VaporTrode®を用いた経尿道的前立腺電気蒸散術 (TVP) の基礎的検討

¹⁾東京女子医科大学泌尿器科学教室 (主任: 東間 紘教授)

²⁾同 医用工学研究施設

井口 靖浩¹⁾ 合谷 信行¹⁾ 東間 紘¹⁾ 石島 正之²⁾

A PRELIMINARY STUDY ON TRANSURETHRAL ELECTROVAPORIZATION OF THE PROSTATE (TVP) USING VAPORTRODE®

Yasuhiro Iguchi¹⁾, Nobuyuki Goya¹⁾, Hiroshi Toma¹⁾ and Masayuki Ishijima²⁾

¹⁾Department of Urology, Tokyo Women's Medical College
(Director: Prof. Hiroshi Toma)

²⁾Institute of Biomedical Engineering, Tokyo Women's Medical College

(Background) Surgical therapy for Benign Prostatic Hypertrophy (B.P.H.) has mainly depended upon Transurethral Resection of the Prostate (TUR-P) using a cutting loop electrode. Recently, a new technique TVP was reported using the VaporTrode® apparatus. We assessed the safety and efficacy of the VaporTrode® in a preliminary study.

(Methods) Histological changes of the muscle and liver of pigs were examined after vaporization using the VaporTrode® and a cutting loop electrode. First, histological changes were investigated following vaporization after one stroke at a slow hand speed. Next, histological changes were assessed following vaporization at fixed stroke speed in an experimental model.

(Results) At an electrical output of less than 275 W, the depth of the vaporized layer increased as the stroke speed became slower (4.0 cm/s-2.5 cm/s). When the electrical output was 300 W, the depth of vaporized layer increased even at a faster stroke speed (2.5 cm/s-3.0 cm/s). The depth of the desiccated layer increased as the stroke speed became slower at any electrical output. However, when the stroke speed was 4.0 cm/s, the depth of this layer was less than 2.0 mm. With the cutting loop electrode, the depth of the desiccated layer increased at a higher electrical power, but the change was very small.

(Conclusion) To achieve deep enough vaporized and desiccated layers safely, the VaporTrode® should be used at a stroke speed slower than 3.0 cm/s and a high electrical power of about 275 W.

Key words: benign prostatic hypertrophy, VaporTrode®, vaporization

要旨: (目的) 経尿道的前立腺電気蒸散術 (TVP) を臨床応用する前に, 新しい電極 VaporTrode®を用いて, 蒸散凝固による組織変化を豚肉で検討し, その安全性と有効性を評価した。

(方法) まず最初に, 通常の切除鏡に電極 VaporTrode®と cutting loop electrode を接続し, それぞれ電気出力220W と130W で手動でワンストローク動かして組織変化を顕微鏡学的に検討した。次に, 電極にかかる圧力を一定にできる実験系を作製し, ストローク速度を2.5cm/s, 3.0cm/s, 4.0cm/s に固定して, 電気出力160W, 200W, 275W, 300W のそれぞれで VaporTrode®と cutting loop electrode による電気蒸散の組織への影響を比較検討した。

(結果) 手動で行った実験では, VaporTrode®で平均1.24mm の深さの蒸散層と0.49mm の乾燥凝固層が生じ, cutting loop electrode では僅か0.25mm の深さの乾燥凝固層しか生じなかった。次に実験モ

デルを用いて行った実験の結果より、安全かつ有効な深さの蒸散層と乾燥凝固層を得るには275W 前後の電気出力で3.0cm/s以下のゆっくりとしたストローク速度で操作を行うのが適当であることがわかった。

(結論) VaporTrode®で十分かつ安全な蒸散凝固を行うには、通常のcutting loop electrodeの時より、ストローク速度を遅くし、電気出力を大きくして用いることが必要であろう。

