

体外衝撃波結石破碎装置 (MPL 9000) オプション 可動型C-アーム装置 (Electrode X155) の 尿路結石に対する有用性について

昭和大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 吉田英機教授)

斉藤 豊彦, 船橋健二郎, 笠原 敏男

小橋川 啓, 益山 恒夫, 片岡 肇一

簡 亦洪, 石田 肇, 吉田 英機

USEFULNESS OF DORNIER MPL9000 LITHOTRIPTOR WITH NEW OPTIONAL FLUOROSCOPIC GUIDING SYSTEM (ELECTRODE X 155: DEPTH 15.5cm) IN TREATMENT OF URINARY TRACT STONE

Toyohiko Saito, Kenjiro Funabashi, Toshio Kasahara,
Kei Kobashikawa, Tsuneo Masuyama, Toshiichi Kataoka,
Yi Chi Chein, Hajime Ishida and Hideki Yoshida
From the Department of Urology, Showa University School of Medicine

The Dornier MPL9000 lithotripter was originally equipped with an ultrasound guiding system. Recently an optional fluoroscopic guiding system was developed to overcome the known disadvantages of the ultrasound system and to exploit the merits of both systems by using them in combination. Herein, we examined the effectiveness and safety of this new optional system.

From December 1990 to February 1991, we treated 41 patients with upper urinary tract stones with MPL9000 using the optional fluoroscopic system. Treatments were judged as effective if the patients were stone-free or the residual fragments were smaller than 4 mm in diameter.

The overall effectiveness rates at one month after the treatment were 54.5% for renal stones and 76.9% for ureter stones respectively. At three months after the treatment the effectiveness rate for renal stones was 83.3%, and that for ureter stones 95.5%. The changes in the laboratory data after the treatment were alight and caused no clinical problems. Complications during and after the treatment were also minor and tolerable. MPL9000 was sufficiently effective and safe in the treatment of upper urinary tract stones when it was used the new optional fluoroscopic system instead of the original ultrasonic guiding system.

(Acta Urol. Jpn. 40: 443-448, 1994)

Key words: ESWL, Fluoroscopy, Urinary stone

緒 言

Dornier 社製体外衝撃波結石破碎機 (MPL 9000) では, 結石の位置探査, 衝撃波焦点設定に超音波画像コンピュータ・フォーカス方式が用いられているため, リアルタイムに結石を探査し治療することが可能であるが, 一方で骨や腸管ガスに妨げられて明確な画像がえられない場合が指摘されている¹⁻³⁾. 超音波方式のこのような欠点を補うため, この機器のオプション

ンとして可動型X線 C-アーム装置が最近開発され, X線画像コンピュータ・フォーカス方式を超音波方式と併用することが可能になった⁶⁾. さらに, このオプションシステムでは新たに開発された電極 X155 (焦点深度 15.5 cm) が使用されているため従来の超音波方式の標準電極 (焦点深度 12.0 cm) に比べ衝撃波の焦点がより深くなり, 深部に位置する結石の治療に有利となったが, 焦点サイズは20%大きくなり焦点電圧は約20%低下することになった⁷⁾. 今回当教室に

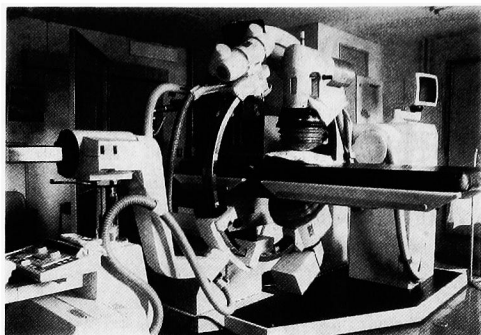
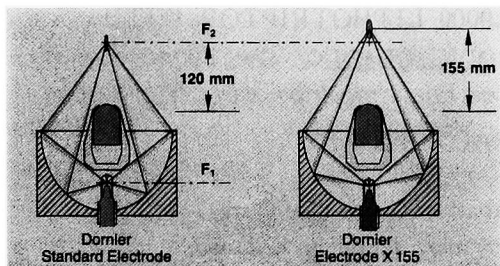


