

## 膀胱三角部と下部尿管の運動の相関性に関する 実験的研究

星ヶ丘厚生年金病院泌尿器科

中 新 井 邦 夫  
太 田 謙  
佐 藤 義 基

### AN EXPERIMENTAL STUDY ON RHYTHMICAL ACTIVITY OF THE BLADDER WALL AND THE LOWER URETER IN VARIOUS BLADDER VOLUME

Kunio NAKAARAI, Ken OHTA and Yoshiki SATO

*From the Department of Urology, Hoshigaoka Welfare Pension Hospital*

An experimental study on rhythmical activity of the bladder wall and the lower ureter in various bladder volume were carried out mainly by electromyography. The result revealed that the activity of the trigone had very close relation with the activity of the lower ureter. The trigone and the lower ureter showed marked contraction at once just before voiding. These activities are thought to be a functional unit.

The stimulation to the ureteral wall brought inhibitory effect to the same ureter and the accelerative effect to the other ureter.

This functional specificity of the trigone and the lower ureter may have close relation to vesico-ureteral reflux as well as stenosis of the lowermost ureter.

膀胱の充満時および排尿時における膀胱壁および尿管の運動状態を検討し、尿管膀胱移行部の機能的意義をあきらかにする目的で、以下の実験をおこなったので、実験成績を報告する。

#### 実 験 方 法

20羽の成熟家兎を用い、次のように膀胱壁および尿管の運動状態を記録した。

##### (1) 膀胱壁の活動電位の記録

ネンブタール麻酔の上で開腹し、膀胱三角部の筋層の全層を漿膜側から貫通して、釣針形の電極2本を極間距離5mm以内になるように刺し、双極誘導として筋電図を記録した。三角部の筋電図は常に記録することとし、膀胱前壁および側壁は、それぞれの実験例で別々に、半数は前壁を、半数は側壁を、三角部と同時に記録した。それぞれ釣針形の電極を使用し、三角部と同様に漿膜側から筋層を全層貫通して、双極誘導

として活動電位を記録した。膀胱内にはNo.4のネラトンカテーテルを尿道を通じて挿入し、これを、あたたかい生理食塩水に接続し、膀胱内の液体の量を調節した。この状態で膀胱の収縮がおこる場合に、カテーテル周囲から液体の流出がみられる場合、またはカテーテルが排出される場合を排尿状態とした。

##### (2) 尿管の活動性の記録

尿管内圧の記録は膀胱を用いた場合は、尿管口から乳児用の栄養チューブ(アトムのカテーテル)を挿入して、トヨタ精機のトランスジューサーを用いた万能内圧計に接続して記録した。膀胱を開かない場合は、膀胱漿膜側の近傍で、尿管に小切開を加え、そこから乳児用の栄養チューブを頭側に挿入して記録した。尿管筋電図の記録は、漿膜側から尿管に釣針電極を筋層に刺し、2本の釣針電極は、極間距離が、5mm以内、頭尾側に並べて刺し、双極誘導とした。1側の尿管は内圧の記録に、他側の尿管は筋電図の記録に用

いた。内圧記録用のカテーテルの先端は、全尿管長の中間にあり、尿管筋電図用の電極の位置は、それより尾側で、尿管全長の下 1/4 付近にあるようにした。

### (3) 実験のくみたち

空虚な膀胱の状態から、生理食塩水を充滿している、排尿までの膀胱尿管の運動状態を、上記の方法による記録で、多用途監視記録装置に記録し、できるかぎり同時記録とした。筋電図は一部連続写真撮影で記録した。排尿に関するモニターとして、会陰部より経皮的に球海綿筋または会陰横筋に双心針電極を刺入し外括約筋の筋電図を記録した。

## 実験結果

### (1) 膀胱内の尿量の変化に対する膀胱壁の運動状態

Fig. 1 に示すように、膀胱内の尿量が増加するにつれて、側壁および前壁の電気的活動が増加する。三角部の電気的活動の増加は、これより遅れて始まる。そして他の膀胱壁の収縮が極大期に達するまで比較的静止状態である。排尿と三角部の収縮状態との関係をあきらかにする目的で、外括約筋筋電図との関係をみたものが Fig. 2 である。外括約筋筋電図は、膀胱内の尿量の増加にもとない、電気的活動が増加し、排尿の数秒前からその活動を減じ、排尿中は電気的静止状態を呈するものであり、外括約筋の電気的活動性は膀胱壁に加わる緊張に対して反射的に認められるから(中新井, 1972)、外括約筋筋電図を指標として排尿状態との関係を記録することは合理的である。Fig. 2 では、膀胱が充滿し、排尿にいたる直前において、膀胱三角部の活動性が最大となり、排尿中で外括約筋が弛緩状態にあるときは、むしろ三角部の活動性が減ずるが、排尿の全期間を通じて活動あるいは収縮状態が認められる。この排尿中の膀胱壁の収縮状態は、三角部およびその他の膀胱壁とも、定常的な収縮状態が認められ、それぞれ、排尿の終了まで持続する(Fig. 3)。

### (2) 膀胱三角部の収縮と尿管の収縮状態

三角部の電気的活動が増加するにつれて、尿管の電気的活動もいちじるしく増加した。膀胱内に尿量がすくなくて、三角部の筋層に振幅の小さい、低頻度の活動が認められる時期には、尿管の電気的活動の頻度もそう多くはないが、膀胱の内容が増加するにつれて、尿管には、いちじるしい電気的活動の増加が認められる(Fig. 4)。膀胱内の容量の増加にともなうこの尿管の電気的活動の増加は、三角部の筋層における著明な電気的活動の増加が認められる以前からあきらかに認められた(Fig. 5)。つまり尿管の電気的活動の増加は、膀胱内の尿量の増加にもとない、その頻度を増し、三

