



## 爆薬による結石破碎

渡辺 決\*, 今出陽一郎\*, 中河裕治\*, 内田 睦\*

私たちは、爆薬のもつ巨大な破壊力に注目し、きわめて微量の爆薬を完全にコントロールすることにより、爆薬の応用範囲を医学にまで広げることを考えた。そして1975年より微量の爆薬を利用した微小発破による尿路結石破碎の研究を続け<sup>1)</sup>、1981年に初めて膀胱結石に対する臨床応用に成功した。その後、現在までに、膀胱結石141例、尿管結石56例、腎結石35例に微小発破を施行し、全例に成功をおさめ満足のいく結果を得ている。このように現在では、結石の存在部位にかかわらず、すべての尿路結石を微小発破により非観血的に破碎し、摘除できるようになった。本稿では、爆薬を用いた微小発破による尿路結石破碎の治療について、簡単に紹介する。

### 1. 爆薬室

爆薬の作用には、衝撃波による破壊作用と、生成ガスによる推進作用の二つがある。私たちは、結石を破碎するための爆薬室として、衝撃波を利用するカテーテル付き爆薬室と、生成ガスを利用する駆動体方式爆薬室を開発した。

#### 1.1 カテーテル付き爆薬室

この爆薬室は、爆薬のもつ衝撃波を結石に直接に作用させて結石を破碎する目的で開発された。使用爆薬としては、生成ガスが少なく、かつ微量でもきわめて強い破壊力のあるアジ化鉛を選択した。そして、この爆薬を外径3mm、長さ20mmのステンレス管内に2~7mg充填し、爆薬室の後端には通電用エナメル線を接続し、体外から点火できるようにした(Fig. 1)。

この爆薬室の発破方法には、結石表面に爆薬室を接触させて発破する張り付け発破と、結石に孔をあけその中に爆薬前を挿入して発破する穿孔発破とがある(Fig. 2)。穿孔発破は、張り付け発破と比較すると、同じ大きさの結石を破碎するのにより少ない爆薬量で破碎可能であり、結石破碎効率が良い。基礎実験により至適爆薬量を算出したところ、穿孔発破は張り付け発破の約1/3の爆薬量で破碎可能であった(Table 1)。また穿孔発破は、発破の際に生じるガスが穿孔された結石腔内に閉じ込められるので、膀胱のように容量の大きい部位だけでなく、容量の小さい腎盂内でも安全

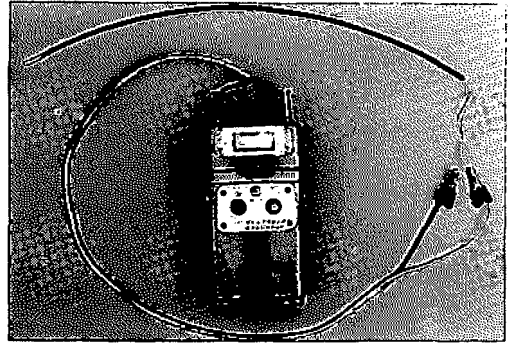


Fig. 1 Lead azide explosives and igniter

に発破を行える利点がある。

#### 1.2 駆動体方式爆薬室

この爆薬室は、発破の際の生成ガスの漏出をなくし、生成ガスの推進作用を利用して爆薬室内の小物体を加速し、結石に小物体を衝突させて結石を破碎する装置である。爆薬としては、アジ化鉛より生成ガスの多い

〔著者紹介〕 氏名 渡 辺 決



所属 京都府立医科大学  
略歴 昭和10年生  
昭和35年:東北大学医学部卒 昭和40年:同大学院医学研究科終了 医学博士 昭和42年:東北大学講師 昭和51年:京都府立医科大学教授(泌尿器科学)

現在の主要研究テーマは、前立腺疾患の予防・治療医学、尿路結石症、副腎外科、泌尿器科超音波医学、泌尿器科ME等。泌尿器科学・超音波医学に関する著書多数。

平成2年3月30日受理

\*京都府立医科大学泌尿器科学教室  
〒602 京都市上京区河原町通広小路上ル  
TEL 075-251-5593

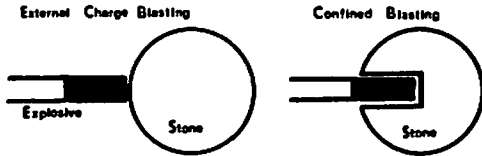


Fig. 2 Two methods of blasting for microexplosion lithotripsy

Table 1 Suitable explosive dose in microexplosion lithotripsy

Stone size (cm)	1.5	2.0	2.5	3.0
External charge blasting	3	6	9	14
Confined blasting	1	2	3	4

