

## セラソニック結石破碎装置による 上部尿路結石治療の臨床経験

聖路加国際病院泌尿器科 (部長: 岡本重禮)

貫井 文彦, 岡本 重禮, 永田 幹男

藤本 恭士, 須山 一穂

### CLINICAL APPLICATION OF THERASONIC LITHOTRIPSY TREATMENT SYSTEM FOR UPPER URINARY TRACT CALCULI

Fumihiko Nukui, Shigehiro Okamoto, Mikio Nagata,  
Yasushi Fujimoto and Kazuho Suyama

*From the Department of Urology, St. Luke's International Hospital*

Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) using a Therasonic lithotripter was performed on 30 patients with urinary tract calculi between July, 1989 and February, 1990. The results obtained in 31 cases (one patient had bilateral renal stones) were presented. There were 22 inpatients and 8 outpatients in this series. The stone location was: renal pelvis in 15 cases, renal calyces in 10 cases, parenchyma or diverticulum of renal calyces in 3 cases, ureteropelvic junction in 1 case, and upper ureter in 2 cases. Sixteen cases (52%) became stone-free and residual stones ( $\leq 4$  mm) remained in 9 cases (overall effective rate 81%) at one month after the treatment. There were no serious complications including bacteremia and renal hematoma. We concluded that Therasonic lithotripter is useful in the management of upper urinary tract calculi.

(Acta Urol. Jpn. 36: 1003-1007, 1990)

**Key words:** Extracorporeal shock wave lithotripsy, Therasonic lithotripter

#### 緒 言

現在尿路結石の治療に広く用いられている体外衝撃波結石破碎機 (extracorporeal shock wave lithotripter, ESWL) は, ドルニエ社の HM-3<sup>1,2)</sup> に始まり, その後多くの機種が開発され広く臨床応用されるようになった<sup>3-7)</sup>. 今回われわれは米国のダイアソニック社が開発したセラソニック結石破碎装置を用い, 30症例の上部尿路結石の治療を施行したので報告する.

#### 対 象

対象は1989年7月から1990年2月にかけて当科で上部尿路結石と診断し, セラソニック結石破碎装置による治療に同意した患者30症例である. 男性17例女性13例で年齢は26歳から77歳, 平均52歳, 1症例に左右腎結石の治療を行い計31例の治療成績を検討した. 結石部位は腎盂15例・腎杯10例・腎杯憩室内または腎実質内3例・腎盂尿管移行部1例・上部尿管2例であった. 結石の大きさは最大径 1 cm 以下が 15 例, 1~2

cm が12例, 2~3 cm が4例であった. 対象患者の合併症および既往歴では, 心弁膜症を有するもの1例, 糖尿病有するもの2例, メニエル症候群を有するもの1例, 多嚢胞腎1例, 腎盂または尿管切石術の既往をもつものは6例であったがそのうち1例に軽度の腎盂尿管移行部狭窄を認めた. 治療は入院治療22例, 外来治療を8例に対し行った (Table 1).

#### 装 置 の 概 要

セラソニック結石破碎装置は3つの主なる構成部からなる (Fig. 1). UROVIEW-X 線システムによる2方向からの映像による三次元の結石の位置を計算し, 結石破碎システムコントローラーにその位置情報を伝達する. さらに SPA-1000 超音波システムに内蔵されている制御コントロールと連動することにより, 結石の位置を的確に示すとともにリアルタイム超音波画像で結石の破碎状態をみる事が可能である. UROVIEW-X 線システムに連結されている治療テーブルには圧電素子による衝撃波発生装置が内蔵されてい

Table 1. 対 象

|                      |
|----------------------|
| 男 17例, 女 13例, 計 30例  |
| 年齢 26~77歳, 平均 52歳    |
| 結石部位 (両側腎結石 1症例)     |
| 腎盂 15例, 腎杯 10例       |
| 腎杯憩室内または腎実質内 3例      |
| 腎盂尿管移行部 1例           |
| 上部尿管 2例              |
| 結石の個数                |
| 1個 24例, 2個 6例, 3個 1例 |
| 主結石の大きさ              |
| 1 cm 以下 15例          |
| 1~2 cm 12例           |
| 2~3 cm 4例            |
| 既往症および合併症            |
| 腎盂または尿管切石術 6例        |
| 糖尿病 2例, 心弁膜症 1例      |
| メニエル症候群 1例, 多囊胞腎 1例  |

