

尿流率曲線から得られる新しい指標についての 前立腺肥大症における検討

昭和大学医学部泌尿器科学教室 (主任: 今村一男教授)

原 口 忠

STUDIES OF THE NEW PARAMETER BASED URINARY FLOW RATE CURVE IN BENIGN PROSTATIC HYPERTROPHY

Chu HARAGUCHI

*From the Department of Urology, School of Medicine, Showa University
(Director: Prof. K. Imamura)*

We studied uroflowmetry in 25 normal adult males and 100 patients with benign prostate hypertrophy (BPH). We planned a new parameter, named average flow rate increase ratio (AFRIR), based on urinary flow rate curve. One hundred patients with BPH were measured presumed circle area ratio (PCAR) based on transrectal ultrasonotomography and performed comparative studies.

AFRIR was not related to voided volume of urine (VV). Although AFRIR in 100 patients with BPH was not significantly different from that in 25 normal adults males, AFRIR in 20 patients with BPH, needing surgical operation, was significantly lower than that in 25 normal adult males. We considered that AFRIR was useful for deciding on the surgical operation and these levels were below 1.5 ml/sec². AFRIR was correlated well with maximum flow rate (MFR), average flow rate (AFR), $MFR/VV \times 100$, $AFR/VV \times 100$, PCAR and Area, respectively. PCAR correlated well with $MFR/VV \times 100$ and $AFR/VV \times 100$, respectively. Area correlated well with MFR, $MFR/VV \times 100$, respectively. From these results, it was presumed that AFRIR was reflected clearly to the condition of urine voiding.

(Acta Urol. Jpn. 35: 43-49, 1989)

Key words: Average flow rate increase ratio, Uroflowmetry, BPH

緒 言

前立腺肥大症における排尿障害を検討する上で、形態学的には経直腸的超音波断層法が、尿水力学的には尿流測定や尿道内圧測定が行われるようになり、現在では、前立腺肥大症における排尿障害は、単に前立腺の大きさの変化のみによって惹き起こされるものではなく、大きさの変化と形態の変化の両方が関与すると考えられている。そして尿流測定によって得られる最大尿流率 (maximum flow rate: MFR) や平均尿流率 (average flow rate: AFR), 超音波断層法から導かれる仮想円面積比 (presumed circle area ratio: PCAR)¹⁾, あるいは尿道内圧測定によって得られる尿道内圧曲線 (urethral pressure profile) から導かれる内尿道口より外尿道括約筋の遠位端までの区間における尿道内圧曲線下面積 (後部尿道内圧曲線

下面積: Area と略す)^{2),3)} などによって排尿障害が論ぜられている。しかし、超音波断層法や尿道内圧測定は、いずれも前立腺および尿道の静的な、つまり非排尿時のものであり、生理的なものとは言い難い。その点で、実際に排尿状態を測定する尿流率測定は、生理的で理想的な検査方法と言えよう。しかし、その結果の判定は、現在なお排尿量 (voided volume of urine: VV), 排尿時間 (time of micturition: Mt), 最大尿流率, 平均尿流率などを総合してなされており、尿流率測定から導かれる定まったパラメーターは示されていない。

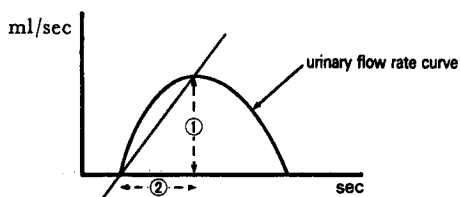
今回、尿流率曲線 (urinary flow rate curve) をもとに新しいパラメーターを考え、仮想円面積比 (PCAR) および後部尿道内圧曲線下面積 (Area) などとの関係についても検討し、興味ある所見を得たので報告する。

対 象

1985年7月から1986年6月までに排尿障害を主訴として昭和大学病院泌尿器科に受診し、前立腺肥大症と診断され、神経因性膀胱機能障害を合併した患者を除いた患者100名を対象とした。年齢は44歳から83歳、平均66.9歳であった。なお、尿流率測定の対象例として、正常成人男子25名についても測定した。年齢は24歳から39歳、平均31.6歳であった。

