原　著

尿路内圧測定による Urodynamics の研究

昭和39年11月12日 受付 (特別掲載)

信州大学医学部泌尿器科教室
(主任：柿崎 勉教授)
横溝圭治

Studies on the Urodynamics by Intraluminal Pressure Recordings in the Upper Urinary Tract

Keiji Yokomizo
Department of Urology, Faculty of Medicine,
Shinshu University
(Director : Prof. T. Kakizaki)

緒　論

尿路の正常の尿輸送機構に関しては，古くから数多くの研究が行われて来たにも拘らず，今日われわれの持つ確実な知識は至つて乏しい。況んや種々の尿路の病的状態とその場合の尿輸送機構の異常との間の関係については殆んど不明といつていゝ状態にある。

1954年，Davis④はこの分野に於ける研究の立遅れが適切な研究方法の欠如に基くことを指摘し，尿輸送の mechanism を血液動態 hemodynamics になぞらえて urodynamics と呼ぶことを提唱し，その研究法として尿路内圧測定が甚だ重要であることを強調した。

その後，膀胱内圧測定法，排尿時膀胱尿道撮影，レ線映画法，尿路筋電図法などにより，下部尿路の排尿機構に関しては解明される処が多くなつているが，上部尿路の尿輸送機構に関しては最近まで適当な研究法が得られず，依然不明の点が多く残されている。

1957年，米国の Kiil⑪及びドイツの Lutzeyer⑬は殆んど時を同うして，尿管カテーテルを腎盂及尿管に挿入して strain gauge manometer を用い，受圧，増巾，記録を行い，多くの知見を得た。最近に至つてこの方法による研究が Melick⑩(1960)，Davis⑤(1962)等をはじめとして，欧米諸国に盛んに報告され始め，内圧測定による研究が漸く緒についた観がある。本邦では strain gauge manometer を用いて尿管腎盂の内圧を測定した報告は未だないようであるが，筆者はこの方法を用い，正常の腎盂及び尿管について，平常時の内圧，条件を変動した場合の内圧の生理的範囲の variation 等を測定し，正常の上部尿路の尿輸送機構に関し，二・三の知見を得たのでこゝに報告する。

内圧測定法

1．対　象

信州大学泌尿器科外来及び入院患者を対象とした。但し正常尿路の内圧測定を目的とする為，泌尿器科的正常者，上都尿路に病変の及ばないもの，及び片側上部尿路病変があつても，対側は健全なるもの等を対象に選んだ。検査症例の総数は177例である。

2．測定装置

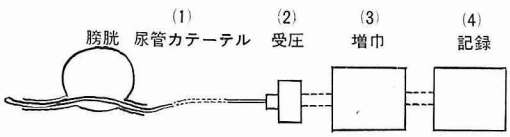
受圧器には，東洋測器作成の LV-105 型 strain gauge manometer を用いた。その能力は0～60㎜Hg の圧を精密に感受し，100㎜Hg まで測定可能である。増巾には三栄測器の CA-106型万能歪記録増巾器を用い，記録は三栄測器の IR-102 型インク書きオツシログラフを用いた。この際 gauge volt を通常2 volt とし，インク書きオツシログラフの速度は毎秒1㎜とした。圧を誘導する尿管カテーテルは太過ぎると尿流通過障害を来たすおそれがあり，細過ぎると圧伝導に支障を来たす。このため従来の報告では F5 又は F4 が使用されている。筆者はポリエチレン製 F4 で2又は3孔のものを使用した。

以上の尿管カテーテル—受圧—増巾—記録の関係は図1の如くであり，2チャンネル同時記録可能のものである。測定装置の実物は図2の如くである。

3．測定操作

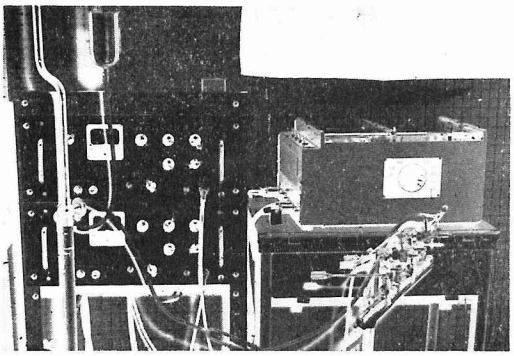
尿管カテーテル法を行い，尿管及び腎盂に尿管カ

図 1　　内圧測定装置



(1) 尿管カテーテル…F4 又は 5，ポリエチレン製
(2) 受　　圧…strain gauge manometer 東洋測器
(3) 増　　巾…三栄測器 CA-106 型万能歪記録増巾器
(4) 記　　録…インク書オツシログラフ装置　三栄 IR-102 型
能　　力…0～60㎜Hg の圧を精密に感受記録，100㎜Hg まで測定可能，2チアンネル同時記録

図 2　　尿路内圧測定装置



テーテルを挿入し，管内の空気を完全除去した後，末端を受圧器に連結する。

測定開始前に圧の基準点を定めることが必要である。筆者は圧の基準点を被検者を臥位とした場合の膀胱底部に定めた。即ち恥骨上縁と尾骨の線の上$\frac{1}{3}$の点とした。この基準点の高さで受圧器の示す圧をオシログラフ紙の目盛0に合わせる。即ち大気圧がグラフ上の零点となる。次にグラフの1目盛を 3㎜Hg となるように増巾を調節する。このために特別の基準圧測定器を作製した。これにより測定の都度基準圧曲線を描かせ，装置の調整を行つた。

尿管カテーテル法という生体に刺戟を与える操作及び腎盂尿管内に異物として存在する尿管カテーテルが腎盂，尿管の生理的尿輸送運動に何等かの影響を与えるおそれはないかという問題がある。以前から，膀胱鏡操作や尿管カテーテル法操作が腎機能に影響を及ぼし，屢々尿流の著明減退を起すことが知られている。この現象は腎血管攣縮による腎血流量の一時的減退によるものであろうと考えられている。然しながら，腎盂尿管の運動には，尿管カテーテル挿入は管腔を閉塞しない限り影響を与えないことを Kiil (1957) は内圧測定法により確認し，Melik 等[15](1962) はcinefluoroscopyで証明している。又一方尿管カテーテルの太さにも問題がある。Kiil によると F7 及び F8 の尿管カテーテルは尿流通障害を来たすが，F6，5，4 は著明な尿流通障害を起さないこと，及び F4 カテーテルは1側尿管に2本挿入しても尿流通障害を来たすことは驚く程少ないという。

Rutishauser 等[19](1962) は F5 カテーテルで13%に尿流通障害を認めた。即ち尿管カテーテルは F4 程度が最適と考えられる。これらの点が本法の臨床的適用を可能とする重要な基本的条件となる。但し本法では時に若干の artefact の起る可能性がある。例えば尿管内のカテーテルの孔が尿管粘膜又は尿管屈曲により閉塞されると圧記録が不能となり，或は異常形を来たす。これを防止するために筆者は2～3孔のカテーテルを使用した。

測定成績

1. 正常腎盂，尿管の平常時の内圧

1)　正常の尿管の内圧

正常尿管の内圧曲線は図3に示す如くで，これが一般的波形である。Lは左側，Rは右側を意味し，17㎝というのは尿管口から上方への高さを示す。この波形は従来報告された尿管筋電図と似ており，突起部が蠕動運動による収縮波であることは，膀胱鏡で尿管の尿放出と収縮運動を認めた時，この突起部を生ずることから確認される。収縮波の最高点 peak へ急角度で上昇する部分を収縮相 Contraction phase，peak から降下する部分を弛緩相 Relaxation phase，平低になつた部分の圧を休止期圧 Resting pressure，最高点の圧と休止期圧の差を圧巾 pressure amplitude と呼んでいる。今までの報告では，休止期圧は1～6㎜Hg，蠕動運動の最大収縮圧は 13～36㎜Hg 程度である。筆者の93例の測定成績では休止期圧 1.5～15㎜Hg，平均 7.8±3.7㎜Hg，蠕動運動の最大収縮圧は 9～42㎜Hg に亘り，平均 22.6±8.54㎜Hg となつている。但し最大収縮圧は 70～80㎜Hg に達し得ることが屢々認められた（図4）。即ち尿管は従来知られた膀胱の最大収縮圧に等しいか，又はそれ以上の収縮圧を生じ得る能力を保有していることが明らかである。この点は膀胱内に漸次尿が蓄積され，その内圧が高まつても尚尿管から膀胱内に尿を押し出し得ることを示すもので，尿管の排尿生理に関連して注目すべき

図 3　正常尿管の内圧曲線

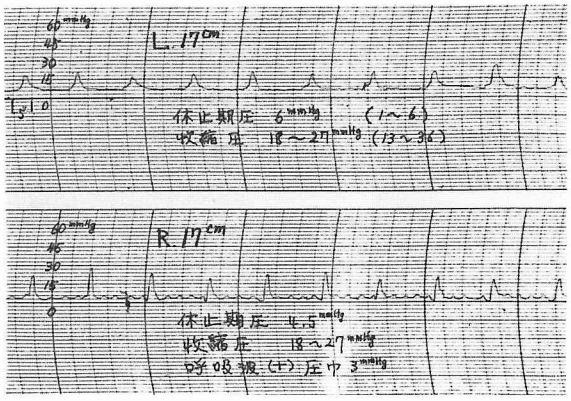


図 4　収縮圧の異常高値の例



点である。両側腎盂尿管に異常を認めない例において両側尿管内圧を同時に記録したところ休止期圧，収縮圧，収縮波の頻度に著明な差があり，両者は全く独立した運動を行つていることを示した。この点は既にKiil, Lutzeyer, Weinberg[23] (1952) その他の報告しているところである。然し，1本の尿管の一定部位では休止期圧及び収縮圧は30分前後の測定時間内では殆んど一定である。圧巾は1本の尿管でも各部位により若干の差がある。尿管の上端に近い所では圧巾が低く，下方に行くにつれて大となり，上端から2 cm辺から下は略同大となる。収縮波の波形は症例により，又左右尿管により著しく相異する。然し同一尿管の一定部位では著しい変化を示さないことは図3及び5の示す如くである。この波形は後述の如く，専ら尿流の量に応じて変化するのを認めた。

尿管の収縮波の速度と頻度：1側尿管に2本のカテーテルを挿入し，先端を上下10cm前後に距てて内圧を記録すると，上部カテーテルに現われた収縮波は或る時間後に下部尿管に現われる。その間の時間を記録紙から読み，カテーテル先端間の距離を割れば収縮波の速度が出る（図5）。筆者の27例の測定では，この速度は症例により，又各尿管により差があり，1.3～6.5cm/secに亘り，平均3.1±1.85cm/secであつた。然し1本の尿管では，同一部位では毎回の速度は殆んど変らない。尚一回の蠕動運動により輸送される尿分節の長さは収縮波の速度に収縮波の長さ（記録紙の横の目盛一秒）を乗ずれば得られる。収縮波の頻度は記録紙から直ちに読み取れる。これは同一症例でも各尿管で全く独立して行れている。蠕動の頻度と収縮波の波形，長さ，圧巾，休止期圧及び尿分節の長さは尿流の増加により変動することは後述する。

2)　正常の腎盂の内圧

51例において腎盂に尿管カテーテルを通して内圧を測定した。腎盂には尿管の休止期に相当する平坦な曲線は認められたが，腎盂の週期的排尿運動を示唆する収縮波は全く認め得なかつた。尿管の蠕動運動による収縮波は尿管の上端において尚存在するが，腎盂内に入ると消失する。図6はこの関係を示したものである。この意外な現象はKiil以来の尿路内圧測定法により初めて明らかとなつたもので，他の方法では証明されなかつた。図6の如く蠕動運動は腎盂尿管移行部においてはじめて認められ，その収縮波は尚小さい。下方に行くに従つて大きくなり，尿管口より20～25cmの高さになると，それ以下の尿管のどの部分でも殆んど共通の強さの収縮波となることは前述した。

