泌尿紀要31巻6号
1985年6月

経皮的超音波破砕による腎結石の治療経験

京都大学医学部泌尿器科学教室（主任：吉田　修教授）
川村　寿一・東　義人・西村　昌則
木原　裕次・田中　寛郷・武縄　淳
野々村光生・飛田　収一・大石　賢二
吉　田　修

PERCUTANEOUS ULTRASONIC NEPHOLITHOTRIPSY

Juichi KAWAMURA, Yoshihito HIGASHI, Masanori NISHIMURA, Yuji KIHARA, Hirosato TANAKA, Atsushi TAKENAWA, Mitsuo NONOMURA, Shuichi HIDA, Kenji OISHI and Osamu YOSHIDA

From the Department of Urology, Faculty of Medicine, Kyoto University
(Director: Prof. O. Yoshida, M.D.)

Herein we report our experience of percutaneous ultrasonic lithotripsy on 32 renal calculus patients between March and December 1984.

Renal calculus removal was successful in over 78.1% of the patients (91.3 % for recent 4 months). All patients had bloody urine after tract dilatation and calculus removal, but this usually cleared in 24–48 hours. No patients have required blood transfusion. The major essential contribution responsible for the success of this technique was a nephrostomy placement made accessible to calculi.

Percutaneous ultrasonic lithotripsy, when combined with adjuncts such as flexible nephroscopy and radiological stone manipulations using stone grasping forceps and Dormia basket catheter, is an effective treatment for renal calculi, with a success rate of over 90%.

Key words: Percutaneous ultrasonic nephrolithotripsy, Renal calculi

はじめに

われわれ泌尿器科医にとってなじみ深い腰部斜切開到達法による腎結石手術をおこなわないで，経皮的な腎到達路より腎結石治療をおこなうことの理想は誰しもが考えるところではあった．事実，あらかじめ手術的に作られた尿路変更路—腎瘻—より結石を摘出することはおこなわれてきたが，腎カテーテル留置にともなう合併症に対する処置で，それは結石を取り出すことを第一目的としたものではなかった．

さて，尿路疾患に対する診断と治療を目的とした内視鏡的操作は“Endoscopic Urology”として確固たる地位を占めてきた．いっぽう，画像診断法としての超音波断層撮影や，computed tomography は近年隆盛をきわめ，単に診断法としてのみならず，治療手段としての有用性も確立されてきた．そのなかでも超音波ガイド下でおこなう経皮的腎瘻造設術は開腹手術を要せず，手軽にベッドサイドでおこなえ，緊急性にも合うなどの利点を有している．この数年来，Endoscopic Urology の機械器具の改良と開発ならびに経皮的に作成された腎瘻より腎盂腎杯内を内視鏡的に観察し，小結石を取り出そうとする試みが各所でなされてきた[1~4]．さらに，最近，腎盂内視鏡に装置できる超音波発信棒を使って結石破砕も可能になってきた[5~10]．

このような世界的な経皮的結石治療法の趨勢をかんがみるに，われわれもこの数年来，超音波ガイド下での腎嚢胞穿刺術[11,12]や腎瘻造設術の経験をつみ，かつ超音波結石破砕器（Wolf 社製と Storz 社製）を使用する機会に恵まれたので，1984年3月より上部尿路結

石に対しても開腹手術をせず，経皮的腎・尿管あるいは経尿道的尿管，到達法による治療にふみきった．本稿では硬性鏡による経皮的腎結石破砕の経験を予報的に述べてみたい．なお，今回は Wolf 社製超音波ネフロスコープ，シース径 24.5 Fr（Fig. 2，上段）を主として使用した．

対象ならびに方法

患者選択

硬性鏡（rigid nephroscope）による腎結石破砕の対象となった症例は，1984年3月～12月の間に当科へ入院した腎ならびに腎盂尿管移行部結石の32例（男21，女11）である．年齢は男44.7，女45.4歳（平均45歳）である．これらの症例はいずれも結石によるなんらかの症状を有し，従来から腎結石手術を予定して入院していた症例の適応と変りはなかった．また，今迄に腎結石あるいは上部尿管結石の手術既往のある症例が8例含まれている．施行前に出血傾向の有無をしらべ，尿路感染症があれば是正しておく．

