排泄性膀胱内圧測定法の研究

北海道大学医学部泌尿器科教室 大学院学生 中 島 文 雄
(主任: 辻一郎教授)

STUDY ON EXCRETORY CYSTOMETRY

Fumio Nakajima

From the Urology Department Medical Faculty, University of Hokkaido.

(Director: Prof. I. Tsuji)

緒 言

排尿に関与する中枢及び末梢神経支配の障害によつて惹起される排尿異常, 即ち神経因性膀胱機能障害は, 泌尿器科領域に於ける最も難解な問題の1つである。殊に脊椎畸形に伴う先天性脊髄形成不全症或は脊髄損傷患者に於ける, 所謂膀胱麻痺(尿閉・排尿困難・残尿・尿失禁等)の問題は, これらの患者に著しい精神的・肉体的苦悩を与えて, 社会生活への復帰を大きくさまたげているだけでなく, 直接その生命をも絶えず脅かしてこれらの患者の死因中最も重大な因子となっているのは神経因性膀胱に高率に随伴する腎・上部尿路病変(水腎尿管・腎盂腎炎・腎機能不全・尿性敗血症)であることは今日既定の事実であり, 神経因性膀胱患者の尿路管理が近年内外共に大きく Close up されて来た所以である。

神経因性膀胱の適正な尿路管理には, 神経障害の病因・本態・部位・程度等の診断と共にまずその時々の膀胱機能の状態を正しく把握する事が先決問題である。診断法として, 神経学的には, 運動・知覚障害の検査, 殊に仙髄排尿反射中枢の健否を知る為の肛門括約筋反射・球海綿体筋反射・ice water test 等があり, また泌尿器科的検査としては, 定期的な膀胱効率($\frac{\text{残尿} \times 100}{\text{容量}}$)の検査・尿路撮影法・内視鏡検査・膀胱内圧測定法・括約筋圧測定等があり, 之等を充分に活用・綜合して慎重に判定する事が大切である。特に下部尿路の解剖学的変化を知るためには, 膀胱・尿道レ線撮影が, また時と共に変遷していく膀胱機能の判定には膀胱内圧測定法が有効であり, 共に神経因性膀胱の臨床に欠く事の出来ない検査方法である。

膀胱内圧測定法に関しては従来数多くの方法と成績の報告があるが, 我国で普通に行われて来た膀胱内圧測定法は逆行性に段階的に水を膀胱内に注入し, 水銀柱で圧

を読みこれを折線グラフとして表わすという可なり非生理的な方法であり, 我々の経験によるとこの方法では, 特に神経因性膀胱においては注水刺激により異常な反応性圧変動が起り易く, これてえられる膀胱容量や内圧曲線は自然のそれとは著しく異なる事が多い。更にこの方法では, 膀胱の緊張が高緊張か低緊張かの判別には役立つが, どのような形式の神経因性膀胱に属するかの判定には夙に Munro が強調している様に殆ど無力であり, 病型の判定にはどうしても複道カテーテルを用いての持続的注入下の内圧連続記録の必要性が痛感された。最近 Comarr 等は逆行性に水を注入するのではなく, 自然に尿が膀胱にたまって来る時の内圧を連続記録する所謂「排泄性膀胱内圧測定法」を発表し, 本法は最も生理的な状態に近い内圧測定法である事を強調した。

私もこの Comarr の報告に機縁して自然に尿管から膀胱に出て来る尿による肉膀胱内圧の長時間記録を種々考案した結果次の如き方法と成績を得る事が出来た。

測定装置及び方法

金属が力学的な歪みによつて電気抵抗を変える性質利用した所謂 Strain gauge を受圧部に用い, 搬送波増巾器とペン書きオシログラフを組合せて自記させた。

(いづれも三栄測器製作) (図A)

受圧器は円筒形で内腔の底に抵抗線がブリッジになる様に張られ, 薄膜によつて隔てられた水の圧がそれを歪ませる様になっている。歪みに応じて電気抵抗が変化し, 流れる増巾器からの電流が変化して, 増巾器はその変化分を増巾する。増巾器は時定数無限大を要する為に搬送波増巾器を用い, transducer の変化分を 5000cps の搬送波にのせ平衡増巾したのち位相検波する。記録器はペン書きオシログラフを用い, 我々の目的にそつ様に紙送り速度は 1 cm/min とした。圧記録は 10cm 水柱圧

図 A.