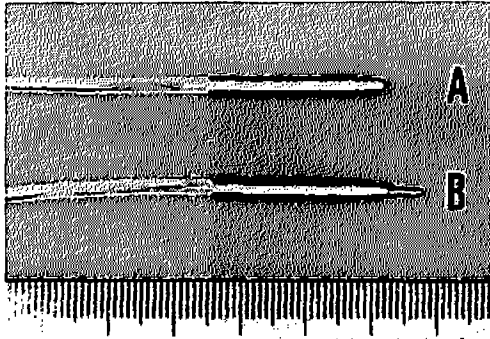


Fig. 3 Pin-hammer microexplosion lithotripter  
A) Before blasting B) After blasting

トリシネートを使用し、直径2.6mm、長さ30mmの爆薬室シリンダ内に、3mgのトリシネートと直径1.3mmの駆動小物体が取り付けられている。発破後、この駆動小物体は加速されるが、シリンダ先端より5mmの位置で止まるように制御されている。また、シリンダ先端部は、尿管内挿入を容易にするために狭小化され、後端には通電用エナメル線が接続されている (Fig. 3)。

## 2. 結石破砕用附属装置

附風装置としては、内視鏡、結石穿孔用電気ドリル<sup>2)</sup>および駆動体方式爆薬室を尿管に挿入する際に使用する駆動体方式爆薬室誘導セットがある。

### 2.1 内視鏡

内視鏡には、膀胱結石破砕の際に、カテーテル付き爆薬室を挿入できる結石破砕用膀胱鏡と、大きい膀胱結石の際に結石に孔あけるための結石穿孔用電気ドリルを挿入できる結石穿孔用内視鏡がある (Fig. 4)。

### 2.2 結石穿孔用電気ドリル

穿孔発破のために結石に孔をあける装置で、コントロールボックス、マイクロモータおよび結石穿孔用

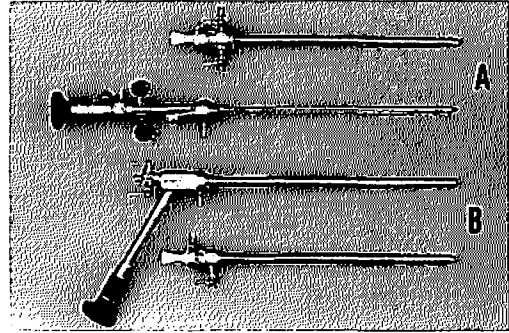


Fig. 4 Endoscope  
A) Cystoscope for microexplosion lithotripsy  
B) Special endoscope for making a hole in the stone

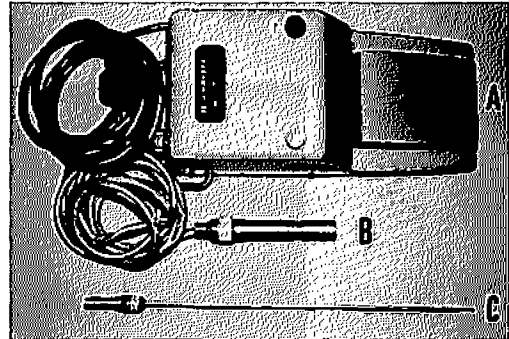


Fig. 5 Electric drill system  
A) Control box  
B) Micromotor  
C) Surgical cartridge

カートリッジから構成されている (Fig. 5)。結石穿孔用カートリッジは、直径3.5mm、長さ40cmの回転軸の先端にドリルが装着されたもので、刃先には通常の歯科用サージカルバーを改良したものを使用している。マイクロモータの回転は、体外のコントロールボックスにより毎分500~18000回転の間で連続可変され、いかに硬い結石でも短時間に穿孔が可能である。

### 2.3 駆動体方式爆薬室誘導セット

駆動体方式爆薬室を先端に装着し誘導する誘導カテーテル、その誘導カテーテルに連結させて体外より爆薬室先端の方向を制御する誘導カテーテルコントロール装置、および爆薬室を尿管まで導くための尿管シースダイレータによりなっている (Fig. 6)。尿管シースダイレータはFr.9尿管ダイレータを内套としたFr.11、長さ55cmのシースよりなり、内套とともにシースを尿管に挿入し、内套を抜去して爆薬室と誘導カテーテルをシース内を通して尿管内に導くように