Fig. 1. MPL9000 and X-ray system

Fig. 2. Standard Electrode and Electrode $\times 155$

において、従来の超音波方式の代わりにこのオプションを利用した場合での MPL9000 を使用する機会をえたので、その有用性と安全性について報告する。

症例と方法

オプションX線 C-アーム装置は Fig. 1, 2 に示したように新たに開発された焦点深度 15.5cm の電極を備え、従来の焦点深度 12.0 cm に比較しその焦点がより深くなるように設定された新機種である。電極は therapy unit の下方に装着され、中央にある inner echo probe の周囲より結石に対し衝撃波を送る。また、電極は電圧を高くするにつれ F2 のフォーカスエリアが大きくなる。Electrode X155 電極のフォーカスエリアは 65 mm $\times$ 45 mm か F2 ポイントは電極の位置とエリプソイドで決まるので低電圧でも F2 の信頼性は悪くなることはない。この MPL9000 による結石破碎治療では、仰臥位、側臥位、腹臥位からの衝撃波入射が可能であるが、今回の一連の治療は背臥位（約15度ないし20度の斜位）にて施行した。治療中のX線使用については可動性 C-アーム装置を使用し 90° および 60° の2方向から焦点あわせをし患者テーブルを移動することによりその深さをコンピューターにて設定した。またX線での透視解像力はすべての結石において応用可能であり、照射時間は極力短時間（10分以内）にとどめた。しかしこの機器は現段

階ではX線にて焦点合わせされた結石をエコーシステムに引き継ぐことは不可能である。治療中の疼痛に対しては鎮痛剤（ペンタゾシン 15~30 mg, 塩酸ヒドロキシジン 25~50 mg）を使用した。全麻、腰麻、硬膜外麻酔は行わなかった。衝撃波電圧は 14 kV の低電圧から開始し、患者の状態や結石破碎状況を確認しながら最高 20 kV まで徐々に増加させ⁹⁾、実際に使用した最大電圧の平均は 18.5 ± 1.1 kV (mean $\pm$ SD) であった。

術後の経過観察としては、ESWL 施行後1病日、1週間後、1カ月後、3カ月後にX線検査、血液生化学検査、尿検査などを施行した。治療効果判定は単回治療による効果の判定が可能であった症例についてのみ行い、ESWL 検討委員会による評価基準⁹⁾に準じて判定した。すなわち治療直後の評価に際しては、結石が砂状になったと判定されたものを「完全破碎」と定義し、4.0 mm 以下になったと判定されたものを「破碎」と定義した。また術後経過観察中の評価に際しても残石なしと判定されたものを「完全排石」と定義し、4.0 mm 以下の残石と判定されたものを「有効」と定義した。なお当施設では原則的に尿管カテーテルを使用せずに治療にあたった。

1990年12月から1991年2月までのあいだにこのシステムによる結石破碎治療を41例の上部尿路結石患者について行った。41例中男性は29例で、女性12例であった。年齢分布は22歳から77歳で、平均年齢は43.7歳であった。41例中単回の治療についての術後評価が可能であったのは32症例であり、このうち1カ月目の効果判定を行えた結石の数は37結石で、その部位別・大きさ別分布は Table 1 に示した。さらに、これらの結石のうち、3カ月目の効果判定を行えたのは28結石であった。一方、副作用や合併症の検討に関しては、少なくとも術後1週間目までは41例全例経過を観察しえた。なお統計学的処理はt検定により行った。

結 果

1) 結石の部位による衝撃波発数の比較

衝撃波発数を結石の部位別に比較してみると、Table 2 に示したように腎結石では $2,880.5 \pm 1,034.3$ 発(mean $\pm$ SD. 以下同様に記載)、上部尿管結石では $1,209.1 \pm 1,067.4$ 発、中部尿管結石では 800.0 ± 282.8 発、下部尿管結石では $1,230.6 \pm 815.4$ 発であり、尿管結石の各部位の間では衝撃波発数に有意な差は見られなかったが、腎結石と各尿管結石間で比較すると尿管結石の破碎に要した衝撃波発数は有意 ($P < 0.01$) に少なかった。

Table 1. Distribution of position and size (37 stones)

	4~10 mm	11~20 mm	21~30 mm	計
腎	5	5	1	11
上部尿管	7	10	0	17
中部尿管	1	1	0	2
下部尿管	3	4	0	7
計	16	20	1	37

 検定: χ^2 検定で部位別・大きさ別の分布に有意差なし

Table 2. Number of shock waves (37 stones)

部 位	結石数	衝撃波数 (回)
腎	11	2,880.5 ± 1,034.3
上 部 尿 管	17	1,209.1 ± 1,067.4
中 部 尿 管	2	800.0 ± 282.8
下 部 尿 管	7	1,230.6 ± 815.4
計	37	1,687.9 ± 1,242.5

(mean ± S.D.)

