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

東北大学医学部泌尿器科学教室 木村 行雄
(主任 宍戸仙太郎教授)

STUDIES ON THE FUNCTION OF THE UPPER URINARY TRACT VIII. ON VARIOUS PROBLEMS TO UTILIZE ELECTRO-URETEROGRAPHY IN CLINICAL UROLOGY

Yukio Kimura

From the Department of Urology, Tohoku University School of Medicine
(Director: Prof. S. Shishito)

In 66 urologically normal adults and 73 cases with diseases of upper urinary tract, various examinations were made to clarify the fundamental problems on electro-ureterography-through-cystoscope. The results obtained are as follows:

1. Wave pattern of the action potential

A standard wave pattern, which has all of the four deflections, i.e., positive before-potential, negative main potential, negative accessory potential and positive after-potential, was recorded both in the ureter of the normal persons and that of the patients with diseases of the upper urinary tract. In the normal ureter, the action potential was found to travel from the renal pelvis down to the urinary bladder.

2. Electro-ureterographic difference between the upper and the lower portions of the ureter

No remarkable difference in discharge interval, amplitude and duration of the action potential was observed between the upper and the lower portions of the ureter. But conduction velocity was found to be faster in the lower portion.

Similarity of the discharge interval recorded both in the upper and the lower portions of the ureter showed that all peristalsis was conducted from the upper portion down to the lower portion without fading away on the way.

3. Electro-ureterographic difference between the right and the left ureters

Discharges of the action potential of the both ureters were not synchronized. However, measured values of the action potential were almost similar in the both ureters.

4. Relation between urinary volume and ureteral peristalsis

i) Despite of urine volume, the discharge interval was found to be almost the same, when the secretion rate of urine was constant. Alteration of discharge interval was proved to occur, when the secretion rate of urine was changing: The discharge interval shortened when urinary output increased abruptly and the discharge interval prolonged when urinary output was reduced. When the urine volume resumed to be constant, the shortened or prolonged interval gradually returned to the values seen before the alteration of urine output.

ii) Showing no relation with secretion rate of urine, conduction velocity of the action potential altered parallel to the alteration of the discharge interval. The amplitude and duration remained almost

constant, regardless of the change in urine volume or in the discharge interval.

5. Ureteral response to the intravesical infusion

When the bladder was infused to some degree with a physiologic saline solution, the discharge interval began to shorten. The time lapsed from the onset of the infusion till appearance of the phenomenon became shorter with larger urine output. Further, the phenomenon occurred with small intravesical content as the urine output became larger.

6. Normal values in electro-ureterogram

Taking 99.8% confidence limits of the values measured in 66 normal adults, the normal ranges of various measurements of the action potential were decided as follows: discharge interval 6.0–33.7 sec.; amplitude 0.13–1.02 mV; duration 0.2–1.1 sec.; conduction velocity 2.0–66.6 mm/sec.

7. On retrograde peristalsis

i) Genetic ways of retrograde peristalsis could be divided into five types: appearance of a retrograde peristalsis in group, appearance of a retrograde peristalsis between consecutive antegrade peristalses, appearance of an antegrade peristalsis between two consecutive retrograde peristalses, appearance of retrograde peristalses only, and alternative appearance of ante- and retrograde peristalses. The frequency of these five types was found to be in the abovementioned order.

ii) Transition from antegrade peristalsis to retrograde peristalsis occurred after abnormally longer discharge interval of the former. On the other hand, transition from retrograde peristalsis to antegrade peristalsis occurred after shorter discharge interval, compared to the preceded retrograde peristalsis. In rare occasions, above-mentioned relation became reversed.

iii) The discharge interval of retrograde peristalsis in general was found to be prolonged, compared with that of antegrade peristalsis. However, extremely short discharge interval was noted occasionally. No recognizable difference in amplitude, duration and conduction velocity was noted between antegrade and retrograde peristalsis.

8. Clinical significance of the normal values on electro-ureterogram

The values of the action potential recorded in the ureter of the affected side in the patients with various diseases of the upper urinary tract was compared with the normal values. Majority of the cases with some urological diseases showed abnormal values of one or more of the measurements of the action potential. Therefore, the normal values in electro-ureterogram decided in this paper were considered to be significant enough to utilize in diagnosis of various urologic diseases.

第1章 緒言

私ども⁴⁹⁾は U-Schlinge 型環状双極誘導々子を使用することにより、経膀胱鏡的尿管筋電図上初めて安定した波形を記録することに成功し、以来尿管筋電図の臨床応用を試みて来た^{50) 51) 52) 53)}。上部尿路疾患々者の中には尿管機能に異常を示すものが多く、尿管筋電図はその診断に役立つが、得られた結果を判定するには一定の規程が必要である。しかしこれまで報告されて来た測定値はいずれも少数例に基づくものであり、多数例に基づいた厳格な正常値の決定が必要になつて来る。

そこでこの論文では上部尿路に異常のない成人66例、各種上部尿路疾患々者73例を対象にして管腔内誘導による尿管筋電図の正常値決定を試みた。さらに、これと関連した種々の問題、すなわち、筋電図にみられる活動電位の波形、尿管上部と下部の誘導部位による差異、左右尿管の筋電図上の差異、尿量と尿管蠕動の関係、およ

び尿量に関連させた膀胱内注水時における尿管蠕動の変化、逆蠕動の問題等についても種々検討を加え、2, 3の知見を得たので報告する。

第2章 実験方法

1) 尿管筋電図用導子および誘導法

本研究第2報⁴⁹⁾で報告した U-Schlinge 型環状双極誘導々子を使用し、所定の方法⁴⁹⁾にしたがい筋電図を記録した。今回の検査でも第2報で行なつたのと同様に2つの電極間の距離は1.0cmに定めた。また増巾器の時定数は0.3秒とし、記録速度は必要に応じ適宜2.5, 5.0, 10.0mm/sec とした。

2) 検査対象

18才から78才までの上部尿路に異常のない成人66例、腎結石症22例、尿管結石症13例、腎結核10例、重複腎盂腎2例、腎形成不全2例、腎盂腎炎10例、遊走腎4例、単腎患者10例、計139例について各種の検査を行つた。

図1 尿管活動電位の波形（双極誘導による）

第3章 検査成績

第1節 基礎的事項

1) 活動電位の波形

正常尿管活動電位の波形は図1に示されるように、陽性前放電、陰性主放電、陰性副放電、陽性後放電の四部分から成立っている。双極誘導の場合には、一方の電極が感電極となつていとき他方の電極は不感電極として働くので、一方の電極で記録された単位波形に引き続いて基線を対象軸とした逆の波形が現われる。この対象波形間の距離は、電極間距離と活動電位の伝播速度によって規定される。この研究では基線より下方に現われる変化は負の変化、上方に現われる変化は正の変化としているので⁴⁹⁾、2つの対象波形の出る順序により尿管活動電位の伝播方向を知ることが出来る。すなわち活動電位が尿管上部より下方に伝播する正蠕動の場合には基線より上方に向かう陽性前放電、下方に向かう陰性主放電、陰性副放電、上方に向かう陽性後放電が現われ、つづいて基線を対象軸とした対象波形、すなわち基線より下方に向かう陽性前放電、上方に向かう陰性主放電、陰性副放電、下方に向かう陽性後放電が現われる。一方後述するように尿管下方より上方に向かう逆蠕動の放電もあり、この場合には対象波形の出現の仕方が図1のように逆になる。この2つの電極の間で蠕動が消失するか、または一方の電極の接触が不良の場合には単位波形のみで

対象波形は現われない。

2) 活動電位の測定法

今回の検査では、個々の活動電位について放電間隔、振巾、持続時間、伝播速度の4項目を以下のように測定した。

i) 放電間隔. 各放電の陰性主放電より前の放電の陰性主放電までの経過時間を測定して放電間隔とした。したがって、以後、ある活動電位の放電間隔は前放電よりその放電までの距離を意味する。

ii) 振巾. 各放電の陽性前放電の先端より陰性主放電の先端までの巾を測定し、振巾としたが、基線の動揺による変化を考慮に入れて対象波形の振巾も合わせて測定し、この平均値を採用した。

iii) 持続時間. 陽性前放電において最大値を示す部分より陽性後放電の最大値を示すところまでの経過時間を測定し持続時間とした。しかし陽性後放電の直後に Artefact による基線の動揺が入り、陽性後放電と Artefact との識別が難かしいときがあり、この場合には陰性副放電にひき続いて最も低い値になつた部分までを測定した。

iv) 伝播速度. 双極誘導で記録された一对の対象波形の陰性主放電間の距離を測定し、この値で電極間距離と記録速度との積を除することにより算出した。

第2節 正常尿管の活動電位波形

健康成人66例について記録した正常尿管の活動電位はすべて正蠕動波であり、逆蠕動波はまったくみられなかつた。また活動電位波形も陽性前放電、陰性主放電、副放電、陽性後放電がみられるものが大部分であつた。もつとも一部の症例において陽性前放電、陰性副放電、陽性後放電のうち一個または全部が脱落している波形がみられた。しかしこれらの波形の出現は不規則で、一定の pace で放電が発生している場合にもこのようなものが時折混入することがあり、これに特別な意義をみつけるのは困難であつた。

第3節 尿管の誘導部位による筋電図上の差異

健康成人10例を対象とし、尿管の上部と下部における筋電図上の差異を検討した。同一尿管について尿管口より20cmの高さと5cmの高さの部位に導子を置き、筋電図を記録した(図2)。得られた結果はつぎの通りである(表1)。

i) 放電間隔. 尿管上部では12.1~32.2秒、平均21.2秒であつたのに対し、下部では13.5~36.6秒、平均20.6秒であつた。また個々の症例について調べた場合もほとんど差異はなかつた。またこの結果はすべての放電は途

