

Male Uroflow Diagnostic Interpretation による 正常成人男子の尿流量分析

旭川医科大学泌尿器科学教室（主任：八竹 直教授）

水 永 光 博・宮 田 昌 伸

山 内 薫・佐々木 正 人

中 田 康 信・徳 中 莊 平

八 竹 直

UROFLOWMETRICAL ANALYSIS OF NORMAL ADULTS BY MALE UROFLOW DIAGNOSTIC INTERPRETATION

Mitsuhiro MIZUNAGA, Masanobu MIYATA, Kaoru YAMAUCHI,

Masato SASAKI, Yasunobu NAKATA,

Sohei TOKUNAKA and Sunao YACHIKU

From the Department of Urology, Asahikawa Medical College

(Director: Prof. S. Yachiku)

Uroflowmeter has been well documented as an indispensable tool in lower urinary tract diagnosis. In this study 145 normal urinary flow curves in 36 healthy adult males were analysed using the Male Uroflow Diagnostic Interpretation (MUDI) of the DISA urological investigation system.

In MUDI, the flow rate pattern is analysed and quantified by previously defined parameters. Then the computed values of these parameters are compared with the values observed in healthy subjects. Finally, the results are conveniently presented on an output sheet.

One of the newly defined parameters, (dL/dT) 40, i.e., the bladder contraction velocity at 40 ml before the end of micturition, was situated within the range of 12.5 to 28.3 mm/sec (20.4 ± 3.9 mm/sec) in healthy males. The variable (dL/dT) 40 did not depend on voided volume and provided excellent discrimination between the control group of healthy males and the group of patients with dysuria.

MUDI improves the faults of previous uroflowmetry systems and provides (dL/dT) 40 by which micturition patterns can be discriminated to be good and bad ones. So MUDI seems to be quite versatile in daily urological clinics.

Key words: Uroflowmetry, Male uroflow diagnostic interpretation, (dL/dT) 40

緒 言

尿流量率測定 (uroflowmetry) は、排尿状態を客観的に把握するのに欠かせない検査法のひとつである。従来の尿流量率測定では、尿流量曲線, maximum flow rate (MFR), average flow rate (AFR), voiding time (VT) などから排尿状態を判断してい

る。しかしわれわれが強調しているように^{1,2} MFR, AFR は排尿量に大きく影響され、その数値だけでは正常と異常の鑑別が困難である。また排尿終末時の尿の滴下状態も排尿時間として機械が認識する関係上、AFR の数値は低い値となることが多かった。これらの点を改良したとされる DISA 製 male uroflow diagnostic interpretation (以下 MUDI と略す)

を使用する機会を得た。これは microcomputer が内蔵されており、従来にはない parameter が利用できるという。今回は正常成人男子の測定結果を中心に検討を加えたので報告する。

System の概観

MUDI は、type 21C12 micrometer に microcomputer のくみこまれた electronic unit と、mc-



Fig. 1. System of MUDI

MUDI	Male Uroflow Diagnostic
====	Interpretation
Patient number	
Patient name	
Birthdate	Sex Male
Date	Time

Fig. 2a. Personal data mask

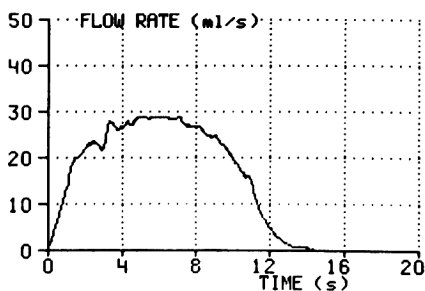


Fig. 2b. Graphic display of flow/time curve

FLOW RESULTS		MALE
Tdesc	6.0 s	H (1.7)
QM90	25.0 ml/s	H (1.5)
T90	9.6 s	H (1.6)
QMAX	29.0 ml/s	H (1.3)
T100	14.5 s	H (1.8)
TQMAX	5.0 s	
dQ/dT max	28.0 ml/s ²	

