

前立腺肥大症における排尿障害の水力学的研究

大阪医科大学泌尿器科学教室（主任：宮崎 重教授）

沼 田 正 紀

HYDRODYNAMIC STUDIES ON DISTURBANCE OF
MICTURITION IN BENIGN PROSTATIC
HYPERPLASIA SUBJECTS

Masanori NUMATA

*From the Department of Urology, Osaka Medical College**(Chairman: Prof. S. Miyazaki, M. D.)*

In order to investigate vesical function and processes of voiding in normal adults and in a cases of benign prostatic hyperplasia, the following study was conducted.

The measurement of the urethral resistance in uroflowmetric study is known as the "Pressure Flow Study" in our department. This research was conducted on 20 healthy adult males and 103 benign prostatic hyperplasia subjects.

A) Healthy adult male subjects.

1. Maximum intravesical voiding pressures were influenced during voiding by body positions. The pressures obtained in the standing position were highest and those in the sitting position were slightly diminished while those in the prone position were found to be lowest.

It was found that the volume (capacity of the bladder) had no relationship to the maximum intravesical pressure.

2. Flow rate was not found to be significantly different in standing or sitting positions. However, the volume was found to have a marked influence on the flow rate. It was found that in normal subject the flow rates were diminished with decreased volume.

3. Urethral resistance was not found to be influenced by position on voiding. Increase of volume resulted in decrease of urethral resistance.

From the above results obtained, uroflowmetric study, namely "Pressure Flow Study", was then performed only in standing position and with maximum volume.

B) Benign prostatic hyperplasia subjects.

1. Results from "Pressure Flow Study" in 103 benign prostatic hyperplasia cases were statistically analyzed with regards to urethral resistance, residual rate, volume, sizes of prostates.

2. In view of the statistical findings, 6 categories of grade of benign prostatic hyperplasia were proposed and the progression of this disease was discussed. In brief, during early stages the voiding pressure remains normal but the flow rate decreases; whereas in later stages residual urine occurs. In more advanced stages voiding pressure increases and residual urine diminishes. In later stages bladder pressure increases but flow rate becomes impaired and residual urine occurs again. These conditions become more severe throughout the course of disease, and finally result in total retention of urine.

目 次

緒 言

検査装置および検査方法

第Ⅰ編 正常成人男子群

- A. 検査対象
- B. 検査方法
- C. 検査成績
 - a. 排尿時最高膀胱内圧
 - b. 最大尿流量
 - c. 排尿時最低尿道抵抗値
- D. 考 察
- E. 総 括（第Ⅰ編の第Ⅱ編に対する意義）

第Ⅱ編 前立腺肥大症群

- A. 検査対象
- B. 検査成績
 - a. 最低尿道抵抗値を基準とした場合
 - b. 残尿率を基準とした場合
 - c. 膀胱容量を基準とした場合
 - d. 肥大前立腺の大きさを基準とした場合
- C. 総 括
- D. 考 察

結 語

文 献

緒 言

排尿困難を主訴として泌尿器科を訪れる患者のうち、その原因が前立腺肥大症である場合が最も多い。しかし、同じ前立腺肥大症による排尿困難であってもその程度は種々であり、したがってその治療方針も異なってくる。

本症の臨床的検査法としては、従来主として前立腺の直腸内触診、膀胱尿道線撮影、膀胱鏡検査などがおこなわれ、それらの結果に基づいて前立腺肥大症患者の治療方針が決められるのが普通である。しかし、これらの検査法はいずれも肥大前立腺の大きさ、形状などを知るためのもので、いわば形態学的検査法であり、本症を治療するうえに最も大切な排尿障害の機能検査法としては、わずかに残尿および残尿率の測定がおこなわれているに過ぎない。

そこで、著者および協同研究者はこの点に着目し、前立腺肥大症患者の排尿困難の程度を膀胱の排尿機能の面から知るために、以下に示すような水力学的検査法 (hydrodynamic study) をとりあげ、この方法を用いて本研究をおこなった。宮崎ら^{1,2)}はこの方法を「排尿力検査法」と称しているが、排尿時の膀胱内

圧と尿流量とを同時に測定し、この両者の値から排尿中の最低の尿道抵抗値を算出するものであって、著者はこれを正常成人男子群と前立腺肥大症群とについて施行し、その成績を統計的に観察するとともに、前立腺肥大症による排尿障害を分析して本症の病態進行の過程ならびに本検査法の臨床的意義について考察した。

検査装置および検査方法

膀胱壁の緊張、膀胱内圧、膀胱容量、尿流量、尿道抵抗などの関係を通じて排尿の機構を機能的に理解する目的で、多くの研究者によって種々の検査方法が報告されているが、いずれも検査の条件や具体的な方法などにおいてたがいにいくつかの相違点があるために、その検査成績にはかなりの差がみられる。

膀胱内圧測定についてみると、1876年 Dubois³⁾が経尿道的に膀胱内圧を測定する方法を発表し、その後多くの人びとによって追試がおこなわれ、また測定器や測定方法の改良がおこなわれている⁴⁻⁸⁾。一方、Adler⁹⁾は尿道を通してカテーテルを挿入せずに、恥骨上から細いポリエチレン・カテーテルを挿入して排尿時の膀胱内圧を測定する方法を紹介している。さらに、Gleason and Lattimer¹⁰⁾は膀胱内にカテーテルを挿入する代りに、小さな radio-transmitter を膀胱内に挿入して、内圧の変化を体外で遠隔的に測定する方法を発表した。排尿中の膀胱内圧と尿流量とを同時に測定する試みは Von Garrelts¹¹⁾によってはじめて報告され、その後多くの人びとがこの方法を用いて研究をおこない今日に至っている。

著者の施行した排尿力検査もこの方法にならったものであり、使用器具ならびに検査方法は宮崎¹⁾が1964年に報告しているものと全く同じである。すなわち、膀胱内に約 30°C の滅菌水を注入した後、細いポリエチレンチューブ (No. 4. アトム 留置栄養カテーテル、外径 1.35 mm) を経尿道的に外尿道口から膀胱内に留置し、これを高圧用電気圧力計 (日本光電製, MP-4T) に接続して排尿中の膀胱内圧を測定し、同時に管で低圧用電気圧力計 (日本光電製, MP-4T) と底部が接続しているシリンダー内に排尿させ、尿の増加に伴う水圧の上昇から尿流量を算出した。尿道抵抗値は Pierce¹²⁾、西村¹³⁾と同じく、 $R=P/F^2$ (R : 尿道抵抗値, P : 排尿中の膀胱内圧, F : 尿流量) から算出した。したがって、臨床的に意味のある最低尿道抵抗値は排尿中の最大尿流量時における膀胱内圧を最大尿流量の2乗で割った値にほぼ等しくなるが、本検査法についての詳細はすでに当教室の西村¹³⁾が報告してい

るので省略する。

第 I 編 正常成人男子群

A. 検査対象

排尿困難を訴えず、前立腺の直腸内触診、膀胱尿道レ線像、膀胱鏡検査などで下部尿路になんらの異常を認めない16～45歳の男子20名を本検査の対象とした。

B. 検査方法

排尿中の膀胱内圧、尿流量、尿道抵抗の正常値を知る目的で20名の成人男子について前記の方法で検査を施行した。また、実際に検査をおこなうにあたって膀胱内圧、尿流量および尿道抵抗などに影響を与える可能性のある要因（検査条件）として、排尿時の姿勢および排尿開始時の膀胱容量などが考えられるので、これらについても次のように検討した。

a. 排尿時の姿勢との関係：（イ）日常の排尿姿勢（立位）、（ロ）排便位（坐位）、（ハ）伏臥位の3種の体位で最大尿意のもとにおいて検査をおこなった。

b. 排尿時の膀胱容量との関係：（イ）最大尿意時（最大膀胱容量）、（ロ）最大膀胱容量の1/2の容量、（ハ）最大膀胱容量の1/4の容量において各3回検査をおこなった。

