

## 体外衝撃波による上部尿路結石破碎術 (ESWL) の経験

浅ノ川総合病院泌尿器科 (医長: 卞 在和)

卞 在和・工 藤 卓 次

金沢医科大学泌尿器科学教室 (主任: 津川龍三教授)

鈴木 孝 治・津 川 龍 三

### CLINICAL EXPERIENCE OF UPPER URINARY TRACT STONE BY EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE LITHOTRIPSY (ESWL)

Arikazu BEN and Takuji KUDO

*From the Department of Urology, Asanogawa General Hospital  
(Chief: Dr. A. Ben)*

Koji SUZUKI and Ryuzo TSUGAWA

*From the Department of Urology, Kanazawa Medical University  
(Director: Prof. R. Tsugawa)*

We treated 100 patients of upper urinary tract stone using extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL), from April to October 1986. Eighty-six of the patients were treated by ESWL monotherapy, and the other cases required further treatment, such as percutaneous nephrostomy (PCN), percutaneous nephrolithotomy (PNL), and transurethral ureterolithotripsy (TUL).

On the X-ray film obtained from one to three months after ESWL, 73 patients had no stones, 8 patients had sandy stones, 7 patients had small fragments less than 5 mm, 2 patients had large stones equal to or greater than 5 mm and 10 patients could not be followed up. Therefore, 97.7% of all patients were successfully treated.

In conclusion, ESWL is considered to be an ideal method to treat upper urinary tract stones, and soon will become the first choice of treatment of urolithiasis together with the progress in endourological techniques.

**Key words:** Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL)

#### はじめに

1972年より西独の Dornier 社で開発され1980年より Munich の Ludwig-Maximilians 大学泌尿器科学教室にて臨床治験が開始された体外衝撃波腎結石破碎機を用いた腎・尿管結石破碎術 (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy, ESWL)<sup>1)</sup> は本邦でも1984年9月より東札幌三樹会病院にて臨床治療が開始され<sup>2)</sup>。現在全国で14台が稼働中で良好な成績をあげている。浅ノ川総合病院でも1986年4月より導入開始し、10月末で100症例(124回施行)を治療し好成績が得られたのでその結果を報告する。

#### 方 法

ESWL の原理および器械装置については Chaussy

らによって詳細に報告されているので省略する<sup>1,3,4)</sup>。

治療前に 1,000 ml の輸液と抗生剤の点滴静注を行い、治療中も 500~1,000 ml の輸液を負荷し利尿下で治療を施行した。治療後も 1,000 ml の輸液と抗生剤の投与を行った。治療は全例硬膜外麻酔下で施行した。患者をストレッチャーに固定した後 38~40°C の温水を浸し、二方向の X線を確認しながら衝撃波の焦点に結石が位置するように患者を移動させ衝撃波を発射した。原則として腎結石では 18 KV 尿管結石では 22 KV の電圧を使用し衝撃波を100回発射する毎に X線で結石の位置と破碎状態を確認した。なお、尿管結石では全例尿管カテーテルを結石の直上または横に留置し逆行性に生理的食塩水を灌流させながら破碎した。

結 果

1) 結石の位置と大きさ

結石の位置は Fig. 1 に示したごとく、腎結石9例（うち、鑄型結石10例）、尿管結石35例、腎・尿管結石6例、臓器別では65腎、42尿管であった。

結石の大きさを長径で分類すると Fig. 2 に示した如く、30 mm 以下のものが腎結石では65腎中52腎（80%）、尿管結石では42尿管中40尿管（95.3%）を占めていた。

