課	火精製課	火精製課	
3. 測定内容	火精製課	火精製課	火精製課	火精製課	
4. 測定結果	火精製課	火精製課	火精製課	火精製課	

5. 測定状況

上記の条件のもとに、火精製課に火を投入し、火精製課の電気設備図定規集に於いて測定した。

表1 東札幌三樹会病院・腎臓結石破碎器の音量測定

概要

第1回目(8月23日)

- ・音源条件……治療槽に水を満たしていない状態
- ・測定概要……使用機器—騒音計リオンNA-09型
特 性—A特性単位 dBA(ホン)

第2回目(11月7日)

- ・音源条件……実際の治療中
- ・測定機器……1回目と同じ

測定結果

	測定場所	第1回目結果	第2回目結果
1階	治療室(音源室)	98ホン	87ホン
	準備室	69 "	67 "
	職員ロビー	51 "	51 "
	応接ロビー	64 "	51 "
2階	ラウンジ	51 "	48 "
	会議室	34 "	43 "
3階	病室	計測不可能	39 "
	廊下	53ホン	45 "
	屋外	計測不可能	計測不可能

騒音防止の設計指標

dB(A)	20	25	30	35	40	45	50	55	60
NC~NR	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55
うるささ	無音感————非常に静か————特に気にならない——騒音を感じる—騒音を無視できない								
会話・電話への影響	5m離れてささやき声が聞こえる——10m離れて分議可能—普通会話(3m以内)—大声会話(3m)電話は支障なし——電話は可能——電話やや困難								

竹中工務店北海道支店
(設計部 田中 裕氏提供)

表2 Anesthesia

General	8cases (7.5%)
Epidural	96cases (89.7%)
NLA	3cases (2.8%)
total	107/101cases (100.0%)

表3 Age and sex distribution

	-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-
male	0	11	14	17	15	11	3
femal	0	4	7	3	9	6	1
male	71						
female	30						
total	101						

表4 Location and number of stones

	Single	Multiple	Total
Calyx	11	4	15
Calyx+Pelvis	—	18	18
Pelvis	32	3	35
Calyx+Ureter	—	6	6
Ureter	24	3	27
Total	67	34	101

ら治療することや、腎盂へ押し上げることにより成功した。

また、X線陰性結石の4例を経験した。IVP (DIP), 逆行性腎盂・尿管造影を併用しながら治療を試みた(表

表5 Size of largest stone

1 cm>	35
1-2cm	43
2-3cm	14
3 cm<	9
total	101

表6 X-ray density

good	85
poor	12
negative	4
total	101

6 参照).

(4) Shock wave の回数と治療時間

鋳型結石や多発性結石症例群を除く、単発の結石症例67例に対して、shock wave の回数を結石の大きさと位置に応じて検討したのが、表7である。最小400回、最大2,200回で、平均1,258回であった。

治療時間を表8に示した。30分以内が67例(66.3%)であった。最小時間は7分で、最大60分内であった。後者の場合は、両側腎結石で、位置交換等で時間を費した為である。通常は、11~40分間(87例:86%)であった。

(5) X線被曝時間

通常5~30秒間であった。術者の熟練により、かなり減少した。

(6) 治療後の症状(副作用)と処置

表9に示した。全く副作用がないものが101例中77例(76.2%)であった。痛みを訴えたのは17例であった。疝痛は1例に経験した。これらに対しては、対症療法で充分であった。次いで、発熱であるが、101例中15例(14.8%)に認めた。うち8例は37~38℃未満で、2~3日間の一過性のものであった。38℃以上の発熱を示したのは7例認め、これを表10にまとめた。やはり、1~2日間の発熱であったが、尿培養では、4例は陰性であった。しかしながら、ESWL後、破碎された結石群による通過障害、停留による腎盂炎として処置・加療を施行した。

治療前尿培養陰性の症例で、ESWL後、発熱を来した尿培養で陽性になったのは101例中12例(12%)であり、その同定を表11に示した。従来より結石の核より培養で多く同定されている *Proteus* は1例のみであった。いずれも発熱した症例に対しては、抗生剤を

表7 Number of shock wave and the size of stone

	Size (cm)	Number of shock wave				
		~500	~1000	~1500	~2000	2001~
Calyx	~1	—	5	2	—	—
	~2	—	2	4	1	—
	~3	—	—	—	1	—
	3.1~	—	—	—	—	2
Pelvis	~1	—	1	1	—	—
	~2	1	1	5	1	—
	~3	—	—	5	1	4
	~3.1	—	—	—	—	—
Ureter	~1	—	7	8	—	—
	~2	—	3	8	3	1
Total		1	19	33	7	7