キーワード：前立腺肥大症，経尿道的前立腺電気蒸散術，蒸散凝固

緒 言

前立腺肥大症 (Benign Prostatic Hypertrophy; BPH) の外科的治療法は従来、cutting loop electrodeを用いた経尿道的前立腺切除術 (Transurethral Resection of the Prostate; TUR-P) が主流であった¹⁾が、術中、および術後出血，TUR 症候群，尿道狭窄，尿失禁，インポテンスなどの合併症が問題とされてきた²⁾³⁾。そこでここ数年来，より侵襲性の低い治療法が，次々と開発，報告されている。しかし，いずれも一長一短で，まだ TUR-P より優る治療法とは成り得ていないのが実状である。最近，アメリカの ACMI 社により開発された電極 VaporTrode®は，高周波の切開電流を用いて前立腺組織表層の蒸散 (vaporization) とその下層の乾燥凝固 (desiccation) を同時に起こし，従来の TUR-P と同等の効果をより安全に得られるように設計されたものである⁴⁾。しかし，この経尿道的前立腺電気蒸散術 (Transurethral Electro vaporization of the Prostate; TVP) は，従来の TUR-P に比べ高密度の電流を人体に流すために予期せぬ合併症の発生が心配される⁵⁾⁶⁾。今回，われわれは臨床応用の前にこの VaporTrode®の蒸散，凝固の効果を確認するために豚肉を用いて2つの実験を行った。また，TVP の原理についても考察を加えたので報告する。

対象および方法

(1) 手動操作による基礎的検討

新鮮な豚の筋肉と肝臓の表面に24Fr.の切除鏡 (Circon ACMI Co Ltd.) に接続した VaporTrode® (Circon ACMI Co Ltd.) (図1) を接触させ，手動で移動させた。すなわち，通常のcutting loop electrodeを用いた TUR-P と同様な操作で手動でワンストローク移動させ，十分距離を離れた3カ所で約5cmの長さにわたって組織蒸散を行った。ただし，この時のストローク速度は実際の TUR-P 時の約1/4のゆっくりとしたスピードで行うものとした。Surgical unit は Force40® (Valley Laboratory Co Ltd.) を使用し，220W の切開モードで行った。また同時に，cutting loop electrode (Karl Storz Co Ltd.) を用いて TUR-P と同様に130

W の電気出力で切開を行い，その組織変化も比較検討した。ただしこの時のストローク速度は通常の TUR-P の時とほぼ同様の速度とした。組織標本は，操作後すぐに10%ホルマリン液に浸し，電気蒸散した部位の中心部の3カ所を組織切片とした。染色方法は Hematoxylin-Eosin 染色と Masson 染色とし，顕微鏡学的に組織変化を観察すると同時にそれぞれの深度を計測し平均値を算出した。即ち，それぞれ1操作につき3枚の病理組織切片を作製し，電気蒸散によって生じた組織欠損の最も深い部分の深さを計測し，その平均値を算出した。そして3回の操作の蒸散層の深さの平均を算出した。また組織欠損した直下にほぼ一定の幅で，組織構築の破壊を伴わないが明らかに正常組織より好染色性の層が存在した。今回の実験では，血流の乏しい豚肉を使用したこと，さらに操作後非常に早期にホルマリン固定したという理由によりこの層の組織構築の変化は軽微であった。しかし，従来の電気メスに関する文献的報告⁷⁾⁸⁾ではこの層を乾燥凝固層としており，われわれもこの層の深さを蒸散層の場合と同様に算出し，これを乾燥凝固層の深さとして採用した。

(2) 実験モデルによる基礎的検討

次に電気蒸散による組織変化をできるだけ再現性のある条件下で観察できる実験系として，以下の条件を満たすものを考案した。

- 1) 電極に加わる圧力は一定である。
- 2) ストローク速度は一定である。

図1 電極 VaporTrode® (Circon ACMI Co Ltd.) の先端部。ローリングする円筒状の電極先端部は，3列の溝と4列の突出部から成る。(×6.0)

図2 一定速度で駆動する電動車に電極を接続固定し、一定の電気出力下で約5cmの距離を接触移動させた。電極先端部を試料の表面に一定角度で接触させることで、ほぼ一定の圧力が接触部にかかるものと考えられた。

図3 定速ストロークを発生させる自走台車の初速度。スタート後、最大0.3秒して一定速度に達する。また最大1cm移動すれば定速に達する。

3) 電気出力は一定である。

4) 灌流液中で操作する。

条件1)~4)を満たす実験系として図2のようなモデルを作製した。即ち、ソルビトール液に新鮮な豚肉を浸し、その表面に電極を接触させ、これを電動モーターで駆動する台車に固定した。この台車の移動速度を変化させることによりストローク速度は一定に保たれた。即ち、このときの電動モーター台車の速度は光学式時差計で、決められた2点間を台車が通過する時間から実測計算した。Surgical unitは手動操作による基礎的検討と同様にForce40®を使用し、切開モードで実験を行った。即ち、電極VaporTrove®とcutting loop electrodeのストローク速度を2.5cm/s、3.0cm/s、4.0cm/sの3種類に固定して、電気出力160W、200W、275W、300Wの4段階それぞれで3回ずつ操作を行った。尚、電動モーター付き台車の立ち上がり速度は図3の様になり、一定速度となるには遅くとも0.3