C. 検査成績

a. 排尿時最高膀胱内圧

最大尿意のもとにおいて、（イ）立位で測定した最高膀胱内圧は60.0～97.0 mmHgの範囲にあり、その平均は79.0 mmHgである。（ロ）坐位では53.2～85.0 mmHgで、その平均は70.0 mmHgである。（ハ）伏臥位では45.0～90.1 mmHgで、その平均は61.0 mmHgであり、Fig. 1 にみるごとく、立位、坐

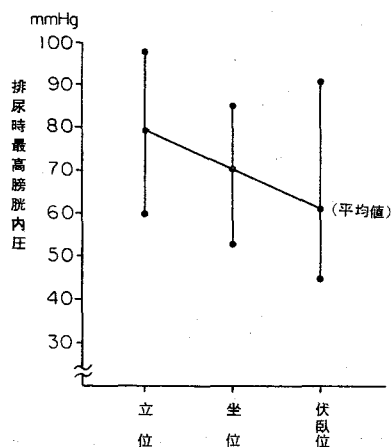


Fig. 1. 姿勢と排尿時膀胱内圧との関係

位、伏臥位の順に排尿時最高膀胱内圧は減少する傾向がみられた。

膀胱容量の変化に基づく最高膀胱内圧の変動は、Fig. 2 にみるごとく（すべて立位での排尿姿勢）、47.5～75.0 mmHg の範囲内にあり、同一人についてみると膀胱容量と膀胱内圧との間には一定の関係は認められない。

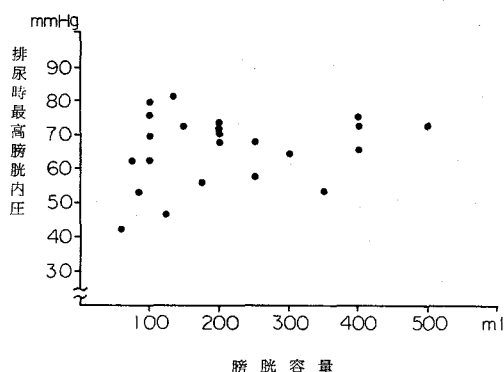


Fig. 2. 膀胱容量と排尿時最高膀胱内圧との関係

また、以上の検査成績から、正常成人男子の排尿時最高膀胱内圧は、最大膀胱容量において立位の排尿姿勢では47.5～97.0 mmHgであり、その平均値は62.4 mmHgであった。

b. 排尿時最大尿流量

最大尿意のもとにおいて立位で測定した排尿時最大尿流量は8～30 ml/secであり、その平均値は15.26 ml/secである。伏臥位で排尿が可能であった症例は少なく、これと立位、坐位との尿流量の比較をすることはできなかったが、立位と坐位との間には明らかな差はみられなかった。

膀胱容量と尿流量との関係は、Fig. 3 にみるごとく、例えば膀胱容量が500 mlのときの最大尿流量は16 ml/sec、250 mlのときには12 ml/sec、125 mlの

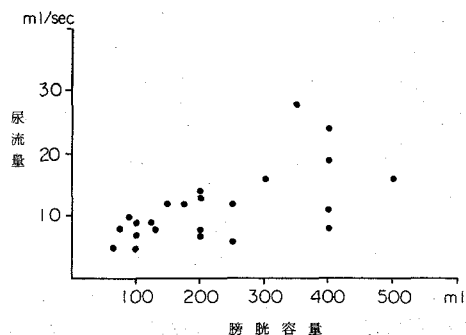


Fig. 3. 膀胱容量と尿流量との関係

ときには 8 ml/sec というように、同一人については膀胱容量の減少に伴い最大尿流量も減少する傾向がみられた。

c. 排尿時最低尿道抵抗値

最大尿意のもとにおいて、立位で測定した最低尿道抵抗値は $0.08 \sim 0.97 \text{ mmHg/ml}^2/\text{sec}^2$ であり、その平均値は $0.36 \text{ mmHg/ml}^2/\text{sec}^2$ である。排尿姿勢と最低尿道抵抗値との関係は、伏臥位での排尿可能な症例が少ないため結論を出すに至らなかったが、立位と坐位との間では明らかな差はみられなかった。

膀胱容量と尿道抵抗との関係については、Fig. 4 にみるごとく、膀胱容量の増加に伴い最低尿道抵抗が減少するのがみられた。

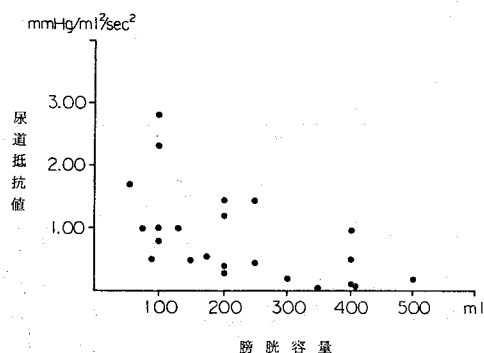


Fig. 4. 膀胱容量と尿道抵抗との関係

D. 考察

著者は排尿時最高膀胱内圧、最大尿流量および最低尿道抵抗について正常成人男子の正常値を得たので、それぞれについて他の研究者たちとの比較をおこない、さらに、排尿力検査に影響を与えと考えられる要因について検討し次のごとく考察した。

a. 排尿時膀胱内圧

排尿中の最高膀胱内圧の正常値は、1938年の Cheetham¹⁴⁾ から1966年の Pierce ら¹²⁾ に至るまでの欧米諸家の報告をみるとかなりの差がみられる。低いものでは Tristan ら¹⁵⁾ の $20 \sim 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ があり、高いものでは Olanesco and Streja¹⁶⁾ の $60 \sim 120 \text{ mmHg}$ がある。日本人については、木村¹⁷⁾ の 45.8 mmHg があるが、教室の西村¹³⁾ は $38.3 \sim 71.0 \text{ mmHg}$ (平均 58.0 mmHg) であると報告している。今回の著者の成績は $47.5 \sim 97.0 \text{ mmHg}$ (平均 62.4 mmHg) であり、西村の成績とほぼ同じ値である。

排尿時膀胱内圧にかんする知見としては、1876年の Dubois³⁾ 以来、膀胱内圧には個体差があるが、排尿時の膀胱容量の差による膀胱内圧にはほとんど差がみられず、また排尿時の姿勢によって膀胱内圧が変化する

ということが多くの学者によって支持されている¹⁸⁾。

著者の検査成績でも、排尿時の膀胱内圧は膀胱容量のいかんによってほとんど影響されていないが、排尿姿勢を変えると膀胱内圧は変化し、立位で最も高く、次いで坐位、伏臥位の順に低くなっている。これは腹腔内臓器の重量による影響であり¹⁹⁾、排尿時膀胱内圧は立位および坐位で伏臥位のほぼ2倍であるといわれている²⁰⁾。

次に、膀胱容量、排尿姿勢のほか、排尿時膀胱内圧に影響をおよぼすと考えられる因子に記録方法 (recording) と腹圧 (intra-abdominal pressure) とがある。まず記録方法についてみると、恥骨上経皮的膀胱内圧測定 (suprapubic recording) は Adler⁹⁾、Sandøe ら²¹⁾、Murphy ら²²⁾ によって報告されているが、この方法で測定をおこなうと経尿道的に内圧測定をおこなった場合 (transurethral recording) よりも低い値が得られるといわれている²³⁾。しかし Backman ら²⁴⁾ は、直径 1.55 mm 以上のカテーテルが検査に使用されるならば recording の方法が異なっても測定された膀胱内圧に差がないと報告している。

