上部尿路機能に関する研究

第14報 犬腎自家移植時の尿管運動

岩手医科大学医学部泌尿器科学講座
(主任: 大堀勉教授)

山 田 行 夫

STUDIES ON FUNCTION OF THE UPPER URINARY TRACT
XIV. THE URETERAL ACTIVITY DURING INDUCED RENAL AUTO-
TRANSPLANTATION IN MONGREL DOGS

Yukio Yamada

Department of Urology, School of Medicine, Iwate Medical University, Morioka, Iwate, Japan

(Director: Prof. T. O'horu)

The purpose of this investigation was to determine if auto-transplantation of the kidneys produces any adverse effects on the ureteral function. Mongrel dogs weighing 13–34 kg were used in this study. Under anesthesia with i.v. Na-thiamylal, the kidneys and ureters were exposed transperitoneally and electrodes for EMG were secured at the central part of the ureter. The kidneys removed for auto-transplantation were immediately perfused with heparinized Ringer solution at a pressure of 150 cm H₂O. The renal vessels were then anastomosed to the opposite femoral vessels. In another set of experiments, blood flow of the kidney was interrupted for 30–60 min by clamping the renal vessels and then restored by releasing the clamp. The duration of the interruption of renal blood flow was similar to that required for renal auto-transplantation. Changes in the action potentials, discharge frequency and propagation rate before and after diuresis were compared. The diuresis group was further divided into 3 stages: the initial, early and diuresis. In the non-diuresis group, the EMG recordings were obtained at the time intervals of 0–20, 21–40 and 41–60 min and compared with those of the diuresis group. The results obtained were as follows: Diuresis occurred in 18 out of 26 auto-transplanted kidneys. In the diuresis group, antiperistaltic discharges that had previously seen disappeared after the onset of diuresis and frequency of the action potentials increased as the amount of urine increased. In 8 ureters of the non-diuresis group, peristaltic discharges decreased after auto-transplantation. Peristaltic waves were regular in 5 ureters and irregular in 3 ureters. Before diuresis, the discharge frequency was lower ($5.0 \pm 2.4/\text{min}$) than control, but it became higher ($14.0 \pm 6/\text{min}$) than control during diuresis. In contrast, the non-diuresis group showed consistently lower discharge frequency than control. There was no difference in the amplitude and duration time between the diuresis and non-diuresis group. The propagation rate was higher in the diuresis group than the non-diuresis group. The action potentials disappeared in 6 out of 10 ureters during interruption of renal blood flow. Regular peristalsis was seen in 3 ureters and some antiperistalses were seen in one ureter. Following restoration of the renal blood flow, diuresis occurred in 10 out of 17 ureters. Peristalsis was regular during diuresis, as it was in the auto-transplanted ureters. In the non-diuresis group, action potentials appeared in all but one. Regular peristalsis was seen in 3 ureters. Irregular peristalsis was seen in 6 ureters, 4 of which had some antiperistalses. The frequency of the action potentials was $4.8 \pm 1.9/\text{min}$ in the prediuresis and $9.9 \pm 3.2/\text{min}$ during diuresis. The discharge frequency in the non-diuresis group was $3.8 \pm 2.6/\text{min}$ 20 min after restoration of renal blood flow, but thereafter it increased to $8.1 \pm 3.0/\text{min}$. There was no difference in the amplitude and duration between the diuresis and non-diuresis groups.

In contrast to the auto-transplanted ureters, the propagation rate of the hemocluded ureters was lower in the diuresis group than the non-diuresis group. Thus, the ureteral function of the auto-trans-

planted kidneys did not significantly differ from that of the kidneys with interruption of renal blood flow before diuresis. During diuresis, however, the difference between the two became evident, i.e., the ureters of the auto-transplanted kidneys were more active than those of the kidneys with the interruption of renal blood flow. However, the amount of urine was greater in the auto-transplanted kidneys than the hemocluded kidneys. This may account for the difference in the ureteral activity observed between the two group. These results suggest that auto-transplantation of the kidneys if performed within 60 min does not produce any adverse effects on the ureteral function.

要旨：本研究は腎移植尿管の尿管機能を解明する目的で、腎自家移植直後の尿管運動を筋電図を用いて観察し、さらに腎移植尿管と比較するため腎移植に要したと同時間の腎血管遮断を行なった尿管についても筋電図を用いて観察し、両者を対比較検討した。

実験は、雑種成犬を用い、sodium thiamylal による静脈麻酔下に、経腹膜的に腎および尿管を露出した尿管筋電図は、電極を尿管中部に固定して持続的に誘導記録し、腎移植あるいは腎血管遮断前の筋電図を対照とした。腎移植後、あるいは腎血管遮断解除後利尿をみたものを利尿群、尿排出を認めなかつたものを非利尿群とし、いずれも60分の記録を行なった。

以上の実験結果から移植尿管の運動を考案すると、非利尿時の尿管活動電位は移植尿管と遮断尿管の間にはほとんど差を認めず、両者ともに自律性の運動を示したものと考えられた。一方、利尿時の移植尿管と遮断尿管は、尿量に応じて蠕動放電の数を増したが、遮断尿管に比し移植尿管において放電頻度の増加が著明であった。この時の移植尿管と遮断尿管の尿量の比較において、移植尿管に多かつたことから、この放電頻度の差は尿量の多寡によるものと考えられた。

したがって、腎自家移植を受けた尿管の機能は、尿量の増加に応答し十分に機能が保持されるものと考えられた。

緒 言

慢性腎不全患者の予後は透析療法の普及により著しく改善されてきた。また一方腎移植の研究が進みその生着率も著しく向上し、慢性腎不全患者に対する根本療法として注目されている。移植される腎は、はじめは生体腎を多く用いていたが近年屍体腎を用いる傾向へ移行し、その生着率は生体腎よりやや低い傾向にある¹⁾²⁾³⁾。すなわち、現今では腎移植が積極的に行なわれている傾向にあり、拒否反応、移植腎の保存法など、腎移植に関する研究が非常に多くなっている。しかし腎移植後の尿管機能を追究した研究は少なく、とくに筋電図を用いて尿管運動を詳細に観察した報告は少ない。

ところで過去における尿管機能の観察は、ヒトおよび動物において、ともに摘出尿管および生体尿管の両方についてなされ、それぞれの研究報告がみられる。摘出尿管においてはいずれの部位からも自律性に運動が発生しその伝播は悉無律的に起こる⁴⁾、との報告がみられ一方生体尿管における運動の伝播は、筋原性伝播⁵⁾か、神経原性伝播⁶⁾かが問題とされ種々の研究が行なわれてきた。また一方では、Bozler⁷⁾が腎盂に Pacemaker の存在を示唆してより、組織学的にその存在部位が追究され

近年電子顕微鏡的に観察した結果、腎杯部に Pacemaker cell と思われる特異な細胞⁸⁾が存在すると報告されている。また山本⁹⁾は同じく電子顕微鏡でモルモット尿管組織を観察し、交感、副交感神経線維を認めるが、その終末は精管平滑筋と異なり神経が尿管運動の伝播に直接関係があるとは言い難いと述べている。

