

前立腺肥大症における等容性排尿筋圧の臨床的意義

大阪医科大学泌尿器科学教室 (主任: 宮崎 重教授)

西 本 和 彦

CLINICAL EVALUATION OF ISOMETRIC DETRUSOR PRESSURE IN PATIENTS WITH BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA

Kazuhiko Nishimoto

From the Department of Urology, Osaka Medical School

The subjects chosen for this investigation were 88 patients with benign prostatic hyperplasia who proved not to have neurogenic bladder and 6 male volunteers without lower urinary tract disorders. In addition to the conventional preoperative urodynamic studies, isometric detrusor pressure was measured by the technique with balloon occlusion at the bladder neck. Although all 88 patients had undergone either transurethral resection of the prostate or subcapsular prostatectomy and routine postoperative examinations revealed sufficient canal formation in the prostatic urethra, in 23 patients (26.1%) a significant amount of residual urine was still observed and/or maximum urinary flow rate was considerably low. A retrospective analysis of the data from this study suggested that maximum isometric detrusor pressure is a useful parameter for the prediction whether or not micturition is improved after the removal of organic lower urinary tract obstruction, especially in cases with low detrusor pressure during urination. Furthermore, measurement of the maximum isometric detrusor pressure might be helpful in making the diagnosis of the clinical stage of benign prostatic hyperplasia, since several different stages could be defined by the value of maximum detrusor pressure during urination and maximum isometric detrusor pressure.

(Acta Urol. Jpn. 36: 19-26, 1989)

Key words: Isometric detrusor pressure, Urodynamic studies, Benign prostatic hyperplasia

緒 言

近年、前立腺肥大症 (BPH) に対する手術療法は医療技術の向上によって良好な成績がえられるようになった。しかし、前立腺部尿道の閉塞を手術的に充分に除去することができたにもかかわらず、尿流量率や残尿量にあまり改善がみられない症例もある。このような症例では、神経因性膀胱を合併しているとか、あるいは長期にわたる下部尿路通過障害によって排尿筋の収縮機能が低下していることが推察される。従って、BPH 患者の手術適応を決定し、その予後を推察するためには、これらの合併症の有無ならびにその程度を正確に知っておく必要がある。従来、器質的下部尿路通過障害の程度を評価するため尿道抵抗を測定する試みが数多く報告されているが、排尿筋の収縮機能について調べた研究はあまりみられない。

当教室では、尿水力学的検査として以前から排尿時

の排尿筋圧と尿流量率の同時測定を行っているが、今回著者はこれに加えて等容性排尿筋圧 (isometric detrusor pressure) の測定を行い、本検査の臨床的有用性について検討した。

対象ならびに方法

1983年8月から1986年7月までの3年間に当科で手術療法を施行した BPH 患者のうち、神経因性膀胱の合併がなく、術後に行った尿道造影あるいは内視鏡検査で充分に通過障害を除去しえたことが確認された88名を本研究の対象とした。年齢は47歳から87歳 (平均69.8歳) であり、術式としては経尿道前立腺切除術 (TUR-P) を行ったものが81名、被膜下前立腺摘除術を行ったものが7名であった。なお、同時期に当科外来通院中あるいは入院中の患者のうち、下部尿路に異常のない男性6名 (43~74歳, 平均61.0歳) を対照とした。

排尿筋圧と尿流量率の同時測定および等容性排尿筋圧の測定は、術前および術後10日目から14日目の間に以下に記すような方法で行った。なお、術後の検査で残尿が認められた患者および尿流量率が改善されなかった患者に対しては、術後6カ月から1年の間に再検査を施行した。

〔I〕 排尿筋圧と尿流量率の同時測定

すでに報告されている Hasegawa ら¹⁾や Kitagawa ら²⁾の方法に準じて行った。4Fr. Atom's feeding tube を経尿道的に膀胱内に2本留置し、一方を圧測定用として圧トランスデューサーに、他方を蒸留水注入用として注入用ポンプに接続した。患者を立位にした後120 ml/min の速度で蒸留水を膀胱内に注入し、最大尿意に達した時点で注入を止めて排尿を命じ、排尿筋圧と尿流量率を同時測定した。また、排尿量と残尿量についても測定した。排尿筋圧は膀胱内圧から直腸内圧を差し引いた値とし、直腸内圧は20Fr. balloon catheter を直腸膨大部に留置して測定した。検査は2~3回連続して施行し、残尿量が最も少ない場合を採用した (Fig. 1A)。