2) ESWL の回数と結石の大きさ

ESWL 施行回数は1回85例、2回11例、3回以上4例で、最多はシスチン結石の鑄型結石で5回のESWLを施行した。

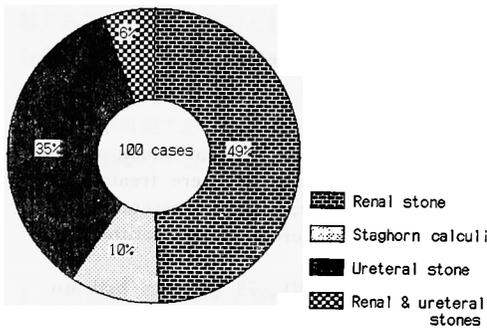


Fig. 1. Location of stones

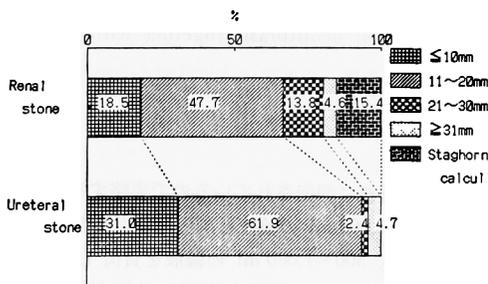


Fig. 2. Location and size of stones

結石の大きさと ESWL の回数との関係を Fig. 3 に示した。20 mm を越えた症例から回数が増している。

3) 衝撃波の回数と結石の位置と大きさ

結石の位置と大きさによる衝撃波の回数を比較したものを Table 1 に示した。結石の大きさが増すに従って衝撃波の回数が増している。しかし、同じ大きさで比較した場合腎と尿管で有意な差はなかった。

4) 併用療法および補助処置について

Table 1. Comparison between average number of shock waves and size and location of stones

	Kidney	Ureter	Total
≤10mm	735 ± 324.39 (n=8)	850 ± 416.70 (n=12)	804 ± 377.67 (n=20)
11~20mm	1050 ± 617 (n=30)	1085 ± 697.39 (n=26)	1066 ± 649.69 (n=56)
21~30mm	1394 ± 470.67 (n=9)	2400 (n=1)	1495 ± 545.92 (n=10)
≥31mm	2333 ± 1078.58 (n=3)	3200 (n=1)	2550 ± 981.50 (n=4)
staghorn calculi	3315 ± 1821.18 (n=10)		