 検定: t-Test で「腎 vs 上部尿管」「腎 vs 中部尿管」「腎 vs 下部尿管」に $P < 0.01$

Table 3. Results of therapy (37 stones)

破碎の程度	砂 状	4.0 mm 以下	4.1 mm 以上	変化なし	計	完全排石率 ¹⁾	破碎率 ²⁾
治療終了時	19 (51.4)	2 (5.4)	13 (35.1)	3 (8.1)	37	19 (51.4)	21 (56.8)
残石の程度	残石なし	4.0 mm 以下の残石	4.1 mm 以上の残石	変化なし	計	完全排石率 ³⁾	破碎率 ⁴⁾
～1 週目	10 (27.0)	12 (32.4)	13 (35.1)	2 (5.4)	37	10 (27.0)	22 (59.5)
1 カ月	16 (43.2)	10 (27.0)	11 (29.7)	0 (0.0)	37	16 (43.2)	26 (70.3)
3 カ月	24 (85.7)	2 (7.1)	2 (7.1)	0 (0.0)	28	24 (85.7)	26 (92.9)

¹⁾ 「砂状」と判定された率

²⁾ 「砂状」「4.0 mm 以下」と判定された率

³⁾ 「残石なし」と判定された率

⁴⁾ 「残石なし」「4.0 mm 以下の残石」と判定された率

⁵⁾ 3 カ月後の検査を実施できた28結石について集計

Table 4. Localization of stones and clinical effect after 1 months

	残 石 な し	4.0 mm 以下	4.1 mm 以上	効 果 な し	計
	有	効	無	効	
腎	1 (9.0)	5 (45.5)	5 (45.5)	0 (0.0)	11
	6 (54.5)		5 (45.5)		
上 部 尿 管	12 (70.6)	1 (5.9)	4 (23.5)	0 (0.0)	17
	13 (76.5)		4 (23.5)		
中 部 尿 管	2 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2
	2 (100.0)		0 (0.0)		
下 部 尿 管	1 (14.3)	4 (57.1)	2 (28.6)	0 (0.0)	7
	5 (71.4)		2 (28.6)		
計	16 (43.2)	10 (27.1)	11 (29.7)	0 (0.0)	37
	26 (70.3)		11 (29.7)		

2) 治療効果

つぎに治療効果の判定結果であるが、まず37結石全体をひとまとめにしてみると、術直後では、完全破碎が19例(51.4%)で、破碎が21例(56.8%)であっ

た。術後1週間目の完全排石は10例(27.0%)、有効は22例(59.5%)であり、術後1カ月の完全排石は16例(43.2%)、有効は26例(70.3%)であった。3カ月目の経過観察を施行しえた28結石については、完全

Table 5. Localization of stones and clinical effect after 3 months

() : %					
	残石なし 4.0mm 以下		4.1mm 以上 効果なし		計
	有	効	無	効	
腎	3 (50.0)	2 (33.3)	1 (16.7)	0 (0.0)	6
	5 (83.3)		1 (16.7)		
上 部 尿 管	13 (92.9)	0 (0.0)	1 (7.1)	0 (0.0)	14
	13 (92.9)		1 (7.1)		
中 部 尿 管	13 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2
	2 (100.0)		0 (0.0)		
下 部 尿 管	6 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	6
	6 (100.0)		0 (0.0)		
計	24 (85.8)	2 (7.1)	2 (7.1)	0 (0.0)	28
	26 (92.9)		2 (7.1)		

Table 6. Size of stones and clinical effect after 1 month

() : %						
	大 き さ	残石なし	4.0 mm 以下	4.1 mm 以上	破碎効果なし	計
腎	4～10 mm	0	3 (60.0)	2 (40.0)	0	5
	11～20 mm	0	2 (40.0)	3 (60.0)	0	5
	21～30 mm	1 (100.0)	0	0	0	1
	計	1	5	5	0	11
尿 管	4～10 mm	7 (63.6)	1 (9.1)	3 (27.3)	0	11
	11～20 mm	8 (53.3)	4 (26.7)	3 (20.0)	0	15
	計	15	5	6	0	26

Table 7. Size of stones and clinical effect after 3 months

() : %						
	大 き さ	残石なし	4.0 mm 以下	4.1 mm 以上	破碎効果なし	計
腎	4～10 mm	1 (25.0)	2 (50.0)	1 (25.0)	0	4
	11～20 mm	1 (100.0)	0	0	0	1
	21～30 mm	1 (100.0)	0	0	0	1
	計	3	2	1	0	6
尿 管	4～10 mm	9 (100.0)	0	0	0	9
	11～20 mm	12 (92.3)	0	1 (7.7)	0	13
	計	21	0	1	0	22