角部の筋層の電気的活動が極大となるにおよんで、あいとも電気的活動が最大となる。このことは尿管内圧上の変化としてもとらえることができる(Fig. 6)。膀胱内容が増加し排尿の直前にいたり、三角部にいちじるしい電気的活動の増加が認められるとき、尿管内圧上の変化としては、1回の収縮の持続時間が延長し、単位時間当りの尿管収縮の頻度が増加する。

膀胱の内容量の増加にともなう、この尿管の電気的活動の増加を、三角部の粘膜または筋層に加わる刺激の効果と考えて、次のような実験をおこなった。膀胱三角部の尿管口周囲の粘膜下に生理食塩水を注入して、粘膜のみを剝離し、筋層を摂子によってけん引し、三角部の筋層に伸展刺激を加えた(Fig. 7)。この場合には、筋層の伸展刺激にともなう尿管に電気的活動の増加が認められた。次に膀胱の漿膜側から粘膜のみを残して、尿管口周囲の筋層を離断した。つまり尿管は膀胱と粘膜のみでつながっている状態である。この状態で、三角部の粘膜面を摂子によってけん引した(Fig. 8)。この状態では粘膜面をいかにけん引しても、尿管に電気的活動性の増加は認められなかった。

### (3) 両側尿管相互の運動の関係

膀胱三角部筋層に加わる伸展刺激が尿管の運動を亢進させる。それでは、1側の尿管に対する刺激状態が他側の尿管にどのような影響をもたらすかを検討する目的で以下の実験をおこなった。1側の尿管壁を摂子でけん引し、他側の尿管の筋電図を検討した(Fig. 9)。この状態では他側の尿管に著明な電気的活動の増加が認められる。尿管壁をけん引するという機械的刺激ではなくて、きわめて短時間のその他の刺激ではどうかという点を検討する目的で、1側の尿管の漿膜面に赤熱した鉄片を瞬間的に接触させた。その場合も他側の尿管には電気的活動の増加が認められるが、刺激側の尿管の電気的活動は著明に抑制される(Fig. 10)。

## 実験結果の要約

膀胱内容量が増加するにつれて、膀胱壁の電気的活動の頻度は、三角部以外の膀胱壁でまず増加し、排尿直前にいたり膀胱容量が最大になるとき、三角部に最大の収縮状態が認められる(Fig. 1 ~ 3)。三角部の最大収縮に先立って尿管の電気的活動の増加が認められるが、三角部の最大収縮時には、最大の尿管の収縮の増加が認められる。この状態は、膀胱三角部の粘膜面の刺激からは、ひきおこされることはなく、三角部の筋層に加わる伸展刺激からひきおこされる(Fig. 4 ~ 8)。三角部の収縮にともなう尿管収縮の亢進状態

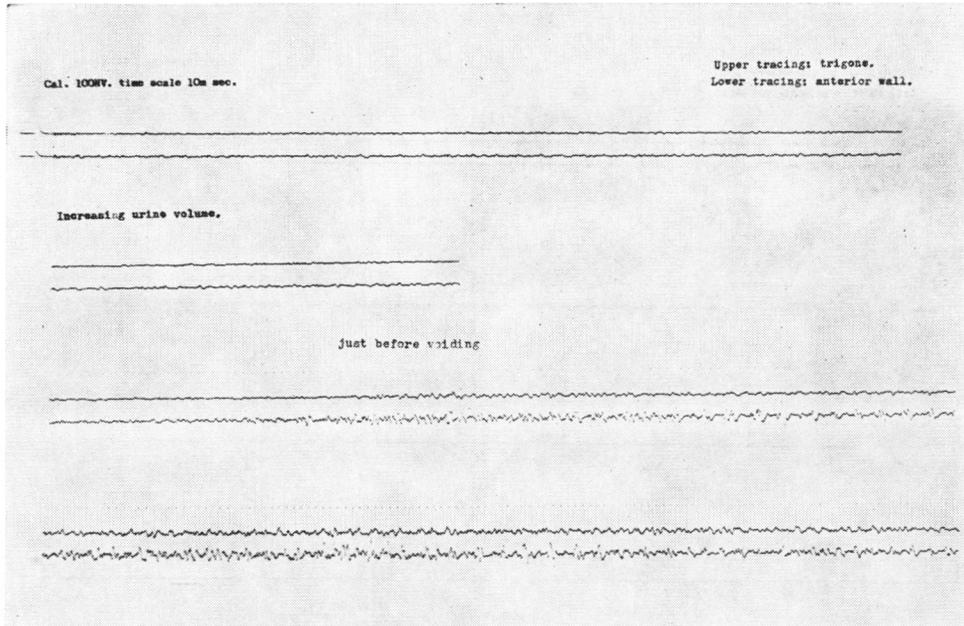


Fig. 1. 上から下へ膀胱内の尿量を増加させている。下2段は排尿直前の膀胱壁。膀胱内の尿量が増加するにつれて、側壁および前壁の電氣的活動が増加する。三角部の電氣的活動の増加はこれより遅れて始まる。各段とも上が三角部、下が前壁の筋電図。cal. 100 mcV, time scale 10 msec.

