尿管閉塞による尿管内圧上昇の尿管動態に及ぼす影響

—— 上部尿路機能に関する研究 第26報 ——

岩手医科大学医学部 泌尿器科学教室

(主任: 大堀 勉教授)

船 木 廣 英

STUDIES ON THE FUNCTION OF THE UPPER URINARY TRACT

XXVI. THE INFLUENCE OF THE RISE OF URETERAL INTRALUMINAL PRESSURE ON URETERAL PERISTALSIS DURING URETERAL OBSTRUCTION

Hiroyoshi FUNAKI

*Department of Urology, School of Medicine,
Iwate Medical University, Morioka.*

(Director; Prof. T. Ohhori)

The present investigation was undertaken in order to examine the change in ureteral peristalsis during acute complete occlusion of the ureter. Unilateral ureteral obstruction was produced in 13 mongrel dogs. Parameters consisting of the ureteral intraluminal pressure, ureteral electromyogram (EMG), urine volume, specific gravity of urine, and blood pressure were measured simultaneously during occlusion.

The results obtained were as follows:

- 1) Under the condition of complete occlusion, the resting ureteral pressure inducing the shortest discharge interval (less than 4 seconds) was in the range of 15-20 cmH₂O.
- 2) When the resting pressure increased over 25 cmH₂O, the effective contractile pressure due to ureteral peristalsis disappeared in 7 ureters despite their EMGs were persistent. In cases where the contractile pressure was maintained, it tended to decrease gradually.
- 3) The conduction velocity of peristalsis did not change significantly in both cases.
- 4) No significant changes were seen in the urine volume, specific gravity of urine, and blood pressure. On the other hand, slight retrograde peristalsis was observed in 8 dogs under the condition of obstruction.

I. 結

言

腎から分泌された尿は、腎盂尿管の蠕動運動により膀胱へ搬送される。この搬送を妨げる原因として临床上問題となる疾患は、尿管結石症、下部尿路通過障害などで、骨盤内手術時の尿管結紮による症例も時にみられる。こうした尿管閉塞の蠕動運動への影響はこれまで動物実験などより種々の角度から探究されてきた。

例えば Lucas (1908), Kiil (1957), 末武 (1959)らは、急速尿管閉塞後早期より分泌尿に

よる上部尿路内圧の上昇とともに尿管の蠕動放電頻度が増加することを観察している。

更にこうした閉塞状態が継続すると蠕動収縮が消失することは Trattner (1932), Struther (1969), Hinman (1971), Boyarsky & Loday (1972)らの報告でも明らかとなっている。

しかし、閉塞開始後どの程度の内圧上昇で尿管が最大限に活動するのか、その詳細な観察をした報告は少ない。末武 (1959)は閉塞開始後

の尿管内圧と筋電図の変化を観察しているが、詳細な検討は行っていない。Hinman (1971), Boyarsky & Lobay (1972) からも最多放電頻度の発生と内圧との関連について詳細には述べていない。そこで著者は、こうした急性尿管閉塞

時、特に完全閉塞時において尿分泌に伴う尿管内圧の上昇が尿管蠕動、特に放電間隔に対して如何なる影響を及ぼすかを検討する目的で、雑種成犬を用いて実験を行った。その結果2~3の興味ある知見を得たと思われたので報告する。

II. 実験動物ならびに実験方法

実験動物は体重 12.0~30.0 kg の雑種成犬 13 頭を用い、Thiopental Sodium 静脈麻酔下に実験台に背臥位に固定し、実験終了まで生理食塩水を 10~20 ml/kg/hr で点滴静注しながら次の如く実験観察を行った。

13 頭に対し腹部正中切開にて開腹した。この 13 頭に対して経腹膜的に左側尿管中部と両側の尿管下端を露出し、そのうち 1 頭に対しては右側尿管中部も露出した。両側尿管下端に切開を加え、6 Fr 多用途チューブ (長さ 600 mm 内容量 0.7 ml) を腎に向かって約 5 cm 挿入し、結紮固定した。このチューブは両側ともまず尿量測定に使用した。左側 12 頭、両側 1 頭の尿管中部に筋電図誘導電極を置き、尿管筋電図を約 5 分間誘導記録し、これを尿管完閉塞前とした。その後、左側のチューブ末端を圧電変換器に接続して尿管完全閉塞状態とし、1 時間にわたり下記項目の尿管閉塞実験を行った。その後 1 頭については左側のチューブを開放し、右側を閉塞状態として同様の実験を行った。

