

超音波による膀胱内の尿流線可視化の試み

福島医科大学泌尿器科学教室 (主任: 白岩康夫教授)

橋本 樹, 入沢 千春, 嘉村 康邦

山口 脩, 白岩 康夫

VISUALIZATION OF THE INTRAVESICAL URINE STREAM

Tatsuru Hashimoto, Chiharu Irisawa, Yasukuni Yoshimura,

Osamu Yamaguchi and Yasuo Shiraiwa

From the Department of Urology, Fukushima Medical College

Although many urodynamic techniques have been used to evaluate the function of the lower urinary tract, the principles of these measurements are only based on a relationship between flow rate and pressure. In addition to these measurements, the intravesical urine stream would provide useful information on urodynamics. We have experimentally attempted to visualize the urine stream in a bladder using transrectal ultrasound examination. Since an air-particle is a good target for ultrasound visualization, we instilled a 10% glycerine solution into the bladder for the maintenance of air-particles. Before instillation, this glycerine solution was strongly shaken so that air-particles were kept in the solution. The urine stream was successfully observed throughout the whole process of voiding. In video-recording analysis, the velocity of urine stream was measured by tracing some air-particles. The velocity of urine stream was approximately 28.4 cm/sec in the body and increased to 116.6 cm/sec at the bladder neck. Thus, the urine stream was accelerated toward the urethra during voiding. Therefore, it seems that visualization of the urine stream offers a new parameter for evaluation of urodynamic studies.

(Acta Urol. Jpn. 38: 531-534, 1992)

Key words: Urine stream, Ultrasound, Urodynamics

緒 言

現在, 排尿動態検査法としては, 尿流曲線や, urodynamic study (UDS), 膀胱内圧測定などが代表的であり, いずれの方法も, 基本的なパラメーターは内圧と尿流量¹⁾である。

われわれは, これらのパラメーターとはまったく異なった概念である, 流線に着目した. すなわち流体中の流線は, 管腔内の閉塞や変形などを敏感に反映することは良く知られており, 排尿時に尿流中の流線を可視化することができれば, 従来のパラメーターとは異なった観点から, 排尿動態を観察できる可能性があると考えた。

流線観察の方法として, 経直腸の超音波探触子を用いることとし, 簡単な基礎実験, および, 臨床例について調べ, 若干の知見をえたので報告する。

方 法

まずはじめに, 生体での排尿状態を in vitro で再現するために, Fig. 1 に示すような実験モデルを作成した. そして, この実験モデルを用いて, 超音波による流線の可視化が可能かどうかを調べてみた。

われわれは, 微小気泡が超音波の良い標的粒子になることを経験していたので, 生食, グリセリン溶液, オリーブ油, 牛乳, の4種類について, 良く攪拌し, 気泡を観察した. 観察に際しては, VTR で記録し, 5/1000秒のスピードで1コマごとに観察し, 標的粒子を可能なかぎりトレースした。

つぎに, 上記の実験に基づいて, 腹圧性尿失禁の症例について, 排尿時の尿流線を経直腸の超音波探触子を用いて観察した。

実際には, 患者を碎石位として膀胱内に溶液を注入し, 同時に超音波探触子を直腸に挿入した後, 排尿させ, その様子を VTR に記録した。

結 果

Fig. 2 は、グリセリン溶液を用いた実験モデルにおける、流線可視化の超音波像である。Table 1 に実験の結果を示した。生食は、気泡の保持力が短く、観察には適さなかった。グリセリン溶液は、気泡の保持力はやや短いものの、流線の可視化は良好で、粘性も適度だった。オリーブ油は気泡の保持力は最も優れていたが、粘性が高く、生体での観察には適さないと考えた。牛乳は、攪拌することで、気泡とは異なる標的粒子を形成し長時間観察できたが、粒子が細かすぎて、流線の可視化には適していなかった。また、臨床例で使用する際、尿路への影響の有無、排尿が可能か

