MPL-9000を用いた体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の治療経験

—Stone burden と衝撃波エネルギーの関係—

住友病院泌尿器科 (部長: 板谷宏彬)

三宅 修 辻畑 正雄 宇都宮正登*
伊東 博 若月 晶 板谷 宏彬

EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE LITHOTRIPSY FOR RENAL AND URETERAL CALCULI WITH MPL-9000

Correlation between Stone Burden and Shock Wave Energy

Osamu Miyake, Masao Tsujihata, Masato Utsunomiya, Hiroshi Itoh,
Akira Wakatsuki and Hiroaki Itatani
Department of Urology, Sumitomo Hospital

Clinical results of ESWL for renal and ureteral stone with MPL-9000 were presented. We also reviewed correlation between stone burden and shock wave energy. We studied 210 cases (295 sessions) of renal stone and 109 cases (154 sessions) of ureteral stone that were treated from November 1988 till January 1989 and from November 1989 till May 1990. Of those sessions, 76 sessions of renal stone cases and 53 of ureteral stone cases were carried out ambulatorily. Successful disintegration (within 4 mm) rate was 86% of renal stones, 84% of ureteral stones, and stone free rate after 6 months was 72% of renal stones and 84% of ureteral stones. As for the complications, brain infarction occurred in one case, subcapsular hematoma of the kidney in one, and arrhythmia in 5. No other severe side effects were observed.

Between shock wave energy (the number of shock wave shots $\times$ voltage) and stone burden (long axis $\times$ short axis of the stone), a significant correlation was found in renal stone cases, but not in ureteral stone cases. E/B (shock wave energy/stone burden) was 33100 (kv $\cdot$ shots/cm²) for the renal stone and 56000 (kv $\cdot$ shots/cm²) for the ureteral stone. These results suggest that there is still another unknown factor, which is not related with renal stone, for successful disintegration of ureteral stone. We also confirmed that more energy is necessary for destruction of ureteral stone than for that of renal stone.

It was proved that we could perform ESWL with MPL-9000 safe by without hospitalization for selected cases, although the indication and selection of the auxiliary procedures might be important for ESWL of large renal stones and ureteral stones impacted for a long time.

Key words: ESWL, stone burden, shock wave energy

要旨: MPL-9000を用いた体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の臨床成績を報告する。特に Stone burden と衝撃波エネルギーの関係についても検討を加えた。1988年11月から1989年1月までと、1989年11月から1990年5月までの計10カ月間に治療を行った腎結石210例(295回)、尿管結石109例(154回)を対象とした。このうち腎結石76回、尿管結石53回は外来通院で治療を行った。結石の完全破碎率(4mm以下にまで碎石)は腎結石が86%尿管結石が84%であった。6カ月後の完全排石率は腎結石で72%、尿管結石で84%であった。合併症は脳梗塞1例、不整脈5例、軽度の腎被膜下血腫1例の他には重篤な合併症は認めなかった。

* 大阪大学医学部泌尿器科学教室

衝撃波エネルギー（衝撃波数×電圧）と Stone burden（結石の長径×短径）の間には腎では正の相関が認められたが、尿管では有意な相関が見られなかった。E/B（衝撃波エネルギー/Stone burden）は腎結石で33,100 (kv·shots/cm²)、尿管結石が56,000 (kv·shots/cm²)であった。以上より尿管結石は腎結石と異なり破碎成績を左右する別の factor が存在し、破碎には、より多くのエネルギーが必要であることが確認された。

MPL-9000による ESWL はこれまでの治療経験から、比較的安全にしかも症例によっては外来でも治療が可能であることが判明したが、腎の大結石や長期に嵌頓した尿管結石の破碎には併用療法の適応、選択が重要であると考えられた。

キーワード：体外衝撃波結石破碎術・結石負荷・衝撃波エネルギー

結 言

1980年に Chaussy ら¹⁾によって始められた体外衝撃波結石破碎術 (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy: ESWL) は、これまでの結石治療法を一変し、今や結石治療の第1選択となり経皮的腎碎石術や経尿道的尿管碎石術すらもその補助的手段となりつつある。また破碎治療器自身も開発が進み、数々の改良が加えられ各地に普及している。