著者の教室ではヒトおよび犬の生体尿管について尿管手術後の推移や、その他種々の異常状態の尿管機能を追究し、種々の知見を得ている¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。これらの研究報告をみると、生体尿管の運動は手術侵襲を受けた場合に患部の尿流過障害の程度により種々であるが、尿管運動の歩調取り頻度および蠕動の総数は、形成される urine bolus の多寡で左右されるように思われる。

もし尿管運動の伝播に、神経の支経の支配が必要であれば、移植腎は個体よりの神経路を完全遮断されるので、尿搬送能に何らかの障害を惹起することが予想される。さらにまた神経路のみでなく、血行路も一部を除き当然切断されるので、尿管循環の変化による機能障害も予想される。そこで著者は腎移植直後の尿管機能の変化を解明する目的で雑種成犬の腎自家移植を施行し、筋

電図を用いて尿管運動を観察した。また腎移植後の尿管運動と比較する目的で、腎移植に要したと同時間の腎血管遮断を行ないその遮断解除後の尿運動も観察し、対比検討した結果、いささかの知見を得たと思われたので報告する。

実験動物ならびに実験方法

実験動物は雑種成犬（体重13-34kg）47頭を用い、室温15—20℃の実験室において前肢静脈より sodium thiamylal（チトゾール、杏林製薬製）を10-20mg/kgの静脈注射により麻酔し実験台へ仰臥位に固定した。そして5%ブドウ糖液および乳酸リンゲル液（ラクテック、大塚製薬製）を5-10ml/分の割合で点滴静注を行ないながら次の手術を行なった。

術式、腹部正中切開をおき経腹膜的に左又は右の腎および尿管を露出した。この尿管を膀胱近接部で切断し、この切断端へは尿流出状態を観察し易いように、口径1-1.5mmのポリエチレンまたはビニールカテーテルを約3cm挿入し尿管壁の上から結紮固定した。

実験方法、対照時の尿管運動はこの状態で記録された筋電図で観察した。その後は次の二つの手術および実験を行なった。

実験1. 腎自家移植後の尿管運動

対照時の尿管筋電図を記録後、腎動静脈を結紮切断して腎摘出を施行した。摘出腎は直ちに4℃ヘパリン加リンゲル液（乳酸リンゲル液500ml、商品名ラクテック・大塚製薬製に重硫酸ナトリウム5ml、商品名メイロン・大塚製薬製、ヘパリンカルシウム2000単位、商品名ヘパリン・三井製薬製、塩酸メピバカイン20mg、商品名カルボカイン、吉富製薬製を加えたものをアイスボックスで冷却保存したものの入った灌注器に接続され、約150cm H₂Oの圧で灌流液1lを肉眼的に血液の混在のなくなる程度までの10—15分間灌流した。灌流液で脱血後、左腎では右外腸骨動脈に、右腎では左外腸骨動脈に腎動静脈をそれぞれ吻合して移植した。腎摘出より移植完了までに要した時間は30—60分であつた。移植腎の尿管筋電図は、血流を開始してから60分まで記録を続けた。この実験には成犬26頭を使用した。

実験2. 腎血管遮断時ならびに遮断解除後の尿管運動

対照時の尿管筋電図の記録を続けながら、腎動静脈は腸鉗子で遮断した。実験での腎の剝離は腎動静脈を腸鉗子で遮断できる程度にし、腎門周囲の剝離は最小限に留めた。遮断時間は、腎自家移植に要した時間と同じ30—60分とした。尿管筋電図はこの間も連続的に記録し、この

状態時を腎血管遮断時の尿管運動とした。一定時間腎動静脈を遮断した後腸鉗子を外し、腎血流を再開させた後の筋電図を、腎血管遮断解除後の尿管運動とし、60分間記録を行なった。この実験には成犬17頭を使用し、うち10頭は遮断中も尿管筋電図の測定を続けた。

尿管活動電位の誘導および記録方法

活動電位の誘導導子は電極間距離1.0cmの白金製双極懸垂電極¹³⁾を使用した。電極の固定部位は中部尿管とした。この誘導導子により誘導された活動電位の記録は佐々木¹⁰⁾¹¹⁾、高橋¹²⁾、沼里¹⁴⁾と同様に日本光電工業製の2channel biophysical pre-amp (RB-2)に接続し、同社製のmultipurpose recorder twin (RM-20)により時定数0.1秒、記録速度は通常5mm/秒、時に100mm/分でheat-writing法で記録した。双極電極の腎側の導子は増幅器の陽極端子に、膀胱側の電極導子は陰極端子に接続し基線より上方は正荷電、下方は負荷電として記録されるようにした。

尿管活動電位の測定は佐々木¹⁰⁾と同様の方法により放電頻度、振幅、持続時間、伝播速度の四項目について行なった。

実験成績

対照時の尿管運動

腎に対し手術的処置を施行する前のいわゆる対照時の筋電図は21頭に行ない、次の如き成績を示した。

1. 蠕動方向および放電頻度、対照時の尿管蠕動は全て正蠕動を示した。放電頻度は、7.5—24回/分の間にみられ平均11.9±3.5回/分であつた。
2. 振幅は0.2—0.8mVの間にみられ平均0.5±0.20mVであつた。
3. 持続時間は、0.18—0.36秒の間にみられ平均31.5±5.8mm/秒であつた。

腎自家移植尿管の運動

26移植腎のうち移植後から20分の間に利尿を開始したものは18腎（以後は移植利尿群と略す）であつた。残り8腎は移植後60分以上経過しても利尿を認めなかつた（以後は移植非利尿群と略す）。

利尿を認めた18腎のうち14腎の移植前後の尿浸透圧をFISKE OSMOMETER MODEL OSを用いて測定したところ、対照時では435—1372mosm/Lに対し、移植後は283—325mosm/Lといずれも対照時に比して低値を示した。一方尿量をみると移植後尿分泌量の安定した時期では、対照時0.2—1.7ml/分、平均0.52ml/分に対して移植後0.24—4.5ml/分、平均2.48ml/分と大幅に尿量の増加を

表 1. 対照尿管の活動電位

実験犬 No.	測定側	放電頻度 (回/分)	振 巾 (mV)	持続時間 (秒)	伝播速度 (mm/秒)
1	左	10	0.3	0.24	31.25
2	右	8	0.8	0.26	33.3
3	左	7.5	0.43	0.22	35.7
4	右	10	0.26	0.24	29.4
5	左	15	0.5	0.24	35.7
6	右	12	0.5	0.28	28
7	左	9.1	0.2	0.24	33.3
8	右	14	0.2	0.18	41.6
9	左	10	0.5	0.3	27.7
10	左	10	0.4	0.24	31.25
11	左	24	0.4	0.3	25
12	右	14	0.26	0.26	31.25
13	左	10.9	0.76	0.26	25
14	左	8.9	0.26	0.18	28.5
15	左	16.7	0.23	0.2	41.6
16	左	8.8	0.4	0.2	45.4
17	左	10.7	0.4	0.28	23.8
18	左	12.3	0.76	0.36	26.3
19	左	10.9	0.76	0.26	25
20	左	12.3	0.73	0.32	27.7
21	左	13.8	0.36	0.24	34.4
平均		11.86 ± 3.5	0.45 ± 0.2	0.25 ± 0.04	31.5 ± 5.8