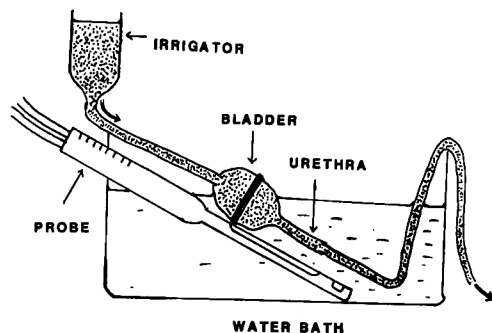


Fig. 1. Schematic representation of experimental method

どうか、さらに簡便さなどを考慮するとグリセリン溶液が、尿流線の可視化には最も適していると考えられ

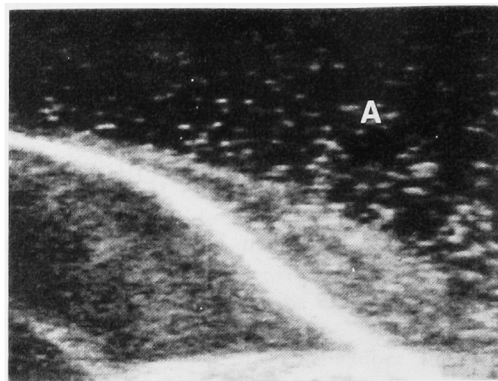


Fig. 2. A shows intraluminal part of this method. All echogenic spots show flowing air particles. Fluid stream was well recognized as a movement of air particles.

Table 1.

	可視化	保持力	刺激性	その他
生食	良	短	無	
グリセリン	良	中等度	低	
オリーブ油	優	長	低	粘性高
牛乳	優	長	低(?)	粒子極細

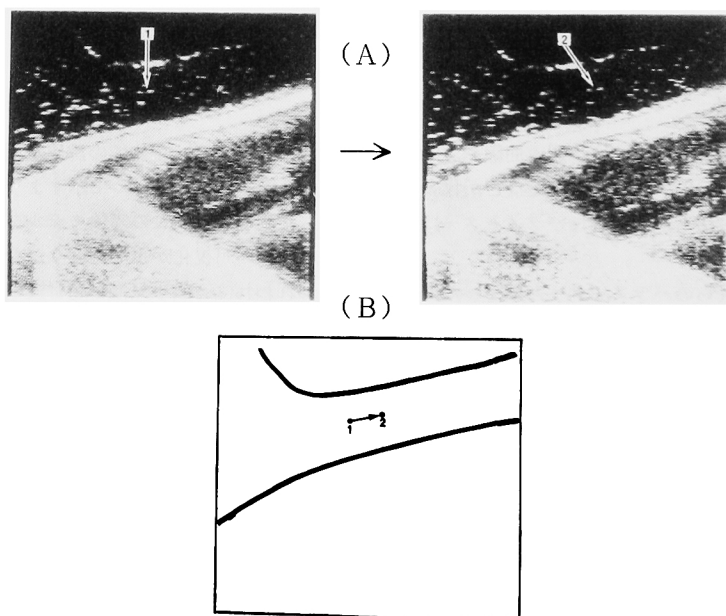


Fig. 3. (A) The movement of target air particles. Time sequence from 1 to 2 was 5 msec. (B) Tracing of the target air particles.

た。

Fig. 3-A に, グリセリン溶液を用いて流線を観察した様子を示す。Fig. 3-B は, そのシエマである。以上の操作を, 数個の標的粒子について行くと, Fig. 4 のように, 流線を描くことができる。

Fig. 5 に, 臨床例について, 尿流線を観察した様子を示す。実験モデルと同様に標的粒子としての微小気泡が, 明瞭に観察された。Fig. 6-A は流線を, それぞれトレースしたものであり, Fig. 6-B は標的粒

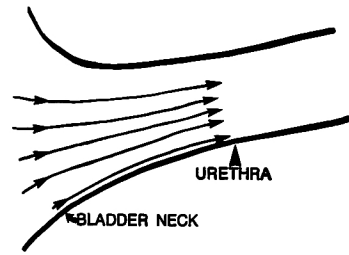


Fig. 4. Each stream line could be realized as a trace of target air particle.

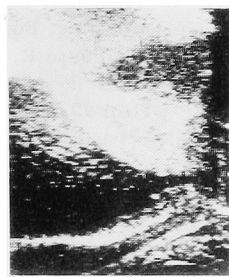
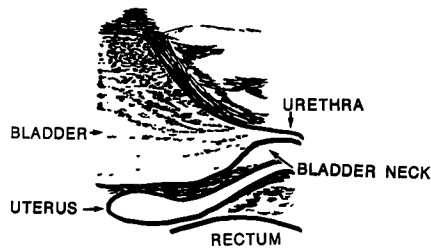


Fig. 5. Visualization of intravesical urine stream in patient with stress incontinence.