\* p<0.05 \*\* p<0.01



Fig. 4. Treatment methods of 100 cases

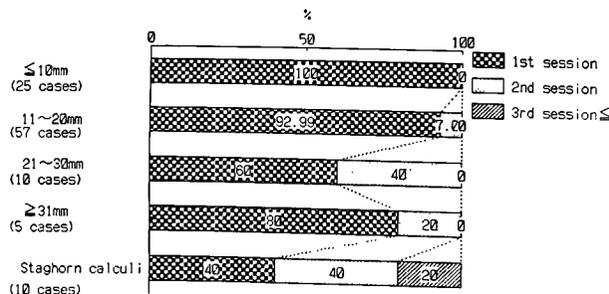


Fig. 3. Number of ESWL and initial stone size

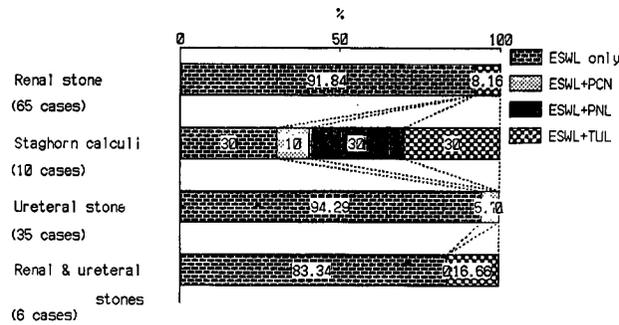


Fig. 5. Location and treatment methods

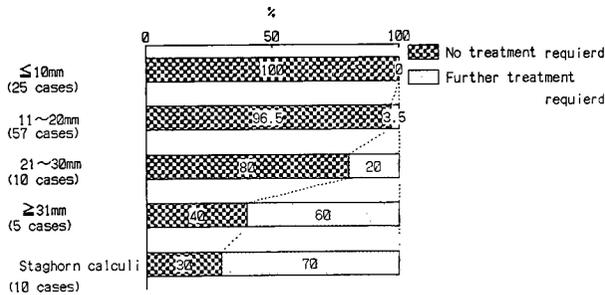


Fig. 6. Results and initial stone size

結石の大きさ、腎・尿管の形態的または機能的異常の有無（たとえば、単腎や尿管狭窄など）により補助的手段として経皮的腎切石術（percutaneous nephrolithotomy, PNL）、経皮的腎瘻術（percutaneous nephrostomy, PCN）、経尿道的尿管碎石術（transurethral ureterolithotripsy, TUL）が必要な場合がある。当院の100症例では、Fig. 4 に示したごとく、ESWL 単独治療は86例、PCN 併用が3例、PNL 併用が3例、TUL 併用が8例であった。PCN 併用は対側腎高度機能低下の鑄型結石例と両側尿管結石で一側完全閉塞例および他医にてPNL 不成功にて当科紹介された症例の3例、PNL 併用は完全鑄型結石の3例で1例は単腎者、1例は腎切石術既往例、1例は長年の腎瘻造設状態に合併した鑄型結石症例であった。TUL 併用は破碎結石片が尿管に嵌頓しいわゆる“stone street”を形成した抗生剤に抵抗性の急性腎盂腎炎を併発した8例であった。

結石の位置と併用療法との関係を Fig. 5 に示した。先に述べた様に鑄型結石に併用療法が多い。結石の大きさとの関係は、Fig. 6 に示したごとく 31 mm 以上の症例に併用療法が必要なものが多かった。

5)治療後の排石状態

Fig. 7 に示したごとく、1～3カ月の経過観察では73例が完全排石、8例が砂状結石、7例が5mm

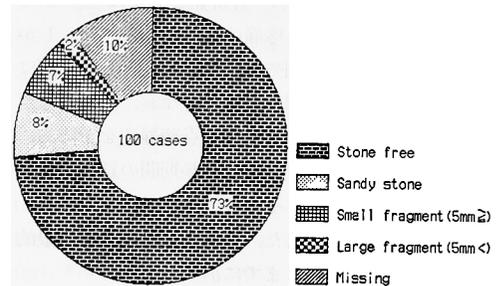


Fig. 7. X-ray control after ESWL (follow-up period: 1~3 months)

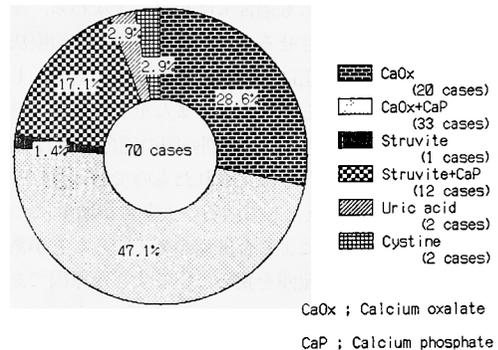


Fig. 8. Chemical composition of stones

CaOx ; Calcium oxalate  
CaP ; Calcium phosphate

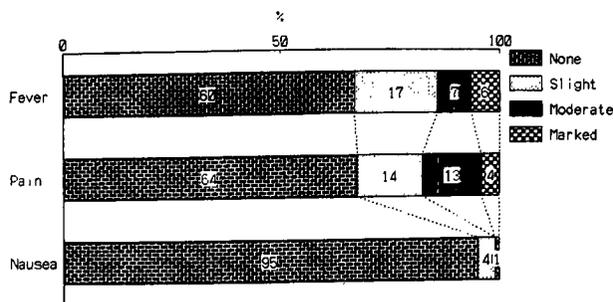


Fig. 9. Complications after ESWL

未満の小結石片、2例が5 mm以上の結石片の残存があり10例は経過不明であった。砂状結石や小結石片の症例はいずれ自排可能と考えられ90例中88例(97.7%)が成功と考えている。残り2例は自排なければ再度のESWLも考慮中である。

#### 6) 結石の成分

赤外分光分析により結石成分が判明している70例について分類してみると、Fig. 8に示したごとく、これまでの報告と同様に碳酸カルシウム含有結石が70例中53例(75.7%)と最多であった。

