

除脳犬を用いた骨盤および下腹神経切断時の 排尿動態に関する研究

秋田大学医学部泌尿器科学教室（主任：土田正義教授）

福 田 孝

EFFECTS OF THE PELVIC AND HYPOGASTRIC NERVE TRANSECTION ON THE MICTURITION CYCLE IN THE DECEREBRATE DOGS

Takashi FUKUDA

From the Department of Urology, School of Medicine, Akita University

(Director: Prof. S. Tsuchida)

The effect of the transection of the pelvic and hypogastric nerves on the whole micturition cycle including the collecting and emptying phases was evaluated on the decerebrate dogs which exhibit highly consistent urodynamic parameters during a series of micturition cycles. Urodynamic parameters of each phase before and after each nerve transection were measured by pressure flow electromyographic studies and compared using the paired t test. Urodynamic parameters in the collecting phase consisted of threshold volume, threshold pressure, opening pressure and bladder compliance. Urodynamic parameters in the emptying phase consisted of voided volume, residual volume, residual ratio, contraction pressure, maximum flow rate and voiding time.

Unilateral pelvic nerve transection produced a significant increase in threshold volume and bladder compliance and a significant decrease in threshold pressure during the collecting phase. There was a significant increase in residual volume and residual ratio and a significant decrease in contraction pressure and maximum flow rate during the emptying phase. After bilateral pelvic nerve transection, bladder did not contract and overflow incontinence occurred. Therefore, the pelvic nerves are considered to play an important role in both the collecting and emptying phases.

Unilateral hypogastric nerve transection produced a significant decrease in threshold volume, threshold pressure and opening pressure during the collecting phase. There was a significant decrease in contraction pressure during the emptying phase. Bilateral pelvic nerve transection produced a significant decrease in threshold volume, threshold pressure and opening pressure, and a significant increase in bladder compliance during the collecting phase. There was a significant decrease in voided volume and contraction pressure during the emptying phase. Therefore, the hypogastric nerves are considered to play a certain role in the collecting phase.

Key words: Pelvic nerve, Hypogastric nerve, Decerebrate dog, Pressure flow EMG study

緒 言

排尿は膀胱および尿道を構成する平滑筋と尿道横紋筋の協調運動により成立する。下部尿路の平滑筋機能は末梢レベルでは骨盤および下腹神経の支配を受けており^{1,2)}、両神経の下部尿路機能に対する関与について、これまで、多くの研究³⁻⁶⁾が行なわれてきたが、必ずしもすべてが解明されたとはいえない。

骨盤神経は、排尿時には膀胱体部に分布する副交感

神経系の遠心性線維を介して膀胱収縮を起こすとされ⁴⁾、蓄尿時にはこの神経の求心性線維が膀胱の知覚神経終末からのインパルスを脊髄内に伝達していることから⁵⁾、何らかの機能的関与をしていると推定されるが、その検討はあまり行なわれていない。

また、下腹神経中に含まれる交感神経系の遠心性線維は膀胱および後部尿道に分布し、蓄尿時に膀胱頸部および後部尿道を収縮させるとともに、副交感神経節に抑制的に働き、膀胱の緊張を減弱させるとされている。

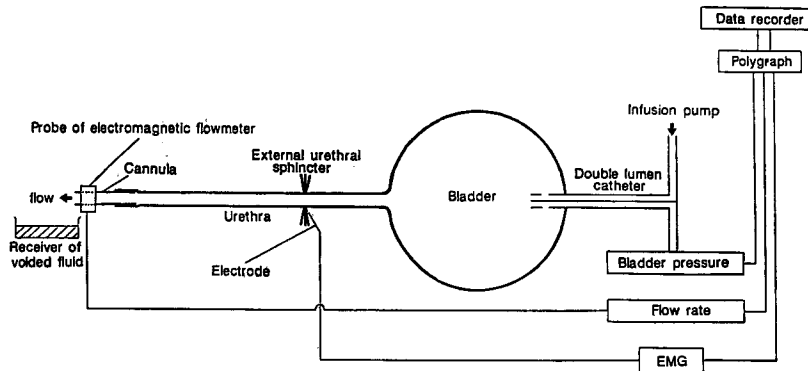


Fig. 1. 実験方法の模式図。

る¹⁰⁾。一方、排尿時には副交感神経からの抑制を受けて尿道を弛緩させるとする考え方も提唱されている¹¹⁾。しかし、蓄尿時と排尿時のいずれに対しても、どの程度関与しているか、いまだ見解は一致していない¹²⁻¹⁶⁾。

私は骨盤神経および下腹神経の排尿動態における役割をより明らかにするには膀胱および尿道の活動を、蓄尿の開始時から排尿の終了まで連続的に観察し、さらに蓄尿時と排尿時とに区分して両神経の役割を検討することが必要であると考えた。そこで、全身麻酔を行なわなくても脳幹網様体排尿中枢の働きにより、膀胱の伸展に対して力強い収縮を起こす除脳犬¹⁶⁾を実験モデルとして、両神経切断前後における排尿動態の変動を詳細に検討した結果、興味ある知見を得たので報告する。

実験対象および方法

実験対象として重さ 5~12 kg の雑種成犬 20 頭を使用した。実験は予備操作として除脳を行ない、つぎに反射性排尿を誘発して膀胱内圧、外尿道括約筋電図の同時記録および尿流量の測定を行なった。さらに骨盤および下腹神経を各 10 頭ずつ片側、ついで残りの一側を切断し、同様の測定を行なって排尿動態の変化を観察した。

