

## 改良型電気水圧碎石器の使用経験

東京医科大学泌尿器科学教室（主任：三木 誠教授）  
 間宮 良美・三木 誠・松本 哲夫  
 秋鹿 唯男・平田 亨・清水 弘文

CLINICAL EXPERIENCE OF THE NEWLY DEVELOPED  
ELECTROHYDRAULIC LITHOTRIPTER

Yoshimi MAMIYA, Makoto MIKI, Tetsuo MATSUMOTO,  
 Tadao AIKA, Toru HIRATA and Hirobumi SHIMIZU  
*From the Department of Urology, Tokyo Medical College*  
*(Director: Prof. M. Miki)*

The electrohydraulic lithotripter (EHL) is a calculus-breaking device used in percutaneous nephrolithotomy (PNL). The conventional EHL has a shortcoming in that its breakability decreases in the saline irrigation environment. The newly developed EHL (Lithotron EL-21 OLYMPUS) is designed to discharge optimum sparks during saline irrigation, without having to dilute the solution, thus providing greater convenience. We used the new EHL in 17 cases of renal calculi, 11 cases of ureteral calculi and 2 cases of reno-ureteral calculi, with a breakup efficiency of 96.7%. As a direct, incidental complication, perforation of the ureter occurred in one case of ureteral calculi (uneventful spontaneous recovery detected 3 days afterward).

The new EHL has a breakup capability suitable for the PNL: the EHL provides a safe procedure, provided that one takes sufficient caution to the correct positioning of the probe against the target calculus when activating it. Since the probe shaft is flexible, permitting use with the flexible endoscope, the EHL is particularly effective in treating ureteral and renal calculi in cases where access by the rigid US probe is not feasible. One disadvantage of the EHL is that it lacks the fragment-collecting capability that the ultrasound lithotripter features.

**Key words:** Percutaneous nephrolithotomy, Electrohydraulic lithotripter, Renal calculi, Ureteral calculi

## 緒 言

わが国でも広く実施されるようになってきた経皮的腎切石術（以下 PNL と略）の碎石装置としては、超音波碎石器（以下 US）と電気水圧碎石器（以下 EHL）が主なものである。安全性と集石能では前者がすぐれており、碎石能とプローブの屈曲性という点では後者がすぐれていると考えられている。

今回、新たに改良された EHL を、尿管結石を中心とした30症例に使用し、その碎石能、安全性などを中心に臨床的に検討したので報告する。

## 対象と方法

対象例は1985年2月から1985年10月までの間に東京

慈恵会医科大学泌尿器科および、東京医科大学泌尿器科で受診し、腎および尿管結石のため手術を必要とした30症例である。原則として、①自然排石が期待できない結石、②水腎が時間の経過とともに増悪してくる結石、③耐えがたい疼痛がある結石、④パイロットなどで社会的適応と考えられる人の結石を対象とした。なお、30症例中に肝機能障害や出血傾向のある例はない。内訳は、男性22例、女性8例で、最年少は18歳、最年長は75歳、平均46.9歳であった。30症例の中、腎結石17例（うちサンゴ状結石7例、多発結石4例）、尿管結石11例、腎・尿管結石2例で、右側16例、左側13例、両側1例であった。使用した装置は、生理食塩水灌流下で最良のスパークが起こるように改良された Lithotron EL-21 (OLYMPUS) (Fig. 1) で、ス