我々の施設では1988年11月の治験開始から腎胆両用の第2世代破碎装置である Dornier 社の Multi Purpose Lithotripter (MPL-9000) を使用し²⁾³⁾、体外衝撃波による結石治療を行ってきたので、その臨床成績を報告し Stone Burden と衝撃波エネルギーの関係について検討した。

対象と方法

1. 対象症例

対象症例は1988年11月から1989年1月までと1989年11月から1990年5月までの計10カ月間に治療を行った319例(腎210例、尿管109例)、449回である。このうち男性は229例、女性は90例で年齢は7歳～81歳(平均41.6歳)である。

2. 破碎装置

使用した MPL-9000 は Dornier 社(独)で腎胆両用器として開発され、超音波による結石の位置ぎめ、water cushion による coupling を行いうゆる dry type の結石破碎装置である。腎結石では water cushion 内の inline scanner のみで位置ぎめするが、胆石では別の outline scanner による autofocusing が可能である。衝撃波発生源は水中スパーク方式で、電圧は14～26kv の間で選択でき、衝撃波発生装置の直径は21cm と HM-3 に比し広げられ焦点域も20mm×3mm と小さくなったため、低電圧でしかも無麻酔で治療が可能である。

3. 治療方法

治療は術前のインドメサシン座薬50mg の挿肛以外には原則的に無麻酔で行ったが、小児1例で全身麻酔、シスチン結石症例2例で硬膜外麻酔、また疼痛を強く訴える症例6例に鎮痛剤(ペンタゾシン15mg or 30mg iv.) を使用した。14または15kv の電圧から開始し US にて碎石状況を real time で観察しながら結石が硬く破碎不良の場合は徐々に電圧をあげて治療した。また体位は腎結石ではほとんど仰臥位、腎盂や PUJ の結石で仰臥位で同定困難なときは半側臥位で治療した。尿管結石は上部では半側臥位、中部と下部では腹臥位で行った。また下部尿管結石は膀胱に尿を充満させ、これを acoustic window とし、位置ぎめを行った。

一部の症例(腎76回、尿管53回)は外来での治療を行ったが、次の条件をみとすものに限定した。すなわち、1) 出血傾向がない、2) 全身状態が良好(心疾患や不整脈の既往がない)、3) 対側の腎機能が良好である、4) 患側の尿路に高度の通過障害がない、5) 尿路感染症がない、6) 結石のサイズが比較的小さい、症例である。

4. 結石破碎の評価

治療直後または翌日の X 線検査で、破碎片の最大径が4mm 以下のものを完全破碎、碎石はされているが、破碎片の最大径は4mm を越えているものを部分破碎、結石の位置ぎめができず破碎不能であったものまたは X 線検査で術前と全く変化のないものを無効とした。一回目の治療で部分破碎の症例は可能なかぎり複数回の治療を行って完全破碎を得ることを目標とした。従って今回の集計では現在も治療継続中のために部分破碎の評価しか得られていない症例も含まれている。

5. 残石の評価

最終治療後3カ月後、および6カ月後の X 線検査または超音波検査(X 線透過性結石)で、残石なし、4mm 以下の残石、4.1mm 以上の残石(部分破碎)、の3群に類別し、完全破碎率と完全排石率を計算した。治療

後3カ月以内に排石を見ないまま外来通院しなくなった症例はこの評価から除外した。

6. Stone burden と衝撃波エネルギー

Stone burden として結石の長径×短径 (cm²) で表し、複数の場合はそれらを合計し、サンゴ状結石の場合は各腎杯を埋める部分と腎盂内の部分に分け、それらを合算した。本来 stone burden は結石の容積をもって表すべきであるが、腹部単純写真で測定した長径と短径の積で代用した。衝撃波エネルギーは電圧×衝撃波発射数 (kv・shots) を各電圧毎に求め合計した。後者を前者で割った数値 Energy/Burden (E/B) を結石の部位別、結石の成分別に計算した。結石成分は一成分が95%以上ならば単一成分、それ以下ならば複数成分として記載した。またここでの評価は腎、尿管結石ともに完全破砕された症例でしかも尿管結石においてはステントや腎瘻を置いた症例は除外し in situ にて ESWL を施行した症例に限定した。

