

単独医による4,031例の経尿道的前立腺切除術の検討： 学習曲線，手術成績と術後合併症

古屋 聖児¹，古屋 亮児¹，小椋 啓¹
荒木 徹²，有田 敏彦³

¹古屋病院泌尿器科，²あらき腎・泌尿器科クリニック，³北見工業大学地域共同センター

A STUDY OF 4,031 PATIENTS OF TRANSURETHRAL RESECTION OF THE PROSTATE PERFORMED BY ONE SURGEON : LEARNING CURVE, SURGICAL RESULTS AND POSTOPERATIVE COMPLICATIONS

Seiji FURUYA¹, Ryoji FURUYA¹, Hiroshi OGURA¹
Tohru ARAKI², Toshihiko ARITA³

¹The Department of Urology, Furuya Hospital

²Araki Urological Clinic

³Kitami Institute of Technology Cooperative Research Center

A total of 4,031 patients who underwent transurethral resection of the prostate (TURP) performed by one surgeon between May 1979 and December 2003 were retrospectively examined to determine the improvement of the surgeon's skill in performing TURP assessed by using a learning curve, surgical results and postoperative complications. Analysis using the learning curve, which displayed the relationship between the number of TURP procedures and the speed of resection (i.e., the weight of tissue resected divided by the operation time), revealed that 81 operations were needed before the surgeon's skill reached a plateau in performing TURP. The means $\pm$ standard deviations of the weight of tissue resected, operation time and speed of resection were 17.0 ± 14.6 g, 21.0 ± 13.5 minutes, 0.80 ± 0.32 g/minutes, respectively. As the number of TURP procedures increased and the level of skill improved, the operation time was significantly reduced and the speed of resection was significantly increased. The incidences of postoperative complications were 2.4% for blood transfusion, 0.3% for the TURP syndrome, 1.5% for hemostatic procedures, 2.8% for bladder neck contracture, and 1.0% for urethral stricture. The incidences of transfusion and the TURP syndrome decreased as the surgeon's skill improved. The mortality rate was 0.1%.

(Hinyokika Kiyo 52 : 609-614, 2006)

Key words : TURP, Learning curve, Surgical results, Postoperative complications

緒 言

経尿道的前立腺切除術 (TURP) は，前立腺肥大症 (BPH) の外科的治療のなかでの標準的治療法である¹⁾．本邦では広く行われており，泌尿器科医であれば，習得しなければならない手術の1つであろう²⁾．TURP は基本的に術者が1人で行う手術であるため，手術時間，出血量などの手術成績や手術合併症の頻度は，術者の経験度と熟練度および技量の程度に大きく左右される³⁻⁶⁾．しかし，現在まで報告されているTURP の手術成績は，1つの施設で研修医を含めた数人の術者が行った成績か，またはいくつかの施設の成績をまとめたものがほとんどである³⁻⁹⁾．そのため，個々の術者が，どのくらいの手術時間や手術速度でTURP を実際に行っているのかは，明らかでない．

また，個々の術者がどのくらいの症例を経験すれば，安定した技術レベルに到達するのかという学習曲線も，明らかになっていない．

本論文では，単独医によって施行された4,031例のTURP 症例を分析し，TURP の技術習熟の学習曲線および手術成績と術後合併症をretrospective に検討した．

対 象 と 方 法

1979年5月から2003年12月までの間，著者の1人 (SF) が単独で行ったTURP 症例4,031例を対象とした．対象症例の年齢 (平均 $\pm$ 標準偏差) は 69.8 ± 7.7 歳で，最若年者45歳，最高齢者96歳であった．

麻酔は原則的に腰椎麻酔を施行した．切除鏡 (non-metal, short beak: ACMI 社製) は通常は24 F サイ

ズのシースを用いたが、前立腺重量が大きい場合は26 F サイズのシースを用いた。切除手順は原則的にNesbit 法に準じて行った。切除電流の出力は100～120 W、凝固電流の出力は40～50 W に設定した。手術終了後は、20 F のスリーウェイ・バルーンカテーテルを留置し、翌朝まで持続灌流で膀胱洗浄を行った。カフは滅菌水40～60 ml で膨らませた。当初はバルーンカテーテルの持続牽引（翌朝まで）を行っていたが、1984年以降、持続牽引は原則的に行っていない。また、バルーンカテーテルの留置期間は、当初は5日間であったが、1984年からは3日間、1997年以降は2日間であった。抗菌剤の使用は、2002年までは術後2～5日間静脈投与、その後1週間経口投与していたが、2003年からは、抗菌剤は術前1回、術後2回の静脈投与のみで、術後経口投与は中止した。