認めた。

移植利尿群の尿管活動電位の推移は移植後まだ尿分泌を認めない間の0—20分を利尿前期とし、尿分泌が開始してから分時尿量が安定するまでの20—40分間を利尿初期とし、その後分時尿量がほぼ均等となつた40—60分の間を利尿期として観察した。

非利尿群では蠕動放電の出現様式が不規則なので、移植後20分まで、20—40分まで、40—60分までの各間の尿管活動電位を測定し、その間の平均値でおおのこの利尿群における利尿前期、利尿初期および利尿期と対比した。

尿管蠕動の方向、移植直後から利尿と認めた7腎の尿管では全て規則的な正蠕動を示して推移した。移植後5—20分の間利尿を認めた11腎の尿管では1尿管のみに時々逆蠕動を認めたが利尿期に入つてからは消失した(図1)。

これに対し移植非利尿群の8尿管ではほぼ規則的に正

図 1. 腎移植尿管の筋電図

蠕動を示したものの5尿管、集団的に間隔をおいて活動電位の出現を認めたものの3尿管であつた。

腎移植尿管の活動電位の推移

表2. 腎移植尿管の活動電位

実験犬 No.	移植後利尿 の有無	放電頻度 (回/分)			振幅 (mV)			持続時間 (秒)			伝播速度 (mm/秒)		
		利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)	利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)	利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)	利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)
3	+	5	12.8	14	0.3	0.3	0.3	0.20	0.22	0.18	35.7	41.6	41.6
5	+	3	6	14	0.3	0.2	0.26	0.22	0.28	0.3	35.7	31.3	31.3
7	-	3.6	5.5	5.5	0.43	0.3	0.26	0.2	0.24	0.28	38.6	41.6	24
13	+		8.3	20		0.4	0.23		0.24	0.28		27.7	26.3
19	+		8.3	19		0.36	0.23		0.24	0.24		31.3	31.3
20	+		6	7.7		0.71	0.6		0.42	0.32		26.3	25
21	-	4.6	4	3.8	0.41	0.4	0.4	0.42	0.38	0.3	20.8	27.7	23.8
22	+	10.3	12	18.2	0.33	0.33	0.33	0.24	0.24	0.18	31.3	35.7	41.6
23	+	4	4.6	16.6	0.68	0.38	0.43	0.26	0.24	0.16	27.7	33.3	33.3
24	+		7	24		0.4	0.4		0.28	0.16		27.7	31.3
25	+	4.3	6	11	0.2	0.26	0.43	0.24	0.28	0.24	45.4	31.3	33.3
26	-	4	4.2	9.6	0.3	0.36	0.36	0.22	0.26	0.38	31.3	35.7	38.6
27	+	4	6	8	0.42	0.4	0.28	0.22	0.24	0.22	31.6	35.7	31.3
28	-	9	6.5		0.5	0.25		0.32	0.28		31.3	31.3	
29	+		13	13.9		0.33	0.9		0.26	0.32		31.3	33.3
30	+	6.5	5.9	13.8	0.18	0.2	0.1	0.26	0.24	0.28	35.7	35.7	33.3
31	+		5.3	10		0.43	0.43		0.42	0.28		25	23.8
32	-	3.5		3	0.76		0.48	0.28		0.2	27.7		38.6
33	+	6.9	15	16.6	0.14	0.2	0.15	0.24	0.28	0.28	31.3	31.3	31.3
34	+	4.6	5.3	10	0.73	0.53	0.43	0.38	0.42	0.38	23.8	25.2	23.8
35	-	4.0	5.5		0.7	0.48		0.32	0.24		25	38.4	
36	+	3	6.5	15.3	0.38	0.46	0.42	0.4	0.38	0.24	38.6	45.5	45.5
37	-	3.5	4.5	3.2	0.43	0.3	0.3	0.26	0.28	0.28	31.3	35.7	31.3
38	+		6.3	9.6		0.33	0.36		0.32	0.24		21.7	25
39	+	3.6	8.3	8.8	0.3	0.26	0.2	0.2	0.24	0.24	25	23.8	21.7
40	-	3.9	9	3.8	0.39	0.43	0.3	0.44	0.56	0.24	16.4	23.8	24

移植尿管の活動電位は表2に示す如くであつた。

放電頻度、図2の如く移植直後5—20分の間に利尿を認めた11尿管の利尿前の放電頻度は3—10回/分、平均 5.0 ± 4 回/分と対照時の 11.9 ± 3.5 回/分に比して有意の低下を認めた。

移植直後から利尿を認めた8尿管を含む18尿管の利尿初期の放電頻度は、5—15回/分、平均 7.9 ± 3.6 回/分と尿分泌に応答して増加し、2尿管を除き全て正蠕動放電を示した。さらに尿分泌量の安定した利尿期では8—24回/分、平均 13.9 ± 5.5 回/分と対照時の 11.9 ± 3.5 回/分よりも高値で推移し、全例正蠕動放電を示した。

これに対し移植非利尿群8尿管の放電頻度は、移植後20分まででは図2の如く、3—9回/分、平均 4.5 ± 2.6 回/分と移植利尿群との間に有意の差を認めなかつた。

図2. 腎移植尿管の放電頻度

図3. 腎移植尿管の振幅

図4. 腎移植尿管の持続時間

その後20—40分の間では4—9回/分、平均5.6回/分と軽度の増加を認めたがその増加値は利尿群に比して有意の低値を認めた。その後の放電頻度の推移は著明な増減なく低値にとどまり、実験終了時の60分前後でも3—10回/分、平均4.8±2.9回/分であった。

振幅、図3の如く移植利尿群の利尿前期では0.1—0.7 mV、平均0.36±0.18mV、利尿期では0.2—0.9mV、平均0.36±0.18mV、利尿期では0.2—0.9mV、平均0.36±0.21mVと対照値よりもわずかに低値で殆んど変動なく推移した。

これに対し移植非利尿群8尿管の振幅は、図3の如くそれぞれ平均0.49±0.22mV、0.36±0.18mV、0.35±0.14 mVと移植後20分までは対照時に比してわずかに高値を示したが、その後利尿群と差がなく推移した。

持続時間、移植利尿群では、図4の如く利尿前期では0.2—0.4秒、平均0.26±0.06秒、利尿初期では0.2—0.4秒、平均0.29±0.06秒とわずかに延長したが、利尿期で0.2—0.4秒、平均0.25±0.09秒と対照値へ復した。

これに対し移植非利尿群の持続時間は0.18—0.45秒、平均0.31±0.07秒、0.25—0.5秒、平均0.32±0.08秒、

図5. 腎移植尿管の伝播速度

0.2—0.4秒、平均0.28±0.01秒と利尿群に比してわずかに高値で推移した。

伝播速度、図5の如く移植利尿群の利尿前期では24—45mm/秒、平均33.3±6.0mm/秒、利尿初期では20—45 mm/秒、平均31.2±8.0mm/秒、利尿期では22—45mm/秒、平均32.0—9.6mm/秒と著変なく推移した。

これに対し移植非利尿群の60分までの推移は、それぞれ28.7±7.0mm/秒、29.0±6.0mm/秒、30.0±5.7mm/秒と利尿群に比してわずかに低値であるが、利尿群と同様に著変なく推移した。

