

超音波ドプラ法（ウロダイナミックスを中心に）

秋田大学医学部泌尿器科学教室（主任：土田正義教授）

木 村 行 雄

RECORDING OF INTRALUMINAL URINE
FLOW IN THE URETER AND URETHRA

Yukio KIMURA

*From the Department of Urology, Akita University School of Medicine**(Director: Prof. S. Tsuchida)*

Velocity changes of intraluminal urine flow in the ureter and urethra were studied by ultrasonic Doppler technique in adult mongrel dogs.

As a result, Doppler technique with simultaneous recording of electromyogram was found to be very useful to know the characteristics of urine flow within the ureter and urethra.

まず、尿管機能検査法として尿管の超音波 Doppler 法について述べる。

周知のように腎盂にたまった尿が尿管内へ流入してくると蠕動運動により腎盂尿管移行部附近に尿の bolus が形成される。この bolus は蠕動運動に伴い膀胱に向かって移動し、尿管口より尿が排出されることにより消失する。このように尿が尿管内を移送される最少単位は urine bolus なので、尿管における尿輸送を考えるとときにはこの urine bolus の発生頻度、移動速度およびその容積である bolus volume を正確に測定しなければならない。

このような bolus の測定には Doppler 法は非常に有用であることがわかったので報告したい。

われわれは露出尿管に右のスライドにみられるよう single crystal の transducer を尿管漿膜面に固定し、入射周波数 5MHz, zero crossing method で Doppler 偏位周波数を記録した。

まず乏尿ないし、正常尿量時に Doppler 法で尿流を測定すると Fig. 1 のように urine bolus の通過するとき、この urine bolus の流速を鋭い spike 状の波形として記録しうる。

この流速による spike を速度曲線というが、これは肉眼的に観察した蠕動運動と一致して起っている。ここでこのようにして得られた速度曲線が本当に尿管内尿流に起因するか否かを検討することが必要とな

る。この目的のため transducer より上部で尿管を圧迫し、尿流を停止させると、尿管蠕動が myogenic に transducer 固定部位を通過しても尿流速曲線は記録されなくなり、今述べた速度曲線は urine bolus の移動により生じたものであると結論しうる。

つぎに蠕動運動と尿流との関係についてみる。このために尿管筋電図と Doppler 法による尿流速曲線を同時に記録してみると、Fig. 1 にみられるように乏尿時ないし正常尿量時には尿管の活動電位の発生と流速曲線は 1 : 1 の対応を示している。

しかし、尿量 3 ml/min 以上の多尿の際には蠕動放電の休止期にも尿が尿管内を流れていることが認められた。これは尿管蠕動は正常尿量時には尿輸送の主体をなすが、極端な多尿状態では尿は水力学的な圧力により尿管内腔を受動的に移動することを示している。

つぎに流速曲線の記録より知りうる parameter についてみると、まず bolus の発生頻度は速度曲線の出現頻度を測定することで知りうる。

また bolus volume については大きな bolus ほど縦に長く発達し、transducer 部を通過するのに長い時間がかかり、これは速度曲線の持続時間により表わされる。速度曲線の peak 値は単純に移動速度を表わしているものではない。尿管内の urine bolus の移