以下、実験方法の詳細を述べる。除脳および実験モデル作製は次のようにして行なった。thyamylal sodium (15 mg/kg) の静脈内投与で麻酔を導入し、気管切開を加えて自発呼吸で管理した。ついで、開頭し、前四丘体レベルで除脳した。体位を仰臥位に固定し、下腹部に正中切開をおいて腹圧の影響を除去し、両側の尿管、膀胱および尿道を露出した。尿が膀胱に流入しないように、4 Fr. カテーテルを尿管内に挿入し、尿を直接体外に導出した。次に、骨盤神経は膀胱神経叢より約 1 cm 中枢側の部位で、下腹神経は

下腸間膜神経叢より約 2 cm 末梢側で剝離露出し、絹糸をかけて切断に備えた。

次に、排尿動態の観察法として膀胱内圧、外尿道括約筋電図および尿流量の同時記録法を用いたが、そのため Fig. 1 に示すような操作を行なった。膀胱内圧の測定は、膀胱頂部より 2 腔カテーテル¹⁷⁾を膀胱内に挿入し、一方の腔を Harbard pump に接続し、注入速度 0.1~0.2 ml/min/kg で反射性排尿あるいは溢流性尿失禁が生じるまで膀胱内に注入した。他方の腔は圧測定路として圧トランスジューサー (statham P50) に連結後、圧アンプ (日本光電, AP 6000 G) を介して膀胱内圧を記録した。

外尿道括約筋電図は、直径 0.1 mm のステンレス製鉤針型ワイヤー電極 (MT 技研) を用いて、腹部切開創より直視下に刺入し、双極誘導で導出した。さらに中継コードを介して筋電図用プリアンプ (日本光電 4 AB6000 G) に連結して記録した。

尿流量の測定は太さ 12 Fr. 長さ 2 cm のカニューレを用いて、外尿道口部から約 1 cm 尿道内に挿入固定した。次にカニューレの先端を日本光電製矩形波電磁流量計体外式プローブ (内径 4 mm) に連結し、電磁流量計 (日本光電, MF26) を用いて記録した。

以上の膀胱内圧、外尿道括約筋電図および尿流量の同時記録は、ポリグラフ (日本光電, RM6000) を用いて、paper speed 50 mm/min で記録した。なお、すべての実験記録はデータレコーダー (TEAC, MR10) にも収録した。

排尿動態における各パラメーターの区分は、膀胱内圧、外尿道括約筋電図および尿流量曲線の同時記録において、膀胱内注入液の排出が始まるまでを蓄尿時とし、それ以後を排尿時とした。蓄尿時のパラメーターとしては、膀胱容量 (threshold volume, ml)、膀胱収縮誘発閾値圧 (threshold pressure, cmH₂O)、膀胱コンプライアンス (bladder compliance, ml/

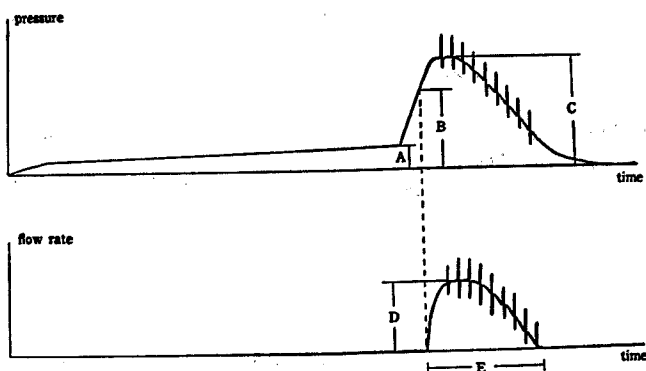


Fig. 2. 膀胱内圧曲線と尿流量曲線同時記録法の模式図；
A: Threshold pressure, B: Opening pressure,
C: Contraction pressure, D: Maximum flow
rate, E: Voiding time.

cmH₂O)の3項目に、蓄尿と排尿の境界にあたる開口時内圧(opening pressure, cmH₂O)を加えた4項目とし、排尿時のパラメーターとしては、排尿量(voided volume, ml), 残尿量(residual volume, ml), 残尿率(residual ratio, %), 最大膀胱収縮圧(contraction pressure, cmH₂O), 最大尿流量(flow rate, ml/sec), 排尿時間(voiding time, sec)の6項目とした(Fig. 2).

各パラメーターは以下のようにして測定した。排尿量は外尿道口先端に装着した電磁流量計プローブより排出された膀胱内注入液を容器に採取して測定し、残尿量は排尿終了後に2腔カテーテルの注入路より膀胱内の残液を吸引して測定した。残尿率は膀胱容量に対する残尿量の比として算出した。最大膀胱収縮圧および最大尿流量は外尿道括約筋の律動性攣縮による尖波を除いた最高値を測定した。排尿時間は尿流量曲線の上昇開始から基線に戻るまでの時間を測定した。膀胱容量は膀胱内注入開始から反射性膀胱収縮が始まり注入を止めるまでの注入量とし、膀胱収縮誘発閾値圧は反射性膀胱収縮開始時の膀胱内圧とした。開口時内圧は尿流量曲線の上昇開始時の膀胱内圧を測定した。なお、開口時内圧の測定は、通常の記録速度では膀胱収縮時の膀胱内圧上昇が急速で測定に誤差が生じやすいため、いったんデータレコーダーに収録したものを高速再生して行なった。膀胱コンプライアンスは膀胱容量と膀胱収縮誘発閾値圧から算出した。