#### 7) 治療後の症状(合併症)

Fig. 9に示したごとく、合併症としては発熱と疼痛が多く、発熱は40例に疼痛は36例に見られた。しかし、何れも軽度で解熱剤や鎮痛剤を必要とした症例はそれぞれ6例および4例であった。なお、全例治療当日より3日間セフェム系抗生剤の点滴静注を予防的に施行し、発熱のあった症例では投与期間の延長や抗生剤の変更を適宜行った。その他、少数であるが嘔気・嘔吐を5例に認めた。また、全例に治療中より肉眼的血尿が認められたが翌日までに消失した。

### 考 察

ESWLはその出現以来尿路結石治療を全般にわたり一変させたと言っても過言ではない。すなわち、尿路結石は自然に排石させることが最も理想的な治療法であるがESWLは正にそれに近い治療法である。しかし、その適応を誤らないこともまた重要なことである。Chaussyらが発表した初期の頃の適応範囲は結石の大きさを初めかなり限定されたものであった<sup>9-11</sup>。ESWLの最大の欠点として結石の大きさが増すにつれ“stone street”による合併症が多くなること(1)があげられ、これが適応範囲を狭めている大きな原因であった。しかし、様々なendourological techniquesの進歩がESWLの適応範囲を広げた。特に長径3 cm以上のいわゆる“problem stone”や鑄型結石の

治療に関してはESWLやPNLの単独治療では多くの問題があり現実には各方法の長所を生かした併用療法で多くの症例が全治に導かれている<sup>6-10</sup>。その理由としてEisenbergerら<sup>6,7</sup>は(1)腎臓が1本だけでよい、(2)衝撃波の回数が少なく済む(1回の治療で2,500~3,000発が限度と考えられている)、(3)合併症が少ない、(4)入院期間が短縮できるなどをあげている。その他、(5)治療時間が短いためX線被曝量が少ない<sup>9</sup>、(6)腎臓を利用してchemolysisも併用できる<sup>10</sup>などがあげられている。当院でも10例の鑄型結石を経験しているがESWL単独治療が成功したのは部分鑄型結石の2例だけで他の完全鑄型結石の8例は何らかの併用療法か補助処置が必要であった。しかし、われわれはESWLの単独療法が理想であると考えており今回の集計には含まれていないが最近当院ではdouble J stent, double pigtail stentを尿管内に留置することにより“problem stone”や鑄型結石のESWL単独治療を試みている。ステント留置の利点としては(1)尿管の拡張と直線化により排石が容易である、(2)“stone street”による尿管の閉塞を防ぎUTIを予防できる、(3)患者に違和感がなく長期留置が可能である、(4)入院期間が短縮でき外来的に経過観察ができるなどがあげられる。欠点としては(1)高価である、(2)衝撃波の回数が多くなるなどがあげられるが、PNLなどの侵襲性を考慮すれば積極的に施行すべき方法であると考えている。

尿管結石はESWLの最も良い適応であるが同じ大きさの腎結石に比較し破砕が困難である。その理由として、(1)尿管結石の場合尿管壁に密着していることが多くそのために結石周囲に水の層ができず衝撃波が十分に威力を寄せられない、(2)破砕結石片が移動するスペースが少なく最外層の破砕結石片が衝撃波を吸収し結石の中心部まで十分に破砕することを妨害することなどが考えられている<sup>11,12</sup>、われわれも同様に考えている。これらの条件を緩和し尿管結石の破砕を

容易にするために(1)尿管カテーテルや尿管鏡により結石を腎盂内に戻して破砕する<sup>11,12)</sup>、(2)尿管バルーンカテーテルの留置で尿管を形成させて破砕する<sup>11)</sup>などの方法が考えられている。当院では尿管カテーテルで結石を腎盂内に戻すか、それができなかった場合はそのまま結石の直上または横にカテーテル先端を留置し逆行性に生理的食塩水を灌流させて治療しており好結果を得ている。また、尿管カテーテルの留置は上記以外に造影剤の注入により結石の位置の確認や通過障害の検索に役立つなどの利点もある。当院において検討した結石の位置と大きさと衝撃波の回数との比較で腎結石と尿管結石で有意差がなかった。即ちこの方法の有用性を支持しているものと考えている。結石の位置についても初期の頃は第5腰椎以下の結石は治療できないといわれていたが、最近体位の工夫にて小骨盤腔内の結石は破砕可能となっている<sup>13)</sup>。当院でも1例だけであるが小骨盤腔内の下部尿管結石の治療に成功している。