図2 尿管の部位的差異
尿管上部（尿管口より20cmの部位）

尿管下部（尿管口より5cmの部位）

26才女，右正常尿管

尿管口より20cmの部位では放電間隔14.9秒，振幅0.67mV，持続時間0.35秒，伝播速度16.6mm/秒であったのに対し尿管口より5cmの部位では放電間隔14.4秒，振幅0.66mV，持続時間0.36秒，伝播速度16.7mm/秒であった。尿管の上部と下部とではほとんど差がないことを示している。

表1 尿管の上部と下部との筋電図上の差異
（尿管口より20cmおよび5cmの部位で測定）
尿管上部

症 例	放電間隔 (秒)	振 幅 (mV)	持続時間 (秒)	伝播速度 mm/秒
1	15.3	0.44	0.39	27.0
2	17.5	0.88	0.63	60.9
3	16.7	0.21	0.22	45.5
4	12.1	0.77	0.36	41.6
5	17.0	0.38	0.38	47.6
6	20.5	0.37	0.51	37.5
7	31.9	0.27	0.75	20.8
8	24.5	0.52	0.37	43.5
9	32.2	0.51	0.49	57.6
10	24.7	0.51	0.41	43.5
平 均	21.2	0.48	0.45	42.6

尿管下部

1	15.5	0.42	0.45	52.6
2	16.5	0.61	0.36	60.7
3	16.5	0.28	0.23	45.5
4	13.5	0.61	0.55	52.6
5	14.5	0.39	0.37	50.0
6	15.5	0.38	0.56	32.6
7	26.8	0.41	／	33.3
8	26.4	0.53	0.37	58.8
9	36.6	0.48	／	57.7
10	23.9	0.63	／	41.7
平 均	20.6	0.47	0.41	48.6

中で消失することなく上部より下部に伝達されていたことを示すものであつた。

ii) 振幅. 尿管上部では0.21～0.88mV，平均0.48mVであるのに対し，下部では0.28mV～0.63mV，平均0.47mVと大きさの範囲，平均値，ともに差はなかつた。さらに個々の症例について調べても尿管上部の方が下部より振幅が高いものと，下部の方が上部より高いものとが相半ばしており何んら一定の傾向はみられなかつた。

iii) 持続時間. 尿管上部では0.22～0.75秒，平均0.45秒であつたが，下部では0.23～0.56秒，平均0.41秒であつた。個々の症例についてみた場合も，全体的にみた場合と同様にほとんど差が認められなかつた。

iv) 伝播速度. 尿管上部では20.8～60.9mm/sec，平均42.6mm/secであり，下部では32.6～60.7mm/sec，平均48.6mm/secであり，下部の方が伝播速度は促進しているのが認められた。また個々の症例について調べた場合も，10例中7例は尿管下部で伝播速度が増していた。したがって尿管上部より下部の方がわずかに伝播速度が速いといふことができる。

小括. 以上の結果より尿管の上部と下部では伝播速度を除いてほとんど差はなかつた。もつとも伝播速度は下部で増大するものの，その変化は軽微であつた。しかし，部位的变化がわずかながら認められる以上筋電図の測定には部位を固定して測定する必要が認められた。したがってこの論文における今後の測定値は導子を尿管口より15cmの部位に置いて記録した値を示すことにする。

第4節 左右尿管の筋電図上の差異.

正常例10例につき，左右尿管の筋電図を同時に記録して検討した（図3.4，表2）。

図3 左右尿管の筋電図上の差異
（両側尿管ともに正常の場合）

34才男，両側正常尿管

上段は右尿管，下段は左尿管の筋電図である。右尿管間の放電間隔は15.0秒，振幅0.45mV，持続時間0.38秒，伝播速度38.6mm/秒であるのに対し，左尿管では放電間隔15.6秒，振幅0.40mV，持続時間0.34秒，伝播速度45.5mm/秒と左右尿管は一致してはいないが，その差はあまり大きくないことを示している。

図 4 左右尿管の筋電図の差異
(偏側に異常のみられるもの)

40才男，左尿管結石症

上段は右尿管，下段は左尿管の筋電図。健康側の尿管筋電図に比べて，患側では著明に放電間隔の延長しているのがみられる。そのほか活動電位の振幅が小さく，持続時間の軽度延長，伝播速度も減少しているのがみられる。両側ともに正常な場合には前図のように両側の活動電位の測定値に顕著な差はないが，このように両側で著明な相違があるときには当該尿管の異常が疑える。

表 2 左右尿管の筋電図上の差異
左尿管

症 例	放電間隔 (秒)	振 幅 (mV)	持 続 時 間 (秒)	伝 播 速 度 (mm/秒)
1	15.5	0.61	0.45	52.6
2	24.7	0.51	0.41	43.5
3	23.9	0.63	0.48	41.7
4	20.4	0.46	0.37	43.4
5	32.0	0.27	0.76	28.4
6	20.8	0.41	0.37	33.6
7	54.1	0.28	0.41	37.0
8	12.7	0.33	0.42	30.3
9	27.3	0.40	0.36	33.3
10	22.1	0.45	0.46	55.6
平 均	25.4	0.44	0.45	39.9

右尿管

1	15.5	0.55	0.40	52.6
2	32.2	0.51	0.41	57.6
3	36.6	0.48	0.52	57.7
4	17.7	0.70	0.46	29.9
5	20.2	0.37	0.51	25.0
6	17.9	0.38	0.56	21.7
7	43.0	0.36	0.55	45.5
8	19.5	0.31	0.48	21.0
9	28.3	0.30	0.48	38.5
10	17.7	0.42	0.52	55.6
平 均	24.9	0.44	0.49	40.5

i) 放電間隔。一般に左右尿管の放電は図 3 に示されるように同期せず，それぞれ別個の放電間隔をもつて発生することが認められた。左尿管では放電間隔は12.7

～54.1秒，平均25.4秒であつたのに対し，右尿管では15.5～43.0秒，平均24.9秒とはほぼ一致した。個々の症例をみても，左右尿管の放電間隔は同じではないが，あまり顕著な差異は認められなかつた。

ii) 振幅。左側では0.27～0.63mV，平均0.44mVであり，右側では0.30～0.70mV，平均0.44mVであり，左右尿管でほとんど差はなかつた。

iii) 持続時間。左側尿管では0.36～0.76秒，平均0.45秒，右側では0.40～0.56秒，平均0.49秒であつた。持続時間についても左右尿管にはほとんど差異がみられなかつた。

iv) 伝播速度。左側尿管は 28.4～55.6mm/sec，平均 39.9mm/secであり，右側は21.0～57.7mm/sec，平均40.5mm/secであつた。やはりこの場合にも左右尿管には有意の差はみられなかつた。

小括。以上の結果より左右尿管の放電は同期することはないが，筋電図上の諸測定値にはなんら有意の差はみられなかつた。

第 5 節 尿量と尿管蠕動との関係

尿量が変化するとき，尿管の蠕動に如何なる変化がもたらされるかを筋電図により検討した。他側の腎よりの影響を除外する目的で上部および下部尿路に異常のない単腎患者10例を検査の対象とした。検査の方法としてはこれらの検査対象が空腹のときに筋電図の記録を開始し，6.6%マニトール溶液を静注して利尿をはかつた。

図 5 は尿量を人為的に増加させた場合，それに関連して起る筋電図の変化を示すために，代表的な 1 例を選び，これを Interval Diagram と Velocity Diagram を組合せて表わしたものである。尿量に変化のない場合には a_1 の部分にみられるようにほぼ同じ間隔で放電が発生し，また a_2 の部分にみられるように尿量が一定の割合で除々に増加する場合にも放電間隔はほとんど変化しなかつた。

しかしこのような尿量の増加速度が急峻になつた場合，直ちに放電間隔は短縮した。すなわち c_1, c_2, c_3 の部分にみられるように放電間隔が 6～8 秒となつて活発な放電がしばらく持続した。しかし尿量が増加した状態で一定に保たれた場合には漸次放電間隔が延長し，尿量が増加する前の放電の pace に戻るのが認められた (c_4 の部分)。一方尿量がわずかでも急に減少すると一時的な放電間隔の延長が認められ (b_1, b_2, b_3, b_4 の部分)，減少した尿量が一定状態に安定すると，ふたたび以前の放電間隔に戻ることが認められた。

図5 尿量と Interval Diagram および Velocity Diagram

表3 尿量が変化するときの筋電図
(A) 放電間隔の変化

症 例	尿量が安定しているとき		尿量が急変するとき	
	乏尿時	乏尿時の3倍以上の尿量のとき	尿量が急増するとき	尿量が減少又は増加が鈍化したとき
1	13.0秒	13.2秒	5.3秒	40.8秒
2	14.0	15.0	7.0	32.6
3	12.2	15.8	7.2	21.0
4	15.0	15.3	6.3	20.3
5	15.5	19.8	5.8	43.6
6	19.2	20.9	5.6	40.6
7	11.4	17.6	6.4	66.3
8	14.6	12.6	5.5	71.0
9	18.7	18.3	8.2	35.6
10	20.8	16.4	20.4	24.2
平 均	15.4	16.5	7.8	39.6

表4 尿量が変化するときの筋電図
(B) 伝播速度の変化

症 例	尿量が安定しているとき		尿量が急変するとき	
	乏尿時	乏尿時の3倍以上の尿量のとき	尿量が急増するとき	尿量が急減するとき
1	mm/秒 34.3	mm/秒 32.0	mm/秒 22.4	mm/秒 52.5
2	31.2	34.2	30.0	40.0
3	31.3	33.3	20.0	36.7
4	32.9	32.9	20.4	38.3
5	45.5	45.8	11.7	35.1
6	40.0	50.0	31.9	50.5
7	33.3	32.9	26.3	34.5
8	31.2	31.2	22.7	31.7
9	31.2	33.3	27.8	40.0
10	28.5	28.5	26.5	28.0
平 均	33.9	35.4	24.0	38.7