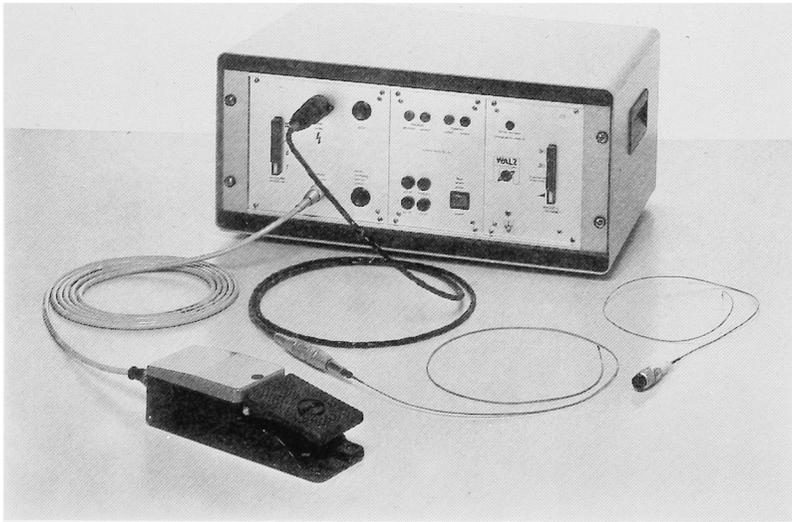


Fig. 1. 改良型電気水圧碎石器.

パルク強度設定はレベル I (0.2 joule), II (0.4 joule) III (1.0 joule), IV (1.2 joule) の 4 段階あり、周波数は、シングルまたは 20 Hz, 40 Hz の 3 種の選択が可能である。一般には、腎・尿管ではレベル I または II, シングルまたは 20 Hz を使した。なお、プローブは 4.5 Fr のものを適宜使用した。また灌流液は、生理食塩水 (0.9% NaCl) を使用した。

なお、腎結石に対し使用する場合は主に硬性鏡で、腎杯結石および尿管結石に対して使用する場合は、主に軟性鏡で EHL を使用した。また、一般的に行なう場合は硬膜外麻酔を、二期的に碎石する場合は局所麻酔を用いた。

EHL の効果判定基準は、著効 (目的とした結石をすべて碎石)、有効 (目的とした結石の大部分を碎石)、無効 (ほとんど碎石不能) とした。ただし EHL の場合、多くは何らかの摘出または吸引手段との併用が必要となる。そこでこれらの摘出または吸引手段との併用を含む形での総合判定基準は、著効 (結石をすべて摘出)、有効 (大部分の結石を摘出)、無効 (ほとんど摘出不能) とした。また、安全性の判定は、腎盂や尿管の穿孔の有無、内視鏡操作を不可能にするような出血の有無をみて行なった。さらに全例 6 カ月以上経過観察し、EHL 使用後の癒痕性狭窄などの有無、結石再発の有無を検索した。

## 成 績

Table 1 は 30 例についての成績をまとめたものであ

る。

EHL により碎石が満足にできなかったのは、症例 18 のサンゴ状結石の 1 例だけであり、他の 29 例では著効または有効で、満足できる碎石効果が得られた。結局碎石有効率は 96.7% であった。EHL による直接的副作用としては、尿管結石例における尿管穿孔の 1 例だけであった。この例も 3 日後の X 線造影では、特別に問題となる所見は見出せなかった。また、6 カ月以上を経て EHL によると思われる障害は何もなかった。

結石の成分が明らかなものは、30 例中 28 例で、Table 1 にも示すごとく、碳酸カルシウムと磷酸カルシウムの混合が最も多く 20 例を占めた。その他、碳酸カルシウムと炭酸カルシウム、尿酸、酸性尿酸アンモニウムなどの混合結石があった。前述の無効の症例 18 の結石成分は酸性尿酸アンモニウムと碳酸カルシウムであった。結石が硬いことも確かであったが、それ以外に腎盂粘膜とサンゴ状結石とがあまりにも密着して、その間で EHL のプローブを結石に良い角度で確実にあてることが困難でもあった。結局は PNL における EHL の有効性は、結石成分の違いより、EHL プローブを如何に上手に結石にあてられるかにかかっているような印象をうけた。

なお US を併用したのは 22 例であり、大部分腎結石例であった。残石は 5 例に認められたが、いずれも X 線写真上 1.0 × 0.6 cm 以下の自然排石を期待できるものであり、サンゴ状結石あるいは多発腎結石例におけるものであった。

Table 1.