次に、膀胱内圧におよぼす腹圧の影響についてみると、Denny-Brown²⁵⁾ は排尿中と排尿開始直前とを除けば、膀胱内圧は腹腔内圧よりもほんの少し高い状態にあるのが普通であるといっている。排尿時の膀胱内圧におよぼす腹腔内圧の影響をしらべるために種々の試みがなされているが、Von Garrelts¹¹⁾ は腹腔内に生じる圧を計るために、患者の胃の中に nasogastric balloon を挿入したが、これによって排尿を助ける膀胱外の圧を測定することはできなかった。一方、Gleason ら²⁶⁾ は水を充満した balloon を直腸内に挿入して腹圧を測定し、その結果、排尿は2つの力よりなり、その1つは膀胱壁の収縮によって生ずる力、他の1つは外部の源 (胸部、腹部など) から膀胱壁にはたらくそこから膀胱内に伝達される力であると述べている。そしてかれは健康なヒトの排尿に際しては膀胱外の力は大きくはたらかないが、異常排尿すなわち神経系因性膀胱や下部尿路閉塞を有する患者では、腹圧が排尿時の膀胱内圧を大きく増加させていると報告しているが、このことは重要な一つの知見であると考えられる。

以上から、正常人の場合に限っていえば、排尿時膀胱内圧は排尿姿勢によって多少とも影響を受けるが、その他の要因すなわち膀胱容量、記録方法、腹圧などは測定に際してあまり考慮に入れなくてもよいものと考えられる。しかし、前立腺肥大症の患者の場合には、排尿にさいして腹圧が膀胱内圧に関与しているこ

とが考えられる。

b. 排尿時最大尿流量

著者の得た最大尿意時に測定した正常成人男子の排尿時最大尿流量は 8~30 ml/sec であり、その平均値は 15.26 ml/sec であった。これにかんして1948年の Drake²⁷⁾ から1966年の Pierce ら¹²⁾に至るまでの欧米諸家の報告をみると、Bryndorf and Sandøe²⁸⁾ の 13 ml/sec や、Scott and McIlhaney²⁹⁾ の 43 ml/sec などがあるが、だいたい 15~30 ml/sec が生理的範囲として一般に受けとられているようである。日本人では木村¹⁷⁾ の 34 ml/sec、西村¹³⁾ の 10~32 ml/sec (平均 16.4 ml/sec) がある。

膀胱容量と尿流量との関係についてみると、著者の成績では Fig. 3 に示したごとく、同一人では膀胱容量の増加に伴い排尿時最大尿流量は直線的な増加を示すが、Drake²⁷⁾、Von Garrelts¹¹⁾、Arbuckle ら²³⁾、Susset ら³⁰⁾、Pierce ら¹²⁾の報告も、同一人においては膀胱容量が増加するにつれて尿流量が増大すると述べている。

次に、膀胱容量のほかに尿流量に影響を与えると考えられる要因としては、(イ) 記録方法、(ロ) 排尿姿勢、(ハ) 腹圧、(ニ) 性別、(ホ) 年齢などが挙げられる。以下これらについて簡単に考察する。

(イ) 記録方法 (recording) について：Hopkins ら³¹⁾、Whitaker and Jonston³²⁾ らは恥骨上経皮的方法 (suprapubic method) に比して経尿道的方法 (transurethral recording) のほうが尿流量は大であると述べているが、他の研究者たち³³⁾は両者の間に差はみられないと報告している。

(ロ) 排尿姿勢について：Scott ら²⁹⁾は立位、坐位による排尿のほうが伏臥位よりも尿流量が大であるといい、Cardus ら³³⁾は立位で 13.5 ml/sec、斜位で 13.4 ml/sec であるのに対し伏臥位では 6.2 ml/sec であったと述べている。著者の成績は伏臥位で排尿可能であった症例が少なく、立位、坐位、伏臥位の3者を比較することはできなかったが、立位と坐位との間に差は認められなかった。

(ハ) 腹圧について：尿流量と腹圧との関係にかんする報告としては、1854年に Kohlrausch³⁴⁾ が腹圧を除外した男性の尿線の排出を観察したことに始まり、その後 Zatz³⁵⁾ は11人の女性に腹圧を加えて排尿させ、10人に尿流量の増加を認めたと述べている。Backman³⁶⁾ も女性について同様の報告をしているが男性についての記載は明かでない。

(ニ) 性別について：著者の今回の研究は前立腺肥大症患者の排尿障害の状態を調べるのが目的であり、

女性については測定をおこなっていないが、文献によれば平均的尿流量は一般に両性とも類似しているというのが大方の意見のようである¹⁹⁾。

(ホ) 年齢について：Fetter ら³⁷⁾ は508人の健康な女子の学童を検査して、年齢が増すと尿流量はわずかながら多くなるが、これは臨床的にはほとんど意味がないといっている。Von Garrelts³⁸⁾ は20歳以下、20代、30代、40代、50代、60代以上に分けて検査した結果、高年齢になるほど尿流量が減少すると報告し、Backman³⁶⁾ も同意見で、とくに男性にその傾向が強いと述べている。この問題にかんして、著者は前立腺肥大症の好発年齢である50歳以上の男性で下部尿路に疾患を有しない人の中から、無作為に5人を選んで(それぞれ53歳、60歳、68歳、72歳、79歳)排尿力検査を施行したが、尿流量はいずれも 9~22 ml/sec の範囲内にあり、50歳以上の男性では年齢の増加による尿流量の減少という結果は得られなかった。このことは、最大尿流量は25歳以下で 23 ml/sec、25~50歳で 16 ml/sec、50歳以上では 15 ml/sec であって、青年期と壮年期との間には明らかな有意差があるけれども、壮年期と老人期との間には有意差が認められないという Backman³⁶⁾ の報告と一致している。

以上のごとく、今回の著者の研究ならびに文献的考察から、尿流量に影響をおよぼす要因は種々あるが、そのなかで膀胱容量が最も明らかな要因であることがうかがわれた。

c. 排尿時最低尿道抵抗値

尿道抵抗値を算出するには従来次のような4通りの式が用いられている。

- 1..... $R = P/F^2$ (Pierce ら¹²⁾、西村¹³⁾)
- 2..... $R = \sqrt{P/F}$ (Zatz³⁵⁾、Backman ら²⁴⁾)
- 3..... $R = P_b - P_e/F^2$ (Smith ら³⁹⁾、Whitaker ら³²⁾)
- 4..... $K = \sqrt{2GP/V}$ (Sandøe ら²¹⁾)

R =resistance

P =intracystic pressure

F =flow rate

P_b =intracystic pressure

P_e =exit pressure

G =acceleration due to gravitation

V =corporecular velocity of urine

各研究者による排尿時最低尿道抵抗の正常値は、Susset ら⁴⁰⁾の0.25からPierce ら¹²⁾の0.55の範囲内にある。Boyarsky ら⁴¹⁾は尿流量が 15 ml/sec で最低尿道抵抗値が 0.4 以下であれば正常な排尿であるといっている。著者の成績では 0.08~0.97 mmHg/ml²/

sec² (平均値0.36) であり、西村⁴³⁾の0.03~0.56 (平均値0.24) よりもやや高い値であった。尿道抵抗に影響を与えると考えられるものに尿道の長さや直径の問題がある。Lapides⁴²⁾ や Jeffcoate⁴³⁾ は尿道の長さが長いほど尿道抵抗は大きくなるといい、Scott ら⁴⁴⁾ は男性の末梢尿道の抵抗は一定であって、後部尿道と括約筋が多様に変化して、これらが主として尿道抵抗に関係すると述べている。さらに、尿道の長さは尿道抵抗には無関係であるという人々もあり⁴⁵⁾、Zatz³⁵⁾ は16人の女兒について膀胱鏡で尿道の長さを計測した結果その長さは1.5~3.8 cm まであり、尿道抵抗は0.1~1.64であって相互になんらの関係もみられなかったと報告している。

