腎盂尿管排尿機能の研究

第 2 報 尿管電圖的研究

東京大學醫學部泌尿器科教室
(主任: 市川篤二教授)
關東逓信病院泌尿器科
(部長: 大越正秋)

生 龜 芳 雄

STUDY ON URINE TRANSPORTING FUNCTION OF THE RENAL PELVIS AND THE URETER SECOND REPORT. ELECTROURETEROGRAPHICAL STUDY Yoshio Iki

From the Department of Urology, Medical Faculty, University of Tokyo
(Director: Prof. Dr. T. Ichikawa)
And the Division of Urology, Kanto Teishin Hospital, Tokyo
(Chief: Dr. M. Ohkoshi)

I. 緒言

著者は第1報において、主として腎盂尿管内壓、自律神経遮断劑(主にファイナリン)の尿管口運動、尿量、尿滴數等に及ぼす影響などを報告したが、本報においては、腎盂尿管運動ならびにそれに對する自律神経遮断劑或は腎盂内壓亢進の影響等を尿管電圖によつて觀察し得た結果を報告する。

II. 文獻的考察

1953年 Hanley の尿管電圖の研究が發表される以前において、Engelmann (1870), Orbeli & Brücke (1910), Israel (1923), 狹間 (1930, 33), 藤井 (1933), 相羽 (1934, 36), 相澤 (1936), Bozler (1938, 42), 矢野 (1939, 42) 等が尿管運動の電氣的研究を發表してゐる。Orbeli & Brücke (1910) は犬, 家兎, モルモットにおいて、尿管の任意の2箇所より不分極電導子を通じて弦線電流計に電位を記録することにより、自發性尿管蠕動の電氣曲線を得たことを報告してゐる。

狹間 (1933) は家兎の尿管電氣曲線が3種得られたことを報告し、その特異なこととして陰性前部從屬相の存在を主張してゐる。

相羽 (1934) は家兎において尿管の電氣曲線は骨格筋、神経等にみられる2相性曲線と異なり常に若干の從屬變動を伴うことを報告し、この成因に關して種々な實驗を行い、結論として電極の置き方、尿管と尿管周圍組

織との接觸具合等により種々な曲線が得られると述べてゐる。

相澤 (1936) は豚の剔出尿管を用い尿管が悉無律に従うことを報告してゐる。

矢野 (1939, 42) は豚尿管が悉無律に従い、又刺戟電極の口徑 100μ 以上では尿管は極大收縮を示し、 100μ 以下では全體につたわらない微小收縮を示す等のことを報告してゐる。

Bozler (1938, 42) は毛細電極を用いて諸種の哺乳動物の胃、小腸、子宮、尿管等についてその電氣曲線を描いてゐるが、シロネズミの尿管では1回の蠕動波の通過により通常は1個の棘波電位が誘導されるが、モルモットの尿管では數個の棘波がほぼ一定した時間間隔で起り、これが1つの緩徐電位に重疊してあらわれる等のことを報告してゐる。

尿管電圖についての研究は Hanley が尿管運動の電氣的變化をオッシログラフを用いて始めて (1949) 發表したが、その後1953年に彼は電極をもつた尿管カテーテルを人間の尿管内に挿入して尿管運動のオッシログラフを撮影して electro-ureterogram として發表したのが最初である。

この論文の中で Hanley は、Lapides が一般に同一時間内に兩側の尿管より排出される尿量は同じであると言つてゐるが、必らずしもそうでないと主張し、同一時間内

において尿管の蠕動回数及び尿量の左右相異せる例をあげており、又興味あることとして同一時間内において両側の尿管よりの尿量が同じでも蠕動回数が左右相違している例をあげておる。更に彼は水尿管、生理的尿管擴張(妊娠)、尿管痙攣、尿管痙攣に對し尿管の神経の denervationを行つた際等の尿管電圖を示し、又自律神経遮斷劑パンサインを50mg靜注すると1分以内に尿管運動が抑制される状態も報告しておる。

Hanley (1953) 以後, Baker & Huffer (1953), Draper & Zorngiotti (1953), Franksson & Petersén (1953), 田村等 (1953, 54, 56), Calafati (1954), Milton & Robb (1954), Bors & Blinn (1955), Butcher & Sleator (1955, 56), Corey et al (1956), 白鳥等 (1956) などの尿管電圖に関する報告がある。

Baker & Huffer (1953) は犬において尿管内に電極(針)を挿入し脳波用の記録装置を用い尿管電圖を記録しておるが、正常な波型は3相性であり、その最初の棘波(第1波)の大きさ(振幅)は 38 ± 20.5 microvolts, 次の棘波(第2波)は 140 ± 20.7 microvolts, 最後の棘波(第3波)は 172 ± 25.1 microvolts. で、是等の棘波の全體の経過時間は 95 ± 12.3 milliseconds であり、蠕動の頻度は毎分4回である等報告しておる。更に彼等は實驗的に尿管に種々な侵襲を加え、尿管を切斷した場合は正常な尿管電圖と比較して直ちに變化がみられないが、切斷した尿管を膀胱或は腸に吻合した場合は尿管の太さが正常なときは頻度には變化なく、第1及び第2波の大きさが増加し第3波は減少し、尿管の太さが太くなったときは第1及び第3波は大きく増加し第2波は正常と同じであり、又完全尿管閉塞を起させた場合は頻度が増し、第1波は著明に増加するが第2波及び第3波は正常と同じであり、不完全尿管閉塞を起させた場合は電位は直ちに強くなり、30分後には弱くなり、更に3ヵ月たつと強くなること等を報告しておる。