図4 豚筋肉組織のVaporTrove®による変化。電気出力220Wの蒸散層の直下に正常組織と明らかに染色濃度の異なる乾燥凝固層を認める(HE染色)。(×5.4)

秒、ストローク速度4.0cm/sにおいては0.25秒程度で、その間のVaporTrove®の移動距離は1.0cmであった。よって、はじめの1cmを除いた3cmから4cm程度の電気蒸散部位の組織を検討の対象とした。得られた標本は操作後直ちにホルマリン固定し、対象部位よりそれぞれ3カ所の組織切片を作製した。各条件ごと得られた病理組織切片を顕微鏡学的に検討すると同時にその平均深度を算出した。即ち、蒸散した組織欠損層と乾燥凝固による組織変性層の最も深い部位をそれぞれ計測し平均値を算出した。

結 果

(1) 手動操作による基礎的検討

図4はVaporTrove®による豚筋肉の組織変化である。電気蒸散によって表層より明らかな組織欠損が認められ、その下に乾燥凝固層と呼ばれる均一な幅を持った好染色性のタンパク熱変性層を認めた。表1はVaporTrove®とcutting loop electrodeそれぞれで得られた組織像より蒸散層(vaporization層)と乾燥凝固層(desiccation層)の深さを計測し、その平均値を示したものである。豚筋肉の場合、VaporTrove®では220Wの電気出力で平均 1.24 ± 0.35 mmの深さの蒸散層とその下層に平均 0.49 ± 0.19 mmの深さの乾燥凝固層が生じた。豚肝臓では、同じ操作で平均 0.50 ± 0.30 mmの深さの蒸留層と平均 0.99 ± 0.26 mmの深さの乾燥凝固層が生じた。また、cutting loop electrodeでは豚筋肉、肝臓のいずれでも5.0mm以下の欠損層に対して、平均 0.25 ± 0.14 mmの深さしか乾燥凝固層が形成されなかった。

表1 豚肉における組織変化（手動操作による基礎的検討の結果）

1. Porcine muscle

Electrode	Mode	Power	Average of Depth	
			*Vaporization	Desiccation
Vapor Trode®	pure cut	220W	1.24±0.35mm	0.49±0.19mm
Cutting loop	pure cut	130W	(5.0mm>)	0.25mm

2. Porcine liver

Electrode	Mode	Power	Average of Depth	
			Vaporization	Desiccation
Vapor Trode®	pure cut	220W	0.50±0.30mm	0.99±0.26mm
Cutting loop	pure cut	130W	*(5.0mm>)	0.25±0.14mm

*Defect layer by cutting

図5 ストローク速度と蒸散層の深さとの関係。

電気出力を一定にした場合、出力275W以下では蒸散層の深さはストローク速度が小さいほど深くなった。

(2) 実験モデルによる基礎的検討

VaporTrode®による組織変化では、蒸散層の平均の深さは、速度2.5cm/sでは電気出力を160W, 200W, 275W, 300Wと変化させても4.18±0.45mm, 4.15±0.44mm, 4.10±0.72mm, 4.02±1.34mmとほぼ同じであった。しかし、速度3.0cm/sでは、出力275Wまでは160W, 200W, 275Wでそれぞれ平均1.62±0.53mm, 2.97±0.94mm, 4.05±0.75mmと速度2.5cm/sの時より浅い蒸散層ができたが、出力300Wでは深さ5.59±0.64mmと速度2.5cm/sの時より深い蒸散層が形成された。速度4.0cm/sでは、電気出力160W, 200W, 275W, 300Wで平均1.40±0.58mm, 2.19±0.61mm, 2.80±0.97mm, 2.80±0.97mmといずれも速度

