膀胱結石に対する穿孔発破の開発と応用

京都府立医科大学泌尿器科学教室 (主任: 渡辺 決教授)

内 田 睦

CONFINED BLASTING IN MICROEXPLOSION CYSTOLITHOTRIPSY

Mutsumi Uchida

Department of Urology, Kyoto Prefectural University of Medicine

(Director: Prof. Hiroki Watanabe)

This paper is the 12th report in a series of studies on the application of microexplosion to medicine and biology.

Microexplosion lithotripsy is a newly developed technique in our clinic to crush urinary stones with small quantities of explosives. A systematic research project has been performed since the first report of microexplosion lithotripsy in 1977. As a result, microexplosion was successfully applied to the destruction of bladder stones in 130 cases from 1981 to 1988.

In blasting to crush rocks in industrial works, two kinds of blasting are available: external charge blasting and confined blasting. The detonation power of the latter is 10 to 50 times larger than that of the former.

A destruction test using several kinds of spherical form model calculus and lead azide explosive was performed. The formula to calculate the suitable explosive dose was determined experimentally as shown below.

L: Dose (mg)

$L=CD^2$ C: Coefficient of blasting

D: Stone diameter (cm)

Thus the theory in general industrial blasting with massive explosives was proved to be effective also in microexplosion with small explosives.

An original electric drill system was developed to make a hole in stones for confined blasting. 60 cases, including 2 cases of giant bladder stones over 100 g in weight, were successfully treated by confined blasting using this system without any complication.

We consider that any bladder stones, however big or however many, can be treated by microexplosion lithotripsy with confined blasting.

要旨: 本論文は微小発破の生体応用に関する研究の第12報に相当する。

微小発破による膀胱結石破碎は、発破法の上からも、また発破理論上からも一般岩石発破の小割発破に相当する。小割発破には、張り付け発破と穿孔発破とがあるが、穿孔発破のほうが張り付け発破よりも効率良く結石を破碎することができる。

私たちは、膀胱結石に対する穿孔発破のための電気ドリル式膀胱結石穿孔装置を開発し、現在まで60症例の穿孔発破による膀胱結石破碎に成功した。

本報では、この膀胱結石に対する穿孔発破の基礎的理論と機器の開発ならびにその臨床応用について述べた。

結 言

本論文は、微小発破の生体応用に関する研究の第12報に相当する。

微小発破の生体応用に関する研究は、1975年よりまず膀胱結石破碎の研究から始められ、その基礎研究として、実験用爆薬の開発¹⁾、尿路結石の物理的諸性質の

検討²⁾³⁾ならびに実験用モデル結石の開発⁴⁾、発破の副作用の検討⁵⁾などが行われた。これらの経過を経て私たちは、1981年9月に初めて膀胱結石破碎の実用化に成功し⁶⁾、1988年8月までに130症例全例において、その破碎に成功をおさめている。

当初私たちは、直径3cm程度の膀胱結石破碎をめざし、結石の表面に爆薬室を密着させて発破を行う張り付け発破のみを施行してきたが、大きな膀胱結石を破碎するには、張り付け発破では効率が悪く、張り付け発破よりもはるかに効率の良い、結石にあらかじめ孔をあけその孔の中に爆薬室を装填して発破する穿孔発破の実用化が強く要請された。

本論文では、この穿孔発破の開発と応用について報告する。

電気ドリル式膀胱結石穿孔装置の開発

私たちは、膀胱結石を穿孔するための装置として電気ドリル式膀胱結石穿孔装置を開発した。この装置は、穿孔用内視鏡、結石穿孔用ドリルならびにコントロールボックスとからなる(図1)。穿孔用内視鏡は、外管の径がFr. 24でその中に光学管、光学視管、結石穿孔用ドリルが組み込まれている。光学視管は10°のロッドレンズを使用し、接眼部は本体より60°の角度で屈曲させた。一方結石穿孔用ドリルは、直径3.5mm、長さ40cmの回転軸からなり、ドリルの刃先としては通常の歯科用サージカルバーを利用して4種作製した(図2)。結石穿孔用ドリルの回転は、膀胱外のコントロールボックスにより毎分500~18,000回転の間で連続可変され、内視鏡を通して直線的に伝達されるようにした。