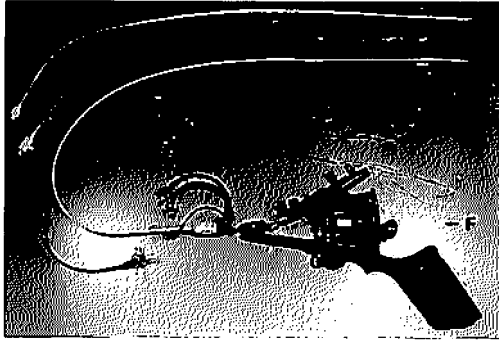


Fig. 6 Pin-hammer microexplosion set  
 A) 9F ureteral dilator  
 B) 11F sheath dilator  
 C) Pin-hammer explosive chamber  
 D) Leading catheter  
 E) Pin-hammer after blasting  
 F) Control hand

なっている。

### 3. 手 技

#### 3.1 経尿道的膀胱結石破砕術

患者を碎石位に固定し、膀胱鏡にて膀胱結石を観察の後、原則として、小さな結石に対しては、結石破砕用内視鏡にて結石表面にカテーテル付き爆薬室を密着させて張り付け発破を行い、結石の短径が3cm以上の大きな結石に対しては、穿孔用電気ドリルで結石に孔をあけ、爆薬室を穿孔した孔に装填して穿孔発破を行うことにしている<sup>9)</sup>。ただし、穿孔発破は張り付け発破に比べ結石破砕効率が良く、爆薬量も少量で安全性も高いので、最近では、穿孔可能な結石であればすべて穿孔発破を行っている。破砕された結石片は、吸引器による膀胱洗浄にてすべて吸引除去される(Fig. 7)。

#### 3.2 経尿道的腎尿管結石破砕術

患者を碎石位に固定し、膀胱鏡にて通常の尿管カ

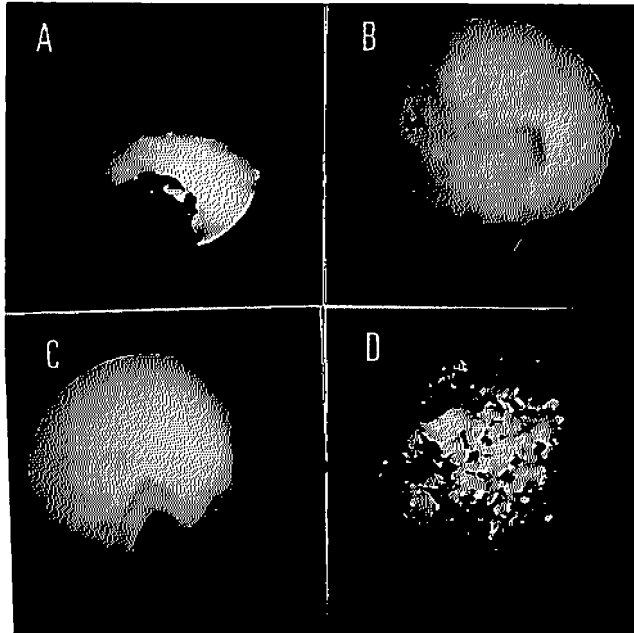


Fig. 7 Microexplosion cystolithotripsy  
 A) Making a hole with the electric drill  
 B) After making the hole  
 C) Inserting the explosive chamber into the hole  
 D) After confined blasting

テーテル法により、患側尿管口よりガイドワイヤーを腎結石もしくは尿管結石直下まで挿入し、そのガイドワイヤーにシースダイレータをかぶせてシースを尿管内に留置し、内套を抜去する。そして先端に駆動体方式爆薬室を装填した誘導カテーテルをシース内を通して結石直下まで誘導し、体外のコントロール装置で

爆薬室先端の方向を変え、レントゲン透視下に結石に向けて発破を行う(Fig. 8)<sup>9)</sup>。破砕された結石は術後自然排石される。

#### 3.3 経皮的腎結石破砕術

患者を腹臥位に固定し、背部より超音波にて腎臓を視察しながら、腎臓まで径8mmの孔をあける経皮的腎

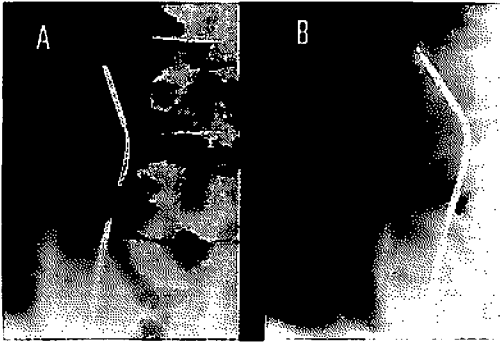


Fig. 8 Pin-hammer microexplosion uretero lithotripsy  
A) Before blasting B) After blasting