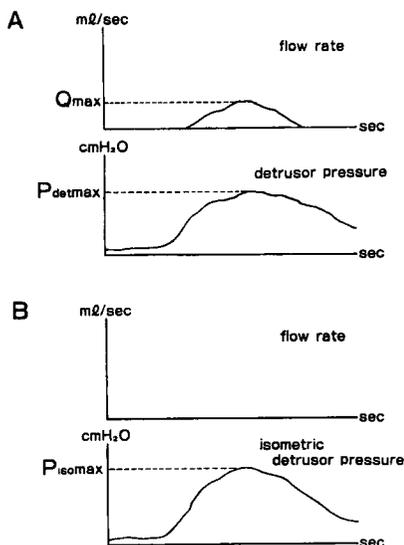


Fig. 1. Simultaneous measurement of flow rate and detrusor pressure (A), measurement of isometric detrusor pressure (B); Q_{max} : maximum flow rate, P_{detmax} : maximum detrusor pressure, $P_{iso-max}$: maximum isometric detrusor pressure

〔II〕 等容性排尿筋圧 (isometric detrusor pressure) の測定

Fig. 2 に示したように、16 Fr. 3 ways balloon

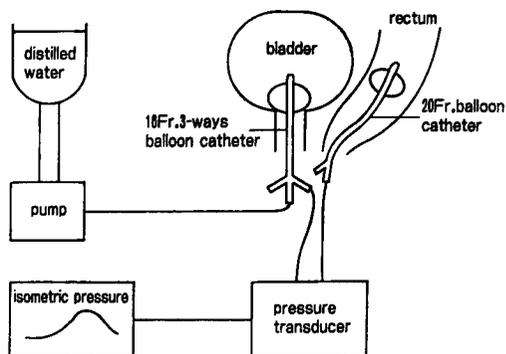


Fig. 2. Scheme of measurement of isometric detrusor pressure

catheter を経尿道的に膀胱内に留置し、cuff 内に5 ml の蒸留水を入れて固定した。接続口のうち一方を圧トランスデューサーに接続して膀胱内圧を測定した。他方は蒸留水注入用として注入用ポンプに接続した。患者を立位した後120 ml/min の速度で膀胱内に蒸留水を注入し、最大尿意に達した時点で注入を止め、ただちに排尿を命じた。検査中に catheter 周囲から蒸留水が漏れ出る症例については、catheter を軽く牽引して膀胱頸部を圧迫閉鎖した。以上の方法でえられた膀胱内圧から直腸内圧を差し引いた値を等容性排尿筋圧とした (Fig. 1B)。

なお尿水力学の検査には DISA 2100 Urosystem を使用し、略号は The International Continence Society³⁾ のとりきめに従った。

結 果

対象とした88症例のうち手術前に残尿が無かったもの (10 ml 未満) は12例 (13.6%)、残尿が存在したものは76例 (86.4%) でその残尿量は10~500 ml、平均107.1 ml であった。このうち、術後なお残尿を認めた症例は20例 (22.7%) であり、その残尿量は10~450 ml、平均90.2 ml であった。

Fig. 3 は BPH 88症例について術前後の最大尿流量率 (Q_{max}) の変化をみたものである。对照群の Q_{max} は 23.5 ± 7.7 (mean \pm SE) ml/sec であった。BPH 群の Q_{max} の平均値は術前が 5.6 ± 2.7 ml/sec、術後が 13.4 ± 5.5 ml/sec であり、全例とも術後の Q_{max} は術前に比べて増加したが、その値が15.8 ml/sec (对照群の mean-SE) 以上のものを「改善」、8.1 ml/sec (对照群の mean-2SE) 未満のものを「非改善」とすると、「改善」例は28例 (31.8%)、「非改善」例は14例 (15.9%) であった。