Draper & Zorngiotti (1953) はパンサイン等を投與した場合の尿路の筋電圖を報告しておる。

田村等 (1953, 54, 56) は尿管收縮の頻度、波形、振幅、傳導速度並びに電極を刺戟電極として用いた際の腎及び尿管機能の變化について報告を行つておる。

Milton & Robb (1954) は電極を有する尿管カテーテルを人間の尿管内に挿入し心電圖用の器械を利用して、1相性の棘波を記録し、頻度は毎分4~6回である等報告しておる。

Bors & Blinn (1955) は人間において、カーボン

利用した電極をもつた尿管カテーテルを尿管内に挿入し、心電圖の器械を用いて記録を行い、波型については論じておらないが、1相性の波型をもつた圖を紹介し、頻度は20秒以下に1回で、速度は毎秒2~3cmであると報告し、又棘波の大きさ(振幅)は患者によつて相違し或は同一患者でも尿管の部位によつてこととなり、一般に尿管の下部 $\frac{1}{3}$ の部分において大きい振幅を示すが、これはその部が縦走筋に富み横輪筋に乏しいためであらうと云つておる。又彼等は實驗中に虚蠕動を見た例もあると報告しておる。

Butcher & Sleator (1955) は電極をもつた尿管カテーテルを人間及び犬の尿管内に挿入し、心電圖の器械を用いて記録し、波型は急峻及び緩徐な2つの偏りをもつた1相性であり、棘波の大きさ(振幅)は最大0.5mV程度で、頻度は毎分0.8~10.0回、速度は通常毎秒25~35mm、電位變化の繼續時間は0.4~0.6秒であると述べ、時に逆蠕動の存在することがあることも報告しておる。

Corey et al (1956) は人間において、電極を有する尿管カテーテルを尿管口より20cm挿入して實驗しておるが、その結果、頻度は毎分2.47回、電位變化の繼續時間は8.82秒、棘波の大きさは最初の波は平均4.45mV、次の波は平均6.18mVであると報告し、更に剔出尿管についても實驗を行い、この場合は頻度は毎分2.49回、電位變化の繼續時間は8.63秒、棘波の大きさは最初の波は平均23.8 μ V、次の波は平均31.2 μ Vであると述べておる。

Butcher & Sleator (1956) は再び犬における實驗的水尿管、水腎等について尿管電圖の研究を行い、尿管吻合術後4週までその部を通じての蠕動を誘導出来ないこと、尿管上部に擴張が存在する場合に尿管吻合部の術後回復がみられた時は、蠕動運動の傳導速度は尿管上部の方が下部より遅く、この變化の程度は腎盂尿管移行部の擴張の程度と概ね比例すること、又吻合術後に起る水腎は1例を除いてすべて機能的な蠕動の缺如によること等を報告しておる。

Kneucker (1953) は electro-urogram なる論文を發表し、家兎及び人間における腎及び腎盂の電位を心電圖用の器械を用いて記録し、實驗的に腎に障害を與えると直ちに正常の曲線とことなる曲線の發生することなどを述べておる。更に彼は1956年に家兎を用いて、腎と尿管の電位が相違し、腎の解剖學的部位はその各々の部分における電位を示し、又兩腎を同時に測定すると一方が他方より電位が高いこと等を報告しておる。

第 1 表 尿管蠕動の振幅・頻度・傳導速度(文獻)

發 表 者	發表年度	實驗方法	振 幅
Trattner	1932	器 械 的	2~10cm (H ₂ O)
Butcher et al	1955	尿管電圖的	0.5mV
Corey et al	1956	尿管電圖的	Wave A 4.45mV " B 6.18mV Wave A 23.8μV " B 31.2μV) 剔出
			頻 度
Trattner	1932	器 械 的	1 回/2~3 分~ 5~6 回/1 分
Maintz et al	1936	レ 線 的	1 回/8~14秒
高 橋 等	1936	レ 線 的	波數 1~2 回 10秒) 1~3 回 15秒) 曝射
木 下	1938	レ 線 的	1 回/5~10秒
Pfeifer	1949	レ 線 的	1 回/10秒
Milton et al	1954	尿管電圖的	4~6 回/1 分
Bors et al	1955	尿管電圖的	1 回/20秒以下
Butcher et al	1955	尿管電圖的	0.8~10回/1 分
Corey et al	1956	尿管電圖的	2.47回/1 分
			傳 導 速 度
Maintz et al	1936	レ 線 的	2~3 cm/秒
高 橋 等	1936	レ 線 的	2~3 cm/秒
木 下	1938	レ 線 的	2~3 cm内外/秒
小 野	1941	レ 線 的	2.72cm/秒
Pfeifer	1949	レ 線 的	2~3 cm/秒
Bors et al	1955	尿管電圖的	2~3 cm/秒
Butcher et al	1955	尿管電圖的	2.5~3.5cm/秒