結 果

腎結石症例は210例、295回、が対象となったが、76回は外来で施行した。この210例中6例は上部尿管結石を push back し、腎内で ESWL した症例である。また尿管結石は109例154回、うち53回は外来でおこなった。8例で腎結石の ESWL による破砕片または stone street に対し、尿管内での ESWL を行ったが尿管結石109例の中には含めていない。

1) 腎結石の治療成績

破砕片が4mm 以下の完全破砕症例は181例で、27例が部分破砕症例、2例が不成功であった。この2例は、初期の症例で結石にたいする focusing がうまくできていなかったためである。1例はその後の ESWL で部分破砕が得られた。部位別に破砕率を見ると、やはり結石の量が多いサンゴ状結石で19例中11例 (58%) と低かったが、上腎杯結石も76%と低値にとどまった。次に、排石率は追跡不能となった19例を除く191例のうち64% (123例) が3カ月以内に、72% (137例) が6カ月以内に完全排石している。また尿管結石の push back 症例6例についてはいずれも1ないし2回の ESWL で完全破砕が得られ、6カ月後には全例完全排石している (表1)。

2) 尿管結石の治療成績

尿管結石の部位は規約に基づき、骨盤骨に重なる位置の上下で上、中、下部に分類した。中部尿管の結石はほとんど超音波ではとらえられず、1例のみが治療対象となった。また上部尿管結石でも外来の超音波検

表1 腎結石の完全破砕率と完全排石率

結石部位		症例数	完全破砕率 (%)	完全排石率 (%)	
				3カ月後	6カ月後
腎杯	上	21	76	67 (12/18)	72 (13/18)
	中	20	100	59 (10/17)	59 (10/17)
	下	87	92	70 (56/80)	76 (61/80)
	上+下	8	100	43 (3/ 7)	43 (3/ 7)
	中+下	7	100	67 (4/ 6)	67 (4/ 6)
	上+中+下	2	50	50 (1/ 2)	50 (1/ 2)
腎盂		25	100	71 (17/24)	79 (19/24)
PUJ		21	81	68 (13/19)	79 (15/19)
サンゴ状		19	58	39 (7/18)	61 (11/18)
全 体		210	86	64(123/191)	72(137/191)

表2 尿管結石の完全破砕率と完全排石率

結石部位	症例数	完全破砕率 (%)	完全排石率 (%)	
			3カ月後	6カ月後
上部	88	81	75(63/84)	83(70/84)
中部	1	100	100(1/ 1)	100(1/ 1)
下部	20	95	82(14/17)	88(15/17)
全体	109	84	76(78/102)	84(86/102)

査で位置ぎめができなかった症例は6例あったが、いずれも push back 後腎内で破砕し、6カ月後には全て完全排石している。完全破砕率は上部で81%、下部で95%、全体で84%であった。不成功例は上部尿管結石の3例である。1例は位置ぎめができず、push back 後腎内で2回目の ESWL を行い完全破砕が得られた。1例は位置ぎめは容易で2回 in situ の ESWL (5,600 発) を行い、X-P で変化がなかったため尿管切石術に至ったが、結石は無傷で尿管周囲組織と粘膜面の炎症性変化が著明であった。残りの1例は4回計11,500発の in situ の ESWL にても変化が認められず、TUL を試みたが尿管粘膜の浮腫により無効であったため尿管切石術を最終的に施行した。この結石は2mm 以下に破砕はされていたものの結石介在部上下の尿管内腔は炎症性ポリープでほとんど閉塞状態であった。これら2例はいずれも CaOX・1H₂O の結石であった。

一方、排石率は6カ月で上部83%、下部88%、全体で84%と良好であった (表2)。

3) 結石最大径と完全排石率

腎、尿管結石ともに結石が大きくなるにつれ排石率が低下する傾向が見られた。30mm を越える大結石や、サンゴ状結石の3カ月後の排石率は他に比べ低かった (表3)。

表3 結石最大径と ESWL 後の完全排石率

結石最大径	腎			尿管		
	症例数	3ヵ月後(%)	6ヵ月後(%)	症例数	3ヵ月後(%)	6ヵ月後(%)
≤4mm	6	67 (4/ 6)	83 (5/ 6)	1	0	0
4< ≤10mm	65	71 (43/60)	78 (47/60)	50	84(42/50)	90(45/50)
10< ≤20mm	94	67 (58/86)	71 (61/86)	54	73(35/48)	83(40/48)
20< ≤30mm	19	60 (9/15)	73 (11/15)	4	33(1/ 3)	33(1/ 3)
>30mm	7	33 (2/ 6)	33 (2/ 6)	0	—	—
サンゴ状	19	39 (7/18)	61 (11/18)	0	—	—
全 体	210	64(123/191)	72(137/191)	109	76(78/102)	84(86/102)

