体外衝撃波結石破砕術 (ESWL) 前後における腎血流変化の検討

—超音波カラードブラ断層法を用いて—

昭和大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 吉田英機教授)

片岡 肇一 笠原 敏男 小橋川 啓 益山 恒夫
渡辺賀寿雄 斉藤 豊彦 石田 肇 吉田 英機

CHANGES IN RENAL BLOOD FLOW AFTER TREATMENT WITH ESWL IN PATIENTS WITH RENAL STONES Studies Using Ultrasound Color Doppler Method

Toshiichi Kataoka, Toshio Kasahara, Kei Kobashikawa, Tsuneo Masuyama,
Kazuo Watanabe, Toyohiko Saito, Hajime Ishida
and Hideki Yoshida

Department of Urology, Showa University School of Medicine
(Director: Prof. H. Yoshida)

Recently several authors have observed tissue damages in ESWL treated kidneys, such as interstitial hemorrhage and edema, cavitation of renal tubular cells and vascular spasms. Examination using renal scintigraphy suggested that these damages could cause a decrease of renal blood flow in the treated kidney. Trying to confirm and further investigate this possibility, we studied on changes of renal blood flow velocity using ultrasound color doppler method in 23 consecutive patients with renal stones who underwent ESWL. The studies were conducted before, immediately after and 1 week after an ESWL treatment. Results were as follows; renal blood flow velocity decreased significantly in the area exposed to shock were immediately after the treatment and returned to the pretreatment levels after 1 week. The changes were not significant in the non-exposed area. In parallel with this decrease of renal blood flow velocity, significant increases of resistive index, pulsatility index and significant decreases of ratio were observed. These parameters calculated by measuring of renal blood flow velocity are known to well correlate with parenchymal vascular resistance. We speculate that these changes in renal parenchymal blood flow velocity are triggered by the tissue damages caused by the exposure to shock wave. The recovery of renal blood flow velocity may depend on the recovery of the tissue damages. Ultrasound color doppler method may make it possible to monitor the recovery of tissue damages induced by shock wave and may provide us with an useful information to determine when to repeat ESWL if needed.

Key words: ESWL, renal blood flow, ultrasound color doppler method

要旨: 近年, 腎結石に対する ESWL 施行後の衝撃波入射部位における, 腎組織, 特に尿細管細胞の空腔変性, 間質浮腫, 毛細血管攣縮, 微小出血などの発生が報告され, これら組織変化が原因となり腎血流量の低下することが, レノグラム, レノシンチにて確認されている。そこで, 今回我々は, 腎結石患者23例において, 超音波カラードブラ断層法を用いて, ESWL 前後における腎血流変化を測定し, 衝撃波の腎組織に与える影響を検討した。衝撃波入射部位の血流速度は, 腎区域動脈領域および腎葉間動脈領域ともに低下を示した。一方, 衝撃波非入射部位においては, 血流速度の低下は認められなかった。さらに, 各パラメータの変化から, 衝撃波入射部位においてのみ, 末梢血管抵抗の上昇が示唆された。これらの変化は, 衝撃波の腎組織に対する直接的影響を反映したものと考えられた。また, この衝撃波入射部位における血流変化は1週間後には, ほぼ術前値に復した。このことから, 衝撃波により発現さ

れた腎血流動態の変化は、術後1週間には、ある程度回復したものと推測された。超音波カラードブラ断層法を用いて、腎血流変化を随時、短時間で観察することは、ESWLに伴う腎組織障害の程度および回復の程度を推測する目安となり得ると考えられ、今後、腎結石患者に対するESWL施行に際し、超音波カラードブラ断層法は、腎機能をモニターする上で高い応用価値があると考えられた。

キーワード：体外衝撃波結石破碎術，腎血流，超音波カラードブラ断層法

緒 言

1980年、Chaussy ら¹⁾は、上部尿路結石の治療に体外衝撃波結石破碎術 (Extracorporeal shock wave lithotripsy 以下、ESWL)を用いて、その有用性について、はじめて報告し、衝撃波による腎障害は病理組織学的にも、腎機能的にも認められず、ESWLは上部尿路結石症に対する理想的な治療法であると報告した²⁾³⁾。

しかし、その後、Kaude ら⁴⁾および Williams ら⁵⁾はESWL後、患側腎において有効腎血漿流量の低下することをレノグラム、レノシンチを用いて報告し、かつ、Newmann ら⁶⁾および Recker ら⁷⁾は、イヌを用いた実験の中で、衝撃波入射部位の腎組織において、間質線維化および浮腫、リンパ球および形質細胞の浸潤、尿細管細胞の変性が認められたと報告した。現在、これらの組織変化と腎血漿流量低下との関連が注目されている^{5)6)8)~10)}。