腎血管遮断後の尿管運動の推移

表3に示す如く腎血管遮断解除後、利尿を認めたものは10尿管であった。その遮断解除後の利尿期における尿量は0.05—1.1ml/分、平均0.4ml/分と対照値の尿量より減少した例が多かった。他の7尿管では60分以上経過しても尿分泌を認めなかった。

腎血管遮断中に尿管筋電図を測定した10尿管のうち活動電位を認めたものは4尿管であった。これら4尿管の活動電位は、1尿管に逆蠕動の混入を認めた他は正蠕動放電を示した。

遮断解除後は活動電位の消失していた6尿管のうち2尿管と活動電位の出現を認めた4尿管のうち3尿管の計5尿管に利尿を認めた他、遮断中に筋電図を測定しなかった7尿管では5尿管に利尿を認めた。以上の利尿を認めた10尿管の利尿後の活動電位は全て正蠕動放電を示し、放電の調律も経時的に規則的になって推移した。解除後60分までの間に利尿を認めなかったものは7尿管であった。

解除後5分以内に利尿を認めた7尿管を除く9尿管の利尿前期即ち解除後20分までの活動電位をみると、ほぼ規則的に正蠕動放電を示したのは3尿管であり、うち1尿管にその後利尿を認めた。その他2尿管の非利尿群の

表 3. 腎血管遮断解除後尿管の活動電位

実験犬 No.	腎血管遮断 解除後利尿 の有 無	放電頻度 (回/分)			振幅 (mV)			持続時間 (秒)			伝播速度 (mm/秒)		
		利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)	利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)	利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)	利尿前 (~20分)	利尿初期 (~40分)	利尿期 (~60分)
1	—	2.7	5	2.4	0.12	0.18	0.2	0.18	0.2	0.2	41.6	35.7	35.7
2	—	4	4.8	8.6	0.26	0.25	0.24	0.16	0.2	0.24	35.7	33.3	33.3
6	+	4	7.5	8	0.27	0.2	0.2	0.24	0.24	0.26	31.3	33.3	25
8	—	2.3	2.3	13.9	0.3	0.15	0.2	0.18	0.18	0.24	41.6	45.4	31.3
11	—		7.5	4		0.3	0.33		0.24	0.28		29.4	29.4
12	+	10	12	15	0.73	0.33	0.5	0.24	0.3	0.28	33.3	31.3	33.3
15	+		6.9	9.5		0.2	0.2		0.28	0.3		29.4	27.7
16	+		5.2	9.6		0.33	0.3		0.28	0.35		31.3	23.8
17	+	2.5		12	0.26		0.23	0.3		0.24	20.8		35.7
18	+	4.3	9		0.34	0.21		0.3	0.3		35.7	35.7	
41	+	3.3	4	8.9	0.36	0.36	0.36	0.24	0.3	0.28	31.3	31.3	31.3
42	+	3	6.6	6	0.1	0.2	0.35	0.25	0.25	0.18	33.3	27.7	41.6
43	+	4	8	11.9	0.3	0.3	0.3	0.25	0.24	0.24	35.7	35.7	35.7
44	—		8	9.7		0.2	0.38		0.2	0.32		27.7	23.8
45	—	3.9	6	10.5	0.6	0.43	0.48	0.24	0.24	0.4	33.3	35.7	29.4
46	+	7	3.9	8.3	0.76	0.75	0.74	0.34	0.34	0.3	33.3	27.7	31.3
47	—	6.1	11		0.24	0.25		0.28	0.37		33.3	31.3	

図 6. 腎血管遮断尿管非利尿群の筋電図

放電様式は実験終了までこの正蠕動放電が継続した。他の6尿管では数回の活動電位の放電を認めたのちある間隔(不規則)をおいて再び出現する、いわゆる集団的放電様式を認めた(図6)。これら6尿管のうちその後利尿を認めたものは2尿管で他の4尿管(非利尿群)ではこの出現様式に時々逆蠕動の出現を認めながら推移した。

利尿群と非利尿群の筋電図の対比は腎移植群と同様に行なつた。

1. 腎血管遮断時の尿管筋電図

腎血管遮断中、筋電図を測定した10尿管のうち、活動

電位の出現を認めた4尿管の蠕動放電頻度は 4.5 ± 2.35 回/分と対照時に比して著しく減少した。しかし振幅は $0.38 \pm 0.18 \text{mV}$ 、持続時間は 0.27 ± 0.04 秒、伝播速度は $33.8 \pm 6.0 \text{mm/秒}$ と対照時に対比して有意の変動を認めなかつた。

2. 解除後の尿管筋電図

放電頻度、利尿群の利尿前期の放電頻度は、図7の如く2.5—10回/分、平均 4.8 ± 1.9 回/分と対照値に比して有意の減少を認めた。利尿初期では4—12回/分、平均

図 7. 腎血管遮断尿管の放電頻度

図8. 腎血管遮断尿管の振巾

図9. 腎血管遮断尿管の持続時間回

7.1±3.1回/分と増加しさらに利尿期では8.3—15回/分, 平均9.9±3.2回/分と対照値に近接した。

これに対して非利尿群の推移は, 0—20分の間で2—6回/分, 平均3.8±2.6回/分と利尿群に比してやや低値を示した。20—40分までの間では, 2—11回/分, 平均6.3±2.8回/分となり40—60分までの間では2—14回/分, 平均8.1±3.0回/分と経時的に増加の傾向を示したが蠕動放電の出現が不規則で利尿群との間に差がみられた。

振幅, 図8の如く利尿群では利尿前期で0.1—0.8mV, 平均0.39±0.2mV, 非利尿群では0.1—0.6mV, 平均0.30±0.18mVといずれも対照時よりわずかに小さな値を示した。その後利尿群では利尿初期で0.2—0.75mV, 平均0.35±0.15mVと経時的に対照時の値へ近接する傾向を示した。非利尿群の推移は, それぞれ0.30±0.18mV, 0.23±0.03mV, 0.30±0.10mVと利尿群と同様経時的に対照値へ近接する傾向を示した。

持続時間, 図9の如く利尿群の推移は, 利尿前期で0.25—0.4秒, 平均0.27±0.03秒と対照時に比してわずかに

図10. 腎血管遮断尿管の伝播速度

図11. 利尿群の放電頻度

に延長した。その後利尿初期では0.25—0.38秒, 平均0.28±0.03秒とさらに延長し, 利尿期では0.25—0.35秒, 平均0.27±0.03秒と対照値へ近接した。これに対して非利尿群ではそれぞれ0.26±0.06秒, 0.23±0.02秒と, 対照時よりも短縮した成績を示した。しかし40—60分までの間では0.2—0.4秒, 平均0.28±0.08秒と延長し利尿群と同様に対照値へ近接する成績を示した。

伝播速度, 図10の如く利尿群の利尿前期では20—35mm/秒, 平均32.0±5.0mm/秒, 利尿初期では20—45mm/秒, 平均31.7±5.6mm/秒と大きな変動なく推移した。これに対して非利尿群ではそれぞれ37.0±7.6mm/秒, 34.0±1.4mm/秒, 33.8±7.8mm/秒と利尿群と同様にその変動は小さいが, やや高値のままで推移した。