腎盂内圧の高さは1.5～15.0mmHgで平均6.3±3.0mmHgであつた。この高さは全例で，それぞれの尿管の休止期圧に等しかつた。特異の点は規則正しい1.5～3mmHg程度の波動を全例に認めたことである。これは呼吸と同調しているので呼吸波であることが判明した。この呼吸波は尿管でも腎盂尿管移行部から数糎

図 5　尿管蠕動の頻度，リズム，速度

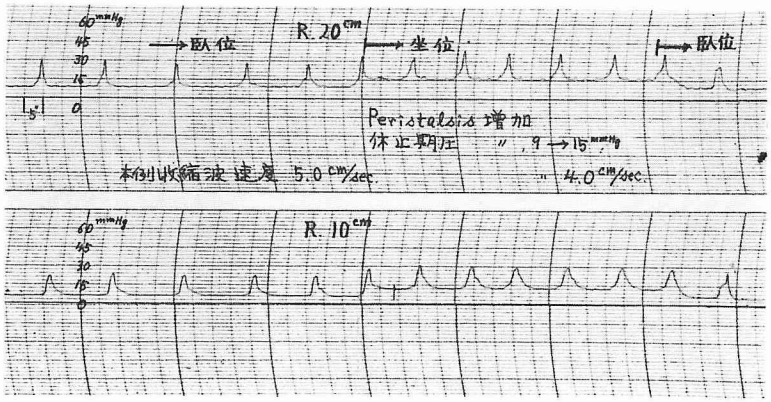
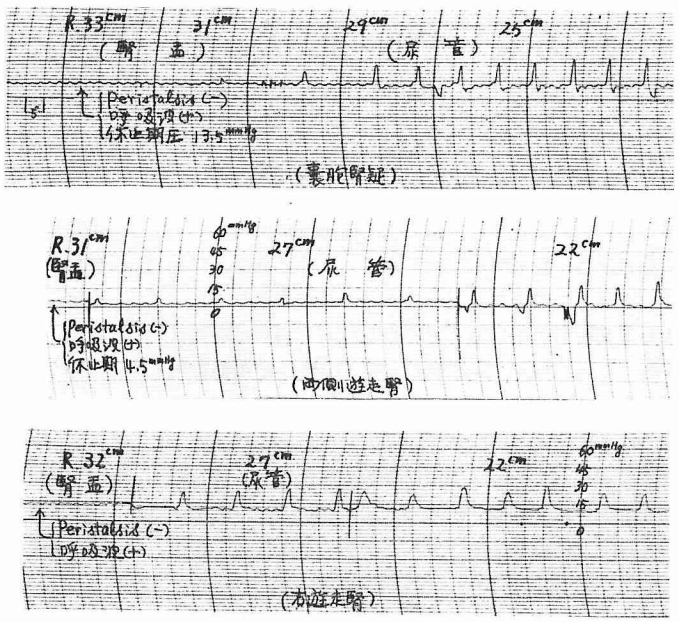


図 6　腎盂内圧と尿管蠕動運動



下部までの間に屢々見られる。然し尿管中間部以下では著明でないことが多い。

腎盂には収縮波がなく，その内圧も尿管の休止期圧に等しい状態において，どうして腎盂から尿が排出されるのであらうか？，この点については考按のところで検討する。

2．生理的条件の変動に応ずる腎盂，尿管の内圧の Variation

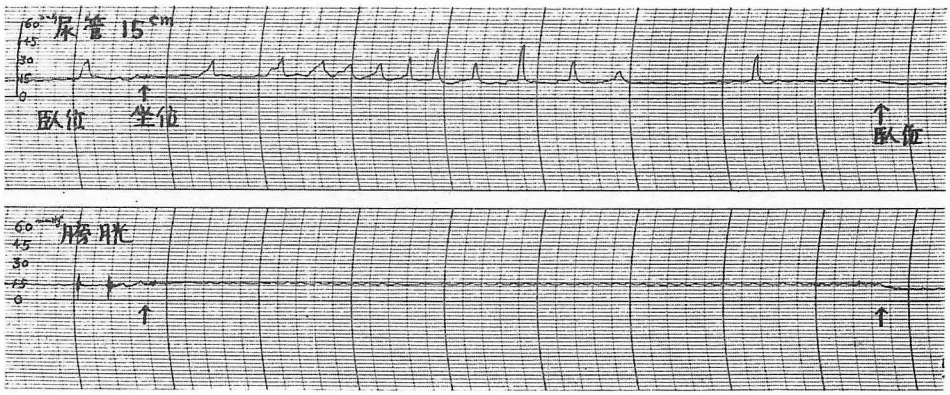
1)　体位変更の影響

被検者を水平臥位から45°半坐位にすると，図 5，7 に示された如き尿管内圧の変動が起つた。即ち先ず休止期圧が上昇した。その上昇は17例において 0 ～12㎜Hg，平均 4.85±2.84㎜Hg であつた。

収縮波の頻度が増加した。その増加率は各例によつてまちまちで一定の傾向を示さない。収縮波の長さが増加した。又収縮波の最大圧も上昇した。然し圧巾の増加は殆んど認めないことが多い。又収縮波の速度にも変化を認めなかつた。

以上の変化の起る理由については，現在のところ確実な説明はできないが，臥位から半坐位になることにより尿管カテーテルの先端が挙上され，高さによる水圧的な要素が働いていることが原因の一つであることは明らかである。然し収縮波の数が増加した点についてはこれだけでは説明できない。

図 7　体位変更の尿管内圧への影響



2) 膀胱内圧上昇の尿管及び腎盂内圧への影響

15例において尿管又は腎盂と膀胱内とに受圧カテーテルを挿入し，別のカテーテルより膀胱内に水を連続注入して膀胱内圧を漸次上昇させ，膀胱内圧の尿管及び腎盂内圧への影響を観察した。

尿管内圧への影響：図 8，9，10の如くで，個人により，又同一人でも測定の都度，細部の反応が異なり，全く同じ内圧曲線は得られない。然し多数例で共通の，反応の基本型式といえるものが存在する。即ち，

①尿管内圧は膀胱内圧がある高さに達するまでは影響を受けない（図８）。

②膀胱内圧が或る高さ以上になると尿管の休止期圧が上昇し始める。但しこの休止期圧は常に膀胱内圧より低い（図８）。

③更に膀胱内圧が上昇すると尿管の蠕動運動の頻度も逐次増加する（図８）。極度に達すると各収縮波が殆んど連続的に出現する（図９，10）。

④収縮波の形態が漸次変化する。即ち収縮波の長さが増加し，圧巾が減少し，波形が複雑化する（図９，10）。膀胱内圧が極度に高くなつた場合は，蠕動運動による収縮波は不明となり，不規則な激しい変化をする痙攣を思わせる波形を呈する（図９）。正常人では普通の状態では最小尿意の起る150～200cc容量で排尿を行つているので，その場合の膀胱－尿管内圧関係は図8の如きものであると考えられる。尿量が膀胱容量の極限に達し，又その内圧も極度に達する図９，10の如き場合は生理的状態としてはあり得ない。このような場合でも膀胱より尿管への逆流は正常人では認められない。逆流現象が起れば膀胱内圧と尿管内圧は等しくなり，波形も全く一致することは，先天性膀胱頸部通過障害で両側水腎症を起している患者において確認された。

排尿時の膀胱及び尿管内圧の変化：図８，10，11の如く，排尿を行う際には膀胱内圧は急上昇し，排尿経続中不規則な小さな上下はあるが，排尿終了時まで最高圧を保つている。この膀胱内の高圧に対して，尿管内圧は図８，10の如く殆んど影響を受けない。図11に見られる排尿中の尿管内圧の痙攣様小変動は，強い尿意のため腹圧を強く加えているため起つた変化と考えられる。このような微小の痙攣様変化は他の多数例においても認められ，疼痛その他のため腹筋の連続的緊張の起つている場合は殆んど常に認められる。図12は膀胱頸部硬化症の患者であるが，排尿中腹圧を加えて押出している。この際の尿管内圧は休止期圧が，かなり上昇したが，膀胱内圧より著しく低い。蠕動運動は失われていない。又収縮波最高は膀胱内圧より高く，排尿中でも尿管より膀胱内へ尿を押出していることを示している。但し圧巾は排尿前と大差ない。

膀胱内圧上昇の腎盂内圧への影響：膀胱内圧の上昇は短時間内では正常人においては腎盂内圧に何等の変化を示さなかつた。図13はこれを示している。図13では膀胱内圧は直接測定はできなかつたが，膀胱内液量は500cc に達した時最大尿意となり，更に膀胱緊満感と疼痛を訴えているので内圧は極度に達したものと考えられるが，腎盂内圧は最初と変りがない。然し尿管内圧は図９～11と同様の変化を呈している。

3) 尿流増加に対する尿管の反応

普通の尿量の排泄状態から，水分負荷によつて急激に尿量の増加した状態へ変つた場合の尿管蠕動運動の変化を捕え得れば理想的であるが，30分前後の検査時間内ではこれは困難であので，人工的に尿管に水を種

図 8　尿管内圧と膀胱内圧との関係

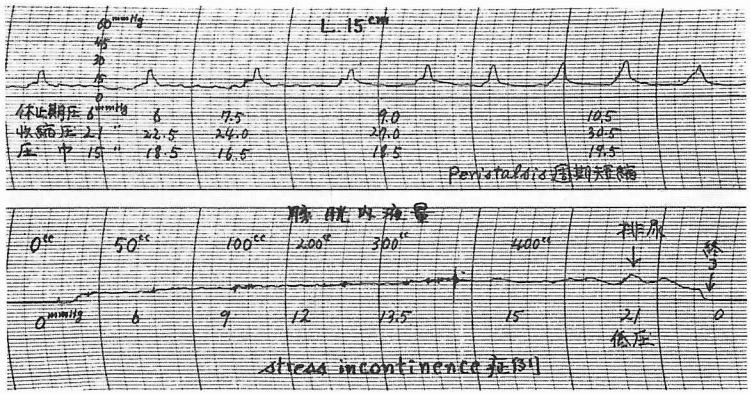
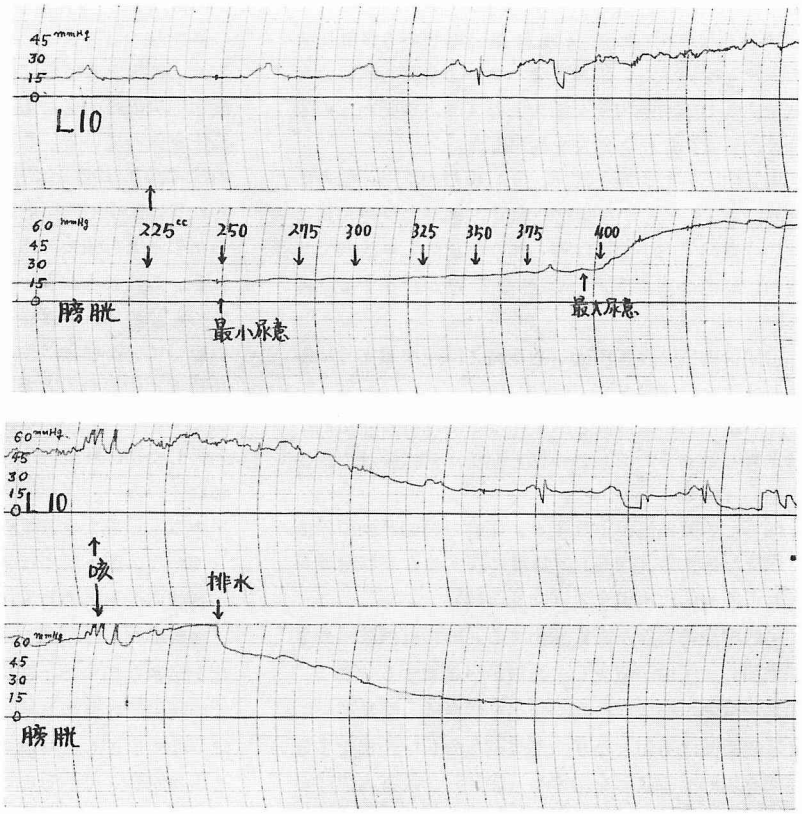