経皮的腎瘻造設の詳細は別稿にゆずるが，原則として，硬膜外麻酔下で静脈ルートを確保して，超音波ガイド下，X線透視装置下で，腎穿刺をおこなう．患者は腹臥位か，ときに少し患側を挙上させて後腋窩線上，11～12肋骨弓下で目的とする腎杯を必ず腎実質を通して穿刺する．この場合，目ざす腎杯と腎盂および結石の三者の解剖学的な位置関係をあらかじめよく理解しておく必要がある[13,14]．ことに，以前に結石手術を受けている症例では腎 CT を撮っておいた方がよい．ラシックス利尿下あるいは尿管バルーンを操作して，一時的に腎盂腎杯を拡張させた状態下でおこなうこともある．あきらかな腎杯拡張のある場合は最初からJガイドワイヤーの通る 18 G 針で穿刺するが，まず，22 G の細針で腎杯のひとつを穿刺し，腎杯腎盂造影をおこなって目的とする腎杯を透視下で 18 G 針で穿刺しなおす．穿刺針を通してJガイドワイヤーを確実に腎杯から腎盂，他の腎杯，ときに尿管にまで進めたのち，それをガイドとして，透視下でテフロン製拡張器セット（Cook Urological）（Fig. 1）を使って，6 Fr～16 Fr. まで拡張し，14 Fr. Malecot カテーテルを留置し，腎瘻ルートを確保しておく．

しかし最近，同テフロン製拡張器のサイズの大きいもの（18, 20, 22, 24 Fr）が使用できるようになり，Malecot カテーテル 18, 24 Fr. あるいは Bardex Foley カテーテル 18,20 Fr.（C. R. Bard, Inc.）を留置している．3～4日後，同様に透視下で金属拡張器（Wolf: 9,12,15,18,21,24 Fr.; Storz: 9,12,15,18, 21,24,26 Fr）（Fig. 1）により最大 Fr. サイズまで拡張し，Storz はそのまま，Wolf は 21 Fr に1段階サイズを下げて，それにかぶせて硬性鏡の外套管（Wolf 24.5 Fr., Storz 26 Fr.）を挿入する．当初は以上に述べた二期的拡張をおこなっていたが，最近では，結石の腎盂腎杯内の位置関係から単発あるいは複雑結石でも1回の操作で破砕できると判断した場合，一期的にテフロン拡張器→金属拡張器による拡張をおこなって硬性鏡を挿入し，つぎの操作にうつることにしている．

腎結石の破砕，吸引，摘出

あらかじめ作成した腎瘻より硬性鏡外套管を挿入し，内套視管を装置する．まず腎杯，腎盂内をよく観察し，凝血塊などのため視野が悪い場合，洗滌したり，摘出

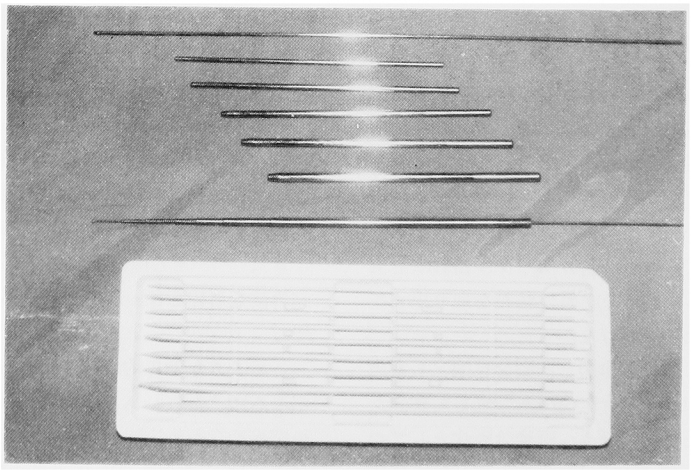
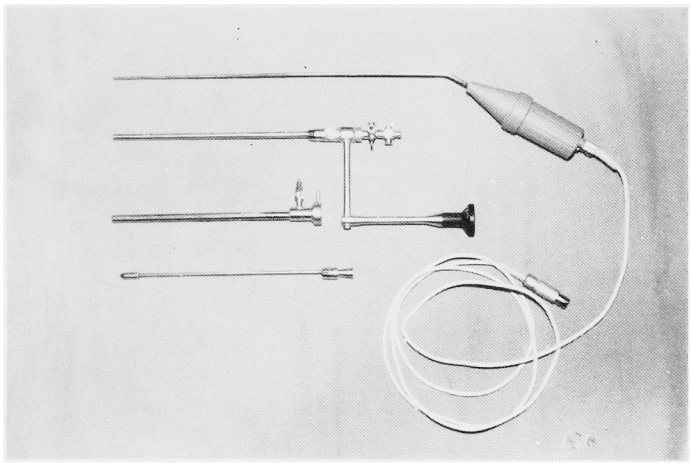
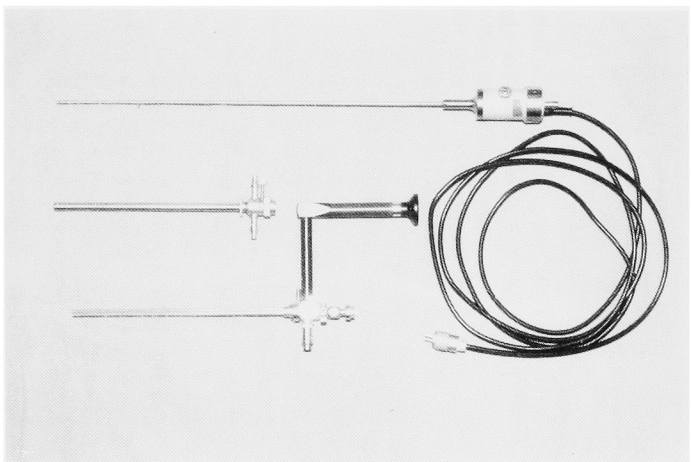