白鳥等 (1956) は犬及び人間の尿管の波型について報告を行つてゐる (後述)。

人間に關して文獻上に見られる尿管蠕動の振幅, 周期 (頻度), 傳導速度等を器械的, レ線的, 或は尿管電圖的に測定したものゝ主なものを一括して表で示せば第 1 表のようである。

棘波の現われ方について, 尾形 (1929) は豚の尿管でその現われ方を, ① 1つの棘波が周期的に現われるもの, ② 2つの棘波が周期的に現われるもの, ③④數個の棘波が周期的に現われ, その内最初が最大で順に小さくなるものと, 皆同じ大きさであるもの, ⑤小さな棘波が短い周期で現われるもの, ⑥種々な不規則な棘波が連續的に現われるもの等の 6 型に分類してゐる。

白鳥等 (1956) は人間及び犬において, ①主, 副陰性動揺の前後に陽性動揺を伴つたもの, ②副陰性動揺の缺如したもの, ③主陰性動揺だけのものゝ 3 型に分類してゐる。

腎盂内壓と尿管蠕動との關係に關する論文中, 2~3 の興味あるものを拾つて見るに, Lacus (1908) は實驗的に犬の腎盂, 尿管にそれぞれカニューレを挿入しこれを壓力計に連絡し種々な研究を行つてゐるが, その中で腎盂内壓が零であつても蠕動により尿を腎盂から排出することは興味あることであると述べ (しかしこの點に關し Davis (1954) は Lacus の用いた壓力計は蠕動を起す最低の壓を測定出来るだけの感度がなかつたのでないかと疑つてゐる), 又腎盂内壓が増加するとただちに蠕動の活動性が高まると報告してゐる。

佐谷 (1919) は犬において實驗的に液體を腎盂内に注入することによつて腎盂内壓を變化させて, 腎盂内壓が低い場合は蠕動は緩徐であり, 内壓が増加するに従つて頻度が増加し内壓が極めて高くなると, 尿はホースの如き尿管を通じて流出するようになると報告してゐる。

Lapides (1948) は尿の分泌量により蠕動頻度が變化

し、内圧の増加により蠕動が惹起されると報告している。尚彼はモルヒネ、デプロパネックス等は尿管蠕動に影響を与えないと云つておる。

Morales et al (1952) は尿量と腎盂尿管運動との関係について詳細な報告をしている。彼等は犬を用いて先ず人工的に膀胱外反症を作り、プラスチックチューブを腎盂内に挿入すると共に、静脈内に液体を注入して、種々の利尿状態を起させて実験しているが、著明な利尿状態では尿は尿管口から約80cmとびだし数秒この状態が連続し、更に極端な利尿状態では蠕動運動は消失し尿は尿管口より低い壓で連続的に流出することを報告している。又1分間に4cc程度の利尿状態になると蠕動頻度は不規則となるが、利尿状態が低下すると頻度は正常の状態を保持しようとする傾向を示すと云つておる。更に利尿状態の増加と共に腎盂内圧は増加するが、極端な利尿状態となると内圧は増加しないし、又腎盂内圧を人工的に高めても頻度は増加しないことも等も報告している。彼等は尿量の變化に應じて尿管が適應する能力には限界があり、これを尿管の筋肉の働きからみるならば、極端な利尿状態では尿管の筋肉は收縮出来ないまで伸び、尿管は單なる管としての働きしかなく、尿はこの管の内を連続的に流れることとなり、又尿管蠕動運動のペースメーカーである腎盂に對する刺激より見るならば、利尿状態が低い場合はペースメーカーに對する刺激が不充分であり、中等度の利尿状態はペースメーカーに對して適當の刺激となり蠕動は規則正しく行われ、極端な利尿状態ではペースメーカーに對する刺激が強すぎてペースメーカーがこれに應ずることが出来なくなり、その結果蠕動が消失すると述べておる。

尿管の伸展性に關する研究は、Fuchs (1927)、江本 (1951)、Bonne & Smith (1955) 等によつて報告されているが、是等のことは直接著者の研究に關係ないので省略する。

III. 實驗方法

著者の行つた方法の概要は次の如くである。

1) 記録装置

尿管電極(後述)及び心電圖用増幅器を用い、記録はペン書きオシログラフにより、記録紙を1秒1mm, 3mm又は10mmの速度で走らせ、棘波の頻度、型、傳導速度等を觀察した。

この増幅器は時定数1.5秒であるが、波型を吟味するため時定数0.3及び0.05秒の増幅器を用いた場合もある。

第1圖 尿管カテーテル電極部 (横断面)

a, b は銀管, c は導線

b' は銀線, これは a' にてハンダ付により導線 c に接続, c'd' は小孔

2) 尿管電極

2種類使用した。第1の電極(第1圖A)は尿管カテーテルの先端とそれより10cm後に幅約3mmのカテーテルと同径の銀管を固定したもので、導線はカテーテル内腔を通り、カテーテルの先端は閉鎖しておる。これを使用して蠕動波の傳導速度を知ることが出来る。即ち先端の電極と10cmはなれた電極をそれぞれ別の増幅器を通して2カ所よりの誘導を同時に記録してみると、蠕動が腎盂より膀胱に向う場合、先ず上部の誘導に變化が現われ、次いで下部に變化が現われる。この變化の時間的ずれを測れば10cmあたりの蠕動速度がわかるわけである。