が約 1 cm になる様にして、各検査ごとに水柱圧によつて較正した。

測定は bed-side で行い、利尿をつける目的で約 500 cc の水を 30 分前に飲用させる。ネラトンカテーテルを挿入して貯溜尿を排除後、約 20 分してカテーテル挿入による異常の圧変動が消失してから、カテーテル外端を受圧器に接続し記録を開始した。記録中は意識的な体動・腹圧を禁じ、カテーテルが自然に圧出されるまで続けるが、自然に脱出ししない時も膀胱過伸展を避ける為に 2 時間以内でやめる。記録終了直前に排尿動作を行わせ最高意識圧をみた。また反射性収縮でカテーテルが脱出してう時にはカテーテル脱出を防ぐため陰茎に固定して記録した。

なお日を改めて逆行性段階的注入による膀胱内圧測定も行い、排泄性のものと比較した。

成 績

私が行った 46 例（回復期以後）の排泄性膀胱内圧曲線は図の如くである。（図 B.C.）

此等のうちの代表的な数例について、逆行性段階的注入による内圧図と比較して説明する。

我々は排泄性膀胱内圧図の解釈上、特に膀胱の運動性及び全体としての波形を重視して、ショック期の無緊張型と回復期以後の自律性型、自動性型及び混合型に分類した。

図 1 の上は正常膀胱の排泄性内圧図である。内圧の上昇は極めて徐々であつて、測定開始後約 10 分で最少尿意と共に小さな山が出るが、それ以外は平坦であつて、35 分頃最大尿意となつたが、此の際の内圧もわずか 10 cm 水柱圧であり、此処で排尿動作を行わせると最高意識圧は約 75 cm 水柱圧に達した。これ迄に貯つた尿は 700 cc であつた。

図 1 の下は第 1 腰椎圧迫骨折後 2 カ月の例であるが、外傷直後 2 回の導尿を必要としたのみで、以後は全く正常の随意的排尿をしている。臀部に鞍状の知覚鈍麻、踵

部に知覚鈍麻あり、膝蓋腱反射正常、アヒレス腱反射消失。記録開始約 5 分後に最少尿意あり、以後 45 分頃迄極めて徐々に圧は上昇するが、最大尿意時約 10 cm 水柱圧である。正常とやゝ異なる事は処々に低い棘波が出ている事のみである。最高意識圧は 60 cm 水柱圧、貯つた尿は 520 cc であつた。

図 2 35 才男 T₁₁ 脱臼骨折後 3 年

炭車 2 輦の間に狭まれ、直ちに尿閉となり、受傷後数日ネラトンで 1 日 3～4 回導尿、その後は留置カテーテルとされた。3 カ月頃からカテーテルの周囲から尿がもれる様になり、ネラトンを抜去、約 3 時間々隔で自動排尿。その際腹圧及び膀胱部手圧によつて補助するが、1 回 50～200 cc で残尿 60～80、尿意や充満感はないが、仙骨部の褥創部は Trigger area と考えられ、こゝを刺戟すると排尿反射が起きる事が多い。臍以下の完全知覚運動麻痺で、下肢腱反射亢進、肛門括約筋緊張正常、球海綿体筋反射 (+)。膀胱 X 線像は肉柱形成軽度、変形殆どなく、頸部拡大及び膀胱尿管逆流なし。逆行性膀胱内圧図は高緊張型で 250 cc で急激な上昇を示す。排泄性膀胱内圧図では、1 時間までは殆んど圧上昇なく、正常とほ

図 B.

図 C. autonomous type 及び混合型

X...Maximal Voiding Pressure

図 D. 下部尿路の神経支配

と同じであるが、1 時間で突然90cm水柱圧に達する圧上昇が自動的に起つて、カテーテルは脱出した。

図 3 31才男 T₁₂ 脱臼骨折後半年

トロッコからふり落された。直ちに尿閉となり留置カテーテルとされた。4 カ月頃からカテーテルをとつて手圧排尿を試みたが、1 回 100～150ccで残尿 350ccあり、

図 1. 正常

図 2.

図 3.