一方、近年、腎機能の評価として、超音波カラードブラ断層法の有用性が、諸家により報告されてきている^{11)~14)}が、ESWL前後での腎機能評価について、この超音波カラードブラ断層法を用いた報告はない。

そこで、今回我々は、腎結石患者23例において、超音波カラードブラ断層法を用いて、ESWL前後における腎血流変化を測定し、それより得られた各パラメータをもとに、衝撃波の腎組織に与える影響について検討したので報告する。

対象と方法

1990年1月から1991年8月までに当泌尿器科教室にて腎結石に対しESWLを施行した単回治療症例のうち23症例を対象とした。男性18例、女性5例で、その年齢分布は21~67歳(平均46.3歳)であった。部位別では、右腎結石10例、左腎結石13例であり、結石長径は7mm~30mm(平均17.4mm)であった。

体外衝撃波結石破碎装置は、Dornier社製、MPL 9000を使用した。衝撃波エネルギーは14Kvp~21Kvpの範囲で行い、衝撃波数は953発~5,631発(平均1,337.6発)であった。

腎血流速度測定には、TOSHIBA-SSA-270Aの本体に3.75MHz電子セクタ型プローブを装着、患者を安

図1(a) 実際の腎カラードブラ断層法：腎葉間動脈をsampling point(右)とし、その血流波形を描出、かつその血流速度を測定した(左)(ILA=腎葉間動脈)。

図1(b) 模式図：腎区域動脈および腎葉間動脈を描出し(右)、衝撃波入射部位(■)と衝撃波非入射部位(□)のそれぞれにおいて、血流波形を描出、最高および最低血流速度を計測した(左)。

静仰臥位として、衝撃波入射部位の腎区域動脈、および腎葉間動脈をsampling pointとした。そのそれぞれにおいて、ESWL施行前、直後、および1週間後に同部における最高血流速度を最低血流速度とを測定した(図1)。

これらの測定値より、パラメータとして、Resistive Index ((最高血流速度-最低血流速度)/最高血流速度、以下、RI), Pulsatility Index ((最高血流速度-最低血流速度)/平均血流速度、以下、PI), および Ratio (最低血流速度/最高血流速度)を算出した。

また23例中7症例(男性7例、年齢26~56歳、平均36.6歳)に対しては、患側腎の衝撃波非入射部位の血

表 2 衝撃波非入射部位における血流速度および各パラメータの経時の変化

	pre-ESWL	immediately after ESWL	1 week after ESWL
SA -max	40.50 ±10.75 cm/s	42.67±10.63 cm/s	43.50±6.60 cm/s
SA -min	16.67 ± 4.18 cm/s	17.50± 3.39 cm/s	18.00±2.94 cm/s
ILA -max	33.20± 9.96 cm/s	35.00±10.89 cm/s	36.67±4.16 cm/s
ILA -min	14.60 ± 5.55 cm/s	15.60± 6.62 cm/s	15.67±4.93 cm/s
SA -RI	0.58 ± 0.07	0.58± 0.48	0.58±0.08
ILA -RI	0.43 ± 0.25	0.55± 0.12	0.57±0.10
SA -PI	-----	-----	-----
ILA -PI	-----	-----	-----
SA -Ratio	0.42 ± 0.07	0.42± 0.05	0.42±0.08
ILA -Ratio	0.44 ± 0.10	0.45± 0.12	0.42±0.97

SA-max : 区域動脈最高血流速度 (mean±SD)
SA-min : 区域動脈最低血流速度
ILA-max : 葉間動脈最高血流速度
ILA-min : 葉間動脈最低血流速度
SA-RI : 区域動脈 Resistive Index
ILA-RI : 葉間動脈 Resistive Index
SA-PI : 区域動脈 Pulsatility Index
ILA-PI : 葉間動脈 Pulsatility Index
SA-Ratio : 区域動脈 Ratio
ILA-Ratio : 葉間動脈 Ratio をそれぞれ表す。

脈 Ratio は、術直後有意に低下し、1 週間後にはほぼ術前値に復した。

2. 衝撃波非入射部位における変化

衝撃波非入射部位の血流速度、および各パラメータの ESWL 前、直後および 1 週間後の変化を表 2 に示した。区域動脈および葉間動脈のそれぞれにおける最高血流速度および最低血流速度、さらにこれから算出された各パラメーターにおいては、いずれも、推計学的有意差は認めなかった。

考 察

今回使用した、Dornier 社製、MPL 9000の衝撃波発生源は水中放電方式が用いられ、かつ、焦点域が20mm×3mmと小さい特徴がある。そのため、低電圧、無麻酔下での治療が可能となった。しかし、本機種における衝撃波の腎に及ぼす影響についての検討は少ない。そこで今回我々は、衝撃波入射部位と非入射部位とにおける、腎血流動態の変化を超音波カラードブラ断層法を用いて検討した。