実験方法

1) 電気ドリル式膀胱結石穿孔装置の刃先の選択

電気ドリル式膀胱結石穿孔装置の刃先として作製した4種を使用して、モデル結石に直径3.2mm、深さ1cmの穿孔をするために要する時間を比較した。

2) 張り付け発破と穿孔発破によるモデル結石破碎状況の比較

当教室が開発した2mg、5mg、10mgの実験用アジ化鉛爆薬と、当教室が開発した各種大きさの圧縮強度65kg/cm²前後の球状モデル結石を使用して、張り付け発破と穿孔発破の結石破碎状況を比較した。この際モデル結石は、直径0.5cm、1.0cm、2.0cm、2.5cm、3.0cm、4.0cm、5.0cm、5.5cm、6.0cmの大きさのものを作製した。また穿孔発破の際の穿孔径は爆薬径よりやや大きめの3.2mmとし、その穿孔の深さはモデル結

図1 電気ドリル式膀胱結石穿孔装置

A: 穿孔用内視鏡, B: 結石穿孔用ドリル, C: コントロールボックス

図2 結石穿孔用ドリルの刃先

石の中心までとした。

3) 穿孔の深さが結石破碎状況に及ぼす影響

直径2cmの球状モデル結石と2mgアジ化鉛爆薬を使用して、穿孔が結石中心まで及ばなかった場合、穿孔が結石中心までおよび穿孔が結石中心を通過してしまった場合における結石の破碎状況を検討した。この際穿孔の深さは、0.5cmすなわち中心に達せず、1.0cmすなわち中心まで、1.5cmすなわち中心を通過の3条件とした。

4) 穿孔個数が結石破碎状況に及ぼす影響

直径2cmの球状モデル結石に1か所、2か所、3か所の3種の穿孔を施行し、2mgのアジ化鉛爆薬をその中のひとつに装填して発破し、結石破碎状況を比較した。この際穿孔の深さは0.5cmとした。

実験結果

1) 電気ドリル式膀胱結石穿孔装置の刃先

作製された4種のドリルの刃先を使用して穿孔に要する時間を測定した結果(表1), 図2A がわずか45秒で穿孔発破可能な孔を作製することができ, 電気ドリル式膀胱結石穿孔装置の刃先として最も適していた。

2) 張り付け発破と穿孔発破によるモデル結石破碎状況の比較

張り付け発破と穿孔発破のモデル結石破碎状況の結果は, 表2のごとくであった。ここで◎印はモデル結石が粉々に粉破された状態(完全粉砕), ○印はモデル結石の半分以上が粉砕された状態(粉碎), △印はモデル結石の半分以下だけが粉砕された状態(部分粉碎), ×印はまったく破碎されない状態(不変)を示している。すなわち一般の発破における用語を借りると, ◎印は過装薬, ○印は適正装薬, △印および×印は弱装薬の状態を示している訳である。

この表から, 同一薬量でモデル結石破碎状況を比較すると, 張り付け発破よりも穿孔発破のほうが, より大きなモデル結石を破碎することができ, 効率の良いことがわかった。

またこのモデル結石破碎状況の結果を, ◎印, ○印, △印の各破碎状況に分けて, それぞれ横軸にモデル結石の直径(cm), 縦軸に薬量(mg)をとった両対数グラフに示すと, 図3のように張り付け発破, 穿孔発破ともその破碎状況はほぼ直線的になり, 比例関係にあることがわかった。しかもこの時の勾配はおおよそ2となり, 薬量をL(mg), 結石の直径をD(cm)とすると,

$$L = CD^2$$

の関係式が成立した。この際のCは, Dが1のときの縦軸Lの値となり, 各破碎状況において一定の値となる。

3) 穿孔の深さが結石破碎状況に及ぼす影響

穿孔の深さによる結石破碎状況は, 穿孔が中心に達しない場合は, 結石が部分的に破碎され弱装薬の状態で, 穿孔が中心の場合, 結石は破碎され適正装薬の状態であった。また, 穿孔が中心を通過した場合は, 結石が2分割されただけで, 非効率であった。

4) 穿孔個数が結石破碎状況に及ぼす影響

穿孔個数による結石破碎状況は, 穿孔が1か所の場合は爆薬を装填した結石の対側が破碎されずに残り, 穿孔が2か所の場合は結石は粉碎された。また, 穿孔が3か所の場合は結石は穿孔した孔の方向に3分割さ