Fig. 2c. Recording and diagnostic classification of characteristic parameters

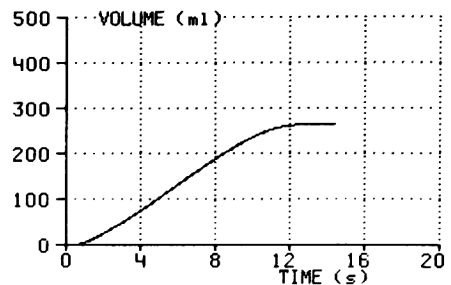


Fig. 2d. Graphic display of volume/time curve

VOLUME RESULTS	
V comp.	266 ml
V resid.	ml

Fig. 2e. Total voided volume and mask for residual urine

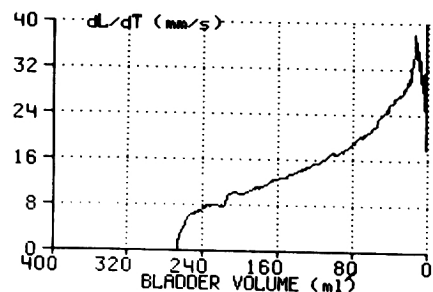


Fig. 2f. Display of calculated bladder contraction velocity (dL/dT)/bladder volume

CONTRACTION RESULTS		MALE
dL/dT 40	25 mm/s	H (1.7)

Fig. 2g. Recording and diagnostic classification of (dL/dT) 40

chanical unit である type 21K02 uroflow transducer からなりたっている (Fig. 1). uroflow transducer に排尿が行われると、尿流量曲線が分析され、Fig. 2 に示す data 用紙が output される。

MUDI で表示される排尿 parameter を以下に示す

従来から使われている排尿 parameter として、

- 1) Maximum flow rate
- 2) Total voiding time (T100)
- 3) Time to maximum flow rate
- 4) Voided volume

新しい排尿 parameter としては、

1) T90……総排尿量から排尿しはじめと排尿終末時の合計10%の尿量を排除した中央の90%の尿量が排尿されるのに要する時間。

2) QM90……尿流量曲線の中央の90%の排尿量における average flow rate, すなわち中央の90%の排尿量を T90 で除した値。

3) Tdesc……maximum flow rate に達した瞬間から、総排尿量の95%が排尿されるまでに要する時間。

以上 1)~3) の排尿 parameter は、排尿終末時の data を無視することにより、terminal dribbling による影響を最小限にしようとしている。

4) $(dQ/dT)_{\max}$ ……尿流量曲線の立ち上がりの傾きの最大値。

5) $(dL/dT)_{40}$ ……膀胱を壁のうすい球と仮定し

たうえでの、膀胱容量が残り 40 ml となったときの膀胱壁の収縮速度。

対 象

排尿に異常を訴えない23歳から39歳の男子36名で、延べ145回の排尿を記録した。その際、各人はできるだけ1回の排尿量が異なるようにし、排尿量と各種排尿 parameter の関係を検索するようにした。

結 果

1) Maximum flow rate……排尿量 200 ml 以下では、排尿量と正の相関で増加し、200 ml 以上では平均 28.7 ml/sec, 標準偏差 5.0 ml/sec と、ほぼ一定値を示した。

2) Total voiding time (T100) および T90……T100 は平均 15.4 sec, 標準偏差 5.2 sec, T90 は平均 9.7 sec 標準偏差 3.8 sec であった。平均値で比較すると T90 は T100 の63.4%となった。

3) Time to maximum flow rate……平均値 4.9 sec, 標準偏差 2.6 sec。

4) QM90……QM90 と排尿量の関係を Fig. 3 に示す 排尿量 200 ml 付近までは QM90 は排尿量に依存して増加し ($r=0.6736$, $p<0.01$), 200 ml 以上ではほぼ一定となり、排尿量 200 ml 以上における平均値は 22.4 ± 4.0 ml/sec である。±2SD をとるとその範囲は 14.4~30.4 ml/sec となる。