第2の電極(第1圖B)は電位變化と蠕動の状態とを比較してみるためのもので、カテーテルの先端の管壁に小孔があり、その先端部に40番の太さの銀線を約2mm幅になる迄密接して巻きつけたもので、導線は内腔を通つて外部に出る。導線は内腔に較べ充分細く、このため尿管カテーテルより尿を導出することも出来、又逆行性に液体を腎盂に注入することも出来る。

3) 實驗上の注意

これ等の電極はすべて増幅器の入力的一方につなぎ、他方は不關電極として約4×6cmの金屬板を被檢者の大腿前面の皮膚上に固定し、皮膚との接觸にはリングガーゼを介する。時として心電圖が混入することがあるが、電壓が低く問題にならない。又不關電極の位置を変えたり反対側大腿部に移したりすれば混入しなくなることもある。尿管カテーテル挿入後約15分間は尿管電圖が不規則不安定であるが、15~30分の安静時間をおけば記録は大抵の場合規則正しくなる。4チャンネルを同時に使用して記録した場合もある。

IV. 正常尿管電圖について

次に述べる種々な觀察は腎盂尿管等に病變のみとめられないもの約10名について行つたものである。數 mV

の陰性（上向）で数秒の持続のふれが1回の蠕動毎に見られるが、これを尿管の活動電流によるものとし（後述）、棘波と呼ぶこととする。

1) 棘波の形

第2圖に示すように棘波の持続時間が数秒であるために、増幅器の条件によつて記録上の波形は變つてくる。即ち現象の経過が数秒かゝるために、増幅器の時定数が充分大でないと、現象は微分された形となつて、現象を忠實に記録してくれない。Aは心電圖用の時定数、B、Cはそれぞれ小さな時定数によるものである。微分された形は單峰性の現象を2相性とし、時定数が小さいほどこの経過は鋭くなる。Aの記録も多少2相性化が見られ、恐らく更に大きな時定数の増幅器を必要とするように思われる。つまりAに見られる形も恐らくは現象そのまゝの形とは考えない方が安全である。又たとえ増幅器の時定数が充分大きい、直流増幅器を用いたとしても電極の誘導部位との關係によつて一定しない。この尿管電極は電極そのものを尿管壁に固定出来ない關係上、蠕動の強さ等によつて尿管壁との電氣的接觸状態が變り得る。即

第2圖 波 型

第3圖 正常尿管電圖の代表波型(尿管口より約20cm)

第2表 尿管蠕動の振幅・周期・傳導速度（實驗）

振 幅 (mV)	1.9	6.1	5.0	2.8	6.3	5.0	2.6	3.1	8.1	平均値 3.8±1.94
	4.0	3.2	6.1	1.3	5.3	1.3	2.3	1.9	1.6	

周 期 (秒)	7.5	17.4	13.6	8.1	19.1	17.0	34.2	16.4	10.7	15.0	8.2	16.1	7.9	15.4	11.3	平 均 値 14.4±5.77
	17.0	4.0	17.7	24.4	18.4	15.6	13.9	6.6	14.9	17.0	17.0	9.8	13.2	8.8	15.6	

速 度 (cm/秒)	2.0	3.0	6.6	2.9	1.8	平均値 3.7±1.64
	3.0	1.7	5.0	5.3	5.4	

ち單相性の現象が容易に2相又は3相性になり得るし、又電極が尿管壁からはなれば棘波の示すふれの大きさも變つて來るわけである。しかし安定した條件のもとでは第2圖や第8圖に示すような美しい棘波が規則正しいリズムで現われて來る。

2) 棘波の大きさ（振幅）

記録された棘波の大きさは増幅器の増幅の程度に比例することは勿論であるが、入力回路の抵抗は忘れることは出来ない。今現象の眞の起電力が e_0 ボルトであつたとすると實際に増幅出來る部分 e は

$$e = e_0 \times \frac{\text{増幅器の入力抵抗}}{\text{細胞の内部抵抗} + \text{電極抵抗} + \text{増幅器の入力抵抗}}$$

となり實際より小さくなる。従つてなるべく e を大きくとり出すためには増幅器の入力抵抗を他の抵抗に比べて充分大きくする必要がある。この實驗に用いたものは2 Mn である。

測定した結果は第2表に示してあるが、電極と尿管壁との接觸状態を考えるとこの値に重きをおくことは慎重でなければならない。

3) 棘波の現われ方（パターン）

棘波は第8圖のような形のものが規則正しい週期で現われることが多いが、第3圖に見られるように色々な現われ方がある。一應分類してみると、①棘波の形が單純で周期性のみられるもの、②棘波の形は複雑で周期性のあ