図6 電気出力と乾燥凝固層の深さとの関係。

ストローク速度を一定にした場合、乾燥凝固層の深さは電気出力が大きいほど深くなった。

図7 ストローク速度と乾燥凝固層の深さとの関係。

電気出力を一定にした場合、乾燥凝固層の深さはストローク速度が大きいほど浅くなった。

3.0cm/sの時より浅い蒸散層となった。即ち、275W以下の電気出力の場合、ストローク速度が小さいほど組織蒸散層は深くなった（図5）。

次に、乾燥凝固層の平均の深さはストローク速度2.5cm/sでは電気出力160W, 200W, 275W, 300Wそれぞれで2.51±0.56mm, 3.12±0.74mm, 3.49±0.83mm, 3.60±0.39mmと電気出力の増加に伴って大きくなった。速度3.0cm/sでは乾燥凝固層の深さは平均1.93±0.82mm, 2.54±0.56mm, 2.71±0.75mm, 3.49±0.80mmと変化し、速度4.0cm/sでも同様に1.14±0.81mm, 1.66±0.44mm, 1.83±1.02mm, 1.93±0.81mmとそれぞれの深さは増加した（図6）。これをストローク速度と乾燥凝固層の深さの関係で見ると、同じ電気出力の場合、ストローク速度が小さいほど乾燥凝固層の深さは増加していた（図7）。

蒸散層と乾燥凝固層の深さの平均値を比較すると、一定の電気出力の場合、蒸散層の1/3から1/2の深さで

表 2 一定のストローク速度 (3.0cm/s) における豚筋肉の組織変化
(Vapor Trode®と cutting loop electrode の乾燥凝固層の比較)

Porcine muscle				
Power Electrode	160W	200W	275W	300W
Vapor Trode®	1.93±0.82mm	2.54±0.56mm	2.71±0.75mm	3.49±0.80mm
Cutting loop	1.32±0.47mm	2.01±0.73mm	2.19±0.77mm	

乾燥凝固層が生じていた。

一方, cutting loop electrode を用いて, ストローク速度を3.0cm/s に固定して電気出力を160W, 200W, 275W と変えて操作した場合, いずれも深さ5.0mm 前後の組織欠損層に対し, 乾燥凝固層の深さは平均でそれぞれ1.32±0.47mm, 2.01±0.73mm, 2.19±0.77 mm と僅かに増加するものの, VaporTrode®よりも浅く変化も小さかった (表 2)。

考 察

老人人口の増加に伴い, 最近, 前立腺肥大症の治療があらゆる方向から見直されている。しかし, 中等度以上の前立腺肥大症に対しては, 薬物療法を中心とした保存的治療では限界があり, 外科的治療に頼らざるを得ない場合が少なくない⁹⁾¹⁰⁾。その中でも経尿道的前立腺切除術 (Transurethral Resection of the Prostate ; TUR-P) が gold standard としてこれまで多数の施設で主流を占めてきた¹⁾。しかし, 他の外科領域と同様に高齢者を対象にする機会がますます増加しており, より侵襲の少ない minimally invasive surgery がここ数年, この分野でも強く要求されてきている¹¹⁾。即ち, 経尿道的前立腺切開術¹²⁾, バルーン拡張術¹³⁾, 超音波吸引法¹⁴⁾, 凍結療法, 温熱療法¹⁵⁾, 高温治療法¹⁶⁾, 尿道ステント留置法¹⁷⁾などが前立腺肥大症に対する治療として次々と報告されてきたが, いずれも少なからず短所を有し, 従来の cutting loop electrode による TUR-P に取って代わる治療法には成り得ていない。最近, 注目されているものに VLAP (Visual Laser Ablation of the Prostate) があるが, 術後の膀胱刺激症状, 尿閉によるバルーン再挿入, 長期成績の不明確さ, 高額な手術機器など数々の問題を有している¹⁸⁾¹⁹⁾。

TUR-P が前立腺肥大症の外科的治療法として他の方法に比べ, 根治性が高いことに異論はないが, 術中および術後出血と TUR 症候群がしばしば問題となり, 少なからず合併症を持つ高齢者の場合には, 時と

して重大な手術合併症を引き起こすことがある²⁾³⁾。その問題を解決するために開発されたのが, 1995年より導入された TVP であり, 今回検討した電極 Vapor-Trode®である。これは, 電気蒸散 (electrovaporization) という方法により前立腺肥大組織を消失させ, その下層に乾燥凝固 (desiccation) を起こし同部からの出血を極力少なくするように考案されたもので, さらに露出血管からの灌流液吸収による TUR 症候群も最小限に抑えられると考えられている。