4) 併用療法

Double-J catheter は腎では22例使用し、このうち11例はサンゴ状結石、他は尿管からの push back 症例と長径2cm 以上の大結石の症例である。尿管には3例に用いた。

腎結石で PNL を併用したのは4例で、うち3例は以前の結石手術による尿管の狭窄が、1例は1回目の ESWL 後の stone street による尿管閉塞が、見られた症例である。

また腎瘻を造設したのはこの4例以外に3例（サンゴ状結石）、計7例で、尿管結石では高度の水腎症を呈する尿管嵌頓結石の3例である。

TUL は腎1例、尿管1例で行ったが、前者は手術による尿管狭窄のため、後者は ESWL 4回施行後も破碎を認められなかったために行った。

開腹手術は前述した2例で尿管切石術を行っている。

5) 合併症

1. 腎結石

術中180mmHg を越える高血圧が1例、不整脈が4例（徐脈2例、心室性期外収縮1例、完全房室ブロック1例）認められた。いずれも治療を中止することで正常に回復した。ただし徐脈は50/min 未満になったものが2例で50台に下がった症例は他にも数例見られた。重篤な合併症として術後4～5時間後に脳梗塞をきたした症例が1例あったが、この症例はもともと心不全を合併しており ESWL との直接の因果関係は不明である。腎被膜下血腫は1例認めたが、輸血も必要としない軽度のもので保存的に治療しえた。肉眼的血尿は術後不成功例を除き、ほぼ全例でみられたが、3日以上続く高度の血尿は6例でいずれも止血剤などの投与で対処可能であった。鎮痛剤を必要とした術後の排石に伴う疼痛は18例にみられ、うち1例が入院と

なった。38℃を越える発熱は3例に見られたが、2～3日で正常化した。

2. 尿管結石

術後の仙痛が18例認められたものの、不整脈は心室性期外収縮1例のみで、循環器系への影響は腎結石ほど多くは認められなかった。その他の合併症は破砕片の自排に伴う仙痛が18例、悪心嘔吐が1例、頻尿1例であった。

6) Stone burden と衝撃波エネルギー

腎結石と尿管結石における stone burden と衝撃波エネルギーとの間の相関関係を検討した結果、腎結石では有意な相関 ($p<0.001$) が見られたが尿管結石では両者の間の相関関係は統計学的には認められなかった（図1）。

部位別に E/B をみると上部尿管と腎杯 ($p<0.001$)、腎杯と腎盂 ($p<0.05$) の間に有意差が見られた。腎杯結石で複数の腎杯にまたがるものはここでは除外した（表4）。

完全破碎症例のうち治療後結石分析を行い得たのは、腎99例、尿管52例であった。同一結石成分別に腎と尿管で E/B を比較したところ、統計学的に有意差があったのは CaOX+CaP のみであったが ($p<0.01$)、CaP の1例を除いて尿管結石の方が腎結石よりも E/B が高かった。腎181例と尿管88例の全体で比較しても E/B は有意に尿管結石のほうが高かった ($p<0.001$)（表5）。

考 察

本邦における ESWL は Dornier 社の HM-3 を用いて開始されたが⁴⁾、その後 ESWL 機器は次々と改良が加えられ、現在普及しつつあるのは第2世代、第3世代と言われる機種である。当科において稼働している MPL-9000 は第2世代、腎胆両用器としては第3世代の破碎装置で同じ Dornier 社の HM-3 と比較すると、

図 1 腎，尿管結石における Stone burden と衝撃波エネルギーの関係

表 4 結石部位別の E/B (Shock Wave Energy/Stone Burden)