Fig. 4 は手術前後の最高排尿筋圧 (P_{detmax}) の

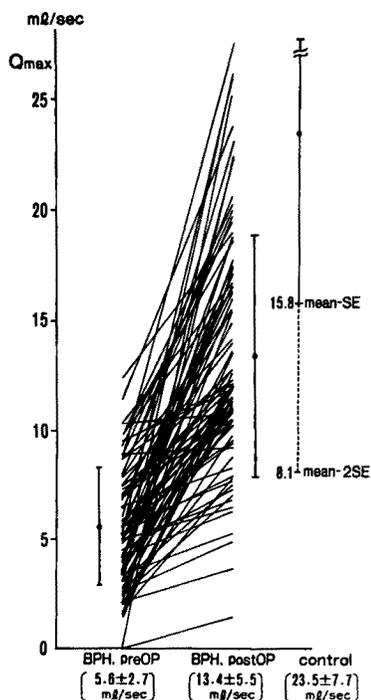


Fig. 3. Changes of maximum flow rate

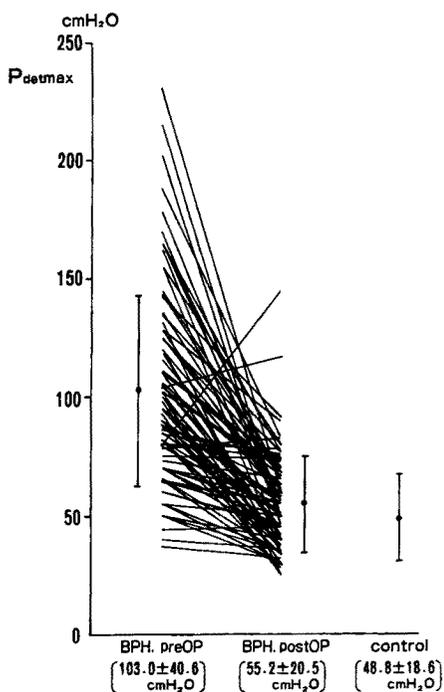


Fig. 4. Changes of maximum detrusor pressure

変化を示したものである。対照群の P_{detmax} は $48.8 \pm 18.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。BPH 群の術前後の値はそれぞれ 103.0 ± 40.6 , $55.2 \pm 20.5 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。術前に比し術後 P_{detmax} が低下したものは83例 (94.3%), 上昇したものは5例 (5.7%) であり, 術前値が $80 \text{ cmH}_2\text{O}$ 以下の症例では術前後あまり変化を示さないものが多かった。対照群と比較すると BPH 群の術前値は有意に高かったが ($p < 0.001$), 術後には対照群とほぼ同様の値にまで下降し, 対照群と BPH 群の術後との間に有意差は認められなかった。

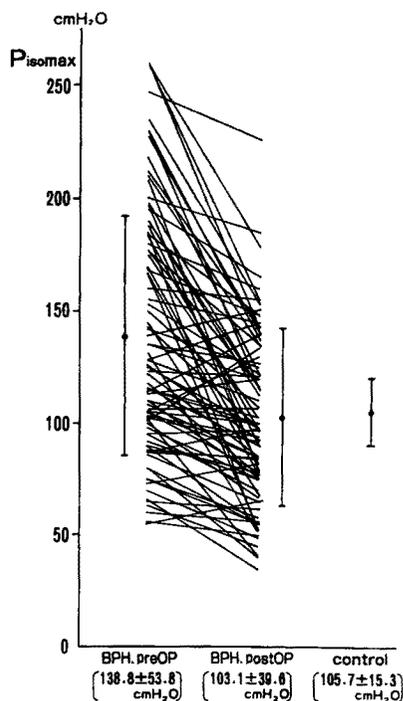


Fig. 5. Changes of maximum isometric detrusor pressure

Fig. 5 は最高等容性排尿筋圧 (P_{isomax}) について P_{detmax} と同様に比較したものである。なお BPH 群および対照群の全例とも P_{isomax} は P_{detmax} よりも高値であった。対照群の P_{isomax} は $105.7 \pm 15.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ で, BPH 群の術前後の値はそれぞれ 138.8 ± 53.8 , $103.1 \pm 39.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。術前に比し術後低下したものは76例 (86.4%), 上昇したものは12例 (13.6%) であった。なお, 以上の検査成績におよぼす術式 (TUR-P か被膜下前立腺摘除術か) の影響についても検討したが, 特に相関は認められなかった。