TURP 技術の熟練度の進歩を調べるため、TURP 経験症例数と切除速度との関係を学習（経験）曲線で検討した。ここで言う切除速度（g/min）とは、切除重量（g）を手術時間（切除開始からバルーンカテーテルを挿入留置までの時間）（min）で除したものである。学習曲線とは、1930年代アメリカの航空機の生産コストを調査する過程で発見されたもので、累積生産量が倍増するたびに、一定の比率で単位コストが下がっていく現象をいう¹⁰⁾。その後、これと同じ現象は工業生産の生産コストや販売などにかかわる間接費を含めた単位コストばかりでなく、心理学や教育学などさまざまな領域で見られることがわかった。その方程式は、両対数目盛のグラフ上の累積生産量（ p ）と単位生産コスト（ c ）をプロットした時に認められる直線式： $c_2/c_1 = (p_2/p_1)^{-b}$ で示される¹⁰⁾。今回これと同

じ方程式を採用して検討した。すなわち、時点1と時点2の間の経験症例数（ x ）の増加率 x_2/x_1 と切除速度（ y ）の増加率 y_2/y_1 の間には次のような関係式が成立する： $y_2/y_1 = (x_2/x_1)^b$ 。この数式に時点1の x_1 と y_1 の値が与えられると、その後の x と y の間には $y = (y_1/x_1^b) \cdot x^b$ という関係式が成り立つ。ここで $(y_1/x_1^b) = k$ （定数）とおくと、 $y = k \cdot x^b$ となり、これが今回の学習曲線を表す数式である。ここでは、 k = 初期切除速度を表す常数、 b = 習熟に関する係数で学習曲線の傾きを表している。 k と b については、最小二乗法を用いて、指定したデータと数式との誤差を最小にるようにして算出した。症例増加率が2倍（ $x_2/x_1 = 2$ ）になった時の手術速度増加率（ $y_2/y_1 = 2^b \times 100\%$ ）を習熟率とした。これらのデータ処理は、Microsoft EXCEL によるグラフ機能を用いて行った。

TURP 症例数を便宜的に3群に分類して、手術成績、術後合併症の頻度を検討した。第Ⅰ群は1979～1983年の5年間、北見赤十字病院で施行した215例、第Ⅱ群は1984～1993年の10年間、古屋病院で施行した2,074例、第Ⅲ群は1994～2003年の10年間、同病院で施行した1,742例であった。手術成績の検討項目は、切除重量、手術時間および切除速度である。術後合併症の検討項目は、輸血（術中および術後）、止血処置（経尿道的電気凝固術）、TURP 症候群（ $Na \leq 125$ mEq/l）、膀胱頸部硬化症、尿道狭窄、死亡（退院死亡）である。