方 法

今回考案した新パラメーターを平均加尿流率(average flow rate increase ratio: AFRIR)と呼んでいるが、平均加尿流率は、まず尿流率曲線を求め、得られた最大尿流率(MFR)を、排尿開始から



average flow rate increase ratio (AFRIR)

$$= \frac{MFR}{T_{max}} = \frac{①}{②} \text{ (ml/sec}^2\text{)}$$

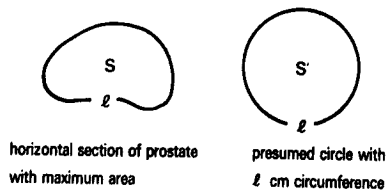
- ①=MFR : maximum flow rate
- ②=Tmax : time to maximum flow rate

AFR : average flow rate = $\frac{VV}{Mt}$

VV : voided volume of urine

Mt : time of micturition

Fig. 1. Average flow rate increase ratio



presumed circle area ratio (PCAR) = $\frac{S}{S'}$

presumed circle area (S') = $\pi \left(\frac{l}{2\pi}\right)^2$

S } computed by Oscon Gradimate SQ 3000 system

Fig. 2. Presumed circle area ratio

最大尿流率を得るに至るまでの時間 (time to maximum flow rate : Tmax) (秒) で除したものである (Fig. 1)。また尿流率曲線のたががり (峰) が多峰性の場合、第1峰の尿流率を排尿開始から第1峰を得るに至るまでの時間で除したものを平均加尿流率とした。なお尿流測定には DISA の尿流測定装置を用いた。

仮想円面積比 (PCAR) は大江ら¹⁾の方法に従い、経直腸的超音波断層法装置を用いて得られた最大前立腺水平断面像の面積を Oscon-Gradimate SQ-3000 system を用いて算出し、これをもとに算出した (Fig. 2)。

後部尿道内圧曲線下面積 (Area) は、まず Fr 8 尿道内圧測定用カテーテルを使用し、炭酸ガス尿道内圧測定装置を用いて 20 ml/min の割合で炭酸ガスを注入し、カテーテルを 1 mm/sec の速度でひき抜きつつ尿道内圧曲線を作成し、得られた尿道内圧曲線から Oscon-Gradimate SQ-3000 system を用いて算出した (Fig. 3)。

結 果

1. 正常成人男子25名の平均加尿流率

正常成人男子25名の尿量は 91 ml から 425 ml、平均 232.1 ml で、平均加尿流率は 1.27 ml/sec² から 7.48 ml/sec²、平均 3.56 ± 1.70 ml/sec² であった (Fig. 4)。

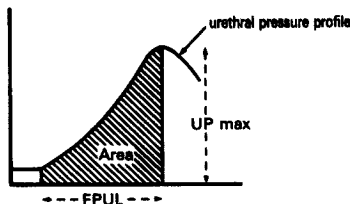
尿量 (X軸) と平均加尿流率 (Y軸) との相関関係をみてみると、r = 0.18 で相関関係はなかった

2. 前立腺肥大症患者 100名の平均加尿流率について

(1)前立腺肥大症患者の平均加尿流率および尿流率と尿量との相関関係について

(i) 平均加尿流率と尿量

尿量 (X軸) と平均加尿流率 (Y軸) の関係を Fig. 5



Area computed by Oscon Gradimate SQ 3000 system

FPUL : functional posterior urethral length
UP max : maximum urethral pressure

Fig. 3. Area

に示した。尿量は128 ml から 452 ml, 平均 214.8 ml, 平均加尿流率は 0.33 ml/sec² から 13.00 ml/sec², 平均 2.85±2.34 ml/sec² であった。平均加尿流率と尿量との間には $r=0.14$ で相関関係はなかった。

(ii) 尿流率と尿量

a. 最大尿流率と尿量：尿量 (X軸) と最大尿流率 (Y軸) との関係を Fig. 6 に示した。尿量は前記のごとく 128 ml から 452 ml, 平均 214.8 ml である。最大尿流率は 5.5 ml/sec から 45.2 ml/sec, 平均 14.6 ±6.2 ml/sec であった。最大尿流率と尿量との間には $Y=0.047X+4.5$, $r=0.55$, $P<0.01$ で有意の相関関係が存在した。

b. 平均尿流率と尿量：尿量 (X軸) と平均尿流率 (Y軸) との関係を Fig. 7 に示した。尿量は前記のごとく 128 ml から 452 ml, 平均 214.8 ml である。