No	氏名	性別	年齢	診断名	E H L		総合評価	結石成分 (%の多いものが前)	残石	合併症	術式 (併用療法)	フォローアップ 結果	備考
					効果	副作用							
1	T. M.	♂	41	右腎結石(サング)	有	効	著効	尿酸Ca	-	急性前立腺炎	US併用	再発(-)	
2	F. O.	♀	54	左腎結石(サング)	有	効	有効	磷酸Ca	+	急性腎盂腎炎	US併用	術後の発熱(+)	
3	T. K.	♂	55	右腎結石(多発)	有	効	著効	尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
4	K. O.	♂	48	左腎結石(多発)	有	効	有効	磷酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
5	T. N.	♂	51	右尿管結石	著	効	著効	不明	-	---	---	再発(-)	
6	K. I.	♂	50	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca	-	---	---	再発(-)	
7	O. A.	♂	49	左腎結石(サング)	有	効	著効	尿酸Ca+磷酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
8	T. N.	♂	22	左腎結石	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	---	再発(-)	
9	T. W.	♂	37	左腎結石	著	効	著効	尿酸Ca+磷酸Ca	-	---	---	再発(-)	
10	I. F.	♂	37	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+磷酸Ca	-	---	---	再発(-)	
11	T. Y.	♀	62	左腎(サング)尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	+	---	US併用	尿管結石(+)	
12	S. K.	♂	29	右尿管結石	有	効	著効	尿酸Ca+磷酸Ca	-	---	---	再発(-)	
13	Y. O.	♂	75	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
14	I. A.	♂	18	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	---	再発(-)	
15	H. Y.	♂	58	右腎結石	有	効	著効	尿酸Ca+磷酸Ca	-	急性腎盂腎炎	US併用	再発(+)	
16	T. S.	♀	54	左腎結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
17	T. T.	♂	54	右腎結石(多発)	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	+	---	US併用	尿管結石(+)	
18	Y. S.	♂	59	右腎結石(サング)	無	効	著効	酸性尿酸了ニモニウム+尿酸Ca	+	急性腎盂腎炎	US併用	尿管結石(+)	
19	N. M.	♂	51	右尿管結石	有	効	著効	不明	-	---	US併用	再発(-)	
20	K. A.	♀	44	左腎結石(サング)	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	腎結石(+)	
21	N. M.	♂	40	左腎結石(多発)	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
22	T. N.	♀	44	左尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+磷酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
23	K. Y.	♂	55	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	---	再発(-)	
24	M. T.	♂	30	右腎結石	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	---	再発(-)	
25	N. C.	♂	51	左尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
26	K. T.	♂	53	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
27	T. T.	♂	52	右腎・尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
28	H. T.	♂	51	左腎結石(サング)	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
29	S. E.	♀	55	右尿管結石	著	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	---	US併用	再発(-)	
30	M. S.	♀	27	両腎結石	有	効	著効	尿酸Ca+尿酸Ca	-	出血あり輸血	US併用	再発(-)	

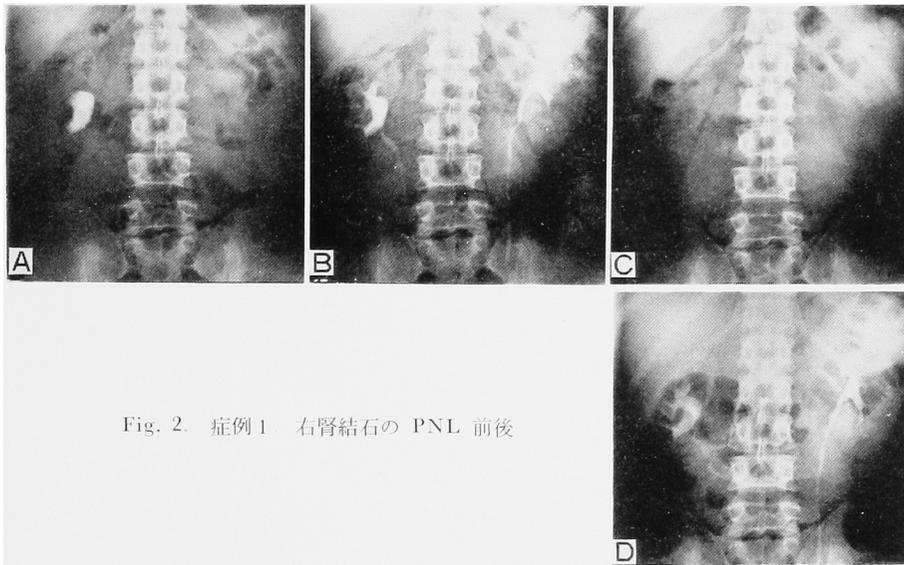


Fig. 2. 症例1. 右腎結石のPNL前後

なお腎瘻造設時の出血で輸血を行なったものが1例あり、術後3日以上発熱をきたし、明らかに急性腎盂腎炎を併発した例は3例、急性前立腺炎を併発した例は1例あった。

6カ月後の状態としては、明らかに再発結石を認めた例は1例のみで、ほぼ満足できる状態であった。また残石のあった5例のうち3例で腎内の結石が尿管内に落下しており、排石が期待された。