効率が悪いのでなお留置カテーテルのまゝである、尿意、充満感なく、臍下3横指の巾の知覚鈍麻帯あり、以下完全知覚運動麻痺、膝蓋腱反射消失、アヒレス腱反射正常、肛門括約筋緊張正常、球海綿体筋反射(+)。膀胱レ線像は変形軽度、肉柱形成軽度、頸部拡大や膀胱尿管逆流等はない。逆行性膀胱内圧図ではほぼ正常緊張型。排泄性膀胱内圧図では、20分頃に急に約50cm水柱圧で数分間持続する山が出現し、その頂は多数の棘状波をもっている。この山の間ネラトンの周囲から尿が盛に洩出し、洩出が終るともとの圧にもどる。此の様な山とカテーテル周囲よりの尿洩出が10～20分間隔で現われている。

図 4 21才男 C_{6,7} 骨折後1年半

水泳中跳び込んで頭を打つた。直ちに頸以下の麻痺と尿閉を来とし、約10日間間歇導尿を日に3回行っていたが、以後留置カテーテルとしていた。約4カ月頃から尿意を感じずる様になつたので、カテーテルを抜いて随意排尿とし、その際膀胱部を手圧して補助していた。最近

図 4.

は尿意が起ると我慢出来ず、陰茎先端をつかんで漏れるのを防ぎ、急いで尿器を当てる。1回尿量 180~200cc 残尿なし。鎖骨部以下の知覚運動不全麻痺。下肢腱反射亢進、肛門括約筋緊張正常、球海綿体筋反射(+)。膀胱レ線像は栗形で頸部拡大なし、肉柱形成あり、膀胱尿管逆流なし。逆行性膀胱内圧図では高緊張性、圧上昇は急激で、約 150cc で尿意を我慢出来ずカテーテルの囲りから尿が噴出する。排泄性内圧図は25分頃までの圧上昇は徐々に20cm水柱圧以下であるが、25分ではげしい尿意と共に50cm水柱圧に及ぶまとまった山が出始め、40分で3回目の山と共にカテーテルが脱出してしまった。

図 5 21才男 T₁₁₋₁₂・L₁ 骨折後1年

トラックが転覆して投げ出された。受傷直後より尿閉となりすぐ留置カテーテルとしたが、約3週後ネラトン抜去して時間的に腹圧を加えて排尿していた。最近では膀胱部の痛みと共に尿意を感じ排尿時を知るが、尿器がまにあわず屢々もらす事がある。約2時間々隔で、1回

図 5.

300cc、残尿50~100cc。臍以下の不完全知覚運動麻痺、下肢腱反射ほぼ正常、肛門括約筋緊張正常、球海綿体筋反射(+)。膀胱レ線像は肉柱形成や変形軽度で、頸部拡大及び膀胱尿管逆流なし。逆行性膀胱内圧図では、50ccで50cm水柱圧に上昇、激しい尿意と共にカテーテルのわきから尿が洩れた。排泄性膀胱内圧測定はカテーテルを固定して行つた。30分迄は殆ど圧上昇なく、35分頃急激に数10cm水柱圧の山が現われ、尿意がはげしくカテーテル周囲から尿噴出が起つた。以後これが約10分間隔

で現われた。

図 6 19才男 L₁₋₂ 脱臼骨折後2年半

坑木運搬作業中、坑木を担いだまま転倒尻もちをついた。受傷後直ちに尿閉となり、留置カテーテルとした。4カ月頃から腹部緊張感で膀胱充満を知る様になり、ネラトン抜去腹圧排尿とした。5カ月頃から尿失禁があらわれた。下肢知覚運動完全麻痺、そけい部及び恥骨部知覚鈍麻、その上に約2横指巾の知覚過敏帯あり。1回尿量 200cc、残尿80cc。下肢腱反射消失、肛門括約筋緊張低下、球海綿体筋反射(-)。膀胱レ線像は水滴形で頸部拡大あり。肉柱形成軽度で膀胱尿管逆流なし。逆行性膀胱内圧図は高緊張型で、100ccですでにカテーテルの囲

図 6.

りから水がもれる。排泄性膀胱内圧図では、膀胱内圧は小さな動揺を伴いながらぼそ一定の傾斜で徐々に上昇、1時間を過ぎると60cm水柱圧に達し、下腹部緊張感と共に不安を訴えたので、腹圧を加えさせると90cm水柱圧迄上昇した。貯留尿は 500ccであつた。

図 7 26才男 L₁ 脱臼骨折後2年

丸太の運搬作業中、丸太が転落して来て背中に当たった。尿閉となり留置カテーテルとされたが、6カ月頃から留置カテーテルをとって手圧排尿を行っている。排尿後2~4時間たつと尿がもれる様になる。充分排尿すれば残尿は殆どない。尿意は感ずる様な気もするという。そけい部及び恥骨部に3横指巾の知覚鈍麻帯あり、以下知覚運動完全麻痺、下肢腱反射消失、肛門括約筋緊張低下、球海綿体筋反射(-)。膀胱レ線像は Pine-tree 型