表5 尿量が変化するときの筋電図
(C) 振幅の変化

症 例	尿量が安定しているとき		尿量が急変するとき	
	乏尿時 (mV)	乏尿時の3倍以上の尿量の時 (mV)	尿量が急増するとき (mV)	尿量が急減するとき (mV)
1	4.0	4.0	0.44	0.40
2	3.9	4.0	0.40	0.40
3	9.1	8.4	0.89	0.87
4	9.0	8.9	0.86	0.90
5	10.7	11.5	0.95	1.17
6	12.0	11.3	1.30	1.06
7	7.0	10.0	0.75	0.70
8	11.0	10.5	0.90	1.03
9	6.0	5.5	0.56	0.56
10	7.3	4.5	0.60	0.70
平 均	8.0	7.9	0.77	0.78

表6 尿量が変化するときの筋電図
(D) 持続時間の変化

症 例	尿量が安定しているとき		尿量が急変するとき	
	乏尿時	乏尿時の3倍以上の尿量の時	尿量が急増するとき	尿量が急減するとき
1	0.61秒	0.67秒	0.60秒	0.58秒
2	0.60	0.63	0.60	0.65
3	0.50	0.53	0.42	0.57
4	0.49	0.51	0.34	0.36
5	0.82	0.84	0.79	0.75
6	0.54	0.52	0.62	0.49
7	0.40	0.42	0.50	0.48
8	0.34	0.32	0.40	0.40
9	0.48	0.50	0.52	0.53
10	0.60	0.48	0.58	0.50
平 均	0.54	0.54	0.54	0.53

このように任意の2時点において尿量に格段の相異があるにもかかわらず、その尿量が変化しなければ放電間隔はほとんど同じになることが認められた (a_1, a_2, a_3, a_4 の部分).したがって筋電図上認められるこのような放電間隔は個々の尿管に固有の基本的なpaceと考えられる.

以上の傾向は10例中9例にまでみられたが、1例では尿量を0.5cc/分より10cc/分まで増加させたにもかかわらず、放電間隔は変化しなかつた(表3).

他方、放電間隔の変化と併行して伝播速度の変動についてもしらべてみたが、図5にみられるように伝播速度は尿量の変化よりも、放電間隔の変化にはほぼ平行して増減することが認められた(表4).また振巾についてみると、いかなる状態でもほとんど変化がみられず、持続時間についても同様であつた.これらの傾向は表5および表6にみられるように他の症例においても同様であつた.

小括.以上の成績より、尿量が一定していれば乏尿時、多尿時にかかわらず、放電間隔はほぼ一定していることがわかつた.さらにこの一定した放電間隔が変動するのは尿が急に变化するときであることも判明した.すなわち尿量が急増または急減すると放電間隔はそれぞれ短縮または延長するが、変化した尿量がそのままでも保たれれば放電間隔は次第に尿量が変化する前の長さに戻る傾向が認められた.このように尿量が変動してもかならず変動前の一定した放電間隔に戻ることで、放電間隔は個々の尿管に固有する蠕動発生の基本的なpaceと考えられた.

尿量の変化に附随して放電間隔が変化するときには伝播速度は放電間隔の変動とともに増減するのが認められたが、振巾、持続時間は尿量および放電間隔の変動に関係なく一定していた.

第6節 尿量に関連させた膀胱注水時における尿管蠕動の変化.

私どもは既報⁵⁰⁾で尿量一定状態における膀胱充満時の尿管筋電図の変化について検討した.その結果、筋電図上放電間隔の短縮、放電持続時間の延長、伝播速度の遅延が起ることを報告した(図6).本節では毎分尿量が種々に異なる健康成人10例について膀胱内注水開始より上記の変化が現われるまでの経過時間、さらにそのような変化の現われ始めるときの膀胱容量について検討した.検査法は既報⁵⁰⁾と同様に筋電図記録中経膀胱鏡的に生理的食塩水を膀胱内に注入した.注入には、イルリガート

図6 膀胱注水時の尿管蠕動の変化

32才女、右正常尿管
注入開始時には放電間隔13.8秒、振幅0.34mV、持続時間0.32秒、伝播速度27.8mm/秒であつたが膀胱充満時には放電間隔は5.8秒にまで短縮し、さらにそのときの振幅は0.30mV、持続時間0.42秒、伝播速度23.8mm/秒となつた.すなわち膀胱充満時には放電間隔の短縮、持続時間の軽度延長、伝播速度の減少が認められる.

ルを検査対象の恥骨結合より80cmの高さに置き、注入圧を一定にして行なつた.

前回の実験⁵⁰⁾で膀胱注水時にもつとも著明な変化を示すものは放電間隔であつたから、今回の実験では筋電図上の変化を放電間隔に代表させて観察した結果を表7に示す.これより乏尿状態では膀胱を完全に充満しても放電間隔に変化をきたすまでかなりの時間を要することがわかつた.たとえば尿量0.4ccという乏尿状態では膀胱を完全に充満してもただちに変化が起らず、膀胱充満後28秒経過して後はじめて放電間隔の短縮が始つた.これに反して多尿状態では少い膀胱注入量でもただちに

表7 膀胱内注水による尿管筋電図上の変化と尿量、膀胱内注入量との関係

症例	尿量 cc/min	注入開始より最短 放電間隔までの経 過時間(秒)	放電間隔の短縮開 始時における膀胱 注入量の膀胱容積 に対する割合
1	0.4	144.0	100%(満水後)
2	0.8	161.4	84.6
3	1.8	130.9	88.9
4	1.8	113.9	83.3
5	1.9	114.0	37.5
6	2.0	122.6	40.0
7	2.0	102.3	87.5
8	3.2	44.6	60.0
9	3.2	33.2	41.6
10	3.5	42.0	37.5

変化が現われた。表7において尿量が3.5cc/minの症例をみると注水量が膀胱容積の37.5%に達した時に早くも放電間隔の短縮がみられた。

一般に表7にみられるように尿量の多い症例ほど少ない注水量で放電間隔の変化を来とし、また膀胱注水開始よりもつとも著明な変化が現われるまでの時間も短いという傾向が認められた。

小括。以上の結果より膀胱内に蓄積された量がある閾値を越えると活動電放電間隔は短縮する。これらの変化が起るに至るまでの経過時間は尿量が多いほど短い。また尿量が多ければ膀胱内に蓄積された量がそれほど大きくなくとも変化の起ることが判明した。

第7節 正常尿管の筋電図上の諸測定値。

第5節で尿量が一定の時、尿管はそれぞれ個有のpaceで蠕動を起すことがわかったので、尿量が急激に変化するような条件を除外するようにして正常尿管の活動電位を記録し、この活動電位波を計測した。

上部尿路に異常のない66例を検査の対象とし、これらに対象に対して前日より薬剤の投与を禁じ、心身の安静をはかり検査2時間前に食事させ、その後は飲食を禁じた。さらに局所への影響および精神的な影響をも除外するようにして、電極挿入30分後より記録を行なつた。そしてこの場合にも尿量を測定し、変化のないことを確めた。このようにして記録された活動電位波を連続5個とり、これらについて放電間隔、振巾、持続時間、伝播速度を測定し、その平均値をとつた。

1) 放電間隔。図7にみられるように正常尿管の放電間隔は6～34秒の間に分布しており、最頻値は17.0秒であつた。この99.8%信頼限界(最頻値 $\pm 3 \times$ 標準偏差)を求めると 17.0 ± 16.7 秒となり、この場合の危険率は0%となる。しかるに、正常尿管の最少値は6秒で切れているのでこれを正常下限とすれば正常値の範囲は6.0～

図7 放電間隔の Histogram
(健康成人66例について)

図8 振幅の Histogram
(健康成人66例について)

図9 持続時間の Histogram
(健康成人66例について)

33.7秒となる。したがつてこの値を正常値と定めた。

2) 振巾。正常尿管の振巾は図8にみられるように0.13～1.04mVにわたつており、最頻値は0.48mVであつた。これの99.8%信頼限界を求めると 0.48 ± 0.54 mVとなり、この場合正常尿管での最少測定値は0.13mVとなるので、これを正常値の下限とした。したがつて正常範囲を0.13～1.02mVとすると危険率は1%以下となり、この値を正常値に定めた。

3) 持続時間。図9にみられるように正常尿管における持続時間は0.2～1.1秒にわたつて分布しており、最頻値は0.45秒であつた。これの99.8%信頼限界を求めると 0.45 ± 0.55 秒となる。しかしこの場合にも正常尿管の最少値が0.20秒なので、この値を正常値の下限とした。この範囲では危険率は1%以下となるので、正常値を0.2～1.0秒と定めた。

4) 伝播速度。図10にみられるように正常尿管の伝播速度は20～90mm/secにわたつて分布しており、最頻値は30mm/secであつた。99.8%信頼限界を求めると、 30 ± 36.6 mm/secとなるが、正常測定値の最少値は20mm/secなのでこれを正常値の下限にとると20～66.6

図10 伝播速度の Histogram
(健康成人66例について)

図11 逆蠕動の現われ方

(1) 正蠕動と正蠕動の間に1個だけ逆蠕動が発生

(2) 正蠕動と逆蠕動が交互に発生

(3) 逆蠕動が群をなして発生

(4) 逆蠕動と逆蠕動との間に1個だけ正蠕動が発生

(5) 逆蠕動のみみられるもの

mm/secとなつた。この値では危険率は 3.3%とわずかに高いが、測定上の誤差も考慮に入れて正常値を20.0～66.6mm/sec と定めた。

小括。以上の結果より正常尿管の活動電位波形の諸定値はつぎのようになった。放電間隔 6～33.7秒，振巾 0.13～1.02mV，持続時間 0.2～1.0秒，伝播速度20～66.6mm/sec。

第8節 逆蠕動について

逆蠕動は第1節で述べたように双極誘導を行なつた場合，連続した対象波形が正蠕動とは逆の順序に出現するものであり，正常尿管にはまったくみられなかつた。ここではその性質について検討する。