ここで代表例について述べる。

症例1, T. M. 41歳, 男性。

右腰部重圧感を主訴として来院。精査の結果, Fig. 2 A, B に示すごとく右腎の軽度萎縮と  $4.2 \times 2.3$  cm の結石を認めた。腎瘻を造影し, 2期的に EHL と US を併用し碎石術を行なった。EHL による障害は特になく, 術後急性前立腺炎を併発したが, 化学療法で治癒した。手術後1カ月の KUB, IVP では Fig. 2, C, D のごとく, 結石もなく腎盂腎杯像もきれいに描出されていた。この例では, 大きな結石を EHL で砕き, その後 US で碎石吸引するようにしたため, 硬い結石ではあったが2時間できれいに除去できた。

症例6, K. I. 50歳, 男性。

右側腹部痙痛あり来院。精査の結果右尿管結石症と判明した。Fig. 3 A に示すごとく右尿管内に  $1.0 \times 0.8$  cm と  $0.5 \times 0.5$  cm の2コの結石があり, 右の軽度水腎症を認めた。局麻下に右腎瘻を造設し, 2期的に軟性鏡を用い EHL で碎石し, バスケットカテーテルで摘出除去した。まず上位の小結石をバスケットで摘出後, 下位の尿管壁に強く入りこんでいた結石を EHL で碎石した。局麻のみで実施したが疼痛は

ほとんどなかった。

碎石することにより, バスケットカテーテルが結石より下方に通過することができ, 結石も尿管壁より剥がれやすくなった。大きな碎石片を剔出し小さな碎石片はすべて流出した。術後1週の KUB と IVP は Fig. 3 B の如くで, 結石はなく水腎症も消失していた。尿管結石では US がほとんど役に立たないので, EHL はきわめて有効である。

症例16, T. S. 54歳, 女性。

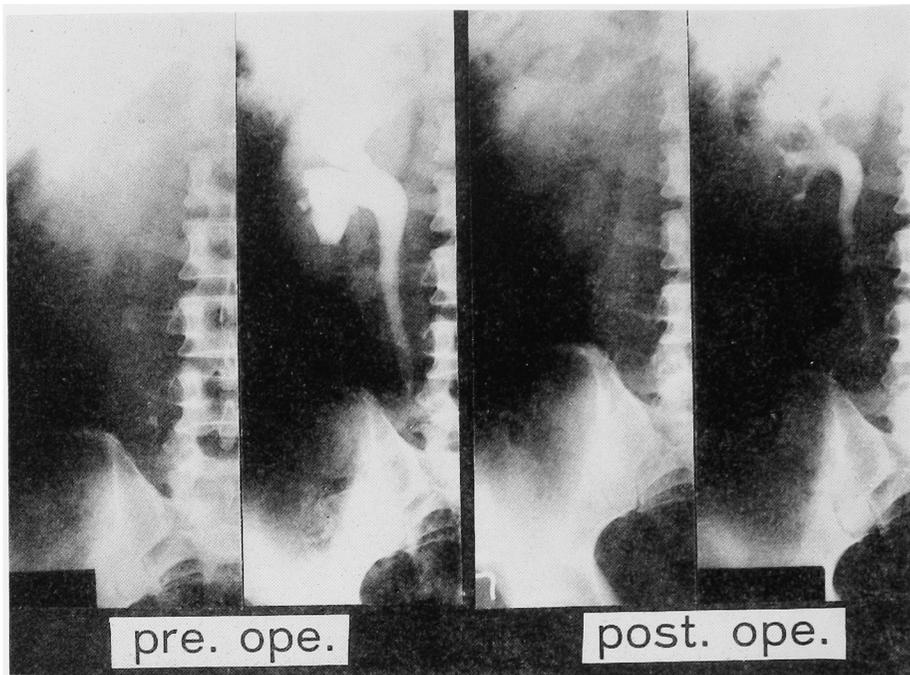
左側腎盂炎をくり返すため精査し左腎結石が判明した。既往に左腎盂切石術がある。左腎結石は Fig. 4 A のごとく2個の結石 (Fig. 4, A) であり, 左腎に軽度水腎症を認めた (Fig. 4, B)。