結石部位	症例数	Stone Burden (cm ²)	E/B (kv·shots/cm ²)
腎杯	113	1.19	34900±32900 ⁽¹⁾
腎盂	25	3.17	20400±11400 ⁽²⁾
PUJ	17	2.59	30200±23200
サンゴ状	11	10.7	11800± 3700
尿管上部	70	0.906	54600±38500 ⁽³⁾
尿管中部	1	0.780	17900
尿管下部	17	0.553	64200±22400

p<0.05 : (1)―(2)

p<0.001 : (1)―(3)

1) 浴槽につかる必要がない，2) 無麻酔で治療可能，3) 超音波による位置ぎめで破碎の状況が real time で観察でき，X 線被爆がない，といった特徴をもっている。したがってなによりも便利なのは症例によっては外来の通院で破碎が可能になったことである。当科においても，これまで腎，尿管合わせて129回の ESWL を外来でおこなってきたが，重篤な合併症を生じた症例は全く無く，1例のみ術後破砕片の落下による腹部の仙痛で入院しただけである。一方，腎結石は超肥満症例を除き容易に位置ぎめが可能であったが，尿管結石では中部尿管すなわち骨盤骨に重なる部分では位置ぎめがほとんど不可能で，我々も尿管拡張の強い1例を腹臥位で行い得たのみであった。また上部尿管結石では大部分で可能であったが，尿管拡張のほとんど無

表 5 結石成分別の E/B (Shock Wave Energy/Stone Burden)

結石成分	腎			尿管		
	症例数	Stone Burden (cm ²)	E/B (kv·shots/cm ²)	症例数	Stone Burden (cm ²)	E/B (kv·shots/cm ²)
CaOX-2H ₂ O	14	1.66	27700±18400	7	0.599	67900±31100
CaOX-1H ₂ O	38	1.78	34200±42800	13	0.905	48700±29100
CaOX+CaP	38	2.64	28200±25600*	28	1.10	46300±22100*
CaP	1	2.64	30900	1	1.32	26900
Uric acid	5	3.60	24400±16700	0	—	—
CaOX+Uric acid	2	4.68	14900± 1700	2	1.18	97200±88300
Cystine	1	11.4	11500	1	0.780	17900
Total	181	2.02	33100±33700**	88	0.837	56000±36100**

*p<0.01 **p<0.001

い一部の症例では位置ぎめが不可能であった。位置ぎめができない症例は水腎症が高度の場合 push back して腎内で ESWL を行なったが、それ以外の症例では下部尿管まで落下するのを待ち、prevesical で ESWL を行った。尿管結石は患者の体位の工夫などが必要で、ある程度の習熟を要すると思われた。このように位置ぎめに関しては X 線による機種と比較し、遜色はないと思われた。むしろ利点として、腎結石で呼吸性移動が大きい時患者にエコー画面を見させて協力が得られる、real time で破碎の状況が観察できるため適切な電圧を設定し無駄な衝撃波発射数を減らすことができる、などが挙げられる。

破碎時の麻酔についてはシスチン結石を除いて 14~18kv で破碎可能であったためほとんど無麻酔で治療が可能であった。しかし疼痛を強く訴える患者にはペンタゾシン静注を行った。とくに上腎杯結石で肋骨が重なる時に、この傾向が強いように思われた。

Chaussy ら¹¹⁾による動物実験では ESWL 後、腎およびその周囲組織に異常はなかったと報告しているが、高山ら⁹⁾はイヌの実験で腎の細動脈に損傷を認めており、結石だけが破碎され人体は無損傷である圧力範囲はないと述べている。具体的な合併症のなかで比較的重篤なものに腎周囲血腫がある。我々は腎結石症例 295 回で 1 例 (0.3%) を経験しており、他の報告でも 0.1~0.7%^{4)6)~8)}の頻度で発生しているようである。幸い当科での被膜下血腫は輸血を必要としない軽度のものであった。高血圧が被膜下血腫の risk factor となりうることは報告されており⁹⁾、術前からの血圧コントロールは出血傾向の検索同様、重要と思われる。また当科では脳梗塞を 1 例経験したが術前より心不全の既往があり、ESWL が直接の原因となったかどうかは不明だが、循環器系の合併症がある症例についてはその適応も慎重でなくてはならないと痛感している。不整脈の中では、徐脈がとくに腎結石症例に多く見られたが、いずれの不整脈も治療を中止することにより正常に復した。全体として安全性の面で MPL-9000 は他機種と比較し、問題はないと考えられた。