るもの、③棘波の形は単純であるが周期性の単純でないもの、④棘波の形も周期性も複雑なものを、に分類出来る。

①②は安定した状態で見られ、条件によつて容易に③④に移行する。波の形が単純なものから複雑なものに移行することはまずないが、前述したように単相性であつたものが2又は3相性となることがある。この型の差異は尿管の解剖學的な個人差によるものと思われるが、詳細は不明である。

又もう1つの現われ方として、いくつかの棘波が規則正しい週期でいくつか現われ、休止期を置いて再び繰返す型の場合もある。これは上部特に腎盂からの誘導に見られることがあり、一般に4つの棘波が1組となつており、棘波の示す電圧も次第に大きくなつておる(第6圖)。この點については後述する。

第4圖 傳導速度測定

第5圖 尿管部位による波型

第6圖 腎盂と尿管の棘波

棘波の現われる周期は不安定で、被験者の精神的な不安によつて變化する場合もある。

周期の測定値は第2表に示してある。

4) 棘波の傳導速度

第1圖Bに示した尿管カテーテルを使用すると、第4圖に示すように尿管の上下10cmはなれた部分の棘波を同

時に記録することが出来るので、記録用紙の速度と棘波のずれより傳導速度を測定することが出来る。その値は第2表の如くである。この速度は一連の記録の中であまり變化はない。

5) 尿管部位による相違

a) 棘波の形 一般に上部ほど棘波の経過が短く形が鋭く、下部はそれに比べると経過はゆるやかで形がなだらかな高まりを示す傾向がみられる(第5圖)。この傾向は技術的には時定数が現象より短いために、時間的に経過の速い上部の棘波の方が大きくなることも考えられるが、一方電気發生のメカニズムを考えると、個々の筋細胞の發生する電流の平均されたものが増幅されるわけであるから、筋の走行がまちまちであり細胞收縮が時間的にまちまちであると結局は走行が1つの方向しかなく、少ない筋細胞が同時に收縮する方の起電力が大きくなることも考えられ、これだけの實驗では決定的なことを云うわけにはいかない。

腎盂に電極をおいた時に見られる棘波は第6圖の上部の記録の如くで、下部のものはそれより約10cm下方の尿管部のものであるが、形は明らかにちがひ電位もことなる。これは筋線維走行の複雑なこと、電極の壁からの距離の差等の理由によるものと考えられる。

b) 周期 蠕動は普通は腎盂から膀胱に向つて傳播するものであるが、第6圖に示すように上部の棘波のいくつめかのものが、恰も心臓における房室の不完全ブロックの場合のように下部に傳播する。これは腎盂と尿管の間に見られるものであり、記録に示すように腎盂の第1の波より第2、第3と次第に波高値が増加し最後のもので最大となつているようで、そしてこのあとに暫くの休止期が見られ、最後の波は尿管に傳播しておる。このような傳播の仕方は、傳播するための刺戟の閾値が、尿管の方が腎盂より高く、數回の腎盂の興奮の加重によつて尿管の興奮の閾値を越えて傳播が起るのではないかと云う考え方と、不應期が腎盂と尿管で異つていないのではないかと云う考え方と2通りあるが、常識的に前者の方が妥當であるように思われる。従つて尿管活動のペースメーカーは腎盂にあるのであるが、その興奮による棘波の傳播は心臓に見られるほど確實でなく、いくつ目かが尿管につたえられるのではないかと考える。

尿管の途中で傳播しない場合、つまりその場所だけで立ち消えになる棘波が起ることは、正常の状態では見ることが出来ないが、異常な刺戟が尿管に加えられた場合

第7圖 正常尿管電圖の左右の相違

には起り得るようである(後述)。この場合は第11圖右側に示すように、横紋筋の線維性抽搐或は心房フリメルのような形で起るものと考えられる。以上、部位による棘波の周期は腎盂と尿管は相違するが、その間には一定の関係が見られ、尿管では普通は上部と下部との相違はみられないようである(棘波と尿管蠕動との関係は後述する)。

c) 傳導速度 部位によるちがいは一定の法則性はみられないようである。

d) 左右の相違 第7圖に示すように尿管活動は、必ずしも左右同程度の活動はみられないし、又同時に棘波の現われることもないようである。

この相違は腎機能の左右の差によるものであつて、尿管活動の左右差は2次的なものではなからうか。試みに2, 3の被験者の何れか1方の側腹部の皮膚に壓迫を加えたり又側位をとらせて壓反射の効果をしらべたがあまり変化はみられなかった。

V. 尿管電位の棘波と尿管蠕動との関係について

先に上述の方法で得られた電位の波を尿管の活動電流によるものとし、棘波と呼ぶことにしたものが、果してたしかにそうであるかどうかを決定する必要があると思ひ、それは尿管電圖を描くだけでなく、同時に尿管カテーター末端開口部より出てくる尿の状態を観察することにより決定出来ると考えた。そこで第1圖Bに示したような尿管カテーターを製作して、尿管電圖を描くと同時に尿管カテーター末端開口部の尿滴の動きを見て、尿管蠕動をみとめたとき電磁記録装置により記録紙上にマークしていつた。