表8 ESWL op time

mts.	-10	-20	-30	-40	-50	-60	61-	total
No. of Pts	3	17	47	23	15	2	0	101

表9 Postoperative complications

(I) Macrohematuria(all cases) (duration)	
+	4 (4.0%) 1 day
#	96 (95.0%) { 1 day 2 days 3 days
##(with blood clots)...	1 (1.0%) 1 day
(II) Other symptoms	
Pain+Fever	8 (7.9%)
Pain.....	9 (8.9%) { colicky 1 dull 8
Fever	7 (7.0%)
Neg.	77 (76.2%)

表10 7 cases of fever(over 38°C)after ESWL

No. of cases	duration (days)	stone size (mm)	position	urinary isolates
1	2	complete	staghorn	neg.
2	7	30×25	pelvis	Ps. putida
3	2	30×25	pelvis	Ps. aeruginosa
4	2	20×15	pelvis	{ Ps. aeruginosa E. coli
5	1	{ 17×15 9×9	pelvis	neg.
6	1	16×13	{ ureter pelvis	neg.
7	2	10×5	calyx	neg.

投与した。血液培養で1例 *E. coli* が検出された。

図7に示した如く5例に、shock wave を照射した

表11 Urinary isolated bacteria after ESWL

	No. of cases
E. coli	5
Ps. aeruginosa	3
S. marcescense	2
Proteus spp.	1
Ps. putida	1
Total	12
Negative	89

図 7

皮膚の部位と、通過した反対側の皮膚の部位に、一部点状皮下出血を伴う発赤、腫脹を認めた。これは無処置で治癒したが、原因については不詳である。皮膚に附着した微量の空気によると考えられているが、検討中である。

次いで、破碎された結石が、尿管に停留し腎盂炎を併発した5症例に対して、尿管口切開を、無麻酔下に加えて、砂状の結石を排泄させた。この事により、全例が、翌日より解熱した。

その他、ESWL 施行中より、全例に肉眼的血尿を認めた。その血尿は、1～2日間持続したが、特に処置はしなかった(表9参照)。

(7) 治療後の血液生化学的所見

血中 CPK が一時的に上昇する症例を認めたが、原

因については不詳である。その他の血液生化学的所見は、特に異常を認めなかった。しかし、短期間の follow up であり、今後、長期間にわたって追求する必要があると考えている。

(8) 結石排泄期間

(i) 治療後の結石の尿路中への移動・排泄動向

Follow up 可能であった。腎結石の54症例に対して、破碎された結石の流出状況を検討した。破碎された結石は、ESWL 施行した翌日より、54例中34例(63%)に少しずつ、体外へ自然排泄を認めた。

また、尿管結石の37例では、16例(50%)に、翌日より少しずつ排泄を認めた。

(ii) 完全排泄された症例

ESWL 後7日目で、結石が完全排泄したのは101例中8例(8%)であった。

更に2カ月間の follow up では、101例中47例(46.5%)であった。うち、腎結石症は、29例(62%)で、残りの18例(38%)は尿管結石症であった(表12, 表13参照)。

(9) 排泄された結石の大きさ

4症例に於いて、ESWL 治療後24時間以内に排泄された結石の大きさ(長軸)を測定した結果を表14に示した。99%が、2mm 以下であった。次いで、20例に於いて、治療後2週間以内に排泄した全ての結石の大きさ(長軸)を測定した(表15参照)が、やはり2mm 以下が97%であった。しかし、5mm 以下(最大7mm)の比較的大きな結石が、2,623個中10個(0.4%)認めたことは注目される。

(10) 排泄された結石の成分

分析し得た90例を検討し、表16に示した。磷酸カルシウムを中心とした結石成分が90例中74例(82%)であった。稀有な cystine 1例と尿酸2例を経験した。

表12 Post. ESWL x-ray control follow up period 3-60days

Stone free	47cases(46.5%)
Residual sandy stone	54cases(53.5%)

表13 Post ESWL x-ray control follow up period ; 1-8 weeks

	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	8 weeks	total
No. of stone free (total No.)	8 (8)	11 (19)	9 (28)	6 (34)	13 (47)	47 (46.5%)