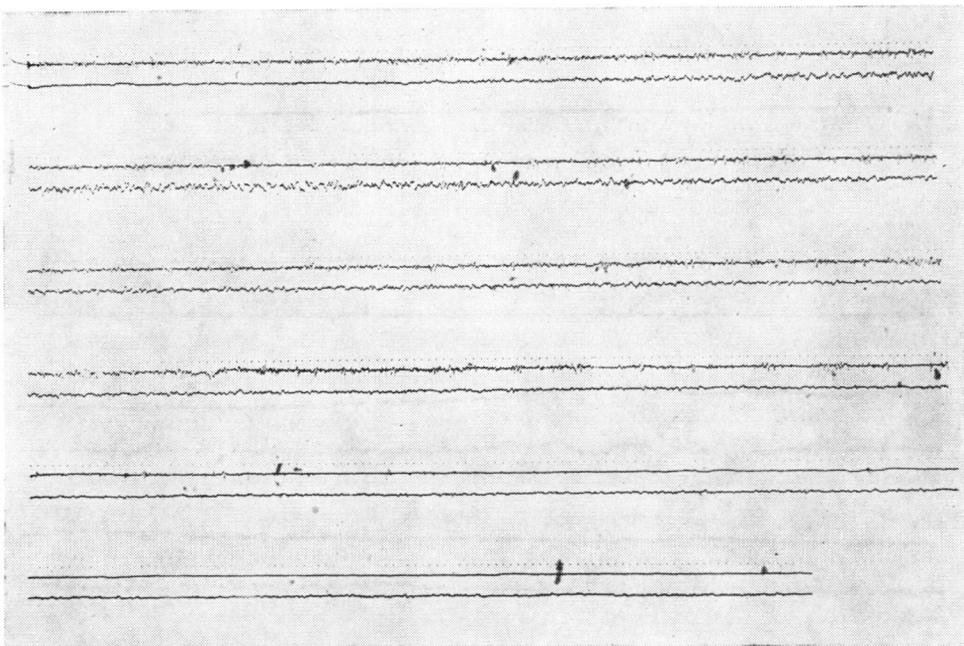


Fig. 2. 外括約筋筋電図と膀胱三角部の筋電図。膀胱が充滿し、排尿にいたる直前で三角部の活動性が最大となり、排尿中は、その活動性が減ずるが、排尿の全期間を通じて活動が認められる。上から下へ連続した記録、各段とも上は外括約筋、下は三角部。cal. 100 mcV, time scale 10 msec.

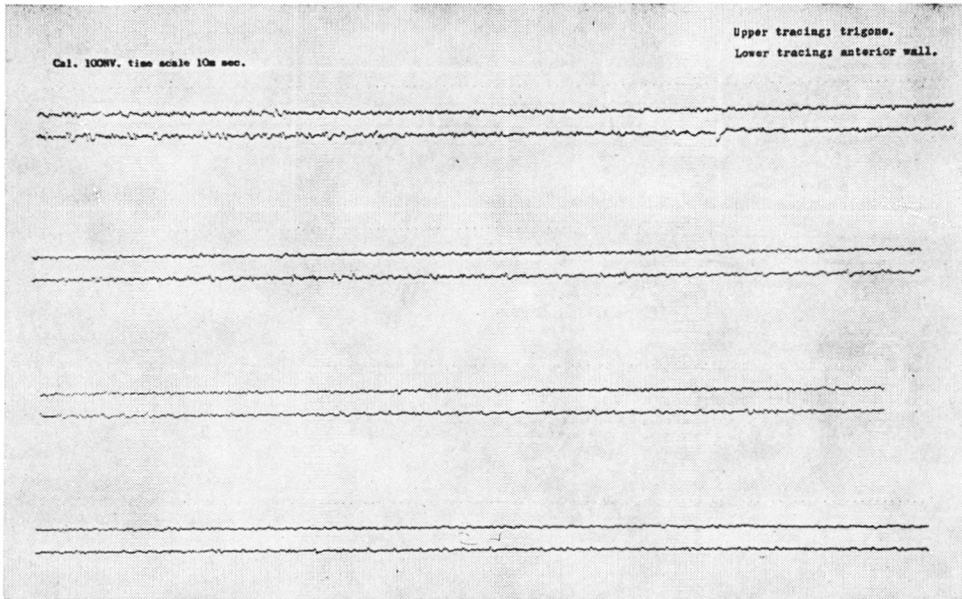


Fig. 3. 排尿直前から排尿中の膀胱壁の筋電図. 最上段は排尿直前, 2 段目から排尿中. 各段とも上は三角部, 下は前壁. 三角部および前壁とも, 排尿中は定常的な収縮状態が認められる. cal. 100 mcV, time scale 10 msec.