尿が滴下する場合は明らかにそのとき尿管蠕動のあつたことはわかるが、蠕動の強弱、送られる内容(尿)の量などにより、尿が滴下しない場合でも蠕動が起らないとは云えないので、著者は1回1回カテーター末端をガーゼでぬぐい、その先端の尿の動きをよく観察し、末端開口部に尿がおしだされて來た場合、又このおしだされたものが明らかに運動を示す場合等は尿管蠕動があつたものとして實驗を行つた。第8圖はこのようにして棘波と蠕動運動との関係を觀察した1例を示したものである

が、棘波と蠕動運動とがこのような實驗においては良く一致してゐるのであつて、この點からみると尿管電圖上に得られた棘波は、蠕動運動によるものと考えてよいと思はれる。

VI. 腎盂内壓と尿管蠕動との関係について

腎盂尿管系の活動のペースメーカーは腎盂にあるらしいことは前述した通りであつて、従つて腎盂を刺戟すれば尿管の活動は變化することが豫想出来るので、著者は次の如き實驗を行つた。

第1圖Bに示したような尿管カテーターを用いて逆行性に生理的食鹽水を被験者が腎部に緊張感を訴えるまで腎盂内に注入する。

注入時及び注入後の電位變化及び尿管カテーター末端開口部よりの注入液の滴下状態を5名について觀察した。第9圖はその1例を示したものである。

注入液は注入中止後連續的に尿管カテーター末端開口部より滴下し、この状態が數秒から長い時は30秒程度つき、その後2秒から長い時は15秒程度の休止期をおいて又連續的な尿の滴下が見られる。このようなことを數回くりかえし、注入中止後1分30秒から3分で腎部の緊張感もとれ注入前の状態に回復する。注入液滴下の状態と電位變化は並行する。

最初に見られる頻發する收縮は、注入された液壓と、排泄しようとする腎盂内壓の和が尿管の内壓に打ち勝つた状態を示し、ある程度注入液が排泄されたときに最初の休止があり、更に腎盂内壓が高まつてくりかえしが起るのであろう。電氣現象としては異常な強い刺戟により頻發する收縮がみられ、このことがある時間持續した結果起る疲勞によつて休止期が現われることも考えられる。興奮性の低下と増強がくりかえされて次第に回復する經過は、強い興奮後の興奮性の動搖の一般的現象と一致する。

第8圖 尿管電位の棘波と尿管蠕動との関係
a'b'c'……において尿管カテーター末端の尿の動きをみとめる
abc……はa'b'c'に對應する尿管電位の棘波

第9圖 腎盂内壓と尿管蠕動との関係

- a...生理的食鹽水注入開始
- b... " 終了
- c...腎部緊張感消失

VII. ファイナリン, デプロパネックス, ブスコパン

等の尿管蠕動に及ぼす影響について

1) ファイナリン及びデプロパネックスの影響

a) 両者の抑制作用比較 ファイナリン1~2 cc (5~10mg) 筋注10例, デプロパネックス3~4 cc筋注4例について尿管電図より尿管蠕動抑制作用を比較すると, ファイナリンでは8例において著明な抑制がみられ, 他の2例においても著明ではないが抑制作用がみられた。

デプロパネックスにおいては抑制作用がみとめられたものは1例で, 他の3例においては僅かに抑制作用が認められるか, 或は全くみとめられないものもあつた。

尚第10圖は同一患者に兩者を使用してその作用を比較した例である。

抑制作用がみとめられた例についてみると, この作用は第11圖(ファイナリン) にしめすように兩側の尿管に見られ1側のみと云うことはない。

b) 振幅と頻度との関係 ファイナリン及びデプロパネックスの尿管蠕動抑制作用を振幅, 頻度より検討してみると, 振幅の大きさが小さくなると同時に頻度も減少し, 兩者の間に並行的な関係がみとめられる。これを圖示すると第12圖 (a, b) のようである。この圖において振幅は注射後毎分ごとに計った振幅の平均値を對照を

第10圖 ファイナリン10mgびデプロパネックス3cc筋注後の尿管電圖の變化對照(尿管口より12cm)

第11圖 ファイナリン10mg筋注後の尿管電圖の變化

第12圖 (a) ファイナリン20mg 筋注後の尿管蠕動の振幅, 頻度の變化

第12圖 (b) デプロパネックス3cc 筋注後の尿管蠕動の振幅頻度の變化

100とした場合の数値で示し, 頻度は毎分ごとの尿管蠕動波数をもつて示しておく。

c) ファイナリンによる棘波の時間的變化

ファイナリン筋注後約1~3分で尿管蠕動が抑制され, この抑制作用はその後約4~15分間繼續する。振幅に着目するならば第13圖に示すように, 注射後3~5分が最も小さくこの時間に抑制作用が最も強い。

d) ファイナリンによる捨撈波 第11圖の右側の尿管電圖をみると小さな棘波が多數みられる。このような現象は尿管の上下2カ所から尿管電圖を同時に記録してみると, 上部のこのような棘波が下部にはみられないこと

第13圖 ファイナリン10mg筋注後の尿管電圖の時間的變化(双極誘導)尿管口より20cm

第14圖 ブスコパン 20mg 静注後の尿管電圖の變化

から、これ等は傳導しない局所の揺蕩波と考えられる。

2) ブスコパンの影響

最近、自律神経遮断剤ブスコパンが紹介されたので、小數例であるが、このものゝ尿管蠕動抑制作用を尿管電圖によつてたしかめてみたので、その例を圖示することにした(第14圖)。