表14 The size of stone fragments discharged within 24 hours after ESWL (4 cases)

長軸の長さ 症例	～1mm	～2mm	～3mm	～4mm	～5mm	5mm以上
G	58	13	—	—	—	—
I	105	29	3	—	—	—
J	47	6	—	—	—	—
K	15	15	—	—	—	—
	225 (77%)	63 (22%)	3 (1%)			

表15 The size of stone fragments discharged within 2 weeks after ESWL (20 cases)

size	number	%
-1mm	2157	82.2
-2	382	14.6
-3	51	1.9
4-7	33	1.3
	2623	100.0

(11) 入院期間

入院期間は、鑄型結石等大きな結石症例や、副作用の併発を起こさなかった症例は、通常、数日間であった。

(12) 治療後の腎機能

Follow up 期間が短いので明白でないが、血液生化学的所見と同様 IVP (DIP) 上での評価では著変なかった。勿論、結石による stasis, 水腎症の寛解は、従来の手術的剔出後の腎機能回復程度と同様であった。

(13) 泌尿器系以外の合併症

心疾患、循環器系疾患、消化器系疾患等への影響はなかったし、併発した症例もなかった。

症例供覧

主なる症例を供覧する。

症例1：60歳女性、左腎鑄型結石である。図8-1は術前の単純撮影像(以下 KUB と記す)である。図8-2は、上腎杯・腎盂に位置する結石に対して ESWL 施行 (shock wave 2,100回、治療時間45分) し、2日目の KUB である。上腎杯、腎盂にまたがる結石の一部が破碎され、更に尿管に流出されている。図8-3は20日目の KUB で、shock wave をあてた結石は全て排泄され、未治療の下腎杯に結石陰影がある。そこで第2日目 ESWL 施行 (shock wave 2,100回、40分間) した。図8-4は2回目 ESWL 後5日目の KUB である。一部砂状の結石を残すのみである。全経過を通じて、第

表16 Chemical analysis of excreted stones

	No. of cases(%)
Ca oxalate	18 (20.0)
+ Ca phosphate	47 (52.2)
+ { Ca phosphate Ca carbonate	4 (4.5)
+ Uric acid	4 (4.5)
+ { Ca phosphate Ammonium hydrogen urate	1 (1.1)
Ca phosphate	0
+Ca carbonate	7 (7.8)
Uric acid	2 (2.2)
Sodium hydrogen urate	3 (2.2)
Magnesium ammonium phosphate	3 (2.2)
Cystine	1 (1.1)
Total	90
Not examined	11

(Infrared Spectrometry による)

1日目 ESWL 後4日間 (38℃) 発熱 (腎盂炎) をみたのみで、特に副作用もなく、無処置で、1カ月間弱で成功した。尚、結石分析の結果は、磷酸カルシウム68%、炭酸カルシウム30%、尿酸カルシウムが微量であった。

症例2：22歳女性、左腎盂結石である。図9-1は KUB で、左腎盂に17×15mm, 15×12mm の2個の淡い結石陰影像を示す。図9-2は術前の IVP (20分) で、各腎杯の拡張を示す。ESWL 施行 (shock wave 1,400回、30分間) した24日目の KUB (図9-3) と IVP (図9-4) である。完全排泄され、IVP 上腎機能が回復し、形態も正常化している。結石分析の結果は、尿酸水素アンモニウム98%であった。

症例3：36歳女性、右腎盂結石である。図10-1は術前の KUB で20×14mm 結石陰影像を示す。ESWL 施行 (shock wave 1,300回、35分間) 直後、破碎された結石が中・下腎杯、腎盂に拡った所を図10-2に示した。図10-3は ESWL 後2日目の KUB である。図10-4は7日目の KUB に、ごくわずかに下腎杯に砂状結石が残

図8 症例1 68歳(女)1. 術前単純像(KUBと記す), 2. ESWL後2日目, 3. 2回目 ESWL施行直前のKUB(1回目より20日目), 4. 2回目 ESWL後5日目(1回目25日目)のKUBで, ごく1部残石を認める程度に排泄された。

図9 症例2 22歳(女)1, 2. 術前のKUB, IVP (16分) 像, 3, 4. ESWL後24日目のKUB, IVP (15分) 像である。完全排泄された。

存している。図10-5, 6は14日目のKUBとIVP像である。完全結石排泄を認めた。結石分析の結果は、磷酸カルシウム98%, 磷酸カルシウムが微量であった。

症例4: 50歳男性, 左尿管結石である。図11-1, 2は術前のKUB (6×10mmの結石陰影像を認める)とIVP像である。ESWL (shock wave 800回, 20分間)

図10 症例3. 36歳(女), 1. ESWL直前のKUB, 2. ESWL直後のKUBで, 各腎杯に破碎された結石が拡っている. 3. ESWL後2日目のKUB, 4. ESWL後7日目, 一部砂状結石が残存. 5. 6. 完全排石を認めたESWL後14日目のKUBとIVP像である.