爆術を施行し、その腎瘻を通して結石穿孔用内視鏡を腎盂に挿入し穿孔用電気ドリルで結石に孔をあけ、カテーテル付き爆薬室を穿孔した孔に装填して穿孔発破を行う (Fig. 9)<sup>9)</sup>。

#### 4. 臨床例

##### 4.1 経尿道的膀胱結石破砕術

私たちは、1981年9月より1990年3月までに、141例の膀胱結石患者に対してカテーテル付き爆薬室による破砕術を行い、結石の大きさや数に関係なく全例に成功をおさめている (Table 2)<sup>6)</sup>。平均手術時間は93分であるが、現在では直径3～5 cm程度の膀胱結石であればわずか30分程度で手術を終えることができる。合併症としては、軽度の血尿を数例に認めただけで、

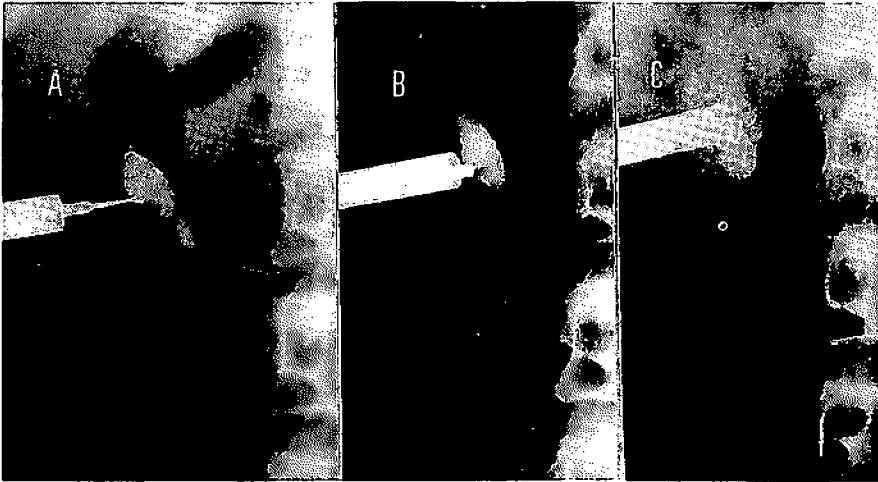


Fig. 9 Microexplosion nephrolithotripsy  
A) Making a hole with the electric drill  
B) Inserting the explosive chamber into the hole  
C) After confined blasting

Table 2 Results of microexplosion cystolithotripsy

Method	No. of cases	Stone size	Stone weight
External charge blasting	73	10~52mm	1~70g
Confined blasting	68	16~115mm	3~305g
Total	141	10~115mm	3~305g

(1981.9~1990.3)

術後入院期間も3～4日と短い。

症例1 (Fig. 10) は私たちが経験した最大の膀胱結石で、レントゲン単純撮影上115×80mmの結石を認め、従来では開腹手術に頼らざるをえなかった症例であるが、30回の穿孔および張り付け発破を行い、すべ

ての結石を完全に摘出除去し得た (総重量305g)。

##### 4.2 経尿道的腎尿管結石破砕術

1985年6月より1990年3月までに、71例の腎尿管結石患者に対して駆動体方式爆薬室を用いた破砕術を行い、41例は結石破砕片をすべて排石し、30例は現在経

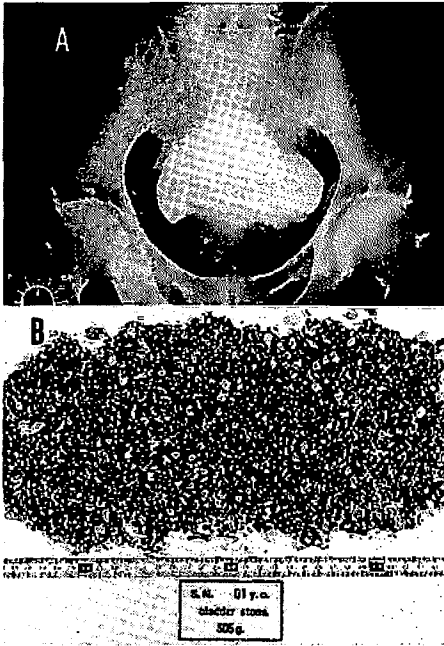


Fig. 10 The largest stone we crushed to date  
 A) Abdominal plain film (115×80mm in size) B) Removed grains (305 g in weight)