Table 1. Evaluation of postoperative micturition by residual urine and maximum flow rate

RU(+)*.....poor (20pts)	
RU(-)	Q _{max} <8.1poor (3pts)
	8.1≤Q _{max} <15.8 ...good (37pts)
	Q _{max} ≥15.8good (28pts)
RU: residual urine	
RU(+)* indicates that residual urine volume is more than 10ml.	
Q _{max} : maximum flow rate. ml/sec	

次に、術後の排尿状態を残尿の有無と Q_{max} の値から、Table 1 に示すような方法で評価した。すなわち、Q_{max} の如何にかかわらず残尿が認められたもの(20例)および残尿はなくても Q_{max} による評価で「非改善」と判定されたもの(3例)を排尿状態不良とした。術後の排尿状態が不良と評価された23例をA群、その他の65例をB群として、術前の P_{det}max について両群を比較すると、Fig. 6 に示すように、A群(64.8±14.9 cmH₂O)はB群(116.3±38.5 cmH₂O)に比し有意に P_{det}max が低値であった(p<0.001)。また、A群では全例(100%)が100 cmH₂O

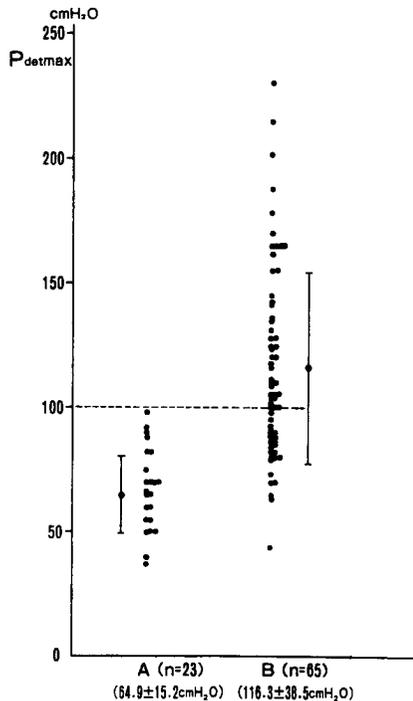


Fig. 6. Preoperative maximum detrusor pressure of patients with poor postoperative micturition (group A) and those with good postoperative micturition (group B)

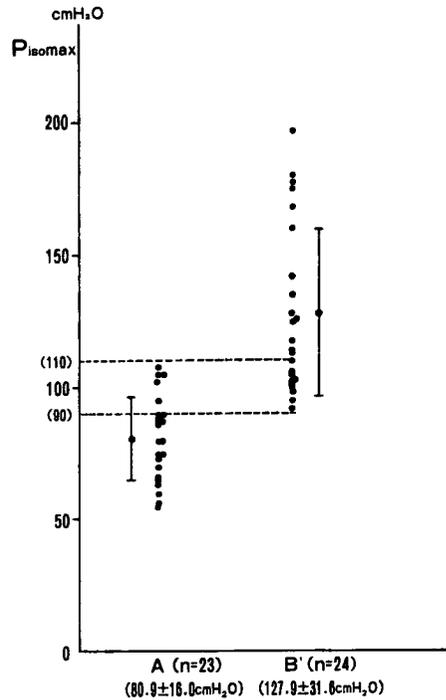


Fig. 7. Preoperative maximum isometric detrusor pressure of patients with poor postoperative micturition (group A) and those with good postoperative micturition (group B'); Maximum detrusor pressure in groups A and B' was less than 100cm H₂O.