排石は24例 (85.7%), 有効は26例 (92.9%) であった。

3) 結石の部位別, 大きさ別効果

結石の部位別にその効果判定を行ってみると, 37結石の術後1カ月の有効は, 腎で11例中6例 (54.5%), 尿管で26例中20例 (76.9%) であった。さらに, 尿管の各部位について検索してみると, 上部尿管では17例中13例 (76.5%), 中部尿管では2例中2例 (100%), 下部尿管で7例中5例 (71.4%) であった。このうち28結石についての3カ月目の有効は, 腎で6例中5例 (83.3%), 尿管で22例中21例 (95.5%) で, 尿管の部位別成績は, 上部尿管では14例中13例 (92.9%), 中部尿管では2例中2例 (100%), 下部尿管で6例中6例 (100%) であった。結石の大きさ別の効果判定結果は, 37結石の術後1カ月目の有効で見ると, 腎結石の場合, 4~10 mm の大きさでは5例中3例 (60.0%), 11~20 mm の大きさでは5例中2例 (40.0%), 21~30 mm で1例中1例 (100%) であった。尿管結石の場合については, 4~10 mm の大きさの場合11例中8例 (72.7%), 11~20 mm の大きさの場合15例中12例 (80.0%) であった。判定を行えた28結石の3カ月目の有効では, 腎については4~10 mm の大きさの場合4例中3例 (75.0%), 11~20 mm の大きさの場合1例中1例 (100%) であり, 尿管については, 4~10 mm の大きさの場合9例中9例 (100%), 11~20 mm の大きさの場合13例中12例 (92.3%) であった。

4) 副作用および合併症

副作用または合併症としては, 肉眼的血尿が41例中29例 (70.7%), 疼痛が40例 (97.6%), 発熱が1例 (2.4%), 不整脈が2例 (4.8%), 血便が1例 (2.4%), 腎被膜下血腫が1例 (2.4%) に認められた。これらの副作用や合併症はすべて一過性で, 止血剤や抗生剤の投与, その他の処置で軽快消失した。ESWL施行前後の血液生化学的検査所見では, 治療後赤血球, ヘモグロビン, ヘマトクリットの軽度の低下が見られた。また GOT の軽度の上昇を認めたが, GPT には異常は認められなかった。さらに, CPK の軽度上昇が認められた症例もあった。腎機能の指標としてのBUN, クレアチニンについては軽度の上昇を認めたが, これらの変化もすべて一過性であり重篤なものは認められなかった。

考 察

可動型X線C-アーム装置を有し, 新しい電極 X155を用いた場合の MPL9000 の治療効果については, 従

来の超音波方式のみを用いた場合や^{5,6)}, ほかのX線による照準設定方式の機器の場合^{1,2)}と比較しても順当な結果がえられたと思われる。当然なことながら, 術後時間の経過とともに有効率の上昇していく傾向が認められ, 効果判定については術後3カ月程度の経過観察が必要であるとする見解^{4,10)}の妥当性を示唆する結果であった。結石の部位別治療効果の比較結果では1カ月後, 3カ月後ともに十分高い有効率がえられたが, 各部位間で有効率に有意差を見いだすことはできなかった。大きさ別の治療効果比較でも同様に有効率に差を見いだすことはできなかった。一般に超音波探査下では, 水腎尿管症で尿管が拡張している場合を除き上部尿管の下部から中部尿管, 下部尿管に位置する結石陰影の補足には困難を感じる事が少なくない⁴⁻⁶⁾。今回の一連の治療ではこうした尿管結石についても高い有効率がえられ, オプションX線フォーカスシステムはMPL9000本来の超音波探査システムを補う上できわめて有用であると判断された。また, 新しい電極 Electrode X155 については, 今回の41例の治療に際して結石が焦点位置に入らなかった症例はなく, 十分実用可能な焦点深度を有しているものと判断された。

単回の治療に要した衝撃波発数を結石の部位別に比較した結果では, 腎結石破碎の際の発数に比べて, 尿管結石破碎の際の発数の方が有意に少なかった。このことは対象となった結石の大きさの分布には, 腎と尿管の間で有意差が認められなかったことと考え合わせると, 腎結石に比べて尿管結石の方が少数の衝撃波発数にて治療が可能であることが示唆される。このことの理由の一つとして, 腎結石は尿管結石に比べて呼吸性移動が大きく, そのためリアルタイムに結石を追跡できないX線フォーカスシステムを使用した場合, 腎結石の衝撃波照準合わせは尿管結石よりも不正確になりやすい可能性が考えられる。また, 今回の場合患者に最も苦痛を与えない背臥位で治療を試みたため衝撃波が腹部から入射することとなり, 腸管ガスや腹部組織による衝撃波の減弱の程度に腎へ到達する場合と尿管へ到達する場合で差が生じた可能性も考えられる。