次に腎移植尿管と腎血管遮断尿管の活動電位を各々利尿群, 非利尿群に分け, 対比して述べる。

利尿群の腎移植尿管と腎血管遮断尿管の活動電位放電頻度, 両者の蠕動放電頻度の推移は, 図11の如くである。利尿前期, 腎移植尿管(後は移植尿管と略す)では5.0±2.4回/分, 腎血管遮断尿管(次後は遮断尿管

図12. 利尿群の振幅

図13. 利尿群の持続時間

と略す)では 4.8 ± 1.9 回/分であつた。利尿初期では前者が 7.9 ± 3.6 回/分、後者が 7.0 ± 3.1 回/分と両者とも有意の差なく同様の推移を示した。利尿期、移植尿管では 13.9 ± 5.5 回/分であるのに対して、遮断尿管では 9.9 ± 3.2 回/分と両者の間に差が認められた。

振幅、図12の如く両者の振幅の推移は有意の差なく殆んど変動を認めなかつた。

持続時間、図13の如く両者ともに利尿初期までは軽度の延長を認めたが、利尿期には有意の差なく対照値へ近接した。

伝播速度、図14の如く両者ともに有意の変動なく推移した。

非利尿群の移植尿管と遮断尿管の活動電位

放電頻度、図15の如く対照時は 11.9 ± 3.5 回/分であつたのに対し20分後の放電頻度をみると移植尿管では 4.5 ± 2.6 回/分、遮断尿管では 3.8 ± 2.6 回/分と著明な減少を認めた。そして両者の蠕動放電の出現様式は不規則で、逆蠕動放電の出現も認め、その出現様式に差を認めなかつた。その後経時的に両者ともに軽度の増加を認め

図14. 利尿群の伝播速度

図15. 非利尿群の放電頻度

図16. 非利尿群の振幅

特に遮断尿管は利尿管に比して 8.1 対 4.8 回/分と高い増加傾向を示したが、いずれも対照値まで復せず、また蠕動放電の出現様式も不規則のまま推移した。

振幅、移植尿管と遮断尿管の推移を対比すると、図16の如く移植尿管は遮断尿管に比してわずかに高値で推移したが、その変動は両者ともに少なく、いずれも対照値

図17 利尿群の持続時間

図18. 非利尿群の伝播速度

まで復さなかつた。

持続時間、図17の如く移植尿管では、対照時よりも高値となり、実験終了時までほぼ変動なく推移した。これに対して遮断尿管の20—40分までは対照時とほぼ同値で推移したが実験終了時の60分後では移植尿管と同様に高値を示した。

伝播速度、図18の如く移植尿管では20分までは 28.0 ± 7.2 mm/秒、20—40分で 29.0 ± 6.4 mm/秒、40—60分では 30.0 ± 5.7 mm/秒と対照値以下で推移した。これに対して遮断尿管ではそれぞれ 37.0 ± 7.6 、 34.0 ± 1.4 、 33.8 ± 7.8 mm/秒と対照値以下で推移した。

総括ならびに考案

以上の如く、著者は雑種成犬を用い腎移植直後の尿管機能を究明する目的で、腎自家移植を行なつた尿管の運勢を筋電図を用いて観察した。また腎自家移植尿管の機能と対比する目的で、移植に要した時間と同時時間の腎血管遮断を行ない、遮断解除後の尿管についても筋電図を用いて観察しそれからの成績を報告した。これら両群の尿管筋電図の成績より腎自家移植尿管の機能について考案する。

対照時の尿管運動

腎に手術的処置を施行する前の対照時の尿管筋電図は全て正蠕動放電を示した。そしてこの活動電位の出現様式は規則的であり 11.9 ± 3.5 回/分の放電頻度を示した。

この成績は、佐々木¹⁰⁾の放電間隔11秒（5—6回/分）および高橋¹²⁾の7.6回/分に比して高い頻度を示した。この原因は、移植を前提としたために佐々木¹⁰⁾、高橋¹¹⁾よりも多量の輸液による利尿に起因するものと考えられた。その他の活動電位の成績についてみると振幅は、 0.45 ± 0.2 mV、持続時間 0.25 ± 0.04 秒、伝播速度 31.5 ± 5.8 mm/秒であつた。これらの成績を佐々木¹⁰⁾高橋¹²⁾と対比すると振幅では佐々木¹⁰⁾の0.298mV、高橋の0.38mVより大きく、持続時間では佐々木¹⁰⁾の0.32秒よりも短かく、高橋¹²⁾の0.18秒よりも長い成績であつた。また伝播速度では、佐々木¹⁰⁾の29.4mm/秒よりも速く高橋¹²⁾の40.2mm/秒よりも遅い成績であつた。しかしいずれの値も木村²⁰⁾の述べている正常範囲内にあり、実験動物の個体差によるものと推察された。また放電の出現様式は、高橋¹²⁾と同様殆んどが浦井²¹⁾の分類した第1群であつた。

18利群のうち移植直後から利尿を認めたものは7腎であつた。これら7腎の尿管運動は、利尿を認めると同時に活動電位が出現し全て規則的な正蠕動放電を示した。これに対し5—20分後に利尿をみた11尿管では、利尿前に逆蠕動を認めた例でも全て正蠕動となりその出現様式も規則的となつた。

他方移植非利尿群の尿管では、ほぼ規則的に活動電位の放電を認めたもの4尿管、集団的に間隔をおいて出現したもの4尿管であつた。これら8尿管のうち2尿管に逆蠕動放電の混入を認めた。

一方17腎血管遮断尿管では解除後60分以内に利尿を認めたものは10腎で、利尿、非利尿と遮断時間の長短とは関連しなかつた。

腎血管遮断後の腎機能をRenogramにより追究した高田²²⁾の報告では腎血管遮断解除後直ちに利尿を認めるが、対照と比して明らかに尿量が減少したが60分以内の遮断であれば、その後の腎機能の回復には有意の差を認めていないと述べている。よつて本実験の尿管機能へ及ぼす時間的な影響は少ないものと思われた。

腎血管遮断時に尿管筋電図を観察し得た10尿管では、活動電位を認めたものは4尿管であつた。このうち1尿管に正逆の混合放電を認めたが、他の3尿管では正蠕動放電を認めた。

腎血管遮断解除後の利尿群では、全て活動電位が出現し正蠕動放電を示して推移したのに対し、非利尿群の活動電位の出現様式は、移植群と同様に種々の様式が認められた。

以上の成績が示す如く一時的に個体より完全に遊離され、腎自家移植を受けた尿管でも腎血管遮断後の尿管でも同様な蠕動様式を認めた。

まず非利尿時における両群の活動電位の出現様式の成績より考案する。尿搬送を行わない尿管運動は、移植および遮断尿管ともに不規則かつ逆蠕動もみられ両者間に差がなく、いわゆる自律性運動を示したものと考えられた。