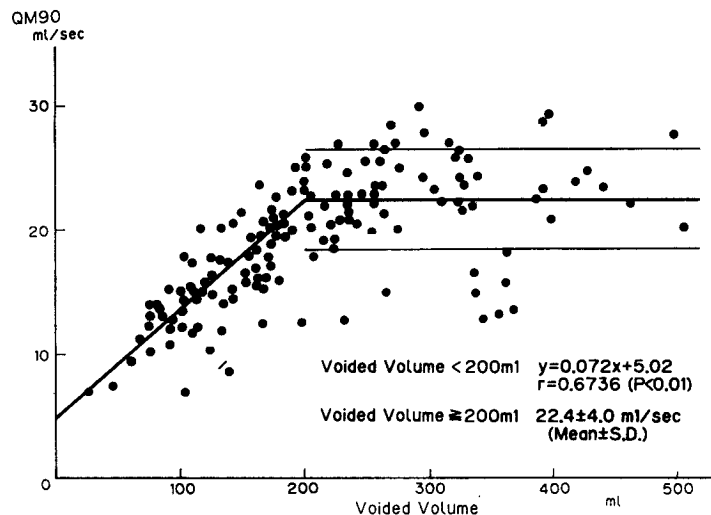


Fig. 3. Relationship between QM90 and voided volume in normal male subjects. QM90 increased proportionally with volume below 200 ml. With volume over 200 ml, QM90 was almost constant.

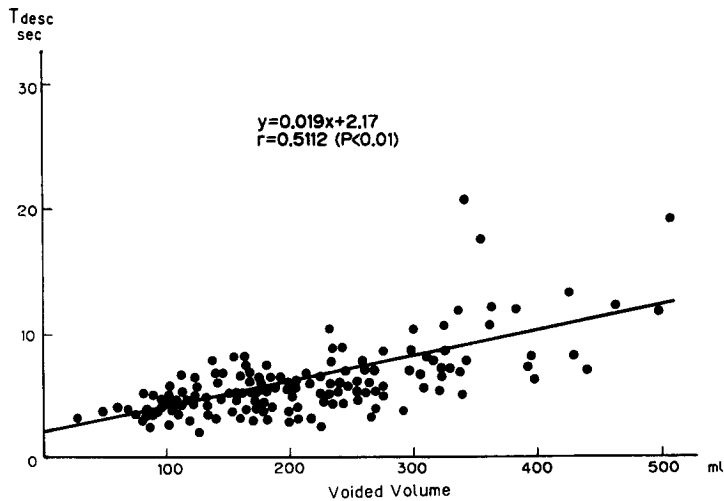


Fig. 4. Relationship between Tdesc and voided volume in normal male subjects. Tdesc increased proportionally with volume.

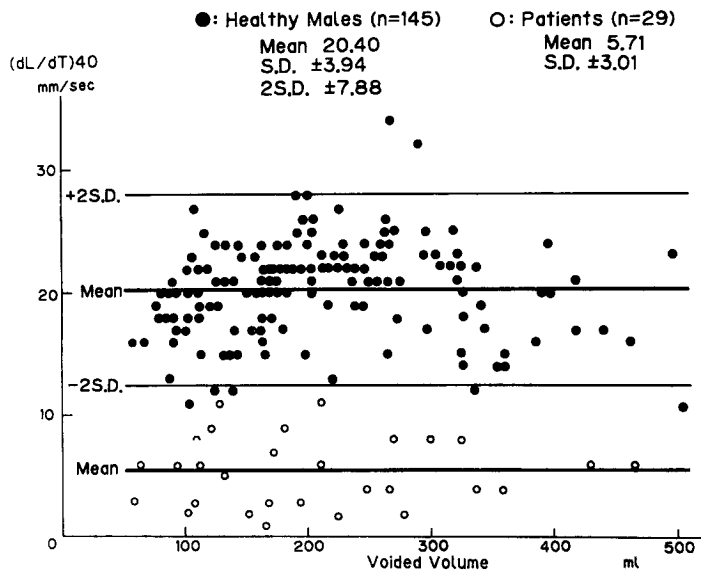


Fig. 5. Relationship between (dL/dT)40 and voided volume. (dL/dT)40 did not depend on voided volume and provided excellent discrimination between the healthy males and the patients with dysuria.