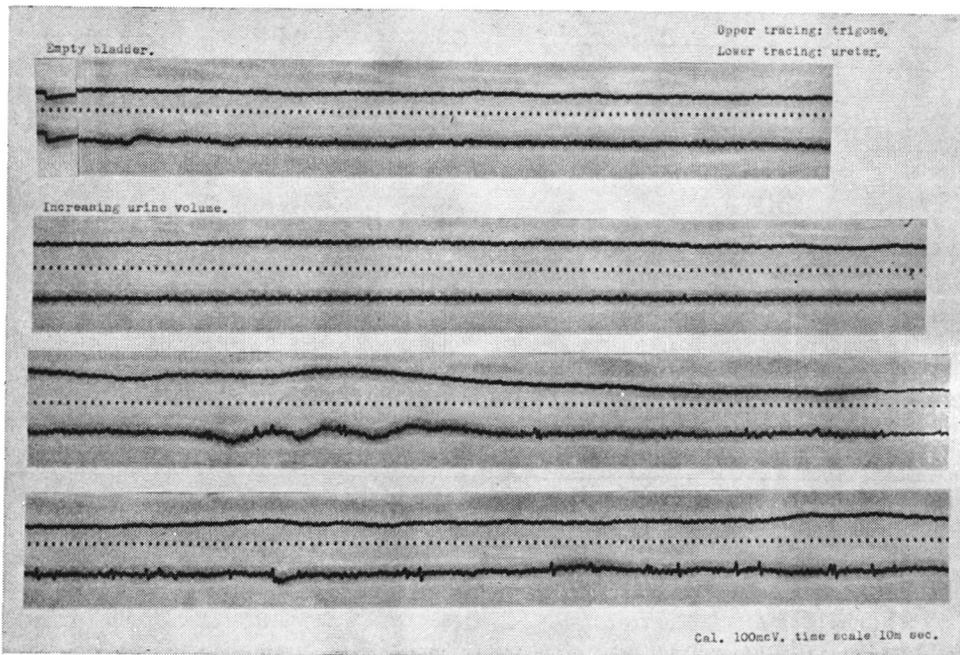


Fig. 4. 膀胱三角部の筋電図と尿管の筋電図. 上段は膀胱空虚時, 2 段目から下は連続した記録で, 膀胱内容が増加しつつある. 各段とも上は三角部, 下は尿管. cal. 100mcV, time scale 10 msec.

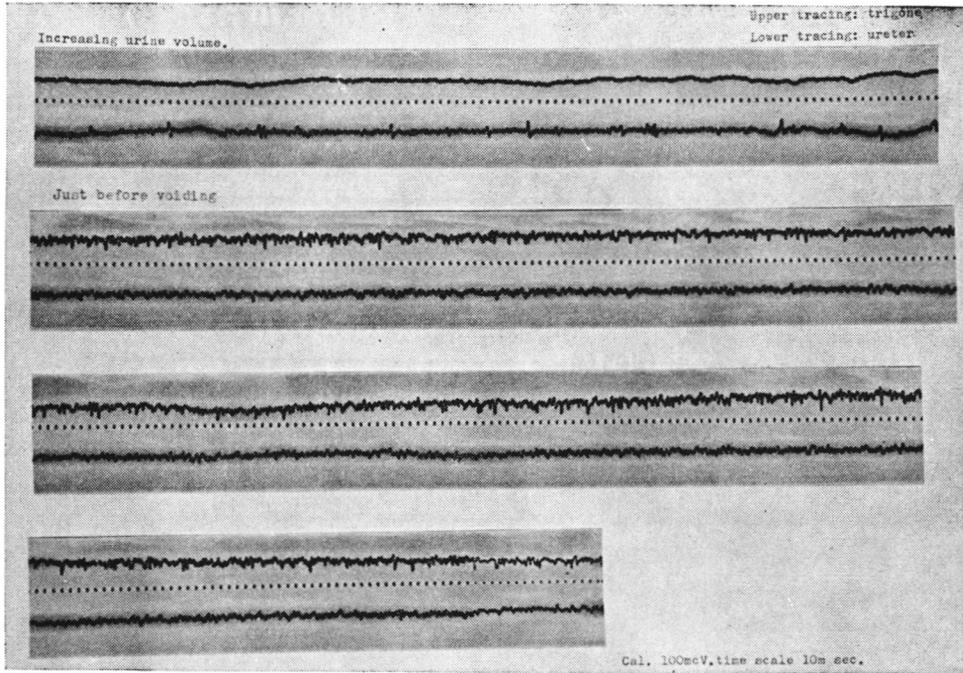


Fig. 5. 膀胱三角部の筋電図と尿管の筋電図. 上から下へ連続した記録. 膀胱内容が増加しつつある状態から排尿直前まで.

Fig. 4 と比較して, 膀胱内の内容の増加ともなる尿管の電氣的活動の増加は, 三角部の筋層における電氣的活動の増加に先立って出現し, 三角部の筋層の電氣的活動が最大となるにおよんで, あいとも最大となる.  
cal. 100 mcV, time scale 10 msec.