血圧測定は大腿動脈より腹部大動脈に 7 Fr

図1. 実験模式図

多用途チューブ (長さ 700 mm, 内容量 1.10 ml) を挿入し、結紮固定した上で、下記の如き記録方法で行った。(図1)。

III. 実験項目測定方法

1. 尿管筋電図：岩手医大泌尿器科方式の銀製双極電極に尿管を載せ、前置増幅器日本光電工業社製 RUP-45 を介して、記録器日本光電工業社製 RJG-4008 により記録した。双極電極の導子と増幅器との接続は、腎側よりの導子を増幅器の陽極端子に接続し、基線より上方は腎側電極が正電位を示すものとして記録した。

2. 尿管内圧：尿管閉塞時の内圧を測定するため、前記 6 Fr 多用途チューブを圧電変換器日本光電工業社製 LPU-0.1 と増幅器日本光電工業社製 RP-0.5 に接続し、筋電図と同時記録した。

3. 血圧：前記 7 Fr 多用途チューブを圧電変換器日本光電工業社製 LPU-0.1 と増幅器日本光電工業社製 RP-0.5 に接続し、上記項目と同時記録した。

4. 尿量ならびに尿比重：尿管閉塞前に左側 13 頭および右側 8 頭の尿量を 5 分間測定し、閉塞後は、閉塞 10 分後より 10 分間、5 頭(右側 4 頭、左側 1 頭)で閉塞側の尿量を測定した。尿比重測定は、閉塞前は 10 頭 20 尿管、閉塞後は 4 頭 4 尿管の尿について行った(表1)。

表 1. 対照時の活動電位, 尿量, 尿比重ならびに閉塞開始時静止圧, 閉塞時非閉塞腎の尿量, 尿比重

実験犬 NO.	各成大閉塞前 平均放電間隔 (sec)	閉塞開始時 静止圧 (cmH ₂ O)	閉塞前逆 蠕動発生	閉塞後逆 蠕動発生	閉塞 5 分前の 興奮伝播速度 (mm/sec)	閉 塞 前 尿 量 (ml/min)	閉塞時の対 側の尿量 (ml/min)	閉塞前 尿比重	閉塞後 尿比重
1	14.5	12.0			33.3	右 0.15 左 0.15		右 >1.050 左	
2	32.1	6.0	○	○	27.8	左 0.02			
3	7.6	4.0		○	26.8	左 0.04		1.045	
4	6.1	4.0		○	20.0	左 0.13			
5	9.1	7.2		○	37.0	右 0.15 左 0.18	0.14	右 1.046 左 1.043	1.047
6	5.9	5.6			19.2	左 0.02			
7	15.2	3.6		○	23.8	左 0.11		1.031	
8	19.3	4.0			27.0	右 0.10 左 0.11	0.05	右 >1.050 左	
9	18.1	7.2		○	29.4	右 0.06 左 0.07	0.05	右 >1.050 左	>1.050
10	6.1	6.8			23.8	右 0.39 左 0.34	0.28	右 1.010 左 1.010	1.016
11	13.8	3.6		○	23.3	右 0.08 左 0.08		右 1.043 左 1.049	
12	9.0	8.8			15.6	右 0.65 左 0.72		右 1.035 左 1.030	
13 左	11.5	14.0			20.8	右 0.17 左 0.19		右 1.032 左 1.031	
13 右	13.0	14.8		○	28.6	右 0.08 左 0.09		右 1.039 左 1.038	
	総平均値±SD 13.0±7.1	総平均値±SD 7.3±3.8	1 頭 1 尿管	8 頭 8 尿管	総平均値±SD 25.6±5.9	平均値±SD 0.13±0.09	平均値±SD 0.14±0.10		1.041

IV. 実 験 成 績

1. 1 側尿管完全閉塞前（以後は閉塞前と略す）対照実験

1) 尿管筋電図ならびに尿管内圧

尿管筋電図：閉塞前 5 分間の 13 頭 14 尿管において、表 1 に示すごとく逆蠕動は 1 頭 1 尿管のみに認められた。放電間隔の総平均値±標準偏差 (SD と略す) は 13.0 ± 7.1 秒であり、最短値は 5.6 秒であった。また、閉塞開始 5 分前の興奮の伝播速度の総平均値±SD は 25.6 ± 5.9 mm/sec であった。