未満であるのに対し、B群では65例中24例(36.9%)が100 cmH₂O未満であった。次に、術前の P_{det}max が100 cmH₂O未満であった47例(A群23例、B'群24例)について、術前の Pisomax をA B'両群で比較検討した(Fig. 7)。A群では80.9±16.0 cmH₂OでB'群の127.9±31.6 cmH₂Oに比し有意に低値であった(p<0.001)。また、B'群の最低値は92 cmH₂Oであり、A群では90 cmH₂O以下の症例が23例中18例(78.3%)であった。一方、A群の最高値は108 cmH₂Oであり、B'群では110 cmH₂O以上の症例が24例中15例(62.5%)であった。

A群、すなわち術後残尿が認められたかまたは Q_{max} が「非改善」であった23例中17例については、術後6月から1年の間に再検査を施行し、残尿量、Q_{max} の経時的変化について検討した。その成績はTable 2 に示すごとく、術後6カ月以後においても残尿がなお消失しないもの、あるいは Q_{max} による評価で「非改善」と判定されたものは17例中10例(58.8%)であった。そこで、この10例をa群、他の7例をb群として、術前の Pisomax を両群間で比較検

Table 2. Changes of residual urine volume and maximum flow rate in patients followed up longer than six months postoperatively

case	preOP		postOP(I)*		postOP(II)**	
	RUV*** (ml)	Qmax**** (ml/sec)	RUV (ml)	Qmax (ml/sec)	RUV (ml)	Qmax (ml/sec)
1	40	8.9	15	9.2	0	16.3
2	180	1.4	30	12.6	0	18.9
3	140	1.6	20	7.8	0	11.9
4	70	2.5	10	8.8	0	10.6
5	62	5.0	40	6.5	0	11.8
6	130	5.6	80	7.7	0	11.8
7	0	4.5	0	7.3	0	13.5
8	80	5.3	40	7.9	0	6.7
9	70	3.1	0	7.5	0	7.1
10	104	3.9	70	11.5	15	10.8
11	340	3.7	120	5.1	18	6.0
12	430	1.7	106	12.0	70	12.5
13	180	3.4	120	5.3	80	7.6
14	240	5.6	72	9.4	100	6.8
15	190	1.5	160	9.5	150	8.8
16	300	4.9	270	6.8	260	6.5
17	500	0	430	1.5	430	1.7

postOP(I)*: 10~14 days after operation
 postOP(II)**: longer than 6 months after operation
 RUV***: residual urine volume
 Qmax****: maximum flow rate

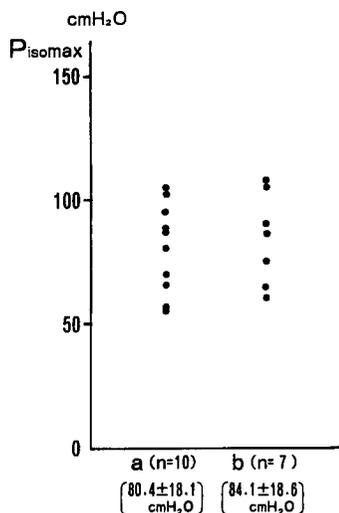


Fig. 8. Preoperative maximum isometric detrusor pressure of patients with poor micturition in the early postoperative period; Micturition was still poor longer than six months after surgical treatment in group a, but it was improved in group b.

討したが、Fig. 8 に示すように、両群間に有意差はみられなかった。

最後に、術前の P_{det}max が対照群と同程度であっ

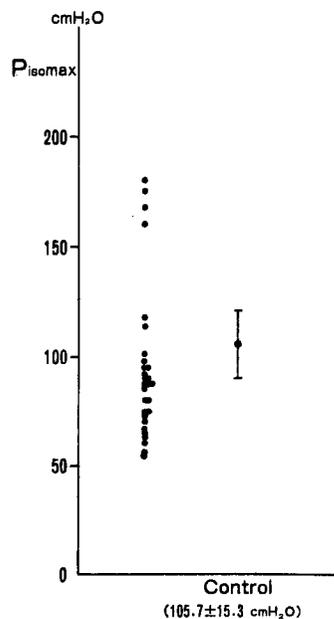


Fig. 9. Preoperative maximum isometric detrusor pressure of patients with normal preoperative maximum detrusor pressure

た BPH 患者の P_{isomax} について調べた結果を Fig. 9 に示した。対照群の 6 例では P_{det}max の最高値は 80 cmH₂O、最低値は 28 cmH₂O であり、術前の BPH 群でこの範囲内の P_{det}max を示したものは 29 例であった。これらの症例と対照群の P_{isomax} を比較すると、29 例中 4 例は対照群に比べ明らかに高く、逆に 18 例は低い値を示し、残りの 7 例は対照群の範囲内であった。