そこで今回, 臨床応用する前に, VaporTrode®による蒸散によって実際にどの程度の組織欠損が生ずるか, また乾燥凝固層の深さはどの程度であるのかを豚肉を用いて組織学的に検討した。即ち, 蒸散層より下層の組織はかなり深部まで熱凝固変性してしまうことにより, 従来の cutting loop electrode に比べ, 局所の組織障害が大きくなることが予想されるが, その程度を予め検討することも目的のひとつとした基礎的実験である。

今回の実験の結果, 豚筋肉を用いて手動操作で行った場合, VaporTrode®の乾燥凝固層の深さは, 蒸散層の深さの約1/2であったが, cutting loop electrode の乾燥凝固層の深さは約0.25mm と極めて浅いものであった。この違いは cutting loop electrode のストローク速度が VaporTrode®の速度の約 4 倍であり, 組織の一定部位に通電する時間に差があることに原因がある可能性が示唆された。一方, 豚肝臓を用いると, VaporTrode®で蒸散層の深さの 2 倍近い深さの乾燥凝固層ができた。これは, 今回の実験では肝臓被膜の上から通電させたため, 蒸散が生じるには肝臓被膜の組織抵抗が大きくその下層の熱変性の方が強く出た結果と考えられた。

次に電極にかかる圧力を一定にした実験モデルの結果から, 電気出力275W 以下の場合では, ストローク速度が小さいほど蒸散層の深さが大きくなるが, 出力300 W になるとストローク速度にかかわらず深い蒸散層

ができることがわかった。またストローク速度が4.0 cm/s と速い場合、出力の大きさにかかわらず浅い蒸散層しか形成されないということがわかった。一方、乾燥凝固層に関しては、ストローク速度が小さいほど乾燥凝固層の深さが大きくなることがわかったが、速度4.0cm/s では電気出力にかかわらず平均2.0mm 以下の浅い乾燥凝固層しかできないことがわかった。

以上より、電気出力を300W と大きくするとストローク速度に関係なく深い蒸散層ができる可能性があり、また速度4.0cm/s と速いストローク速度では電気出力に関係なく極めて浅い乾燥凝固層しか形成されないことがわかった。そこで VaporTrode® を用いて安全かつ有効な深さの蒸散層と乾燥凝固層を得るには275W 前後の電気出力で3.0cm/s 以下のゆっくりとしたストローク速度で操作を行うのが適当であろうと考えられた。しかし一方でストローク速度を遅くすればするほど乾燥凝固層も厚くなり出血はコントロールされるがその部位の組織抵抗は極めて高くなり、再度電気蒸散を行う場合、蒸散効率が悪くなってしまいうという結果が生じる。以上より、ストローク速度は2.5cm/s から3.0cm/s が適当であろうと考えられた。実際の前立腺組織は、今回われわれが用いた豚肉とは構成組織も含有水分量も異なるため、以上のデータをそのまま適用できないが、少なくとも使用する電気出力とストローク速度の関係についてはひとつの方針が導けたと考えられる。

VaporTrode® と cutting loop electrode の2つの電極を比較すると、同じストローク速度でも VaporTrode® の方が cutting loop electrode よりも乾燥凝固層が厚く形成された。これは電極の形状上、VaporTrode® の方が組織との接触面積が cutting loop electrode よりも広いためと考えられた。また両者共、電気出力に比例して乾燥凝固層が深くなることが確認されたが、cutting loop electrode では VaporTrode® に比べその深さは浅く、変化も小さかった。以上より、従来の cutting loop electrode は電気出力を上げてでも乾燥凝固作用が小さく、周囲組織への影響が極めて少ないことがわかった。

次に今回の実験結果とこれまでの文献報告^{4)~6)}を検討し、VaporTrode® を用いた TVP の蒸散凝固の電気的原理について、以下のように考察した。電気メスの cutting wave の出力を上げてゆくと、電極に高密度電流が流れ、電極の一部に鋭角に突出した部位（エッジ）があれば、またエッジと組織の間隙が極度に狭け