尿管内圧：閉塞時より測定を開始した。

2) 尿量ならびに尿比重

閉塞前における 13 頭 23 尿管の尿量の総平均値±SD は 0.13 ± 0.09 ml/min であった。尿比重は測定した 10 頭 20 尿管中、6 頭 12 尿管で 1.030~1.050 間にあり、3 頭 6 尿管で 1.050 を越え、1 頭 2 尿管で 1.010 であった (表 1)。

図2. 閉塞時、有効収縮圧が消失するまでの経過を静止圧の推移で示すとともに、その間の放電間隔の変化も示す

表2. 閉塞時、最短電間隔を示す静止圧

静止圧	10	15	20	25	30	35	40 cm H ₂ O
放電間隔							
4 sec 以上				○			
4 sec 未満	○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	○	○		○

2. 1側尿管閉塞実験

1) 尿管筋電図ならびに尿管内圧

(1) 尿管閉塞後の推移

1側尿管を閉塞した際の尿管筋電図と尿管内圧の推移についてその代表例を図2に示した。尿管の閉塞に伴い静止圧が4 cmH₂Oから16 cm H₂Oに上昇し放電間隔は最短となった。静止圧が24 cm H₂Oまで上昇すると有効収縮圧(収縮圧と静止圧の差)は消失したが、放電はなお継続的に認められた。

(2) 尿管内圧(静止圧)と放電間隔(13頭14尿管)

尿管静止圧は閉塞開始時より継続測定した。閉塞開始時の静止圧の総平均値±SDは7.3±3.8 cmH₂Oであり最低値、最高値はそれぞれ3.6 cmH₂O、14.8 cmH₂Oであった。放電間隔は静止圧の上昇に伴い短縮し始め、表2の如く静止圧15~20 cmH₂Oでは6頭6尿管、10~15 cmH₂Oでは3頭3尿管、20~25 cmH₂Oでは2頭2尿管、25~30 cmH₂Oでは1頭1尿管がそれぞれ最短放電間隔を示した。更に1頭2尿管においては、静止圧30~35 cmH₂Oで左側尿

管、静止圧40~45 cmH₂Oで右側尿管がそれぞれ最短放電間隔を示した。この間、いずれの尿管においても放電間隔はほぼ3分の1あるいは2分の1と整数比をなして短縮した。この放電間隔は図3の如く、静止圧が15~20 cmH₂Oまで上昇すると統計学的に有意な短縮(p<0.005, Wilcoxon T検定)を示した。静止圧が15 cmH₂Oを越えるまでに要した時間は14尿管とも15分以内で、そのうち12尿管は6分以内と比較的短時間の变化であった(表3)。この後一時的に静止圧の低下、放電間隔の延長が6頭7尿管に認められたが再び静止圧は上昇、放電間隔は最も短縮し、そのパターンは初回短縮と同様であった。

(3) 尿管有効収縮圧(収縮圧と静止圧の差)

尿管内圧の上昇過程で有効収縮圧が認められた尿管の割合についてみると、静止圧10~15 cmH₂Oでは13尿管、15~20 cmH₂Oでは12尿管、20~25 cmH₂Oでは13尿管であり、以上より静止圧25 cmH₂O未満では13尿管中12尿管(92.3%)以上で有効収縮圧が認められたことになる(図4)。また、図5の如く静止圧15~20

図3. 閉塞時の放電間隔と静止圧

表3. 閉塞時、静止圧 15 cm H₂O を越えるまでに要した時間

所要時間	尿管数
1 分以内	3
2 "	3
3 "	3
6 "	3
15 "	2

図4. 閉塞時、有効な蠕動収縮圧を認める静止圧。*静止圧 15~20 cm H₂O の尿管総数 (N) は 12 である

cmH₂O 以下では有効収縮圧はほぼ安定していた。静止圧が 20~25 cmH₂O まで上昇すると有効収縮圧は低下傾向を示し、静止圧 25 cmH₂O を越えるとその傾向は更に強まり、有効収縮圧を認める尿管の割合も 13 尿管中 6 尿管 (46.1%) 以下と著減し、静止圧 65 cmH₂O を越えた時点ですべて消失した (図 4)。一方、蠕動放電は有効収縮圧の消失にもかかわらず継続的に発現していた。なお、この有効収縮圧の測定については 14 尿管を対照とし、そのうち 11 尿管については、測定可能であった。残り 3 尿管のうち 1 尿管は閉塞直後より、1 尿管は静止圧 15 cmH₂O 未満より短時間に内圧が上昇したため、それぞれ静止圧 10~20 cmH₂O、15~20