考 察

BPH に対する外科的治療は前立腺部尿道の通過障害を除去し、閉塞症状の改善を目的として行われるが、閉塞状態が改善された術後でもなお排尿状態が不良な症例があり、その主な原因の 1 つとして排尿筋の収縮力の低下が関与しているものと考えられる。そこで本研究では、排尿筋収縮機能の面から、術後に排尿状態が不良であった症例と他の症例とを比較検討した。また術前の尿水力学的検査の成績から術後の排尿状態を予測し、また手術療法の適応とはならない症例をあらかじめ知ることが可能かどうかについて検討した。

排尿筋の収縮機能を評価するには、収縮力の強さを知ることが 1 つの方法であり、従来より排尿中の膀胱内圧測定が行われてきた。しかし、排尿筋圧は尿道抵抗の程度に応じて変化するものであり、排尿筋の最大

の収縮力を示すパラメーターであるといえないと考えられる。そこで、Griffiths⁹⁾は等容性排尿筋圧という概念を提唱し、排尿筋の収縮力の強さを知るためにはこのパラメーターを測定する方が排尿中の膀胱内圧を測定するよりも有用であると述べている。等容性排尿筋圧の測定方法としては、排尿中に患者自ら随意的に排尿を中断させる方法(随意中断法)⁹⁾、排尿中に手指または器具を用いて陰茎を圧迫し尿流を中断させる方法(強制中断法)⁹⁾と、今回著者が行った balloon catheter による膀胱頸部圧迫法^{7,8)}がある。随意中断法は、無抑制収縮に伴っている症例では排尿を瞬時にしかも完全に中断することが困難であり、正確な $P_{iso\max}$ をえることができない。またこの方法では、外尿道括約筋の収縮によって排尿筋の収縮が抑制されるという報告^{9,10)}もある。一方、強制中断法では、陰茎の圧迫部位から内尿道口までの尿道が膀胱と連続した管腔となるため、膀胱のみの $P_{iso\max}$ がえられないという欠点がある。これに対して著者が行った balloon catheter による頸部圧迫法は、尿道操作を加えるという欠点はあるが、すべての症例を完全な尿閉状態にすることができ、上に述べた他の2つの方法がかかえる問題点を克服していると考えられる。著者は数例の患者に対して、陰茎圧迫法と頸部圧迫法の両方を行って等容性排尿筋圧を比較して、後者の方が高い $P_{iso\max}$ がえられることを確認している。

本研究において、手術により下部尿路の通過障害を充分に除去したにもかかわらず、88例中23例(26.1%)では術後2週間以内に残尿が消失しないかあるいは最大尿流量率の改善がみられなかった。これらの症例は改善した症例に比べて術前の $P_{iso\max}$ が有意に低値であり、術前から排尿筋収縮力が低下していたものと考えられる。

さらに、上記の術後排尿状態が不良であった症例について、術前の $P_{det\max}$ ならびに $P_{iso\max}$ からその予後を推測することが可能であるかどうかについて検討した。その結果 Fig. 6 に示すごとく、術前の $P_{det\max}$ が 100 cmH₂O 以上であれば、術後の排尿状態は良好となることが予測できるが、100 cmH₂O 未満の場合には術前の $P_{det\max}$ から術後の排尿状態を予測することは困難であると考えられた。そこで、術前の $P_{det\max}$ が 100 cmH₂O 未満であった症例について、術前の $P_{iso\max}$ について検討したところ、Fig. 7 に示すごとく、 $P_{iso\max}$ が 90 cmH₂O 以下であれば、手術的に下部尿路の通過障害を除去しても術後に良好な排尿状態をえることは困難であり、逆に 110 cmH₂O 以上であれば術後の排尿状態は良

好であると予測できると思われた。以上のことを Table 3 にまとめて示したが、この判定基準を用いて今回対象とした全症例について retrospective にみると、88例中74例(84.1%)において、術前に術後の排尿状態を正しく予測できたことになる。

Table 3. Prediction of postoperative micturition by preoperative maximum detrusor pressure and maximum isometric detrusor pressure

$P_{det\max} \geq 100$	good (41pts.)	
$P_{det\max} < 100$	$P_{iso\max} \geq 110$	good (15pts.)
	$90 < P_{iso\max} < 110$..	unpredictable (14pts.)
	$P_{iso\max} \leq 90$	poor (18pts.)