平均尿流率は 1.6 ml/sec から 17.9 ml/sec, 平均 7.2 ±3.0 ml/sec であった。平均尿流率と尿量の間には, $Y=0.018X+3.3$, $r=0.44$, $P<0.01$ で有意の相関関係が存在した。

(2)前立腺肥大症患者の平均加尿流率と尿流率との相関関係について

(i) 平均加尿流率と最大尿流率

最大尿流率 (X軸) と平均加尿流率 (Y軸) との関係を Fig. 8 に示した。最大尿流率は 5.5 ml/sec から 45.2 ml/sec, 平均 14.6±6.2 ml/sec である。平均加尿流率は前記のごとく 0.33 ml/sec² から 13.00 ml/sec², 平均 2.85±2.34 ml/sec² である。平均加尿流率と最大尿流率の間には, $Y=0.25X-0.85$, $r=0.67$, $P<0.01$ で有意の相関関係があった。

(ii) 平均加尿流率と平均尿流率

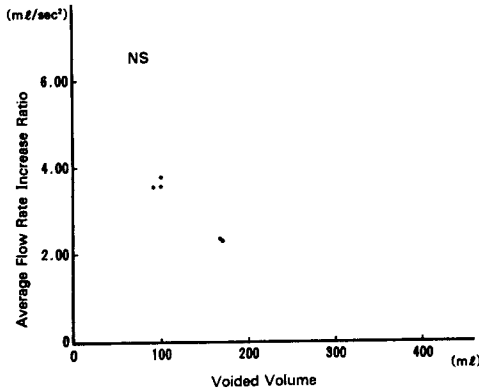


Fig. 4. Correlation between average flow rate increase ratio (AFRIR) and voided volume of urine (VV) in 25 normal adult males

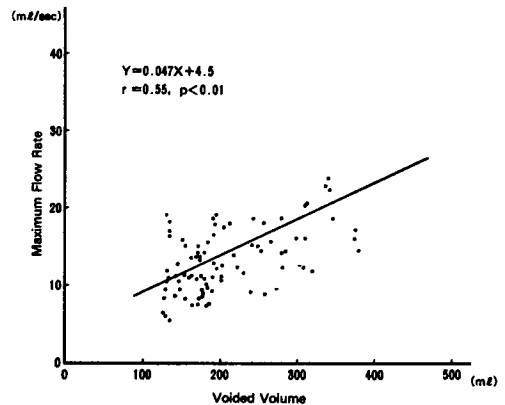


Fig. 6. Correlation between maximum flow rate (MFR) and voided volume of urine (VV) in 100 patients with BPH

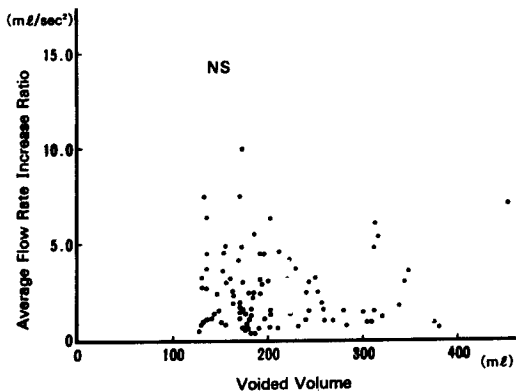


Fig. 5. Correlation between average flow rate increase ratio (AFRIR) and voided volume of urine (VV) in 100 patients with BPH