Fig. 1. Nephrostomy tract dilators. Two kinds of metal dilators (upper) and teflon dilators in tray (lower)



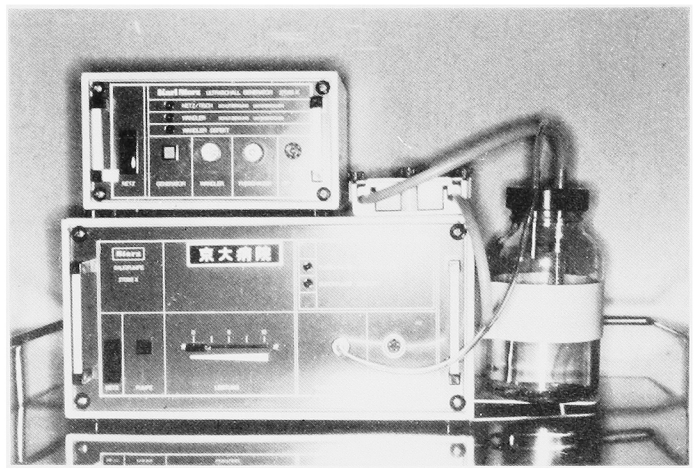
a



b

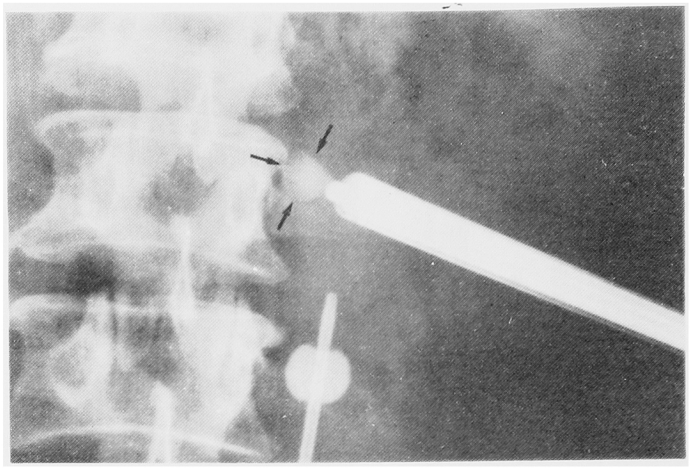
Fig. 2. Rigid nephroscope and ultrasonic lithotrite (oscillating burr). a: Wolf type, b: Storz type

a

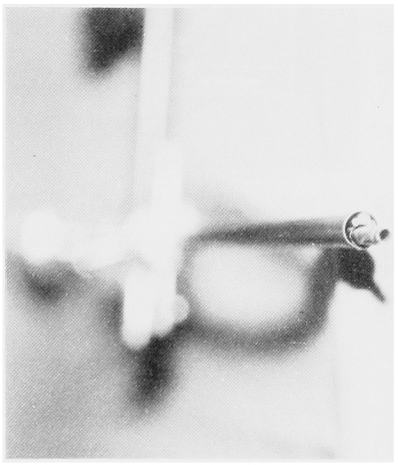


b

Fig. 3. Ultrasonic generator with transducer and suction pump. a: Wolf type, b: Storz type.



a



b

Fig. 4. a: Ultrasonic lithotrite applied to renal calculus (indicated by arrows). Balloon catheter was inserted in the ureteropelvic junction through the ureter. b: The tip of the oscillating burr (Storz type)

鉗子にて摘出したりする．現在2種類の硬性鏡ならびに超音波発信棒（ultrasonic lithotrite，ソノトロード）を使用しているが（Fig. 2），結石破砕器システムとしては，これら硬性鏡，ソノトロード，および超音波ジェネレーター，吸引ポンプ（Fig. 3）よりなる．