排尿動態の観察は実験モデルを仰臥位で開腹した状態にて、骨盤および下腹神経の切断前、片側切断後、両側切断後の各条件下で行ない、いずれも膀胱内容を必ず空虚にした後、膀胱内注入を開始した。なお、実験は除脳後3時間以上放置し、麻酔の影響が消失して

から開始した。神経切断は絹糸をかけた部位で行ない、神経切断後の膀胱内注入は切断30分後より開始した。

各群の測定値については、paired-t-testにより推計学的検討を加え、危険率5%以下を有意の変化とした。

実験結果

神経切断前の排尿動態、骨盤神経切断実験、下腹神経切断実験の順序で結果を述べる。

1) 神経切断前の排尿動態

神経切断前には対象とした20頭全例において再現性の良好な排尿動態が出現した。すなわち、生理的食塩水の膀胱内注入につれて膀胱内圧が徐々に上昇し、外尿道括約筋の電氣的活動も高まった。膀胱内圧が膀胱収縮誘発閾値圧まで達すると外尿道括約筋の電氣的活動が消失して膀胱収縮と排尿が生じ、いわゆる利尿筋・括約筋協調運動を示した。膀胱内圧が最大に達した後、外尿道括約筋の律動性攣縮が肉眼的にも筋電図上にも観察され、排尿が終了するまで継続した。外尿道括約筋の律動性攣縮に同期して、膀胱内圧曲線と尿流量曲線にも小刻みな尖形の変動がみられた。肉眼的観察では、排尿終了後の膀胱は球状となった。

2) 骨盤神経切断群の排尿動態

10頭を対象として片側骨盤神経切断、ついで両側骨盤神経切断を行なった。

a) 片側骨盤神経切断群の排尿動態

片側骨盤神経切断後にも神経切断前と同様に再現性のある膀胱収縮と排尿が生じ、利尿筋・括約筋協調運動を示したが、膀胱内圧曲線および尿流量曲線は神経切断前と比較して明らかに減弱していた(Fig. 3)。肉

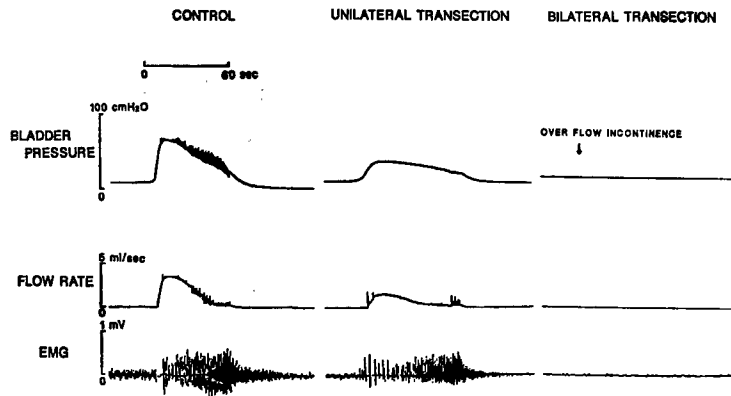


Fig. 3. 骨盤神経切断前後の膀胱内圧，尿流量，外尿道括約筋電図の同時記録.

Table 1. 骨盤神経切断前後の排尿動態パラメーターの反応.

	Threshold Volume (ml)	Threshold Pressure (cmH ₂ O)	Opening Pressure (cmH ₂ O)	Bladder Compliance (ml/cmH ₂ O)
Control (n=10)	87.7±49.7	11.6±2.8	34.1±21.0	7.9±5.5
Transection (Percent of control)	119.2±70.4* (135.9%)	14.5±6.7* (125.0%)	30.2±18.5 (88.6%)	10.5±7.2* (129.1%)

	Voided Volume (ml)	Residual Volume (ml)	Residual Ratio (%)	Contraction Pressure (cmH ₂ O)	Maximum Flow Rate (ml/sec)	Voiding Time (sec)
Control (n=10)	60.0±36.6	27.7±28.6	27.7±22.1	53.6±17.6	3.7±1.7	27.0±14.3
Transection (Percent of control)	43.7±32.1 (72.8%)	75.5±56.6* (272.6%)	58.4±24.6* (237.4%)	41.3±16.5* (77.1%)	2.6±1.9* (70.3%)	23.1±10.7 (85.6%)

p < 0.05

(mean±S.D.)

* statistical significance between control and unilateral transection groups

眼的観察では切断側の膀胱には収縮が認められず，排尿終了後の膀胱は半球状の形態を示した。

推計学的に検討すると，排尿時のパラメーターでは，残尿量と残尿率が著明に上昇し，最大収縮圧と最大尿流量が有意に低下した。蓄尿時のパラメーターでは，膀胱容量，膀胱収縮誘発閾値圧および膀胱コンプライアンスが有意に上昇した (Table 1)。Fig. 4, 5 は各個体における排尿および蓄尿動態パラメーターが神経切断前と片側切断後に示した変動である。

b) 両側骨盤神経切断群の排尿動態

両側骨盤神経切断により膀胱収縮は消失した。すなわち，生理的食塩水の膀胱内注入に連れて膀胱内圧は徐々に上昇したが，切断前の膀胱収縮誘発閾値圧を越えても膀胱収縮は起こらず，溢流性尿失禁の状態とな

った (Fig. 3)。尿失禁の開始は，電磁流量計にて確認することが困難なため排尿動態パラメーターを測定できなかった。

3) 下腹神経切断群の排尿動態

10頭を対象として片側切断，ついで両側切断を行なって排尿動態を観察した。

a) 片側下腹神経切断群の排尿動態

片側下腹神経切断後にも神経切断前と同様の膀胱収縮と排尿が生じ，利尿筋・括約筋協調運動を示した (Fig. 6)。膀胱および尿道の動きは肉眼的にも神経切断前と比較して変化がなかった。