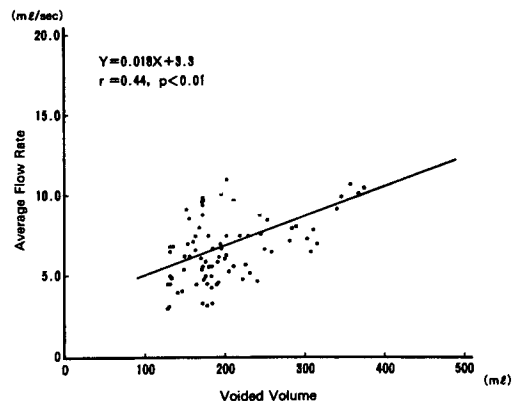


Fig. 7. Correlation between average flow rate (AFR) and voided volume with urine (VV) in 100 patients with BPH

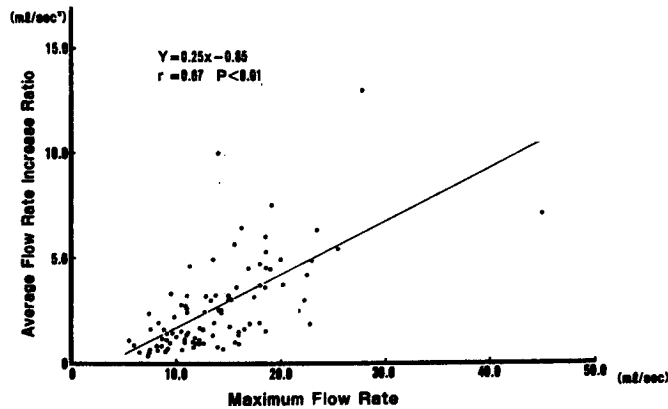


Fig. 8. Correlation between maximum flow rate (MFR) and average flow rate increase rate (AFRIR) in 100 patients with BPH

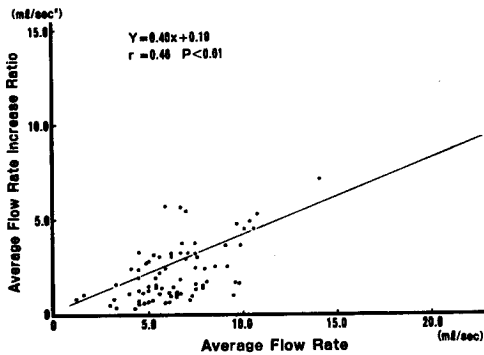


Fig. 9. Correlation between average flow rate (AFR) and average flow rate increase ratio (AFRIR) in 100 patients with BPH

平均尿流率 (X軸) と平均加尿流率 (Y軸) との関係を図 9 に示した。平均尿流率は 1.2 ml/sec から 17.9 ml/sec, 平均 7.2 ± 3.0 ml/sec である。平均加尿流率は前記のごとく, 0.33 ml/sec^2 から 13.00 ml/sec^2 , 平均 $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ である。平均加尿流率と平均尿流率との間には, $Y = 0.40X + 0.19$, $r = 0.46$, $P < 0.01$ で有意の相関関係が存在した。

(iii) 平均加尿流率と最大尿流率 ÷ 尿量 × 100

最大尿流率 ÷ 尿量 × 100 (X軸) と平均加尿流率 (Y軸) との関係を図 10 に示した。最大尿流率 ÷ 尿量 × 100 は $3.1 \text{ \%}/\text{sec}$ から $15.0 \text{ \%}/\text{sec}$, 平均 $6.7 \pm 2.6 \text{ \%}/\text{sec}$ である。平均加尿流率は前記のごとく, 0.33 ml/sec^2 から 13.00 ml/sec^2 , 平均 $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ である。平均加尿流率と最大尿流率 ÷ 尿量 × 100 との間には $Y = 0.48X - 0.36$, $r = 0.53$, $P < 0.01$ で有意の相関関係が存在した。

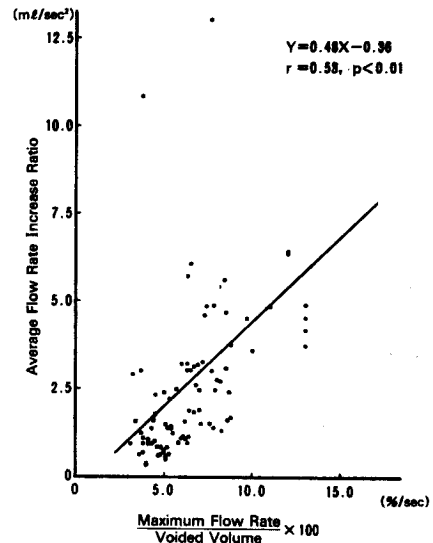


Fig. 10. Correlation between average flow rate increase ratio (AFRIR) and $\frac{\text{maximum flow rate}}{\text{voided volume of urine}} \times 100$ in 100 patients with BPH