腎結石破碎率は HM-3 による成績は 98% 以上と報告されているが¹⁰⁾、MPL-9000 による当科での成績は完全破碎率が 86% であった。現在治療継続中の症例が多いこと、サンゴ状結石などの大結石症例が多いことなどが破碎率低値の原因ではないかと考えている。6 カ月後の完全排石率は 71% で平尾ら¹¹⁾の 51%、横山ら¹²⁾の 65% と比較しても遜色のない成績と思われる。部位

別に見ると腎盂結石は腎杯結石より破碎率、排石率ともに高かったが、前者は後者よりも破砕片が広がりやすく衝撃波が有効に結石の核に伝播すること、後者の破砕片は腎杯頸部を通過せねばならないことなどに起因すると考えられる。郡ら¹³⁾は完全排石率を悪化させる因子として最も影響するのが下腎杯であると述べているが、我々の施設での成績は単純に排石率を比較すると、上腎杯 72%、下腎杯 76% と下腎杯のほうが排石率が高い。しかし完全破碎症例で比較すると上腎杯 16 例の 6 カ月後排石率は 92%、下腎杯 80 例では 77% と逆転する。すなわち破碎は下腎杯、中腎杯のほうが上腎杯よりも容易だが、排石は下・中腎杯のほうが遅い。超音波による位置ぎめでは、上腎杯結石の場合、肋骨が非常に邪魔となるケースに多々遭遇する。肋骨が視野に入ると衝撃波が効率よく結石に伝播されないし、患者の疼痛が強いため治療を中断せざるをえないこともある。このことが上腎杯結石の破碎率を腎杯結石のそれより低下させていると考えられる。

サンゴ状結石は現在も治療を継続している症例が少なくないが、完全排石率が 61% と中村ら¹⁴⁾、荒川ら¹⁵⁾の報告とくらべても良好である。サンゴ状結石における ESWL ではその併用療法が排石率を大きく左右する。今回も完全破碎症例 11 例のうち D-J catheter を併用したのが 6 例、しなかったものが 5 例あったが、前者の完全排石は 5 例 (83%)、後者は 1 例 (20%) であった。大結石やサンゴ状結石においては D-J catheter が術後の排石に関して非常に有用であると思われる。

尿管結石は 109 例中 7 例に併用療法を行なったが、可能なかぎり患者への侵襲を少なくするという意味から、in situ での ESWL をこころがけた。全体で完全破碎率が 84%、完全排石率でも 83% (6 カ月) と諸家の報告¹¹⁾¹²⁾と比較しても満足のいく成績であった。尿管結石の ESWL で問題となるのは結石が長期間嵌頓している症例である。当施設では尿管結石の ESWL 不成功例 3 例のうち 2 例がこれに該当するが、このような尿管結石は位置ぎめは容易であっても結石下端の尿管粘膜の炎症性変化が高度で in situ の ESWL だけで完全排石を得るのは困難なことが多い。従って一度 in situ の ESWL を試みてレ線に変化が全く見られない症例では治療法を PNL や開腹手術に切り換えることが肝要かと思われる。

一方 2cm 以上の比較的大きい尿管結石 4 例のうち 3 例には腎瘻を造設した。水腎症の程度が強い症例では尿管の蠕動運動も低下しており、D-J catheter や腎

瘻によって腎機能改善と破砕片の排石促進をはかることも必要と思われる。

結石の大きさ別に排石率をみると、腎、尿管ともに結石が大きくなるにつれ、排石率が低下する傾向がみられた。前述したようにサンゴ状結石では D-J catheter の併用で排石率の向上をみており、大結石の ESWL における併用療法の重要性が強調される。

尿管結石の ESWL では腎結石に比し、経験上破砕にはより多くの衝撃波発射数が必要と言われているが、実際その差を明確にした報告は少ない。そこで我々は、まず両者の破砕に必要なエネルギーと結石の大きさの間に相関があるか検討し、次にそのエネルギーを両者で比較した。対象となる結石の破砕に必要なエネルギーを衝撃波発射数だけで評価している報告もあるが¹⁶⁾、開始時の電圧設定値が異なったり、実際には治療中に破砕の状況によって電圧をあげていくことが多く、それだけではいささか不十分と思われる。我々は衝撃波エネルギーとして、衝撃波発射数×電圧 (kv・shots) を各電圧毎に計算し、これを加算した数値をその結石の破砕に要したエネルギーとした。