図 9　膀胱内圧上昇の尿管内圧への影響

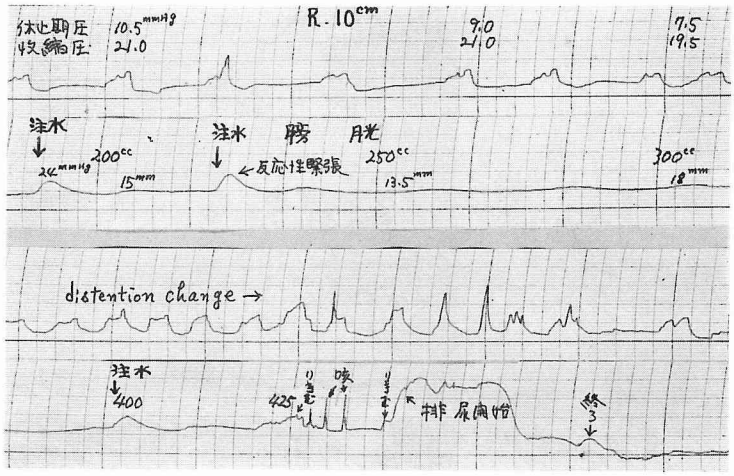


々の速度で注入して，その際の反応を見た。

（a）　尿管に尿管口より上方20cmと10cmに２本の尿管カテーテルを挿入し，下部尿管カテーテルより水を注入した際の上部尿管の反応

その成績は表１に示す如くで，そのうちの若干例の内圧変化の状況を示すと図14，15，16，17の如くである。表１中のRは休止期圧（mmHg），Aは収縮圧の圧巾（mmHg），Fは収縮波の頻度（表中の数字は収縮波間の秒数で，これが小さい程収縮波頻度は大となる）。Lは収縮波の長さを秒で表わしている。注入速度は毎秒0.5mlから1.25mlに亘り，注入量は5mlから20mlに及んでいる。この表１から判明したことは注入したい

図 10 排尿中の膀胱及び尿管の内圧



(Stressincontinence の患者)

図 11 排尿時尿管，膀胱内圧関係

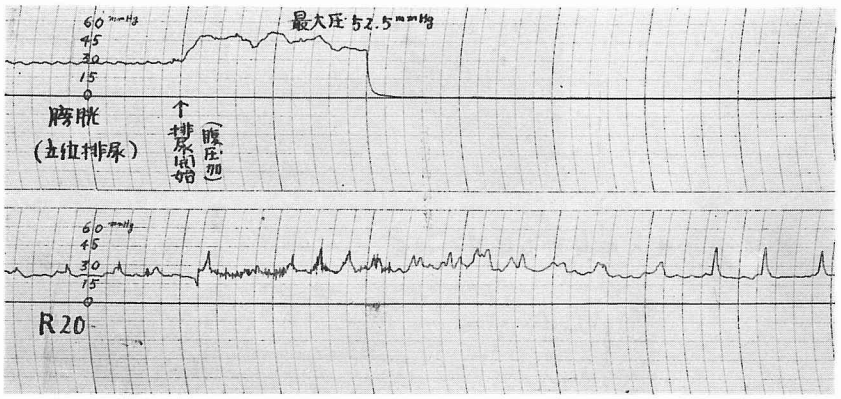
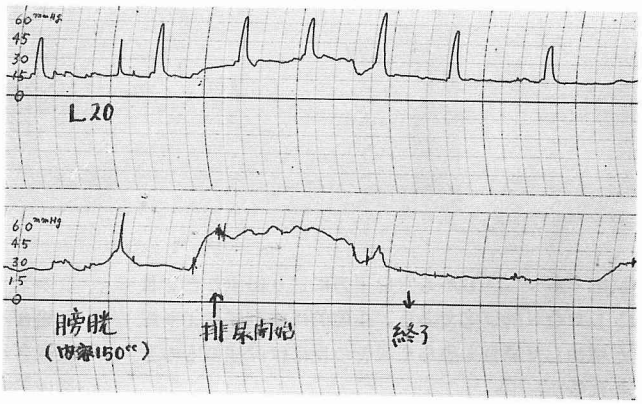


図 12 排尿の尿管内圧への影響



ずれの場合に於いても，①休止期圧は上昇する。②収縮圧の圧巾が増大又は減少する。③収縮波の長さが延長する。④収縮波の頻度が増加する。これらの変化は尿管に急激に或る水量が入つて来たことに対する尿管

図 13　膀胱充満の腎盂への影響

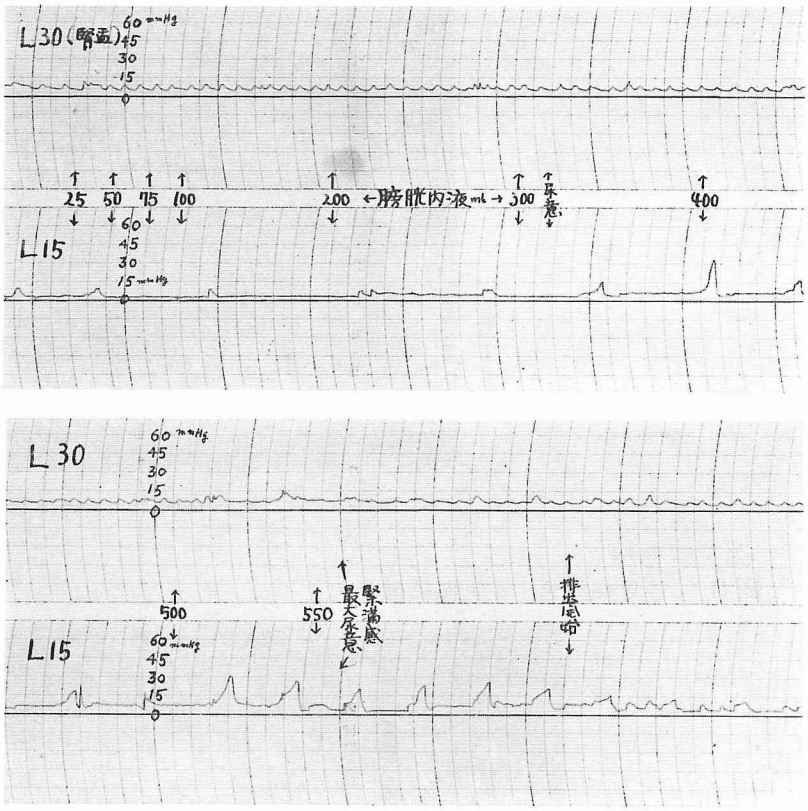
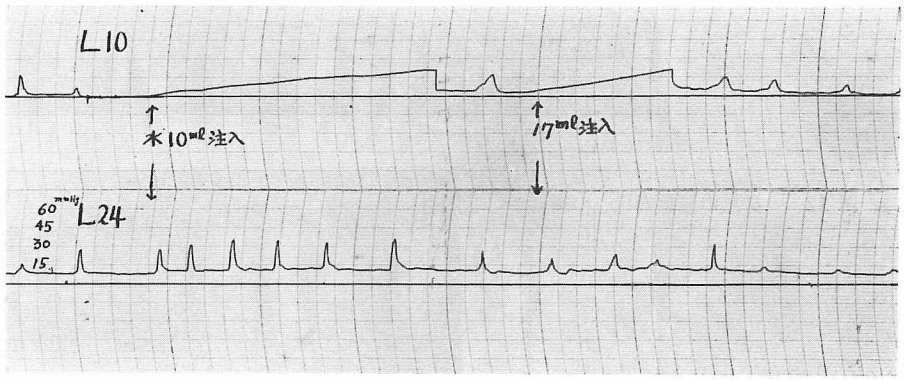


図 14　水注入に対する尿管の反応



の反応であつて，しかも水を下方に送り出すことを目的とした合目的反応である。生理的に水利尿により尿流が増加した場合も恐らく尿管の反応は同様のものと思われる。

尚この検査の際，2，3 の注目すべき現象が認められた。第1は図15に見られる如く水を注入した後に尿管の収縮波が著しく高くなる場合があることである。

このような現象はカテーテル挿入操作を何回も繰返した場合，或は長時間測定で尿管内に長くカテーテルが留置された場合等にも屢々見られ，尿管がこのような機械的刺戟によつて興奮し，収縮力を高める性質を有することが推定された。即ち尿管は外来刺戟に対して被刺戟性と興奮性を有するものと考えられる。内圧測定の際，屢々最初より著しく高い収縮圧を示す症例が

表1 尿管下部（10cm）より注水した際の尿管上部（20cm）反応

	下部尿管注水速度	注水量	注入前	注入後
	cc/sec	mℓ	R 7.5	9～12
藤森			A 18	21～27
図16	0.1	10	L 2～3	3～5
39才 ♀			F 20～30	18～9
			R 3	6
宮沢			A 27～39	69
図17	0.2	6	L 2	6
39才 ♂			F 14～22	12～24
			R 15	16.5
竹村			A 1.5～9.0	21
図18	0.3	5	L 4～5	6～7
39才 ♂			F 20～23	24～26
			R 6	10.5～12
常田			A 27	12
	0.34	18	L 2.5	4
29才 ♂			F 24	18～20
			R 10.5	15～21
宮沢			A 16.5～21	7.5～12
図19	0.4	10	L 2	7～4
40才 ♂			F 15～20	6～10
			R 4.5	9
岩原			A 9	9
	0.4	15	L 2～3	5～7
24才 ♀			F 25～37	11～13
			R 3	4.5～9
前角			A 6～12	9～21～57
図20	0.5	15	L 3～5	6～9
54才 ♂			F 18～20	5～13
			R 9～10.5	12～15
中山			A 24～28.5	27～25.5
	1.0	10	L 5	6
36才 ♂			F 19	15
			R 3	6
浅田			A 9～10.5	57～63
	1.25	5	L 2	4～5
36才 ♂			F 26	18～27

あつたが，以上の尿管の性質から考えると何等かの内在的病的刺戟により既に尿管の興奮性が著しく高まつていた場合と推定される。従来の報告によると尿管収縮圧が70～80mmHgとなることも稀ではないとされているが，その際の原因乃至条件については全然明らかにされていなかつた。

第2は図16，17に見られる如く，水注入のはじめの頃本来の週期以外の異常収縮波が時に出現する現象である。いわば心臓の期外収縮にも似た状態であつて，この原因は注入された液にあることは明らかである。その発生機構については明らかではないが，後述の尿管各部の自律性の問題と密接な関係があると思われる。

第3は水急速注入による疝痛発生に関係した問題である。疝痛発作は図16，17で記入してある如く，多くの例で起つたが，疝痛を表現する特殊の波形を決定することができなかつた。極く小さな短い線維性痙攣を思わせる波形が疝痛の際屢々見られたが，このような波形が出現しても疝痛のないことがあり，逆に疝痛があつても，この波形を欠くことが屢々見られた。

（b） 腎盂内点滴（生理的食塩水）を行つた場合の尿管の反応

腎盂内に尿管カテーテルを挿入，これより生理的食塩水の点滴注入を行い，尿管10cmにおける尿管の反応を観察した。表2は腎盂内点滴の速度と尿管の反応を示したものである。図18はその1例である。その所見として，①点滴が徐々に増加するとと，蠕動運動の頻度が増加する。②尿管は休止期圧Rの上昇と収縮波の長さLの増大を以つて対応する。収縮波の長さが増大することは1回の蠕動運動で輸送される尿分節の量が増大することを意味している。休止期圧の上昇は腎盂内圧の上昇に関連するが，直接輸送量の増大を示すものではない。休止期圧及び収縮波の長さをグラフで示すと表3，4の如くになる。これによると，休止期圧は4例中3例に於いて 2mℓ/min 前後を境として上昇している。収縮波の長さは 1mℓ/min 前後で急上昇していることがわかる。点滴数が一定してから，いずれも50秒前後で反応が見られる。