詳細な検討は行つておらないが、第1報において述べた尿管口運動の膀胱鏡的觀察、第3報において報告するレ線的研究の結果等を併せ考えると、その作用はファイナリンより弱く、デプロバネックスよりは強いようである。

VIII. 考按

先ず正常尿管電圖について若干の考察を加えることとする。

棘波の形については文獻的考察において述べたように、Baker & Huffer (1953)より Corey et al (1956)までに1, 2及び3相性など色々報告されておるが、この點については前述したように時定數、電極と尿管壁との接觸状態が問題となり、これ等のことを考えず簡単に1つの形をとりあげることは注意しなければならない。又機能と云う面から考えると波形を論ずることはそう重要なことではないと考える。

尿管蠕動波の現われ方については前述したように2～3の報告があるが、著者の觀察によれば、腎盂と尿管と

の間には差異があり、尿管については4つに分類することが出来る。

振幅、 3.8 ± 1.94 mV, 周期、 14.4 ± 5.77 秒, 傳導速度、 3.7 ± 1.64 cm/秒等の値は先にあげた報告者の値に大體一致する値である。

部位による棘波の形の相違については、Bors & Blinn (1955)は一般に尿管の下 $\frac{1}{3}$ の部位において大きな振幅を示し、これはその部が縦走筋に富み横輪筋が乏しいためであると云つておるが、著者の實驗においては、一般に上部ほど棘波の経過が短く、形が鋭い傾向が見られた。しかし前述したように技術的には時定數、電氣發生のメカニズムからは筋の走行及びそれに關連する細胞收縮時間等の問題があるので、この實驗結果については簡単に決定的なことをいうことは出来ない。

Kneucker (1956)は家兎において腎と尿管の電位の相違すること、腎の解剖學的部位はその各々の部位における電位を示すこと等を報告しておるが、腎盂と尿管における棘波の形の相違を尿管電圖的に觀察しておる報告はないようである。著者の實驗においてこの兩者の間には明らかに、その形及び電位の相違をみとめることが出来る。これは筋線維走行の複雑なこと、電極の壁からの距離の差等の理由によるものと考えられる。

部位による周期の相違については、尿管においては上部と下部との相違はみられないようである。

腎盂と尿管との間には相違がみられる。前述したように腎盂の第1の波より第2, 第3と次第に波高値が増加して最後のもので最大となりこれが尿管に傳播しておる。尿管電圖によるこのような觀察は報告されてない。

部位による傳導速度の相違には一定の法則性はみられないようである。

Hanley (1953)は同一時間内における左右尿管の蠕動回數及び尿量の相違せる例を尿管電圖によつて報告し、Kneucker (1953)は家兎において兩腎を同時に測定すると、1側が他側より電位の高いことを報告しておるが、著者の實驗においても尿管活動は、必ずしも左右同程度の活動はみられないし、又同時に棘波のあらわれることもないようである。

この相違は腎機能の左右の差によるもので、尿管活動の左右差は2次的なものではないかと考える。

尿管電圖において、尿管蠕動とそれによる活動電流として棘波と呼んだものとの關係について特に言及しておるような論文はないようである。臨床實驗において開腹を行つて尿管蠕動を實際にたしかめながら尿管電圖を記録することは色々な條件から困難なことである。又動物

を開腹して蠕動運動を実際にみながら尿管電図を記録し、この時の尿管電図と人間の場合の尿管電図と比較して検討することも出来るが、動物実験の結果をもつて直ちに人間の場合にあてはめることは充分とはいえない。従つて開腹を行わないで、尿管蠕動とそれによる活動電流としての棘波との関係を追究するために、第1圖Bに示したような尿管カテーテルを考案して実験を行つた。その結果は前述したように著者が尿管蠕動による棘波と考えたものはこのような実験においては間違いなくそうであるように思われる。腎盂内壓と尿管蠕動との関係については文献的考察においてのべたようにLacus (1908), 佐谷 (1919), Lapidès (1948), Morales (1952)等の報告があるが、尿管電図よりこの問題を観察した報告はない。著者の実験においては、逆行性に生理的食鹽水を腎盂内に注入して腎盂内壓を高めると、その後尿管は頻發する收縮と休止を繰返し注入中止後1分30秒から3分で腎盂内壓は正常にもどることが、注入液の滴下状態と電位變化の並行的關係から觀察された。

こゝで蠕動傳播様式に關して考察を加えてみると、蠕動は正常の状態においては腎盂に始まつて尿管に傳播し途中で消失することなく膀胱開口部まで傳わるとされておる。

著者の結果では、腎盂より尿管に傳播する際に明らかに腎盂の數回の興奮が加重されてその最後のものが尿管に傳播することを認めた。尿管においては上部のものが下部に傳播されないことは通常ないが、異常な刺激(藥物、結石等)が尿管に加えられた場合には、電氣的變動は必ずしも下部に傳播しないこともある。この傳播しない電氣的變動はその場所だけに起つたか、又その場所まで上部より傳播して來たものと考える外はない。