内視鏡により結石を確認するとソノトロードを挿入して目的とする結石へあてる（Fig. 4）．超音波ジェネレーターのペダルをふむと，23～27 KHz の超音波が出され，この波はソノトロードの中空の金属棒の長軸に沿って先端まで伝わる．ソノトロード先端の外径より大きい結石の場合，先端のあてられた部位に陥凹を形成したり，ひび割れを生じさせ，順次小結石塊を作ってゆく（Fig. 5）．ソノトロード外径より小さい小結石塊や砂状塊は順次さらに小片にくだかれてソノトロード中空より外へ吸引されてゆく（Fig. 6）．この一連の操作中，視野を妨げないように腎盂腎杯内を適宜潅流，洗滌するが，その洗滌液としては，通常TUR-Pに用いるものと同じ組成のものを使用し，腎盂内圧を高めないように液の出し入れには注意する（60～70 cm H_2O の落下圧）．また，小結石片が尿管へ逃げないように，あらかじめ尿管カテーテル（pig tail タイプ）や尿管バルーンカテーテルを挿入しておくと，腎盂内のひとつの指標にもなり，また潅流液の

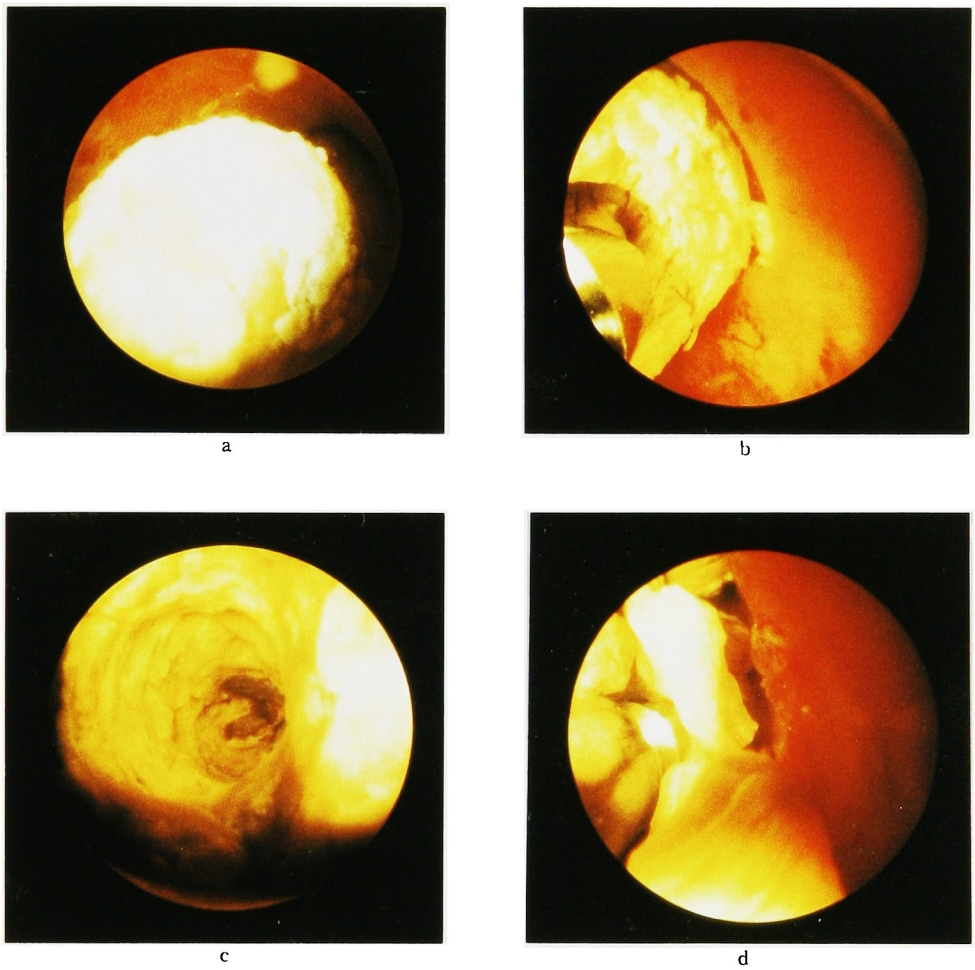


Fig. 5. Nephroscopic camera images during ultrasonic lithotripsy. a: Intrapelvic stone, b: Stone applied with the ultrasonic lithotrite, c: The ultrasonic lithotrite dug a concavity in the stone, d: Fragmentation of the stone

逃げ路としても役立つ.

小結石になっても中心マトリックス部分は超音波破砕の効率が悪くなる場合があり，外套管の中を通過しうる大きさになれば，各種の把持鉗子（Fig. 7）を使って直視下に結石をつまみ摘出することもできる（Fig. 8）. 破砕中，小結石片が他の腎杯へ逃げたり，腎杯頸部や結石の所在がわからなくなった場合，適宜透視下にて確認したり，うすい造影剤を用いて腎盂腎杯像をうつして確認することが大切である. また，結石への到達路が不明の場合，ガイドワイヤーや尿管カテーテルを操作して結石までの路をつけることも必要である.