化学療法により, 充分消炎後 PNL を実施した。硬膜外麻酔下まず後下腎杯に腎瘻を造設し, 下腎杯の  $3.0 \times 1.8$  cm の腎結石を硬性鏡を通して EHL にて碎石した。ほぼ目的通りの小結石片になってから US により結石を吸引除去した。中腎杯内の小結石は2期的に軟性鏡を用い, EHL により碎石しバスケットカテーテルですべて摘出した。両結石の碎石にあたっては EHL がきわめて有効であった。術後1週の KUB は Fig. 4 C のごとくで, 結石もなく良好であった。

このような腎杯結石では軟性鏡と, それに沿ってプローブが挿入できる EHL がきわめて有効であった。

## 考 察

EHL はすでに1950年代からソビエトで利用され, はじめは主として膀胱結石の碎石に用いられていた<sup>1)</sup>。それが超音波および X 線透視下での腎瘻造設術の確



A B  
Fig. 3. 症例6. 右尿管結石のPNL前後.

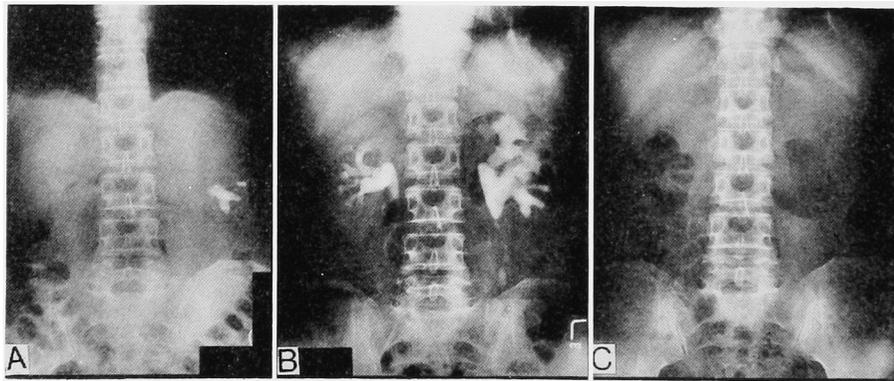


Fig. 4. 症例16. 左腎結石のPNL前後.

立、内視鏡の発達などに伴い、次第に上部尿路結石への碎石に应用されるようになってきた<sup>2,3)</sup>。今日では、内視鏡的結石手術に際しUSとともになくてはならぬ碎石法になっている。特にUSプローブが屈曲できないのに対し、EHLプローブは屈曲可能であるところから、USプローブのとどき難い腎杯結石や尿管結石に対し、軟性鏡との組み合わせで繁用されている<sup>3,4)</sup>。またUSより破壊力が強いことから、大結石をあらかじめ砕いておいてからUSを使用することにより、碎石時間を短縮させようとの試みもある。ただ腎盂内などで、破碎した場合に、碎石片が腎杯内に入りかかって摘出しにくいこともあるので、現在では

USが使用できる場合はできるだけUSを使用し、USが使用できない場合にEHLを使う方がより合目的であると考えられている。

前述の30例に関しては、碎石有効率96.7%できわめて満足できる結果であった。ただ1例碎石が不十分であった例は、プローブのあて方がうまくゆけばもう少し良い結果も期待できたと考えられる。EHLのプローブはその先端を結石にできるだけ直角にあてる必要があり、そうすることがまた碎石能を最も高めることになる。しかし、実際にはプローブ先端を自由に屈曲させることはできないので、この点の改良がのぞまれる。このことが可能になれば、結石以外の組織などに