cmH₂O 間での有効収縮圧の計測は不可能であった。また、1 尿管で静止圧が 20 cmH₂O 以下で有効収縮圧が消失し、それ以降の計測は不可能であった。

(4) 尿管の興奮伝播速度と静止圧

表 1 の如く、13 頭 14 尿管での閉塞 5 分前の興奮伝播速度の総平均値±SD は 25.6±5.9 mm/sec であった。閉塞中の総平均興奮伝播速度は 28.6 mm/sec であり、Wilcoxon T 検定では閉塞前後の興奮伝播速度に有意差は認められなかった。また、閉塞時静止圧上昇に伴い幾分速まる傾向を示す時期を認めたが、Wilcoxon T 検定では有意な変化は認められなかった (図 6)。

図5. 閉塞時の有効収縮圧と静止圧

図6. 閉塞前および閉塞時の興奮伝播速度と静止圧

(5) 逆蠕動

閉塞前の逆蠕動は1頭1尿管にのみ認められた。これに対して閉塞時逆蠕動は14尿管中8尿管に認められた。いずれも有効な蠕動収縮圧を認める時期に発生しており、6尿管では静止圧20 cmH₂O以下で、2尿管では25~30 cmH₂Oで出現した。また、閉塞後一過性に静止圧の低

下、放電間隔の延長を14尿管中7尿管に認めた。この7尿管中5尿管に逆蠕動が伴っていた。

(6) 尿管閉塞時収縮波形

閉塞時の収縮波は図2の如く幅広く、ピークが2~3個存在した。有効収縮圧の消失後はさざ波状、もしくは呼吸性的の変化のみとなり明らかに蠕動収縮波とは異なる波形を示した。

2) 尿量と尿比重

閉塞時の尿量は、5 頭 5 尿管(実験犬 No. 5, 8, 9, 10, および 13 の右)の平均値 $\pm$ SD が 0.14 ± 0.10 ml/min であった。閉塞前尿量に比べ閉塞時尿量は 5 尿管中 4 尿管中で減少を示し、尿比重は 2 尿管でやや上昇し、2 尿管では高比重

のままであった。しかし、閉塞前後の尿量および尿比重においては有意差が認められなかった(Wilcoxon T 検定)(表 1)。

3) 血圧

各実験動物において閉塞前および閉塞後 60 分間では血圧は安定していた。

V. 考

尿管が閉塞されると尿管内圧の上昇とともに放電間隔も短縮することは Lucas (1908), Wislocki & O'Connor (1921), Trattner (1932), 横溝 (1944) Sleator & Butcher (1955), Kiil (1957), 末武 (1959) ら多くの研究者により報告されている。

尿管の閉塞が完全な場合、腎の尿分泌能が極端に低くない限り 3~4 分で静止圧が上昇し始めることが Kill (1957) により観察されている。本実験において静止圧 $15 \text{ cmH}_2\text{O}$ を越えるまでに要する時間は、平均 4 分以内、最長のものでも 15 分以内であった。尿管の閉塞後、内圧はこうした速やかな変化を示し、その間に尿管蠕動に対して大きな影響を与えた。本実験においては閉塞後の収縮圧は変化が大きく、指標となりがたかったため、内圧変化の指標として静止圧を用いた。そして、最短放電間隔を発生させると考えられる静止圧の閾値を数量的に示すことができた。これまで尿管内圧の上昇と放電間隔の短縮については本実験の様に具体的な閾値をもってその関連性を示した報告は極めて少ない。既ち、Trattner (1932) は内圧が $3 \sim 18 \text{ cmH}_2\text{O}$ で最も良好な蠕動収縮が得られることを観察しているが、放電頻度の増加内容についての詳細な検討を行っていない。末武 (1959) は閉塞後ほぼ 2~5 分後に著しい放電数の増加とその持続をみている。更に、腎盂内注入時、内圧 $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ で放電数が増加し始め、 $10 \sim 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ でその増加が持続してみられ、 $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ 以上の注入圧では放電は発作性に出現したと述べている。しかし、内圧を収縮圧と静止圧に分けての検討を行っていない。かつ内圧約 $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ 付近での放電数の著明な増加についても詳細には言及していない。一方、Kiil (1957) は放電頻