正常な尿道の口径にかんしては、Ritter ら⁴⁶⁾ の0.27 cm, Huffman and Keitzer⁴⁷⁾ の0.30~0.40 cm という報告があるが、Backman ら²⁴⁾ は男性では年齢の増加につれてしだいに尿道が狭くなる傾向があり、25歳以下では0.40 cm, 26~50歳で0.34 cm, 50歳以上になると0.30 cm であって、尿道抵抗値は尿道の横断面に逆比例するといっている。

次に、膀胱容量と尿道抵抗との関係についてみると、諸家の報告と同じく著者の成績でも Fig. 4 に示すごとく、膀胱容量の増加に伴い尿道抵抗が減少する傾向がみられた。膀胱容量が増加すると筋線維の延長に伴って膀胱頸部が広がり、尿流量が増加して尿道抵抗の減少をきたすものと考えられる。健康な正常人に限っていえば、尿道の長さならびに直径と尿道抵抗との関係にかんする意見は多様であり、統一した見解はなく、また臨床上それほど重要な意味はないものと考えられる。

E. 総括 (第I編の第II編に対する意義の要約)

排尿時の膀胱内圧も尿流量もおおの単独の値のみから直ちに排尿困難の程度を評価することには危険があるが、これら両者を同時に測定し、さらにこれを用いて尿道抵抗を算出し、3者の値を比較検討し総合することによって、下部尿路の閉塞性疾患を形態的にではなく機能的に理解し、疾患の程度を量的に把握、診断して適切な治療に役立てることができる。

排尿時膀胱内圧測定に際して、膀胱内圧に最も影響を与えているものは排尿姿勢であり、立位および坐位では内圧が高くなることを認めた。また、排尿時尿流量に最も大きな影響を与えているものは膀胱容量であって、膀胱容量が多いほど尿流量が増加することが明らかとなった。すなわち、最大膀胱容量において、立位で排尿するときに尿道抵抗は最も低くなる。換言す

れば、この条件下で最も円滑に排尿がおこなわれるわけである。そのほか、50歳以上の男性では下部尿路に疾患がなければ、加齢に伴う尿道抵抗の増加はみられないことが判明した。したがって著者は、次の項にするところの、排尿困難を訴えて来院した前立腺肥大症患者に対しては、すべて滅菌蒸留水を最大尿意を訴えるまで膀胱内に注入した後、立位で排尿力検査を施行することとした。

第II編 前立腺肥大症患者群

A. 検査対象

1967年4月から1971年12月までの4年9ヵ月間に、大阪医科大学泌尿器科に受診した前立腺肥大症患者のうち103例を本検査の対象とした。

B. 検査成績

前立腺肥大症による排尿障害の程度は種々であって、会陰部の圧迫感や夜間の頻尿を主訴とする初期のものから、完全尿閉をきたしてはじめて医師を訪れるものまである。したがって、著者は前立腺肥大症における排尿障害の発生からその進行過程を考察するために、上記の検査対象について得られた排尿力検査の成績を、a. 尿道抵抗, b. 残尿率, c. 膀胱容量, d. 肥大前立腺の大きさなどの観点から統計的に観察した。

a. 最低尿道抵抗値を基準とした場合

排尿時最低尿道抵抗値を基準にして排尿困難の程度を次のごとく6段階(6群)に分類した。

mmHg/ml ² /sec ²		
A群:	0.10~1.13	15例
B群:	1.20~2.50	16例
C群:	2.65~15.18	15例
D群:	5.57~10.90	15例
E群:	11.27~36.25	15例
F群:	∞ (全尿閉)	27例

以下、尿流量、膀胱内圧、残尿率、膀胱容量などについて各群を比較することにする。

(1) 最大尿流量について

ml/sec 平均値	
A群:	7~22 (10.7)
B群:	5~10 (5.0)
C群:	4~8 (5.0)
D群:	3~4 (3.4)
E群:	2~6 (2.6)
F群:	0

これら各群の平均値を図で示したのが Fig. 5 であ

り、A, B, C, D, E, F 群の順に尿流量はしだいに減少している。

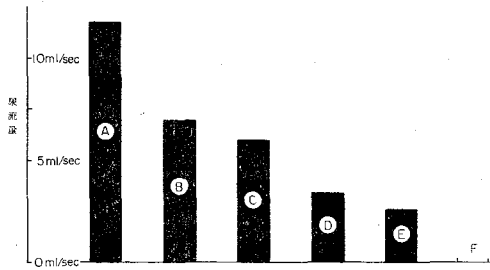


Fig. 5. 排尿障害の進行度からみた尿流量の変化

(ロ) 膀胱内圧について

	mmHg	平均値
A 群	40~104	(73.7)
B 群	55~160	(96.5)
C 群	64~160	(103.7)
D 群	65~165	(114.7)
E 群	50~164	(113.7)
F 群	55~132	(87.6)

これら各群の平均値を図で示したのが Fig. 6 であり、平均値でみると A 群から D 群までは膀胱内圧は漸次上昇するが、D 群と E 群とは有意差はなく F 群では逆に低下している。また、さきにした尿流量の場合とは異なり、それぞれの群のなかにおいても症例による差が大きいことがわかる。

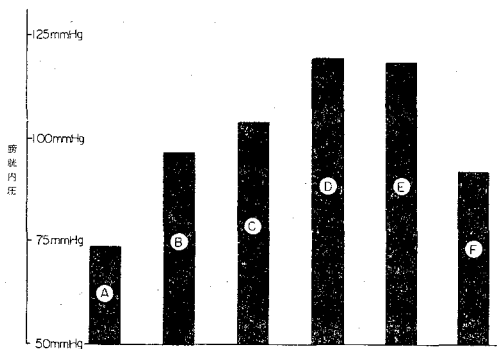


Fig. 6. 排尿障害の進行度からみた膀胱内圧の変化

(ハ) 残尿率について

	%	平均値
A 群	0~56	(15.6)
B 群	0~45	(18.1)
C 群	0~58	(32.0)
D 群	20~91	(49.8)
E 群	25~88	(56.2)
F 群	100	

これら各群の平均値を図で示したのが Fig. 7 であり、これからみると残尿率は A, B, C, D, E, F 群の順に漸次上昇している。しかし、膀胱内圧の場合と同様あるいはそれ以上に、それぞれの群のなかにおいても症例によってかなり大きな相違がみられる。例えば、尿道抵抗値が同じ 5 の症例でもその残尿率は 7% のものから 46% のものまであり、また尿道抵抗値が 15 の症例でも残尿率が 32% のものと 85% のものがあった (Fig. 8 参照)。

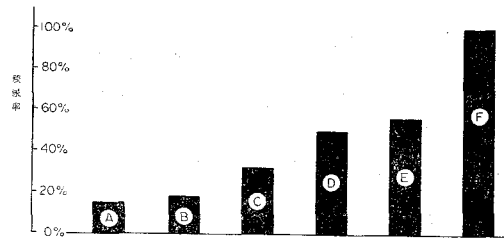
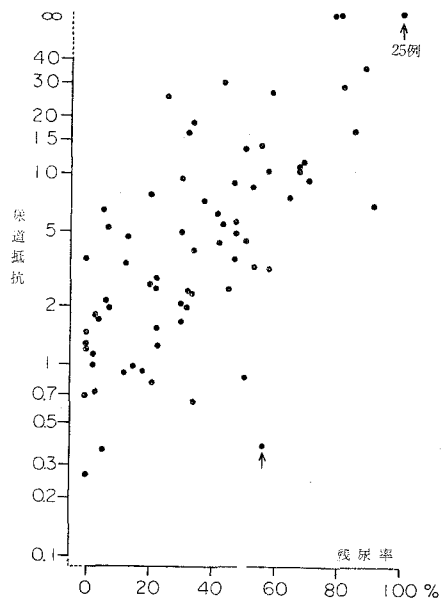