切断後と切断前の排尿動態パラメーターの変動についての推計学的に検討すると (Table 2)，蓄尿時のパラメーターでは，膀胱容量，膀胱収縮誘発閾値圧およ

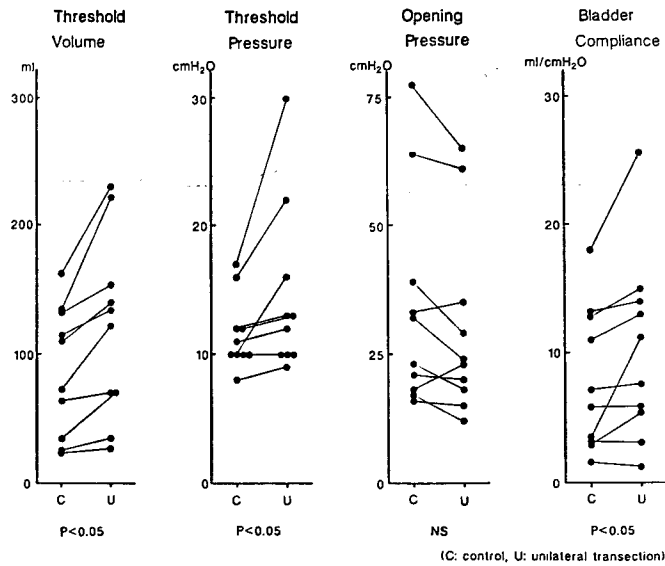


Fig. 4. 各実験モデルにおける骨盤神経切断前後の排尿動態蓄尿時パラメーターの変動。

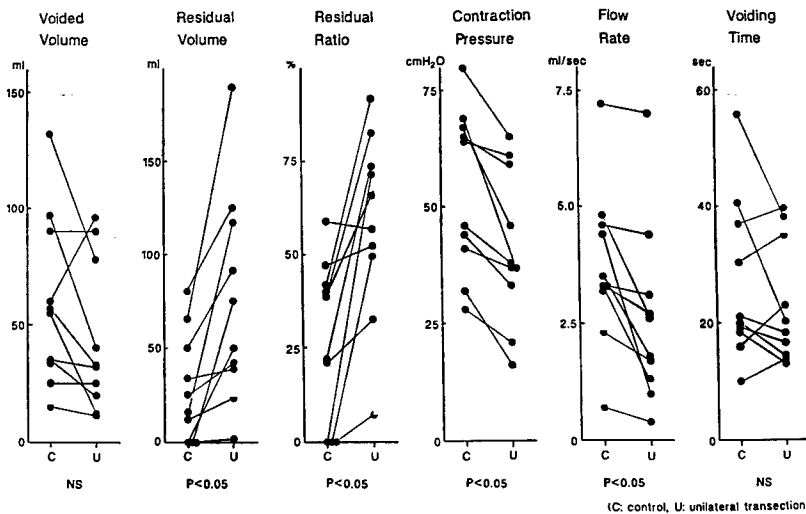


Fig. 5. 各実験モデルにおける骨盤神経切断前後の排尿動態排尿時パラメーターの変動。

び開口時内圧が有意に低下した。また、排尿時のパラメーターでは最大収縮圧のみが有意に低下した。

b) 両側下腹神経切断群の排尿動態

両側下腹神経切断後も、神経切断前と同様の膀胱収縮と排尿が生じ、利尿筋・括約筋協調運動を示した (Fig. 6)。肉眼的にも神経切断前と変化がなかった。

両側切断後と切断前とを推計学的に検討すると (Table 2)、蓄尿時のパラメーターでは膀胱容量、膀胱収縮誘発閾値圧および閉口時内圧が有意に低下し、膀胱コンプライアンスが有意に上昇した。また、排尿時のパラメーターでは、排尿量と最大収縮圧が有意に

低下した。

Fig. 7, 8 は合個体における蓄尿および排尿時の排尿動態パラメーターが神経切断前、片側、両側切断後に示した変動である。

考 察

下部尿路における末梢自律神経の働きを排尿動態の中で捉え検討するにあたり、実際に排尿が生じる実験モデルの作成が必須となる。通常行なわれている麻酔下での動物実験では、下部尿路機能が抑制されるために、膀胱および尿道の活動性が低下することが指摘さ