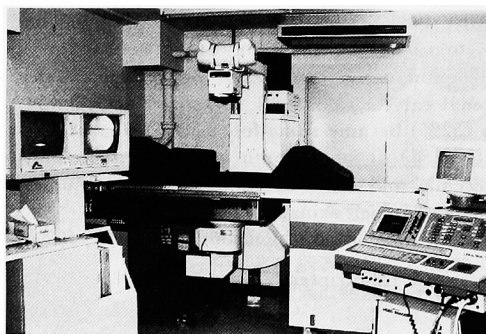


Fig. 1. セラソニック結石破碎装置

る。40 cm の平坦な円型状の内部に圧電素子はモザイク状に配列し、この圧電素子が発生する圧力波を音響レンズで収束させる。圧力波はウォーターバック内の水クッションを通過して 15×25 mm の大きさに収束され体内の結石破碎を可能にする。衝撃波の周波数は 1~25 Hz, 破碎力は最大 1000 bar までの出力が可能で 80~100% の 3 段階に調節できる。

## 方 法

入院、外来患者とも治療前 4 時間を禁食として治療直前より点滴を開始した。治療直前にジクロフェナクナトリウム 50 mg 座薬を用いたが、その他浣腸や尿道カテーテル留置などの処置は原則として行わなかった。

結石の位置ぎめは、まず患者を UROVIEW 透視テーブルに乗せ結石の位置が正面画像の中心に位置するように移動したのち、透視アームを +9°, -9° に

Table 2. 治 療

|                                         |
|-----------------------------------------|
| 入院治療 22例, 外来治療 8例<br>(23腎)              |
| 治療回数<br>1回 22例, 2回 7例, 3回 1例, 4回 1例     |
| 治療時間 (1回の治療あたり)<br>75~120分, 平均 95±22分   |
| 衝撃波数<br>5,000~48,000発, 平均 14,275±9,044発 |
| 併用療法<br>ダブル-J スtent留置 5例                |

傾け 2 方向から透視することにより 3 次元の結石位置 (x, y, z) をコンピューターが自動的に計算する。患者を治療テーブルに移動し SPA-1000 超音波システムに結石位置 (x, y, z) を入力すると自動的に衝撃波の焦点が結石位置に移動する。また hand probe の超音波画像により結石位置を確認することによって超音波だけでの位置ぎめも可能である。結石の位置ぎめ後、まず 80% の出力で治療を開始し、徐々に 100% まで出力を上げた。衝撃波の振動数は通常 4~5 Hz で行った。碎石治療中強い疼痛を認めた場合はベンタゾシン 7.5 mg または 15 mg を静注した。

碎石状態はリアルタイム超音波画像にて見る事が可能であるが、透視、または X 線フィルムを撮影することにより必要以上の衝撃波を加えないようにした。

1 回の治療は 12,000 発までにとどめ再治療が必要な場合には数日から 1 週間の間隔をおいて治療した。結石の破砕片が尿管に嵌頓する可能性がある症例には尿管ステントを ESWL 治療直後に留置した。

治療効果の判定は 1 カ月後の KUB をもって判断し、残石なしを著効、4 mm 以下の残石を有効、破砕されているが 1 cm 以内の残石がある場合はやや有効とした。

## 結 果

29 腎・2 尿管、31 例の結石症例に対し計 43 回、平均 1.4 回の ESWL を施行した。衝撃波数は 5,000 発から 48,000 発、平均 14,275±9,044 発であった。尿管ステントは 5 例に留置し TUL や PNL などの併用療法は行わなかった。また平均治療時間は 95±22 分であった (Table. 2)。治療 1 カ月後における効果判定は 31 例中著効 16 例 52%, 有効 9 例 29%, やや有効 4 例 13% 無効 2 例 6% であった。著効有効を合わせた有効率は 81% でやや有効を含めると 94% であった。結石の部位別の治療成績は腎盂結石の 14 例で著効 10 例 71%・有効 3 例 20% の有効率 87%, 腎杯結石の 10 例で著効 4 例 40%