図 7

で、膀胱尿管逆流なし。逆行性膀胱内圧図は高緊張型。排泄性膀胱内圧図では、不規則な圧動揺を示しながら内圧は次第に上昇して行き、1時間40分頃50cm水柱圧に達し、ここで排尿動作を行わせると90cm水柱圧に達する棘状圧上昇が現われる。貯留尿は600ccであった。

図8 40才男 T₁₀ 脱臼骨折

坑内で落盤により埋没された。直後より尿閉、直ちに留置カテーテルとした。尿意及び充満感なく、臍上4横指以下完全知覚運動麻痺、下肢腱反射消失、肛門括約筋緊張なし、球海綿体筋反射(一)、膀胱線像正常。外傷後4週の排泄性膀胱内圧図は平坦でほとんど圧動揺がなく、2時間頃に排尿動作をさせても圧上昇がない。即ち膀胱は無緊張性で殆ど運動性がない状態である。その後

図 8

留置カテーテル中時々 tidal drainage を併用4ヶ月を経過したが、尿意及び充満感なく、カテーテルを抜いて排尿させても腹圧・手圧によってわずかにもれ出る程度で、勿論尿線を作らず大部分が残尿となる。下肢腱反射消失、肛門括約筋緊張正常、球海綿体筋反射(十)。此の時の排泄性膀胱内圧図は、30分過ぎてから間歇的に棘状波を伴い乍ら段々と圧は上昇して行き、更に1時間15分頃からはこの上に数分の持続を有する山が加わって来ている。

図9 28才男 C₆₋₇ 骨折

消防出初式の梯子から落ち、直ちに頸部以下の麻痺及び尿閉を来し、約20日間間歇的導尿を6～8時間おきに行っていたが、以後留置カテーテルとした。尿意及び充満感なく、鎖骨部以下の知覚運動完全麻痺、下肢腱反射亢進、肛門括約筋緊張正常、球海綿体筋反射(十)。外傷後4週の排泄性膀胱内圧図は、15分頃から小さいがま

図 9

とまつた波が規則的に現われるが、カテーテル周囲からの尿洩出はなく、段々と内圧が上昇して行くと共に、先の規則的の山は次第に小さくなり後半は不規則な圧動揺となってしまう。外傷5ヵ月後には反射排尿可能となってカテーテルを抜去した。此の時のカテーテルを固定した排泄性膀胱内圧図は、100cm水柱圧以上で持続2～4分の大きな山が数分間隔で現われて、その度にカテーテル周囲よりの尿洩出が起った。

考 按

I) 排尿の機序及び神経支配について

排尿の機序は極めて複雑で今日なお議論の多いところであるが、要するに正常排尿は膀胱利尿筋と膀胱頸部(内括約筋部)、後部尿道、外括約筋及び会陰筋との緊密な協調作用による一連の反射運動と解釈され、その反射中枢は仙髄 II, III, IV 領域に位するがこの反射中枢は更に幾つかの上位(大脳皮質、間脳、脳幹)中枢から意識的並びに無意識的の支配(主として反射抑制支配)を受けている。

膀胱に尿が貯留して利尿筋が伸展されると反射的に排除しようとするが、脳よりの無意識的抑制支配が仙髄反射中枢に働いているため排尿反射運動は実際には起らない。尿貯留が一定量以上に達すると膀胱からの充満感覚が大脳皮質に伝わり茲に尿意が起るが、なお脳からの意識的抑制のため排尿は抑制可能である。以上の間は膀胱頸部から外括約筋迄は閉鎖されていて尿洩出は起らない。次に排尿しようと思うと、上位中枢からの反射抑制支配が除かれ茲に初めて利尿筋は収縮し同時に膀胱頸部・後部尿道は開大し、また括約筋は随意的に弛緩して排尿が始まり、尿が完全に排除されるまでこの状態が続いている。この際会陰筋ことに *M. pubococcygeus* が弛緩して膀胱底の沈下が起ることが膀胱頸部の開大～排尿開始を助けており、また努責による腹筋の緊張と横隔膜の低下も尿排出を補助している。勿論排尿中に随意的に外括約筋及び会陰筋を収縮することによって、排尿の中絶停止も可能である。

以上排尿は随意筋(外括約筋、会陰筋)と不随意筋(膀胱利尿筋、膀胱頸部平滑筋)との美事な協調下に起る一種の条件反射であるが、利尿筋の収縮・弛緩と膀胱頸部・尿道の開大・閉鎖が同時に且つ適正なバランスの下に同滑に行われるためには、排尿に関与する膀胱・尿道・会陰諸筋への神経支配が完全でなければならない。下部尿路の神経支配は図Dのように考えられる。