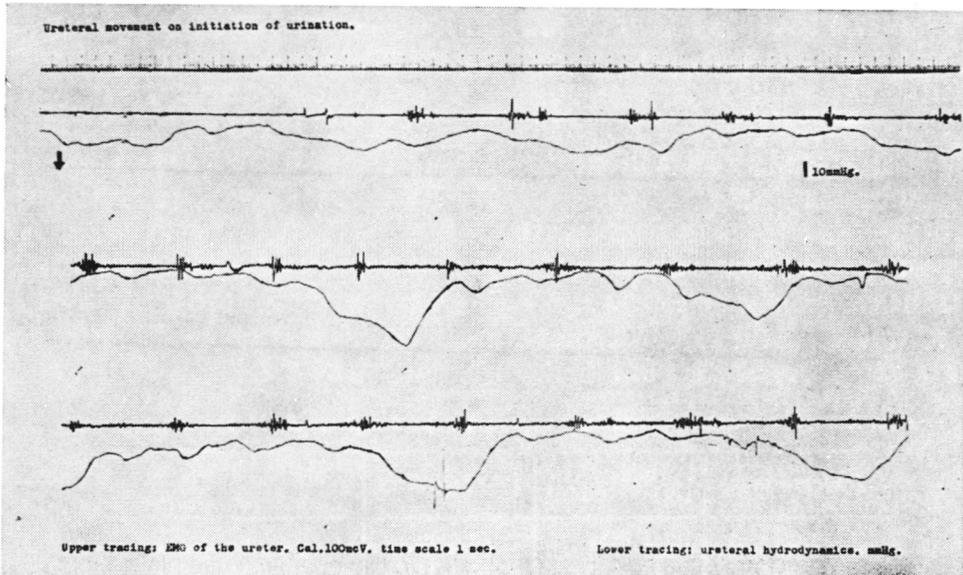


Fig. 6. 排尿直前における尿管筋電図と尿管内圧. 上は尿管筋電図, 下は尿管内圧, 尿管内圧は下向きにでている.

排尿直前の尿管内圧の変化としては, 1回の収縮の持続時間が延長し, 単位時間当たりの尿管収縮の頻度が増加する. 上から下へ連続した記録.

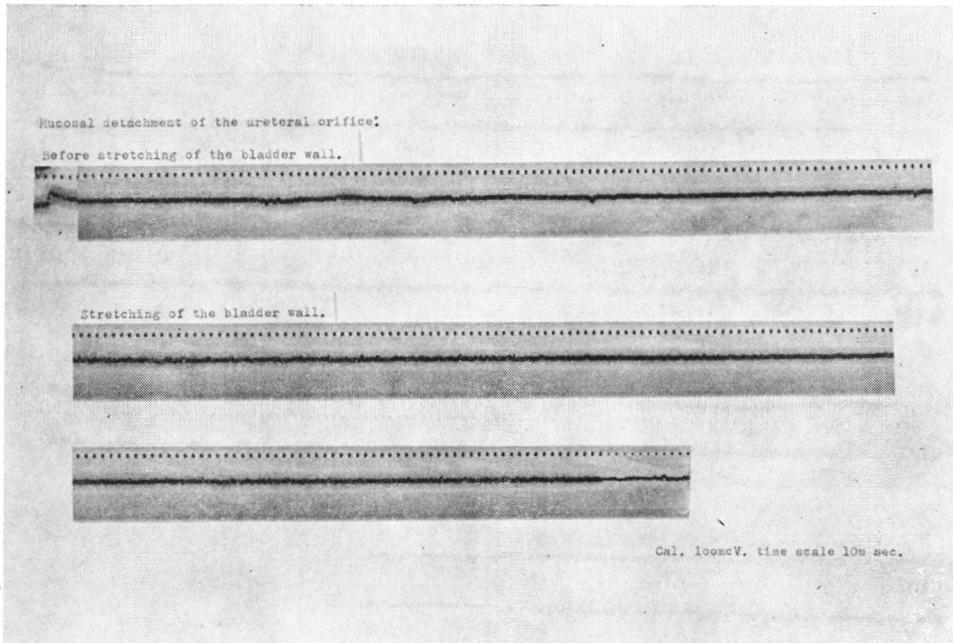


Fig. 7. 膀胱三角部周囲の粘膜を剝離し、筋層を摂子によってけん引し、三角部の筋層に伸展刺激を加えた。この場合には、筋層の伸展刺激にもなって尿管に電気的活動の増加が認められた。

cal. 100 mcV, time scale 10msec.