統計的解析には、Mann-Whitney U 検定および χ^2 検定を用い、 $p < 0.05$ を統計的有意差ありとした。

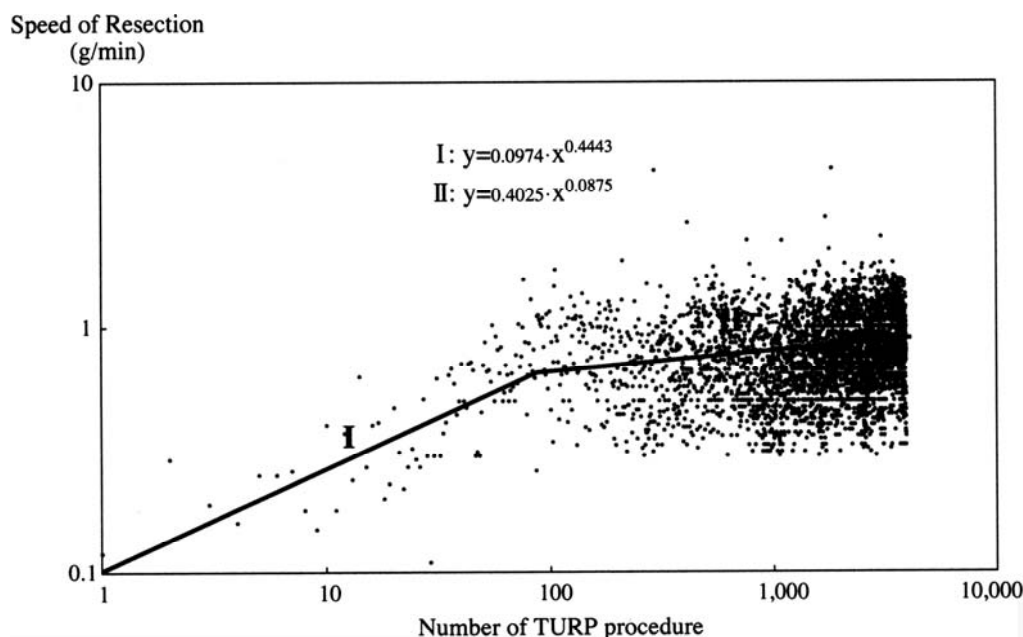


Fig. 1. Learning curve of TURP: Relationship between the number of TURP procedures and the speed of resection.

結 果

1. 学習曲線

切除速度は, TURP の経験症例数が約100例に到達する迄の間で急激に上昇する部分と, それ以降の経験症例数の増加にともない, 緩やかに持続的に上昇する部分の二相性の変化を示した (Fig. 1). そこで, この約100例を境とした二つの部分の学習曲線を計算すると, 前者は $y=0.0974 \cdot x^{0.4443}$ (Fig. 1 の直線 I), 後者は $y=0.4025 \cdot x^{0.0875}$ (Fig. 1 の直線 II) となった. 両者の学習曲線の交点は, $x=80.9$, $y=0.753$ と計算された. 直線 I の習熟率は136%であったが, 直線 II の習熟率は106%で直線 I の習熟率より低くなった. これは TURP 経験症例数が81例に達するまでの技術の学習・習得期中は, 累積症例数の増加に比例して手術速度が大きく上昇することを示している. しかし, TURP 経験症例数が81例を超えた時からほぼ習熟・熟練期に入り, それ以降は手術速度の上昇率は少ないが, 一定範囲の安定した速度で手術が完了することを示している.

2. 手術成績

全 TURP 4,031症例の切除重量, 手術時間および切除速度の平均±標準偏差はそれぞれ, 17.2 ± 14.6 g, 21.0 ± 13.5 min, 0.80 ± 0.32 g/min であった. 切除重量 (x) と切除時間 (y) の間には正の相関 ($p < 0.001$) が認められ, 回帰直線は $y=9.40+0.72x$ であった.

各 3 群の切除重量, 手術時間および切除速度を Table 1 にまとめて示した. 学習曲線の結果より, 第 I 群は TURP 技術の学習・習得期の症例であり, 第 II 群と第 III 群は習熟・熟練期の症例と考えられる. 切除重量では, 第 I 群は第 II 群と第 III 群より大きかったが, 第 II 群と第 III 群の間では有意差は認められなかった. 第 I 群, 第 II 群, 第 III 群の順に, 手術時間は有意に短縮し, 切除速度は有意に増加した. Table 2 では切除重量と手術時間との関係を示した. 手術時間は切除重量と関係なく, 第 I 群より第 II 群, 第 II 群より第 III 群の方が有意に短かった. しかし, 切除重量が 50 g 以上では, 第 II 群と第 III 群の間で手術時間に有意差を認めなかった.

3. 術後合併症

術後合併症の頻度と死亡率を Table 3 にまとめて示した. 輸血と TURP 症候群の頻度は, 第 I 群と比較して第 II 群および第 III 群では著明に減少した. 輸血症例96例の切除重量および手術時間の平均±標準偏差はそれぞれ, 59.0 ± 22.9 g, 58.9 ± 23.7 min であった. 切除重量が 50 g 未満の症例では3,852例中35例 (0.9%) のみに輸血を行った. しかし, 切除重量 50 g 以上の症例では179例中61例 (34.0%) に輸血を行った. 切除重量が 80 g 以上の症例では33例中23例 (69.7%), 100 g 以上の症例は 9 例全例 (100%) に輸血を行った.

TURP 症候群は12例 (0.3%) に認めたが, 重篤なショック症状を示した症例はなかった. 一番低下した

Table 1. Surgical results of 4,031 patients undergoing TURP

	Group I (1979-1983) n=215	Group II (1984-1993) n=2,074	Group III (1994-2003) n=1,742	P value
Weight of tissue resected (g)	27.2±22.6	16.6±14.5	16.6±13.0	G-I vs G-II, G-III: <0.0001, G-II vs G-III: 0.0520
Operation time (min)	39.2±26.6	21.2±12.1	18.6±10.9	G-I vs G-II, G-III: <0.0001, G-II vs G-III: <0.0001
Speed of resection (g/min)	0.70±0.33	0.75±0.33	0.87±0.33	G-I vs G-II: 0.0319, G-I vs G-III: <0.0001, G-II vs G-III: <0.0001

Date presented are mean ± standard deviation. P value: Mann-Whitney U test. n: number of patients, G-I: group I, G-II: group II, G-III: group III.