交感神経は主として射精運動及び膀胱壁血流調節に関

与しており、排尿運動自体には本質的には関係してないようである。

副交感神経：骨盤神経は仙髄 II,III,IV より発して骨盤神経叢を経て膀胱壁内神経叢をつくっている。その知覚線維は膀胱壁のトーマス・充滿感と痛覚を伝え、運動線維は利尿筋収縮と膀胱頸部の開大を起す。即ち、排尿を支配する最も重大な神経は副交感神経である。

随意神経：陰部神経も同じく仙髄 II,III,IV より発して大坐骨孔・小坐骨孔を経て坐骨直腸窩の側壁から陰茎・会陰に走るが、その一部が尿道外括約筋に達してその随意的収縮弛緩を司るのである。

排尿反射中枢（仙髄 II,III,IV-脊髓円錐部）は第1腰椎の高さに相当する。上位中枢は大脳皮質・間脳・脳幹等であり、これと反射中枢との間の連絡路についてはなお議論が多い。

II] 脊損膀胱の分類について

神経因性膀胱の病型の分類には色々のものが提唱されているが、何れも一長一短ある。

脊髓完全損傷の場合、我々は Emmett に倣い受傷後の時期と受傷部位により

atonic bladder

autonomous bladder

automatic bladder

に分類している。（表1）

表1. 完全脊髓損傷後の膀胱機能

I 期……急性ショック期……無緊張性膀胱

II 期……回復期……自律性膀胱

（攣縮性萎縮膀胱）←

III 期……終局期……自律性膀胱 自動性膀胱
（反射中枢以下の傷害） （反射中枢よりの傷害）

（I）急性期（ショック期）無緊張性神経因性膀胱（atonic neurogenic bladder）

脊髓損傷後暫くは傷害部以下の総ての反射は消失し、膀胱も弛緩し、利尿筋収縮は起らず、尿意もなく排尿は出来ない。膀胱は尿で充滿過伸展され、放置しておけば受動的に奇異性尿失禁・overflow incontinence となり、膀胱内圧は低緊張性である（但し過伸展を防止しておけば膀胱トーマス・内圧は正常である）。

受傷後一定期間（数日から数カ月迄で、その期間は各例により様々であるが）を経るとこの脊髓ショック期は

終つて次の慢性期・回復期に移行する。

（II）回復期 自律性神経因性膀胱（autonomous neurogenic bladder）

急性期がすぎると傷害部以下の神経機能が回復に向い、膀胱利尿筋の自律性運動が始ると共にそのトーマスは上昇し、むしろ正常よりも緊張過度となる。然しこの膀胱収縮は正常の反射経路による膀胱全体としてのまとまつた能率のよい収縮ではなく、膀胱壁内神経叢の興奮によつて膀胱壁各部分が互に関連なく無調和的に勝手な自律性収縮を営む為、尿排除は極めて不充分で残尿が多く、而も不随意的に頻回に少量宛の尿失禁が起る訳である。この時期になると膀胱利尿筋の肥大・肉柱形成・多発性小憩室・或は膀胱頂部の延長等の膀胱の変形が現われ、時と共に進行して行くことが多い。

（III）終局期 反射中枢以下自律性神経因性膀胱（autonomous neurogenic bladder）：反射中枢以上自動性神経因性膀胱（automatic neurogenic bladder）

受傷後数カ月から1年位経過すると終局期に入り病像はほぼ固定されて来る。

反射中枢以下の傷害では反射弓が破壊されているため反射性排尿はおこらず、前記自律性膀胱の状態に止るわけである。中枢より上部の傷害では一定期間後には反射機構が十分に回復して来、膀胱に一定量の尿が貯ると（正常の如き上位中枢からの反射抑制支配はたれていないため）反射的に自動性膀胱収縮が起り、尿が排除される。この状態は丁度脳からの反射抑制路がまだ完成していない乳幼児の場合と似ている（但し乳幼児では残尿なく完全に尿排除されるに対し、脊髓損傷後の反射性排尿—自動性排尿では原則として可なりの残尿がある）。理想的な自動性・反射性膀胱では一定量の尿が貯るまでは尿洩出もなく、残尿も自律性膀胱に比べると遥かに少いため、一定時間毎に所謂 Trigger area の刺激で排尿反射を誘発し、努責と膀胱部手圧によつてそれを補助して、可なり正常に近い排尿状態にまで出来る訳である。然し乍ら実際には、このような効率のよい自動性膀胱が発現することはそれ程多くはない。また確実に中枢より上方のみの傷害で、反射中枢経路は完全と思われるにも拘らず何時までたつても反射性膀胱になつて来ない例もある。