③収縮波の圧巾Aは症例によりまちまちで，増大するものがあり，しないものもある。圧巾は収縮力の強さを表わすもので，収縮力は尿管壁に機械的その他の刺戟が加えられ，筋の興奮性が高まつた時増強されることは前述した。これらの点から考えると，本実験で圧巾が特に高くなつたものは操作による尿管壁の刺戟状態を表わすもので，尿輸送増加への努力を意味するものとは思われない。

4) Hydration に対する腎盂の反応

この場合も真の尿量増加に対する腎盂の反応を観察することは実験操作上困難であるので，尿管を経て水

図 15　水注入に対する尿管の反応

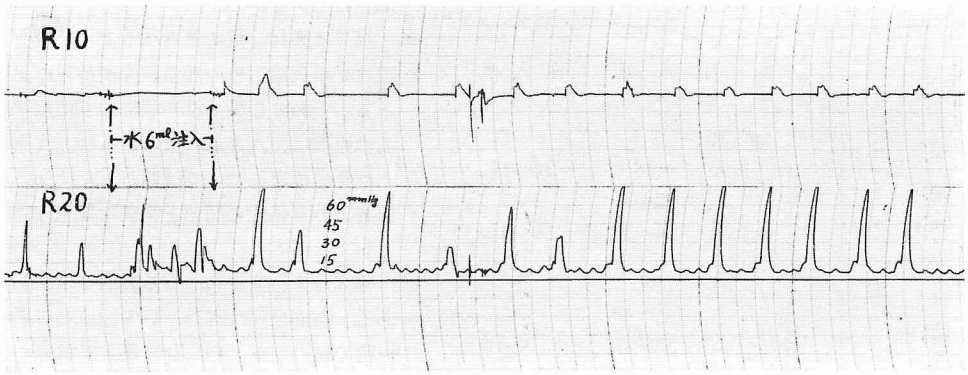


図 16　水注入に対する尿管の反応

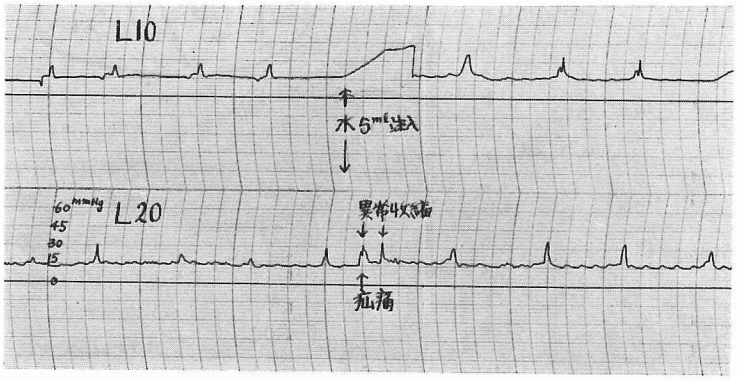
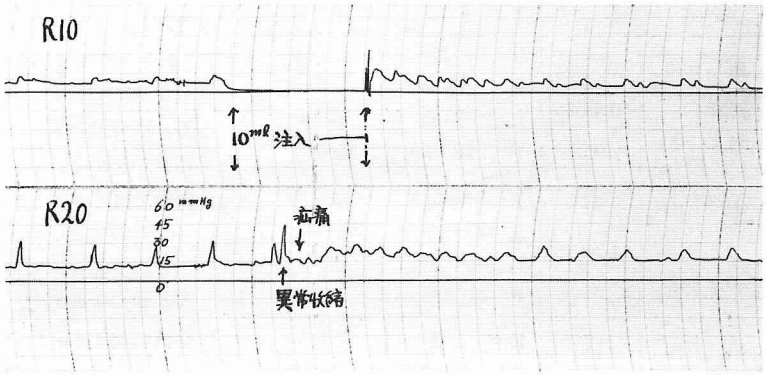


図 17　水注入による尿管の反応



を腎盂に注入することにした。検査14例中 data の揃つた7例の所見は表5に示す如くである。又 2，3 の実例を示すと図19，20，21の如くである。

その所見として，①水注入に際し，腎盂内圧は漸次上昇する。然し，その上昇は水10～20mlの大量注入にも拘らず一般に 1.5～3.0mmHg 範囲の僅かのもので あつた（表5及び図19，20）。図21の症例は両側遊走腎の患者で右側腹痛発作を繰返していた例であるが，左右両腎盂とも著明な腎盂内圧の上昇と不規則な収縮波群を示した。内圧上昇は連続注水による腎盂内液増量に対する反応であり，不規則な収縮波群は興奮性が高まつたことを暗示するものの如くである。

表 2　　腎盂に生理的食塩水を点滴した際の下部尿管の反応

症例		注水前尿管の状態	1 mℓ/min	2	3	5	
Ⅰ 降旗 42才 ♂	R	9	9	7.5	9	9	
	A	15	13.5	16.5	15～16.5	13.5～15	波形稍不整 (+)
	L	5～6	7～9	7～10	10～11	10～11	
	F	15～17	15～19	17± 1	16～17	15～18	

Ⅱ		注水前尿管の状態	1 mℓ/min	1.5	2	2.5	3	3.5	
村上 63才 ♀	R	6	6～7.5	7.5	9～10.5	9	9	7.5～9	
	A	12～15	13.5	9～12	10.5～16.5	12～13.5	9	9	波形不整(±)
	L	3	4	5	5～6	5～8	7～8	9～12	
	F	18～25	18～24	12～18	10～13	9～10	10～14	10～22	不定

Ⅲ		注水前尿管の状態	0.8 mℓ/min	1.6	2.4	3.2
宮下 27才 ♂	R	6	7.5～9	7.5	7.5～9	10.5～12
	A	7.5～9	18～21	10.5～13.5	24～36	30
	L	4	6～9	5～6	7～10 波形変化(+)	8～12 同左(+)
	F	17	17	17	17	17

Ⅵ		注水前尿管の状態	2 mℓ/min	4	6	8
高田 48才 ♀	R	3	4.5	4.5	6	7～9
	A	9	9	6～15.5 波形不整(+)	15～18 〃 (+)	12～22.5 〃 (+)
	L	3	3	4	5	8～10
	F	12	8～13	9	10～9～10	7～11

表 3　休 止 期 圧

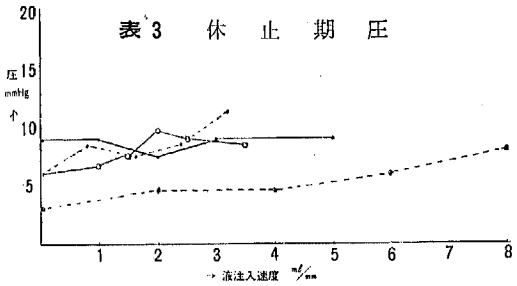
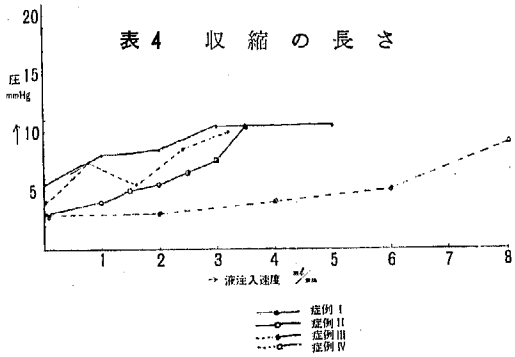


表 4　収 縮 の 長 さ



②どの例も水注入終了後2～3分以内に注水前の内圧の状態に戻つた。この間の尿管の反応は表5から明らかな如く，前項記述の各種の反応をもつて輸送量の増加に努力している。腎盂内圧が注入前の状態に戻つた時，尿管運動も略々元に戻つている。即ち尿管蠕動運動発現は腎盂内圧と密接な関係にあることが示唆されている。

③腎盂内注水による特異の所見として，腎盂内圧に蠕動運動と思われる弱い週期的収縮波が見られた。この収縮波群は尿管の蠕動運動と同調していた（図

図 18　腎盂内点滴注水に対する尿管の反応

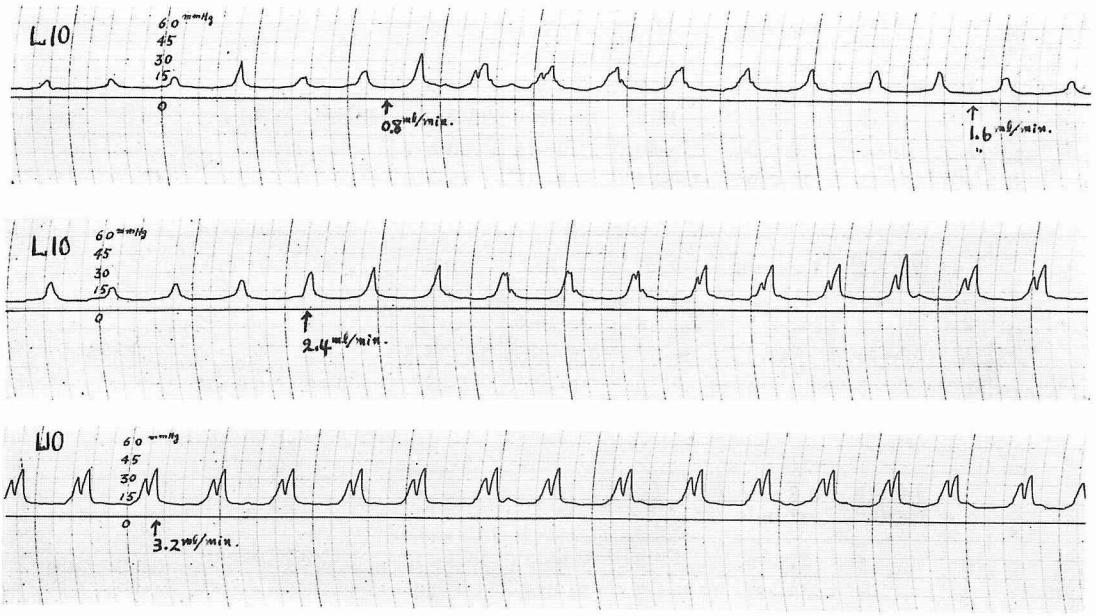
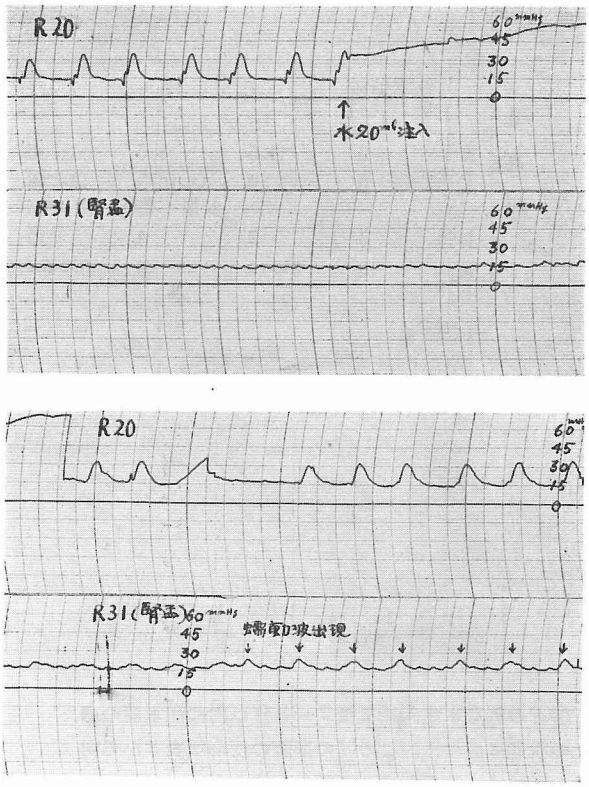