Table 3. 結石の部位別治療効果

| 結 石 部 位<br>R  | 著 効<br>Tx(1)-0 | 有 効<br>Tx(1)-1 | やや有効<br>Tx(1)-2 | 無 効<br>Tx(1)-3 |
|---------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 腎実質・腎杯憩室 (R1) | —              | 1 例 (33%)      | 1 例 (33%)       | 1 例 (33%)      |
| 腎 盂 (R2)      | 10 例 (67%)     | 3 例 (20%)      | 2 例 (13%)       | 0 例 (0%)       |
| 腎 杯 (R2)      | 4 例 (40%)      | 5 例 (50%)      | 1 例 (10%)       | 0 例 (0%)       |
| 腎盂尿管移行部 (R3)  | —              | —              | —               | 1 例 (100%)     |
| 計             | 16 例 (52%)     | 9 例 (29%)      | 4 例 (13%)       | 2 例 (6%)       |

Tx(1): 1 カ月後の残石, 0: 残石なし, 1: 残石 4 mm 以下, 2: 残石 4.1 mm 以上, 3: 変化なし

Table 4. 結石の大きさ別治療効果

| 結石の大きさ<br>R      | 著 効<br>Tx(1)-0 | 有 効<br>Tx(1)-1 | やや有効<br>Tx(1)-2 | 無 効<br>Tx(1)-3 | 有 効 率 |
|------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-------|
| DS-3 (4<≤10 mm)  | 8 例 (53%)      | 6 例 (40%)      | 1 例 (7%)        | —              | 93%   |
| DS-4 (10<≤20 mm) | 6 例 (50%)      | 3 例 (25%)      | 2 例 (17%)       | 1 例 (8%)       | 75%   |
| DS-5 (20<≤30 mm) | 2 例 (50%)      | —              | 1 例 (25%)       | 1 例 (25%)      | 50%   |

Tx(1): 1 カ月後の残石, 0: 残石なし, 1: 残石 4 mm 以下, 2: 残石 4.1 mm 以上, 3: 変化なし

Table 5. 副 作 用

|   | 疼 痛 (CP)     | 発 熱 (CF)     | 血 尿 (CH)    | 菌血症 (CS)    | 尿路損傷 (CI)   |
|---|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 28 例 (90.3%) | 22 例 (71.0%) | 0 例 (0%)    | 31 例 (100%) | 31 例 (100%) |
| 1 | 3 例 (9.7%)   | 7 例 (22.6%)  | 31 例 (100%) | 0 例 (0%)    | 0 例 (0%)    |
| 2 | —            | 2 例 (6.4%)   | —           | —           | —           |

疼痛 (CP): 0: 処置を必要としなかった, 1: 鎮痛剤その他の処置を必要とした, 発熱 (CF): 0: なし, 1: 有るが, 術後の最高体温が38度未満, 2: 38度以上, 血尿 (CH): 0: 肉眼的血尿 (—), 1: 肉眼的血尿 (+) しかし, 処置は必要としない, 菌血症 (CS): 0: なし, 1: 有る, その他尿路の形能的損傷 (CI): 0: なし, 1: 有るも, 保存的に対処, 2: 開放性手術をして対処

%・有効 5 例 50%の有効率90%, 腎杯憩室または腎実質内結石では 3 例中有効症例 1 例33%のみであった。腎盂尿管移行部結石は 1 例のみ施行したが無効であった。上部尿管結石は 2 例に施行し 2 例 100%とも有効であった (Table 3)。結石の大きさ別の有効率は 1 cm 以下の結石15例中著効 8 例53%・有効 6 例40%で有効率93%, 1 cm~2 cm の結石12例中著効 6 例50%・有効 3 例25%で有効率75%, 2 cm~3 cm の結石 4 例では著効 2 例の有効率50%であった (Table 4)。

結石成分はほとんどが尿酸カルシウムまたはりん酸カルシウムであったが, 中には排石された石片が非常に細かいため結石の採集が困難であった症例があり, 特に外来治療の患者の結石成分は不明なものが多かった。