Table 3 Results of pin-hammer microexplosion nephroureterolithotripsy

Stone position	No. of cases	Delivery rate
Lower ureter	16	88%
Middle ureter	13	61%
Upper ureter	27	59%
Kidney	15	27%
Total	71	58%

(1985.7~1990.3)

過観察中である (Table 3)。この方法が開発されてから、1988年3月までは結石の大きさに関係なくこの方法を行ったが、発破により加速され突出する駆動小物体が5mmと短いためか、長径が15mm以上の大きな腎尿管結石に対しては、結石が部分的な破砕に止まり、完全には破砕されず比較的大きな残存結石となるために、術後の自然排石に長い時間を要する症例が多かった。現在では原則として長径が15mm以下の腎尿管結石を対象にしているため、結石は完全に破壊され良好な結果を得ている。合併症は特に認めなかった。

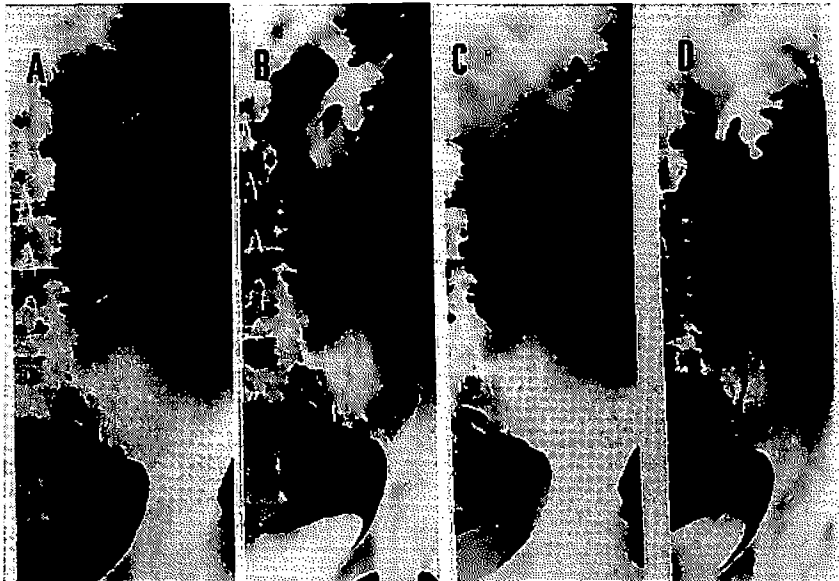


Fig. 11 Left ureteral stone with spontaneous rupture of the renal pelvis  
 A), B) Before operation C), D) After operation

症例2 (Fig. 11) は39歳の左腎盂自然破裂を伴う左尿管結石の患者で、レントゲン単純撮影上8×4mmの結石を認め、腎盂造影にて左腎盂周囲への造影剤の漏

出が認められた。駆動体方式爆薬室による破砕を行い、結石は完全に破砕され、術後のレントゲン単純撮影にて結石はなく、腎盂造影でも造影剤の腎盂外への漏出

Table 4 Results of percutaneous microexplosion nephrolithotripsy

Stone shape	No. of cases	Stone size
Staghorn	5	26~77 mm
Non-staghorn	15	18~30 mm
Total	20	18~77 mm

は認められなかった<sup>7)</sup>。

#### 4.3 経皮的腎結石破砕術

1984年11月より1990年3月までに、鉤型結石5例を含む20例の腎結石患者に対して、カテーテル付き爆薬室による結石破砕術を行い、全例に成功をおさめている (Table 4)。腎結石は膀胱結石とは異なり、腎盂という非常に容量の小さい腔内にあるため、発破の際に生じるガスを最小限に抑える必要があり、張り付け発破ではなく、すべて穿孔発破を行っている。合併症としては、一部の症例で軽度の血尿を認めたのみであった。

症例3 (Fig. 12) は71歳の右腎結石患者で、レントゲン単純撮影上26×24mmの結石を認めた。この症例に対して2mgの爆薬を用い、1回の穿孔発破にてすべての結石を摘出除去し得た。