自律性膀胱から自動性への移行のうちに、或は一度自動性となつた例が後に所謂攣縮性或は萎縮性膀胱（spastic neurogenic or hypertonic contracted bladder）となることも稀でない。

要するに表1の経過は原則論であり実際にはこれに尿路の2次的病変(膀胱利尿筋及び膀胱頸部の肥大・増殖・硬化, 尿路感染, 尿路結石等)の合併や或は会陰諸筋及び尿道外括約筋の攣縮, 更には痔瘡や下肢瘻等尿路外諸因子から排尿反射中枢や膀胱壁神経叢に異常な興奮が起ること等々の為, 脊髓損傷後の膀胱病変の推移は極めて複雑且つ難解となる。

なお脊髓の不完全損傷ではその回復程度によつてその病像は軽重様々である。軽度の場合は排尿はほぼ正常に復し, 残尿もなく随意的調節も完全であるが, たゞ脳からの抑制支配は不完全なために頻尿や尿意催促(時には尿意を催すと我慢出来ず部分的尿洩出)は存続することが多い(膀胱無抑制性膀胱 uninhibited neurogenic bladder)。

Ⅲ) 膀胱内圧測定法について

脊損膀胱患者の治療を行うに当つて, 第1にその膀胱がどのような状態にあるかを正確に把握しなければならないが, これは単に排尿状態の観察のみでは困難である。例えば効率の悪い自動性膀胱に於ける頻回少量宛の尿排出と, 自動性膀胱で十分な高さ及び持続を有する反射性内圧上昇が起きているに拘らず, 膀胱外の因子(尿道括約筋及び会陰諸筋の攣縮, mass reflex 等)によつて反射性排尿が阻止されている為に, 頻回少量宛の排尿状態を来しているものととの区別は, 外観からだけでは非常に困難である。この様な膀胱利尿筋以外の諸条件を除外する為に, カテーテルを尿道に挿入して膀胱内圧の推移を観察する必要がある訳である。

文献的にみると膀胱内圧測定は古く Dubois (1876) によつて始められたが, その臨床的応用は Rose (1927) に始まり, その後実に多種多様の膀胱内圧測定器及び測定法が発表されている。

これらを分類すると次の様に, 圧力計, 注水法, 記録装置の各々の種類の組合せとみる事が出来る。

圧力計	水柱	注水法	段階的 自動記 連続的 録装置	なし あり
	水銀柱			
	アネロイド型			

圧力計は次第に取扱いの容易なものへと変つて行き, また自動記録装置はあつた方が望ましいが, 一方測定すべき圧に忠実である事と取扱いの容易さや便利さとは一般に相反する条件であつた。

我国に於ける膀胱内圧測定は佐藤 (1940) によつて確

立されたが, これは逆行性に段階的に水を膀胱内に注入して行き, 各注入量毎の膀胱内圧を水銀柱で読み, 折線グラフとして表わす方法である。以来我国に於いては今日迄主としてこの方法が多くの人々によつて普遍的に行われて来た。

私も佐藤等の方法によつて約50例の神経因性膀胱患者の膀胱内圧を測定した。それによると, 脊髓損傷による39例(いずれも外傷後3カ月以後)中, 低緊張性のものはみつからず, 正常範囲にあるものが3例で, 残る86例は凡て高緊張性であり, 脊髓損傷の部位・程度(完全か不完全か)や経過年月或は実際の排尿状態等との関連において特徴的な事は何等見出されなかつた。脊髓形成不全によるものでも低緊張性のものはなく, 正常緊張2例, 高緊張5例であつた。その他の原因によるものでは低緊張2例(共に脊髓癱), 緊張正常4例, 高緊張3例であつた。

此の逆行性段階的注入によつてえられる膀胱容量は屢々実際の膀胱容量(自然排尿と残尿を加えたもの)より可なり少い事を経験した。また内圧曲線には注水速度が大きな factor であり, 徐々に注入する時の膀胱内圧は段階的に急速に注入する時の内圧より遥かに低いカーブを示す事が多い。即ち膀胱内圧測定法に於いて膀胱内への水の注入法(注入速度及び持続的注入か間歇的注入か)は最も大きな factor であつて, これを一定にせずいゝかげんに注入して得られた内圧曲線に就いて云々する事は全く無意味に近い訳である。