(iv) 平均加尿流率と平均尿流率 ÷ 尿量 × 100

平均尿流率 ÷ 尿量 × 100 (X軸) と平均加尿流率 (Y軸) との関係を図 11 に示した。平均尿流率 ÷ 尿量 × 100 は $1.3 \text{ \%}/\text{sec}$ から $8.9 \text{ \%}/\text{sec}$, 平均 $3.5 \pm 1.5 \text{ \%}/\text{sec}$ である。平均加尿流率は前記のごとく, 0.33 ml/sec^2 から 13.00 ml/sec^2 , 平均 $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ である。平均加尿流率と平均尿流率 ÷ 尿量 × 100 との間には, $Y = 0.75X + 0.26$, $r = 0.46$, $P < 0.01$ で有意の相関関係が存在した。

(3) 前立腺肥大症患者の平均加尿流率と仮想円面積

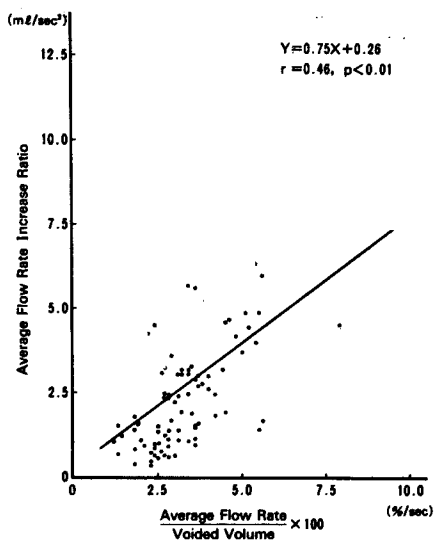


Fig. 11. Correlation between average flow rate increase ratio (AFRIR) and $\frac{\text{average flow rate}}{\text{voided volume}} \times 100$ in 100 patients with BPH

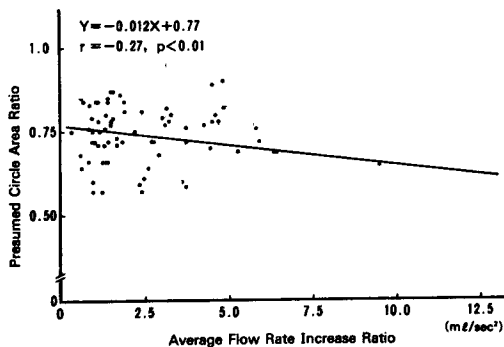


Fig. 12. Correlation between average flow rate increase ratio (AFRIR) and presumed circle area ratio (PCAR) in 100 patients with BPH

比との相関関係について

平均加尿流率 (X軸) と仮想円面積比 (Y軸) との関係を Fig. 12 に示した. 平均加尿流率は上記のごとく, 0.33 ml/sec^2 から 13.00 ml/sec^2 , 平均 $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ である. 仮想円面積比は 0.47 から 0.95 , 平均 0.74 ± 0.11 である. 平均加尿流率と仮想円面積比との間には, $Y = -0.012X + 0.77$, $r = -0.27$, $P < 0.01$ で有意の逆相関関係が存在した.