ればまずこの間隙でスパーク放電が生じる。同時に同部で高度のジュール熱が発生し表層組織の急激な温度上昇が起き、細胞内外の水分が急激に蒸発し、細胞自体の爆発、崩壊を生じる。電気蒸散 (vaporization) とは、この現象をさして云う⁴⁾⁵⁾。この蒸散作用は電極と組織との間隙が重要であるが、同部にこの電極を接触させると蒸散した組織の下層組織には水分蒸発による組織乾燥が起き、組織タンパクの熱変性による凝固層ができる。これを乾燥凝固 (desiccation) と云う⁴⁾⁵⁾。この乾燥凝固層の形成により、切除層表面からの出血はほとんど見られない。この二つの現象を利用するために開発されたのが、今回使用した電極 VaporTrode® である。即ち、円筒状のローリングする電極の表面に3列の溝をつけ4カ所の突出部位を作り、このエッジと前立腺組織との僅かな間隙を利用して放電を発生させ組織の蒸散を起こさせようとするものである。電気的な性質として、尖ったエッジなど電極の鋭角の部分の方が、同じ電極の平坦な部分より電界強度が大きくなり、放電は起こりやすい。また、電極を組織に押しつけた時には、エッジの先端がより組織に密着し電気抵抗は低くなる。よって、電極のエッジの方が平面部よりも爆発蒸散に寄与する率が高い。しかし、エッジがなくても、たとえばボール型電極（ローラーボール）のようなものでも、電流密度が条件を満たせば蒸散と乾燥は十分に発生しうる。即ち、蒸散と乾燥凝固という現象は、電極を流れる電流密度（電気的出力）、電極と組織の接触面積（電極の形状）、電極の移動速度の三点の微妙なバランスの上に成り立っているものと考えられる。

以上のような原理のもとに TVP は開発され、用いられる電極も今後種々の形態のものが登場するであろう。しかし、いずれの電極を用いるにしても TVP の基礎的理論を十分に理解し、それによる組織変化を熟知しておくことは臨床応用していく上で極めて重要である。また一方で、この TVP では、通常の TUR-P の1.5倍から2倍近い高密度の電流を人体に流す手技であるということを銘記しておかねばならない。即ち、電流はそもそも抵抗のより小さい方向に流れていく性質を持ち、たとえば、消毒液などの液体が体表に付着していたりすると容易にその方向に流れ出す。その結果、電流の人体からの流出部位である皮膚に熱傷を形成する可能性がある^{20)~22)}。これを防止するためには、精度の高い generator と対極板が必要であり、特に対極板の貼付の際には、皮膚との間に空隙を無くし、十分に

異物を取り除いた皮膚に貼るなどの注意が肝要である。

TVP は、まだ臨床応用され始めて間もない手技であり、今後その有効性、安全性について次々と成績が報告されてくるであろうが、今回の検討は、臨床応用する前に TVP の基礎的知識を確認する上で極めて有用であると考えられた。

結 語

1) VaporTrodé® は前立腺肥大症に対する経尿道的切除術において、蒸散 (vaporization)、乾燥凝固 (desiccation) を目的とした新しい electrode である。

2) VaporTrodé® で十分な深さの蒸散、乾燥凝固層を得るためには、従来の cutting loop electrode のストローク速度より遅いストローク速度と、より大きな電気出力が必要である。

3) 従来の TUR-P に用いる cutting loop electrode による乾燥凝固層の深さは、電気出力を上げても極めて浅い。

4) VaporTrodé® によるストロークあたりの蒸散による組織欠損は cutting loop electrode に比べかなり少なく、ストローク速度も遅いため手術時間は延長するが、術中出血、TUR 症候群は有意に減少し、安全に手術が行える可能性がある。

文 献

- 1) Holtgrewe, W.L., Mebust, E.K., Dowd, J.B., Cockett, A.T.K., Peters, P.C. and Proctor, C.: Transurethral prostatectomy: Practice aspects of the dominant operation in American urology. *J. Urol.*, **141**, 248—253, 1989.
- 2) Mebust, W.K., Holtgrewe, H.L., Cockett, A.T.K., Peters, P.C. and Writing Committee.: Transurethral Prostatectomy: immediate and postoperative complications. A cooperative study of 13 participating institutions evaluating 3,885 patients. *J. Urol.*, **141**, 243—247, 1989.
- 3) Roos, N.P., Wennberg, J.E., Malenka, D.J., Fisher, E.S., McPherson, K., Andersen, T.F., Cohen, M.M. and Ramsey, E.: Mortality and reoperation afteropen and transurethral resection of the prostate for benign prostatic hyperplasia. *N. Engl. J. Med.*, **320**, 1120—1124, 1989.
- 4) Kaplan, S.A. and Te, A.E.: Transurethral electrovaporization of the prostate: A novel method for treating men with benign prostatic hyperplasia. *Urology.*, **45**, 566—572, 1995.
- 5) Kramolowsky, E.V. and Tucker, R.D.: The urological appreciation of electrosurgery. *J.*

Urol., **146**, 669, 1991.