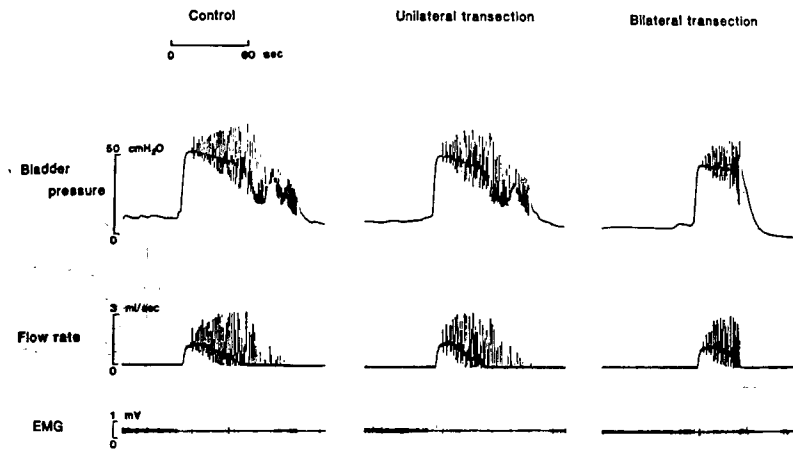


Fig. 6. 下腹神経切断前後の膀胱内圧，尿流量，外尿道括約筋節電図の同時記録。

Table 2. 下腹神経切断前後の排尿動態パラメーターの反応。

	Threshold Volume (ml)	Threshold Pressure (cmH ₂ O)	Opening Pressure (cmH ₂ O)	Bladder Compliance (ml/cmH ₂ O)
Control (n=10)	69.4±25.6	10.6±3.9	19.8±8.0	8.1±5.8
Unilateral Transection (Percent of control)	65.1±24.9* (93.8%)	9.0±3.5* (84.9%)	16.0±7.9* (80.8%)	9.1±5.9 (112.3%)
Bilateral Transection (Percent of control)	58.2±23.9 ^Δ (83.9%)	8.3±3.3 ^Δ (78.3%)	13.9±7.9 ^Δ (70.2%)	9.5±7.2 ^Δ (117.3%)

	Voided Volume (ml)	Residual Volume (ml)	Residual Ratio (%)	Contraction Pressure (cmH ₂ O)	Maximum Flow Rate (ml/sec)	Voiding Time (sec)
Control (n=10)	63.6±24.1	5.8±8.2	8.4±10.1	50.4±13.5	4.4±2.2	39.8±25.8
Unilateral Transection (Percent of control)	59.9±22.7 (94.2%)	5.2±7.6 (89.7%)	7.5±8.8 (89.3%)	48.5±13.8* (96.2%)	4.2±1.9 (95.5%)	39.4±26.0 (99.0%)
Bilateral Transection (Percent of control)	53.3±21.1 ^Δ (83.8%)	4.9±7.8 (84.5%)	7.4±8.9 (88.1%)	47.7±14.8 ^Δ (94.6%)	4.1±2.0 (93.2%)	30.2±16.6 (75.9%)

p < 0.05

(mean ± S.D.)

* statistical significance between control and unilateral transection groups

Δ statistical significance between control and bilateral transection groups

れている¹⁸⁾。したがって、麻酔を行なう必要がないように除脳犬¹⁶⁾を実験対象とした。除脳レベルに関しては、通常4種類の方法が行なわれている¹⁶⁾。すなわち、transhypothalamic, supracollicular, intercollicular および infracollicular transection である。infracollicular transection 以外の3種類のいずれを行なっても、反射性排尿が生じることが知られている。本実験では、supracollicular transection による除脳を行ない、外尿道口から勢いのよい尿排出が起こる状態で実験することができた。

実験にあたっては、より生理的状态に近付けるために、生理的食塩水の膀胱内注入速度を犬の尿量に近い0.1~0.2 ml/min/kg²⁰⁾とした。体位についても、犬の排尿体位とするのがもっとも望ましいが、急性実験下での神経切断の操作を行なうためには仰臥位の方が適していると判断した。さらに開腹した状態で測定を行なったために膀胱内圧を利尿筋圧として捉えることができ、膀胱および尿道の動きが肉眼的にも観察可能であった。