察

度は静止圧の上昇が認められる前に増加しうるが、 10 mmHg 以上でなければ有意な放電頻度の増加を認めないことが多いと述べている。同時に静止圧の上昇が大きければ放電頻度も増加することは断言できるが、静止圧と放電頻度の間には相関関係がないと述べている。

本実験の静止圧はほぼ一定の上昇傾向を示し、放電間隔もこの上昇に伴い、特徴的短縮を示した。即ち、急性閉塞により静止圧が $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ を越えると、最短放電間隔を示すものがははじめ、静止圧 $15 \sim 20 \text{ cmH}_2\text{O}$ で最短放電間隔を示すものが最も多く認められる様になった(図 3, 表 2)。なおこの時期、有効収縮圧もほぼ一定以上の圧幅を維持していた。湊(1984)の膀胱尿管逆流現象(VUR)の実験によると、膀胱内圧が約 $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ を越えると尿管放電頻度の増加にもかかわらず VUR が発生したと報告している。本実験においては、静止圧 $15 \sim 20 \text{ cmH}_2\text{O}$ では蠕動が最も頻発し、有効収縮圧に変化がみられなかったのも、静止圧が $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ 未満の圧領域において尿管蠕動運動による尿搬送が最も良好であることが示唆された。

また、静止圧 $25 \sim 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ では尿管有効収縮圧を示す割合が 46.1% と減少し(図 4)、有効収縮圧も低下した(図 5)。よって静止圧 $25 \text{ cmH}_2\text{O}$ を越えると尿搬送に有効な蠕動運動が営まれにくいことが示唆された。Trattner (1932) は内圧が $38 \sim 72 \text{ cmH}_2\text{O}$ で蠕動収縮の消失もしくは減少例を観察している。更に Hinman (1971) は尿管閉塞時、静止圧が $45 \text{ cmH}_2\text{O}$ ですべての収縮が消失することを述べており、Boyarsky & Lobay (1972, 1981) も静止圧 $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ で収縮が消失することを報告してい

る。これらに比べ本実験の結果は幾分低い値であった。

本実験において、尿管の興奮伝播速度に対する静止圧の影響は殆ど認められなかった。しかし、末武（1959）、白鳥（1960）、浦井（1960）、Hinman（1971）らは放電頻度の増加に伴う興奮伝播速度の遅延を認めている。一方、赤坂（1976）は平常時と利尿時で有意差を認めないことを報告している。本実験においては閉塞前よりも閉塞後の方が幾分速かったが有意な差は認められず、赤坂と一致した結果であった。

逆蠕動は、閉塞前に1尿管にみられ、閉塞後は8尿管に発生した（表1）。逆蠕動の発生について木村（1966）は、発生直後にその伝達が遮

断された場合にこれに競合している尿管下端の収縮が全体のペースメーカーとなって逆蠕動が発生すると考えており、宍戸・土田（1969）は更に、複数の発生機序を挙げて推察している。また、湊（1984）はVURの実験における一過性の逆蠕動の発生原因としてVUR発生時の膀胱近位尿管の伸展圧刺激を考えている。本実験においては尿停滞時の状態であり、偶発性に膀胱側尿管から興奮が発生したものと考えられた。閉塞時の収縮波は幅広くなり、ピークは2～3箇所と複数みられ（図4の静止圧4 cmH₂O, 16 cmH₂Oの時点）、Boyarsky & Loday（1972, 1981）が述べているTo and froの波形に相当するものと考えられた。

VI. 結

急性尿管完全閉塞時の病態を解明する目的で以下の実験を行った。

雑種成犬13頭14尿管を用いて、一側尿管完全閉塞の尿管標本を作製し、この状態の尿管内圧と尿管蠕動の変動を内圧は圧電変換器、蠕動は尿管筋電図を用いて1時間にわたって測定し、両者の関係を検討した結果、次の如き成績を得た。