Table 2. Relationship between the weight of tissue resected and the operation time

Weight of tissue resected (g)	Operation time (minutes)			P value
	Group I (1979-1983)	Group II (1984-1993)	Group III (1994-2003)	
≥9	20.0±0.16 (n=56)	14.2±5.5 (n=800)	11.9±5.4 (n=624)	G-I vs G-II, G-II vs G-III: <0.0001, G-II vs G-III: <0.0001
10-29	33.7±19.6 (n=81)	21.0±8.7 (n=980)	18.0±6.4 (n=886)	G-I vs G-II, G-III: <0.0001, G-II vs G-III: <0.0001
30-49	50.0±26.1 (n=46)	35.3±10.1 (n=204)	33.4±8.4 (n=176)	G-I vs G-II, G-III: <0.0001, G-II vs G-III: P=0.0189
50≤	71.4±26.9 (n=32)	51.6±13.7 (n=90)	52.2±10.7 (n=56)	G-I vs G-II, G-III: <0.0001, G-II vs G-III: 0.3988

Date presented are mean ± standard deviation. P value: Mann-Whitney U test. n: number of patients, G-I: group I, G-II: group II, G-III: group III.

Table 3. Postoperative complications of TURP

	Group I (1979-1983)	Group II (1984-1993)	Group III (1994-2003)	Total	P value
Blood transfusion	32 (14.8)	48 (2.3)	16 (0.9)	96 (2.4)	<0.0001
TURP syndrome	5 (2.3)	4 (0.2)	3 (0.2)	12 (0.3)	<0.0001
Hemostatic procedure	6 (2.8)	23 (1.1)	30 (1.7)	59 (1.5)	0.7270
Bladder neck contracture	—	56 (2.7)	58 (3.3)	114 (2.8)	0.2589
Urethral stricture	—	23 (1.1)	19 (1.1)	42 (1.0)	0.9570
Mortality	—	3 (0.14)	1 (0.05)	4 (0.1)	0.4068

Date presented are number (%) of patient. Pvalue: χ^2 test.

血清 Na 値は 120 mEq/l で、1 例のみであった。切除重量は 55.5 ± 24.7 (平均±標準偏差) g, 手術時間は 58.7 ± 19.1 (平均±標準偏差) min で、切除重量が 50 g 以上の症例は 7 例であった。

術後出血により経尿道的止血処置(電気凝固)を行った症例の頻度は、3 群間で有意差を認めなかった。これらの症例の切除重量の平均±標準偏差は 19.5 ± 16.1 g, 手術時間の平均±標準偏差は 25.3 ± 16.9 min で、輸血症例と比べて切除重量は有意に小さく ($p < 0.001$), 手術時間は有意に短かった ($p < 0.001$)。

晩期合併症の膀胱頸部拘縮と尿道狭窄の頻度は、第Ⅱ群と第Ⅲ群の間で有意差を認めなかった。膀胱頸部拘縮は切除重量が 10 g 以下の症例で 85 例 (64.9%) と高率に発生した。切除重量が 30 g 以上の症例には膀胱頸部拘縮は発生しなかった。しかし、尿道狭窄の発生と切除重量との間には明らかな関連は認められなかった。

死亡退院症例は 4 例 (0.1%) であった。年齢、切除重量および手術時間の平均±標準偏差はそれぞれ、 72.7 ± 5.5 歳, 8.0 ± 2.9 g, 14.0 ± 4.5 分であった。3 例は急性心不全によるもので、1 例は敗血症によるものであった。

考 察

術者が多数の TURP の経験を積み重ねるとともに、切除技術が向上し、手術時間の短縮や切除速度の増加がもたらされることは、経験的に明らかな現象である。しかし、単独医がどれだけの数の TURP を経験すれば、手術時間や切除速度が安定するののかということに関しては、現在も明らかでない。われわれの知る限り、この問題についての検討は、今回の学習曲線を用いた検討と藤田¹¹⁾の報告のみである。われわれの成績では、安定した切除速度に到達するために必要な TURP 経験症例数は 81 例であった。藤田¹¹⁾は TURP 経験症例数と切除速度の関係を検討し、経験症例数が 200 例を超えると切除速度は安定すると述べている。

