

原著

Dornier DeltaIII Far Sight を用いた

超音波焦点による上部尿管結石の治療

辻口美奈子¹⁾ 川村研二²⁾ 林圭子¹⁾ 野田英治¹⁾ 赤坂正明¹⁾ 坂下純司¹⁾

¹⁾恵寿総合病院 放射線課 ²⁾恵寿総合病院 泌尿器科

【要約】

【はじめに】Dornier DeltaIII Far Sight のインライン超音波で結石焦点を合わせ、上部尿管結石に対し体外衝撃波結石破碎術 (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy : ESWL) を行い、超音波で結石焦点合わせが可能である症例を評価した。

【対象と方法】23 例の上部尿管結石を対象とし、インライン超音波焦点合わせが可能であった症例 (超音波焦点群) と不可能であった症例 (透視焦点群) を比較した。

【結果】超音波焦点群は 23 例中 10 例 (43.5%)、透視焦点群は 23 例中 13 例 (56.5%) であった。結石位置は、超音波焦点群では L2・3~L3・4 に位置する上部尿管・頭側の結石が有意に多かった ($p=0.0286$)。結石直上の尿管最大径の平均値は、超音波焦点群 13.2 mm、透視焦点群 8.4 mm であり、超音波焦点群では尿管径が有意に大きかった ($p=0.0015$)。体表から結石までの距離 (SSD) の平均値は超音波焦点群 92.1 mm、透視焦点群 114.8 mm であり超音波焦点群では SSD が有意に短かった ($p=0.0006$)。治療 1 回当たり透視時間の平均値は、超音波焦点群と透視焦点群でそれぞれ 114.4 秒、202.7 秒であり、透視焦点群で有意に長かった ($p=0.0255$)。治療成績に関しては、超音波焦点群では全例完全碎石されており、治療効果は良好であった。

【結語】超音波焦点合わせを用いた ESWL 治療では結石位置、尿管径、SSD が超音波焦点合わせ可能である指標であった。また、被曝線量の低減が可能であり、安全かつ高い治療効果を認めた。

Key Words : 超音波焦点, ESWL, 上部尿管結石

【はじめに】

我々は、1986 年から現在までの約 30 年間で腎尿管結石に対して体外衝撃波結石破碎術 (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy : ESWL) を 2000 例以上経験しており¹⁻⁴⁾、1991 年には、超音波焦点合わせで中部尿管結石の治療が可能であることを報告した⁵⁾。Dornier 社製 DeltaIII Far sight (当院には 2019 年 1 月導入、以下 DeltaIII と略す) はインライン超音波焦点合わせが可能な ESWL 装置である。当院では、これまで ESWL の結石の焦点合わせは X 線透視のみで行っていたが、DeltaIII を用いることで、X 線透視と超音波を併用した結石焦

点合わせが可能となった。

今回、上部尿管結石に対しても超音波焦点で ESWL 治療を試み、評価したので報告する。

【対象と方法】

ESWL 装置は、DeltaIII を用いた 2019 年 1 月から 10 月までに ESWL を施行した 23 例 (年齢中央値 65 歳、範囲 22-96 歳、女性 11 例、男性 12 例)、上部尿管結石 (U1) を対象とした。

最初に超音波 (日立社製デジタル超音波診断装置 HI VISION Avius HA-500、コンベックス形探触子 [EUP-C715, 1-5MHz: 以下コンベックス超音波と

略す))を用いて尿管結石が確認できるかを検討した。次に、ESWL装置のインライン超音波を用いて結石の焦点合わせが可能であるか検討した。インライン超音波のみで焦点合わせが困難な症例では、ESWL付属の透視で焦点合わせを行い、その後にインライン超音波で焦点合わせを行った。インライン超音波で焦点合わせが不可能な症例では、超音波を用いず、透視で焦点合わせを行い治療続行した。

治療中の透視時間(秒)・面積線量($mGycm^2$)を測定した。皮膚結石間距離(Skin-to-stone distance: SSD)の測定はCTで計測した。結石の同側皮膚から結石までの水平方向距離と背側皮膚から結石までの垂直方向の距離を計測し、それらの平均値をSSDとした。

治療効果は山口らの新たな尿路結石治療の評価基準を用い、治療1-3ヵ月後に行った⁶⁾。

統計学的検討: 群間比較はUnpaired t-test, カイ2乗検定を用い、 $p < 0.05$ を有意とした。統計解析にはStatView 5.0 for Windows, Abacus Corporation, USAを使用した。

倫理的配慮: 今回の研究では、特定の個人を識別することができる個人情報を用いておらず、患者から個別の同意取得はしていない。ヘルシンキ宣言に従って研究を実施した。この研究は、恵寿総合病院倫理委員会の承認を得て行った(審査番号2019-10-10号)。