副作用は全例に肉眼的血尿を認めたが数日以内に自然に消失した。ESWL 後結石破片に伴う疼痛は 3 例に認めたが鎮痛剤の投与により直ちに軽快した。発熱は 9 例に認めたがうち 3 例は尿管ステント留置に伴う

ものと考えられいずれも数日で軽快し, 菌血症を呈した症例はなかった。1 カ月の経過中腎周囲血腫などを認めた症例はなかった (Table 5)。1 症例は治療 2 日めに一過性の脳虚血を認めたが, この症例は基礎疾患に心房細動を伴った心弁膜症を有し, ESWL が直接の原因とは思われなかった。またメニエル症候群を有した症例は ESWL 直後からメニエル発作と思われる眩暈, 嘔気を認めたが入院を要するでは至らなかった。

ESWL 後の血液検査成績は, 治療 1 日後に軽度の白血球の上昇と血小板の減少, 生化学検査では LDH, CPK の上昇, クレアチニン, ビリルビンの軽度の上昇, 血液蛋白, アルブミンの軽度の減少がみられたが, ほぼ 1 週間で治療前値に回復した。また血液赤血球数, ヘモグロビン, ヘマトクリットが 1 週間後に軽度減少したがいずれも問題となる値ではなかった (Table 6)。

Table 6. 臨症検査値の変化

|              | 正 常 値       | 治 療 前         | 1 日 目           | 7 日 目          | 30 日 目        |
|--------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|
| 一般血液検査       |             |               |                 |                |               |
| WBC /mm      | 4,000~8,900 | 6,526 ± 2,165 | 8,355 ± 2,565** | 6,067 ± 1,636  | 6,048 ± 1,454 |
| RBC 10/mm    | 386 ~ 548   | 440.1 ± 51.1  | 437.1 ± 51.3    | 429.7 ± 47.7** | 432.7 ± 51.5  |
| Hb g/dl      | 11.7~ 16.3  | 13.8 ± 1.8    | 13.7 ± 2.0      | 13.3 ± 1.8*    | 13.4 ± 1.9    |
| Hct %        | 34.7~ 49.0  | 40.7 ± 5.1    | 40.6 ± 5.4      | 39.5 ± 5.6**   | 40.4 ± 5.1    |
| Plt %        | 16.0~33.8   | 24.5 ± 7.0    | 22.1 ± 4.7**    | 25.2 ± 5.8     | 23.5 ± 5.8    |
| 血液生化学検査      |             |               |                 |                |               |
| GOT IU/l     | 9 ~ 32      | 21.5 ± 8.9    | 25.2 ± 9.7*     | 25.2 ± 13.1    | 22.2 ± 8.0    |
| GPT IU/l     | 3 ~ 38      | 22.4 ± 17.0   | 19.7 ± 14.8     | 27.8 ± 26.6    | 23.0 ± 13.5   |
| LDH U/l      | 210 ~ 420   | 326.9 ± 54.9  | 407.6 ± 86.1**  | 365.3 ± 81.6*  | 307.3 ± 43.8  |
| ALP IU/l     | 58 ~ 200    | 162.2 ± 51.0  | 157.2 ± 52.5    | 197.1 ± 1,478  | 170.3 ± 64.6  |
| CPK IU/l     | 15 ~ 130    | 55.5 ± 15.1   | 120.7 ± 117.7** | 57.5 ± 26.3    | 63.3 ± 27.1   |
| AMY IU/l     | 62 ~ 210    | 154.7 ± 57.1  | 154.6 ± 63.8    | 159.1 ± 63.1   | 174.7 ± 82.3  |
| TP g/dl      | 6.4~ 8.0    | 7.05 ± 0.52   | 6.60 ± 0.60**   | 7.03 ± 0.51    | 7.05 ± 0.43   |
| ALB g/dl     | 4.1~ 5.1    | 4.41 ± 0.34   | 4.14 ± 0.41**   | 4.35 ± 0.42    | 4.46 ± 0.31   |
| Creat. mg/dl | 0.5~ 1.2    | 0.91 ± 0.21   | 0.99 ± 0.23**   | 0.94 ± 0.21    | 0.91 ± 0.21   |
| UA mg/dl     | 2.7~ 8.7    | 6.64 ± 1.68   | 5.79 ± 1.75     | 5.48 ± 1.61    | 5.34 ± 1.41   |
| T-BIL mg/dl  | 0.2~ 1.2    | 0.44 ± 0.23   | 0.65 ± 0.32**   | 0.43 ± 0.19    | 0.44 ± 0.20   |