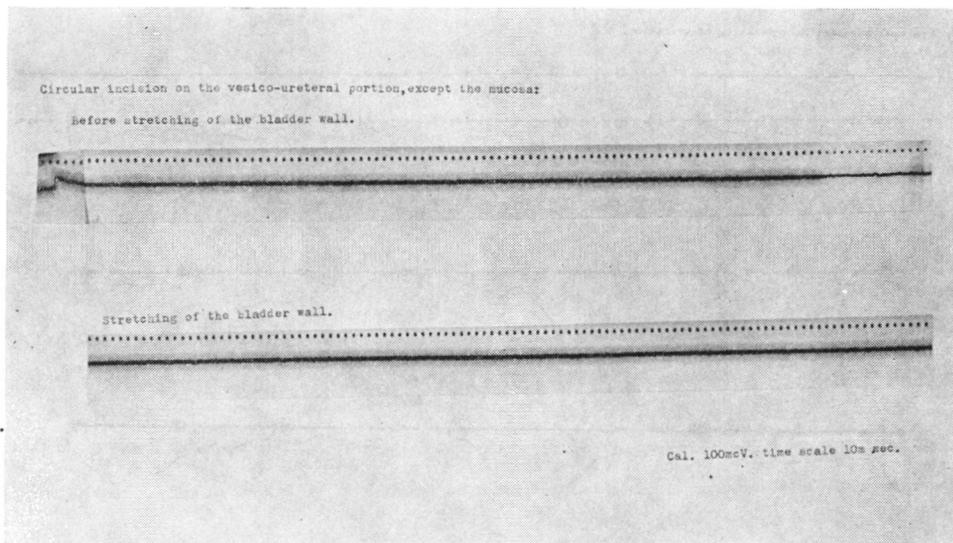


Fig. 8. 尿管口周囲の筋層を離断し、粘膜のみを残した状態で、三角部の粘膜面を摂子でけん引した。この状態では、尿管に電気的活動の増加は認められない。

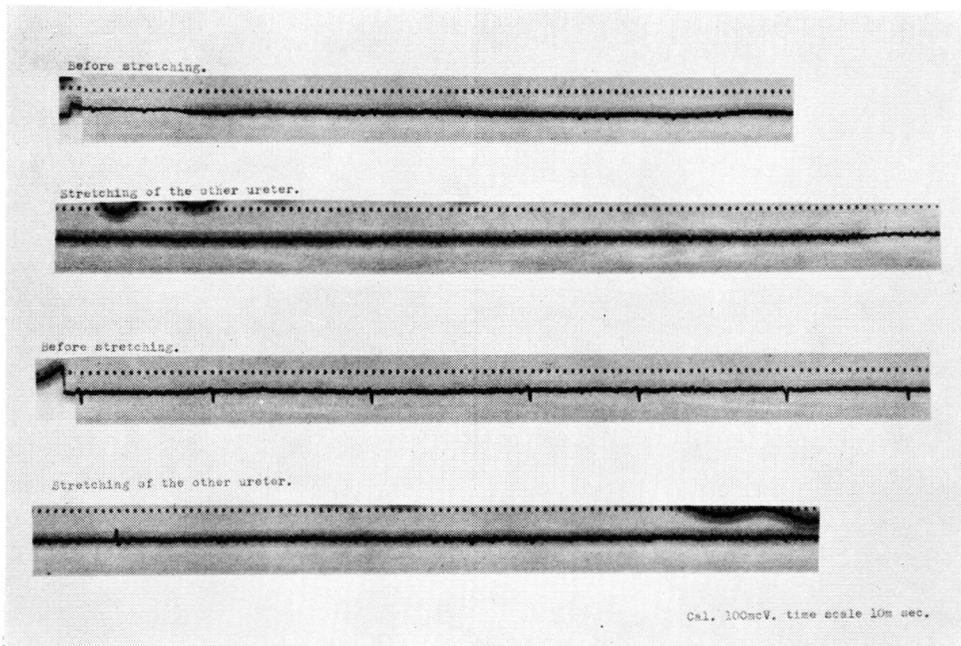


Fig. 9. 1側の尿管壁を摂子でけん引し、他側の尿管の筋電図を検討。他側の尿管に著明な電氣的活動の増加が認められる。  
cal. 100 mcV, time scale 10 msec.

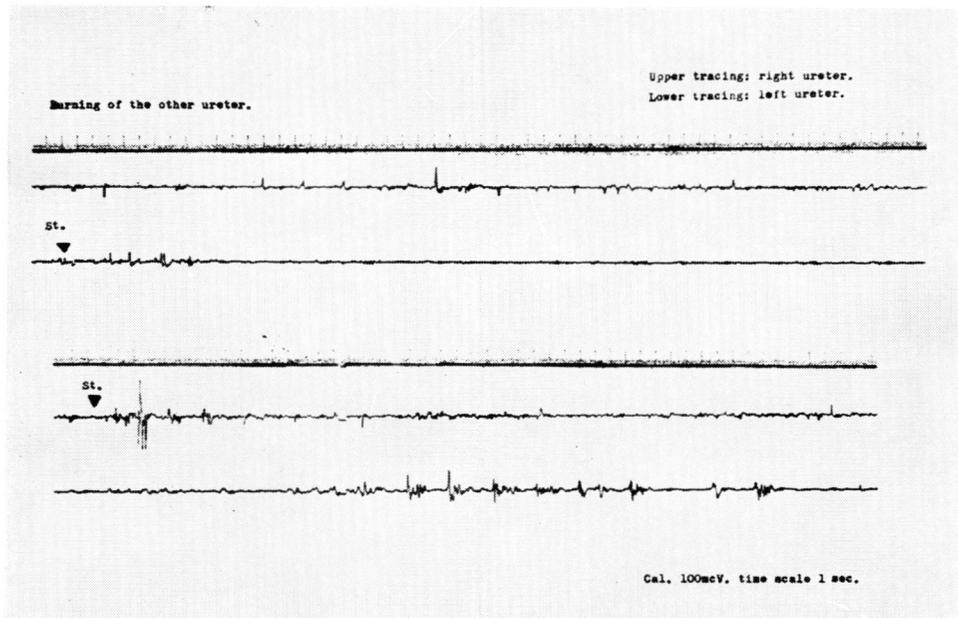


Fig. 10. 1側の尿管に赤熱した鉄片に触れる。他側の尿管に電氣的活動の増加、刺激側の尿管の活動は著明に抑制される。  
cal. 100 mcV, time scale 1 sec. St. は刺激。

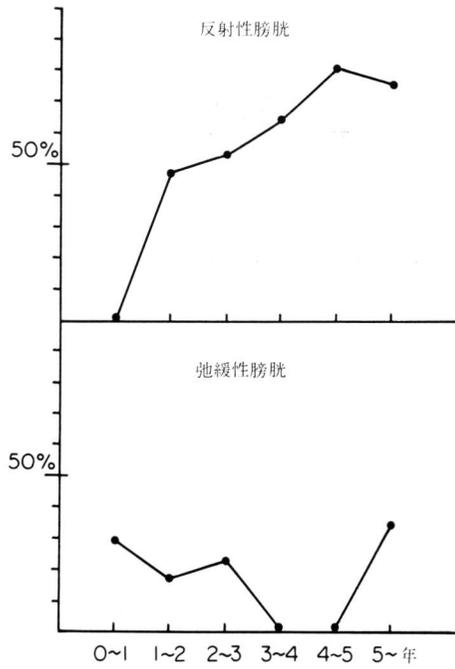


Fig. 11. 1972年7月より1973年10月末日までに星ヶ丘厚生年金病院でとりあつかった95例の成人の神経因性膀胱（反射性膀胱54例, 弛緩性膀胱41例）の受傷後の年数別にみた上部尿路の拡張性変化。反射性膀胱では受傷後の年数の経過とともに上部尿路の拡張性変化が増加する。