高橋¹²⁾の切断下部尿管の筋電図をみると、17尿管は蠕動放電が消失した。切断後も、尚蠕動のみられた18尿管では11尿管に逆蠕動放電の混入を認め、他の7尿管に正蠕動放電のみが出現している。著者の腎移植および腎血管遮断実験でも非利尿時では両者ともに逆蠕動放電の混入がみられ、高橋¹²⁾の尿管切断実験と同様の傾向がみられた。よつて腎杯、腎盂に存在するといわれる Pacemaker⁷⁾⁸⁾からのいわゆる歩調取りが温存された場合も、高橋¹²⁾の実験の如き遮断された場合でも、尿管運動に差を認めないのでこの尿空虚時の尿管運動は自律的に惹起されることを暗示している。

一方利尿群では尿分泌が開始し、尿搬送運動を行なうと同時に活動電位の出現様式も規則的となり全て正蠕動放電を示した。この運動は、高橋¹²⁾および赤坂ら¹⁵⁾の尿管切断後のカテーテルによる正接合および逆接合時の切断下部尿管の活動電位の出現と同じ傾向を示した。よつて尿管は、個体より神経支配が、完全に遮断されても尿搬送能に著変を来さないものと考えられた。

次に尿筋電図の測定成績より、腎移植尿管の運動について腎血管遮断尿管の成績と対比しながら考案する。

移植直後は利尿群、非利尿群ともに放電頻度は減少し両群の間に有意の差を認めなかつた。しかし利尿群では利尿効期より尿量にほぼ比例した放電頻度を認め、利尿期では対照時 11.9 ± 3.5 回/分に比して 13.9 ± 5.5 回/分と高頻度を示した。これに対し非利尿群では経時的な変動が少なく、種々の放電様式を示しながら低頻度のままで推移した。移植および遮断尿管の放電頻度を対比するに、利尿群においては、移植および遮断尿管とも尿分泌量にほぼ比例して増加する傾向を示した。しかし利尿期でみると遮断尿管が対照値以下であるのに対して移植尿管では対照値以上の値を示し両者の間に有意の差を認め

た。

これに対し非利尿群の放電頻度を対比するに、両者ともに低頻度となり推移したが遮断尿管の放電頻度は経時的にわずかに増加する傾向を示した。

移植尿管の振幅は、利尿、非利尿群ともに20—40分以後から近接したが対照値よりも、わずかに低値のまま推移した。これを遮断尿管と対比するに利尿群両者の振幅は殆んど差がなく対照値以下で著変なく推移した。これに対して非利尿群では移植尿管が遮断尿管よりも常に高値のまま殆んど変動なく推移し、実験終了時の60分頃には両者の値が近接した。

移植尿管の持続時間は、対照値に比してわずかに高値を示したが両群ともに有意の差なく推移した。遮断尿管と対比すると利尿群では、両者ともに有意の差なく推移した。

これに対し非利尿群の移植尿管では、対照値に比してわずかに高値で変動なく推移した。腎血管遮断尿管では解除後40分まででは、対照時とほぼ同値のままで推移したが、実験終了時の60分頃にはわずかに延長し移植尿管の値に近接した。

移植尿管の伝播速度は対照値に比して利尿群がわずかに高値を示したが両群ともに著変なく推移した。この成績を腎血管遮断尿管と対比するに利尿群では移植尿管および遮断尿管ともに変動なく推移した。一方非利尿群では移植尿管が対照時とほぼ同値のままで推移したのに対し遮尿管では対照値よりわずかに高値のままで推移した。

以上を要約すると、腎移植尿管の利尿群、非利尿群の管活動電位の測定成績では放電頻度に有意の差を認めた。その他の測定値の差は僅少であつた。また腎血管遮断尿管と対比しても、放電頻度を除き、その他の僅少差であつた。非利尿群でも両実験の尿管活動電位の各測定値には、遮断尿管の伝播速度に軽度の促進を認めた他は有意の差を認めなかつた。しかし移植尿管の利尿、非利尿群の伝播速度の対比では前者がわずかに促進した成績であつた。

移植尿管でも遮断尿管でも、非利尿群に比して利尿群では、放電頻度に有意の差を認めた。また利尿群について移植尿管と遮断尿管と対比した成績では、移植尿管の放電頻度が有意の差で高値を示した。

次に、以上の成績より、腎自家移植尿管の機能に関して考案する。

まず尿量と尿管運動に関する研究をみると土田²³⁾は、

尿量が比較的少ない時、腎盂と尿管の蠕動は1:1の比で伝搬されるが利尿時に、腎盂尿管移行部で一部ブロックされ、腎盂尿管における放電比は2:1または3:1になると述べている。また小林²⁴⁾は猫摘出腎盂尿管の実験より正常状態においては、腎盂内部の歩調取り部より発生した興奮は通常尿管の全長に渡って伝導されるが腎盂を軽く伸展したり、内圧を増加させたり高度の機械的刺激を加えると腎盂の自発興奮の頻度が増大し尿管へは、その全部が伝導しないためにしばしば腎盂と尿管の境界部で伝導のブロックが惹起されると述べている。これに対して Constantinou²⁵⁾は腎盂内圧と尿管筋電図を同時に誘導記録し平常時にみられていた腎盂興奮のブロックが利尿状態になるとその全てが伝播すると報告した。また久保ら¹⁶⁾赤坂¹³⁾は腎盂と尿管の筋電図および内圧を同時に誘導記録し腎盂収縮波と腎盂筋電図が一致してみられる事を初めて報告した。そして Constantinou²⁵⁾と同様に利尿時に腎盂の放電頻度と尿管の放電頻度が1:1になる事を認めている。すなわち、利尿状態時でも腎盂の蠕動頻度は一定の放電頻度を示したのに対して尿管蠕動のみが、尿量増加に反応して頻発すると述べている。

著者の実験では、移植尿管でも、腎血管遮断尿管でも、いずれも利尿により蠕動放電の出現様式が規則的となり更に尿量増加に反応して放電頻度も増加した。この成績は移植後の尿管においても移植前の尿管機能を十分保持しているものと推察される。よって移植尿管と腎血管遮断尿管の利尿期における放電頻度の差は、尿管機能に原因せず尿量の多寡に起因したものと考えられた。

次に尿管循環と尿管運動に関して考案する。腎移植に際しては、尿管の循環が問題とされる。実際に移植され腎が生着しても合併症として尿管の穿孔による尿瘻などがみられている。尿管は腎動脈の分枝、まれに副腎動脈から分枝してくる血管により支配されている。その他、膀胱動脈、大動脈および総腸骨動脈、精管(卵巣)動脈から直接分枝する血管が分布している。浅井²⁶⁾は犬尿管について平常時と利尿時の尿管壁内酸素分圧を酸素電極法(八木式電極²⁷⁾)で観察し両状態時で有意の変動がなかったと報告している。腎移植尿管の血管支配は腎動脈からの分枝が温存されるのみであり、その他はすべて切断されるので循環障害による尿管の機能障害が懸念される。著者の非利尿群の移植尿管と遮断尿管を対比した成績では移植尿管に比して、遮断尿管では放電頻度の経時的増加が大きかった。その他遮断尿管の伝播速度は、移