図 19　注水に対する腎盂内圧の反応



19, 20, 21)。これは果して腎盂自体の発揮した蠕動運動であろうか？，或は別の機構による現象であろうか？，この点については考按で検討する。

④注水により腎盂内圧が上昇しても，前記の如き注

図 20　水注入に対する腎盂内圧の反応

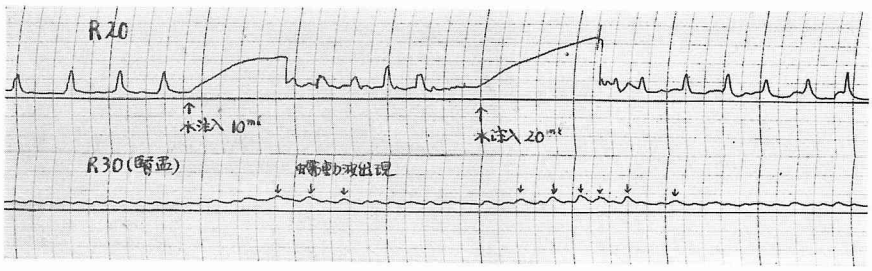
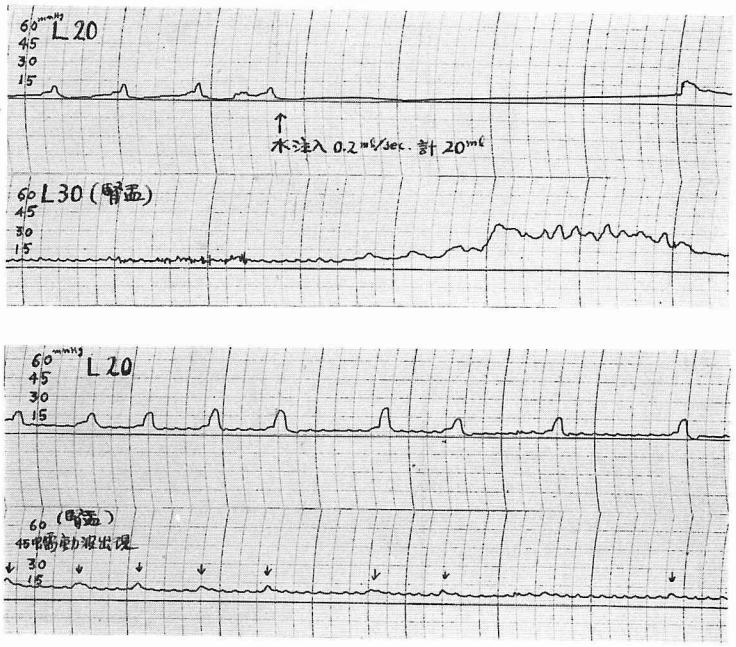


表 5　尿管より腎盂に注水した際の腎盂内圧変化

症例	尿管位	尿管の反応		注入量	注入速度	腎盂位置	腎盂内圧の変動	その他の変化
				cc	cc/sec	cm		
竹村 ♂39	20	R 12mmHg	15 〃	20	0.25	31	12 ⟶ 15 mmHg 蠕動波出現 A 9mmHg	
		A 21 〃	18～21 〃					
		L 6 〃	8～10 〃					
		F 14～16sec	13 〃					
伊	L 20	R 3	9→7.5→3	20	0.2	30	4.5 ⟶ 36 蠕動波出現 A 6mmHg	線維性攣縮様波動(+) 疼痛 (−)
		A 10.5	9→18					
		L 3	5～7					
		F 19	15～34					
東 ♀44	R 15	R 0～3	6～12	20	0.4	30	6 ⟶ 15 蠕動波 A 30mmHg	線維性攣縮様波動(+) 疼痛 (+)
		A 8～12	24					
		L 4～5	8～10					
		F 12	10～15					
宮沢 ♀32	R 20	R 3	6	10	0.4	30	4.5 ⟶ 6 蠕動波出現 消 A 4.5mmHg↗失	
		A 21	15～24					
		L 3	3					
		F 12～15	9					
佐々木 ♂51	R 10	R 4.5	6	10	0.33	30	6 ⟶ 9 蠕動波出現	
		A 21	16.5					
		L 3	5					
		F 23	45					
長岩 ♂16	R 10	R 3	3	2	0.2	20	3 ⟶ 4.5	
		A 15	18					
		L 5	6					
		F 16	16					
百瀬 ♂45	L 10	R 6	10.5	10	0.33	29	9 ⟶ 10.5 蠕動波出現 A 6～3mmHg	線維性攣縮様波動(+) 緊満感 (+)

水速度では疼痛を起す例は少ない。又腎盂内圧曲線に尿管で見られたと同様の線維性攣縮様波動を示すものがあつた。この波動と疼痛は一致していなかつた。又図21の如く内圧が36mmHgという著しい高さに達しても疼痛を示さない例があつた。

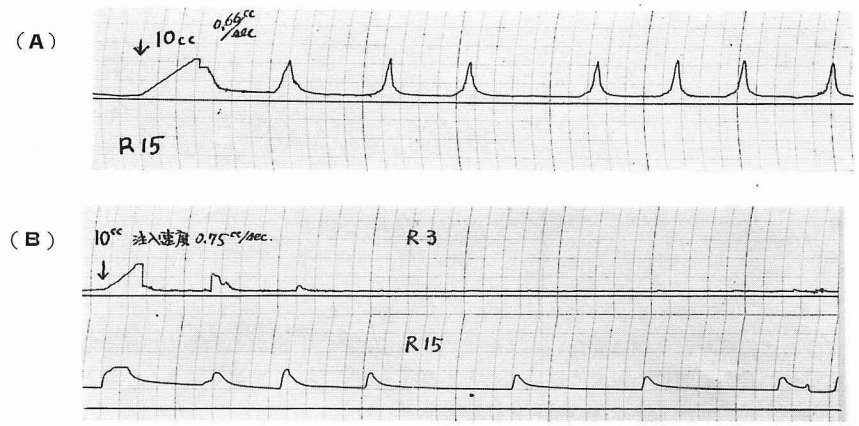
図 21　水注入に対する腎盂内圧の反応



5)　腎剔除後の陳旧残存尿管の注水に対する反応

少数であるが，腎剔除後の残存尿管に注水した場合の尿管の内圧反応を検査した。図22はその１例で，右腎結石のため右腎剔除後長期を経た右残存尿管の場合である。２本の尿管カテーテルを挿入し，尿管口より１本は15cm，他は3cmの高さとして注水した。図のAは上部尿管カテーテルから注水した場合で，注水終了後から図の如き殆んど正常の蠕動運動の発生するのを認めた。休止期圧は 4.5mmHg，圧巾は約 27mmHg，収縮波頻度は20～35秒に１回，収縮波の長さは約８秒で，正常尿管で普通に見られる蠕動運動である。図のBは下部尿管カテーテルから注水した場合で，上部に蠕動運動が明瞭に見られ，下部尿管カテーテルでも漸減する収縮波が見られる。この両者から収縮波速度を出すと 6cm/sec となつて，これも又正常尿管の場合と同様である。以上の所見は，①腎盂と全く関係のない尿管が任意の部分で蠕動運動を発動し得る能力を有していること，②この能力は長期間休止している尿管で

図 22　残存尿管の注入に対する反応



も失われることがないこと，③尿管内に或る量の液が進入し，その内圧が或る高さ以上に達すれば蠕動運動を発動すること，等を示唆している。これは尿管の自律性とその運動の一般的型式を示すもので，尿管各部の持つ本性の一端を顕わしたものと云える。この性質は腎盂の排尿機構に関連して重要な意義を持つことになるが考按の所で論ずることにする。

6) obstruction に対する腎盂及び尿管の反応

尿管上部に F4 尿管カテーテルを挿入，更に F6 を尿管の下部に置いて尿管閉塞を起させ，obstruction に対する尿管内圧の変動を測定した。その1例を示すと図27の如くである。この群の所見は，この図からも明らかな如く，時の経つに従つて休止期圧が上昇すること，収縮波頻度が増加すること，収縮波形が不整となること，収縮波の長さが延長すること等であつて，膀胱内圧を著しく上昇せしめた時の尿管内圧の変動と型において全く軌を一にした。但しこれらの変化が最高に達し，収縮波が連続的なひどい不整波の状態に達するまでの時間は症例によりかなりの相異があり，閉塞が完全か不完全か，その時の尿流が多いか少ないか等によつて支配されるものの如くである。この obstruction に対する尿管の反応については既に Kiil が報告している所であつて，彼は連続不整波の状態に達した場合を distention change と呼んでいる。図23では尿管上部20cmの部分で obstruction 形成後1分にして早くも休止期圧上昇，収縮波頻度の増加，収縮波形の乱れ，収縮波の長さの増加等が始まり，2分前後から distention change に近い連続不整波となつている。尿管下部の obstruction を起した部位の内圧変動はかなり激しいが，この波形は尿停滞に対する反応のみでなく，太い尿管カテーテル挿入という機械的刺戟に対する尿管壁の反応も加わつていると考えられる。然し尿停滞に対する反応も存在することは休止期圧上昇があることから知り得る。又この休止期圧上昇は obstruction 後30秒から始つている。尿管上部の反応は1分後から始まり，程度も低い。このように

図 23　obstruction に対する尿管の反応

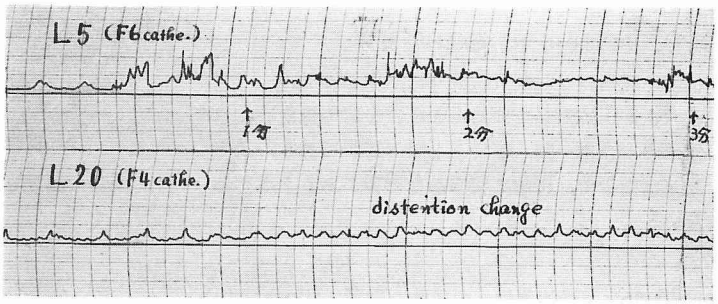
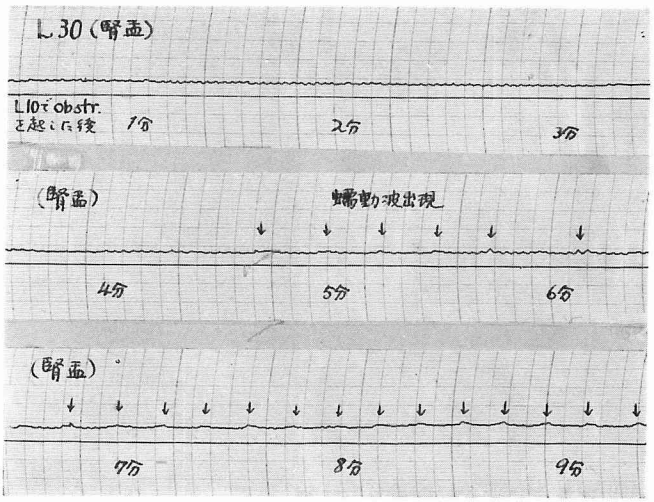


図 24　obstruction に対する腎盂の反応



下部の変動が上部に波及するのが防止されるような機構が存在することは注目すべきで，尿管各部の独立性を暗示する一所見である。

尿管の obstruction に対して腎盂内圧は如何なる反応を示すかを観察した。図24はその1例であつて，F4 尿管カテーテルを腎盂に，F6 尿管カテーテルを尿管10cmの高さに置いて obstruction を起させた場合である。腎盂内圧は尿管程著明な変化を示さない。最初 9mmHgであつた内圧は5分後 12mmHg，9分後 13.5 mmHg と漸次高くなつているが，その変化は尿管上部より更に僅少となつている。尚この図では obstruction 後5分頃から蠕動運動の収縮波が起り始めている。この収縮波の最大圧は3～4mmHg を越えることはない。腎盂には蠕動運動による収縮波は通常見られないことは先に述べたが，obstruction により内圧の上昇（僅か 3mmHg）が起つてから収縮波が起り始めている点は注目すべき現象である。この収縮波は何を意味しているか，未解決の重要問題に関係する。この腎盂の収縮波を筆者は測定時間の延長した場合に屢々認めた。