図11 症例4. 58歳(男), 1. 2. ESWL直前のKUBとIVP像である. 3. 4. ESWL後14日目のKUBとIVP(10分)像である. 完全排泄された.

施行し, 14日目のKUB(図11-3)とIVP像(図11-4)で, 結石は完全排泄され, 術前の水腎症も回復した. 結石分析は未提出である.

症例5: 39歳男性, 単腎症で右尿管結石(6×6mm)である. 結石陰影像が淡い結石の為, 図12-1の如く逆行性に尿管バルーンカテーテル挿入し, 約5cm 腎の方

へ押し上げ(図12-2), 直ちにESWL(shock wave 1,400回, 28分間)施行したものである. 術後1週間で完全排石された. 図12-3, 4はESWL後25日目のKUBとDIP像である. 結石分析の結果は, 碳酸カルシウム98%, 磷酸カルシウム微量であった.

図12 症例5. 39歳(男), 1, 2. 結石陰影の為, 逆行性尿管バルーンカテーテル挿入し, 結石を上方へ押し上げた時の像である. 3, 4. ESWL 後25日目の KUB と DIP (20分) 像である. 完治した.

考 按

ESWL の治療の適用は, 当初かなり慎重に施行したと報告されているが³⁾⁴⁾, 自然排泄を予想されるごく小さな結石は, 勿論適用外であるが, ここ1~2年より絶対的適用外は, かなり限定されて来たので, かなり広い範囲の上部尿路結石症に行われて来ている.

最近の ESWL 適用外について要約すれば, ①内科的疾患として, 未治療の出血性素質のある症例, 強度の肥満, 頻回の不整脈のある症例のみである. ②器械(懸架システム)そのものから, 体重120kg 以上, 身長140cm 未満の症例である. ③泌尿器系疾患として尿管閉塞, 腎実質性結石, 腎杯憩室結石等である. ④その他, KUB で, 陰影像の淡い結石の場合も適用外であるが, 従来の泌尿器科的処置を併用する事で, 成功することもある. 我々も症例供覧5例目(図12-1, 2, 3, 4 参照)の如く, 尿管がルーンカテーテル使用により可能であった. 腸骨稜以下の尿管結石も適用外であるが, 尿管鏡的操作等により, 結石を腎の方へ押し上げることで可能であり, 我々も2例成功してあり絶対的適用外ではなくなった. また強度の尿管閉塞, 尿路感染症の存在する場合でも, PCN(腎瘻術), 抗生剤の投与, 尿管鏡的操作により適用となる症例があると考ええる. 我々も PCN を予定していた尿管狭窄の存在する

症例に対して, ESWL 施行した所(2例)何んら処置せず完全結石排泄に成功しており, 必ずしも尿路閉塞が適用外とはならない. 程度差によるだろうと考える.

次いで, ESWL の絶対的適用, 比較的適用についてであるが, 腎の先天性疾患, 単腎症, 既往に何らかの腎の手術をうけている症例, 腎機能不全, 両側腎・尿管結石症等が上られる. 我々は, 馬蹄鉄腎に腎盂結石を伴う症例を経験したが, ESWL 後2週間で結石を完全排泄に成功している. また, 既往に手術をうけた症例(3例)に対して, ESWL 施行した. うち2例に尿管狭窄を認めていたが, いずれも何んら処置せず成功した. Chaussy らの報告でも⁴⁾, 既往に1回以上の結石の剔出術をうけたことのある症例が ESWL 施行症例の40%もあったとし, しかも特に問題なかったとしている. これらの事から, 外科的手術方法で, 問題があり, 術後副作用が併発される事が予想される結石症に対しても当然, ESWL の適用となろう.