はできるだけプローブ先端があたらないようにコントロールしやすく、穿孔などの危険も少なくなる。われわれの実験<sup>5)</sup>では、組織表面に平行であれば、たとえ組織に少しプローブが触れていても、組織にはほとんど影響が生じないという結果が出ている。

こういう点を考えると、尿管結石に対して EHL を使用することは、プローブが尿管走行に平行に用いられることが多く、安全性の点でも有利である。ただ腎杯内で用いるときは、プローブのあて方が悪いと、腎組織を損傷し出血しやすいことを忘れてはならない。

前述の30症例中、腎結石とくにサンゴ状結石に対しては、EHL で砕いて US を使用した例が多かった。この場合、従来の EHL では灌流液に生理食塩水を使用できなかった<sup>6)</sup>ので、碎石器を US に変えるとき灌流液も生理食塩水に変更するなどの手間を要したが、Lithotron EL-21 は生理食塩水灌流下で最高の碎石能が出るように調整されており、好都合であった。

また、サンゴ状結石など、作成した1本の瘻孔からでは、すべての碎石が行なえない、または結石が非常に硬いような場合は、手術が長時間化することによる患者の負担が大きい。このような例では、日を改めて、患者の体力の回復を待ち碎石、摘出を行なうのが、望ましく、これが PNL の特徴でもある。

ところでわれわれの30症例中尿管結石の1例で穿孔を生じ、3日後にはX線造影上消失していたと述べたが、PNL 実施中は EHL を使用しなくともときに穿孔を起こす。この場合には、可及的速やかに中止し、数日後に改めて実施するべきである。特に尿管においては穿孔発生後不適切な操作を繰り返すと、尿管浮腫も強くなり、次の PNL さらには腎瘻抜去の時間を遅らせるだけとなる。今回は EHL の強さを I (0.2 joule) および II (0.4 joule) とし、周波数は single または 20 Hz とし、組織および結石の変化を確認しながら、US、バスケット、把持鉗子などで摘出可能な大きさになるまで放電を繰り返した。プローブのあて方が適切であれば、PNL においてはこのパワーで充分と思われる。また同様成分の結石でも症例により砕け方にかなり差があり、前述した通り EHL の有効性は、結石成分の違いより、EHL プローブが

いかにうまく結石にあたっているかにかかっているようである。

なお出血例は、腎瘻造設部位の問題であり、術後3日以上発熱をきたし明らかな感染症を起こした4例(症例1, 2, 15, 18)も EHL 使用と直接関係したものではない。

以上改良された EHL, Lithotron EL-21 を30症例に使用した経験から、本装置は PNL に適した碎石能を持ち、プローブのあて方さえ気をつければ安全な碎石器であるといえる。

なお EHL をより安全確実な碎石器にするには、屈曲調節の可能なプローブの開発、特にその先端電極の改良、US に匹敵するような集石能の具備などの問題が残されている。これらが解決すれば、粘膜損傷も少なく、発生する気泡や小結石片で視野を邪魔されることもなく、より安全確実な碎石法となるであろう。

## 結 語

新たに改良された EHL, Lithotron EL-21 を、30例の PNL に使用した経験を述べた。本 EHL の碎石有効率は96.7%であり、US プローブが到達できない尿管結石に対し、特にその有用性が高いと考えられた。EHL の安全性、問題点についても言及した。

## 文 献

- 1) Wickham J and Miller RA: Percutaneous Renal Surgery. 94, Churchill Livingstone, 1983
- 2) Reuter HJ and Kern E: Electronic lithotripsy of ureteral calculi. J Urol 110: 181~183, 1973
- 3) 桑原正明・景山鎮一・黒須清一・ほか：電気水圧衝撃波による経皮的尿管結石の破碎摘出。臨泌 37: 893~898, 1983
- 4) Clayman RV and Castaneda-Zuniga, WR; Techniques in Endourology, 258, 1984
- 5) 清水弘文・松本哲夫・間宮良美・ほか USL と EHL の安全性の再検討とその使用手技について。第51回日本泌尿器科学会東部総会。10, 1986
- 6) Korth K: Percutaneous Surgery of Kidney Stones, 23, Springer-Verlag, 1984

(1987年6月3日迅速掲載受付)