表1 各種刃先の穿孔に要する時間

刃先	A	B	C	D
時間	45秒	195秒	240秒	135秒

表2 張り付け発破と穿孔発破の結石破碎状況

	薬量(mg)	2		5		10	
		張付	穿孔	張付	穿孔	張付	穿孔
結石直径(cm)	0.5	◎	△	△	△	△	△
	1.0	○	◎	◎	△	△	△
	2.0	△	◎	○	◎	◎	◎
	2.5	×	○	△	◎	○	◎
	3.0	△	×	×	◎	○	◎
穿孔径(mm)	4.0	△	△	△	△	△	◎
	5.0	△	△	×	×	×	◎
	5.5	△	△	△	△	△	○
穿孔深さ(mm)	6.0	△	△	△	△	△	△

◎: 完全粉砕 ○: 粉碎 △: 部分破碎 ×: 不変
△: 施行せず

図3 張り付け発破と穿孔発破の結石破碎状況

図4 膀胱結石破碎状況

A: 膀胱結石穿孔中, B: 膀胱結石穿孔後, C: 膀胱結石穿孔発破直前, D: 膀胱結石穿孔発破直後

れた。これは、穿孔が1か所の場合は穿孔の深さが0.5 cmのため弱装薬の状態であったからで、穿孔が2か所の場合は結石が脆くなり穿孔が浅くとも爆薬の破碎力が適正に反映したためであった。穿孔が3か所の場合は穿孔した孔のために衝撃波が減衰し、破碎力が低下したためであった。

穿孔発破の臨床応用

1) 対象

私たちは、1983年3月より1988年8月までに、電気ドリル式膀胱結石穿孔装置を使用して60症例に対し膀胱結石穿孔発破を施行した。60症例のうち男性は47人、女性は13人で、男女比は3.6:1であった。年齢は20歳から91歳に分布し、平均65.6歳であった。穿孔発破のみの症例は37例で、穿孔発破と張り付け発破を併用した症例は23例であった。

2) 手技

手術は、まず穿孔用内視鏡にて膀胱結石を確認した

後、結石穿孔用ドリルを膀胱結石にあて、ドリルの回転を5,000~7,000回転にして、直視下に膀胱結石に穿孔した。この際膀胱結石をドリルで膀胱後壁に押しつけながら軽く固定すれば、ドリルの回転数が高いため、たとえ直径1cmの小さな膀胱結石でも結石は回転せず、容易に穿孔可能であった。

つぎに、結石破碎用膀胱鏡を通して、カテーテル付き爆薬室を結石の孔の中に装填して発破した(図4)。結石を粉碎した後、エリック式吸引器にて破碎された結石をすべて吸引摘出した。結石摘出後、膀胱内にカテーテルを留置し、翌日抜去した。

3) 臨床結果

60症例の膀胱結石患者に対して穿孔発破を施行した結果、その全例に成功をおさめた。60症例全例において、電気ドリルによる穿孔はきわめて容易で、穿孔に要した時間は5~10分であった。結石の大きさは、10×10mm~115×80mmで、平均36×26mmであった。ま

表3 電気ドリル式膀胱結石穿孔装置による穿孔発破症例

方 法	症例数	結石の大きさ (平均)	結石の重量 (平均)
穿 孔 発 破	37	10～ 50mm (30)	1 ～ 50 g (12)
張り付け発破+穿孔発破	23	27～115mm (35)	8 ～305 g (51)
計	60	10～115mm (31)	1 ～305 g (25)

図5 症例の膀胱結石

A：X線単純写真，B：摘出結石

た摘出された結石重量は、1～305gで平均25gであった（表3）。

また合併症としては、内視鏡操作による軽度血尿を認めただけであった。

4) 症例

症例は尿道狭窄を有する91歳の男性で、X線写真上115×80mmの膀胱結石を認めた。この症例の場合、尿道狭窄のために経尿道的操作が困難で、まず超音波穿刺術による経皮的膀胱瘻造設術を施行した。この後、膀胱瘻から穿孔および張り付け発破を計30回施行し、完全に結石を摘出し得た（摘出総重量305g）。この際順行性尿道拡張術も施行し、尿道狭窄をも治癒せしめた（図5）。

考 察

微小発破による膀胱結石破碎術は、1981年9月より1988年8月までの7年間に130症例施行し、その全例において成功をおさめている。当初私たちは、直径3cm程度の膀胱結石破碎をめざし、張り付け発破のみを施行してきたが、私たちの外来を訪れる患者の中には、直径5cmを越える巨大な膀胱結石患者も少なくなかった。このような膀胱結石を破碎するために、一般岩石発破では破碎効率の良いとされる穿孔発破の開発が必要とされた。