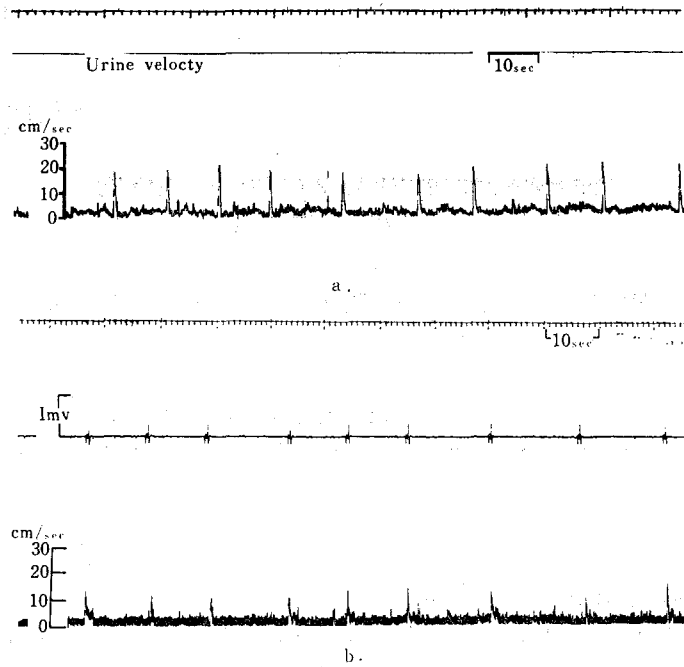


Fig. 1. Doppler 法で記録した尿管内尿流

a: 尿流 0.3 ml/sec の時に記録したもの

b: 尿管筋電図との同時記録. 蠕動放電に一致して流速曲線が出現している.

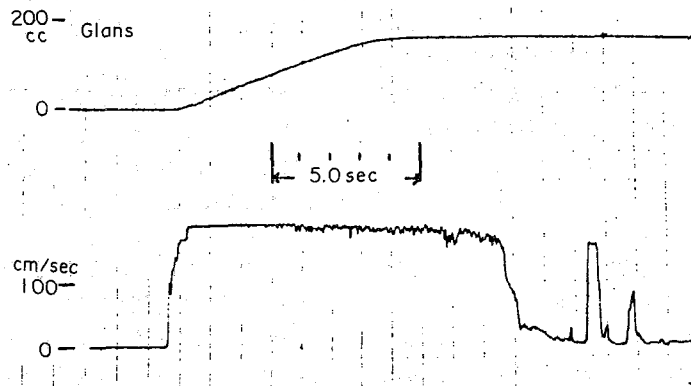


Fig. 2. 排尿量と亀頭部尿道での流速曲線の同時記録

流速曲線は排尿開始後1秒でプラトー相に移行し、その後この値を排尿終了時近くまで維持する。流速値は亀頭部で最も速く約 200 cm/sec である。

動速度を実測すると $3 \sim 4 \text{ cm/sec}$ 位であるのに対し Doppler 法で記録すると $10 \sim 20 \text{ cm/sec}$ とかなり高い値を示している。これは尿が urine bolus 内で静止しているのではなく、このなかで一定速度をもって動いていることを示し、Doppler 法で測定される流速は bolus 移動速度と bolus 内尿流速の和で表わされている。これをさらに分析すると in situ で尿管平滑筋の活動状態を検出できる可能性を示している。

つぎに排尿時における尿道内尿流速度を、Doppler 法で検討した成績について述べる。

男性では亀頭部、振子部および球部尿道に Doppler probe を貼付け、それぞれ陰茎亀頭部、振子部尿道および球部尿道での流速曲線を記録し、女性ではペンシル型 transducer を腔内に挿入して尿道内の尿流を測定した。

一般に Doppler 法でヒトの排尿過程を記録すると、Fig. 2 のように明瞭な流速曲線を得ることができる。

球部尿道における流速曲線は排尿開始より plateau 相に移行する時間が長く、plateau 相も短かく、流速も遅く最大 130 cm/sec であった。

振子部尿道における流速曲線では、排尿開始 2 秒後に plateau 相に移行し、約 8 秒間持続し、次第に減少し、最大 130 cm/sec であった。

亀頭部尿道における流速曲線は排尿開始後 1 秒で plateau 相に移行し、その後この値を排尿後 3 秒近くまで持続し、また流速は最も速く、最大 200 cm/sec であった。

Bernoulli の定理によると、流速の遅いところほど静止圧が、大きくなるから、排尿中の尿道内径は球部尿道で最も拡張しており、振子部尿道から外尿道口にかけては次第に縮小していくものと想定される。

このように Doppler 法を使用すると受動的な尿量の測定にとどまらず、尿道各部の機能的状態をも知りうる特徴がある。