\* p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01 (治療前値との両側T検定)

## 考 察

セラソニック結石破碎装置の特徴は結石の位置決めに基づきX線を用いコンピューター解析することによって超音波での結石の位置ぎめを迅速にしていることである。さらに超音波でリアルタイムに結石の破碎状態が確認できるため、無用なX線被曝を避けることができることにある。また圧電素子による衝撃波は最大約1,000 bar. までの出力が可能で、その出力は3段階に調節でき無麻酔による治療を可能にしている。

1カ月を経過した治療成績は有効率81%, 碎石率94%で他の成績<sup>2-8)</sup>と比べても遜色ない。1カ月の完全排石率は52%であったが、これは経過が1カ月と短いこと、下腎杯や腎杯憩室内の結石が比較的多いためであると考えられる。また腎盂尿管移行部に嵌頓した症例は閉塞カテーテルを用いた尿管の作成などの併用療法<sup>9)</sup>が必要と考えられた。今回の治療では中部および下部尿管結石の治療は行わなかったが、下部尿管結石の場合は腹臥位にすることにより<sup>9)</sup>、また中部尿管結石の場合は腸骨動静脈を指標かつX線画像との併用により位置ぎめが可能であると考えられる。

今回の治療では特に重篤な合併症を認めなかった。ESWL 後腎周囲血腫が発生する頻度は文献的には1%以下である<sup>10)</sup>。Mcdougal らは犬を用いた本装置の実験で、3匹・6腎の下極に20,000発、上極に12,000発の衝撃波を与え、その直後および7日目の顕微鏡的組織所見を検討した。12,000発の衝撃波による

急性の組織所見は、限局した間質性出血と尿細管の欠損のみであったが、20,000発では一貫した急性の2~3mmの出血所見を認めた。しかし7日目の組織所見では間質性出血は消失し、限局した疎性結合組織による初期の瘢痕を示したのみで、糸球体の障害は認めなかった。この結果から本装置での1回の治療は12,000発まで、さらに数日から1週間の間隔において再治療すれば重篤な腎実質障害を合併する可能性は少ないと考えられる。一方、晩期合併症として危惧される高血圧症<sup>11)</sup>における衝撃波数と組織所見の関係等は今後の検討が必要である。

セラソニック結石破碎装置は無麻酔による治療が可能であることから、われわれの施設でも技術的に本装置に熟達したと考えられる後半の8症例に外来治療を行った。外来治療の適応は特に心肺機能や出血傾向などの合併症がなく、さらに下部尿路閉塞がない症例で、1回・12,000発の治療にてほぼ碎石が可能と思われるもの、または残石の可能性があってもそれによる尿路の完全閉塞の危険がないと考えられる症例に限った。碎石有効症例の結石の大きさと衝撃波数との相関はFig. 2に示すごとくであり、本装置による1回の治療を12,000発までとすると13mmまでの結石が外来治療の適応症例と考えられた。しかしさらに大きな結石も分割的に慎重に破碎することにより外来治療の適応が広がるものと思われ、部位別や安全性なども含めた今後の検討がさらに必要である。