1) 逆蠕動の発生の仕方

逆蠕動の発生には5つの発現型式がみられた(図11)。すなわち正蠕動と正蠕動の間に時折逆蠕動が発生する

型，正蠕動と逆蠕動が交互に発生する型，逆蠕動が群をなして発生する型，逆蠕動と逆蠕動の間に時折正蠕動が1つだけ混入する型，および逆蠕動のみが発生する型である。この5型は個々の症例に重複して現われる場合もあるが，最も頻発する型でその症例の傾向を代表させて区分すると表8のようになる。そしてこれら5型の現われる頻度は表の如くであつた。

表8 逆蠕動の発生の仕方

	正蠕動と正蠕動の間に1コだけ逆蠕動が混入	正蠕動と逆蠕動が交互に発生	群をなして発生	逆蠕動と逆蠕動の間に正蠕動が1コ混入	逆蠕動のみみられるもの
おもにみられる症例数	9	2	12	6	4

表9 正蠕動より逆蠕動へ移行する場合の放電間隔

逆蠕動が発生する直前の正蠕動の放電間隔(秒)	逆蠕動が始めて発生したときの放電間隔(秒)
19.8	68.8
10.4	72.4
8.5	66.8
45.6	68.8
54.6	104.2
33.4	38.9
33.6	39.2
31.5	14.7 (減少)
5.4	47.4
30.8	46.6
16.4	28.3
42.6	50.2
17.4	32.3
6.2	7.0
4.0	19.0
3.5	41.1
58.7	45.0 (減少)
25.5	42.0
20.1	21.4
11.3	38.0
24.6	42.0
21.4	23.3
21.2	50.8
20.6	15.2 (減少)
22.0	24.8
平均	23.6
	42.0

表10 逆蠕動より正蠕動へ移行する場合の放電間隔

正蠕動が発生する直前の逆蠕動の放電間隔 (秒)	逆蠕動より正蠕動へ移行したときの正蠕動の放電間隔 (秒)
38.4	10.4
20.4	8.5
66.8	9.5
8.0	10.9 (増加)
148.8	56.0
31.8	30.8
30.4	30.0
34.2	27.8
66.2	5.3
41.9	5.8
22.0	20.4
188.2	106.0
148.4	5.0
7.6	34.0 (増加)
23.2	14.6
15.5	4.5
36.2	11.8
40.0	38.6
40.8	37.3
35.5	6.9
42.0	6.6
17.5	22.4 (増加)
77.3	63.0
40.0	24.2
38.4	29.4
平均	50.4
	24.8

つぎに正蠕動より逆蠕動へ移行するとき、それまで起つていた正蠕動の放電間隔と逆蠕動の起つた時の放電間隔とを比較してみると表9のようになる。すなわち、正蠕動より逆蠕動への移行過程を種々の症例で25回観察したうち22回までは逆蠕動の放電間隔は延長していた。また逆蠕動から正蠕動に変わるときには、表10にみられるように、25回の観察のうち23回まで、逆蠕動が発生していた時の放電間隔よりも短い間隔をもつて正蠕動放電が発生した。すなわち正蠕動の次に逆蠕動が発生するのは大部分正蠕動の放電間隔が異常に延長する場合であり、また逆蠕動の次に正蠕動が現われるのは前の逆蠕動の放電間隔よりも短い放電間隔の場合であつた。

しかし、なかには正蠕動より逆蠕動に移行するときには前の正蠕動の放電間隔よりも短い放電間隔で発生する症例があり、他方、正または逆蠕動の発生する pace は変

図12 逆蠕動の放電間隔

らずにその反対方向に向かう蠕動が間入するのみられた。

2) 逆蠕動波の放電間隔

正蠕動波、逆蠕動波にかかわらずその直前の放電よりの間隔を測定し、Histogram を作製した (図12)。正常尿管の正蠕動波の放電間隔は 6.0~33.7秒であつたのに対し、逆蠕動波では 4 ~ 140秒にわたつて分布し、最頻値は16秒、22秒、24秒、34秒と 4 カ所あり、全体として右方すなわち放電間隔の長い方が多い分布を示した。前にも述べたように正蠕動より逆蠕動に移るとき、または逆蠕動より正蠕動に移るときには、逆蠕動の放電間隔は正蠕動のそれよりも長いことから当然のことと考えられた。一方、逆蠕動の場合には非常に短い放電間隔で発生するものもかなりみられた。

2) 振巾。正常尿管の正蠕動が0.13~1.02mV にわたつて分布し、最頻値は0.48mV であつたのに対し、逆蠕動

図13 逆蠕動放電の振幅

の場合には 0.2~1.04mV に分布し、最頻度は0.41mV と正常尿管の正蠕動と変わらず、度数分布の仕方も正常尿管の正蠕動とほとんど変りがなかつた (図13)。

3) 持続時間。正常尿管の正蠕動では 0.2 ~ 1.1秒にわたつて分布し、その 最頻値は0.45秒 であつたのに対し、逆蠕動の場合には0.15~1.05秒の間に分布し、最頻値は0.55秒であつたが、全般的分布の仕方は正常尿管の正蠕動とほとんど変りがなかつた (図14)。

図14 逆蠕動放電の持続時間

図15 逆蠕動放電の伝播速度

4) 伝播速度. 正常尿管の正蠕動では 20~90mm/sec にわたり, 最頻値は30mm/secで比較的右方が急峻なスロープを形成した分布を示したが, 逆蠕動の場合には分布の範囲は20~95mm/sec と正常尿管の正蠕動と変わらないが, 度数分布図上30mm/sec と 50mm/sec をそれぞれ中心とした2つのピークをもつ分布を示した (図15). すなわち, 伝播速度が速い放電が多くみられた. これは第5節に述べたように放電間隔が長い場合には伝播速度は速くなる傾向があり, 逆蠕動の場合もこれと同じ理由によるものと思われる.

小括. 以上の成績より一般に逆蠕動放電が発生するのはそれまで起っていた正蠕動放電より放電間隔が延長したあとであり, また逆蠕動より正蠕動に移行するときには放電間隔が短くなっていた. しかし症例は少いが正蠕動より短い放電間隔で逆蠕動放電が起ることもみられた. 放電の振巾, 持続時間, 伝播速度は正常尿管の正蠕動の場合とほとんど変わらず, 放電の発生の仕方以外に逆蠕動の活動電位波の性状は正蠕動のそれとほとんど差が認められなかった.

第9節 尿管活動電位正常値の臨床的意義

第7節で活動電位波形の諸測定値についてそれらの正常範囲を決定したが, この節ではその値を意義づけるために上部尿路に異常のある症例を疾患別に区分し, その各々について活動電位の諸測定を行なった結果を正常尿管の測定値と比較して検討する. また前節で逆蠕動の性

質について検討したが, ここではその頻発する疾患についても検討する. 本節での検査の対象は腎結石症22例, 尿管結石症13例, 腎結核10例, 重複腎盂2例, 腎形成不全2例, 腎盂腎炎10例, 遊走腎4例, 単腎患者10例である.

この場合も正常測定値を決定したときと同様に測定時の尿量を測定し, これが変化しないときに筋電図を記録した. そして連続した5個の放電をとり, その平均値を算出した.

1) 放電間隔の延長する疾患および逆蠕動の発生する疾患.

放電間隔が正常範囲, すなわち33.7秒以上に延長するものとしては腎結石症, 尿管結石症, 腎結核, 腎形成不全が挙げられる. まず腎結石症についてみると表11にみられるように22例中15例に延長が認められ, 19例に逆蠕動がみられた. 放電間隔が延長しない7例のうち6例には逆蠕動が認められ, 全く異常の認められなかったのは22例中1例にすぎなかった.

つぎに尿管結石症の患側尿管についてみると13例中10

表11 放電間隔の延長する疾患

(1) 腎結石症 (患側尿管)

症 例	放電間隔 (秒)	逆 蠕 動
1	35.6	+
2	34.4	+
3	15.7	-
4	34.0	+
5	94.8	+
6	73.1	+
7	55.2	+
8	38.4	+
9	34.3	+
10	23.5	+
11	逆蠕動のみ	+
12	27.0	+
13	34.8	-
14	41.7	+
15	77.8	+
16	13.8	+
17	34.5	+
18	45.7	-
19	49.3	+
20	36.4	+
21	19.3	+
22	26.5	+

表12 放電間隔の延長する疾患
(2) 尿管結石症 (患側尿管)

症 例	放電間隔 (秒)	逆 蠕 動
1	33.8	—
2	37.7	—
3	50.8	+
4	32.0	—
5	35.3	—
6	45.0	—
7	46.3	—
8	50.8	—
9	34.3	—
10	41.7	—
11	30.9	+
12	逆蠕動のみ	+
13	68.8	—

表13 放電間隔の延長する疾患
(3) 腎結核

症例	放電間隔 (秒)	逆 蠕 動	備 考
1	13.4	—	病変は 1～2 腎杯 に限局
2	21.5	—	
3	21.6	—	
4	17.0	—	
5	15.2	—	
6	50.4	—	腎盂腎杯に 高度の破かい を認める
7	36.4	—	
8	62.0	—	
9	37.6	—	
10	38.5	—	

表14 放電間隔の延長する疾患
(4) 腎奇型

症 例	放電間隔 (秒)	逆 蠕 動
1 (重複腎盂)	25.1	+
2 (重複腎盂)	49.2	+
3 (腎形成不全)	38.7	+
4 (腎形成不全)	35.2	—

例に放電間隔の延長がみられ (表12),延長しない3例のうち2例は正常値の上限の値を示し, 1例は全部逆蠕動であつた。他方, 逆蠕動のあるものは13例中3例であつた。

表15 放電間隔の延長する疾患
(5) 腎盂腎炎

症 例	放電間隔 (秒)	逆 蠕 動
1	29.4	—
2	17.1	—
3	19.4	—
4	19.7	+
5	19.1	—
6	40.7	—
7	逆蠕動のみ	+
8	6.9～32	—
9	5.4～66.3	+
10	18.4～57.3	—