また、本実験では流量率測定のために矩形波電磁流

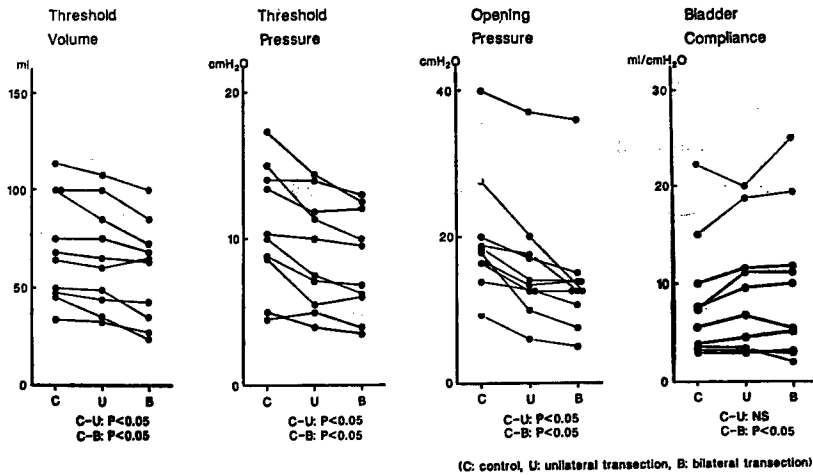


Fig. 7. 各実験モデルにおける下腹神経切断前後の排尿動態蓄尿時パラメーターの変動。

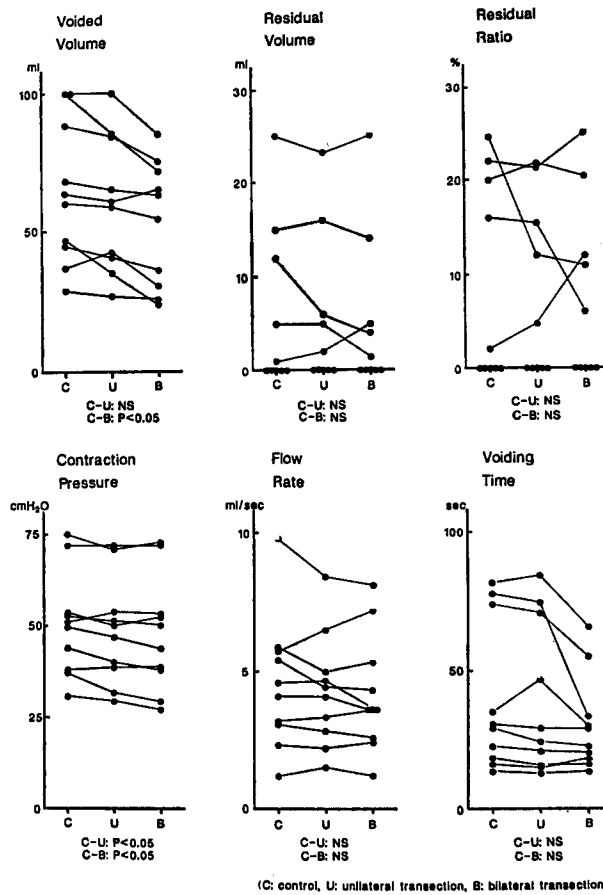


Fig. 8. 各実験モデルにおける下腹神経切断前後の排尿動態排尿時パラメーターの変動。

量計プローブを外尿道口に装着した。電磁流量計プローブの内径は 4 mm であり、犬の尿道内径と比較し

て細いものではなく、液流出に対する抵抗はほとんど無視できるものと思われた。矩形波電磁流量計を用い

た流量率測定は、臨床の場で用いられている測定法²¹⁾と比較して、尿道から排出される尿流の変化を遅延なく正確に把握できる点で有用である。さらに外尿道括約筋電図の記録についても、鉤針型ワイヤー電極を用いたために、排尿時に膀胱および尿道がかなり大きな動きを示したにもかかわらず、針先が抜去されることなく安定した状態で行なうことができた。

今回の実験で特に工夫した点は、排尿動態パラメーターの一つとして、液が外尿道口から流出し始めた時点の膀胱内圧を開口時内圧とし、蓄尿機能のパラメーターとしたことである。開口時内圧は膀胱および尿道を含めた機能からみると、尿が排出されるまでの全尿道抵抗として評価できるため、蓄尿時に含めた。蓄尿機能を評価するために尿道の圧変化を検討した報告は多数みられるが^{2,7,9,22,23)}、開口時内圧について検討した報告は見受けられない。

続いて、骨盤神経切断前後の排尿動態の変化を検討する。骨盤神経切断後の下部尿路機能に関する報告として、Torbey & Leadbetter²⁴⁾はS₂, S₃前根の片側切断により排尿は可能であるが、X線学的に切断側膀胱が収縮せず、残尿が出現したと報告し、Elliott²⁵⁾も片側切断直後に切断側の膀胱が麻痺したと報告している。Langworthyら²⁶⁾は片側切断直後から2~3日後までは膀胱容量が増加するがその後は減少したとしている。さらに両側切断直後には排尿困難となり膀胱容量が増加したとの報告²⁴⁾がある。

本実験成績では、肉眼的観察により片側切断後には健側の膀胱は収縮したが、切断側の膀胱には収縮が認められず、Elliott²⁵⁾の報告と一致した。また、排尿時の排尿動態パラメーターについてみると6項目中、残尿量、残尿率、最大収縮圧、最大尿流量率の4項目に有意の変化が生じ、排尿機能が低下した。それぞれの平均比率は272.6%, 237.4%, 77.1%, 70.3%であり、最大収縮圧、最大流量率の低下の程度と比較すると残尿量、残尿率の増加の程度が顕著であった。これらの排尿時の排尿動態パラメーターに変動が生じた原因としては、骨盤神経中に含まれる遠心性線維数の減少以外に、切断側の膀胱壁が収縮せず、健側の膀胱壁のみが収縮するために膀胱内容を尿道に向かって効率よく排出できなくなることも原因になるものと推察された。

蓄尿時の排尿動態パラメーターについてみると、4項目中、膀胱容量、膀胱収縮誘発閾値圧および膀胱コンプライアンスの3項目に有意の変化が認められ、蓄尿機能においても重要な働きをしている。膀胱容量に関してはその平均比率が135.9%と増加を示し、膀胱

収縮誘発閾値圧と膀胱コンプライアンスの比率は、それぞれ125.0%, 129.1%であった。開口時内圧以外の蓄尿時の排尿動態パラメーターに有意の変動が生じた原因としては、骨盤神経中に含まれる求心性線維数が片側切断により約半分程度に減少したことが考えられる。すなわち、片側切断後には切断前と比較して膀胱容量が大きく、膀胱内圧も高くなるなければ膀胱収縮を引き起こすために必要とされるだけの求心性インパルスが伝達されないためと思われた。開口時内圧には有意の変化ではないが、平均比率で88.6%と低下傾向が認められ、これは尿道の緊張低下を示唆するものとも思われた。両側切断後には溢流性尿失禁が生じるようになり、骨盤神経が蓄尿および排尿機能において重要な働きをしていることが確認された。

本実験において骨盤神経片側切断でも排尿機能が低下し、多量の残尿が生じたことから、直腸癌、子宮癌に対する骨盤腔内手術の際には根治性を保てるかぎり両側の骨盤神経叢を温存すべきであると考えられる。この点に関して、佐々木²⁷⁾は子宮頸癌術後の排尿障害患者を完全温存群、不完全両側温存群、不完全片側温存群、両側切断群に区分して検討したところ、後2者は前2者に比べ、下部尿路機能は明らかに低下していたと報告しており、本実験成績と一致するものと思われた。

次に、下腹神経切断前後における排尿動態の変動について検討する。下腹神経切断後における下部尿路機能の変化に関しては以下のような報告がある。すなわち、Edvardsen¹²⁾やGjone¹³⁾は交感神経切断により膀胱容量が減少し、膀胱の緊張が増加したとしており、Langworthyら¹⁴⁾も交感神経切断により頻尿となり、膀胱容量も減少したとしている。一方、Klevmark¹⁵⁾は交感神経切断により膀胱容量には変化がなかったとしており一定の見解はない。