【結果】

23例中21例(91.3%)はコンベックス超音波で結石を確認できる症例であったが、2例はコンベックス超音波で結石を確認できなかった(結石最大径と結石の位置、①10mm/lumbar vertebra(以下Lと略す)5, ②8mm/L3, 水尿管を認めず)。

ESWL治療時の焦点合わせの方法別の治療回数、結石の最大径、位置、結石直上の尿管最大径、体表から結石までの距離、BMI、透視時間と面積線量について表1に示した。インライン超音波焦点合わせが可能であった症例(以下超音波焦点群と略す)は23例中10例(43.5%)、インライン超音波焦点合わせが不可能であった症例(以下透視焦点群と略す)

は23例中13例(56.5%)であった。超音波焦点群と透視焦点群の結石最大径の平均値はそれぞれ11.1mm, 10.5mmで大きさに差は認めなかった($p=0.7483$)。結石位置をL2・3~L3・4とL4~L5で分けると、超音波焦点群では透視焦点群と比較してL2・3~L3・4に位置する上部尿管・頭側の結石が有意に多かった($p=0.0286$) (表2)。超音波焦点群の症例9は結石位置がL4であり、背側から超音波で結石を確認できず、腹側からの超音波焦点で治療した。結石直上の尿管最大径の平均値は、超音波焦点群13.2mm, 透視焦点群8.4mmであり、超音波焦点群では尿管径が有意に大きかった($p=0.0015$)。体表から結石までの距離(SSD)の平均値は超音波焦点群92.1mm, 透視焦点群114.8mmであり超音波焦点群ではSSDが有意に短かった($p=0.0006$)。Body Mass Index(以下BMIと略す)の平均値は超音波焦点群22.4, 透視焦点群25.2で有意差を認めなかった($p=0.0915$)。超音波焦点群と透視焦点群の治療1回当たり透視時間・面積線量の平均値はそれぞれ114.4秒・8802.7 $mGycm^2$, 202.7秒・14735.6 $mGycm^2$ であり、透視時間は超音波焦点群に比べ透視焦点群で有意に長く($p=0.0255$)、面積線量は有意差を認めなかった($p=0.0728$) (表1)。治療効果については、超音波焦点群では治療回数は1回:8例, 2回:1例, 4回:1例であり、治療効果(山口ら⁶⁾の新たな尿路結石治療の評価基準)は1-3ヵ月の時点で残石無しが8例, 5%未満が2例であった。透視焦点群では治療回数は1回:9例, 2回:2例, 4回:2例であり、治療効果は1-3ヵ月の時点で残石無しが11例, 20-50%が1例, 治療無効が1例であり、無効例は経尿道的尿管碎石術で治療した。

超音波焦点群・透視焦点群ともに、周術期に腎被膜下血種等の併発症を認めなかった。

【考察】

今回、超音波焦点群と透視焦点群で有意差を認めた指標は、①結石位置(L2・3~L3・4とL4~L5で分けた時)、②結石直上の尿管最大径、③SSDであった。結石の位置に関しては、結石がL4より膀胱側では、腸骨や横突起の死角になるため、超音波探

表 1 焦点合わせの方法別の治療回数、結石の最大径、位置、結石直上の尿管最大径、体表から結石までの距離、BMI、透視時間と面積線量

	症例	治療回数	最大径 (mm)	位置	結石直上の尿管最大径 (mm)	体表から結石までの距離 (mm)	BMI	1回あたりの透視時間 (秒)	1回あたりの面積線量 (mGycm ²)
超音波焦点	1	1	11	L34	13.1	98	24.4	86	6266
	2	4	21	L23	16.9	80	20.7	75.5	3836.5
	3	1	8	L3	10.5	115	24.6	150	16547
	4	1	15	L3	20.4	106	22.1	159	12360
	5	1	10	L23	15.1	98	24.5	343	26106
	6	1	10	L23	10.8	69	22.8	104	7561
	7	1	8	L34	12.4	98	21.3	151	10308
	8	1	10	L34	10.2	84	17.5	0	0
	9	1	9	L4	11.3	78	18.3	0	0
	10	2	9	L34	11.5	95	28	75.5	5042.5
	平均値		11.1		13.2	92.1	22.4	114.4	8802.7
	標準偏差		4.0		3.3	14.0	3.2	98.3	8000.4
透視焦点	11	1	7	L4	6.4	107	22.8	171	9795
	12	1	7	L4	5.9	112	24	318	14580
	13	1	15	L4	12.8	83	16.2	188	9677
	14	1	9	L5	8.8	125	27.4	246	25697
	15	1	9	L3	4.4	116	29	138	9244
	16	2	15	L4	12.3	115	22.7	237	16904.5
	17	4	21	L4	5.8	119	25.6	176.5	15624.5
	18	1	7	L23	8.1	110	28.3	220	15369
	19	4	12	L3	8.9	114	24.6	198.5	14705.25
	20	2	10	L23	9.3	138	29.4	117	10545
	21	1	8	L45	6	114	23.5	154	10619
	22	1	8	L3	6	109	21.9	97	6938
	23	1	9	L34	14	130	32.6	374	31865
	平均値		10.5		8.4	114.8	25.2	202.7	14735.6
	標準偏差		4.2		3.1	13.0	4.2	78.0	7041.3
	p値		0.7483	0.0286	0.0015	0.0006	0.0915	0.0255	0.0728