表16 放電間隔の延長する疾患
(6) 遊走腎

症 例	放電間隔 (秒)	逆 蠕 動
1	5.8と40.8交互	—
2	384	—
3	216	—
4	221	+

腎結核についてみると逆蠕動がみられた症例はなく, 放電間隔が延長した症例は10例中5例, 延長を示さないもの5例であつた (表13). しかし延長を示さない5例はともに病巣が腎杯の一部に限局している症例であり, 延長を示した症例は腎盂の破壊が顯著であつた。

腎形成不全2例について調べたが2例とも放電間隔の延長がみられ, そのうち1例には逆蠕動が多発していた (表14). また重複腎盂による水腎症では2例とも逆蠕動の発生がみられ, うち1例は放電間隔の著明な延長が認められた (表14)。

つぎに腎盂腎炎についてみると, 10例中3例は放電間隔が非常に不規則であり, その最短と最長の差が大きかつた (表15). さらに, 放電間隔は延長しているが規則的な放電をしているのが1例みられ, 逆蠕動も3例に認められた。

最後に遊走腎についてみると4例中2例に放電間隔の延長がみられ, 1例に逆蠕動が認められた (表16)。

ii) 放電間隔の短縮するもの。上記の腎盂腎炎のうち, 放電の発生が不規則な2例に非常に短い間隔で放電

が認められた(表15)。

このほかに放電間隔の短縮する疾患は発見されなかつた。

2) 振巾および持続時間。異常に大きい振巾を示すものとしては単腎の患者が挙げられる。表5にみられるように10例中6例は正常値の上限を越えるか、またはこの附近にあつた。しかし今回の検査の範囲では正常範囲の下限より小さい値を示す疾患はみつかることが出来なかつた。他方、持続時間に異常を示すものは発見されなかつた。

3) 伝播速度。腎結石22例中3例、尿管結石症14例中2例、腎結核10例中3例、腎盂腎炎10例中1例に伝播速度の遅延がみられたが、これら症例の大部分は放電間隔も著しく遅延していた。他方、伝播速度が正常範囲以下に低下するものは腎結石症に3例みられただけであつた。

小括。以上の結果より逆蠕動は腎結石症、腎形成不全に多発し、また少数ながら尿管結石症の患側尿管にもみられ、さらに重複腎盂による水腎症にもみられた。放電間隔の延長するものとしては腎結石症、尿管結石症の大部分の症例、腎盂の破壊の強い腎結核症例、腎形成不全、重複腎盂による水腎症であつた。また振巾の大きいものとしては単腎患者の尿管があげられる。伝播速度も遅延するものは腎結石症、尿管結石症、腎結核、腎盂腎炎の症例の一部に認められ、これらの症例の大部分は放電間隔の異常に延長した症例であつた。

第4章 考 按

私は、多数例に基づいて管内誘導による人尿管筋電図上の正常値の決定を試みさらにこれに関連した種々の問題、すなわち活動電位の波形、尿管の誘導部位による筋電図上の差異、左右尿管の同時記録の重要性、尿量の変化と尿管蠕動の関係、および尿量と関連させた膀胱内注水時における尿管蠕動の変化についても種々検索した。以下得られた結果について文献的考察を加え、各項目別に検討を加える。

1) 人尿管の活動電位の波形について

尿管筋電図を経膀胱鏡的に記録することはHanley¹⁷⁾、Franksson & Petersen¹⁵⁾、Milton & Robb²⁹⁾、Bors & Blinn⁵⁾、Corey et al¹⁰⁾、生亀²⁰⁾、横竹⁵⁸⁾、宗³²⁾、大井³⁷⁾等多くの研究者により試みられている。しかしこれらの人々の得た波形は尿管内で導子を動かすことによつて生ずる Artefact と全く同様のものであり、おそらく蠕動によつて生じた Artefact を尿管活動電位と考えたのではないかと思われる。

一般に脊椎動物の摘出尿管の活動電位を微小電極で誘導すると、その波形はウサギ、モルモット以外はすべて1個の spike とこれに続く遅電位より成るとされている⁷⁾⁹⁾。この活動電位を生体内で記録するときには、spikeの前、および遅電位の再分極の過程の後に陽性の電位が現われる¹¹⁾¹⁸⁾⁴³⁾。このような陽性の電位はVolume Conductor の中を活動電位が伝播されるときに生ずる Artefact であるといわれている¹¹⁾⁴³⁾。したがつて生体内で記録された活動電位の波形は、一応 spike とその前後の小さな陽性電位とを合わせて3相性の波形と見ることが出来る。

このような波形は人尿管の活動電位を生体内で記録した場合もまったく同じである。環状の電極を尿管腔内に挿入して記録された Butcher & Sleator⁹⁾の波形、針状電極を漿膜面より尿管筋層に刺入して記録した白鳥ら⁴⁴⁾の波形、さらに尿管漿膜面に附着した線状の電極によつて記録した Weinberg⁵⁶⁾の波形等、使用した電極やその方法等はそれぞれ異なるにもかかわらず、皆上記の波形に一致している。私どもが U-Schlinge 型導子を使用して得た波形も既報⁴⁹⁾のように上記の人々の報告とすべて一致していた。このように多くの研究者により生体内の尿管より記録された活動電位波形は導子の形態や方法を異にするにもかかわらず一致していること、およびこの波形が微小電極より得られた波形によつて意義づけられることは、これが恒常的なものとする根拠として良いと思われる。

一方 Orbeli & Brücke³⁶⁾、相羽¹⁾、矢野⁵⁷⁾、丹生³³⁾³⁴⁾はそれぞれ動物の生体内の尿管より活動電位を記録したが、彼らの記録したものには遅電位の部分が認められなかつた。また Sleater & Butcher⁴³⁾も犬の尿管でこのような形の活動電位波形を認めており、彼らはこのような波形は全身状態および局所の状態の悪化したときに発生すると述べている。白鳥ら⁴⁴⁾も基本形に対して変形のあることを認め、活動電位の3つの型に分けている。すなわち前に述べたような基本的な波形の各部分を陽性前放電、陰性主放電、陰性副放電、陽性後放電と名づけて識別し、このように4要素全部をもつた波形を第Ⅰ型とし、陽性前、後放電、陰性主放電は存在するが陰性副放電を欠くものを第Ⅱ型、陰性主放電のみのものを第Ⅲ型とした。そして第Ⅰ型が通常みられる型であり、第Ⅱ、Ⅲ型は尿管の局所状態の悪化または実験動物の全身状態が悪化したときに現われると述べている。

私どもは本研究第2報⁴⁹⁾で人尿管筋電図を記録した場

合には基本型、すなわち白鳥ら⁴⁴⁾の第Ⅰ型のみ現われ、白鳥らの第Ⅱ型、第Ⅲ型のような変形はみられなかつたことを報告した。さらに症例を積ねても同様の結果が得られ、また尿管の異常を来すと考えられるような疾患がある場合も同様であつた。したがって経膀胱鏡的に活動電位を記録する場合には、特に全身状態の悪い患者以外はつねに一定の波形が記録されるといえる。

2) 尿管の誘導部位による筋電図の差異

解剖学的見地から尿管の上部と下部では筋線維の走行に相違が認められる。すなわち、尿管上部では輪走筋が多く、下部に行くにしたがつてこれが少くなり、膀胱壁在性の分では縦走筋のみとなる²⁶⁾。輪走筋も縦走筋もともに同時に収縮することは広く認められてはいるが^{24) 49)}、相沢²⁾は豚の尿管の Mechanogram による実験より、尿管上部では下部に比し輪収縮が強く、縦収縮は弱い、下部では輪収縮は弱く縦収縮は強いと報告している。

このような解剖学上および機能上の差異が人の生体内ではどのようになっているかを知ること、今後、尿管筋電図を臨床的に応用するためにも重要と思われる。Kiil²²⁾は Urometry による検査の結果、尿管の上部と下部で蠕動の頻度は同じであり、さらに尿管の内圧は上部と下部との間にはつきりした差はみられず、蠕動の伝播速度に関しても尿管上下の差は認められなかつたと述べている。さらに、いわゆる尿管の生理的狭窄部の上下においてもその内圧には全く差異が認められないと述べ Narath³⁵⁾のいう機能的な分節の存在を否定している。私どもも Urometry の検査により全く同様の結果を得ている⁵⁰⁾。

一方、生体内の尿管の各部分にうける活動電位波形の差異を筋電図により調べた報告は見当たらないが、犬の尿管を生体内で2分、3分してその筋電図学的変化を測定した実験より木下²⁴⁾は活動電位の振巾、持続時間に関しては尿管の上下に差がないこと、および伝播速度はわずかに尿管下部の方が上部より速いことを示した。私どもが今回の検査で人の生体内の尿管より得た結果も木下²⁴⁾の場合と全く同様であつた。尿管の上部と下部に前述のような解剖学的差異がある以上、機能上の差異があることも否定できないので、今後、個々の尿管筋電図を描記し、比較する場合には記録部位を一定にする必要があろう。

3) 左右尿管の差異について

古くは左右尿管は同期して蠕動が発生すると述べた論文もみられるが⁴¹⁾、最近では左右尿管の蠕動は同期しな

いというのが一般的見解である。人の尿管機能検査の成績からみても左右尿管の蠕動は同期して起らない。Kiil²²⁾、Davis & Zimskind¹¹⁾は Urometrogram 上より、また Sleator & Butcher⁴³⁾、白鳥⁴⁴⁾ら、Weinberg⁵⁶⁾、末武⁴⁵⁾は筋電図で示している。

しかしこのように蠕動が左右同期して起らず、活動電位の測定においても左右尿管に差異のあることが報告されているが、はたしてどの程度の差があるかを明示した報告は少ない。私どもは今回の実験でその差異を数値的に調べてみた。その結果、左右尿管の放電は同期しては起らないが、放電間隔、振巾、持続時間、伝播速度ともに左右尿管でほとんど差がないことがわかつた。したがって左右尿管の筋電図を同時に記録して比較すれば、後述のような尿管の異常の有無を判定する有力な手がかりが得られるのではないと思われる。