本実験成績では蓄尿時の排尿動態パラメーターについてみると、片側切断後には4項目中3項目に有意の変化が生じ、両側切断後には4項目中すべてに有意の変化が生じ蓄尿機能が低下した。膀胱容量の平均比率は片側および両側切断後で、それぞれ93.8%, 83.9%と減少を示し、Edvardsen¹²⁾, Gjone¹³⁾やLangworthyら¹⁴⁾の報告と一致していた。膀胱容量が不変であったとしたKlevmark¹⁵⁾の報告はpentobarbital sodium 麻酔下のネコを対象としており、麻酔の深度が同一であったかどうか疑問が生じる。さらに、ネコの膀胱容量は約5mlと小さなために膀胱容量の変化を捉えられなかったことも考えられる。蓄尿時の排尿動態パラメーターの変動の原因については、

下腹神経中に含まれる遠心性線維の減少が考えられる。すなわち、切断後には切断前と比較して副交感神経節に対する抑制作用が弱まり、膀胱収縮が生じやすい状態となったために膀胱容量が小さく膀胱収縮誘発閾値圧も低くなったものと思われる。一方、開口時内圧の低下は尿道平滑筋の緊張低下を示唆するものと思われた。このことは下腹神経切断後に尿道内圧が低値を示すこと²⁸⁾、下腹神経の電気刺激による尿道内圧が上昇するとの報告⁶⁾やアドレナリン作動性薬剤による尿道内圧の上昇⁷⁾とアドレナリン抑制薬剤による尿道内圧の低下⁸⁾などの報告からみても妥当な結果と思われる。両側切断後における膀胱コンプライアンスの有意の上昇は膀胱容量の平均比率が83.9%に対し、膀胱収縮誘発閾値圧の平均比率が78.3%とより大きな変動を示したために生じたものと思われる。

排尿時の排尿動態パラメーターについてみると、片側切断後には6項目中最大収縮圧の1項目のみに有意の低下が生じ、両側切断後にも6項目中2項目のみに有意の低下が生じており、蓄尿時と比較して明らかに影響の程度は軽度であった。最大収縮圧の平均比率は片側切断後、両側切断後でそれぞれ94.2%、83.8%と有意ではあったが軽度の減少にすぎなかった。これに尿道抵抗の低下を反映した可能性もあるが、膀胱三角部に分布する α 交感神経系の膀胱収縮に対する促進作用が低下すること²⁹⁾も影響していると考えられる。また、排尿量の減少は膀胱容量の減少による二次的なものと推察された。両側切断後において、6項目中4項目には変化がなく、有意の変化を示した2項目も軽度の減少を示したにすぎなかったことから、下腹神経の排尿機能に対する関与は、重要なものではないと考えられた。本実験成績は、下腹神経切断後にも膀胱収縮は生じるとしたBarrington³⁰⁾やLangworthy¹⁴⁾らの報告と一致するものであり、後腹膜リンパ節廓清術後に射精障害は生じても排尿障害は生じないという臨床的経験をも裏付けるものと思われた。

結 語

除脳犬を対象として、排尿動態における骨盤神経および下腹神経の役割について検討し、以下のような結果を得た。

- 1) 膀胱内圧、外尿道括約筋筋電図の同時記録および尿流量測定により、開口時内圧を測定することが可能となり、尿道抵抗の変化を観察することができた。
- 2) 骨盤神経の片側切断により、排尿時の排尿動態パラメーターとした排尿量、残尿量、残尿率、最大収縮圧、最大尿流量正排尿時間の6項目中、残尿量と残

尿率が上昇し、最大収縮圧、最大尿流量が低下を示し、4項目に有意の変化が生じた。蓄尿時の排尿動態パラメーターとした膀胱容量、膀胱収縮誘発閾値圧、開口時内圧、膀胱コンプライアンスの4項目中、膀胱容量、膀胱収縮誘発閾値圧および膀胱コンプライアンスの3項目に有意の上昇が生じた。

3) 骨盤神経の両側切断により膀胱収縮は消失し、溢流性尿失禁が生じた。

4) 骨盤神経はこれまで強調されてきた排尿機能に対してだけでなく、蓄尿機能においても重要な役割を担っていると思われた。

5) 下腹神経の片側切断により、蓄尿時の排尿動態パラメーターでは、4項目中、膀胱容量、膀胱収縮誘発閾値圧および開口時内圧が低下し、3項目に有意の変化が生じた。排尿時の排尿動態パラメーターでは6項目に、最大収縮圧の1項目にのみ、軽度ではあるが有意の低下が生じた。

6) 下腹神経の両側切断により蓄尿時の排尿動態パラメーターでは4項目すべてに有意の変化が生じ、膀胱容量、膀胱収縮誘発閾値圧および開口時内圧が低下し、膀胱コンプライアンスが上昇した。排尿時の排尿動態パラメーターでは6項目中、排尿量と最大収縮圧の2項目に、軽度ではあるが有意の低下が生じた。

7) 下腹神経は切断後に生じた排尿動態パラメーターの変動の程度からみて、排尿機能にはほとんど関与しないが、蓄尿機能に対しては確実にその一角を担っているものと思われた。

本論文の要旨の一部は第27回日本平滑筋学会総会において発表した。

稿を終えるにあたり、終始御指導、御校閲を賜りました秋田大学医学部泌尿器科土田正義教授に深甚の謝意を表します。また、本研究の細部にわたり直接御指導をいただきました秋田大学医学部泌尿器科西沢 理講師に深謝いたします。さらに、御協力を下さいました教室員諸兄に御礼申し上げます。