Fig. 7. 排尿障害の進行度からみた残尿率の変化



(97例 このうち無限大が25例、その他72例)

Fig. 8. 尿道抵抗と残尿率との関係

(ニ) 膀胱容量について

	ml	平均値
A 群	190~490	(328.2)
B 群	180~480	(291.9)
C 群	100~400	(255.7)
D 群	125~390	(207.5)
E 群	160~300	(206.3)
F 群	175~600	(301.6)

これら各群の平均値を図で示したのが Fig. 9 である。これからみると膀胱容量はA, B, C, D群の順に次第に減少するが、膀胱内圧の場合と同様D群とE群との間に有意差はなく、F群では逆に増加している。

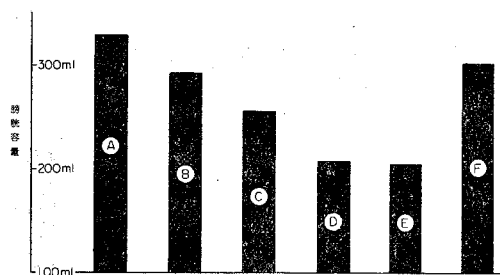


Fig. 9. 排尿障害の進行度からみた膀胱容量の変化

b. 残尿率を基準とした場合

前項は排尿障害の進行を尿道抵抗を基準にして検討したものであるが、同じ症例について観点を变えて、残尿率を基準にして排尿力検査の成績を検討してみた。

(イ) 残尿率と最大尿流量との関係：Fig. 10 に図示したごとく、残尿率が上昇するにつれて尿流量はしだいに減少している。

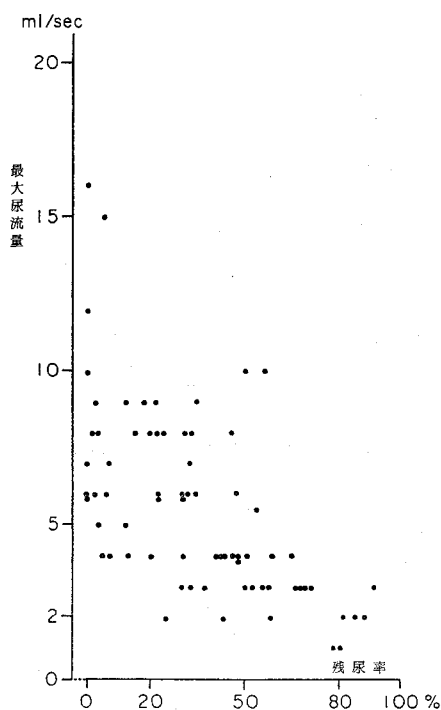
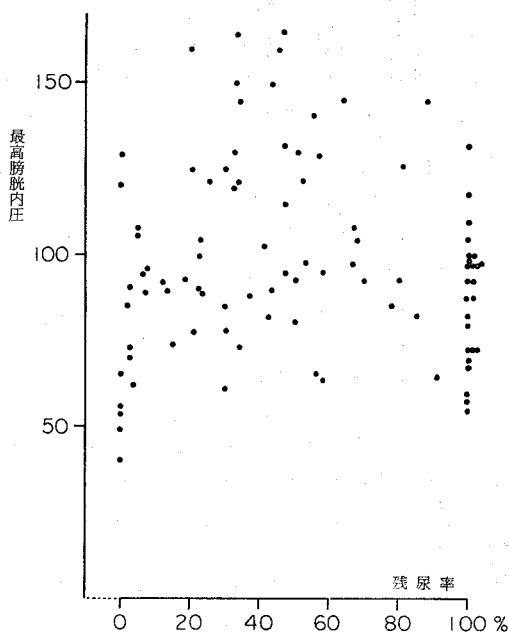


Fig. 10. 残尿率と最大尿流量との関係 (72例)

(ロ) 残尿率と最高膀胱内圧との関係：Fig. 11 にみるごとく、両者の間には一定の直線の関係は存在せず、残尿率20～50%の間において非常に高い膀胱内圧を示す症例が多くみられる。すなわち、残尿率が高い症例のなかには膀胱内圧が非常に高くなる症例と、それほど上昇しない症例との2群が含まれていることが観察される。



(97例：このうち残尿率100%が25例、その他72例)

Fig. 11. 残尿率と排尿時最高膀胱内圧との関係

c. 膀胱容量を基準とした場合

(イ) 膀胱容量と尿流量との関係

健康な同一人については膀胱容量が増加するにつれて最大尿流量が増加することは第I編において述べた。しかし、前立腺肥大症患者を全体としてながめてみると Fig. 12 にみるごとく、膀胱容量と尿流量との間に特定の関係を見いだすことはできなかった。

(ロ) 膀胱容量と膀胱内圧との関係

Fig. 13 にみるごとく、全尿閉の患者を除けば、膀胱容量の少ないものに膀胱内圧の高いものが多いという傾向がうかがわれた。

d. 肥大前立腺の大きさを基準とした場合

肥大前立腺の大きさを客観的に表現するための1つの手段として、著者は斜位尿道膀胱線像における前立腺部尿道の長さを計測し、以下のごとき検討をおこなった。

(イ) 健康な老人と前立腺肥大症患者とにおける前

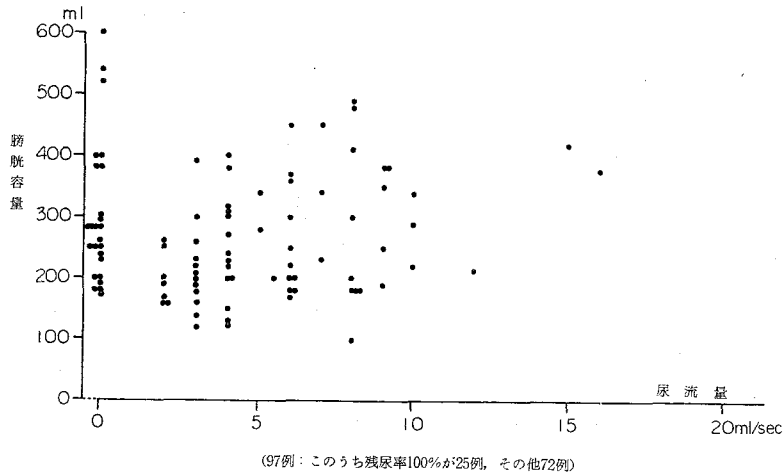


Fig. 12. 膀胱容量と最大尿流量との関係

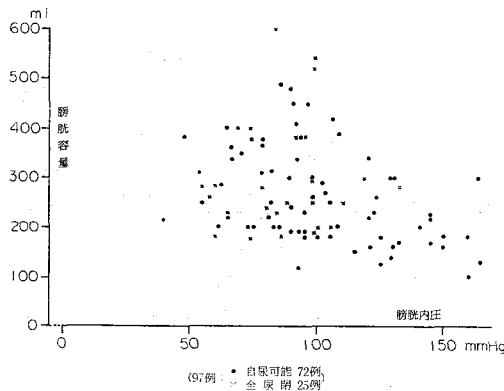


Fig. 13. 膀胱容量と排尿時最高膀胱内圧との関係

立腺部尿道の長さの比較

なんら排尿障害を訴えない60歳以上の健康男子10人について、前立腺部尿道の長さを測定した結果は 3.7～5.7 cm, 平均 4.4 cm であった。一方、前立腺肥大症患者20例についてみると前立腺部尿道の長さは 4.4～8.7 cm, 平均 6.6 cm であり、両者の間に有意差を認めた (Fig. 14)。