麻酔に関して, 欧米では, 全身麻酔下で施行されている例が, 10%以上と報告されている⁴⁾. 我々は, 硬膜外麻酔で, しかも1回注入法で充分であると考えている. ESWL 治療後の疼痛, 排泄を容易にする利点はあっても硬膜外麻酔で turbing する事は, 温水槽につける事もあり, 感染の心配もあり, 出来るだけ容易な

麻酔, 軽い麻酔をかけ, ESWL 治療後の体動, 運動を早めにさせるのが良いと考えている。1984年 Chaussy らの報告⁵⁾では, 75%が硬膜外麻酔で治療しているという。我々は, 90%同法で施行し, 何んら問題なかった。ただ, 37~39℃で, 温水下に20~40分浸った状態は, 皮膚呼吸抑制等が加わり, 心血管系, 肺呼吸器系への影響も想定され, 向後検討する予定である。

年齢に関して, 我々は, 20歳から74歳の男女101例に107回治療したが, 西独でも⁶⁾, 6~79歳とあらゆる年齢層に施行し, 更に高齢に適用を拡げている。治療時間が短いこともあり, 軽い麻酔さえかければ高齢でも充分適用になろう。

結石の位置について, 腎及び腎附近の尿管結石症が適応である。最近は中。下部尿管結石に対しても尿管鏡的処置により, 押し上げてから ESWL 施行するか, 尿管カテーテルを挿入して水を注入しつつ施行することで治療が可能になった。

結石の大きさ, 個数に関して, 大した問題はないが, それに対する shock wave の回数が問題となる。我々は, 主に700~2,200回であり, 1,500回以下が79%であったが, Munich 大学一派では⁵⁾, 978±134回であったと報告している。これは, 腎結石の場合には, 我々の治療経験から明らかのように, 大きさに比例して回数が多いことから, 単なる技術的評価判定の差は推定出来ない。

治療時間に関して, Chaussy ら⁵⁾は, 54±25分間であったと報告している。我々も86%が, 11~40分間であった。また, X線被曝時間であるが, 我々は5~60秒間であったが, 西独では⁵⁾, 125±53秒間と報告している。

shock wave 50~100回毎にX線にて結石破碎状況を確認するので, もしX線に陰影が淡い場合は, X線透視を必要とするので, 被曝時間は長くなる。しかし, 熟練により, 減少されることは確実である。

術後副作用と処置について, 副作用は殆んどなかったが, 欧米でも然りであるが, しかし, 1984年の報告では⁵⁾, 945例中1,068回の ESWL 施行して, PCN を43例に, 尿管への処置を33例に施行したと報告している。従って, 10~15%の割合で, ESWL 後, PCN, 尿管鏡的処置, 手術等を併用する必要があるだろう。我々も, 101例中107回施行して, 5例に尿管口切開を加えており, 当然予想される併発に対する処置を, いつすべいか, このまま観察すべきかが問題になる。しかし, 大きな結石(直軸2cm以上)症例に対しては, 破碎される結

石が多い為, 当然, 流出の停滞により, 腎盂炎が併発されるので, 早めに内視鏡的処置が必要である。

その他の副作用として上られるのは, 術後の結石の排泄されるとき痛みであるが, それに対して71%に鎮痛剤を投与したと報告されている⁵⁾。また, 28%に疼痛があったとしているが, 我々の経験では1例のみが疼痛があったが, その他の症例は, 鈍痛で17例(16.8%)に経験した。

ESWL 後の結石排泄動向に関して, 1984年の報告では⁵⁾, 90%が3ヵ月間の経過観察で, 完全に結石が消失したと報告している。我々の場合, 短期間の経過観察であるが, 47例(46.5%)に結石の完全消失をみた。そこで, ESWL 後3ヵ月の経過観察期間をみて, 治療の完了, 再治療すべきか, 決めるべきであろう。勿論, KUBで, 明らかに結石の破片として残存している場合は, 再治療すべきであろう。西独での報告で⁷⁾, 1983年10月末日で, 964例施行し, 2年間の経過観察期間で, 9.3%に残存結石があったが, 外科的剔出術を要したのは0.4%のみであったとしている。1984年2月の Fuchs, G.ら⁸⁾によれば, 330例中5例(1.5%)(3例腎盂, 2例尿管結石)に手術的剔出を行ったと報告している。更に, チスチン結石の2例は粉々に破碎されず, 大きな破片状の結石にしか破碎されない為, PCN を併用して剔出したと報告している。