狭い腎杯頸部を介してソノトロードと挿入する場合，金属拡張器を用いて拡張し操作した方が良い.

直視下にて結石の破砕，吸引が終了し，レ線上でも結石陰影のないことを確認すると，硬性鏡を抜去し，腰の強いバルーンカテーテルを腎瘻より挿入し適当な位置に固定する. 最後に単純撮影と腎瘻造影をとってextravasation のないことを確かめて終る.

なお，操作中に腎盂粘膜を傷つけて extravasation が確認されても，決してあわてることなく，その日の操作は中止し，後日に備えることが大切である. 翌日には腎瘻造影にて消失していることも多いが，大事をとって最低4日はあけた方が賢明である.

破砕後の経過観察

結石の残存がなく，IVP にても術前に比べて変化のない場合，破砕操作の難易性，extravasation の有無にもよるが，早くて2～3日後よりバルーンをクラ

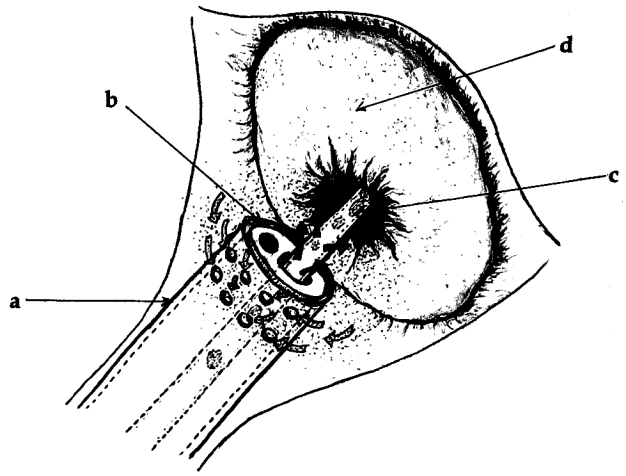


Fig 6. Schematic demonstration of the tip of ultrasonic lithotrite and fragmented stones. Arrows indicate directions of irrigating fluid. a : Nephroscope sheath, b : Operating telescope, c : Ultrasonic lithotrite, d : Stone and its fragments

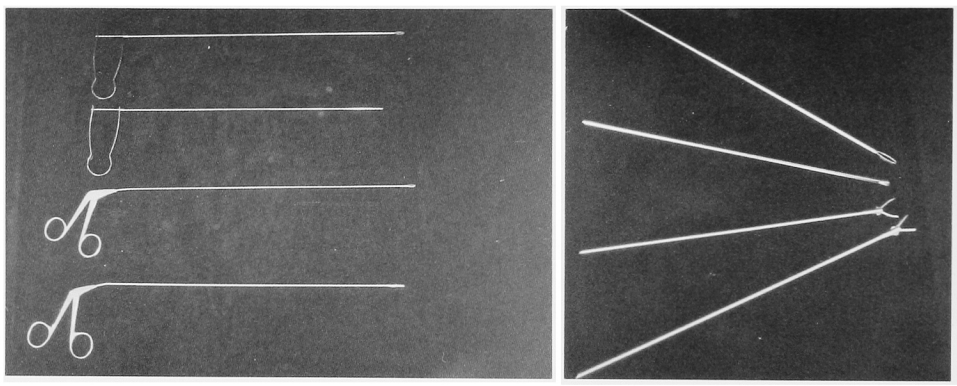


Fig. 7. Stone grasping forceps (left) and tips of forceps (right)

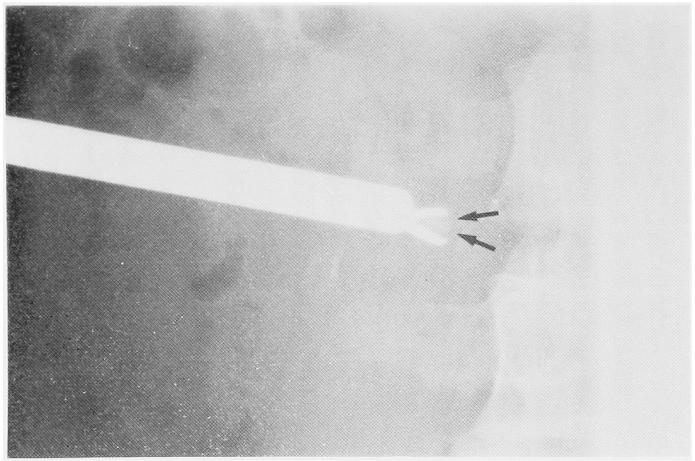
ンブし，発熱，腎盂圧の上昇，バルーン周囲からの尿漏れがなければ，バルーンを抜去し，腎瘻のふさがるのを待って退院させる．