1. 尿量および尿比重

尿管閉塞前後の尿量、尿比重において有意差は認められなかった。

2. 血圧

各実験動物において閉塞前および閉塞後60分間では血圧は安定していた。

3. 尿管内圧と尿管筋電図

(1) 尿管閉塞時、放電間隔は静止圧の上昇に伴い短縮し、13頭14尿管中、静止圧15～20 cmH₂Oでは6頭6尿管、10～15 cmH₂Oでは3頭3尿管、20～25 cmH₂Oでは2頭2尿管がそれぞれ最短放電間隔を示し、静止圧15～20 cmH₂Oで最も多かった。

語

(2) 静止圧が20～25 cmH₂Oまで上昇すると有効収縮圧（収縮圧と静止圧の差）は減少傾向を示し、静止圧25 cmH₂Oを越えると13尿管中7尿管で有効収縮圧は消失した。存続例でもその値は減少傾向を示した。

(3) 興奮伝播速度は閉塞前よりも閉塞中においてやや速い傾向にあったが、有意な変動ではなかった。

(4) 逆蠕動は、閉塞前13頭14尿管中1尿管に認められたが、閉塞後は14尿管中8尿管に認められた。

以上の実験結果より尿管の最短放電間隔を誘発する静止圧域は15～20 cmH₂Oに存在し、その間有効収縮圧の減少がみられないことより、この時期において最も強い尿管の搬送能を示すものと考えられた。

稿を終るに臨み、終御指導と御校閲を賜った恩師大堀 勉教授に深く感謝いたします。また、直接御指導いただいた久保 隆助教授さらに御協力下さった当教室員の各位に厚く御礼申し上げます。

文

献

赤坂俊幸（1976）. 上部尿路に関する研究—第8報—急速利尿時における犬生体腎盂尿管の動態. 日泌尿会誌, 67: 237-247.

Boyarsky, S. and Loday, P. (1972). *Ureteral dynamics*. 45-87 Williams & Wilkins, Baltimore.

- Boyarsky, S. and Loday, P. (1981). Bergman, H. (editor) *The Ureter*, 2nd edition, p. 71-104, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- Hinman, F. (1971). Peristalsis in the diseased ureter. A brief summary of current knowledge. In: *urodynamics*, p. 353-360, Academic press, New York and London.
- Kiil, F. (1957). *The function of the ureter and renal pelvis* p. 95-131 W.B. Saunders company Philadelphia and London.
- 木村行雄 (1966). 上部尿路機能の研究—第 8 報—経膀胱鏡的尿管筋電図における基礎的諸問題の検討. 日泌尿会誌, **57**: 851-870.
- 久保 隆 (1973). 上部尿路結石症に対する腎保存的手術の遠隔成績よりみた術式の検討. 岩手医誌, **25**: 683-690.
- 久保 隆 (1983). 尿管運動と尿搬送. 病態生理, **2**: 1055-1063.
- 久保 隆, 大堀 勉 (1983). 尿管運動と尿搬送. 岩手医誌, **35**: 167-170.
- Lucas, D.R. (1908). Physiological and pharmacological studies of the ureter III. *Amer. J. Physiol.* **22**: 245-278.
- 湊 修嗣 (1984). 膀胱尿管逆流現象時の上部尿路動態 (上部尿路機能に関する研究—第 17 報—). 日本平滑筋誌, **20**: 45-48.
- 白鳥常男 (1960). 犬尿管における尿流と尿管放電について. 総合医学, **17**: 112-116.
- 宍戸仙太郎, 土田正義 (1969). 尿管の生理. 臨泌, **23**: 625-635.
- Sleator, W. Jr. and Butcher H. Jr (1955) Action potentials and pressure changes in ureteral peristaltic waves. *Amer. J. Physiol.* **180**: 261-276.
- 末武保政 (1959). 犬尿管における尿流と尿管放電についての研究—第 2 報—一人為局所多尿及び尿流遮断時の尿管筋電図. 東北医誌, **59**: 594-605.
- Trattner, H.R. (1932). Graphic registration of the function of the human ureter with the hydrophorograph. *J. Urol.* **28**: 1-33.
- 浦井利雄 (1960). 正常犬尿管の筋電図学的研究. 東北医誌, **62**: 251-262.
- 横溝圭治 (1964). 尿路内圧測定による Urodynamics の研究. 信州医誌, **13**: 674-697.
- Wislocki, G.B. and O'conor V.J. (1921). Experimental observation upon the ureters. *Amer. J. Physiol.* **55**: 316-317.

(1986 年 12 月 8 日受付)