5) Tdesc……Tdesc と排尿量の関係を Fig. 4 に示す。Tdesc は排尿量と正の相関で増加している ($r=0.5112$, $p<0.01$)。

6) (dQ/dT) max……平均値 28.3 ml/sec, 標準偏差 10.2 ml/sec 排尿障害のある 29名の (dQ/dT) max の平均値は 16.9 ml/sec, 標準偏差 2.2 ml/sec であった。

7) (dL/dT) 40……Fig. 5 の黒丸で正常成人男子の (dL/dT)40 と排尿量の関係を示す。排尿量との関係はほとんどなく、平均値 20.4 mm/sec で、 $\pm 2SD$ をとると 12.5~28.3 mm/sec とかなり狭い範囲におさまった。排尿障害のある 29名の (dL/dT)40 と排尿量の関係を白丸で示すが、こちらも排尿量との関係はなく、平均値 5.7 mm/sec, 標準偏差 3.0 mm/sec

で、正常者と比べ明らかに区別された。

考 察

尿流量率測定は、簡便で無侵襲で、しかも排尿動態の把握にきわめて有用な検査法であり、その測定機器の最近の進歩にはめざましいものがある。今回われわれが使用した MUDI には、従来の DISA uroflowmeter に microcomputer が内蔵されており、電源を入れて uroflow transducer に排尿するだけで、尿流量曲線の分析、各種排尿 parameter、正常値との比較が、output sheet に表示される。

MUDI で表示される各種排尿 parameter について検討した結果、T100, MFR, time to maximum flow rate など従来から使われている parameter に関しては、これまでの諸家の報告と同様の data が得られた。新しい排尿 parameter である QM90 は、AFR, MFR と同様¹⁻³⁾に 200 ml までの排尿量では、排尿量と正の相関で増加し、200 ml 以上では一定値をとり、その平均値は 22.4 ml/sec、標準偏差 4.0 ml/sec となった。QM90 は、排尿しはじめと排尿終末時の合計10%の排尿量の影響を除いているため、同一集団における計算上の AFR (平均値 15.7 ml/sec、標準偏差 2.5 ml/sec) に比し、高値となっている。この排尿 parameter は、terminal dribbling の影響で AFR が不当に低くするような場合には、AFR 以上に有用な排尿 parameter と考えられる。

Tdesc は、MFR に達した瞬間から、排尿量の 95% が排尿されるまでの時間であり、今回の正常成人男子の検討では、排尿量と正の相関で増加を示した。しかし、尿流量曲線の pattern によっては、排尿の後半で MFR に達する場合もあり、そのような場合は排尿障害があるにもかかわらず Tdesc が短くなる可能性があるため、必ずしも正常と異常の鑑別に有用な排尿 parameter とはいえないかもしれない。

(dQ/dT) max は、尿流量率を時間で微分した値の最大値であり、大部分の場合は排尿しはじめの瞬間の値が (dQ/dT) max となる。今回の検討では、排尿量との関係はないものの、ばらつきが大きく、正常と異常の区別も明確ではなかった。また排尿障害のある人29名のうち24名が同一の値 (16.0 ml/sec) を示しており、それ以下の値は認めなかった。このことは、start detection level が 0.3 ml/sec と設定されているためと考えられ、この値を正確に測定するには、測定方法および機械の特性に問題があるのではないかと考えられた。