残存結石片が尿管へ落下した場合，自排可能ならバルーンを一時的にクランプしつつ経過を観察し，自排が難しい場合，後日腎瘻より軟性鏡（Fig. 9）を操作して適出するか，下部尿管の場合，経尿道，尿管的に結石破砕ないし適出を試みる．これらの成績については稿を改めて述べる．腎内残存結石の場合，硬性鏡の到達範囲なら後日改めておこなう．その位置により到達できなければ別の腎杯に腎瘻を作って到達するか，あるいは軟性鏡を使って適出する．また，腎瘻造設，結石破砕にともなう腎機能の変化については ^{99m}Tc-DMSA 腎シンチグラフィーにて経過を観察しているので，これについても別に稿を改めてふれる．

成　　績

腎結石破砕をおこなった32例中20例に残石なく結石除去が終了した．5例においては，腎杯憩室内の結石や腎杯への交通性を認めない弧立性腎杯結石であり，最初からそれらに対してはアプローチをおこなわなかった．したがって本法により所定の目的を達した臨床的成功例は32例中25例（78.1%）となる．

他の7例は不成功例といえるが，そのうち2例（第1，2例目）は20数年来の腎瘻にともなう感染サンゴ状結石症例で，それぞれ心不全，腎不全の合併のため完遂が不可能であった．他の2例は初期の症例に属し，破砕中に Extravasation を認めたため，ひきつづいて腎盂切石術を施行した．今から考えると extravasation がおさまるのを待って，再破砕すべき症例で



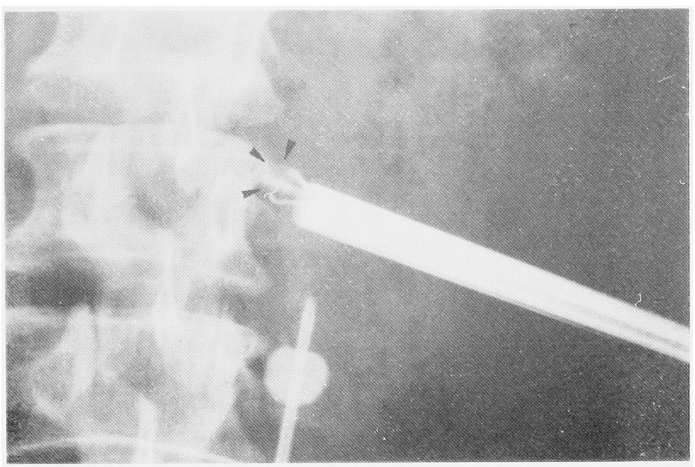
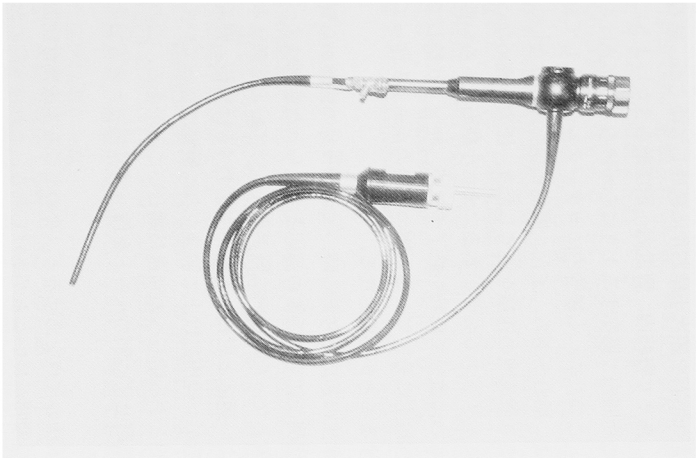


Fig. 8. Stone fragments grasped by the alligator forceps (upper arrows) and the stone dislodger (lower arrow heads)



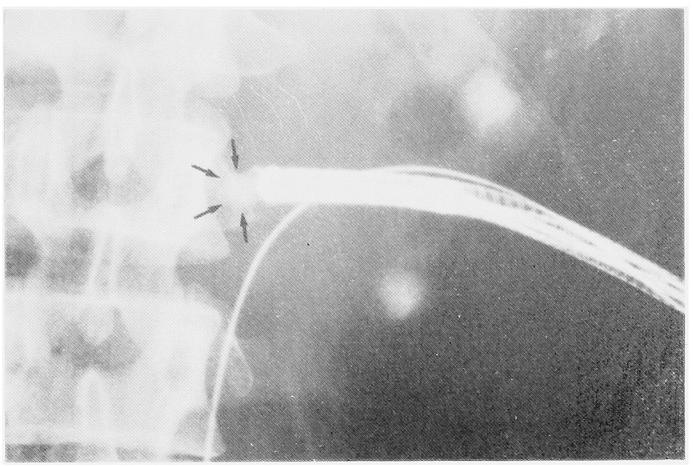


Fig. 9. Nephro-fiberscope (Olympus) (upper) and stone, indicated by arrows, which was grasped by the flexible forceps (lower)