植尿管に比して高値で推移した。この両者の差は尿管の循環障害に起因するものと予測される。しかし利尿群の放電頻度についてみると移植尿管の利尿期における頻度が高かったことより urine bolus の多寡に反応する機能は保持されているものと推察される。また伝播速度では、蠕動発生の間隔が長い程促進し、短い場合に遅延すると木村²⁰⁾が報告している。これに対し高橋¹²⁾は蠕動発生の間隔が長い程遅延し、短い時に促進したと反対の成績を述べている。

著者の成績では移植尿管で放電間隔の短い利尿群よりも長い非利尿群の伝播速度が遅延した。一方遮断尿管では、非利尿群に促進を認めた。このように移植尿管では、移植と遮断で相反する成績を示した。しかし利尿群について対比すると殆んど差を認めなかつたので移植と遮断の非利尿群にみられた差が循環障害に起因するものとは考えられない。

浅井²⁸⁾は、犬尿管について腎盂尿管移行部切断時、尿管膀胱移行部切断時の尿管壁内酸素分圧を測定した結果、尿管を完全に切断し遊離しない限りかなりの尿管血流量が温存されると述べている。また著者の腎血管遮断尿管と腎移植尿管では、放電頻度にのみ有意差を認めた。よって腎移植尿管は尿管機能に障害を来たすような循環障害を惹起しないものと考えた。

次に腎植尿管の興奮伝播能について考案する。

尿管の神経支配は腹部尿管の上半部は、Plex. renalis 下半部は Plex. spermatics 骨盤部尿管は、Plex. hypogastria により支配されているといわれる。犬尿管は上部尿管支配のうち後根性有髄線維は同側の第1~3腰髄および第1~4仙髄に由来するが、尿管中部に分布する神経は全く認められなかつたと大金²⁹⁾は述べている。副交感神経支配についてはその詳細が不明ではあるが山本⁹⁾が交感および副交感神経線維を認めていることより副交感神経支配も否定できない。また一方各種自律神経剤の尿管に対する作用を研究した報告^{30) 31) 32) 33) 34) 35) 36) 37)}をみると強弱の差はあれ尿管蠕動および Tonus に対する影響がみられる。

著者の非利尿群の遮断尿管では、20~60分までの間には移植尿管に比して放電頻度の増加を認めた。このように移植尿管に比して遮断尿管に蠕動放電増加を認めた原因は神経支配が温存されていたためとも考えられる。しかし利尿群では移植尿管および遮断尿管ともに尿量に反応した蠕動放電の増加を認めているので尿管蠕動に対す

る自律神経の中樞支配はそれ程強いものとは考えられない。

よつて尿管運動の興奮伝播は、神経原性より筋原性によるものと思惟した。著者が考案した如く神経原性よりも筋原性伝播によると考える報告^{12) 13) 32)}もみられる。

一方腎移植後の尿管運動に関する研究についてみると、慢性腎自家移植実験で Labay and Boyarsky ら³⁸⁾が大腎自家移植後4ヶ月以上経過した尿管運動をX線学的に観察した結果尿量の増加によく応答した蠕動を認めている。また桑原³⁹⁾は大腎組家移植後の蠕動運動は、尿の分泌とともに回復し自発放電頻度は低下したが正常状態と同様によく保たれていたと、著者とはほぼ同様の傾向を述べている。

著者の腎自家移植後の尿管運動を筋電図学的に観察した成績では、種々の問題について考案した如く尿量の増加にも十分応答し、注目すべき障害は認められなかった。この実実験成績より、すでに多数の症例について施行されて来た臨床例の腎移植尿管は、神経支配や、循環障害による影響はみられず、尿搬送能は安全かつ効果的に保持されていると考えた。

結 論

著者は、腎移植尿管の尿管機能を解明する目的で、雑種成犬26頭を用い腎自家移植を行ない移植直後の尿管機能を、筋電図を用いて血流再開後60分まで観察した。さらに腎自家移植尿管と対比するため17頭において腎血管と30—60分間遮断しその遮断解除後の尿管運動についても60分間観察し次の如き成績を得た。なお、腎移植および腎血管遮断前の尿管筋電図を対照とし、21頭について測定した。

1. 対照時の尿管筋電図

諸家の成績に比して放電頻度が高い値を認めた。これは補液量による利尿に起因したものと考えられた。

2. 腎移植尿管の筋電図

1) 26腎の自家移植例中18腎に利尿を認めた。

2) 利尿群の蠕動放電の推移は利尿期より全ての例に活動電位が出現し尿量の増加とともに規則的に、全て正蠕動放電を示して推移した。利尿期の放電頻度は、対照時 11.9 ± 3.5 回/分に対して 13.9 ± 5.5 回/分と増加した。

3) 振幅は利尿群、非利尿群ともに有意差なく、持続時間では非利尿群がわずかに延長し、伝播速度は非利尿群がわずかに促進した値で推移した。

3. 腎血管遮断尿管の筋電図

1) 腎血管遮断時、腎血管の遮断時間は、30—60分で

あつた。この遮断中に筋電図を観察した10尿管のうち6尿管に活動電位の消失を認め、活動電位の出現した4尿管のうち1尿管に逆蠕動の混入を認めた。

2) 腎血管遮断解除解除後は、17尿管のうち10尿管に利尿を認めた。

3) 腎血管遮断解除後の放電頻度は、利尿群、非利尿群ともに20分までは、著しい低下を認めたが、経時的推移をみると両群ともに増加傾向を示し40—60分では、利尿群 9.9 ± 3.2 回/分であるのに対し、非利尿群 8.1 ± 3.0 回/分と差を認めた。これを移植尿管と対比すると、利尿群では移植尿管の放電頻度が大きくこの差は尿量の多寡によるものと考えられた。非利尿群では移植尿管の経時的増加よりも遮断尿管の増加が大きかつた。

4) 振幅では利尿群がわずかに低値を示したが経時的に対照値へ近接した。非利尿群も利尿群と同様対照値へ近接した。持続時間では、利尿群はやや遅延し、非利尿群ではやや短縮したが経時的に両者とも対照値に近接した。伝播速度では、非利尿群が利尿群と同様にその変動は小さいがやや高値のままで推移した。しかし移植尿管では利尿群の伝播速度がわずかに高値を示し反対の成績であつた。以上のことより腎自家移植をうけた尿管の機能は、尿量の増加によく応答し、生理的な機能は十分に保持されていると考えられた。

稿を終るに臨み、終始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。また直接御指導を賜った久保隆助教授ならびに本研究に御協力下さった教員各位に厚く御礼申し上げます。

なお本論文の要旨は第20回日本平滑筋学会総会（1978年8月、福島市）において口演した⁴⁰⁾。

文 献

- 1) Dausset, J. and Busson, M.: Serologically defined HL-A antigens and longterm survival of cadaver Kidney Transplants. *New Engl. J. Med.*, **290**, 979—984, 1974.
- 2) 武内重五郎：臨床腎臓病学。南江堂，東京，769—781，1975。
- 3) 稻生綱政：腎移植の現況。腎と透析，**3**，9—11，1977。
- 4) 相沢斉治：輸尿管運動の研究。第1編。輸尿管自発運動の観察。就中主として豚の輸尿管を以てせる、収縮性、収縮伝導性、その恢復経過及び其等の温度関係の研究。東北医誌，**18**，488—430，1935。
- 5) Lapidus, J.: The physiology of the intact human ureter. *J. Urol.*, **59**, 501—537, 1948.