結石の排石については3カ月をひとつの目安として、Caussy<sup>4)</sup>は89.5%加藤<sup>11)</sup>は86.8% Drach<sup>14)</sup>は77.4%の完全排石を報告している。当院では1~3カ月と幅はあるが73%の完全排石であった。排石期間や残石状態は結石の位置や大きさ・数に関係すると考えられるが、Drach<sup>14)</sup>の検討では位置的には上腎杯>下腎杯>中腎杯>腎盂の順で、また大きさや数が増すに従って残石が多く排石期間も長くなると報告している。

ESWLの安全性については諸家の報告どおりであるが<sup>1-5,15)</sup>、当院においても重篤な合併症はなかった。しかしKaude<sup>16)</sup>、Kishimoto<sup>17)</sup>は腎に与える影響は無視できず衝撃波の数などとの関連を含め今後とも注意深い検討と経過観察が必要であると述べている。

成分面からみた結石破砕の難易度は詳細には検討はしていないが、われわれの印象では磷酸マグネシウムアンモニウム主成分の結石が最も破砕しやすくシスチン結石が最も破砕しにくくそれ以外は同じであった。加藤<sup>11)</sup>も他の成分に比較してシスチン結石が破砕しにくいと報告しており、その理由としてシスチンがより体組織に近いためインピーダンスの差が少なく衝撃波がエネルギーを出しにくく考えている。われわれはシスチン結石が超音波破砕に対しても同様に破砕しがたいことより結石構造の差ではないかと考えているが、今後検討する予定である。

最後に、丹田<sup>2)</sup> Fuchs<sup>18)</sup>の述べていることを参考に、現在考えられるESWLの適応外例を列記すると、1)器械の物理的要素から身長120cm未満、体

重135kg以上の症例、2)内科的疾患として未治療の出血性素因のある症例、強度の不整脈のある症例、3)泌尿器科疾患として尿管閉塞、腎実質性結石、腎杯憩室結石などの症例、4)衝撃波の要素から骨盤骨と重なった尿管結石症例があげられるが、今後の器械やendourologyの進歩でさらに適応が広がると考えている。現代社会に生きる者にとって、本法の利点は身体に傷をつけない、無痛、出血量の大幅な減少、入院期間の短縮、早期の社会活動への復帰などがあげられ、いずれも人間性、社会生活にとって理想に近い方法である。従来の方法に比べその優劣を考えると、本治療は上部尿路結石治療の主軸となることは時間の問題と考える。

## ま と め

(1)上部尿路結石100例に対してESWLを施行し1~3カ月の経過観察で73例に完全排石をみた。残りの症例も15例は砂状結石または5mm以下の小結石で自然排石が期待でき経過不明の10例を除くと97.7%に満足のいく結石が得られた。

(2)長径3cm以上のいわゆる“problem stone”や鑄型結石ではendourological techniquesを使用する必要が多かった。

(3)ESWLは結石の理想的な治療法に近く器械や周辺技術の進歩とともに今後結石治療の中心となると考えられる。

最後に、ESWLの実際の技術指導をしていただいた丹田均院長、加藤修爾副院長、坂文敏先生(東札幌三樹会病院) R. Hautmann, K. Miller, J.R. Bubeck, (Department of Urology, University of Ulm, FRG), W. Meyer (Surgical Center Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt, FRG)に感謝いたします。また、治療に協力していただいた本院麻酔科の門田和気先生および結石分析に協力いただいた金沢医科大学泌尿器科学教室の百成智津枝技師に感謝いたします。