しかし、今回の術者が TURP の技術を習得しようとした時代は、ティーチングスコープや内視鏡ビデオ

TV システムもなく、術者の後姿を見て手技を想像し、教科書の挿絵を見て学習するしかなかった。現在では、熟練した TURP の技術指導医が多数存在し、学習や訓練のための画像機器システムが充実しているので、われわれよりもっと少ない経験症例数で TURP 技術を習得できると考える^{1,12)}。しかし、現時点でも、一般的に何例の TURP 症例を経験すれば安定した TURP 技術を習得できるのかということを提示することは困難である。そのために今後は、いくつかの単独医による TURP の学習曲線が報告されることを期待したい。そうすれば、学習曲線の「平均値」が明らかになるので、これから TURP を習得しようとする初心者にとって、その平均値が目指すべき「目標値」の 1 つとなると考えるからである。われわれの経験では、1) 熟練した指導医がビデオモニタシステムを用いて実際に TURP を行っている現場を数多く経験すること、2) 教育用に提供されているビデオフィルムを多数観察すること、3) 短期間に集中して多数の TURP を経験することが、初心者にとって TURP 技術を早く習得するための近道であると考ええる。

今回のわれわれの成績では、25 年間で 4,000 例以上の TURP を経験した段階でも切除速度の停滞や減少は認められなかった。このことは、体力を必要とする開腹手術と異なり、TURP は、泌尿器科医が年をとり多少体力が減少しても、十分に施行可能な術式であることを示している。しかし、個人差が大きいと思うが、術者の加齢により TURP の学習効果の減少が起こることは予想されるので、それがいつ、どのようにして起こるか今後の検討課題と考えている。

TURP 術後合併症の発生頻度は、術者の経験度や熟練度に左右されることはよく知られている³⁻⁶⁾。われわれの成績でも、学習・習得期の第Ⅰ群より習熟・熟練期の第Ⅱ群と第Ⅲ群の症例の方が、輸血および低 Na 血症の頻度が有意に減少した。また、手術合併症の発生頻度には切除重量や手術時間も関与する^{4,7-9)}。Melchior ら⁴⁾は切除重量 60 g 以上と手術時間 60 分以上、Mebust ら⁷⁾は 45 g 以上と 90 分以上になると輸血や TURP 症候群の発生頻度が高くなると述べている。

Uchida ら⁹⁾は切除重量が 60 g, 手術時間が90分を越える場合, 輸血の頻度が有意に増加すると報告している. 今回のわれわれの成績でも, 切除重量が 50 g を越えると輸血の頻度が明らかに高かった.

TURP 術式の欠点は, 他の低侵襲性治療法と比べて, 出血が多く, 輸血頻度が高いことだと言われている⁹⁾. しかし, われわれの成績から, TURP の技術が安定した術者であって, 50 g 以下の切除量であれば, 出血や輸血はほとんど問題ないと考え.

われわれの成績では, 後出血による止血処置の場合は, 輸血症例と比較して切除重量がむしろ比較的小さい症例に発生した. 後出血の原因は, 例外なく 1~数本の小さな動脈からの出血である. その発生機序は不明であるが, われわれは, 1) 電気凝固により動脈を栓していた血液凝固塊が, 体動や咳などによる腹圧上昇によって吹き飛んでしまうためか, 2) 切開時の通電により動脈が収縮して組織内に引っ込んで, 一見止血されていたものが, 前立腺被膜の収縮が悪いと, ふたたび元に戻るために出血する, と推定している. したがって, 後出血の発症は切除重量とはあまり関係がないと考え.

今回の成績では, 止血処置の頻度は習熟・熟練期の第Ⅱ群と第Ⅲ群で有意差を認めなかった. また, 膀胱頸部拘縮および尿道狭窄の発生頻度も同様の結果であった. したがって, 後出血による止血処置や膀胱頸部拘縮および尿道狭窄は, TURP の技術が熟練した段階でもある割合で起きると推定された.