- 6) Kaplan, N., Elkin, M. and Sharkey, J.: Ureteral peristalsis and the autonomic system. *Invest. Urol.*, **5**, 468—482, 1968.
- 7) Bozler, E.: The action potentials accompanying conducted responses in visceral smooth muscles. *Am. J. Physiol.*, **136**, 553—560, 1942.
- 8) Gosling, J.A. and Dixon, J.S.: Species variation in the location upper urinary tract pacemaker cells. *Invest. Urol.*, **11**, 418—422, 1974.
- 9) 山本敏行, 会津清英: 尿管の構造と機能, 尿管の微細構造, とくに平滑筋について. *日平滑筋誌*, **11**, 161—165, 1975.
- 10) 佐々木秀平: 上部尿路の活動電位の研究, 第一報. 成犬における尿管手術後の活動電位の推移. *日泌尿会誌*, **64**, 363—375, 1973.
- 11) 佐々木秀平: 上部尿路の活動電位の研究, 第二報. 蠕動放電の尿管手術創治癒部の通過率. *日泌尿会誌*, **64**, 376—382, 1973.
- 12) 高橋崎三: 上部尿路の活動電位の研究, 第三報成犬尿管切断時およびカテーテルによる切断端接合時の尿管動態. *日泌尿会誌*, **65**, 303—318, 1974.
- 13) 赤坂俊幸: 上部尿路機能に関する研究, 第八報. 急速利尿時における火生体腎盂尿管の動態. *日泌尿会誌*, **67**, 237—247, 1976.
- 14) 沼里 進: 上部尿路機能の活動電位の研究, 第五報. 上部尿路結石症患者の術中術後の尿管機能の変動. *日泌尿会誌*, **66**, 727—741, 1975.
- 15) 赤坂俊幸, 浅井 真, 高橋崎三, 沼里 進, 佐々木秀平, 久保 隆, 大堀 勉: 上部尿路の活動電位の研究, 第四報. 成犬における切断上部尿管と尿管口とをカテーテルにて接合せる時の切断下部尿管の動態. *日泌尿会誌*, **66**, 327—332, 1975.
- 16) 久保 隆, 佐々木秀平, 沼里 進, 高橋崎三, 赤坂俊幸, 逢坂宇一, 浅井 真, 加藤義明: 各種状態時の尿管動態, *岩手医誌*, **27**, 111—128, 1975.
- 17) 沼里 進, 浅井 真, 赤坂俊幸, 高橋崎三, 佐々木秀平, 久保 隆, 大堀 勉: 上部尿路機能に関する研究, 第六報. 腎疼痛と腎盂内圧との関係に対する検討. *岩手医誌*, **28**, 156—159, 1976.
- 18) 沼里 進, 浅井 真, 赤坂俊幸, 高橋崎三, 佐々木秀平, 久保 隆, 大堀 勉: 上部尿路機能に関する研究, 第七報. 犬尿管完全閉塞時の経時的腎盂内圧の変動. *岩手医誌*, **28**, 160—161, 1976.
- 19) Kubo, T., Sasaki, S., Numasato, S., Takahashi, S. and Akasaka, T.: Changes of the ureteral movement in diuretic condition and after ureteral surgery. *Tohoku J. Exp. Med.*, **123**, 9—22, 1977.
- 20) 木村行雄: 上部尿路機能の研究, 第八報. 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, 1966.
- 21) 浦井利雄: 正常犬尿管の筋電図学的研究. *東北医誌*, **62**, 251—262, 1960.
- 22) 高田 耕: 一時的腎血管遮断の腎機能に及ぼす影響, *ラジオアイソトープ, レノグラムによる観察*. *日泌尿会誌*, **69**, 1276—1389, 1978.
- 23) 土田正義: 尿管の解剖生理. *外科治療*, **20**, 265—273, 1969.
- 24) 小林 淳: 輸尿管の興奮発生とその伝導. *生体の科学*, **16**, 177—185, 1965.
- 25) Constantinou, C.E.: Renal pelvic pacemaker control of ureteral peristaltic rate. *Am. J. Physiol.*, **226**, 1413—1419, 1974.
- 26) 浅井 真: 上部尿路機能に関する研究, 第九報利尿状態時における尿管の尿搬送能および尿管壁内微小循環. *日泌尿会誌*, **69**, 828—835, 1978.
- 27) 八木舎四, 三上五郎, 小島一夫: 酸素電極法の適用限界について. *日新医学*, **49**, 235—246, 1962.
- 28) 浅井 真: 上部尿路機能に関する研究, 第十報手術侵襲時の犬生体尿管微小循環. *日泌尿会誌*, **69**, 836—839, 1978.
- 29) 大森林太郎: 尿管の神経支配に関する実験組織学的研究. *福島医誌*, **10**, 675—690, 1960.
- 30) 白鳥常男, 末武保政, 手島 英, 片寄一男, 内藤恒吉, 榎戸邦文, 高倉一夫, 千葉公雄, 永沼英一, 木下英雄, 舊 場元: 犬並びに人尿管の筋電図学的研究. *東北医誌*, **55**, 382—390, 1957.
- 31) 菅原博厚: 上部尿路機能の研究, 第11報. 各種薬剤の尿管に対する影響. *日泌尿会誌*, **58**, 565—581, 1967.
- 32) 丹生治夫: 尿管の電気生理学的性質. *皮膚と泌尿*, **29**, 287—288, 1967.
- 33) 渋谷昌良: 犬尿管筋電図に及ぼす自律神経剤の影響. *日泌尿会誌*, **63**, 255—276, 1972.
- 34) 沼里 進, 高橋崎三, 赤坂俊幸, 浅井 真, 佐々木秀平, 久保 隆, 大堀 勉: Atropine-N-n-octylbromide の使用経験, とくに尿管におよぼす影響について. *泌尿紀要*, **20**, 205—212, 1974.
- 35) Weiss, R.M., Zabinski, M.P. and Biancani, P.: Adrenergic control of ureteral tonus. *Invest. Urol.*, **12**, 30—32, 1974.
- 36) Sjögren, C. and Ulmsten, U.: The effects of some anticholinergic compounds on the rabbit ureter. *Scand. J. Urol. Nephrol.*, **11**, 149—154, 1977.
- 37) Reid, R.E., Herman, R. and Teng, C.-S.: Attempts at altering ureteral activity in the unanesthetized, conditioned dog with commonly employed drugs. *Invest. Urol.*, **12**, 74—

- 78, 1974.
- 38) Zimskind, P.D.: "Uroynamics" Hydrodynamics of the Ureter and Pelvis, p. 497—501, Academic Press, New York and London, 1971.
- 39) 桑原正明, 力丸 陽: 摘出犬尿管における蠕場運動の調節機構について. 日平滑筋誌, 5, 244—255, 1969.
- 40) 山田行夫, 鈴木 安, 佐々間芳文, 鈴木信行, 鈴木都美雄, 浅井 真, 瀬尾喜久雄, 赤坂俊幸, 高橋崎三, 久保 隆, 大堀 勉: 犬腎自家移植時の尿管運動. 日平滑筋誌, 14, 284—285, 1978.

(1980年1月7日受付)