4) 尿量の変化の及ぼす影響について

古くより尿管の蠕動については神経性の刺激を受けて発生するのか、または尿管の自律性によるのか、あるいは尿の蓄積により拡張されることによるのか等数多くの論文がありその意見は区々である¹³⁾。最近は外来神経由来の刺激によるとする説に対しては否定する人が多く^{12) 19) 25) 28)}、尿管自体に自律運動を起す性質があり、尿による尿管の拡張が蠕動を起す刺激源となつているとする説が最も有力である^{18) 25) 49)}。しかしながら、摘出された尿管でも蠕動がみられること、および本研究第4報⁵¹⁾で報告したように、尿の流通が全く考えられない Blind ureter にも蠕動があることから、尿の流通がなくとも尿管が収縮することは確かである。私ども⁵¹⁾がすでに述べたように尿管は元来自律性運動を起す性質を有し、尿流が自律性運動にさらに補足的に運動を促すものであることをここでも強調したい。

Lucas²⁷⁾、Satani⁴⁰⁾はそれぞれ犬の実験より尿量が増加すれば尿管蠕動は増加し、極端な利尿状態では蠕動は消失し、尿は連続して流れると報告している。また最近 Lapides²⁵⁾は犬の Hydrophorograph より Boyarskey⁶⁾は犬の Urometry より、さらに Sleator & Butcher⁴³⁾および末武⁴⁵⁾は犬の筋電図より同様な結果を得ている。この際尿管蠕動増加の様相は尿量の増加に比例するとの報告⁴⁰⁾もあるが、多くは比例関係はないとしている^{22) 25)}。

このように尿量が多いほど蠕動は頻発するようになるとの説が多いが、逆に尿量が多くなると蠕動の頻度は減少するとの説もかなりみられる。Engelmann¹⁴⁾は家兎の尿管の実験より尿管蠕動の頻度は尿量の変化と共に変

ることではないと述べている。Morales³⁰⁾ は犬の膀胱に人工的に外臓症を作り、尿管口より尿の噴出状態を肉眼的に観察した実験により、尿量が増加する際には、個々の蠕動は強力になりその持続時間は延長するが、頻度は減少すると報告している。Kiil²²⁾ は人における Urometry の実験結果より尿量が増加するときには蠕動の頻度は増加することが多いが、全く変化しない場合も、また減少する場合もあると述べている。そして蠕動が増加しない場合には個々の収縮の持続時間が延長するか、または収縮圧が上昇したと述べている。このように尿量と蠕動の頻度に関して全く対立した2説があり、これが諸種薬剤の尿管に対する効果の有無について論旨を異にするゆえんと思われる。

今回の実験では他側腎よりの影響を排除するため、単腎の患者10名を選び、これらについて乏尿時より極端な利尿状態に至るまでマニトール溶液静注を行つて尿量を変化させこの間の蠕動の変化を観察したのである。この結果、第5節で述べたように乏尿、多尿にかかわらず、尿量が増加しないときには蠕動のpaceはほとんど同じであり、尿量が急増するときのみに尿管の蠕動が頻発することが判明した。尿量の増加のpaceが緩慢となつたり、また例えば利尿をはかる以前の尿量に比して、はるかに多尿状態であつても、その状態からわずかに尿量が減少する傾向を示せば、放電間隔は延長することが認められた。またこの尿量の状態をそのまま持続すれば蠕動は、利尿前のpaceに戻る事が認められた。この実験結果に基づいて前記の対立するかに見える2つの説を検討すれば、2説はいずれも正しく、ただそれぞれ一連の変化の一部のみを強調しているに過ぎないと思われる。

ここで考えなければならないのは導子の存在が尿管蠕動に影響を与えないであろうかという疑問である。平常の尿量のときはこの程度の太のさの導子では尿流に変化を来さないことを既報⁵⁰⁾で報告したが、極端に多尿の際にはわずかな抵抗でも尿流の障害となると考えられる。しかしながら、Kiil²²⁾ はたとえ蠕動が頻発する時でも尿管内の静止圧が上昇しないから尿流停滞によるとは考えられないと述べている。また末武⁴⁵⁾ も尿管内に異物の存在しない管外誘導による筋電図で蠕動が頻発して来ることを認めているから、多尿時の変化は尿管内のカテーテルの存在によるものとは考えられない。

以上の事実を考察すると尿量が増加したときには尿管はまずひんばんに蠕動を起こして増加した尿量の輸送をはかるが、次第に1回の蠕動による搬送量を増加し、蠕

動の効率を良くして頻度を減少し、利尿前の蠕動のpaceに戻ると思われる。

4) 放電間隔、振巾、持続時間、伝播速度の相互関係について

尿量が増加する場合における蠕動の変化とこれに随従する活動電位の他の測定値の変動を比較検討してみる。今回の検査で蠕動が頻発するとそのときの尿量にかかわらず活動電位の伝播速度は減少することがわかつた。しかし持続時間および振巾にはなんら変化を認めなかつた。

相沢²⁾ は摘出した豚尿管についてキモグラフィオンで測定した結果、蠕動発生の間隔が短い程、伝播速度は大となり、反対に蠕動の発生間隔が長いほど、伝播速度は短くなると述べ、Sleator & Butcher⁴³⁾ も犬尿管の筋電図で放電間隔が短縮すれば伝播速度は減少すると報告している。さらに浦井⁵⁴⁾ も犬尿管筋電図の結果より同様な結果が得られたと報告している。今回の実験で、これらの結果は人の生体内の尿管でも全く同じ傾向を示すことがわかつた。

活動電位の振巾と放電間隔との関係については浦井⁵⁴⁾ は明確な関係はみられなかつたと述べているが、私どもも明確な相関関係はつかめなかつた。また活動電位の持続時間に関しては、浦井⁵⁴⁾ は放電間隔が短くなると延長し、放電間隔が長くなると短縮すると報告しているが、今回の実験ではこのような傾向は確認できなかつた。

5) 尿量と関連させた膀胱注水時における尿管蠕動の変化について

尿量を一定にした場合の変化については本研究第3報⁵⁰⁾に Urometrogram 上の変化をも加えて詳細に報告した。すなわち、筋電図上の変化としては、膀胱内圧上昇時には放電間隔の短縮、持続時間の軽度延長、伝播速度の遅延が認められ、Urometrogram 上の変化としては収縮間隔の短縮、尿管内静止圧および収縮圧の上昇、収縮の持続時間の延長が認められた。

しかしながら、前述のように尿量が増加する場合には、他の影響がなくても尿管筋電図上に変化が現われる。したがつて乏尿および多尿状態では膀胱内注水実験にも差がみられるはずである。そこで今回は尿量を極端に低下させた場合と多尿とした場合に分けて膀胱注水を行ない、尿管筋電図上に変化が現われるまでの経過時間を調べたが、これは尿量が多いほど短いことがわかつた。しかも尿量が多いほど、少い注入量でこのような蠕動の変化が現われることもわかつた。

表17 諸家報告による生体内の人尿管の蠕動（放電）頻度

発 表 者	発表年次	観 察 方 法	蠕動（放電）間隔（蠕動頻度）
Trattner ⁴⁸⁾	1932	Hydrophorograph	10～ 180秒（ 5 ～ 6 w/min. ～1w/2～3 min）
高 橋 ら ⁴⁷⁾	1936	X線キモグラフ	5～10秒（ 1 ～ 2 w/10秒）
木 下 ²³⁾	1938	”	約 5～10秒
Pfeipfer ³⁹⁾	1949	”	10秒
Hanley ¹⁷⁾	1953	管内筋電図	12～15秒（ 4 ～ 5 w/min）
Milton & Robb ²⁹⁾	1954	”	10～15秒（ 4 ～ 6 w/min）
Bors & Blinn ⁵⁾	1955	内圧測定	平均12秒（平均 5 w/min）
Butcher & Sleator ⁹⁾	1955	管内筋電図	6～75秒（ 0.8～10 w/min）
Corey et al ¹⁰⁾ .	1956	”	20.7～31.6秒（ 1.9～ 2.9w/min）
生 亀 ²⁰⁾	1957	”	4～34.2秒
白 鳥 ら ⁴⁹⁾	1957	管外筋電図	5～40秒
Kcil ²²⁾	1957	Urometry	12～20秒（ 3 ～ 5 w/min.）
大 井 ³⁷⁾	1961	管内筋電図	17～30秒，平均24秒
Weinberg & Maletta ⁵⁵⁾	1961	Urometry	7.5～60秒（ 1 ～ 8 w/min.）
著 者	1965	管内筋電図	6～34秒

Kiil²²⁾ は膀胱内圧上昇時に尿管の 変化が 現われるにはその時の尿量が重要な因子であり，尿量が少ないときには膀胱が充満しても尿管蠕動に変化を来たさないと述べている．さらにこれらの変化は急性尿管通過障害時にみられる尿管の変化と同じであることから，膀胱内圧上昇時には尿管膀胱移行部で尿流が妨げられ，尿管下部に尿が貯留することによると 説明している．この 見解は T-tube を犬の尿管に挿入して内圧を 測定した Scott & DeLuca⁴²⁾ により支持されている．さらに Pierce & Braun³⁸⁾ は静脈性腎盂造影を行ない，膀胱内圧上昇時には尿管に尿の貯留の存在することを証明し，上記の説を裏づけしている．

今回の検査の結果は，上記のKiil, Scott & DeLuca, および Pierce & Braun の成績に一致するものであつたが，膀胱注水時の尿管蠕動の変化が尿管内に尿が貯留することにより発生 するかどうかは今後の 検討に 待ちたい．しかし，原因がいずれにあるにしても，膀胱が充満しているときには尿管機能は変化を来たすのであるから，尿管筋電図を記録する場合には特別な目的がない限り膀胱を空虚にして行なうことが必要である．またこの際記録時における尿量にも注意しなければならない．