(dL/dT) 40 は、膀胱壁の収縮速度 (mm/sec) を

あらわす新しい排尿 parameter である。膀胱を壁のうすい球と仮定したときの円周の長さを L、膀胱の体積を V、尿流量率を Q とすると

$$V = 4/3 \cdot \pi r^3 \dots\dots\dots (1)$$

$$L = 2\pi r \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = dV/dT = dV/dL \cdot dL/dT \dots\dots\dots (3)$$

$$(1), (2) \text{より } V = L^3/6\pi^2$$

$$dV/dL = L^2/2\pi^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$(3), (4) \text{より膀胱壁の収縮速度である } dL/dT \text{ は、}$$

$$dL/dT = 2\pi^2/L^2 \cdot Q \\ = k \times Q/V^{2/3} \quad (k: \text{定数})$$

であらわされる⁵⁾。

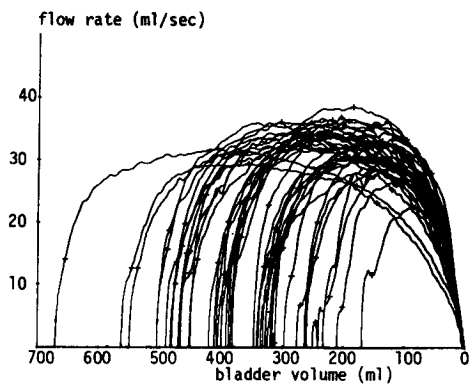


Fig. 6a. 45 superimposed curves of flow rate versus instantaneous bladder volume for a healthy male. (from Rollema, HJ)

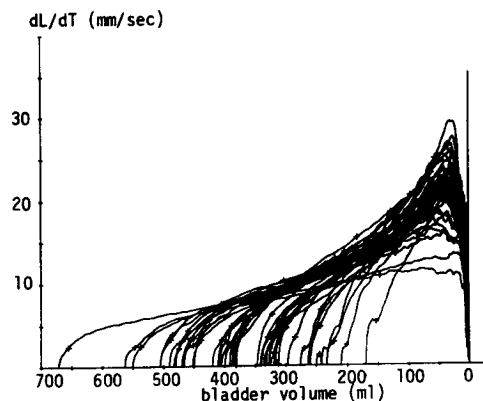


Fig. 6b. The curves of calculated contraction velocity of detrusor muscle (dL/dT) instantaneous bladder volume for same healthy male. (from Rollema, HJ)

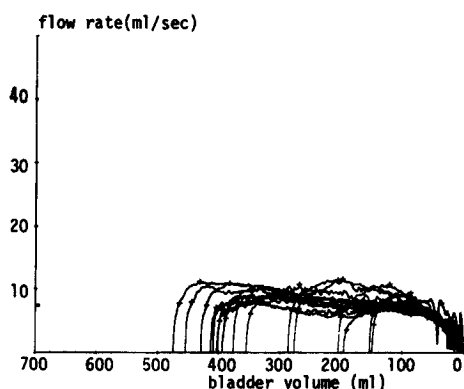


Fig. 7a. 17 superimposed curves of flow rate versus instantaneous bladder volume for a male with clinically proven urethral obstruction. (from Rollema, HJ)

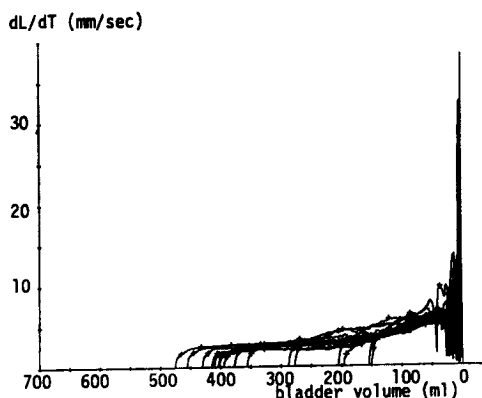


Fig. 7b. The curves of dL/dT versus instantaneous bladder volume for same patient. (from Rollema, HJ)

Fig. 6a は, Rollema ら⁴⁾によって報告された, 1人の正常成人男子の, 横軸に膀胱容量をとったときの, 各排尿量における尿流量曲線である。このときの dL/dT と排尿量の関係が, Fig. 6b に示されている。膀胱容量が残り 40 ml 付近で dL/dT は最大となり, それ以下の膀胱容量では, terminal dribbling の影響で dL/dT は大きく変動する。また排尿量が 500 ml 以上では, dL/dT の排尿終末時付近での立ち上がりはほとんど見られない。同じように Rollema らは, 排尿障害のある 1 人の患者のいろいろな排尿量における尿流量曲線と dL/dT のグラフを示している (Fig. 7a. b)。正常人と同様に dL/dT は残りの膀胱容量 40 ml 付近で最大となり, それ以下の膀胱容量では, 正常人以上に terminal dribbling による影