尿管活動のリズムのペースメイカーは恐らく腎盂にあり、尿管自動性はこのペースメイカーの影響をうけておると考えられる。又このペースメイカーのリズムに變化を與える要素は腎盂内壓、自律神經等であろう。このことは心臓における靜脈洞及び心房心室との關係に似ているが、興奮傳導のされ方は心臓の場合ほど正確でなく、構造上からも腸管の方に近いと考えるのが妥當かもしれない。

藥物の尿管蠕動に及ぼす影響を尿管電図より觀察したは報告、Hanley (1953) 及び Draper & Zorogniotti (1953) がパンサインによる影響を發表しておるだけのようである。

著者はファイナリン及びブスコパン等の自律神經遮斷

劑及びデプロパネックス等について、その尿管に及ぼす影響を觀察したが、その抑制作用は、ファイナリン>ブスコパン>デプロパネックスの順に強力であるようである。又抑制作用は兩側尿管にみられ1側のみと云うことはない。

ファイナリン及びデプロパネックス注射後の尿管蠕動の振幅、頻度の變化は前述したように並行的關係をもつて減少しておる。この成績及び第1報において述べた尿管口運動、尿量、尿滴數等の成績から、ファイナリンは尿分泌には影響を及ぼさず尿管の蠕動を抑制するだけであると考えてよい。又強い抑制作用の後に尿管口運動が盛んになり、尿滴數が増加し、棘波の振幅、頻度が増加する等の現象は、腎盂、尿管内に抑制作用中に停滯した尿の機械的刺激が1時的に抑制作用に打ち勝つため、停滯した尿を早く排出しようとするためのものでないかと推察する。ファイナリンによる棘波の時間的變化及び搐搦波については前述のようである。

尿管電圖の臨床的應用については、Hanley (1953) 以來、疝痛の原因決定、尿管手術後の尿管運動狀態の判定、腫瘍の早期發見等の可能性が發表されておる。著者も腎結核患者において患側尿管の上部では全く蠕動を示さず下部において蠕動を認めた例、尿管結石患者において結石存在部より下部の尿管に蠕動を認めなかつた例を経験しておるが、尿管電圖の意味づけは今迄述べたように色々の條件を考慮に入れなければならず、又検査に際して何時でも良いデーターが得られるとは決らないので常に臨床上役立つとはいわれない。

しかし今後検査裝置、器具等の改良進歩が行われれば、電氣は微細な變化も觀察出来るので、從來の検査法にくらべ早期或は精密な検査法として臨床的にも有力な手段となる可能性はあると考える。

IX. 結論

I) 尿管運動の電氣的研究を主とし、腎盂内壓と尿管運動との關係等についても文献的考察を行つた。

II) 尿管電圖に關する實驗方法の概要をのべた。

III) 正常尿管電圖を觀察して、次のような結果を得た。

1) 棘波の形については、時定數、電極と尿管壁との接觸狀態等の條件を考慮しないで、1つの形をとりあげることには注意しなければならない。

2) 棘波の現われ方は、腎盂においてはいくつかの棘波が規則正しい周期で現われ、休止期において再び繰返し、尿管においては、4つの現われ方を示した。

3) 尿管において、棘波の大きさ(振幅)は 3.8 ± 1 。

94 mV, 周期は 14.4 ± 5.77 秒, 傳導速度は 3.7 ± 1.64 cm/秒である。

4) 棘波の形の部位による相違は, 腎盂におけるものは尿管とは形も電位もことなる。尿管においては, 上部ほど棘波の経過が短く形も鋭い傾向がみられるが, 決定的なことはいえない。

5) 棘波の周期の部位による相違は, 腎盂においてはそのいくつかの棘波の最後のものが尿管に傳播されるようである。尿管においては, その棘波が途中において傳播されないことは正常の状態においてはみられない。

6) 棘波の傳導速度の部位による相違には一定の法則性はないようである。

7) 尿管活動は左右において相違しておる。

IV) 著者の實驗において, 尿管の活動電流によるものとして, 棘波と呼んだものが, 尿管蠕動によるものと考えてよいことを, 著者の考案した尿管カテーテルを使用してたしかめた。

V) 腎盂内壓を逆行性に生理的食鹽水を注入して高めると, 尿管は頻發する收縮と休止を繰返し, 注入中止後約1分30秒から3分で腎盂内壓は正常にもどることが注入液の滴下状態と電位變化の並行的關係から觀察された。

VI) ファイナリン10mg又は20mg筋注, プスコパン20mg靜注, デプロパネックス3~4cc筋注等が尿管蠕動に及ぼす影響は次のようである。

1) ファイナリン>プスコパン>デプロパネックス, の順に尿管蠕動抑制作用は強力のようである。但し副作用もこの順に大である。

2) ファイナリン, デプロパネックス筋注後の尿管蠕動を觀察すると, 振幅と頻度が並行的關係をもつて減少しておる。

3) ファイナリン筋注後3~5分が, 最も抑制作用が強い。

4) ファイナリン筋注により, 尿管の或る局所に傳播しない捨捌波の發生を見ることがある。

(文獻は第3報に一括して掲載する)