一般に in vitro では、破砕に必要なエネルギーは結石の大きさに比例して多くなると考えられるが、in vivo でこれがあてはまるかを腎、尿管結石で検討した。図 1 に示されるように腎結石では stone burden とエネルギーの間に有意な正の相関が認められたものの ($p < 0.001$)、尿管結石では両者の間に相関が見られなかった。すなわち尿管結石では破砕に必要なエネルギーが、必ずしも結石の大きさに比例しないという結果が得られた。このことからとくに尿管結石では結石の大きさ以外に完全破砕に必要な衝撃波エネルギーを決定する重要な factor が存在すると考えられた。

次に結石の割れ易さを示す数値 E/B (shock wave energy/stone burden) について腎、尿管結石で比較した。E/B では腎結石 33,100 に対し尿管結石が 56,000 で、統計学的にも両者の間には有意差が認められた ($p < 0.001$)。すなわち、同じ大きさの結石であれば、自排が充分期待できる大きさ (4mm 以下とした) にまで破砕するのに尿管結石は腎結石の約 1.7 倍の衝撃波エネルギーが必要だということである。また結石成分別にみても、両者の E/B は CaP の 1 例を除く全成分で尿管結石の方が腎結石よりも高かった。

以上の 2 点から尿管結石の破砕には腎結石の破砕とは異なる条件があってこれが破砕をより困難にしていると考えられる。この条件を推測すると、1) 腎結石よ

り位置ぎめが難しい、2) 結石周囲に水の層が少ない、3) 破砕片による結石の被覆、4) 結石周囲、とくに結石先端部の尿管粘膜の炎症性変化、などがあげられる。1) については我々も初期には結石の探査に苦勞したが、機器側ではなく患者の体位を仰臥位から 20° から 30° 程度起こして半側臥位にすることで克服した。しかし患者の肥満が著しい場合は尿管までの距離が長く焦点が結石に届かないこともあり、このことも症例によっては尿管結石の破砕を困難にしたといえる。2)、3) の要因は in situ で ESWL を行なう際に不可避であるが、尿管カテーテルによる flushing、腎瘻カテーテルによる洗浄などを行ってこれらの条件の改善をはかる方法も試みられている。我々は 4) の要因が尿管結石の ESWL において最も破砕と排石の結果を左右していると考えている。すなわち結石の嵌頓期間が長く、腎盂尿管造影で結石下部の尿管がほとんど造影されない、2cm をこえるような大きな尿管結石症例では 4) の要素が大であると認識し、in situ での ESWL は避けるべきだと思われる。すなわち可能なら push back をして腎内で ESWL を行ったり、腎瘻を造設して尿管内腔の炎症性変化が軽減するのを待って ESWL または PNL を行う方が良いと考える。

ESWL は確かに画期的な治療法であり、各施設に着実に普及しつつあるが、ESWL 単独の治療には限界がある。とくにサンゴ状結石などの大結石や長期間嵌頓した尿管結石では併用療法の選択が重要である。患者側には衝撃波なら切らずに、しかも痛みなしに結石の治療ができるという意識が普及しているため、我々治療する側も可能なかぎり非侵襲的に in situ で ESWL を行うよう努めている。しかし必要な症例には最も効果的と思われる併用療法を選択することが重要で、今回の成績をさらに向上させる上でも必要不可欠であると考えている。

結 語

1) MPL-9000 による ESWL を 319 例 (腎 210 例、尿管 109 例) に、449 回施行した。

2) 外来での治療は症例を選択すれば非常に安全に施行可能であった。

3) 腎結石の完全破砕率は 86%、6 カ月後の完全排石率は 72% であった。尿管結石はそれぞれ 84%、84% であった。

4) 治療上問題となった合併症は腎結石症例で高血圧 1 例、不整脈 4 例、脳梗塞 1 例、腎被膜下血腫 1 例、尿管結石症例で不整脈 1 例、のみであった。

5) 衝撃波エネルギーと stone burden の関係は腎結石で正の相関が認められたが、尿管結石では両者の間に有意な相関は見られなかった。

6) E/B (衝撃波エネルギー/stone burden) は腎結石33,100, 尿管結石56,000で、尿管結石は同じ大きさの腎結石に比べ破碎には1.7倍の衝撃波エネルギーが必要であることが判明した。