図6 微小発破における小割発破

一般岩石発破においては、大きな岩石を持ち運びできるように小さくするために行う発破を小割発破というが、私たちの微小発破による膀胱結石破碎は、発破形成からはこの小割発破に相当する（図6）。小割発破には大きく分けて、張り付け発破と穿孔発破の二つの方法があり⁷⁾、この薬量計算式は経験的にLを薬量、Dを岩石の短径、Cを発破係数とすると、 $L=CD^2$ で示される⁸⁾。この際発破係数Cは、ある体積を破碎するのに要する薬量を決定する係数で、爆薬の威力、破碎する岩石の強度、発破方法などによって異なる。すなわち、同じ体積のものを破碎するのに、この発破係数の値が小さければ小さいほど、使用する爆薬量は少なくてすむことになる訳である。

私は、一般岩石発破とは比較にならないほど微量の爆薬を使用する微小発破においても、一般岩石の小割

表4 膀胱結石破碎至適爆薬量

結石短径 (cm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
張り付け発破 (mg)	2	3	6	—	—	—	—
穿孔発破 (mg)	—	1	2	3	4	5	7

発破の理論が適用するかどうかをモデル結石を使用して検討した。その結果、微小発破による膀胱結石破碎は、発破形式の点からも、また発破理論の点からも、一般岩石発破の小割発破に相当していることが明らかとなった。また図3の適性装薬の状態である○印の直線から発破係数を求め、下記のような微小発破による膀胱結石破碎の薬量計算式を決定した。

張り付け発破 $L \text{ (mg)} = 1.5D^2 \text{ (cm)}$

穿孔発破 $L \text{ (mg)} = 0.45D^2 \text{ (cm)}$

そしてこの薬量計算式から、表4のごとく膀胱結石破碎破碎至適爆薬量を算出した。すなわちこの表から、結石の大きさがわかればすぐに膀胱結石破碎至適爆薬量がわかることになる。私たちは現在一般臨床において、この至適爆薬量を役立てている。

以上述べた穿孔発破における実験結果は、穿孔は1か所のみ、穿孔の深さは結石の中心までという条件で成立するものである。しかし実際の臨床においては、このように正確に結石に穿孔することは困難である。そこで、穿孔の深さが結石破碎状況に及ぼす影響、ならびに穿孔個数が結石破碎状況に及ぼす影響についても検討した。この結果臨床的には、穿孔が結石の中心に達しない場合は、適正装薬以上の爆薬量が必要であり、穿孔が結石の中心を通過した場合は、2分割されるだけで破碎効率が悪くなることが証明された。また穿孔の深さが浅い場合、爆薬量を増やさずとも穿孔の数を2か所にすれば、結石は十分破碎されることが証明された。したがって、穿孔の深さが結石中心に達していない場合や、複数の穿孔を行った場合は、膀胱結石破碎至適爆薬量を調節することが必要である。

張り付け発破に比較して、穿孔発破はより少ない薬量で大きな結石を破碎することができ、有意義であることがモデル結石破碎実験からも立証されたが、実際結石に穿孔することのできる適当な装置はなかった。わずかに超音波碎石器⁹⁾、レーザー光線¹⁰⁾が研究されていたが、超音波碎石器は結石破碎効果が悪く穿孔するのに時間を要し、レーザー光線は光導系や破碎効果が

に問題があり、両者とも穿孔するための装置としては不相当であると思われた。そこで私たちはより迅速に、誰でも簡単に膀胱結石に穿孔することができ、しかも安価なドリルによる結石穿孔装置を開発した。この装置を使用すれば、いかなる膀胱結石でもわずかに5～10分で穿孔発破可能な孔を作製することができ、きわめて有用であった。したがって穿孔発破の開発当初は、結石の短径が3cmを越えるような巨大膀胱結石破碎を目的としていたが、後には短径3cm以下の膀胱結石でも穿孔可能であれば、破碎効率が良く爆薬量を少なくできる穿孔発破を施行するようになった。事実私たちの症例のなかには、わずか直径1cmの膀胱結石穿孔発破に成功した症例も含まれている。

膀胱結石症に対する非観血の手術療法の、1626年 Sanctorius により碎石器がはじめて考案されたが、1824年 Civiale により改良が加えられ、比較的安全に施行されるようになった。以後種々の碎石器が工夫されたが、1878年 Bigelow によりはじめて現代的な碎石器が考案された。しかしこれらの碎石器は、いずれも盲目的操作を必要とした。1907年 Walker¹¹⁾により、かなり強度の大きいレンズ付き碎石器が考案されたが、これとても2.5cm以下の硬くない結石のみにしか使用できないものであった。さらに Hendrickson や Mauermayer ら¹²⁾は、現代的な膀胱鏡による碎石器を開発した。しかし、非観血の手術療法には、膀胱出血、膀胱破裂、尿道損傷などの合併症が多く認められ、結石を簡単に破碎することのできる装置の開発が望まれていた。