響をうけ, 大きく変動する。膀胱壁の最大収縮速度, すなわち dL/dT の最大値は下部尿路閉塞性疾患を有する患者では有意に低下する。しかしこの値は, 排尿終末時付近においては terminal dribbling の影響で測定が難しい。そこで Rollema ら⁴⁾は, 膀胱容量が 40 ml となったときの膀胱壁の収縮速度, すなわち $(dL/dT)_{40}$ を, 膀胱壁の最大収縮速度に近似する新しい排尿 parameter として報告した。残尿のある症例においても, 残尿なく排尿されたと仮定したうえで, 残り 40 ml のときの膀胱壁の収縮速度をあらわす。Rollema らは, 正常成人男子と前立腺肥大症の患者の $(dL/dT)_{40}$ を比較したところ, sensitivity 95%, specificity 90%と極めて良く区別され得たと述べている。また排尿量が 100~450 ml の間では, $(dL/dT)_{40}$ は排尿量に依存せず, その正常下限は 13 mm/sec であるという。今回のわれわれの検討でも, $(dL/dT)_{40}$ は排尿量に依存せず, (平均値-2SD) の値が 12.5 mm/sec で, この値を境に正常者と異常者がかなり明確に区別された。以上より, MUDI の新しい排尿 parameter である $(dL/dT)_{40}$ は, 膀胱壁の収縮速度という概念的にもとらえやすい排尿 parameter で, しかも排尿量に依存せず, 正常と異常の鑑別に有用な排尿 parameter と考えられた。

以上この MUDI は, 尿流量率測定上の今までの欠点を改良しているうえに, $(dL/dT)_{40}$ という排尿量を考慮しなくても排尿の良否を判定できる parameter を提供してくれるという点で, 利用価値の高いものであると考えられた。

結 語

新しい尿流量率測定の解析器である MUDI を使用し, 健康成人男子の測定結果に基づいて各種排尿 parameter の検討を行った。

1) QM_{90} は, AFR, MFR と同様に, 200 ml 以下の排尿量では, 排尿量と正の相関で増加し, 200 ml 以上は一定値をとる。

2) T_{desc} は, 排尿量と正の相関で増加した。

3) $(dQ/dT)_{max}$ は, ばらつきが大きく, 正常群と異常群を明確に区別し得なかった。

4) $(dL/dT)_{40}$ は, 排尿量に依存せず, その正常下限は 12.5 mm/sec で, 異常群と明確に区別され, 利用価値の高いものであることがわかった。

本論文の要旨は第 276 回日本泌尿器科学会北海道地方会において発表した。

文 献

- 1) 八竹 直・秋山隆弘・門脇照雄・南 光二・井口正典・金子茂男・郡健二郎・栗田 学：排尿機構にかんする検討，第1報 正常成人男子の尿流量測定について．日泌尿会誌 **68**：737～744，1977
- 2) 八竹 直：尿流量測定の臨床的意義について．泌尿紀要 **27**：1019～1024，1981
- 3) Ryall RL and Marshall VR: Normal peak urinary flow rates obtained from small voided volumes can provide a reliable assessment of bladder function. *J Urol* **127**: 484～488, 1982
- 4) Rollema HJ, Griffiths DJ, van Duyl WA, van den Berg JW and De Haan R: Flow rate versus bladder volume, an alternative way of presenting some features of the micturition of healthy males. *Urol Int* **32** : 401～412, 1977
- 5) Griffiths DJ and Rollema HJ: Urine flow curves of healthy males: a mathematical model of bladder and urethral function during micturition. *Med Biol Eng Comput* **17**: 291～300, 1979

(1985年11月1日迅速掲載受付)