- 6) Kaplan, S.A. and Te, A.E.: A comparative study of transurethral resection of the prostate using a modified electro-vaporizing loop and transurethral laser vaporization of the prostate. *J. Urol.*, **154**, 1785—1790, 1995.
- 7) McLean, A.J.: The Bovie electrosurgical current generator. *Arch. Surg.*, 1863—1873, 1929.
- 8) McLean, A.J.: Characteristics of adequate electrosurgical current. *Amer. J. Surg.*, 417—441, 1932.
- 9) Lepor, H., Auerbach, S., Puras-Baez, A., Narayan, P., Soloway, M., Lowe, F., Moon, T., Leifer, G. and Madsen, P.: A randomized, placebo-controlled multicenter study of the efficacy and safety of terazosin in the treatment of benign prostatic hyperplasia. *J. Urol.*, **148**, 1467—1474, 1992.
- 10) Stone, N.N.: Flutamide in treatment of benign prostatic hypertrophy. *J. Urol.*, **34**(Suppl 4), 64—68, 1989.
- 11) Watson, G.M.: Minimally invasive therapies of the prostate. *Minim. Invas. Ther.*, **1**, 231, 1992.
- 12) Sirls, L.T., Ganabathi, K., Zimmern, P.E., Roskamp, D.A., Wolde-Tsadiq, G. and Leach, G.E.: Transurethral incision of the prostate: an objective and subjective evaluation of the long-term efficacy. *J. Urol.*, **150**, 1615—1621, 1993.
- 13) Lepor, H., Sypherd, Machi, G. and Derus, J.: Randomised, double-blind study comparing the effectiveness of balloon dilation the prostate and cystoscopy for the treatment of symptomatic benign prostatic hyperplasia. *J. Urol.*, **147**, 639—642, 1992.
- 14) Malloy, T.R., Carpinello, V.L., Wein, A.J., Payne, C. and Wuchinich, D.: Bladder outlet obstruction treated with ultrasonic aspiration: Oneyear follow-up on 59 patients. *Urology.*, **37**, 512—515, 1991.
- 15) Blute, M.L., Tomera, K.M., Hollerstein, D.K., Mckiel, C.F., Lynch, J.H., Regan, J.B. and Sankey, N.E.: Transurethral microwave thermotherapy for management of benign prostatic hyperplasia. Results from the United States Prostatron Cooperative Study. *J. Urol.*, **150**, 1591—1596, 1993.
- 16) Venn, S.N., Montgomery, B.S., Sheppard, S.A., Hughes, S.W., Beard, R.C., Bultitude, M.I., Lloyd-Davies, R.W. and Tiptaft, R.C.: Microwave hyperthermia in benign prostatic hypertrophy: A controlled clinical trial. *Br. J. Urol.*,

- 76, 73—76, 1995.
- 17) Oesterling, J.E., Kaplan, S.A., Epstein, H.B., Defalco, A.J., Reddy, P.K. and Chancellor, M. B.: The North American experience with the Urolume endoprosthesis as atreatment for benign prostatic hyperplasia. Long-term results. *Urol.*, **44**, 353—362, 1994.
 - 18) Costello, A.J., Bowsher, W.G., Bolton, D.M., Braslis, K.G. and Burt, J.: Laser ablation of the prostate in patients with prostatic hypertrophy. *Br. J. Urol.*, **69**, 603—608, 1992.
 - 19) Narayan, P., Fournier, G., Indudhara, R., Leidich, R., Shinohara, K. and lngerman, A.: Transurethral evaporation of the prostate (TUEP) with Nd: YAGlaser using contact free beam technique: Results in 61 patients with benign prostatic hyperplasia. *Urology*, **43**, 813—820, 1994.
 - 20) Tucker, R.D. and Ferguson, S.: Do surgical gloves protect staff during electrosurgical procedures? *Surgery*, **110**, 892—895, 1991.
 - 21) Simpson, J.I. and Wolf, G.L. : Endotracheal tube fire ignited by pharyngeal electrocautery. *Anesthesiology*, **65**, 76—77, 1986.
 - 22) Pearlman, C.K. and Ana, S.: Reconstruction followitng iatrogenic burn of the Penis. *J. Pediat. Surg.*, **11**, 121—122, 1976.

(1996年8月27日受付, 1997年3月24日受理, 特別掲載)