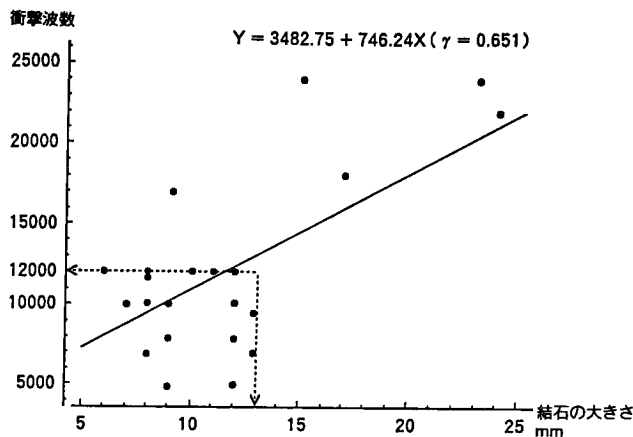


Fig. 2. ESWL 有効症例における結石の大きさと衝撃波数

## 結 語

セラソニック結石破碎装置による体外衝撃波結石破碎を上部尿路結石患者30症例(29腎臓・2尿管の計31例)に対し施行した。22例は入院治療, 8例は外来治療を行い81%の有効率を得た。今回の治療中特に重篤な副作用を認めず, 本装置は安全かつ有効な体外衝撃波結石装置である。

稿を終えるにあたり, セラソニック結石破碎装置の導入に御尽力戴いた北里大学小柴健教授, 真下節夫助教授に深謝いたします。尚本論文の一部は第78回日本泌尿器科学会総会において発表した。

## 文 献

- 1) Chaussy C, Brendel W and Schmiedt E: Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* 2: 1265-1268, 1980
- 2) 東原英二, 新島端夫, 丹田 均, 加藤修爾, 大西茂樹, 條崎忠利, 上原尚夫, 中村敏之, 柳沢良三, 東海林文夫, 横山正夫, 吉澤一彦, 荒川 孝, 真下節夫, 塩谷 尚, 田島 惇, 阿曾佳郎, 下在和, 池田龍介, 工藤卓次, 東 義人, 小林則之, 吉田 修, 池内博和, 山本啓介, 前川正信, 原田益善, 郷司和男, 守殿貞夫, 松尾嘉禮, 水野全裕, 小橋賢二: Extracorporeal shock lithotripter の治療成績一昭和61年6月までの本邦集計一。日泌尿会誌 78: 2189-2194, 1987
- 3) 町田豊平, 田代和也, 望月 篤, 大石幸彦, 吉越富久夫, 御厨裕治, 今中啓一郎, 白井 尚: 第2世代 ESWL (LT-01) による上部尿路結石治療の臨床経験。日泌尿会誌 79: 214-219, 1988
- 4) 馬場志郎, 出口修宏, 早川邦弘, 橋 政昭, 実川正道, 畠 亮, 田崎 寛: 圧電式腎結石破碎装置による無麻酔体外衝撃波腎碎石術の経験。日泌

尿会誌 79: 1919-1927, 1988

- 5) 平尾佳彦, 佐々木憲二, 吉田克法, 岡島英五郎, 谷川克己, 西沢和亮, 岡田敬司, 松下一男, 河村信夫, 森本鎮義, 平野敦之, 戎野庄一, 大川順正: Sonolith 2000 を用いた体外衝撃波による腎尿管結石破碎術の臨床経験。日泌尿会誌 80: 507-516, 1989
- 6) 西村泰治, 本田 了, 川村直樹, 坪井成美, 広瀬始之, 鈴木 央, 山形健治, 渡辺 潤, 服部智仁, 矢島勇臣, 大原正雄, 平澤精一, 長谷川 潤, 原眞, 吉田和弘, 秋元成太: 第3世代 ESWL (TRIPTEX-1) による上部尿路結石治療の臨床経験。日泌尿会誌 80: 151-157, 1989
- 7) 松浦 治, 竹内宣久, 服部良平, 橋本純一, 大島伸一, 田中国晃, 三宅弘治: MPL-9000 による尿路結石の治療経験。日泌尿会誌 81: 236-242, 1990
- 8) 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
- 9) Jenkins AD and Gillenwater JY: Extracorporeal shock wave lithotripsy in prone position; treatment of stones in distal ureter or anomalous kidney. *J Urol* 139: 911-915, 1988
- 10) 真下節夫, 荒川 孝, 久保星一: 尿路結石 ESWL の合併症。日本臨床 47: 2694-2698, 1989
- 11) Lingeman JE, Newan D, Mertz JHO, Mosbaugh PG, Steel RE, Kahnoski RE, Coury TA and Wood JR: Extracorporeal shock wave lithotripsy: the Methodist Indiana experience. *J Urol* 135: 1134-1137, 1989

(Received on March 22, 1990)

(Accepted on June 1, 1990)

(迅速掲載)