(4) 前立腺肥大症患者の平均加尿流率と後部尿道内圧曲線下面積との相関関係について

平均加尿流率 (X軸) と後部尿道内圧曲線下面積 (Y軸) との関係を Fig. 13 に示した. 平均加尿流率

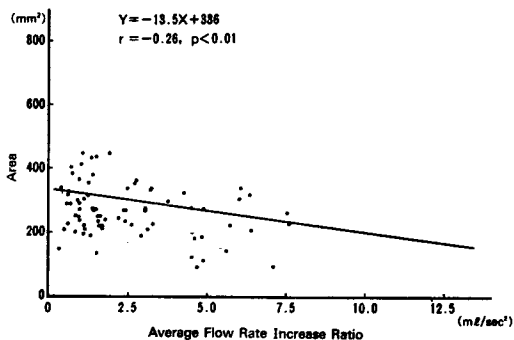


Fig. 13. Correlation between average flow rate increase ratio (AFRIR) and area in 100 patients with BPH

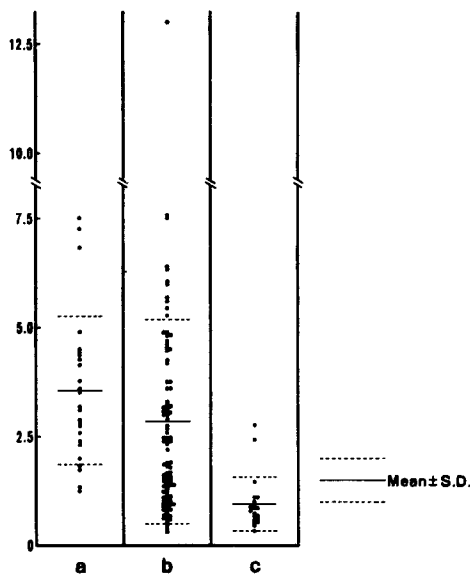


Fig. 14. Average flow rate increase ratio (Mean \pm S.D.) a: 25 normal adult males (3.56 ± 1.70) b: 100 patients with BPH (2.85 ± 2.34) c: 20 BPH patients before operation (0.96 ± 0.61)

は前記のごとく, 0.33 ml/sec^2 から 13.00 ml/sec^2 , 平均 $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ である. 後部尿道内圧曲線下面積は 92 mm^2 から 705 mm^2 , 平均 $298 \pm 123 \text{ mm}^2$ であった. 平均加尿流率と後部尿道内圧曲線下面積との間には, $Y = -13.5X + 336$, $r = -0.26$, $P < 0.01$ で有意の逆相関関係が存在した.

3. 正常成人男子25名と前立腺肥大症患者100名との平均加尿流率の比較

正常成人男子25名の平均加尿流率は 1.27 ml/sec^2 から 7.48 ml/sec^2 , 平均 $3.56 \pm 1.70 \text{ ml/sec}^2$ である. 前立腺肥大症患者100名の平均加尿流率は 0.33 ml/sec^2 から 13.00 ml/sec^2 , 平均 $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ である.

Table 1

25 normal adult males			
AFRIR	and VV	r=0.18	NS
MFR	and VV	r=0.84	P<0.01
AFR	and VV	r=0.80	P<0.01
100 patients of BPH			
AFRIR	and VV	r=0.14	NS
MFR	and VV	r=0.55	P<0.01
AFR	and VV	r=0.44	P<0.01
AFRIR	and MFR	r=0.67	P<0.01
AFRIR	and AFR	r=0.46	P<0.01
AFRIR	and $\frac{MFR}{VV} \times 100$	r=0.53	P<0.01
AFRIR	and $\frac{AFR}{VV} \times 100$	r=0.46	P<0.01
AFRIR	and PCAR	r=-0.27	P<0.01
MFR	and PCAR	r=-0.15	NS
AFR	and PCAR	r=-0.12	NS
$\frac{MFR}{VV} \times 100$	and PCAR	r=-0.35	P<0.01
$\frac{AFR}{VV} \times 100$	and PCAR	r=-0.31	P<0.01
AFRIR	and Area	r=-0.26	P<0.01
MFR	and Area	r=-0.30	P<0.01
AFR	and Area	r=-0.15	NS
$\frac{MFR}{VV} \times 100$	and Area	r=-0.20	P<0.05
$\frac{AFR}{VV} \times 100$	and Area	r=-0.13	NS

また前立腺肥大症患者100名のうち、20名は病期が進行して経尿道的電気切除術 (TUR-P) あるいは前立腺摘除術を施行したが、手術施行群20名の術前の平均加尿流率は 0.33 ml/sec^2 から 2.74 ml/sec^2 、平均 $0.97 \pm 0.61 \text{ ml/sec}^2$ である。これらをまとめて Fig. 14 に示した。正常成人男子25名と前立腺肥大症患者100名との間に有意差はなかったが、正常成人男子25名と手術施行前立腺肥大症患者 (手術前) 20名との間には $P<0.01$ で有意差が存在した。