(ロ) 摘出した前立腺の重量と前立腺部尿道の長さとの関係

手術 (simple retropubic prostatectomy) により摘出した20症例の前立腺腫の重量は10～56 gであり、その術前の前立腺部尿道の長さは 4.4～8.7 cm であった。全体的にみると腺腫が大きいものほど前立腺部尿道も長いという傾向がみられる (Fig. 15)。

(ハ) 尿道抵抗値と前立腺部尿道の長さとの関係

前立腺部尿道の長さを横軸に、尿道抵抗値を縦軸にとって、63症例の成績を図で示したのが Fig. 16 であ

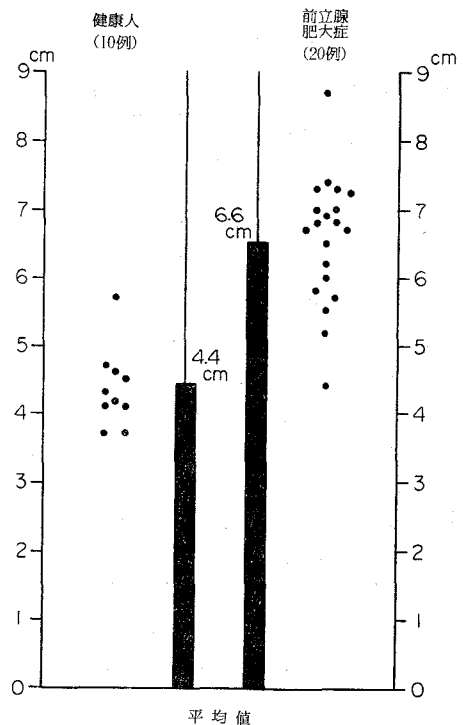


Fig. 14. 健康人と前立腺肥大症患者における前立腺部尿道の長さの比較

って、一見して多くの点が全く無意味に散在しており、なんらの相関関係もないように見える。しかし、このうちの完全尿閉を除く50例について前立腺部尿道の長さを 1 cm 単位で6群に分ち、各群の尿道抵抗の平均値を比較してみると、Table 1 に示すごとく、前立腺部尿道が長いものほど尿道抵抗の平均値が高く

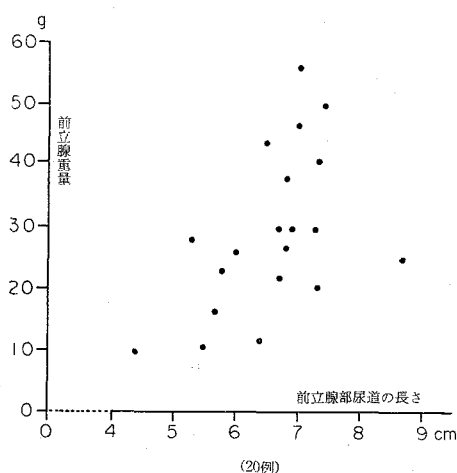


Fig. 15. 摘出前立腺重量と前立腺部尿道の長さとの関係

なっていることがわかる。

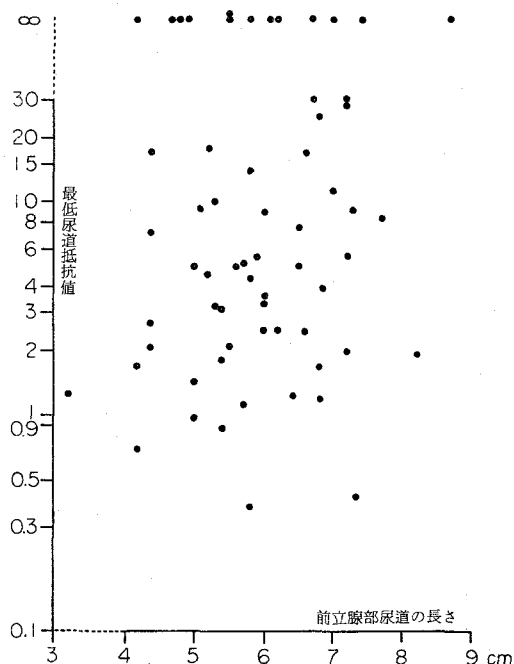
Table 1. 前立腺部尿道の長さとう道抵抗との関係

尿道抵抗値	前立腺部尿道の長さ					
	4 cm 以下	4 < 5	5 < 6	6 < 7	7 < 8	8 cm 以上
平均値	1.27	4.16	5.6	9.10	19.37	1.95
症例数	1	9	20	12	7	1

($R=\infty$ を除く50例)

C. 総括

まず、尿道抵抗を基準にして前立腺肥大症 (103例) を6群に分ち、これを前立腺肥大症における排尿障害の進行度として各群を比較すると、排尿障害の進行に伴って尿流量はしだいに減少し、残尿率はしだいに上昇する。しかし、膀胱内圧は排尿障害の進行につれてある程度までは上昇するが全尿閉群では逆に低下し、膀胱容量もある程度まではしだいに減少するが全



(63例：このうち無限大13例、有限50例)

Fig. 16. 尿道抵抗値と前立腺尿道の長さとの比較

尿閉群では逆に増加の傾向がみられる。以上の成績を一括して表に示したのが Table 2 である。

次に、残尿率を基準にして眺めると、残尿率が上昇するにつれて尿流量は一樣に次第に減少するが、膀胱内圧には上昇または不変という2つの傾向がみられ、そのため残尿率の上昇に伴って尿道抵抗は全体として増加する。

前立腺肥大症患者において排尿障害が進行すれば一般に尿流量は減少する。しかし、尿流量と膀胱容量との間には全体として相関関係がみられず、Claridge⁴⁸⁾ のように膀胱容量のみを基準として排尿障害の程度を推測することはできないが、膀胱容量が少ないも

Table 2. 排尿障害の進行度からみた各要因の変動

	A	B	C	D	E	F
尿道抵抗例数	0.10~1.13 (15例)	1.20~2.50 (16例)	2.65~5.18 (15例)	5.57~10.90 (15例)	11.27~36.25 (15例)	∞ (27例)
P (膀胱内圧)	73.7 (40~106)	96.5 (55~160)	103.7 (64~160)	114.7 (65~165)	113.7 (50~164)	87.6 (55~132)
F (尿流量)	10.7 (7~22)	7.0 (5~10)	5.0 (4~8)	3.4 (3~4)	2.6 (2~6)	0
膀胱容量	328.2 (190~490)	291.9 (180~480)	255.7 (100~400)	207.5 (125~390)	206.3 (160~300)	301.6 (175~600)
残尿率	15.6 (0~56)	18.1 (0~45)	32.0 (0~58)	49.8 (20~91)	56.2 (25~88)	100

(尿道抵抗=2.50が2例あったためB群のみ16例となった)

のに排尿時最高膀胱内圧の高いものが多くみられた。

肥大前立腺の大きさと排尿障害の程度との関係を知る目的で、肥大前立腺の大きさを術前に推測するための1つの方法として、尿道レ線像における前立腺部尿道の長さを計測し、これを健康老人と肥大症患者とについて比較し、さらに摘出前立腺重量と比較検討した結果、前立腺部尿道の長さは全体的にみて前立腺腫の大きさに比例することを知った。また、前立腺部尿道が長いものほど最低尿道抵抗値が高いという傾向がみられた。