衝撃波入射部位血流速度は、ESWL 前と直後の比較の中で区域動脈最高血流速度を除き、区域動脈最低血流速度、葉間動脈最高血流速度および葉間動脈最低血流速度は有意な低下を示した。特に葉間動脈最低血流

速度の ESWL 直後の血流速度低下は著しかった。西岡ら¹⁵⁾によれば、腎葉間動脈最低血流速度の変化は腎機能変化を最も良く反映するため、特に重要であるとしている。しかし、衝撃波非入射部位においては、各 sampling point での、最高血流速度および最低血流速度は、いずれも有意の低下を示さなかった。

また、パラメーターの一つである RI に関して、Rifkin ら¹⁶⁾および Mostbeck ら¹⁷⁾は、RI 値の上昇は血管攣縮による末梢血管抵抗の上昇と正の相関があると報告している。そこで、この RI について検討したところ、ESWL 前と直後の比較において、衝撃波入射部位においてのみ、区域動脈 RI および葉間動脈 RI はともに有意に上昇した。

さらに、RI と同様に腎末梢血管抵抗と正の相関を示すといわれている PI¹⁸⁾に関しても検討したところ、やはり衝撃波入射部位においては、区域動脈 PI および葉間動脈 PI はともに有意に上昇を示した。このことから、衝撃波入射部位においては、末梢血管抵抗が上昇したと考えられた。

さらにもう一つのパラメータである Ratio に関して、由良ら¹⁹⁾の99m-DTPA の腎摂取率より求めた分腎 GFR と Ratio が良好な正の相関があるとの報告をもとに検討したところ、衝撃波入射部位においては、区域動脈 Ratio および葉間動脈 Ratio は、ともに有意に低下したが、衝撃波非入射部位においては、Ratio は有意な変化は認められなかった。このことから、衝撃波入射部位においてのみ、局所的な糸球体濾過の減少が惹起されたものと推測された。

ここで仮に、Chaussy ら³⁾の報告のように、ESWL 後に起こる腎障害が、衝撃波による直接作用でなく、結石破砕片による尿流鬱帯が原因であるとするならば、ESWL 直後、衝撃波非入射部位においても衝撃波入射部位と同様に腎血流動態に変化があっても良さそうである。しかし、衝撃波入射部位においてのみ、血流速度、その他の各パラメータ (RI, PI および Ratio) が有意に変化したことから、衝撃波、それ自体による腎組織障害⁴⁾⁵⁾が、何らかの形で、前述したような腎血流動態に変化を及ぼした可能性が示唆された。このことは、大石ら²⁰⁾による、レノシンチを用いた衝撃波入射部位、つまり、腎組織変化の強いと思われる部位において、核物質摂取低下がみられ、有効腎血漿流量が低下したとの報告と矛盾しない。

しかし、これらの衝撃波入射部位における血流速度および各パラメータの変化は、1 週間後にはほぼ前値に

復していたことから、ESWL 治療直後の腎血流動態の変化は、1 週間後には、ある程度回復したものと推測された。

今後、さらに検討を加えることにより、超音波カラー Doppler 断層法による腎血流動態の経時的把握は、腎組織障害、および、その回復の程度を推測する目安となり得ると考えられ、また、ESWL を複数回施行する場合、その治療開始の時期を判断する上においても、本法は高い応用価値が期待されるものと思われた。

結 語

超音波カラー Doppler 断層法を用いて、腎結石患者 23 例の ESWL 前後における、腎血流変化について検討を行った。

1) 衝撃波入射部位において、ESWL 直後、腎血流の低下が認められた。

2) 衝撃波非入射部位においては、ESWL 前後で、腎血流の変化は認められなかった。

3) 以上の事より、衝撃波の直接作用によって、ESWL 直後、種々の腎組織変化が惹起され、腎血流変化へとつながったと考えられたが、これらの変化は術後 1 週間では術前値に回復する結果が得られた。

4) 超音波カラー Doppler 断層法による腎血流動態把握は、今後 ESWL の分野で、高い応用価値が期待できる。

(本論文の要旨は、第 56 回日本泌尿器科学会東部総会において発表した。)