$P_{det\max}$: maximum detrusor pressure, cmH₂O

$P_{iso\max}$: maximum isometric detrusor pressure, cmH₂O

さらに、術直後の排尿状態が不良であった症例について、6カ月以後に残尿量や Q_{\max} がどのように変化するかを検討したところ、依然として改善しない症例が17例中10例(58.8%)あったが、これらの症例を術前の $P_{iso\max}$ から予測することは不可能であった。また、術直後6カ月以後において排尿状態が不良であった症例のなかにも、残尿がかなり減少したのものや、 Q_{\max} が改善したものも含まれていた。従って、術前の $P_{det\max}$ および $P_{iso\max}$ から、術直後の排尿状態は改善されないであろうと予測されても、手術療法の適応ではなかったとは必ずしもいえないが、排尿筋収縮機能の障害が重篤な患者では、手術によって尿道の通過障害を除去しても排尿障害は充分に改善されない可能性がある。

つぎに、今回の成績からみて、BPH の進行過程において等容性排尿筋圧がどのように変化するかについて考察した。BPH の病期分類は Guyon¹¹⁾ の分類に始まり、種々の分類¹²⁻¹⁴⁾ がなされてきた。これらの分類法は主に臨床症状や前立腺の大きさにもとづいてなされている。また、排尿筋に関しては代償期と非代償期の2つに分けて述べられているのみである。この代償期とは尿道抵抗の増加に対して排尿筋圧が高くなり残尿が少量である時期を意味し、非代償期とは尿道抵抗がさらに増加し、排尿筋圧の上昇も認められるが残尿が多量になった時期を指している。代償期あるいは非代償期にある患者は、正常者よりも高い排尿筋圧で排尿していることになる。従って $P_{det\max}$ の測定のみで、これらの病期を判定することは比較的容易であると考えられる。しかし、正常者とはほぼ同じ圧

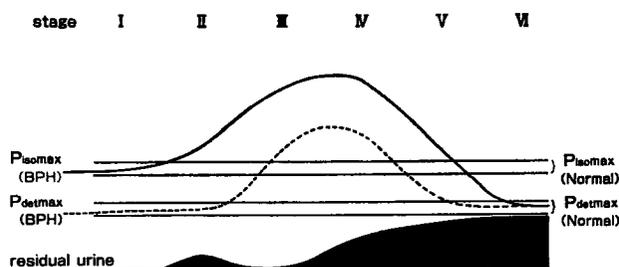


Fig. 10. Changes of maximum detrusor pressure, maximum isometric detrusor pressure and residual urine on progression of benign prostatic hyperplasia; I: early stage, II: precompensatory stage, III: compensatory stage, IV: decompensatory stage, V: postdecompensatory stage, VI: last stage (total retention of urine)

で排尿を行っている患者については、病期の判定が困難であると思われた。そこで、対照群と同程度の排尿筋圧 (P_{detmax}) を有する BPH 群 (29例) における排尿筋収縮力 (P_{isomax}) について調べてみると、Fig. 9 に示すごとく、対照群に比べ明らかに高いもの、逆に低いもの、さらに対照群と同程度のものなどさまざまであった。正常者と同じくらいの圧で排尿を行っている BPH 患者であっても、排尿筋の収縮力にはかなりの相違があり、まったく病期の異ったものが混在することが推測される。すなわち、排尿筋圧 (P_{detmax}) が代償性に亢進してくる前の時期 (前代償期と呼ぶ) と、亢進していた排尿筋圧が代償されなくなって低下してくる時期つまり非代償期をさらに過ぎた時期 (後非代償期と呼ぶ) とがある。以上から、BPH の進行過程において P_{detmax} と P_{isomax} は、Fig. 10 に示したような経過をたどるのではないかと考えられる。すなわち、BPH の初期では排尿筋圧は正常者とはほぼ同じであるが、排尿筋の収縮力は徐々に亢進してゆき、病期の進行にともない少量の残尿が生じる時期になると、さらに収縮力が亢進しつねに高い排尿筋圧を要するようになる。さらに進行すると、排尿筋の収縮力は逆に低下し、排尿筋圧も再び正常者と同じ程度となる。そして最終的には収縮力と排尿筋圧が同じ値となり、尿閉期をむかえるものと推察した。以上述べたごとく、従来の尿水力学的検査に加えて、等容性排尿筋圧を測定すれば、さらに詳細な BPH の病期分類が可能であることが示唆された。