#### むすび

私たちは、微量の爆薬を利用して結石の破砕を行う微小発破砕石術を開発し、現在では上部尿路、下部尿路にかかわらず、いずれの部位の尿路結石に対しても微小発破砕石術による非観血的治療を行い、満足のいく結果を得ている。この方法は結石の硬さや大きさなどにかかわらず、安全かつ瞬時に結石を破砕することができ、しかも装置が安価であるなどのすぐれた点が多い。特に膀胱結石破砕術に関してその有効性は著しく、手技的にもすでに完全に確立されており、現在ある膀胱結石の治療法の中で最も優れていると考えられる。

その他の爆薬を利用した結石破砕としては、最近、水中放電や圧電素子により体外で衝撃波を発生させ、その衝撃波を凹面鏡により収束させて体内の結石の破砕しようとする体外衝撃波砕石術が話題となっているが、その体外衝撃波の発生装置の一つとしても、爆薬利用の研究が進められている。

#### 文 献

- 1) 渡辺 決, 生沼仙三: 微小発破の生体応用に関する研究. 第1報, 実験用爆薬の試作. 日泌尿会誌, 68:243, 1977.
- 2) Uchida M., Kondoh K., Saitoh M., Watanabe H.: Electric drill nephroscope for percutaneous

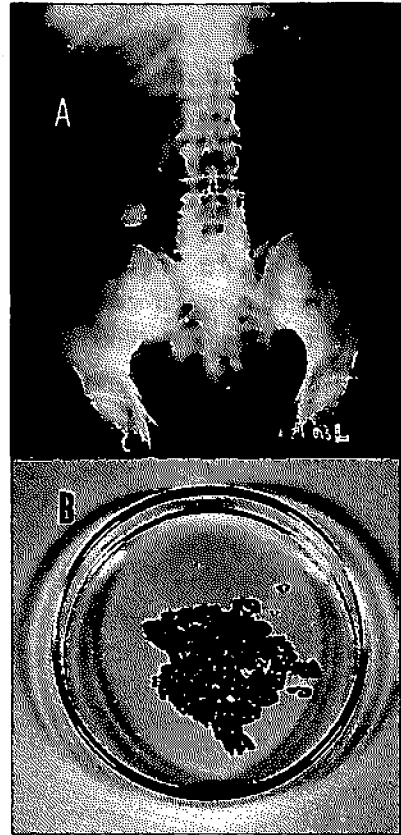


Fig. 12 Right renal stone  
A) Abdominal plain fillm (26×24mm)  
B) Removed grains

nephroureterolithotomy. *Tohoku J. Exp. Med.*, 146; 285, 1985.

- 3) Watanabe H., Watanabe K., Shiino K., Oinuma S.: Micro-explosion cysrolitho-tripsy. *J. Urol.*, 129; 23, 1983.
- 4) 渡辺 決, 内田 睦: 駆動体方式による微小発破一腎・尿管・胆道結石破砕システム. *病態生理*, 9:837, 1989.
- 5) Uchida M., Kondoh K., Saitoh M., Watanabe H.: Percutaneous microexplosion nephrolithotripsy. *Urology*, 26; 485, 1985.
- 6) Uchida M., Watanabe H., Nakagawa Y., Fujito A., Kitamura K., Imaide Y., Kawachi A.: Microexplosion cystolithotripsy in 105 cases. *J. Urol.*, 139; 263, 1988.
- 7) 今出陽一郎, 米田公彦, 河内明宏, 北村浩二, 中河裕治, 内田 睦: 駆動体方式爆薬室による経尿道的尿管結石破砕術の1例. *泌尿器外科*, 2:55, 1988.

## Microexplosion Lithotripsy

by Hiroki WATANABE\*, Yoichiro IMAIDE\*, Yuji NAKAGAWA\*  
and Mutsumi UCHIDA\*

In 1975 microexplosion lithotripsy was developed in our laboratory as a new technique for the destruction of urinary calculi with a small dose of explosives. The first clinical application in a patient with bladder stone was performed successfully in 1981. As of March 1990 microexplosion lithotripsy has been performed in 232 patients (141 bladder stones, 56 ureteral stones, 35 renal stones) with satisfactory results.

(\*Department of Urology, Kyoto Prefectural University of Medicine,  
Kawaramachi Dori Hirokoji Agaru, Kamikyo-ku, Kyoto 602, Japan)

---