このようななかで、1950年 Yutkin が電気水圧衝撃波の破壊作用を発見し、1959年 Goldberg が電気水圧衝撃波碎石器を使用して、膀胱結石破碎の臨床応用に成功した。以来この装置は世界中に広まった。しかし諸家の報告¹³⁾¹⁴⁾によると、その成功率はいずれも90%前後で、しかもこれまで破碎摘出された最大の結石重量は130gであった。合併症としては膀胱破裂が多く、1981年 Bülow ら¹⁵⁾の報告では、304例中6例(2%)にこれが認められた。

また、超音波による結石破碎の研究も時をほぼ同じくして1950年代よりはじまり¹⁶⁾、1972年 Terhorst ら¹⁷⁾により超音波碎石器が作製され、膀胱結石破碎に応用された。しかし、この超音波碎石器による膀胱結石破碎は、Marberger¹⁸⁾も指摘しているように安全ではあるが、破碎効率の低さから大きな結石破碎には適していなかった。合併症としては、1983年 Hautmann ら¹⁹⁾

の報告では、操作中の膀胱破裂が412例中5例(1.3%)に認められた。

これら二つの結石破碎装置が開発され、非観血的手術の応用範囲はかなり拡大されたが、碎石できる結石の大きさに限界があり、膀胱結石に関するかぎり観血的手術に一步を譲っていたのがこれまでの現状である。事実、1978年 Becker ら²⁰⁾、1981年 Kossov²¹⁾、1983年 Laubscher²²⁾が報告しているように、現在でも100g以上の膀胱結石にはいずれも観血的手術が施行されている。

このように、これまでの膀胱結石に対する非観血的手術療法には限界が認められ、すべての症例に適応できる完全な治療法として確立されたものは何ひとつとしてなかった。しかし、私たちの開発した穿孔発破による膀胱結石破碎術はこの限界を打破するものであった。実際に、私たちの経験した60例の穿孔発破症例の中には、305gをはじめとして100g以上の膀胱結石が2例含まれているが、いずれも合併症なしに非観血的に破碎摘出されている。私たちはこの穿孔発破の開発により、膀胱結石に対する観血的手術療法はもはや過去のものになったと考えている。

さて膀胱結石は、発展途上国において特に発生率が高いことが知られており、東南アジア諸国においては、泌尿器科入院患者の過半数が膀胱結石によって占められていると聞く。当教室においては、将来的にこのような地域を対象に、微小発破による膀胱結石破碎を積極的に普及させていく方針であり、すでにその具体的計画に着手している。一方中国においては、私たちのアイデアに基づいて独自に微小発破を開発した西安市を中心とするグループが、同じく多数例の膀胱結石治療に成功している²³⁾。

このように微小発破の技術は、ひとり日本国内における実用化にとどまらず、すでに国際的レベルにおいてその普及が期待されている。私たちもさらに一層の努力をかさね、この純国産の新技術の発展につくしたいと考えている。

結 語

穿孔発破による膀胱結石破碎の開発と電気ドリル式膀胱結石穿孔装置の開発ならびにその臨床応用について述べた。

この微小発破による膀胱結石破碎の方法は、いかなる膀胱結石でも合併症なしに破碎摘出することができ、従来の観血的手術に比べて安全で、侵襲が小さく、再発する患者に何度でも施行できるなど、優れている

点が多い。したがって私たちは、近い将来この方法が、これまでの観血的手術にとってかわり、膀胱結石治療の主流となることを確信している。

稿を終わるに臨み、この優れた方法を着想され、また本研究のご指導と本稿のご校閲をいただいた恩師渡辺決教授に心からの感謝の意を表する。また本研究の遂行にあたって、共同研究者としてご協力いただいた下記の方々に、あつく御礼申し上げる。

共同研究者

京都府立医科大学泌尿器科学教室 渡辺康介、金子 宏、近藤和秀、中河裕治。通商産業省工業技術院化学技術研究所 生沼仙三、椎野和夫、田中一三。細谷火工株式会社 上谷長俊、村上豊司、大森正義。株式会社モリタ製作所 上田晴彦、團 和夫。