TURP 手術合併症の頻度に関して, 米国の Agency For Health Care Policy and Research (AHCPR)¹³⁾ のメタアナリシスと Uchida ら⁹⁾の3,861例の報告では, 輸血は前者で12.5%, 後者で13.1%, TURP 症候群は前者で0.4~2.0%, 後者で0.4%, 止血処置は前者で2.2%, 後者で2.4%, 膀胱頸部拘縮は前者で1.3~2.1%, 後者で0.7%, 尿道狭窄は前者で0.5~9.7%, 後者で1.5%, 死亡率は前者で0.5~3.3%, 後者で0.1%であった. われわれの手術合併症の頻度は, 輸血は2.4%, TURP 症候群は0.3%, 止血処置は1.5%, 膀胱頸部拘縮は2.8%, 尿道狭窄は1.0%, 死亡率は0.1%であった. 前二者の報告と比較して, われわれの成績では, 輸血, TURP 症候群および止血処置の頻度が低かった. これは, 前二者の成績は複数の施設および複数の術者によるものであり, われわれの成績は単独医によるものであるという質的な差が影響していると考えられた.

本研究の対象期間の25年間の間で, TURP 手術器具や関連の器具は大きく進歩した. 切除鏡はロッドレンズシステムの導入により視野は明るく鮮明となった. 電気手術装置は半導体素子を用いたソリドステート方式による高周波電流発生となり, 装置は小型化

し, 切除および凝固性能が優れたものになった. さらに画期的なことはテレビモニターシステムの開発と実用である. これにより視野は大きく明るくなり, 従来の覗き込みの手術操作と比べて特に12時方向の切除や止血操作が楽になり, 手術動作の体に対する負担が少なくなった. このような進歩発展が, 学習曲線効果以外に, 手術成績の向上や手術合併症の減少に大きく関与していると考える.

結 論

1979年5月から2003年12月までの間, 単独医が行った TURP 症例4,031例を検討した. TURP 経験症例数と切除速度の関係を示す学習曲線の分析により, TURP の技術が安定したレベルに到達するには81例の経験が必要であった. TURP 経験症例数が増え, 熟練度が進歩するにしたがって手術時間は有意に短縮した. 輸血と TURP 症候群の頻度は熟練度の進歩にしたがって有意に減少した.

文 献

- 1) 小柴 健: 世紀末にも TURP は主役か. 日泌尿会誌 **82**: 1201-1205, 1991
- 2) Egawa S, Uchida T and Koshiba K: Current and future trends in interventional therapy for benign prostatic hyperplasia in Japan. J Urol **159**: 1958-1998
- 3) Holtgrewe HL and Valk WL: Factors influencing the mortality and morbidity of transurethral prostatectomy: a study of 2,015 cases. J Urol **87**: 450-459, 1962
- 4) Melchior J, Valk EL, Foret JD, et al.: Transurethral prostatectomy: computerized analysis of 2,223 consecutive cases. J Urol **112**: 634-646, 1974
- 5) 内田豊昭, 足立功一, 青 輝昭, ほか: 経尿道的前立腺切除術 (TURP) 2,266例における術前・術中・術後合併症とその対策. 日泌尿会誌 **84**: 897-905, 1993
- 6) 澤村正之, 青 輝昭, 内田豊昭, ほか: 大分泌尿器科病院における TURP 997例の経験—術前合併疾患と術後合併症を中心に—. 日泌尿会誌 **79**: 1976-1981, 1988
- 7) Mebust WK, Holtgrewe HL, Cockett ATK, et al.: Transurethral prostatectomy: immediate and postoperative complications: a cooperative study of 13 participating institutions evaluating 3,885 patients. J Urol **141**: 243-247, 1989
- 8) 藤田公生, 木村 哲, 斎藤賢一, ほか: 国立病院 8 施設における前立腺手術1,686例の検討. 日泌尿会誌 **77**: 1631-1636, 1986
- 9) Uchida T, Ohori M, Soh S, et al.: Factors influencing morbidity in patients undergoing transurethral resection of the prostate. Urology **53**: 98-105, 1999

- 10) Hirshmann WB : Learning curve. Chem Eng **71** : 95-100, 1964
- 11) 藤田公生 : 経尿道的切除645例の経験. 日泌尿会誌 **69** : 611-646, 1978
- 12) 藤田公生 : 前立腺肥大の治療 (薬物療法の限界とTURP の適応と選択). 日医新報 **3977** : 15-30, 2000
- 13) McConnell JD, Barry MJ, Bruskewitz RC, et al. : Benign prostatic hyperplasia: diagnosis and treatment. In : Clinical Practice Guideline No 8, 1994. Rockville, Md, Agency for Health Care Policy and Reserch, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, 1994

(Received on January 16, 2006)

(Accepted on March 30, 2006)