7) 尿管結石は結石の大きさ以外に破碎成績を左右する factor の存在が示唆されたが、なかでも結石介在部の尿管粘膜の炎症性変化の影響が大であると考えられた。

8) サンゴ状結石を含む大結石や長期間嵌頓している尿管結石についてはとくに併用療法の適応、選択が重要であると思われる。

文 献

- 1) Chaussy, C.H., Brendel, W. and Schmiedt, E.: Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet*, 2, 1265—1268, 1980.
- 2) 板谷宏彬: 尿路結石治療における ESWL の問題点. *臨泌*, 43, 843—848, 1989.
- 3) 宇都宮正登, 板谷宏彬: 市販 ESWL 装置の臨床経験—Dornier MPL 9000. *日本臨床*, 47, 2768—2771, 1989.
- 4) 新島端夫, 岩動孝一郎, 梅田 隆, 岸 洋一, 東原英二, 赤座英之, 富永登志, 藤目 真, 原 徹, 木村 明, 平野美和, 鈴木 明, 平澤 潔, 吉田雅彦, 徳田 拓, 柴本賢秀: ESWL(Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy) の臨床経験. *日泌尿会誌*, 76, 1770—1783, 1985
- 5) 高山和喜: 水中衝撃波フォーカシングによる結石破碎の基礎理論. *日本臨床*, 12, 2671—2681, 1989.
- 6) Drach, G.W., Dretler, S., Fair, W., Finlayson, B., Gillenvater, J., Griffith, D., Lingeman, J. and Newman, D.: Report of the United States cooperative study of ESWL. *J. Urol.*, 135, 1127—1133, 1986.
- 7) 東原英二, 新島端夫, 丹田 均, 加藤 爾, 大西茂樹, 篠崎忠利, 上原尚夫, 中村敏之, 柳沢良三, 東海林文夫, 横山正夫, 吉沢一彦, 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, 池田博和, 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 wave lithotripsy の治療成績. *日泌尿会誌*, 78, 2189—2194, 1987.
- 8) Jocham, D., Chaussy, C. and Schmiedt, E.: Extracorporeal shock wave lithotripsy. *Urol. Int.*, 41, 357—368, 1986.
 - 9) Knap, P.M., Kulb, T.B., Lingeman, J.E., Newman, D.M., Mertz, J.H.O., Mosbaugh, P.G. and Steele, R.E.: Extracorporeal shock wave lithotripsy-induced perirenal hematomas. *J. Urol.*, 139, 700—703, 1988.
 - 10) 横山正夫: 体外衝撃波破石術 (ESWL). 腎と透析 (臨時増刊) 腎尿路結石のすべて. p. 245—255, 東京医学社, 1987.
 - 11) 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, 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.
 - 12) 横山正夫: 体外衝撃波破石法—第1世代破石機ドルニエ HM-3 の問題点. *治療*, 71, 1557—1567, 1989.
 - 13) 郡健二郎, 松田久雄, 植松匡志, 若林 昭, 神原信明, 田村峯雄, 高田昌彦, 朴 英哲, 大西則夫, 加藤良成, 辻橋宏典, 栗田 孝, 岡 聖次, 奥山明彦, 園田孝夫, 藤末 健, 細川尚三, 荻野敏弘, 有馬正明, 生駒文彦, 板谷宏彬, 井口正典: 体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の臨床経験. *泌尿紀要*, 33, 1150—1156, 1987.
 - 14) 中村敏之, 上原尚夫, 篠崎忠利: 腎サンゴ状結石, 鑄型結石など大型結石の ESWL—ESWL 単独, ステント ESWL, PNL 併用療法. *日本臨床*, 47, 2719—2723, 1989.
 - 15) 荒川 孝, 久保星一, 真下節夫: 大結石 ESWL と stone street の管理. *日本臨床*, 47, 2714—2718, 1989.
 - 16) 藤田公正, 佐山 孝, 松島 常, 宗像昭夫: 体外衝撃波結石破碎療法における結石側要因の検討. *日泌尿会誌*, 81, 873—877, 1990.

(1991年6月13日受理)