5) 人尿管活動電位の正常値について

尿管筋電図を臨床的に応用するためには，正常値の範囲を明確に定めることが必要である．

これまで動物について正常値の範囲を規定した報告⁵⁴⁾

はみられるが，尿管筋電図法で人の尿管の活動電位の正常値を多数例に基づいて決定した報告はみあたらない．測定法に相違はあるが，これまで報告された蠕動または放電の頻度と今回得られた結果とを比較してみると第17表のように大部分の人々の得た値は4～40秒の間に含まれ，私どもの得た値もこれに全く一致した．この際放電の pace については，白鳥ら⁴⁴⁾は規則的に発生するのを第Ⅰ群，2～3個の pace で発生するのを第Ⅱ群，全く不規則に発生するのを第Ⅲ群とする3つのグループに分け，蠕動が強いときには第Ⅰ，Ⅱ群が多く，弱いときには第Ⅲ群が多くみられると報告している．また Sleator & Butcher⁴³⁾ も放電は規則的にあるいは集団をなして現われると述べている．しかしこれらはいずれもそのときの尿量には触れていない．前述のように，放電または蠕動の発生間隔の変動は尿量が変化することにより影響を受けるから，上記の放電の仕方の違いはそのときの尿量の変化に対する反応と考えて良いと思われる．

つぎに活動電位の振巾については，使用した電極，電極間の抵抗，電極の接触状態，さらに動物の種類によつて種々変化することが考えられる．これまで発表された人尿管の活動電位のうち，私どもがここで信頼して取扱えるものは Butcher & Sleator⁹⁾，白鳥ら⁴⁴⁾の報告のみである．白鳥らは針状電極で測定し，0.3～ 1.7mV の値を得ており，Butcher & Sleator は管内誘導法で最大 0.5mV であつたと報告している．私どもが得た値は

0.13～1.02mV であり、またその最頻値は0.48mV であり、Butcher & Sleator の値に近いものと考えられる。菊地²¹⁾は犬尿管について管外誘導による測定値と管内誘導による測定値とを比較したところ、管外誘導の方が高い値が得られたと述べ、彼はこの原因を管内での接触不良に帰している。Butcher & Sleator は同様の電極を使用しても人尿管の測定値は犬尿管の測定値よりも低いことより、人尿管粘膜の厚さに由来するものではないかと述べている。このように管腔内誘導による活動電位の振巾の低さの原因が いずれであるにせよ、電極が異なれば、振巾の大きさに差があることは当然である。

つぎに放電の持続時間に関する文献もきわめて少い。持続時間の測定は直結結合の増巾器ならば問題はないが、C-R 結合の場合には時定数を考慮しなければならない。一般に尿管の活動電位の測定には時定数は0.3～5.0秒で充分であるとされる³¹⁾。したがって私どもは時定数を0.3秒に固定して持続時間を測定した結果、0.20～1.0秒の値を得た。白鳥らは0.3～1.1秒、Butcher & Sleator は0.4～0.6秒と報告しているのに対し、私どもの得た結果は少し範囲が広いようであった。

表18 諸家の報告による生体内人尿管蠕動（放電）の伝播速度

発 表 者	発表年次	観察方法	伝播速度
高 橋 ら ⁴⁷⁾	1936	X線キモグラフィ	20mm/sec. 内外
木 下 ²³⁾	1938	〃	13～25 mm/sec.
Pfeifer ³⁹⁾	1949	〃	20～30
Bors & Blinn ⁵⁾	1955	管内筋電図	20～30
Butcher & Sleator ⁹⁾	1955	〃	20～45
生 亀 ²⁰⁾	1957	〃	17～66
白 鳥 ら ⁴⁴⁾	1957	管外筋電図	14～26
大 井 ³⁷⁾	1961	管内筋電図	25～40
著 者	1965	〃	20～67

つぎに伝播速度についてみると、これも放電または蠕動の発生間隔と同様いろいろな方法で調べられている。これらの値を表18に示す。諸家の報告した値は13～66 mm/secの範囲内にあり、今回の検査で得た値は20～66.6 mm/sec であり、ほとんど一致した。

6) 逆蠕動放電について

逆蠕動放電の性質を今回得られた結果とこれまで発表されて来た文献について考察する。摘出された尿管を2

分または3分して観察した結果によれば、尿管は本来その各部分により異なつた自発性収縮の pace を持つことが多くの学者によつて認められている³⁾¹⁶⁾²²⁾⁴⁶⁾。すなわち尿管上端が最も速い pace で収縮運動を行ない、ついで尿管下部がこれにつぎ、尿管の中央の部分は最も遅い。そして発生する部分により蠕動の伝播する方向が異なることも知られている。すなわち尿管上端より蠕動が発生すれば正蠕動となり、下端より発生すれば逆蠕動となり、中央で発生すれば、その部分より上下の方向に伝播する。一般に心筋をも含めて平滑筋では各部に自動性があり、このうち最も短い pace で収縮が起る部分が全体の pace maker になるとされている。

今回の検索で逆蠕動が発生するときには大部分の場合にはそれまで続いていた正蠕動の間隔が異常に延長した折であり、また逆蠕動より正蠕動に戻るときには逆蠕動より短い放電間隔で正蠕動が起つていた。この事実は尿管の上端で蠕動の発生が欠除したか、または発生したものが直ち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 pacemaker となつて逆蠕動が発生すると考えられる。

しかし逆蠕動の発生様式はこのような形だけではなく、心臓の期外収縮でみられるような間入性の逆蠕動もみられることがあり、さらにそれまでの正蠕動の pace より短い間隔で逆蠕動が発生することもみられる。Alvarez⁴⁾ は尿管の上部より下部に行くにしたがつて段階的に生理学的、化学的な興奮性に相違があり、尿管上部と下部においてこの段階が逆転したときに発生すると述べている。ここで断定的なことはいえないが、正蠕動より短い pace で逆蠕動が発生する場合には、種々の病的状態により、Alvarez がいうように尿管上端より下端の興奮性が亢まつているのではないかと考えられる。

なお、尿管内に挿入した導子が局所を刺激して逆蠕動を発生させるという疑念も生ずるが、Kiil²²⁾ は Urometry 用のカテーテルを挿入したときにも、またこれを動かしても逆蠕動は発生しないと述べており、私どもも管内誘導の筋電図で同様の結果を得ている。さらに末武⁴⁵⁾ は管外誘導による筋電図を記録した場合にも逆蠕動の出現を認めており、これらの事実を総合すれば、尿管内の導子の存在が興奮性の亢進している尿管下部をさらに刺激することはあつても、これが逆蠕動の原因になるとは考えられない。

つぎに逆蠕動放電の性質についてみると、放電間隔は一般に正蠕動より延長する傾向がみられ、一方正蠕動よ

り短い放電もみられるので全体としては正蠕動より巾広い分布となつた。これは前述の逆蠕動発生の様相より当然考えられることである。しかし逆蠕動放電の振巾、持続時間、伝播速度は正蠕動で得た値とほとんど同じであり、放電の仕方および伝播の方向は異なつても、活動電位そのものに関する限り、正蠕動も逆蠕動も同じ性質であるといふことができる。

生体内の逆蠕動の性質についての諸家の報告をみると、Kill²²⁾は Urometry より逆蠕動の発生間隔は正蠕動に比べて延長し、伝播速度はほとんど同じであつたと述べている。

Sleator & Butcher⁴³⁾ は筋電図より正蠕動でも逆蠕動でも伝播速度は同じであると報告し、さらに木下²⁴⁾も犬尿管に対する挾把、切断実験より、逆蠕動は正蠕動より放電間隔は延長するが、活動電位の振巾、持続時間、伝播速度はほとんど同じであることを示し、私どもの得た結果もこれと全く一致している。

7) 正常値の臨床的意義

前述のように上部尿路に異常のない66例を対象とした筋電図の測定結果から正常値の範囲を定めたが、これを臨床的に応用する上にどのような意義があるかを知る必要がある。そこで種々の上部尿路疾患患者79例の患側尿管についても測定を行ない正常値と比較した。

まず放電間隔が延長するものとしては、尿管結石症が挙げられる。これはほとんど例外なしに正常範囲以上の延長をみた。ついで腎結石症の場合にも延長が認められる症例が多かつた。腎結石症の場合には放電間隔の延長のない症例でも、逆蠕動が現われたから、ほとんど全例に異常が存在したといふことができる。また、腎結核では腎盂腎杯にかなり高度の病変が存在する症例の放電間隔が延長し、腎形成不全でも全例に延長が認められた。さらに重複腎盂による水腎症および遊走腎にも放電間隔の延長する症例がみられた。

他方、放電間隔が短縮する疾患としては腎盂腎炎がみられた。しかしこの疾患では短縮というよりむしろ不規則とした方がよいような印象を受けた。

つぎに放電の振巾についてみると、単腎の患者の多数は異常に高い振巾がみられた。

しかし放電の持続時間については全例が正常範囲内に含まれた。もつとも今回の検査では正常値の分布範囲の99.8%信頼限界をとつたので、設定された正常値の範囲が少し広すぎるのではないと思われる。

最後に伝播速度についてみると、促進する疾患は認め

られなかつたが、腎結石症、尿管結石症、腎結核、腎盂腎炎等に遅延する症例が認められた。これらの症例ではいずれも放電間隔も延長しており、これは前述した正常症例における放電間隔と伝播速度は平行して変化するという現象とは反対の関係を示している。

このように多数の泌尿器科疾患患者に、筋電図上、放電間隔、振巾、伝播速度の異常を認めたことは、正常者について設定した正常値の範囲が充分妥当なことを示すとともに、尿管筋電図が泌尿器科疾患の診断に有力な手段であることを明らかにしている。