あった．残り3例のうち1例は両腎チスチン結石症例で，1側に1回破砕を試みたが，高校3年在学中で，進学をひかえて入院期間が限られたため，腎盂切石術を施行した．他の1例は今までに腎盂切石術，腎切石術を受けている主婦で，2方向からの腎瘻より計4回の結石破砕を試み，複雑多発性，一部サンゴ状結石の2/3を除去したところで，家事の都合のため今回は中止した．残る1例は，外観上尿酸結石と蓚酸カルシウム1水化物結石の成分の異なる部分よりなるキノコ状結石であった．本法を2回施行したが尿酸成分と思われる部分が少しこわれただけで歯がたたなかった．レーザー光線や electrohydraulic 法を試みる予定にしていたところ，仕事の関係で入院継続できず，今回は中止した．

超音波破砕の施行回数で症例を分けてみると，1回16例，2回4例，3回以上5例であった．また腎瘻造設と破砕の時期的な関係をみると，造設破砕を一期的におこなったのは9例，二期的におこなったのは16例，1腎に別の2方向からの腎瘻を作って破砕したのは4例で，残り3例は腎盂切石術をおこなった．合併症として大部分の症例で破砕後肉眼的血尿を認めたが，2～3日で消失し，輸血を必要とした症例は今迄にない．破砕後，当日のみの発熱は約25%にみられたが，尿路感染を認めることは少なかった．とくに，第1，2例目の感染サンゴ状結石では破砕後2～3日 38°C 以上の発熱をみた．破砕中の extravasation は4例にみられたが，はじめの2例には腎盂切石術をおこなった．腎機能については，IVP 上尿路閉塞状態が解除され，造影剤の排泄も良好になる症例が多く，血液生化学所見でも悪化はみられなかった．

考　　察

本法の臨床的成功率が78.1%というのは，今迄の報告者[6~10]のそれに比べてすぐれているとはいえない．しかしこの数字は本法を開始した初期の成績の悪さを反映したものである．事実，不成功例のうちの5例が最初の6カ月に集中し，最近の4カ月では，23例中2例に失敗，21例に成功している（91.3%）．昨年（1983年）の同時期の腎結石の手術数24件（腎盂切石術13，腎切石術5，腎摘出術5，腎部分切除術1）に比べて，今年は本法施行後の3例に腎盂切石術が施行されたにすぎない．この1年間における腎結石の治療法の変遷には目をみはらされるものがある．

腎結石超音波破砕における注意点（いいかえるとコツ）としては，まず，結石へ到達するのに好都合な位置に腎瘻を作ること，これが本法の成功する鍵であるといっても過言ではない．次に，結石破砕の過程で，大きな結石を順次小結石片に破砕してゆくが，結石片を，あまり腎杯内，腎盂内へ飛び散らさないように視野の範囲内で操作するように心がけることがあげられる．このためにも尿管内にカテーテルを挿入しておくとよい場合がある．また，腎盂粘膜を傷つけないこと，あまり潅流液の速度を速くしたり，圧力を高めないことにも注意する必要がある．また小結石でもろい性質のものは数分で破砕が終了するが，サンゴ状結石では，2回以上に分けて，また別の2つのルートを作って破砕することが必要となる．

本法の適応を考える時，この10カ月の経験から腎結石症例で従来の手術の適応と考えられた症例はすべて対象となった．以前に腎手術を受けている症例は本法のよい適応と思われるが，注意すべきは腎杯，腎盂の構造がレ線所見以上に前後左右に複雑になっていて，目的とする結石への到達が難しいことがある．この場合躊躇せずに別のルートを作ってアプローチすべきである．

本法の欠点をあげると，今のところ本法施行症例の入院期間が長いことがあげられる．これは本院における透視室や中央手術場の都合と利用度によることが多く，また，一定食での「結石 study」をおこなっていることも関係している．また，どうしても位置的に到達できない結石もあること，超音波破砕のききにくい成分の結石もあることが経験された．もっとも腎内で小腎杯に入りこんだ結石に対しては軟性鏡と把持鉗子を駆使して硬性鏡の欠点を補うことはできる．本法施行後の腎機能障害や結石再発の問題について現在 follow-up 中である．合併症として，とくに重篤なものは経験されていないが，文献的には腎出血が続く場合，A-V fistula や pseudo-aneurysma の発生も考えて，腎動脈造影をおこない embolization の必要性もいわれている[9]．