3. 薬物に対する尿管の反応

1)　Buscopan 5cc 静注の効果

（a）疼痛のない場合：表6に示す如くで，

①休止期圧に対しては殆んど影響を認め得ない。

②圧巾では増，減，不変とも略々同数であり，又その増減は微少で，圧巾に明らかな影響があるとは思われない。

③収縮波の長さに対しても又影響を認め得なかつた。

④収縮波の頻度に対しては影響と思われるものが出現した。即ち7例中5例に数分後に収縮波頻度が減少した。

（b）疼痛の為に行つた場合：10例中7例に注射後2～7分で，収縮波頻度の減少又は一時的消失を認めた。図25はその代表的症例である。休止期圧，圧巾，収縮波の長さ等に対しては，（a）の場合と同様影響を認めなかつた。

2)　塩酸パパベリンの尿管運動への影響

塩酸パパベリン皮下注は4例に行つているが，その成績は表7の如くで，①休止期圧に変化なく，②圧巾，収縮波の長さ，及び頻度は増減不定で，一定の傾向を認め得ない。但し少数例であるから結論的なことは云えない。

3)　其他の薬物の影響

Epirenamin 及び Vagostigmin の影響を見た例もあるが，尿管運動に特別の影響を与える所見を得られなかつた。但しいずれも少数例であるので結論は差控える。

総括及び考按

1)　正常の腎盂及び尿管の内圧

筆者の測定した成績を括めると次の如くである。

図 25　尿管運動への薬物の影響　(Buscopan)

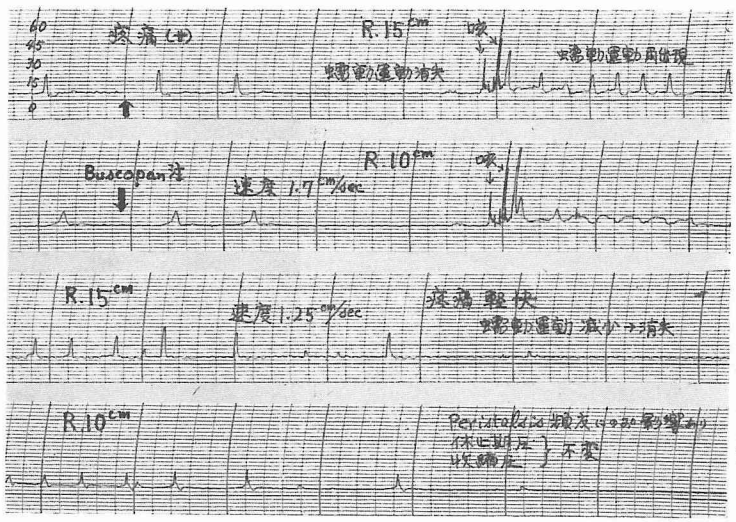


表 6　　Buscopan に対する尿管の反応
(疼痛のない場合)

症例	尿管		注射前	注射後 (1.5～6分の間)	
玉置 58才♀	R 10	R	6～7.5	4.5	腎盂内圧
		A	18	10.5	
		L	3	2	4.5⟶3
		F	11	13～27(6分後)	
宮沢 40才♂	L 10	R	13.5	13.5	R 20でも同傾向
		A	21～28	18～10.5	
		L	2.5～3	5 (6分後)	
		F	13～18	18～8	
浦野 36才♂	L 20	R	9～10.5	6	中間 2～3ヶ脱落
		A	10.5～12	15～10.5	
		L	2～3	2～3 (7分半後)	
		F	13～15	12～42	
白倉 33才♀	L 20	R	9	10.5～9	殆んど不変
		A	13.5	15～18	
		L	4～5	4～5 (6分後)	
		F		45～50	
	R 27	R	9	9	不変
		A	6	6	
		L	4～5	4～5～6 (6分後)	
		F	25	25	
征矢野 29才♂	L 10	R	7.5	7.5	
		A	7.5	10.5～16.5	
		L	3～4	2 (6分後)	
		F	20～40	40～90	
宮沢 35才♀	L 20	R	7.5	7.5	30″ →1′130″
		A	21	6～27 (4分後)	の間収縮波消失
		L	2～3	3	6～8 分間
		F	23～25	26	収縮波消失
	R 20	R	7.5	7.5	
		A	10.5	13.5～	
		L	5	5～6 (3分後)	同上
		F	11～14	17～68	
平林 65才♂	L 20	R	9	9	
		A	12～15	26	
		L	4～5	7	
		F	13～18	15～16	

1) 尿管内圧

尿管の休止期圧…… 1.5～15.0mmHg
　　平均 7.8±3.7mmHg

最大収縮圧…… 9.0～42.0mmHg
　　平均 22.6±8.54mmHg

収縮波伝導速度…… 1.3～6.5cm/sec.
　　平均 3.1±1.85cm/sec.

収縮波頻度…… 3～4回/分 但し，これは測定開始30分前，水500ccを飲ませた場合である。

表 7　塩酸パパベリンに対する尿管の反応

症例	尿管位置		注射前	注射後	
		R	7.5	7.5	
江本	L	A	21～30	10.5～30	5′後
21才	20	L	3	4～5	
♂	〃	F	13～17	15～20	
		R	4.5	4.5	
前角	R	A	12	24～33	
51才	20	L	2	5～7	
♂		F	15	20	
		R	6	6	
平野	R	A	21～33	21～12	7′後
20才	20	L	4	5	
♀		F	13～16	23	
		R	4.5	4.5	
武居	R	A	10.5～34.5	21～4.5	
50才	20	L	3～5	3～5	
♂		F	12～14	14～16	

以上の測定値の範囲は Kiil (1957), Lutzeyer[13] (1957, 1963), Weinberg 等[22] (1961), Davis[5] (1962), Melick 等[14][15][16] (1960, 1962), 等の報告と略々一致している。これらの値は健康者でも個人によりかなりの相異があり，同一人でも測定の都度多少値を異にする。又左右側各々全く独立した運動を行つている。ただ１本の尿管では少なくとも20～30分程度の測定時間内では操作刺戟を加えない限り殆んど恒常であり，且個性的である。然し上記の内圧諸項目の細部については筆者の上記の測定値を含めて，従来報告者のいずれもが若干の相異を示している。

先ず休止期圧であるが，Melick は 0～4㎜Hg，Weinberg は 1～6㎜Hg，Lutzeyer は 6～20㎜Hg を示している。筆者の測定経験から云えば，Lutzeyer の20㎜Hg というのは稍々高値で，これは正常尿管の平常時の休止期圧ではなく，何等かの腎盂及び尿管の異常状態における値と考えられる。勿論筆者の測定値にもこの異常値が混入していると思われる。正常範囲は恐らく Weinberg の示している 1～6㎜Hg というのが妥当であろう。

収縮波の最大圧は Weinberg は 12～14㎜Hg，Davis は 13～36㎜Hg としているが，これも亦筆者の 42㎜Hg，Davis の 36㎜Hg というのは高値に過ぎるもので，異常状態の収縮波の混入が考えられ，平常時においては Weinberg の示している範囲の値が妥当と思われる。Kiil は 70～80㎜Hg も稀れではないと述べているが，事実筆者もこのような高値の例を屢々見た。然しこれが正常尿管の常態とは考えられない。筆者の測定中，最初は 20㎜Hg 前後のものが，種々操作を加えて測定しているうちに漸次上昇して 70㎜Hg 前後になることが屢々見られた（図15及び当該項で記述）。この現象は測定中の操作，殊に尿管カテーテルの移動，長時間の留置等が尿管壁を刺戟し，尿管壁の興奮状態を惹起した結果と考えられる。この際の収縮波は主として最大収縮圧のみが異常に大となり，休止期圧，収縮波の長さ，速度等には殆んど変化を認めなかつた。即ち尿管壁は機械的刺戟に対して興奮する性質を有し，その反応は収縮圧の増大であると考えられる。これが事実とすれば，本検査法には artefact の介入する可能性が大であることになり，正常値の範囲を決定する際，慎重な検討を必要とすることになる。又測定操作，殊に尿管挿入操作はできるだけ慎重に行い，測定時間も短時間で終了するようにする必要がある。以上の如き点から，はじめから収縮圧が70㎜Hg の如き高値を示すものは正常状態ではなく，何等かの原因により興奮状態にある場合と考えられる。兎もあれ，尿管には膀胱の最大収縮圧に等しいか，又はそれ以上の収縮圧を出し得る能力があるという事実は注目に値する。尚尿管の各部位により収縮圧が異なり，一般に尿管下部が上部より高いことを Kiil が報告したが，Davis はどの部位も同じであると述べ，筆者の測定でも尿管上端から数糎の間を除けば，このような関係は見られなかつた。寧ろ同一部位でも，次々に起る収縮波が全く同じ高さであるということは少なく，数 ㎜Hg 程度の差を以つて起つているのが一般であつた。恐らく上部から伝達されて来る収縮刺戟の大きさが毎回異なるか，或は刺戟の大きさが同一でもその部の平滑筋の反応性が毎回多少変るか，或は受圧カテーテルの孔と尿管との相対的関係が毎回同一でないかいずれかであろう。

収縮波の伝導速度は同一状態では最も変化の少ない安定した値を示した。従来の報告によると尿管上部で稍々速く，下部で遅くなる傾向があるとする者がある。筆者の測定ではこの点を明らかにすることができなかつた。上部で僅かに遅く，下部で速い例も少なからず見られたからである。従来尿管の蠕動運動を尿管筋電図から測定した報告がかなり多く見られている。例えば宗[20] (1959) は 4.5±1.8㎝/sec，周期9.5～44.5秒とし，文献的考察で多数報告の測定値を挙げている。尿管内圧測定から得られた収縮波速度は，筆者の測定値も従来報告の値も尿管筋電図の場合と略々同じ範囲の

ものであつた。筋電図の収縮波と内圧で見る収縮波との関係については，最近 Weinberg (1964) が犬についての同時記録から興味ある測定結果を報告している。それによると，筋電図の action potential は最高収縮圧に0.2～0.4秒先行するという。尿管内圧で見る収縮波とその際輸送される尿分節とが如何なる関係にあるかは未だ明らかにされていない点であるが，この点を解明する上に Weinberg の報告はある示唆を与えている。

収縮波の波形については筆者の測定では多種多様であつた。極端に云えば個々の収縮波がすべて波形を異にする。これは収縮圧の場合と同様毎回の収縮刺戟が同一であり得ないこと，これに対する尿管平滑筋の反応が毎回同一であり得ないこと，尿管カテーテルの受圧孔が常に同一条件にあり得ないこと等によるものであらうが，又波形は他の要因でも著しく影響され易い。その主なものは先ず受圧器の性能であつて，これが粗大であれば，波形は簡単な上昇下降の曲線となる。従来の報告で波形の相異しているものが多いのは主に器械の性能の相異が原因と考えられる。次に尿流の量如何で波形が変化する。尿流は毎回の蠕動で常に同一量であることはあり得ない。又尿管内の緊張状態も関係していると思われ，カテーテルで刺戟した後ではじめ1箇の peak であつたものが2分，3分することも稀れではなかつた。恐らく刺戟状態のため統一した筋線維群の収縮が妨げられる結果ではないかと思われる。Davis 等[6](1963) はこれを impedance に対する反応と考えている。

蠕動運動の頻度は同一尿管でも一定でないことは吾々が膀胱鏡検査を行つている際常に認めている所である。この頻度は専ら尿流の量によつて規定されていることは，腎盂に水を連続点滴した場合の蠕動運動の増加から明らかである。