いずれにせよ, ESWL により, 結石が破碎されることは, 充分判明した。しかし, その破碎された結石群をどう排出させるかが問題となる。自然排泄も可能であるが, 入院期間, 排泄に長期間を要すると予想される大きな結石, 鑄型結石は, PCN を併用する事は充分考慮されるべきである。また, それを併用することにより, 成功率を一層たかめるだろうと考える。

腎機能について, 我々は IVP 像のみの判定の data しかないが, 西独の報告では2年間以上の経過観察期間で当然回復しており, 増悪した例はいなかったと報告している⁵⁾⁶⁾。

泌尿器系以外の合併症に関しては, 多くの報告はない。我々も特に経過観察中ではあるが, 認めていない。ESWL 後の死亡報告として, 西独に於いて⁵⁾, 945例中, 治療前, 心筋梗塞があった例で, 治療後1例死亡したと報告がある。その他, 超音波検査にて, 6例に局所の腎被膜内血腫を認めたと報告している。

結 語

1. 上部尿路結石症101例(男子71例, 女子30例)に対して ESWL 施行した。5~60日間の経過観察にて,

うち47例に結石の完全消失排泄に成功した。しかし残りの症例もごくわずかの残石あるのみで、自然排泄が、期待出来る結石の大きさであった。

2. 適用外として、ESWLの器械の物理的要素から、身長140cm未満、体重120kg以上の症例である。shock waveの要素から内科的疾患として、出血性素因があり未治療症例、強度の肥満、強い不整脈のある症例等である。

3. 泌尿器系適用外として、自然排石が予想される小結石症例、完全尿路閉塞例、ESWLの器械的要素から、膀胱結石、及び下部尿管結石（腸骨隆以下）例である。

4. 適用は上記2, 3以外の腎・尿管結石症であった。

5. 治療は、硬膜外麻酔で充分であった。治療時間は20～40分間であった。shock waveの日数は1,500回以下が約80%であった。

6. 治療後、肉眼的血尿を1～2日間の持続であるが全例に認めた。

7. 副作用は、特に認めなかった。あったとしても鈍痛、発熱（腎盂炎）で17%に認めた。

8. 入院期間は数日間で充分であった。簡便、完全かつ迅速性であった事が証明された。

9. 術後経過観察期間は3ヵ月必要である。その間長軸2mm以下の小結石は無処置で、それ以上の残存結石の場合は2回目の治療が必要であった。

10. 結石は、破碎される事が確認された。しかし、5%にPCN、尿管鏡的内視鏡的処置の併用が必要であった。しかし上部尿路結石症に対しては、向後、従来の外科的剔除術にかわり、ESWLが中心的役割を果たすだろうと考える。

最後に、ESWLの実際の技術指導をしていただいた Eisenberger, F., Fuchs, G., Miller, K. (Department of

Urological Clinic, Katharinen Hospital, Stuttgart, FRG: Director Prof. Eisenberger, F.) に深謝いたします。また、御校閲を承った新島端夫教授、東原英二講師（東京大学、泌尿器科）に深謝いたします。

尚、本論文の要旨は、昭和59年12月1日第274回日本泌尿器科学会北海道地方会にて発表した。また、昭和59年12月15日 1st Korea-Japan Urological Congress（神戸市）に発表した。

文 献

- 1) Chaussy, C.H.: Extracorporeal shock wave lithotripter. In: New aspects in the treatment of kidney stone disease. Karger, 1982.
- 2) Chaussy, Ch., Brendel, W. and Schmiedt, E.: Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. Lancet, 11, 1265—1268, 1980.
- 3) 阿岸鉄三, 高橋通子, 光野貫一: 体外衝撃波による腎結石破碎. 医学のあゆみ, 126(2), 105—108, 1983.
- 4) Chaussy, Ch., Schmiedt, E., Jocham, D., Brendel, W., Forssmann, B. and Walther, V.: First clinical experience with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. J. Urol., 127, 417—420, 1982.
- 5) Chaussy, Ch., Schüller, J., Schmiedt, E., Brandl, H., Jocham, D. and Liedl, B.: Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) for treatment of urolithiasis. urology, XXIII(5), 59—66, 1984.
- 6) Fuchs, G.: Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL): Clinical experiences and results. ESWL 研究会発表より, 1984 (4).
- 7) ミュンヘン大学よりの personal Communication, 1983 (10).

(1984年12月26日受付)