文 献

- 1) Elbadawi A and Schenk EA: A new theory of innervation of bladder musculature. Part I. Morphology of the intrinsic vesical innervation apparatus. *J Urol* 99: 585~587, 1968
- 2) 清水伸一: 後部尿道の形態及び機能に関する実験的研究。雄性犬尿道の筋構築と Urethral Pressure Profile について。日泌会誌 70: 185~193, 1979
- 3) Khanna OP, Heber D and Gonic P: Cholinergic and adrenergic neuroreceptors in urinary tract of female dogs. *Urology* 5:

- 616~623, 1975
- 4) Diokno AC, Davis R and Lapides J: The effect of pelvic nerve stimulation on detrusor contraction. *Invest Urol* **11**: 178~181, 1973
 - 5) Holmquist B and Olin T: The electromicturition in male dogs at pelvic nerve stimulation. An urethrocytographic study. *Scand J Nephrol* **2**: 115~127, 1968
 - 6) McGuire EJ: Experimental observation on the integration of bladder and urethral function. *Invest Urol* **15**: 303~307, 1978
 - 7) Nishizawa O, Moriya I, Satoh S, Fukuda T and Tsuchida S: Effects of autonomic agonists on in vivo female canine urethral motility. *Urol Int* **40**: 320~324, 1985
 - 8) Nishizawa O, Moriya I, Fukuda T, Matsuzaki A and Tsuchida S: Effects of autonomic antagonists on canine urethral responses to autonomic nerve stimulation. *Urol Int* **40**: 314~319, 1985
 - 9) Fletcher TF and Bladley WE: Neuroanatomy of the bladder-urethra. *J Urol* **119**: 153~160, 1978
 - 10) De Groat WC and Saum WR: Sympathetic inhibition of the urinary bladder and of pelvic ganglionic transmission in the cat. *J Physiol* **220**: 297~314, 1972
 - 11) Krane RJ and Olssen CA: Phenoxybenzamine in neurogenic bladder dysfunction. I. A theory of micturition. *J Urol* **110**: 650~652, 1973
 - 12) Edvardsen P: Nervous control of urinary bladder in cats. I. The collecting phase. *Acta Physiol Scand* **72**: 157~171, 1968
 - 13) Gjone R: Peripheral autonomic influence on the mobility of the urinary bladder in the cat. II. Tone. *Acta Physiol Scand* **66**: 72~80, 1966
 - 14) Langworthy OR, Reeves DL and Tauber ES: Autonomic control of the urinary bladder. *Brain* **57**: 266~290, 1934
 - 15) Klevmark B: Mobility of the urinary bladder in cats during filling at physiological rates. II. Effects of extrinsic bladder denervation on intramural tension and on intravesical pressure patterns. *Acta Physiol Scand* **101**: 176~184, 1977
 - 16) Nishizawa O, Satoh S, Harada T, Nakamura H, Fukuda T, Tsukada T and Tsuchida S: Role of the pudendal nerves on the dynamics of micturition in the dog evaluated by pressure flow EMG and pressure flow plot studies. *J Urol* **132**: 1036~1039, 1984
 - 17) Nishizawa O, Moriya I, Fukuda T, Matsuzaki A, Harada T and Tsuchida S: Trans-urethral double-lumen catheter with coiled tip for urodynamic examination. *Urology* **27**: 554, 1986
 - 18) 内山武司: イヌ膀胱機能に対する麻酔薬の影響. *新潟医学会誌* **99**: 726~736, 1985
 - 19) Edvardsen P: Nervous control of urinary bladder in cats. II. The expulsion phase. *Acta physiol scand* **72**: 172~182, 1968
 - 20) 田嶋嘉雄: 生理, 各種動物の生物学, 実験動物学. 第6版, 174, 朝倉書店, 東京, 1973
 - 21) Drake WM: The flowmeter: An aid to the study of the lower urinary tract. *J Urol* **58**: 650~658, 1948
 - 22) Tanagho EA, Meyers FH and Smith DR: Urethral resistance: Its components and implications. I. Smooth muscle component. *Invest. Urology* **7**: 136~149, 1969
 - 23) Yalla SV, Sharma GVRK and Barsamian EM: Micturition static urethral pressure profile: A method of recording urethral pressure profile during voiding and the implications. *J Urol* **124**: 649~656, 1980
 - 24) Torbey K and the bladder and lower ureter. Studies on pelvic nerve section and stimulation in the dog. *J Urol* **90**: 395~404, 1963
 - 25) Elliott TR: The innervation of the bladder and urethra. *J Physiol* **86**: 414~431, 1907
 - 26) Langworthy OR: The relation of the parasympathetic nerves to the bladder. *Physiology of micturition* **5**: 52~59, 1940
 - 27) 佐々木秀敏: 子宮頸癌根治手術の神経因性膀胱の成因と病態。一排尿機能の解析による骨盤神経叢温存の意義について。 *日癌治* **15**: 150~160, 1980
 - 28) 能登宏光: 除脳犬を用いた排尿反射時の尿道動態に関する研究. *日泌尿会誌* **75**: 104~117, 1984
 - 29) Wein AJ and Raezer DM: Physiology of micturition. In Krane, R.J. and Siroky, M. B. eds. *Clinical neurourology*. pp. 1~33. Little, Brown and Company, Boston, 1979
 - 30) Barrington FJF: The nervous mechanism of micturition. *Quart J exp Physiol* **8**: 33~71, 1915

(1987年4月2日迅速掲載受付)