文 献

- 1) Chaussy, C., Brendel, W. and Schmiedt, E.: Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet*, 2, 1265—1268, 1980.
- 2) Chaussy, C.: Extracorporeal shock wave lithotripsy—New Aspects in the Treatment of Kidney Stones, 1st. Ed., p. 35—69, Karger, A.G., Basel, Munchen, 1982.
- 3) Chaussy, C., Schmiedt, E., Jochen, D., Brendel, W., Frossmann, B. and Walther, V.: First clinical experience with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *J. Urol.*, 127, 417—420, 1982.
- 4) Kaude, J.V., Williams, C.M., Millner, M.R., Scott, K.N. and Finlayson, B.: Renal morphology and function immediately after extracorporeal shock wave lithotripsy. *A.J.R.*, 145, 305—313, 1985.
- 5) Williams, C.M., Kaude, J.V., Newmann, R.C., Peterson, J.C. and Thomas, W.C.: Extracorporeal shock wave lithotripsy—Long term complications. *A.J.R.*, 150, 311—315, 1988.
- 6) Newmann, R., Hackett, R., Senior, D., Brock, K., Feldman, J., Sosnowski, J. and Finlayson, B.: Pathologic effects of ESWL on canine renal tissue. *Urol.*, 29, 194—200, 1987.
- 7) Recker, F., Rubben, H., Bex, A. and Constantinides, C.: Morphological changes following ESWL in the rat kidney. *Urol. Res.*, 17, 229—233, 1989.
- 8) 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, 腎尿路結石のすべて, p. 274—279, 東京医学社, 東京, 1987.
- 9) 望月 篤: 体外衝撃波結石破碎術における腎組織障害の検討。慈恵医大誌, 103, 1103—1115, 1988.
- 10) 飯盛宏記, 千住将明, 杉本俊門, 杉村一誠, 山本啓介, 岸本武利, 前川正信: 衝撃波の腎に対する影響についての実験的研究。日泌尿会誌, 81, 400—407, 1990.
- 11) Sampson, D.: Ultrasonic method for detecting rejection of human renal allotransplants. *Lancet*, 2, 976—978, 1969.
- 12) 渡辺 決, 斎藤雅人, 猪狩大陸, 棚橋善克, 原田一哉, 田中元直: 腎臓の超音波診断(第 1 報)—腎尿管に起因する超音波 Doppler 信号の検出。日超医論文集, 28, 107—1975.
- 13) Arima, M., Isibashi, M., Usami, M., Sagawa, S., Mizutani, S., Sonoda, T., Ichikawa, S., Ihara, H. and Nagano, S.: Analysis of the arterial blood flow patterns of normal and allografted kidneys by the directional ultrasonic doppler technique. *J. Urol.*, 122, 587—591, 1979.
- 14) 戸塚大輔, 朴 正佑, 杉崎徹三, 久保田和義, 川内章裕, 神谷憲太郎: 超音波 Doppler 断層法による各腎疾患と腎区域動脈, 葉間動脈血流速度に関する研究—クレアチニンクリアランスとの相関を中心として。Jpn. J. Med. Ultrasonics, 17, 672—679, 1990.
- 15) 西岡 伯, 池上雅久, 今西正照, 石井徳味, 塩村匡志, 国方聖司, 神田英憲, 松浦 健, 秋山隆弘, 栗田 考: カラー Doppler 断層法による移植腎血流速度測定法(第 2 報)。移植, 24, 351—356, 1989.
- 16) Rifkin, M.D., Needleman, L., Pasto, M.E., Kurtz, A.B., Foy, P.M., McGlynn, E., Canino, C., Baltarowich, O.H., Pennell, R.G. and Goldberg, B.B.: Evaluation of renal transplant rejection by duplex Doppler examination—value of the resistive index. *A.J.R.*, 148, 759—762, 1987.
- 17) Mostbeck, G.H., Reichhalter, C., Stockenhuber, F., Pokieser, P., Malek, R., Walter, R. and Tscholakoff, D.: Comparison of duplex sonography and color Doppler imaging in renal

- allograft evaluation—A prospective study. *Eur. J. Radiol.*, 10, 201—207, 1990.
- 18) Rigsby, C.M., Burns, P.N., Weltin, G.G., Chen, B., Bia, M. and Taylor, K.J.W.: Doppler signal quantitation in renal allografts—Comparison in normal and rejecting transplants with pathologic correlation. *Radiol.*, 162, 39—42, 1987.
- 19) 由良高文, 高光義博, 湯浅繁一, 三木茂裕, 長束一行, 吉田寛二, 隅蔵 透, 高橋則尋, 松尾裕英, 玉井豊理: 超音波ドプラー法による分腎機能評価の有用性について. *日腎誌*, 30, 1259—1263, 1988.
- 20) 大石幸彦, 町田豊平, 田代和也, 和田鉄郎, 望月篤, 鳥居伸一郎, 吉越富久雄, 川島禎夫, 浅野晃司: 体力衝撃波結石破碎に伴う腎障害の画像診断. *Jpn. J. Med. Imaging*, 8, 37—46, 1989.
- (1993年2月9日受理, 特別掲載)
-