2)　腎盂内圧

腎盂には一般に週期的に尿を圧出する運動を示唆する収縮波が全く無いこと，その内圧は接続尿管の休止期圧に略々等しいこと，数 mmHg 範囲の規則正しい呼吸波が見られること等を認めた。この事実は Kiil の内圧内定によつてはじめて確定された所で，その後の報告者も全く同様の事実を認めている。筆者の所見も全く同様であつた。但し或る特殊の条件下においては腎盂に週期的収縮波が認められる。Kiil 以前には腎盂は心臓や膀胱の如き一種の圧出ポンプで，週期的に尿を押出すものと考えられており，Fuchs[9](1931)，Lauber 等[12](1940)，Narath[17](1951) 等はレ線学的研究，Pyeloscopy による研究等からこの説を実証したと考えられた。然し Kiil 以来の尿路内圧測定法による結果はこの説と全く矛盾している。従来は腎盂が週期的収縮により尿を押出し，その運動に連続して尿管の蠕動運動が起ると考えられ，現在でも尚この説を支持している者がある。Kiil は，腎盂には収縮波が全くなく，尿管に至つてはじめて蠕動運動が起るものであつて，その始発部位は解剖学的腎盂尿管移行部直上のいわゆる ureteral cone であること，休止期に尿が腎盂から ureteral cone にゆつくり流入し，次いで ureteral cone の上端から収縮運動が起つて下方に移動し尿を押出して行くこと，従つて腎盂から排出される尿は休止期に ureteral cone に溜つた量だけであると結論し，尿排出の主力は尿管の蠕動運動だけであつて，腎盂の運動ではないと主張している。筆者の測定でも同様の所見を得た。筆者は image intensifier を用いて造影剤が腎盂から排出される状況を観察した。これについては又別の機会に報告したいと考えているが，Narath 等の主張する如き，腎盂の縮収運動は確かに存在し，それに引続いて尿管の蠕動運動が起る如き現象を認めた。

斯くしてこゝに2の疑問が起つてくる。第1は，Narath その他が認め，又筆者も image intensifier で認めた腎盂の収縮運動と，内圧測定で腎盂に収縮波を認めないという事実との間の矛盾を如何に説明すべきかということ，第2は ureteral cone に蠕動運動が始発するのはどういう機構によるか，即ち蠕動運動の pace maker は何かという問題である。この2の疑問に対しては現在尚満足すべき解答が得られていない。Kiil は第1の疑問に対しては「休止期に尿が腎盂からゆつくり ureteral cone に流入し，次いでその上端から収縮運動が起り……」と述べ，第1の疑問に対し或る説明の示唆を与えている。又第2の疑に対しては，最近 Davis[6](1963) は，ureteral cone の収縮の pace maker は，正常の腎盂では，敏感な圧力計でも分別できない微弱な腎盂の週期的縮収運動であろうと推定しており，この収縮波を引金波 trigger wave と称している。又 Turano[21]はレ線映画法と内圧測定法を併用して研究し，蠕動運動は腎上極腎杯の領域から腎盂と尿管に伝達されて始まるとし，上極腎杯が腎盂－尿管の蠕動運動の pace maker であるということを示唆した。

Cosma[3](1963) は Turano と同様の方法を用いて腎上極を剔除した腎について研究し，pace maker たる腎上極腎杯が剔除された場合は，残つた腎盂が尿排出機能を遂行できるような機構ができ上つており，実

際上は下極腎杯によつて pace maker の作用が代行されていると述べている。これらの点については筆者は批判すべき資料を持たないが，前記の2の疑問に対しては筆者なりの説明を試みたいと思う。その前に他の測定の結果について述べておく必要がある。

2. 生理的条件の変動に応ずる腎盂，尿管の内圧の Variation

1) 体位変更の影響：水平臥位から45°半坐位にしたところ休止期圧が 4.8±2.84㎜Hg 上昇し，収縮波の頻度が増加し，収縮波の長さが増加したが，圧巾，収縮波速度等には変化を認めなかつた。腎盂内圧も尿管休止期圧と同値で上昇した。以上の変化は尿管の obstruction に対する反応に似ている。この変化の起る理由は現在のところ不明である。単に半坐位にしたため尿管カテーテル先端と基準点の間に水位差を生じたというだけは説明できない。このような体位変動に応ずる何等かの調節機構の存在が考えられる。

2) 膀胱内圧上昇の影響：尿管の反応の基本的型式として，①尿管内圧は膀胱内圧がある高さに達するまで影響を受けないこと，②膀胱内圧がある高さ以上になると尿管の休止期圧が上昇し始める，③蠕動運動の頻度が漸次増加し，極度になると連続的収縮波となる．④収縮波の形態が変化し，その波の長さが増加，圧巾の減少，波形の複雑化を来たし，終には圧巾の小さい不規則な連続波動，即ちいわゆる distention change となる。これらの関係は既に，Kiil, Melick 等[19](1962) がくわしく報告している所で，筆者の測定で特に新しい点は発見されなかつた。

排尿中は膀胱内圧は屢々70㎜Hg 以上に達するが，排尿時間程度の短時間内では尿管運動に著明な影響を与えていない。寧ろ排尿時の腹圧，いきみ等が直接尿管内圧に影響を与える（図8，10，11，12)。又排尿中でも尿管から膀胱へ尿が押出されている（図12)。即ち膀胱と尿管とは圧関係において全く隔離されているもので，当然両者の堺に弁機構が考えられる。膀胱尿管逆流現象の起る場合は，膀胱内圧の高さとその変動曲線は尿管のそれと全く同一になることは膀胱頸部通過障害による両側水腎症兼水尿管の患者において証明された。

膀胱内圧の上昇は，極度になつても短時間内では腎盂には何等の変化も来たさない。この点尿管とは異なる。但し膀胱内圧極度上昇による尿管内圧上昇の諸変化が長時間経続すれば，当然腎盂内圧も影響を受けるであらろう。然しこのような状態は生理的状態の範囲で起ることは稀れであらう。即ち腎盂内圧は尿管の圧反応によつて膀胱内圧の上昇の影響を直接に受けないような機構が存在する。これは膀胱壁内尿管の弁機構のみでは説明できない。尿管各部の個有の Tonus が重要な意味を持つているものと考えられる。

3) 尿流増加に対する尿管の反応：腎盂に点滴注水を行つて，生理的 hydration の状態を作り，その際の尿管の反応を見たところ，①尿流増加により蠕動運動の頻度が増加する，②休止期圧の上昇が見られる，③収縮波の長さが増す，④収縮圧の圧巾は不定である，という所見を得た。これらの所見は Kiil, Boyarsky 等[2](1963), Davis 等[6](1963), Rutishauser 等[10](1963) の人或は動物における所見と一致している。注水速度と内圧諸変化との関係は表3及表4の如くで，休止期圧の上昇は 2㎖/min 前後から起つている。この値は Rutishauser の示した 2～3㎖/min と一致する。収縮波の長さは 1㎖/min 前後で急に増加している。即ち休止期圧の上昇より前に起る。以上の所見から尿管は hydration に当面して1回の蠕動運動で輸送する尿量を増大すること，蠕動運動の頻度を増加すること等を以つて対処しているが，収縮圧は増加した尿量の輸送に直接関与しているものとは考えられず，休止期圧上昇は尿管内の液量と尿管壁の Tonus に関連したもので，尿管の尿輸送努力の表現とは関係ないものと思われる。

4) 尿流増加に対する腎盂の反応：表5及び図19，20，21の如くで，①注水により腎盂内圧は漸次上昇するが，10～20㎖の大量を注水しても，圧上昇は 1.5～3.0㎜Hg 範囲の僅かなものである，②注水終了後2～3分以内に注水前の内圧に戻る，③腎盂内圧に蠕動運動と思われる弱い週期的収縮波が出現する場合があり，この波は尿管蠕動運動と同調していた，④腎盂内圧が注水前の状態に戻つた時，尿管運動も略々元の状態に戻る。即ち尿管蠕動の発現は腎盂内圧と密接な関係があること⑤点滴注水により腎盂内圧が上昇しても疼痛を起す例は少ない，疼痛のある場合でも疼痛を表現する特殊の波形を認め得なかつた。

以上の所見から，正常腎盂は内圧増加約 3㎜Hg 以下に相当する拡張余力を保持していること，腎盂内圧の上昇は尿管の蠕動運動の頻度を増加し，尿排出量を高めること等の性質を有することが推定される。

注水により腎盂内圧が 3㎜Hg 前後の上昇を見た時腎盂に尿管蠕動運動と同調した弱い週期的収縮の出現する例が屢々見られた。この現象は Davis 等（1963）も指摘しており，彼は腎盂内圧の上昇に刺戟されて彼の云う普通では見られない引金波が強化され顕現したものであろうと述べているが，筆者はこのような引金

波の存在という假定を設けなくても説明し得ると考える。即ち腎盂壁は普通の場合内容液が増加しても内圧を上昇せしめない範囲の伸展又は拡張余力を有すると考えられる。これは前記の如く注水開始後或る量の水が入つて後漸く内圧が上昇し始める事実から推定される。尚膀胱では明らかにこの現象が認められる。内容がこの範囲を越えて増量する時，腎盂内圧が上昇する。そして 3㎜Hg 前後増加して一定となつた時が腎盂壁の普通の場合の最大の緊張状態であると考えられる。この時が内圧増加に対し最も敏感な状態である。この状態において ureteral cone に蠕動運動が起ると，その収縮によつて腎盂末梢部分において容量が減す少する結果，収縮により上下に分断された液の上部の部分は腎盂壁に或る高さの圧を加えることになる。これが腎盂内圧に現われた週期的収縮波で，いわば ureteral cone の収縮による反動波であると考えるものである。即ち腎盂の内容充満による腎盂壁の緊張状態において起つた ureteral cone からの尿管蠕動の波及波であると解する。

5) 腎剔除後の陳旧残存尿管の注水に対する反応：図22のところで述べた如く，腎剔除後の陳旧残存尿管に注水することにより正常尿管と同様の蠕動運動の起るのを見た。同様の観察は Davis 等⑦(1963) も述べている。即ち腎剔除後21年の残存尿管に水9滴を注入したところ，非常に活潑な律動性の収縮が起り，良好な圧巾を有し，漸次少なくなり終に止んだという。この現象については彼等は，恐らく尿管の部分的排尿運動によるものだろうと述べているだけで，特に考察を加えていない。筆者は自身の観察から，①腎盂と全く関係のない尿管が任意の部分で，蠕動運動を発動し得る能力を有していること，②この能力は長期間休止している尿管でも失われないこと，③尿管内に或る量の液体が進入し，その内圧が或る高さ以上に達すれば蠕動運動を発動すること等の結論に達し，これらは尿管各部の持つ本来の自律性の一端を顕わしたものと考えた。

6) obstruction に対する腎盂及び尿管の反応：obstruction に対する尿管の反応は図23の所で述べた如き或る一定の型式があり，この型式は既に Kiil の述べた所と一致するので，ここでは述べない。たゞこの型式は膀胱内圧を逐次上昇させた時の尿管内圧の反応と略々一致すること，obstruction が尿管下部に起つた場合，その部分の内圧変化が上部に波及するのを防止するような機構が尿管にあり，尿管各部の独立性を暗示する所見であることを指摘しておきたい。

尿管の obstruction に対する腎盂内圧の反応は，図24の如く，直ぐには出現しないで，暫くしてから出現して来る。その変化は内圧の僅かの上昇と，腎盂には通常見られない蠕動運動による収縮波の出現である。後者は尿流増加に対する腎盂の反応の項で述べたものと同様のものであつて，腎盂内圧上昇に基ずく一般的な現象と考えられる。又その発生機序については前記 4) で筆者の推定を述べた。

3．薬物に対する尿管の反応

Buscopan 静注により17例中12例に注射後数分から蠕動運動の頻度が減少するのを認めたが，休止期圧，収縮圧，収縮波の長さ等には特別の影響を認めなかつた。

塩酸パパベリン皮下注の4例では休止圧に変化なく，収縮圧の圧巾，収縮波の長さ，頻度には一定の傾向を認めなかつた。

従来，尿管は自律神経支配下にあり，この神経に作用する薬物により尿管運動は影響を受けるものと考えられていた (Gayet⑩, 1937)。Kiil 以来尿管内圧測定法により，種々の薬物の尿管運動への影響を見た報告はあるが，そう多くはない。Kiil は種々の交感及び副交感神経刺戟剤，神経遮断剤，麻薬，麻酔剤，平滑筋に作用するアトロピン，パパベリン，アセチールコリン，ヒスタミンその他の薬物を試みた結果，尿管運動には全ての薬物が影響を与えないと結論した。その後 Melick 等 (1961)，Weinberg 等㉒(1961) の英語系の報告では Kiil の所見と一致した結果を見たと述べ，Lutzeyer⑬(1963)，Rutishaurer 等⑲(1963) 等のドイツ語系報告では或る薬物が尿管運動に影響を与えることを主張している。Lutzeyer は Spasmoanalgeticum を比較的大量与えることにより尿管の蠕動運動が影響を受け，これにより尿管疝痛の患者において尿管の運動亢進，縮収過程，緊張亢進等を止めたと述べ，又副腎髄質腫瘍の患者に，神経節遮断剤を投与したところ30秒後に尿管の Tonus (休止期圧) の低下と蠕動の著明な延長を認めたと云う。