第5章 結 論

経膀胱的に尿管筋電図における基礎的諸問題の解明をはかるため、健康成人66例、腎結石症22例、尿管結石症13例、腎結核10例、重複腎盂2例、腎形成不全2例、腎盂腎炎10例、遊走腎4例、単腎患者10例、計139例について尿管筋電図を記録し検討を加えた。

得られた結果はつぎの通りである。

1) 人尿管筋電図における活動電位の波形。

正常、異常例を問わず、陽性前放電、陰性主放電、陰性副放電、陽性後放電をもつ基本的な波形が記録された。また正常例では正蠕動放電のみで逆蠕動はまったく現われなかつた。

2) 尿管の誘導部位による筋電図上の差異。

健康成人10例について調べた結果、放電間隔、振巾、持続時間は尿管上部と下部とでほとんど差がなかつたが、伝播速度は上部より下部の方で速いことが認められた。放電間隔が尿管の上部と下部とで一致していることは蠕動が全部尿管の上部より下部へ伝播することを示すものと考えられた。

3) 左右尿管の筋電図上の差異。

健康成人10例について調べた結果、左右尿管では放電は同期して起らないことが認められた。そして筋電図上の測定値は左右ほぼ同一であつた。

4) 尿量と尿管蠕動の関係。

健康成人10例を対象にして、6.6%マニトール溶液を静注して利尿をはかり、尿量と尿管蠕動の関係を検査した。

i) 尿量が一定していれば乏尿時、多尿時にかかわらず放電間隔はほぼ一致していた。そしてこれが個々の尿管の蠕動の基本的 pace と考えられた。基本的 pace に変動を起すのは安定していた尿量が急に変化するときであることがわかつた。すなわち、尿量が急増すると放電は頻発するが、この増加した尿量がそのまま持続すれ

ば放電間隔は次第に延長し、尿量が増加する前の pace に返ることが判明した。また尿量が減少すると放電間隔は一時延長するが、減少した尿量がそのまま持続すれば、ふたたび前の pace に返ることが認められた。

ii) 尿量の変化に附随して放電間隔が変化するときには、伝播速度は放電間隔の変動とともに増減するのが認められた。しかし振巾、持続時間は尿量および放電間隔の変動に関係なく一定していた。

5) 尿量と関連させた膀胱注水時における尿管蠕動の変化。

膀胱内に生理的食塩水を注入するとき、注水量がある値以上になると放電間隔の短縮が起るが、このような変化が起るまでの経過時間は尿量が多いほど短いことが判明した。さらに尿量が多ければ、膀胱内に蓄積された量が少なくても変化が起ることが認められた。

6) 正常尿管の筋電図の諸測定値

健康成人66例について測定し、その99.8%信頼限界を求めた結果、正常値の範囲はつぎのようになった。放電間隔 6.0~33.7秒、振巾 0.13~1.02mV、持続時間 0.2~1.0秒、伝播速度20~66.6mm/秒。

7) 逆蠕動について。

i) 逆蠕動の発生の仕方には群をなして発生する型、正蠕動と正蠕動の間に1個だけ逆蠕動が発生する型、逆蠕動と逆蠕動との間に1個だけ正蠕動が発生する型、逆蠕動のみが発生する型および正蠕動と逆蠕動が交互に現われる型の5型がみられた。この5型の現われる頻度は上記の順であつた。

ii) 大部分の症例では正蠕動より逆蠕動へ移行するのは異常に長い放電間隔の後であり、逆蠕動より正蠕動へ移行するのは短い放電間隔の後であつた。しかしまれにはこの逆のこともあつた。

iii) 逆蠕動の放電間隔は一般に延長していた。しかし非常に短い場合もかなりみられた。振巾、持続時間、伝播速度は正蠕動に比して有意の差はみられなかつた。したがって、放電の発生の仕方は異なつても逆蠕動と正蠕動とでは筋電図上の性質は一致したものと考えられた。

8) 尿管活動電位の正常値の意義。

今回の検査で決定した正常値の範囲を越えるものに、つぎのような疾患が認められた。放電間隔の延長するものとしては腎結石症、尿管結石症、腎結核、腎形成不全、重複腎盂および腎盂腎炎の一部症例があり、放電間隔の短縮するものとしては腎盂腎炎の一部の症例が認められた。振巾の異常に大きいものは単腎者の尿管に認め

られた。しかし持続時間の異常を示す疾患は認められなかつた。伝播速度に関しては、腎結石症、尿管結石症、腎結核、腎盂腎炎のそれぞれの一部に減少が認められた。

このように、正常範囲外の値を示す疾患が多数存在することから、今回定めた正常値は充分臨床的に意義あるものと考えられる。

御指導、御校閲下さつた恩師矢野仙太郎教授ならびに土田正義助教授に深く感謝する。

文 献

- 1) 相羽昭：日新医学，23，965，昭23.
- 2) 相沢齊治：東北医誌，18，388，昭10.
- 3) Alskne, J.: Folia urol., 1, 338, 1907.
- 4) Alvarez, W.G.: An Introduction to Gastro-Enterology. 4th ed. P.B. Hoeber, New York, 1948.
- 5) Bors, E. & Blinn, K.G.: J. Urol., 74, 322, 1955.
- 6) Bojarsky, S. et al.: J. Urol., 87, 25, 1962.
- 7) Bozler, E.: Amer. J. Physiol., 124, 502, 1938.
- 8) Bozler, E. Amer. J. Physiol., 136, 543, 1942.
- 9) Butcher, H. Jr. & Sleator, W. Jr.: J. Urol., 73, 970, 1955.
- 10) Corey, E.L. et al.: J. Urol., 75, 244, 1956.
- 11) Davis, D.M. & Zimskind, P.D.: J. Urol., 90, 677, 1963.
- 12) Davidof, A.: J. Urol., 58, 22, 1947.
- 13) Emmett, J.L.: Campbell's Urology, vol. II, p. 1360, Saunders, Philadelphia, 1957.
- 14) Engelmann, T.W.: Arch. Physiol., 2, 243, 1869.
- 15) Franksson, G. & Peterson, I.: Acta Physiol., Scand., 106, 150, 1953.
- 16) Gruber, C.M.: J. Urol., 20, 27, 1928.
- 17) Hanley, H.G.: Brit. J. Urol., 25, 358, 1953.
- 18) Hasama, B.: Pflug. Arch. Physiol., 232, 236, 1933.
- 19) 長谷川国男：東北医誌，64，365，昭36.
- 20) 生亀芳夫：日泌尿会誌，48，605，昭32.
- 21) 菊地栄夫：東北医誌，62，83，昭35.
- 22) Kill, F.: The Function of the Ureter and Renal Pelvis, Oslo Univ. Press, Oslo, 1957.
- 23) 木下正文：皮泌誌，43，718，昭13.
- 24) 木下秀雄：臨皮泌，13，891，昭34.
- 25) Lapidus, J.: J. Urol., 59, 501, 1948.
- 26) Lowsley, O.S. & Kirwin, T.J.: Clinical Urology, vol. II, Williams & Wilkins, Baltimore, 1956.
- 27) Lucas, D.R.: Amer. J. Physiol., 22, 245, 1908.

- 28) Melick, W.F. et al.: J. Urol., 86, 46, 1961.
- 29) Milton, G.W. & Robb, W.A.T.: Brit. J. Urol., 26, 274, 1954.
- 30) Morales, P.A. et al.: J. Urol., 67, 484, 1952.
- 31) 本川弘一：医学生物学電気の実験法, p. 42, 南山堂, 昭37.
- 32) 宗達他：泌尿紀要, 5, 886, 昭34.
- 33) 丹生治夫：日本生理誌, 12, 377, 昭25.
- 34) 丹生治夫：日本生理誌, 13, 6, 昭26.
- 35) Narath, P.A.: Campbell's Urology, vol. I, pp. 61-75 Saunders, Philadelphia, 1957.
- 36) Orbeli, L. & Brucke, E.T.: Pflug Arch. Physiol., 133, 341, 1910.
- 37) 大井清：日泌尿会誌, 52, 165, 1961.
- 38) Pierce, J.M. Jr. & Braun, E.: Surgical Forum, 11, 482, 1960.
- 39) Pfeiffer, W.: Grundlagen der Funktionellen Urologischen Röntgendiagnostik, Stuttgart, 1954.
- 40) Satani, Y.: Amer. J. Physiol., 50, 342, 1919.
- 41) Schoen, R. & Ebster, H.: Deutsche Arch. f. Klin. Med., 173, 440, 1932.
- 42) Scott, J. E. S. & DeLuca, F.G.: Brit. J. Urol., 32, 216, 1960.
- 43) Sleator, W. Jr. & Butcher, H. Jr.: Amer. J. Physiol., 180, 261, 1955.
- 44) 白鳥常男ら：東北医誌, 55, 382, 昭32.
- 45) 末武保政：東北医誌, 59, 576, 昭34.
- 46) 高木満来：医学研究, 7, 831, 昭8.
- 47) 高橋明ら：グレンツゲベート, 12, 71, 昭13.
- 48) Trattner, H.R.: J. Urol., 28, 1, 1932.
- 49) 土田正義, 木村行雄：日泌尿会誌, 55, 648, 昭39.
- 50) 土田正義ら：日泌尿会誌, 56, 496, 昭40.
- 51) 土田正義ら：日泌尿会誌, 56, 562, 昭40.
- 52) 土田正義, 木村行雄：日泌尿会誌, 56, 569, 昭40.
- 53) 土田正義, 木村行雄：日泌尿会誌, 56, 807, 昭40.
- 54) 浦井利雄：東北医誌, 62, 251, 昭35.
- 55) Weinberg, S.R. & Maletta, T.J.: J.A.M.A., 175, 15, 1961.
- 56) Weinberg, S.R.: J. Urol., 91, 482, 1964.
- 57) 矢野正武：東北医誌, 30, 419, 1942.
- 58) 横竹次郎：名医学, 75, 1122, 昭33.

(昭和40年12月14日受付)