既に古く Schwarz (1916) は尿意頻数患者及び脊髓損傷患者の膀胱内圧を研究し“正常膀胱では逆行性注入と生理的に尿が膀胱内に貯留した場合とそれほど大きな差はないが, 病的な状態特に高緊張性の時はその差は大きくなる”と述べている。Nesbit 等 (1947), (1954) は生理的状态では膀胱内圧は膀胱尿量が増加しても, 利尿筋の収縮が起らない限り一定にとゞまつているが, 一方逆行性に膀胱内に水を急速に注入すると膀胱反射を起す hammer となる事を強調している。

既に Munro (1936) は此の様に逆行性に段階的に膀胱内に水を注入する事の非生理的な点を認め, 連続的に irrigator と点滴球を用いて滴下し, 1分間100滴の割合で注入するのが適当であるとした。以後欧米では複道カテーテルを用いて連続的注入記録法をとる人が多くなつていく (Band 等)。

一方最近 Comarr (1957) はさらに生理的状态に近い方法として, 逆行性に水を注入するのではなく, 利尿状

態で自然に尿管より膀胱に出て来る尿による膀胱内圧の推移を、Milan-Leberman の Cystometer 及び Lewis の Cystometer を用いて連続記録している。

Comarr 等は排泄性膀胱内圧測定法と点滴注入による逆行性膀胱内圧測定法を多数の症例について比較している。これによると膀胱内圧測定より判定した膀胱容量は、一般に高位損傷患者では逆行性測定法よりも排泄性測定法の方が大で、真の容量に近く、また利尿筋緊張を示す内圧基準曲線も逆行性法が排泄性法よりも高く現われる。カテーテルを圧出する力は逆行性法の方が排泄性法よりも強く、従つて逆行性法では排泄性法よりも利尿筋機能を良い方に見誤る事が多い。autonomic hyperreflexia も逆行性法では排泄性法よりも少ない量で起きる。一方低位損傷では排泄性と逆行性とで容量や利尿筋緊張に著明の差はなかったという。なお真の膀胱容量は bed-side でカテーテルを留置せずに得られる容量（残尿検査による）であり、上記の如く排泄性内圧測定法で得られる膀胱容量は逆行性法によるそれよりは大きく真の容量に近い値を示す事が多いが、時には排泄性内圧測定法でえられた値もやはり真の膀胱容量よりも遥かに少ない事があるという。また Catheter-free の反射膀胱となった31例の患者のうち、カテーテル抜去直前の膀胱内圧測定に於いて、逆行性で小容量・排泄性で大容量が14例、両法共に小容量が9例、両法共に大容量が8例であった。此の成績を直接予後判定に利用する事は出来ないが、逆行性測定で小容量の高位損傷膀胱は Catheter-free となる傾向が明かであるという。

私はこの排泄性膀胱内圧測定法が生理的で自然である点を更に活かすべく、振動学的特性が遥かに優れている電氣的測定及び記録法をとつた。勿論装置の大きさはアネロイド型圧力計及び機械的増巾に比し大きくなるが、小さな変化や急速な変化をも忠実に表わす点の特徴である。また我々の方法では紙送り速度が1 cm/min であつて、従来の諸報告に比し速く、従つて内圧曲線の横軸が非常に長くなる。かくする事によつて持続が秒単位のもので、1分以上の波との区別が明瞭になり、無意識的腹圧・体動・咳嗽等による圧上昇を除外する事が容易になる訳である。一方我々の方法の欠点は測定中膀胱内尿量を知ることが出来ぬ事である。この点について Comarr はあらかじめ前日に内圧記録の際と同一条件の利尿状態にして尿量を測定記録しておき、本検査中の膀胱内尿量を推定している。私はまた測定開始直前膀胱内に一定量の色素液を注入しておき、カテーテルを複道として一

方の管から定期的に極少量の尿を抽出して比色し、膀胱内尿量を知る事も出来ると考えている。なお私は神経因性膀胱の病型の分類には、膀胱の運動性を判定の基礎とし且つ全体としての波形を最も重視する立場をとり、膀胱内尿量の方はそれほど重視しなかつた。勿論排尿機能の予後の判定には尿量と内圧の関係も看過出来ないが、この場合は排尿開始時の内圧が特に問題である。我々の方法では測定終了時の内圧曲線の基準圧と排尿動作（手圧・腹圧或は不随意的反射性膀胱収縮）時の圧上昇及びその時の貯留尿量の測定によつて、この点についても充分の情報を得る事が出来ると考えている。一般に神経因性膀胱で有効且つ失禁なしに排尿出来る為には単に膀胱内圧が一定値以上に昇るという事だけでなく、膀胱頸部以下の尿路が一定の抵抗を有し、且つ膀胱に一定の尿が貯つた際の基準圧（排尿動作を行わない時の内圧）と排尿動作（手圧・腹圧或は自動的膀胱収縮）時の内圧上昇との比が問題であると考え、測定の最後にこの点を検査した。