今回の41例の治療に際してもいくつかの副作用, 合併症, 血液生化学的所見の変化が認められたが, これらはいずれも一過性で重篤なものではなく, これまでにESWLの副作用, 合併症としてすでに報告されているもの^{4,10-13)}がほとんどであった。このうち不整脈の見られた2例には, それぞれ高血圧, 心室性期外収縮の既往症があり, この様な場合には衝撃波治療が不整脈発現の誘因となる可能性も考えられ, 今後術前の注

意深い検索が必要であると考えられた。また、血液学的検査で術後軽度の貧血傾向の生じることが観察されたが、これが一過性の血尿による貧血であるのか、あるいは術前術後の摂水量の変化などに影響された結果であるか今後の検討を要すると思われる。

結 語

今回われわれは、結石破砕機 (MPL9000) に新しく開発された電極 X155 を用いたオプションの可動型X線 C-アーム装置を組み合わせて使用し、41例の上部尿路結石患者に対する ESWL を施行し、その治療成績からこのオプションを用いた場合の MPL9000 の有用性、安全性について検討を加え以下の結果をえた。

(1) 1 カ月後の治療効果判定で、腎結石、尿管結石に対する有効率は、それぞれの54.5%, 76.9%であり、3 カ月後では、腎結石に対する有効率は83.3%, 尿管結石に対しては95.5%とかなり満足できる高値を示した。

(2) 術前術後の血液生化学検査においても臨床的に問題となるような変化は認められず、副作用および合併症においても重篤なものは認められなかった。

(3) 従って、従来の超音波方式にかわる可動型X線Cアームシステムを用いた場合においても、MPL9000は十分強力で効率の良い結石破砕効果を有することが判明した。

(4) 安全性の点においても問題はないと思われ、その有用性が示唆された。

文 献

- 1) 横山正夫, 東海林文夫, 柳沢良三, ほか: ESWL 単独療法による上部尿路結石の治療. 日泌尿会誌 78: 2079-2086, 1987
- 2) 東原英二, 新島端夫: ESWL の腎機能に与える影響. 腎と透析 臨時増刊号: 274-279, 1987
- 3) 前川正信, 金沢利直, 棚瀬嘉宏, ほか: 体外衝撃波結石破砕. 現代医療 20: 2764-2765, 1988
- 4) 園田孝夫, ESWL 検討委員会: ESWL による結石治療の評価基準. 日泌尿会誌 80 (4): 505-506, 1989
- 5) Ackaert KS, Hop WC, Heemskerk CA, et al.: Risk factors in out patient extracorporeal shock wave lithotripsy. Eur Urol 16: 349-353, 1989
- 6) Tailly G and Geert G: Experience with the Dornier HM4 and MPL9000 Lithotripters in urinary stone treatment. J Urol 144: 622-629, 1990
- 7) ドルニエ社, 社内データ
- 8) Kishimoto T, Senju M, Sugimoto T, et al.: Effect of high energy shock wave exposure on renal function during ESWL for kidney stone. Eur Urol 14: 290-298, 1990
- 9) 鈴木立之, 小林 晋, 足立 孝, ほか: 結石だけがなぜ砕ける? 衝撃波による結石破砕の原理. Clin Engineering 2: 206-209, 1991
- 10) Guus A, Lyckama B, Nijeholt A, et al.: Metabolic evaluation in stone patients in relation to extracorporeal shock wave lithotripsy treatment. J Urol 146: 1478-1481, 1991
- 11) Talati J, Shah T, Memon A, et al.: Extracorporeal shock wave lithotripsy for urinary tract stones using MPL 9000 spark gap technology and ultrasound monitoring. J Urol 146: 1482-1486, 1991
- 12) 東 義人, 喜多芳彦, 久世益治, ほか: ESWL の諸問題. 泌尿紀要 37: 1115-1119, 1991
- 53) 折笠清一: 体外衝撃波結石破砕術と水中衝撃波の生体におよぼす影響. 日泌尿会誌 82: 1027-1044, 1991

(Received on September 6, 1993)
(Accepted on December 27, 1993)