D. 考 察

一般に前立腺肥大症は老年男子の慢性疾患であって、その臨床経過は非常に長く、Guyon⁴⁹⁾はこれを3期に分けている。しかし、その分類は臨床症状、直腸内触診、膀胱鏡検査、レ線検査などの形態的所見によって漠然と分けられている感があり、排尿という機能的な面からはわずかに残尿にかんして述べているに過ぎない。そこで今回著者は、前立腺肥大症における排尿障害を水力学的に検査 (hydrodynamic study) することによって、本症の病態進行過程を排尿機能におよぼす影響という立場から詳細に検討し、従来おこなわれているような形態的分類ではなく、前立腺肥大症を機能的に分類して本症の治療に役だてようと試みた。

まず残尿と排尿障害の程度についてみると、Zatz³⁵⁾は尿流量が多いものには残尿を有する症例は少なく、残尿が認められる症例では尿流量も少なく尿道抵抗値が高かったと述べている。残尿は確かに排尿困難が存在することの1つの指標にはなるが、これのみから排尿困難の程度までうんぬんすることはできない。著者の成績では、残尿率が上昇するにつれて尿流量はしだいに減少する傾向がみられたが、排尿時最高膀胱内圧については非常に高くなるものと、あまり変らないものとの2群があることが観察された。このことは排尿困難に関連して膀胱の機能を考える場合に、膀胱という臓器も心臓におけると同様に、機能障害の初期においては代償機能を営んでいる時期があることを示唆するものであろう。

次に著者は尿道レ線像における前立腺部尿道の長さを計測し、これを前立腺の大きさを知るための客観的な1つの指標として排尿障害の程度との関連について検討したが、前立腺部尿道が長いほど尿道抵抗が高いという結果が得られた。しかしながら、各症例の間ではかなり大きな差がみられる。すなわち、前立腺の大きいものほど一般的にみて排尿障害が高度なものが多いということではできるが、個々の症例について前立腺

が大きいから排尿障害も高度であると結論することはできない。要するに、排尿障害の程度を推測するうえに尿道レ線像上で前立腺部尿道の長さを計測することは、おおいに参考になるが1つの要因であるに過ぎない。そのおもな理由は、前立腺の大きさを推測するための他の要因として直腸内触診所見が重要であり、そのほかにも膀胱鏡所見、炎症の有無、最近ではシンチグラムなども利用されているが、実際の前立腺の大きさはこれらを総合して判断しなければならないからである。

最後に、本論文の主目的である前立腺肥大症における排尿障害の発生からその進行過程について述べる。今までにしるしたすべての排尿力検査の成績を総合して統計的に観察し、さらに個々の症例について検討した結果に基づいて、本症の排尿障害の起こり方および進行にかんして次のような1つのモデルを想定した。

1st Stage: 最初に尿流量の減少が起こるが、排尿時膀胱内圧は全く正常である。残尿は始めのうちは存在しないがしだいに認められるようになる。患者は頻尿、次いで尿勢減弱、さらには残尿感を訴えるようになる。

2nd Stage: しだいに排尿時膀胱内圧が上昇して、正常の1.5～2倍の圧で排尿するようになる。そのために尿流量は1st Stageに比較して若干増加し、残尿もかえって一時減少する。この時期においては患者は排尿困難をほとんど自覚せず、むしろ病気が軽快したように思う。この時期はいわば膀胱の代償機能期である。

3rd Stage: 2nd Stageにおけると同様の、あるいはそれ以上の高い膀胱内圧で排尿をおこなうにもかかわらず、尿流量は減少してふたたび残尿を認めるようになる。患者も尿の出方が悪くなったと訴える。

Table 3. Pressure-flow study からみた BPH における dysuria 発生の経過にかんする model (残尿の意義)

	P	F	R	残尿率
正 常	→ 54	→ 22	→0.10	0
	— 65	↓ 7	↑1.28	0
1st Stage	→ 65	↓ 6	↑1.69	+ 30%
	→ 60	↘ 10	→0.34	++ 50%
2nd Stage	↑ 120	↘ 10	↑1.20	0
3rd Stage	↑ 129	↓ 6	↑3.60	0
	↑ 120	↓ 7	↑2.45	+ 30%
4th Stage	↑ 95	↓↓ 2	↑↑27.2	++ 50%
5th Stage	↑↑ 164	↓↓ 3	↑↑18.2	+ 30%
	141	3	↑↑13.9	++ 50%
Last Stage	↑ 110	↓↓ 0	↑ ∞	+++100%
	→ 68	↓ 0	↑ ∞	+++100%

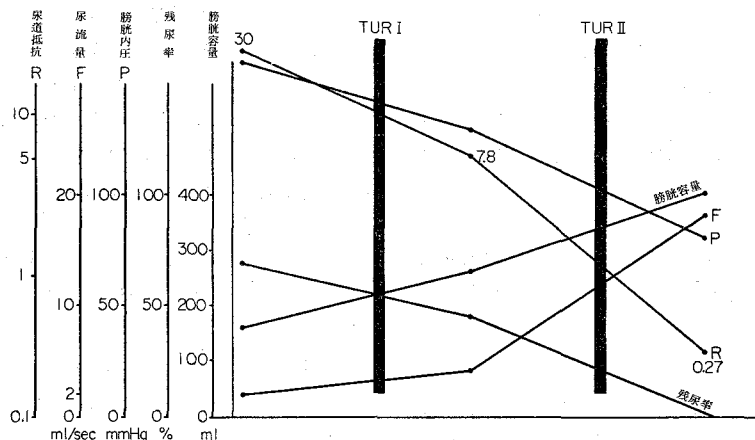


Fig. 17. 症例 66歳 前立腺肥大症 術前、術後の経過

4th~5th Stage: 膀胱内圧はさらに上昇して正常の2~3倍に達するが、それに伴う尿流量の増加は全くみられず、逆にますます減少して2~4 ml/secとなる。また、常に多量の残尿を有するようになる。患者は高度の排尿困難、排尿後不快感、頻尿ならびに排尿痛などを訴える。この時期以後はいわば膀胱の代償機能不全期である。

Last Stage: 代償性に上昇していた膀胱内圧はいくぶん低下し、全く排尿ができなくなる(完全尿閉)。この時期になると膀胱壁には肉柱形成などの器質的变化も高度となり、多少とも尿路感染を伴い、放置すればだいに腎機能の低下をきたす。以上述べた排尿障害の進行度を表で示したのが Table 3 である。

ここで、このモデルが実際の臨床例にあてはまるかどうか調べるために、次に1つの例を挙げてみることにする。

症例：66歳、男子、主訴は排尿困難。治療前の検査成績は残尿率70%、膀胱容量160 ml、排尿時膀胱内圧150 mmHg、最大尿流量2 ml/sec、最低尿道抵抗値30 mmHg/ml²/sec²であった。治療としてTURP(経尿道的前立腺切除術)を2回施行したが、治療後の検査成績は残尿0、膀胱容量400 ml、排尿時膀胱内圧80 mmHg、最大尿流量18 ml/sec、尿道抵抗値0.27 mmHg/ml²/sec²となり、全く正常の値に回復している。

本症例の経過は Fig. 17 に示したが、これを逆にたどってゆくと、さきにした著者の提示した排尿障害の進行過程のモデルと全く一致し、疾病の進行状態が逆に再現されていることがわかる。

前立腺肥大症患者の診察にさいして、その患者の排尿障害の程度がどの Stage にあるかを診断し、それ

ぞれの症例に応じた適切な治療をおこなうために本モデルはおおいに役だつものと思う。ことに、前にもしたごとく、従来前立腺肥大症の病気分類には形態的検査の所見が重視され、排尿機構におよぼす悪影響を知るための機能的検査としてはわずかに残尿測定が施行されているだけであったが、著者のおこなった排尿力検査(pressure flow study)によって、同じ残尿を有する本症患者にも1st Stageの後半のものと、3rd Stage以後のものがあることが判明したが、これらを鑑別することも本症の治療上重要なことの1つであると考えられる。