表 2 焦点合わせの方法別の結石位置

	超音波焦点	透視焦点
L2・3～L3・4	9	5
L4～L5	1	7
	p=0.0286	

査による背側からの結石の確認は困難である。背側から超音波探査が難しい場合は、症例 9 (L4 結石、水尿管：結石直上の尿管最大径 11.3mm) のように腹側からの超音波焦点合わせで治療が可能である。結石直上の尿管最大径は超音波焦点の有効な指標であり、水尿管のある症例では結石を超音波探査しやすいことが一因である。また、SSD が短い症例では、超音波と結石の間に介在する組織が少なくなることによって焦点合わせがしやすくなる。今回の検討では、L2・3～L3・4 の上部尿管結石で水尿管があり SSD

が短い症例が、超音波探査による ESWL の良い適応になると考えた。

今回の検討では超音波焦点群と透視焦点群の治療 1 回当たり透視時間の平均値はそれぞれ 114.4 秒・202.7 秒であり、透視焦点群に比べ超音波焦点群で透視時間は減少しており ($p=0.0255$)、超音波を使用することで被曝線量を低減させることが可能であった。今回の検討では装置に不慣れな点もあり、多くの症例で透視と超音波併用での焦点合わせを行ったが、今後は超音波のみでの焦点合わせも期待できるため、更なる被曝線量を低減した治療が期待できる。

治療成績に関しては、超音波焦点群では全例完全碎石されており、治療効果は良好であった。この一因は、超音波探査可能な結石は、皮膚から結石まで

の間に、腸管、骨等の衝撃波を減衰させる構造物がないためであり、超音波探査による ESWL のメリットの可能性がある。現時点で我々が考えた超音波探査による ESWL の利点は、①治療効果が良好である可能性、②リアルタイムで結石焦点合わせが可能であること、③周囲臓器の損傷（腎被膜下血種等）を治療中に確認できること、④透視時間の短縮による X 線被曝線量の低減が挙げられる。一方、超音波探査による ESWL の欠点は、超音波探査に習熟が必要なことである。ESWL 装置で使用するインライン超音波は、皮膚に直接コンベックスプローブを当てる通常の超音波検査と操作方法が異なる。今回の検討では、23 例中 21 例（91.3%）はコンベックス超音波で結石を確認できる症例であったが、インライン超音波焦点合わせが可能であった症例は 23 例中 10 例（43.5%）であった。11 例がコンベックス超音波で結石を確認できたが、インライン超音波焦点合わせが不可能であったことになる。DeltaIII のインライン超音波は左右上下の方向の自由度が高く、術者の習熟により、より確実に結石影を確認できる可能性がある。現時点では、超音波焦点が困難とされる L4～L5 の高さの結石・中部尿管結石も腹側からインライン超音波焦点で治療可能になってきており⁵⁾、更なる術者の習熟によりインライン超音波で結石の焦点を合わせることが、今後可能になると考えている。

【結語】

超音波焦点合わせを用いた ESWL 治療では結石位置、尿管径、SSD が超音波焦点合わせが可能かの指標であった。また、被曝線量の低減が可能であり、安全かつ高い治療効果を認めた。術者の経験を積み、超音波焦点で結石描出能を向上させることが今後の課題である。

【文献】

1) 田中達朗, 小林重行, 喜久山明, 他: 第 2 世代体外衝撃波結石破碎装置(LITHOSTAR)による上部尿路結石破碎術(ESWL)の経験. 泌尿外科 2: 947-951, 1989

2) 卞在和, 田中達朗, 白岩紀久男, 他: 尿路結石症その治療の変遷 第 2 世代機種を用いた ESWL について. 泌尿紀要 35: 2099-2105, 1989

3) 川村研二, 芝延行, 佐藤宏和, 他: ESWL 1,042 例の臨床的検討. 泌尿外科 10: 1101-1104, 1997

4) SUC - M, 鈴木孝治, 川村研二, 他: ESWL 患者の集計と結石の赤外線分光分析. 金医大誌 15: 327-332, 1990

5) 川村研二, 奥村昌央, 小林重行, 他: EDAP LT - 01 による中部尿管結石治療の試み. 泌尿外科 4 臨増: 561-564, 1991

6) 山口秋人, 東義人, 麦谷荘一, 他: 新たな尿路結石治療評価基準の提案 我々が提案する新たな尿路結石治療の評価基準. Jpn J Endourol 28: 17-20, 2015