なお、本論文の要旨は1986年11月1日第36回日本泌尿器科学会中部総会にて発表した。

## 文 献

- 1) Chaussy CH, Brendel W and Schmiedt E: Extracorporeal induced destruction of kidney stone by shock waves. *Lancet* 11: 1265~1268, 1980
- 2) 丹田 均・加藤修爾・坂 文敏・大西茂樹・中島久雄・熊本悦明: 体外衝撃波による腎・尿管結石破砕術の臨床経験. *日泌尿会誌* 76: 1770~1783, 1985
- 3) Chaussy CH and Schmiedt E: Shock wave treatment for stones in the upper urinary

- tract. *Urol Clin North Am* **10**: 743~750, 1983
- 4) Chaussy CH, Schüller J, Schmiedt E, Brendel W, Jocham D and Liedl B: Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) for treatment of urolithiasis. *Urology* **XXIII**: 59~66, 1984
  - 5) Schmiedt E and Chaussy CH: Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) of kidney and ureteric stones. *Inter Urol Nephrol* **16**: 273~283, 1984
  - 6) Eisenberger F, Fuchs G, Miller K, Bub P and Rassweiler J: Extracorporeal shock-wave lithotripsy (ESWL) and endourology: An ideal combination for the treatment of kidney stones. *World J Urol* **3**: 41~47, 1985
  - 7) Rassweiler J, Gumpinger R, Miller K, Hölzermann F and Eisenberger F: Multimodal treatment (extracorporeal shock wave lithotripsy and endourology) of complicated renal stone disease. *Eur Urol* **12**: 294~304, 1986
  - 8) Webb DR, Payne SR and Wickham JEA: Extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous renal surgery. *Br J Urol* **58**: 1~5, 1986
  - 9) Shulze H, Hertle L, Graff J, Frunke PJ and Senge T: Combined treatment of branched calculi by percutaneous nephrolithotomy and extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* **135**: 1138~1141, 1986
  - 10) Kahnoski RJ, Lingeman JE, Coury TA, Steele RE and Mosbaugh PG: Combined percutaneous and extracorporeal shock wave lithotripsy of staghorn calculi: An alternative to anatomic nephrolithotomy. *J Urol* **135**: 679~681, 1986
  - 11) 加藤修爾・丹田 均・大西茂樹・坂 丈敏・中嶋久雄: 体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の臨床経験: 第Ⅱ報 術後3カ月を経過した60症例の検討. *泌尿紀要* **31**: 1317~1320, 1985
  - 12) Mueller SC, Wilbert D, Thueroff JW and Alken P: Extracorporeal shock wave lithotripsy of ureteral stones: Clinical experience and experimental findings. *J Urol* **135**: 831~834, 1986
  - 13) Miller K, Bubeck JR and Hautmann R: Extracorporeal shock wave lithotripsy of distal ureteral calculi. *Eur Urol* **12**: 305~307, 1986
  - 14) Drach GW, Dretler S, Fair W, Finlayson B, Gillenwater J, Griffith D, Lingman J and Newman D: Report of the United States cooperative study of extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* **135**: 1127~1133, 1986
  - 15) 新島端夫・石動孝一郎・梅田 隆・岸 洋一・東原英二・赤座英之・富永登志・藤目 真・原徹・木村 明・平野美和・鈴木 明・平澤 潔・吉田雅彦・徳田 拓・柴本賢秀: ESWL (extracorporeal shock wave lithotripter) の臨床経験. *日泌尿会誌* **76**: 1460~1467, 1985
  - 16) Kaude JV, Williams CM, Millner MR, Scott KN and Finlayson B: Renal morphology and function immediately after extracorporeal shock-wave lithotripsy. *Am J Urol* **145**: 305~313, 1985
  - 17) Kishimoto T, Yamamoto K, Sugimoto T, Yoshihara H and Mackawa M: Side effects of extracorporeal shock-wave exposure in patients treated by extracorporeal shock-wave lithotripsy for upper urinary tract stone. *Eur Urol* **12**: 308~313, 1986
  - 18) Fuchs G, Miller K, Rassweiler J and Eisenberger F: Extracorporeal shock wave lithotripsy—one year experience with the Dornier lithotripter. 第1回 ESWL 研究会記録: 39~46, 1985

(1987年1月12日受付)