考 察

今回考案した新パラメーター平均加尿流率 (Fig. 1) は、最大尿流率を、排尿開始から最大尿流率を得るに至るまでの時間で除したものであるが、最大尿流率を得るまでの間の尿流率の変化の平均をみるもので、ちょうど速度 (尿流率) と加速度 (平均加尿流率) の関係に似ている。すなわち平均加尿流率は排尿状態 (力) を具体的に直接数字であらわしていると言える。

1. 平均加尿流率、最大および平均尿流率と尿量との相関関係について

尿流率は尿量 150 ml から 200 ml 以上ではほぼ一定の値をとるが、それ以下の尿量では、尿流率は尿量と相関関係を有するものが多い^{4,7)}。著者の今回の検索では、Table 1 にまとめたごとく正常成人男子、前立腺肥大症患者のいずれにおいても最大および平均尿流率は尿量と相関関係を有した。

一方平均加尿流率は正常成人男子、前立腺肥大症患者のいずれにおいても尿量との相関関係は存在しなかった。

2. 前立腺肥大症患者 100名の平均加尿流率について

(1) 平均加尿流率と最大および平均尿流率との相関関係について

平均加尿流率と最大および平均尿流率の相関関係をみると Fig. 8, 9 および Table 1 に示すごとくいずれも有意の相関関係が存在した。また、最大および平均尿流率は尿量と相関関係を有する (Fig. 6, 7) ので、最大尿流率÷尿量×100および平均尿流率÷尿量×100と平均加尿流率との相関関係をみたのであるが、Fig. 10, 11 および Table 1 に示すごとくいずれも有意の相関関係が存在した。

ちなみにあとで触れる仮想円面積比と最大尿流率÷尿量×100および平均尿流率÷尿量×100との相関関係をみてみたが (Table 1)、それぞれ $r=-0.35$ ($P<0.01$)、 $r=-0.31$ ($P<0.01$) でいずれも有意の逆相関関係を有した。これは稲葉ら⁸⁾の報告と一致する。しかし、仮想円面積比と最大および平均尿流率の間にはそれぞれ $r=-0.15$ 、 $r=-0.12$ でいずれも相関関係は存在しなかった。

また後部尿道内圧曲線下面積と、最大尿流率÷尿量×100および平均尿流率÷尿量×100との相関関係をみてみたが (Table 1)、最大尿流率÷尿量×100の間では $r=-0.20$ ($P<0.05$) で逆相関関係が存在したが、平均尿流率÷尿量×100の間には $r=-0.13$ で相関関係はなかった。また後部尿道内圧曲線下面積と最大および平均尿流率との相関関係は、最大尿流率の間には、 $r=-0.30$ ($P<0.01$) で逆相関関係が存在したが、平均尿流率の間には相関関係はなかった。

(2) 平均加尿流率と仮想円面積比との相関関係について

前立腺超音波水平面断層像の形状は、前立腺の肥大の程度によって半月形から円形へと変化するが、大江ら¹⁾はその変形の度合を具体的に数値で表すべく仮想円面積比 (Fig. 2) を考案したが、仮想円面積比と残尿量とはよく相関したという。

今回前立腺肥大症患者について、平均加尿流率と仮想円面積比との間の関係をみたが、Fig. 12, Table 1 に示すごとく $r=-0.27$ ($P<0.01$) で有意の逆相関関係が存在した。

(3) 平均加尿流率と後部尿道内圧曲線下面積との相関関係について

尿道内圧曲線は後部尿道の静止状態における内圧を記録したものである。尿道内圧曲線から導かれるパラメーターとして、一般には機能的尿道長と最高尿道内圧が用いられることが多い。米山²⁾、Kondoら³⁾