結 語

前立腺肥大症患者88名に対し、等容性排尿筋圧の測定を行い、その臨床的意義について検討し、以下の結果をえた。

(1) 排尿筋収縮力の低下のために術後の排尿状態

が不良であった症例は23例 (26.1%) であった。排尿筋収縮力を正しく評価し術後の排尿状態を予測する上で、最高排尿筋圧が低い症例については最高等容性排尿筋圧が臨床上有用な指標となると考えられた。

(2) 正常者と同じ排尿筋圧を示す前立腺肥大症患者でも病期を異にする患者が混在しており、最高等容性排尿筋圧を測定することは、病期を正確に診断する上で有用であると考えられた。

稿を終るにあたり、御指導、御校閲を賜った宮崎重教授に厚く感謝の意を表します。また、研究にあたり直接の御指導を頂いた岡田茂樹、北川慶幸両講師に深謝いたします。

なお本論文の要旨は第74回日本泌尿器科学会総会にて発表した。

文 献

- 1) Hasegawa N, Kitagawa Y, Takasaki N and Miyazaki S: The effect of abdominal pressure on urinary flow rate. *J Urol* **130**: 107-111, 1983
- 2) Kitagawa Y, Okada S and Takasaki N: Simultaneous measurement of urinary flow rate and detrusor pressure. *Bull Osaka Med Sch* **32**: 22-31, 1986
- 3) Bates P, Bradley WE, Glen E, Griffiths D, Melchior H, Rowan D, Sterling A, Zinner N and Hald T: The standardization of terminology of lower urinary tract function. *J Urol* **121**: 551-554, 1979
- 4) Griffith DJ: Urodynamic assessment of bladder function. *Br J Urol* **49**: 29-36, 1977
- 5) Susset JG, Brissot RB and Regnier CH: The stop-flow technique: a way to measure detrusor strength. *J Urol* **127**: 489-494, 1982
- 6) Morita M, Okamoto M, Ochi K and Takeuchi M: Isometric detrusor pressure in the male patient: a comparison between voluntary urethral sphincter contraction and

- forced penile compression techniques. *J Urol* **134**: 1161-1165, 1985
- 7) Constantinou CE, Djurhuus JC, Silverman DE, Towns AB, Wong L and Govan DE: Isometric detrusor pressure during bladder filling and its dependency on bladder volume and interruption to flow in control subjects. *J Urol* **131**: 86-90, 1984
- 8) Coolseat BLRA: Cystometry. In: *Clinical Gynecologic Urology*. Edited by Stanton SL chapt. 8, pp. 59-81, The CV Mosby Co., St. Louis, 1984
- 9) Kuru M, Koyama Y and Kurati T: The bulbar vesicorelaxer center and the bulbo-sacral connections arising from it. A study of the junction of the ventral reticulo-spinal tract. *J Comp Neurol* **115**: 15-26, 1960
- 10) Kuru M: Nervous control of micturition. *Physiol Rev* **45**: 425-494, 1965
- 11) Guyon A: *Lecons cliniques sur les affections chirurgicales de la vessie de la prostate*. JB Bailliere, Paris, 1888
- 12) 宮崎 重: 排尿の水力学的観察. *日泌尿会誌* **63**: 727-729, 1972
- 13) 沼田正紀: 前立腺肥大症における排尿障害の水力学的研究. *泌尿紀要* **21**: 755-768, 1975
- 14) 島崎 淳, 宮内正成: 前立腺肥大症. *医学と薬学* **15**: 1143-1148, 1986

(Received on April 27, 1989)
(Accepted on June 5, 1989)