なお本研究は、文部省科学研究費(8件)、および科学技術庁特別研究促進調整費により行われた。

本論文の要旨は、第22回日本 ME 学会大会(1983年4月13日、東京都)および第33回日本泌尿器科学会中部総会(1983年11月12日、浜松市)において報告した。

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—248、1977。
- 2) 村田庄平、渡辺 決、高橋 徹、渡辺康介、古江治美、生沼仙三：微小発破の生体応用に関する研究。第2報。尿路結石の組成と強度。日泌尿会誌、68、249—257、1977。
- 3) 金子 宏、渡辺 決、高橋 徹、渡辺康介、秋山喜久夫、近藤和秀、古江治美、生沼仙三：微小発破の生体応用に関する研究。第4報。湿状態および乾燥状態における尿路結石の強度。日泌尿会誌、70、61—66、1979。
- 4) 内田 睦、近藤和秀、中河裕治、藤戸浩二、今出陽一朗、河内明宏、渡辺 決：微小発破の生体応用に関する研究。第11報。実験的モデル結石の開発。日泌尿会誌、76、1309—1313、1985。
- 5) 渡辺康介：微小発破の生体応用に関する研究。第7報。微小発破による膀胱の障害度。日泌尿会誌、74、299—310、1983。
- 6) Watanabe, H., Watanabe, K., Shiino, K. and Oinuma, S.: Micro-explosion cystolithotripsy. J. Urol., 129, 23—28, 1983。
- 7) 通商産業省立地公害局編：火薬類保安教本シリーズ3、発破(各論)。p. 101—105、全国火薬類保安協会、東京、1979。
- 8) 木村 貞、鈴木善孝：火薬技術者必携。第3版、p. 279、産業図書、東京、1976。
- 9) Mulvaney, W.P.: Attempted disintegration of calculi ultrasonic vibrations. J. Urol., 70, 707,

- 1953.
- 10) Watson, G.M.: Lasers in Urologic surgery, chapter 10, laser fragmentation of urinary calculi. 120—137, Year Book Medical Publishers, Chicago, 1985.
 - 11) Walker, G.: A new combined lithotrite with cystoscope. *Ann. Sur.*, **46**, 452—458, 1907.
 - 12) Mauermayer, W.: Transurethral Surgery, Chapter I, Litholapaxy, 359—367, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York, 1983.
 - 13) Raney, A.M.: Electrohydraulic cystolithotripsy. *Urology*, **7**, 379—381, 1976.
 - 14) Comisarow, R.H. and Barkin, M.: Electrohydraulic cystolitholapaxy. *Can. J. Surg.*, **22**, 525—526, 1979.
 - 15) Bülow, H. and Frohmüller, H.G.W.: Electrohydraulic lithotripsy with aspiration of the fragments under vision-304 consecutive cases. *J. Urol.*, **126**, 454—456, 1981.
 - 16) Mulvaney, W.P.: Attempted disintegration of calculi by ultrasonic vibrations. *J. Urol.*, **70**, 704—707, 1953.
 - 17) Terhorst, B., Lutzeyer, W., Cichos, M. and Pohlman, R.: Die Zerstörung von Harnsteinen durch Ultraschall, II. Ultraschall-Lithotripsie von Blasensteinen. *Urol. Int.*, **27**, 458—469, 1972.
 - 18) Marberger, M.: Ultrasound in Urology, Chapter 19, Ultrasonic Destruction of Bladder Stones, 371—376, Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1979.
 - 19) Hautmann, R., Terhorst, B., Rathert, P., Gminder, F. and Lutzeyer, W.: Urinary Stone, 22, Ultrasonic Litholapaxy of Bladder Stones 10 years of Experience with More Than 400 Cases, p. 120—124, Churchill Livingstone, London and New York, 1983.
 - 20) Becker, R.M., Tolia, B.M. and Newman, H.R.: Giant vesical calculus. *J.A.M.A.*, **239**, 2272—2273, 1978.
 - 21) Kossow, CDR. A.S.: Giant bladder calculus, case report. *Military Medicine*, **146**, 783—784, 1981.
 - 22) Laubscher, H.H.: Giant vesical calculus, a case report. *S. Afr. Med. J.*, **63**, 209—210, 1983.
 - 23) Xui, M., Chang, J., Xui, Z., Cheng, W., Bao, Z., Shi, Z. and Wang, J.: Microexplosion of bladder stone. *Chinese Med. J.*, **61**, 341, 1981.
- (1988年12月15日受理)
-