以上の如き見解の相異が，何によるかは今後の検討に待つほかないが，筆者の見た Buscopan の蠕動運動の頻度を減少する如き成績は，Buscopan の腎自律神経への作用によつて説明可能と考えられる。即ち腎神経に作用して腎の血流に変化を来たし，尿生成を一時的に減少するのではないかと考えられる。尿流が減少すれば尿管の蠕動運動が減んずることは，前述した hydration に対する尿管蠕動運動の態度から当然考えられることである。Buscopan が尿管の Tonus を表現すると考えられる休止期圧や，尿管の個有性の表現

であると考えられる収縮圧，その速度等に影響を示さないことは Buscopan が直接尿管に作用するものでないことを暗示している。ただ他の多くの薬物が尿管自体に直接作用するか否かは，従来の報告や筆者の僅かの経験では尚結論を出すには不足であつて，更に多くの例について細い分析的追求が必要であろう。

4. 蠕動運動の pace maker の問題について

以上筆者の行つた測定の諸成績と，それらの解釈についての私見を述べたが，最後に腎盂内圧の項で提出した2の疑問について筆者の見解を述べて見たい。

先ず第2の疑問である蠕動運動の pace maker の問題を取上げる。尿管の運動は外からの神経支配によるものではなく，尿管自体の包蔵する自律性 autonomy によるということは，Durand⑧(1952) の諸神経刺戟或は交感神経切除術によつてすら尿管運動に変化を与え得なかつたという報告，Baker①(1953) の尿管筋電図的研究，その他多くの報告によつて主張されて来た所であり，Kiil 以来の内圧測定法による研究，殊に薬物に対する尿管の態度等からも支持される。筆者及び Davis 等⑦(1963) の観察した腎剔除後の陳旧残存尿管が注水によつて正常の蠕動運動を発動し得るという事実は，尿管の自律性を証明する重要な根拠となる。この蠕動運動発現の能力は残存尿管の長さが不定であることから，尿管のどの部位にも存在することは明らかである。この特異能力によつて，蠕動運動のない腎盂から，休止期にある ureteral cone に尿が流入してその腔を充たし，或る閾値の内圧となつた時 ureteral cone に蠕動運動が発動されるものであつて，残存尿管に注水した時と軌を一にするものと考えられる。かくして前記の Davis の腎盂引金波の仮定や Turano, Cosma 等の上極腎杯 pace maker 説の如きものがなくても説明可能となる。尚，尿管の収縮運動発現機転と，その下方への伝導機序に関してはまだ全く解明されていない。これらの点に関しては筆者は現在多少追求している所があるが，今回は省略する。

次は第1の疑問たる，腎盂にレ線学的には収縮運動が認められるが，腎盂内圧にはこれを裏付ける収縮波が存在しないという矛盾をどう説明するかという問題であるが，筆者は次の如く考える。ureteral cone 上端に収縮が起り，下方に移動するに伴つて，その背後の部分は弛緩し内圧は低くなる理であるが，実際には収縮波の移動に追随して腎盂内の尿が流入して来る。従つて腎盂の容積は，ureteral cone から駆出された尿量だけ減少する。この減少が，レ線学的に見ると腎盂の active の収縮の如く見えるものであるが，実際には passive の容積減少である。この容積減少によつて腎盂内圧は減少する筈である。然し，hydration に対する腎盂内圧の反応の所で述べた如く，腎盂にかなりの水を注入しても，その内圧は上昇しない。即ち腎盂には内圧増加約 3mmHg 以下に相当する拡張余力を有するためで，ureteral cone から1回に送り出される程度の尿量の増減に対しては内圧の変化を示さないと考える。以上が2の疑問についての筆者の説明である。

結　論

信州大学泌尿器科外来及び入院患者のうち，泌尿器科正常者及び両側又は一側上部尿路に病変のないもの177例について strain gauge manometer を用いて尿路内圧測定を行い，次の知見を得た。

1) 正常尿管内圧として，尿管の休止期圧は 1.5～15.0mmHg，平均 7.8±3.7mmHg，最大収縮圧は 9.0～42.0mmHg，平均 22.6±8.54mmHg，収縮波伝導速度は 1.3～6.5cm/sec，平均 3.1±1.85cm/sec で，これらの値は従来同様方法による測定の報告と略々一致していた。又一般的なこれらの正常値の範囲はまだ決定する域に達していないが，特に異常と考えられる値及び現象について，その原因を考察した。

2) 腎盂には普通の状態では，蠕動運動を示すような週期的収縮波が存在しない。その内圧は接続尿管の休止期圧に等しい。ただ呼吸波のみが見られる。この所見は Kiil 以来の内圧測定による諸報告と全く一致している。

3) 体位変更による尿路内圧の変動を見るため，臥位から45°半坐位にしところ，尿管休止期圧は 4.85±2.84mmHg 上昇し，収縮波頻度及び収縮波の長さが増加したが，圧巾，収縮波速度には変化を認めなかつた。

4) 膀胱内圧上昇に対する尿管の反応の基本的型式は，①膀胱内圧がある高さに達するまで尿管内圧は変化しない，②膀胱内圧がある高さ以上になると，蠕動運動の頻度が増加し，③収縮波の波長増大，圧巾減少，波形の複雑化等を来たし，終には Kiil のいう distention change となることを確認した。又排尿中は膀胱内圧は著しく上昇するが，尿管内圧への影響は僅かであり，腎盂内圧には全く影響を認めなかつた。即ち腎盂内圧は膀胱内圧上昇により直接影響を受けないような機構が存在し，それは膀胱壁内尿管の弁機構のみでは説明できないもので，尿管各部の独立的

Tonus が重要な意味を持つと考えられる。

5) hydration に対する尿管の反応は，①蠕動運動の増加，②休止期圧上昇，③収縮波の延長等で，収縮波の圧巾は直接関係がないようである。

6) hydration に対する腎盂の反応として，①その内圧は上昇するが，1.5～3.0㎜Hg の僅かなものであつた。②腎盂内圧がこの範囲の上昇を来たし時，蠕動運動と思われる弱い週期的収縮波が起つた。この収縮波の性質と成因についての諸説と筆者の見解を述べた。

7) 腎剔除後の陳旧残存尿管についての検査から，①腎盂と全く関係のない尿管の任意の部分に蠕動運動を発動し得る能力があること，②この能力は長期間休止している尿管でも失われないこと，③尿管内に或る量の液体が進入し，その内圧が或る高さに達すれば蠕動運動を発動すること等の結論を得た。これらは尿管各部の持つ自律性という本性の一端を顕わしたものと考えた。

8) 尿管の obstruction に対する反応は膀胱内圧上昇に対する尿管の反応と一致する。又尿管下部の obstruction に対する腎盂内圧の反応は，かなり遅れて出現する。その変化は，①僅かの内圧上昇，②蠕動波と見える収縮波の出現である。

9) 薬物に対する尿管の反応として，Buscopan 静注により，18例中12例に注射後数分から蠕動運動の頻度の減少を認めたが，収縮波諸要素に特別の影響を認めなかつた。尿管の種々の薬物に対する反応についての従来の相反する見解を述べ，Buscopan の示した蠕動運動の頻度減少の機序について筆者の解釈を述べた。

10) 腎盂には内圧測定で蠕動運動が認められないという事実から起る2の疑問，即ち，①Narath その他がレ線学的に捕えた腎盂の収縮運動と，内圧測定で腎盂に収縮波を認めないという事実の間の矛盾をどう説明するか，②ureteral cone に蠕動運動が始発するのは如何なる機構によるかという疑問に対して，筆者の測定所見に基く説明を試みた。

おわりに，御指導，御校閲を賜わつた恩師柿崎教授，また種々御教示下された本学第二生理学教室，宮川教授，村田草先生に深謝致します。

文　献

①Baker, R. and Huffer, J.: Ureteral electromyography J. Urol., 70：874－883, 1953.
②Boyarsky, S. et al.: Integration of renal and ureteral function by intraluminal pressure J. A. M. A., 183：434, 1963. ③Cosma, D., Montanara, A. and Salomoni, E.: On pyeloureteral Motor Function in Kidney Resektion. Urol. int., 16：319, 1963. ④Davis, D. M.: The hydrodynamics of the upper urinary tract Ann. Surg., 140：839, 1954. ⑤Davis, D. M. and Zimskind, P. D.: Progress in urodynamics J. Urol., 87：243, 1962. ⑥Davis, D. M., Zimskind, P. D. and Paqust, J.P.: Studies on urodynamics; New light on ureteral function. J. Urol., 90：150, 1963. ⑦Davis, D. M. and Zimskind P. D.: Pathologic types of ureteral pressure graphs with remarks on their relation to lower tract obstruction J. Urol., 90：677, 1963. ⑧Durand, L. and J. Descotes: Experimental Study of Pyeloureteral Innervation. Lyons chir., 47：709. 1952. Davis (Ann. Surg., 140：839, 1954) より引用. ⑨Fuchs, F.: Die Hydromechanik der Niere; Anatomische und experimentelle Grundlagen, biologische und klinische Bedeutung, Ztschr, f. urol. Chir., 33：1－144, 1931. ⑩Gayet R.: L'uretère Intra-Mural. Étude Anatomo-Physiologique. Troubles Fonctionnelles et leur Traitement. Lyon Bosc. Frères M. & L. Riou. 1937. Kiil より引用. ⑪Kiil, F.: The function of the ureter and renal pelvis. W. B. Saunders Co. Philadelphia and London, 1957 ⑫Lauber, H. T. and Scherer, F.: Pyeloskopisehe Studien über den Entleerungsmechanismus des normalen Nierenbeckens. Fortschr. a. d. g. d. Röntgenstrahlen 61：222－233, 1940. ⑬Lutzeyer, W.: Harnleiterdruckmessung; Eine zusätzliche diagnostische Methode zur Erfassung der Harnleiterfunktion. Urol. int., 16：1－15, 1963. ⑭Melick, W, F. and Naryka, J. J.: Pressure studies of the normal and abnormal ureter in children by means of the strain gauge. J. Urol., 83：267, 1960. ⑮Melick, W. F., Brodeur, A. E. and Karellos D. N.: A suggested classification of ureteral reflux and suggested treatment based on cineradiographic findings and simultaneous pressure recordings by means of the strain gauge. J. Urol., 88：35, 1962. ⑯Melick, W. F., Brodeur, A. E., Karellos, D. N. and Naryka, J. J.: Abnormal hydrodynamics

of the bladder and ureters as a cause of ureteral reflux J. Urol., 88 : 38, 1962.
⑰Narath, P. A. : Renal pelvis and ureter New York. Grune & Stratton., 1951. ⑱Rutishauser, G. und Graber, P : Beobachtungen bei akuter Ureterstauung in klinischen Modelversuch. Z. Urol., 55 : 537, 1962. ⑲Rutishauser, G. und Graber, P. : Zur Harnwegdynamik bei wechselnder Urinfluβ. Urol. int., 16 : 16, 1963.
⑳宗　達也：尿管膀胱電図 Electro-ureterocystogram の研究. 泌尿紀要, 5 : 886, 1959.
㉑Turano : Cosma より引用. ㉒Weinberg, S. R. : Measurement of peristalsis of the ureter and its relation to drug. J. A. M. A., 175 : 15, 1961. ㉓Weinberg, S. R. : Application of physiologic principles to surgery of the ureter. Am. J. Surg., 103 : 549, 1962. ㉔Weinberg, S. R. : Electrophysiology of ureter ; Study by extraluminal recording electrode. J. Urol., 91 : 482, 1964.