現在，当教室では上部尿路結石に対しては，腎内および尿管上部で硬性鏡の到達できる範囲であれば超音波破砕を第一に試みている．尿管結石に対しては腎瘻より軟性鏡を駆使して把持鉗子やドルミアを使って除去したり，経尿道的に尿管口の拡張をおこなって尿管鏡を挿入し，これに装着できるソノトロードを用いて超音波破砕をおこなっている．このように，従来の手術療法に代るものとして本法が考えられているが，予期せぬ合併症に対して開腹手術をおこなう心づもりはしている．

本法をひきつづきおこなうに当って，Extracorporeal shock wave lithotripsy（Dornier）のこと

を考えざるをえない．1984年12月末日現在，本邦では3台設置され，運転されている．腎および上部尿管結石に対する適応は確立されているようであり，医学的適応には問題はないとしても，社会的適応については，まだいろいろ問題があると思われる．この Dornier が今すぐに経皮的腎結石破砕法にとってかわるものではないが，将来，上部尿路結石に対する治療はこの両者の併用で進められるべきであり[6,9]，"competitive ではなく，complementary" なものとして[15]，ともに従来の手術的治療法にとって代るものとなろう．

ま　と　め

1984年3月～12月までに，32例の腎結石症例に対して，主として西独 Wolf 社製硬性鏡を使って経皮的超音波破砕をおこない，その成績について報告した．

1. 臨床的に結石を除去しえた成功率は，78.1％（最近4カ月では91.3％）で，重篤な合併症はなく，破砕後数日，血尿がみられた．しかし，輸血を必要とした症例はなかった．

2. 本法の成功する鍵のひとつは，あらかじめ，一期的にしろ，二期的にしろ，よい位置に腎瘻を作ることである．

3. 超音波破砕・吸引装置を備えた硬性鏡のみならず，軟性鏡やいろいろの把持鉗子，ドルミアを駆使することにより，腎結石の90％以上は経皮的アプローチにより治療できる可能性が示された．

文　　献

1) Fernstrom I and Johansson B: Percutaneous pyelolithotomy. A new extraction technique. Scand J Urol Nephrol **10**: 257～259, 1976
2) White EC and Smith AD : Percutaneous stone extraction from 200 patients. J Urol **132**: 437～438, 1984
3) Lange PH, Reddy PK, Hulbert JC, Clayman RV, Castanedo-Zuniga WR, Miller RP, Coleman CC and Amplatz K: Percutaneous removal of caliceal and other "inaccessible" stones: Instruments and techniques. J Urol **132**: 439～442, 1984
4) Reddy PK, Lange PH, Hulbert JC, Clayman RV, Breen JF, Hunter DH, Coleman CC, Castanedo-Zuniga WR and Amplatz K : Percutaneous removal of caliceal and other "inacessible" stones : Results. J Urol **132**: 443～447, 1984
5) Alken P, Hutschereiter G, Gunther R and Marberger M : Percutaneous stone manipulation. J Urol **125**: 463～466, 1981
6) Alken P : Percutaneous ultrasonic destruction of renal calculi. Urol Clin North Am **9**: 145～151, 1982
7) Marberger M, Stackl W and Hruby W: Percutaneous litholapaxy of renal calculi with ultrasound. Eur Urol **8**: 236～242, 1982
8) Segura JW, Patterson DE, LeRoy AJ, May GR and Smith LH: Percutaneous lithotripsy. J Urol **130**: 1051～1054, 1983
9) LeRoy AJ and Segra JW : Percutaneous ultrasonic lithotripsy. Am J Roentgenol **143**: 785～788, 1984
10) 棚橋善克：放射線診断技術の治療への応用(5)—経皮的腎瘻術による結石の治療—．臨泌 **38**: 951～957, 1984
11) 川村寿一・日裏　勝・上田　真・東　義人・吉田　修・桑原智恵美・上田政雄：経皮的腎瓔胞穿刺による95％エタノール注入法．第1編．血中ならびに尿中エタノール動態．泌尿紀要 **30**：287～294, 1984
12) 川村寿一・日裏　勝・郭　俊逸・畑山　忠・鳶単賢一・喜多芳彦・寺井章人・小川　修・岡村泰彦・大石賢二・東　義人・岡田謙一郎・吉田　修・桑原智恵美・上田政雄：経皮的腎瓔胞穿刺による95％エタノール注入療法．第2編：臨床成績の検討．泌尿紀要 **30**：589～598, 1984
13) Coleman CC, Castaneda-Zuniga W, Miller R, Lange P, Clayman R, Reddy P, Hunter DW, Hulbert JC, Salomonowitz E, Land G and Amplatz K A logical approach to renal stone removal. Am J Roentgenol **143**: 609～615, 1984
14) Kaye KW and Reinke DB: Detailed caliceal anatomy for endourology. J Urol **132**: 1085～1088, 1984
15) Segra JW: Endourology. J Urol **132**: 1079～1084, 1984

（1985年1月28日受付）