子を数個選び出して, それぞれの流速を測定したものである。尿流線は, 明らかに尿道に向かい, 加速, 収束している。

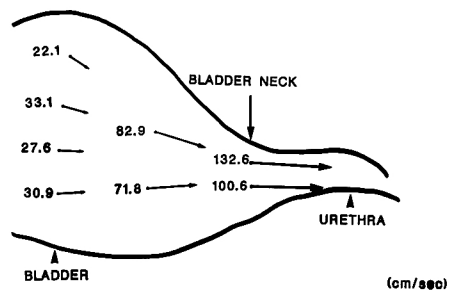
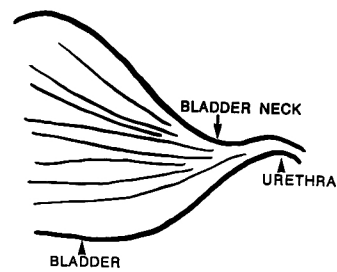
考 案

排尿動態検査法としては, 尿流測定法, 膀胱内圧測定法, 尿道閉鎖圧測定法, 外尿道括約筋電図撮影法など, 各種の検査方法が確立されてきている。これらの方法により, 膀胱と尿道が, 合目的な協調運動をなすものであることが判明した。そして, 神経因性膀胱に代表される各種の排尿障害に対して, それらの排尿病態を診断, 評価し, 適切な治療方法を選択することが可能となった^{1,2)}。

これらの検査は, 流体力学的手法は, すなわち, 内圧と尿流量を基本的なパラメーターに用いて, 排尿動態を解析するものである。しかし, 流体力学の基本は, 管腔内の流線の理想状態を解析しており, 実際の尿路における尿流動態を正確には反映しない^{3,4)}。

近年, より侵襲の少ない検査として超音波断層検査が急速に普及し, 各分野において, その重要性は論を待たない。われわれは, 流線という概念を導入し, 排尿時の膀胱の超音波断層法により, 尿流線の観察が可能であることを見出した。また, 膀胱内における尿流線の速度も, 測定が可能であることも分かった。

そもそも, 流体は, その経路に存在する障害物や閉



ACCELERATION OF THE URINARY FLOW VELOCITY TOWARD URETHRA
B

Fig. 6. Urine stream (A) and measurement of flow velocity (B) in the same patient.

塞に敏感に反応して, 乱流や渦を生じることが知られている。尿流についても, 流線を可視化しそれを観察

することにより、下部尿路における異常を推測できうる可能性がある。例えば、尿道の通過障害は、流線の速度に影響を与えるであろう。また、排尿筋や括約筋の機能的変化は、その部位における流線の乱れに反映されるであろう。さらに、今回検討を加えたように、流線中の標的粒子をトレースし、膀胱内、頸部、尿道など、個々の部位で流速を測定することで、従来のUDSやウロフロメトリーとは異なった見地から排尿状態を評価できる、新たなパラメーターを見出す可能性が示唆された。

今回は、男性の症例については、十分検討できなかった。観察に際しては、経直腸的超音波探触子を直腸に挿入したままで、しかも、碎石位をとらなければならない、実際の排尿状態とは異なった条件下であることを十分念頭におかなければならない。排尿状態に影響を与えないように、探触子の小型化、軽量化を含めた、

測定器具、方法の改良を図らなければならないであろう。今後、正常対照を含めて様々な症例について、検討を重ねていきたい。

文 献

- 1) 白岩康夫, 山口 脩: 排尿障害 — 神経因性膀胱尿道障害の診断と治療 —. 第1版, pp. 23-46, 新興医学出版社, 東京, 1986
- 2) 小磯謙吉: Urodynamics の新展開. 日泌尿会誌 **81**: 1129-1139, 1990
- 3) Keller KH: Fluid Mechanics and Mass Transfer in Artificial Organ. A.S.A.I.O. (19th Annual Meeting, Boston)
- 4) Abrams PH, Skidmore R, Poole AC, et al.: The concept and measurement of bladder work. Br J Urol **49**: 133-138, 1977

(Received on July 8, 1991)
(Accepted on September 19, 1991)