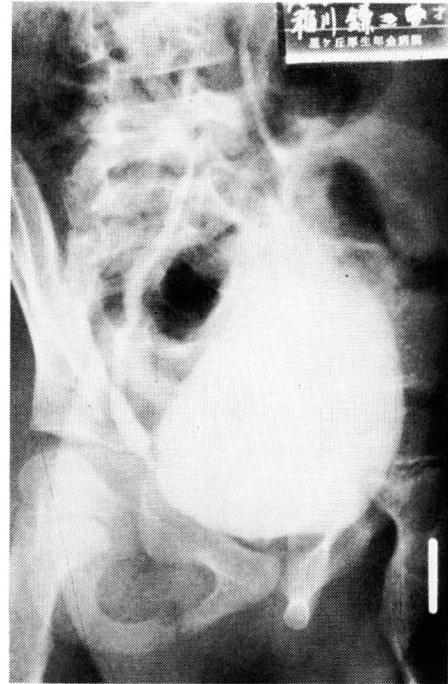


Fig. 13. 弛緩性膀胱における膀胱尿管逆流現象

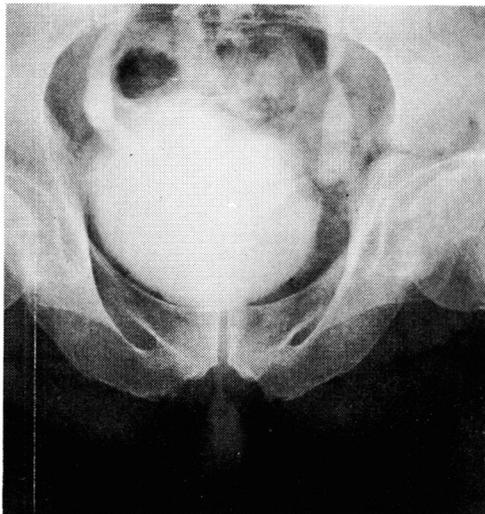


Fig. 12. 反射性膀胱における尿管下端の狭窄性変化：腎盂撮影後

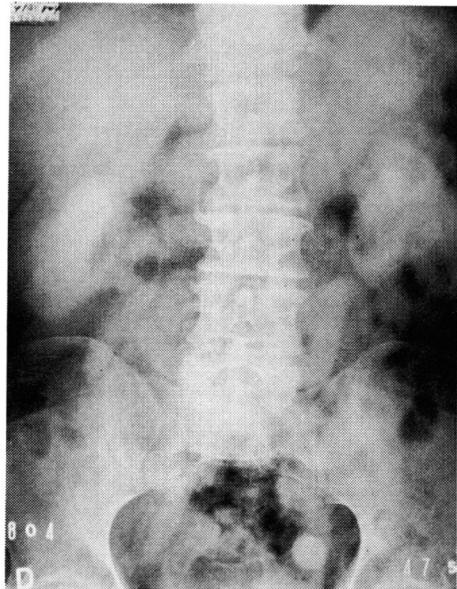


Fig. 14. A 反射性膀胱の症例で、いちじるしく拡張した上部尿路

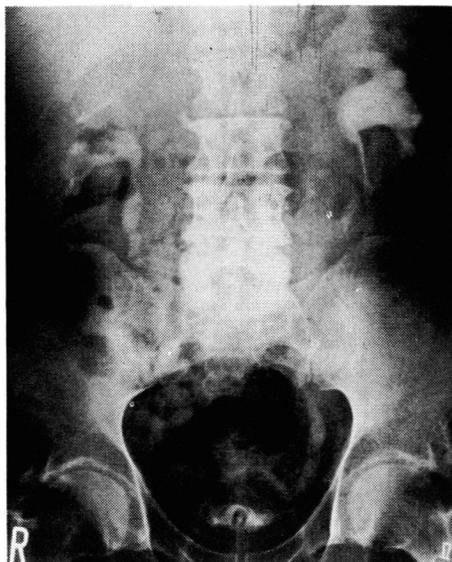


Fig. 14. B Aの症例に留置カテーテルを置いた。6カ月後に上部尿路の機能形態に著明な改善が認められる。

は、尿管内圧の変化によってもあきらかに認められる (Fig. 6)。内圧の変化は、振幅の増大と単位時間当りの収縮回数の増加および収縮時間の延長がその特徴である (Fig. 9 ~ 10)。

尿管相互の運動関係については、尿管の伸展および熱刺激により刺激側の尿管の収縮の抑制および他側の尿管の収縮の亢進状態が認められる。

## 考 察

(1) 膀胱三角部と下部尿管の運動状態との関連について

膀胱壁の律動的収縮状態は、尿量の増加にもなつて増強し、排尿の直前にいたつて、もつとも強い収縮状態となるが、膀胱三角部は他の膀胱壁とことなつて、膀胱内の尿量が最大になつた排尿直前にのみ最大の収縮をおこさない、尿量の少ないときは、比較的定常状態の、頻度のすくない律動的収縮をおこなっている部分である。そして三角部の最大収縮にもなつて、下部尿管に同時に最大の収縮状態が認められることは、膀胱三角部と下部尿管の運動とが別個のものではなくて、機能的に相関した1つの単位であることを示すものである。われわれの実験結果からは、この運動の相関状態は粘膜面の直接刺激からは、ひきおこされず、三角部の筋層に加わる伸展刺激が、そのまま下部尿管の収縮をひきおこす刺激となつていることが推定される。