は新たに後部尿道内圧曲線下面積 (Fig. 3) なるパラメーターを考案した。後部尿道内圧曲線下面積は機能的尿道長に相当する部分の尿道内圧曲線下の面積を求めたものであり、前立腺部尿道の内圧の総和に一致する。米山²⁾は、後部尿道内圧曲線下面積は前立腺肥大症例で著名に増加するといひ、Kondo ら³⁾は、摘出した前立腺の重量が後部尿道内圧曲線下面積とよく相関すると報告している。

今回前立腺肥大症患者について平均加尿流率と後部尿道内圧曲線下面積との相関関係を検討したが、Fig. 13, Table 1 に示すごとく、 $r = -0.26 (P < 0.01)$ で有意の逆相関関係が存在した。

3. 平均加尿流率の前立腺肥大症例と正常成人男子群との比較

前立腺肥大症患者および正常成人男子群の平均加尿流率をまとめて Fig. 14 に示した。前立腺肥大症例 100 例の平均加尿流率の平均は $2.85 \pm 2.34 \text{ ml/sec}^2$ で、正常成人男子の平均 $3.56 \pm 1.70 \text{ ml/sec}^2$ と比較し有意差はなかった。そのうち排尿障害の程度が強く、手術を行った症例は 20 例であったが、この手術症例 20 例の平均は $0.97 \pm 0.16 \text{ ml/sec}^2$ で、正常成人男子群と比較し $P < 0.01$ で、有意差を示した。

今回の検討から平均加尿流率 1.5 ml/sec^2 以下は手術適応例であると考えられた。

ちなみに、言うまでもないことであるが、排尿障害が強過ぎ、尿流率曲線を得ることのできなかつた前立腺肥大症例は、今回の前立腺肥大症例 100 例のなかにはふくまれていない。

結 論

尿流率曲線について、新しいパラメーター平均加尿流率を考案し、前立腺肥大症例の平均加尿流率について検討をおこなった。

1. 尿量とは相関関係は存在しない。
2. 最大および平均尿流率、仮想円面積比、後部尿道内圧曲線下面積などと、相関関係を有する。
3. 正常成人男子に比し、手術施行前立腺肥大症

例 (手術前) では有意に低値を示し、平均加尿流率のほぼ 1.5 ml/sec^2 以下は手術適応例と考えられた。

稿を終るにあたり、御懇篤なる御指導、御校閲を賜った恩師、今村一男教授に深謝の意を表します。また、御協力を頂いた教室員諸兄に感謝いたします。

なお本論文の要旨は、第75回日本泌尿器科学会総会において発表した。

文 献

- 1) 大江 宏, 齊藤雅人, 田中重喜, 板倉康啓, 渡辺 決: 前立腺肥大症の超音波診断. (第2報) 前立腺肥大症の成り立ちと仮想円面積比. 日超医論文集 32-61, 121-122, 1977
- 2) 米山威山: 積分器導入による Urethral pressure profile の定量化の試み. 日泌尿会誌 70:386-391, 1979
- 3) Kondo A, Narita H, Otani T, Takita T, Kobayashi M and Mitsuya H: Weight estimation of benign prostatic adenoma with urethral pressure profile. Br J Urol 51 290-294, 1979
- 4) Kaufmann JJ: A new recording uroflowmeter, a simple automatic device for measuring voided velocity. J Urol 78: 97-102, 1957
- 5) 中野 博, 石部知行, 仁平寛己: Uroflowmetry の臨床的検討. I. 前立腺肥大症および癌における Uroflowmetry. 西日泌尿 36: 432-438, 1974
- 6) 八竹 直, 秋山隆弘, 門脇照雄, 南 光二, 井口 正典, 金子茂典, 郡健二郎, 栗田 孝: 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
- 7) 北野太路, 榎知果夫, 中原 満, 安川明広, 碓井 亜, 中野 博, 仁平寛己: 下部尿路閉塞性疾患における尿流動態の研究. I. 成人男子における正常尿流量に関する検討. 西日泌尿 44: 695-701, 1982
- 8) 稲葉 正, 速水久嗣, 大西克実, 宮下浩明, 大江 宏, 渡辺 決: 前立腺肥大症の超音波診断 (第5報) 仮想円面積比と尿流量曲線. 日超医論文集 46-C-87, 819-820, 1985

(1988年2月19日受付)