結 語

従来前立腺肥大症の病期分類は触診所見その他の主として形態的検査によっておこなわれており、機能的な面からはわずかに残尿だけが考慮されているのが一般であった。しかし、前立腺肥大症の進行過程は肥大前立腺の膀胱の排尿機能におよぼす影響という機能面から考えるほうが、本症患者を治療する立場からはより理にかなっているものと考えられる。そこで著者は、膀胱機能をしらべるために、まず正常成人男子について排尿力検査(pressure flow study)をおこない、本検査施行にさいしての具体的な問題点を検討し、次いで前立腺肥大症患者103例に対して同様の検査を施行して以下のごとき成績を得た。

A. 正常成人男子について。

1. 排尿時最高膀胱内圧は排尿時の姿勢によって異なり、立位で最も高く、坐位、伏臥位の順に低下する。しかし、膀胱容量と最高膀胱内圧との間に一定の関係は認められない。

2. 最大尿流量については立位と坐位とで明らかな

差は認められないが、同一人においては膀胱容量の減少に伴い最大尿流量も減少する傾向がみられた。

3. 尿道抵抗にかんしても立位と坐位とで明らかな差は認められないが、膀胱容量が増加するにつれて最低尿道抵抗値は低下する。

以上の結果にもとづき、次にしるす前立腺肥大症患者に対する排尿力検査はすべて立位で、最大尿意量(膀胱容量)において施行した。

B. 前立腺肥大症患者について。

1. 前立腺肥大症患者 103 例についての検査結果は第Ⅱ編の総括にしるしたごとくであり、その成績を尿道抵抗、残尿率、膀胱容量、肥大前立腺の大きさなどを基準としてそれぞれ考察した。

2. 上記の検査成績に基づいて前立腺肥大症の病期を機能面から 6 期に分類し、本症の進行過程を次のように考えた。すなわち、初期においては排尿時膀胱内圧は正常であるが、尿流量の減少が起こり、しだいに残尿を生ずるようになる。次いで、漸次排尿時膀胱内圧が上昇して残尿は一時減少する。しかしさらに進行すると、排尿時膀胱内圧はいっそう上昇するにもかかわらず尿流量は減少してふたたび残尿を認めるようになる。この傾向は疾病の進行に伴ってますます顕著となり多量の残尿を有するようになるが、最終的には全く排尿が不能となる。

稿を終るに当たり、本研究にご協力くださった教室員の皆様にお礼申し上げます。

なお、本論文の要旨は第60日本泌尿器科学会総会において発表した。

参 考 文 献

- 1) 宮崎 重：皮と泌，**26**：3，1964.
- 2) 宮崎 重：日泌尿会誌，**63**：727，1972.
- 3) Dubois：(佐藤 誠：日泌尿会誌，**29**：447，565，771，1940. より引用)
- 4) Rose, D.K.: J. Urol., **17**：487，1927.
- 5) Lewis, L.G.: J. Urol., **41**：683，1939.
- 6) 佐藤 誠：日泌尿会誌，**29**：447，565，771，1940.
- 7) Lapides, J. and Dodson, A.: J. Urol., **69**：96，1953.
- 8) Marschall, S.: J. Urol., **91**：458，1964.
- 9) Adler, A.: (木村泰次郎：泌尿紀要，**14**：251，1968. より引用)
- 10) Gleason, D.M. and Lattimer, J.K.: J. Urol., **87**：507，1962.
- 11) Von Garrelts, B.: Acta chir. Scand., **114**：49，1957.
- 12) Pierce, J.M. Jr.: Hopkins, W.F. and Roberts, V.L.: J. Urol., **95**：516，1966.
- 13) 西村保昭：泌尿紀要，**15**：397，1969.
- 14) Cheetham, J.: (Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological Urology, **44**，1971. より引用)
- 15) Tristan, T.A.: Murphy, J.J. and Schoenberg, H.W.: Radiology, **79**：731，1962.
- 16) Olanesco, G. and Streja, M.: (Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological Urology, **44**，1971. より引用)
- 17) 木村泰次郎：泌尿紀要，**14**：251，1968.
- 18) Dubois, P.: (Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological Urology, **44**，1970. より引用)
- 19) Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological Urology, p. 44, S. Karger, Basel, München, Paris, New York, 1971.
- 20) Zinner, N. and Paquin, A. Jr.: J. Urol., **90**：719，1963.
- 21) Sandøe, J., Bryndorf, E.A. and Gertz, T.C.: (Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological Urology, **44**，1971. より引用)
- 22) Murphy, J.J. and Schoenberg, H.W.: J. Urol., **84**：106，1960.
- 23) Arbuckle, L.D. and Paquin, A.J.: Invest. Urol., **1**：193，1963.
- 24) Backman, K., Von Garrelts, B. and Sundblad, R.: Acta chir. Scand., **132**：403，1966.
- 25) Denny-Brown, D. and Robertson, E.: Brain, **56**：149，1933.
- 26) Gleason, D.M. and Lattimer, J.K.: J. Urol., **92**：156，1964.
- 27) Drake, W.M. Jr.: J. Urol., **59**：650，1948.
- 28) Bryndorf, J. and Sandøe, D.: (Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological Urology, **44**，1971. より引用)
- 29) Scott, R. Jr. and McIlhaney, J.S.: J. Urol., **85**：980，1961.
- 30) Susset, J.G., Rabinovitch, H. and Mockinson, K.J.: J. Urol., **94**：113，1965.
- 31) Hopkins, W.F., Pierce, J.M. and Roberts, V.L.: J. Urol., **94**：479，1965.
- 32) Whitaker, J. and Johnston, G.S.: Invest. Urol., **4**：235，1966.
- 33) Cardus, D., Quesada, E.M. and Scott, F.B.: J. Urol., **90**：425，1963.

- 34) Kohlrausch, O.: (Bors, E. and Comarr, A. E.: Neurological Urology, 44, 1971. より引用)
- 35) Zatz, L. M.: Invest. Urol., **3**: 278, 1965.
- 36) Backman, K. A.: Acta chir. Scand., **130**: 357, 1965.
- 37) Fetter, T. R., Drake, W. M. Jr. and Perez, J. A.: (Zatz, L. M.: Invest. Urol., **3**: 278, 1965. より引用)
- 38) Von Garrelts, B.: Acta chir. Scand., **115**: 227, 1958.
- 39) Smith, J. C., Edwards, D. and Bryant, G. H.: Brit. J. Urol., **38**: 542, 1966.
- 40) Susset, J. G., Ravinovitch, H. H., Rosario, F. and Mackinnon, K. J.: J. Urol., **96**: 746, 1966.
- 41) Boyarsky et al.: (Bors, E. and Comarr, A. E.: Neurological Urology, 44, 1971. より引用)
- 42) Lapidus, J.: (Bors, E. and Comarr, A. E.: Neurological Urology, 44, 1971. より引用)
- 43) Jeffcoate, T. N. A.: Brit. J. Urol., **37**: 633, 1965.
- 44) Scott, F. B., Quesada, E. M. and Cardus, D.: J. Urol., **92**: 455, 1964.
- 45) Ardran, G. M., Cope, V., Essenhig, D. M. and Tuckey, M.: Brit. J. Urol., **29**: 329, 1967.
- 46) Ritter, R. C., Zinner, N. R. and Paquin, A. J.: J. Urol., **91**: 161, 1964.
- 47) Huffman, G. C. and Keitzer, W. A.: Invest. Urol., **3**: 1, 1965.
- 48) Claridge, M.: Brit. J. Urol., **37**: 620, 1965.
- 49) Guyon: (木本誠二編：現代外科学大系, **42A**: 196, 中山書店 1969. より引用)

(1975年6月6日受付)