排尿直前の膀胱充満の状態では、このように膀胱三角部と尿管の収縮状態が認められるわけであるが、この場合の尿管の収縮状態は、膀胱内への排尿を直接意味しない。すなわち、膀胱鏡検査のさいに極端に膀胱を充満させるとき、尿管口からの尿の排泄が停止することはしばしば経験する事実である。Andersonら(1971)は、この事実を整理して、次のように述べている。膀胱内圧が平均45cm水柱程度になると尿管口からの尿の排出が停止する。そしてこのような膀胱内圧を示す場合の膀胱内容は、正常者では500ないし1,100 mlであるが、肥厚した膀胱壁を有する膀胱では、この値は200ないし800 mlと少なくなつている。その場合の尿管内圧上の変化として、固有の尿管内圧および尿管の収縮圧は上昇し、収縮波形は複雑となり、筋電図では尿管の活動の亢進が認められる。この成績はわれわれの実験結果と一致する。

このように尿管内圧の亢進があきらかに認められるにもかかわらず尿管口からの排尿が認められないことは、三角部筋層と下部尿管の収縮活動の亢進という機能自身が、尿管口からの排尿を抑制するという解剖学的構造が存在することが推定される。Gil Vernet(1970)は、組織学的研究によつて、最近、機能的な意味とあわせて、このような構造を指摘している。尿管の筋肉組織のうち外側を占める縦線維は、膀胱壁に近づくにつれて、その数を減ずるのに対して、尿管内側を占める輪状線維は膀胱壁内でその数を増し、膀胱壁内で豊富に存在する尿管の輪状筋は、真の意味で括約筋としてはたらくものとして prevesical sphincterと呼んでいる。

尿管下端が、このような構造をとるならば、膀胱三角部の収縮にもなつて下部尿管の高度の収縮状態は、輪状筋の収縮という点で、機能的に膀胱尿管逆流を防止する機構となるものと考えられる。三角部および尿管下部のこの機能は、膀胱壁内での尿管の斜走行とともに、膀胱尿管逆流防止機構であるが、逆に、膀胱の緊満時には尿管下部における機能的狭窄としての役割をも果すものと考えられる。

(2) 神経因性膀胱との関係について

反射性膀胱を有する症例と弛緩性膀胱を有する症例とを受傷後のさまざまな年数で比較すると、尿管下端の狭窄性変化を中心とする上部尿路の拡張は反射性膀胱の場合に多く認められ、年数の経過とともに、その数を増す (Fig. 11, 12)。弛緩性膀胱の場合には、尿管下端部の狭窄性変化はすくなく、膀胱尿管逆流現象が多くなる (Fig. 13)。反射性膀胱の場合の尿管下端

部の狭窄と上部尿路の拡張は、尿道に留置カテーテルを置くことで (Fig. 14), 改善を認める場合がしばしば認められることは、この方面にたずさわる者の間で周知の事実である。つまり反射性膀胱では膀胱内に尿を貯留するということじたいが尿管下端部の狭窄をひきおこすことになる。このことはすくない尿量で反射的収縮をくりかえす場合には、三角部および下部尿管の収縮が頻回に反復される。また肥厚した膀胱壁では Anderson ら (1971) によると、この反応がひきおこされるべき膀胱容量の閾値が減少するという効果とあいまって、長年月の間には膀胱壁内尿管は機能的狭窄部となりうるものと考えられる。

逆に弛緩性膀胱では、膀胱壁が収縮しえない条件下にあり、このような場合には、三角部および下部尿管が一体となった強力な収縮が膀胱の充満ともなって起こりえないわけであり、機能的な逆流防止機構がはたらきえない状態となり、膀胱尿管逆流が起こりやすい状態にあるものと考えられる。

このような点で、排尿直前の膀胱緊満状態において、膀胱三角部と下部尿管が、機能的に1つの単位であるような運動状態は、膀胱の病的状態で認められる尿管下端部の狭窄や、膀胱尿管逆流現象を理解する上に重要な機構と考えられる。

## 結 語

膀胱内の尿量の変化にともなう膀胱壁および下部尿管の運動状態の変化を主として筋電図より実験的に検討し、膀胱三角部が他の膀胱壁とは異なった運動状態を呈すること、膀胱三角部と下部尿管とが機能的単位として、排尿直前の膀胱内圧の亢進にさいしてともに高度の収縮をおこなうことを示した。また1側尿管の刺激状態が、その側の尿管の運動の抑制と他側尿管の運動の亢進にはたらくことを示した。また、この膀胱三角部と尿管下端の運動状態は、尿管下端部の狭窄や膀胱尿管逆流現象の理解に役立つものである点を考察した。

## 文 献

- 1) Anderson, G. F., Pierce, Jr. I. M. and Fredericks, C. M.: Uroynamics, edited by Boyarsky, Gottshalk, Tanago and Zimskind, Academic Press, New York and London, 1971.
- 2) Gil Vernet, S.: Publico en "Archives Espanoles de Urologica", 23: No. 3, 1970.
- 3) 中新井邦夫: 泌尿紀要, 18: 353, 1972.

(1974年1月26日受付)