前掲の図1を見ると、正常の神経支配を有する膀胱では、最少尿意発現後も脊髓排尿反射中枢に対する上位中枢の抑制によつて、排尿反射は阻止されており利尿筋収縮は起らず、最大尿意発現まで膀胱内圧は10cm水柱程度に留まる。此の程度の圧に対しては膀胱頸部以下の抵抗は完全に対抗し得るので、勿論尿の洩出はない、排尿しようと思うと利尿筋の収縮が起り、膀胱内圧が数10cm水柱圧になると同時に膀胱頸部・後部尿道は拡張され、また外括約筋は意識的に弛縮して茲に尿線を作つて尿排出が起ると考えられる。

図2, 3は automatic bladder の例で、仙髄の排尿反射経路は保全されているが、上位の抑制支配が欠けている為に、一定量の尿が貯まると、意志とはまつたく無関係に突然反射性膀胱収縮が起り、充分な高さ及び持続を有する膀胱内圧上昇が招来され、その為カテーテル脱出或は周囲からの尿漏出が起る訳である。

図4, 5は uninhibited neurogenic bladder の例であつて、脊髓の排尿反射中枢より上に於ける不完全損傷で、尿意は保存されており随意排尿も可能で正常に似た排尿であるが、抑制経路が不完全な為不随的排尿反射が起ることを意志により抑制する事は出来ない。内圧曲線の形の上では automatic bladder と同じで区別は出来ない。

図6, 7は仙髄の排尿反射中枢或はそれより末梢が損傷され排尿反射は起らず、一方膀胱壁内神経叢の興奮に

よつて、壁の各部が個々別々に小収縮を繰返えす所謂 **autonomous bladder** と考えられる症例であつて、膀胱内圧は小動揺を伴いながら全体として徐々に上昇して行き数10cm水柱圧にも及ぶが、**automatic bladder** の様な膀胱全体の収縮と考えられるまとまつた山は現われない。自然の状態では、一定時間後膀胱内圧が一定程度以上になれば、(もし膀胱頸部以下の抵抗が正常或は正常以下であれば)当然頻回少量宛の尿漏洩が起る訳である。但し実際には此頃腹圧或は手圧を膀胱部に加える事によつて能率のよい排尿を行い得る事も多いのである。

図8は外傷後4週で神経学的に傷害部以下の脊髓反射機能が消失している、所謂 **Spinal Shock** と考えられる時期で、排泄性膀胱内圧曲線は全く動揺なく、正常膀胱と同様に圧上昇は極めて徐々であり10cm水柱圧以下にとどまる。正常と異なる点は排尿動作によつても全く内圧上昇がない事である。なお従来 **Spinal Shock** 期には膀胱利尿筋は完全に麻痺して、その緊張をも失ひ膀胱内圧はまったく **atonic** となつていたといわれていた。之に対し **Nesbit & Lapidés (1948)** は外傷後膀胱の過伸展さえ防止しておくならば、利尿筋の収縮能力はないがその緊張トーンスは正常と同様に保たれている事を論じ、我々の教室の動物実験でも同様な結果をえている。この例に於ても排泄性の膀胱内圧推移は正常膀胱と同一であつた。次いでこの患者の4ヵ月後では、神経学的に下肢腱反射消失、肛門括約筋緊張正常、球海绵体筋反射(+)になつてゐるが、やはり自分で排尿は全く出来ない。此の時の排泄性膀胱内圧図では、基本的に **autonomous** 型曲線であるが、更に1時間後よりはその上に数分の持続を有する山が加わつてゐる様にも見えて、**autonomous** から **automatic** への移行期にあるものと考えられる。

図9は頸椎損傷後約1ヵ月の例であるが、前半は小さいがまとまつた山が規則的に現われて、不完全な **automatic** 型をも思わせるが、カテーテル周囲よりの尿洩出はなく段々と圧は上昇して行くと共に、この様な規則的な波は次第に小さくなり、後半は基本的には **autonomous** 型の曲線となつた。これもやはり **autonomous** より **automatic** への移行期と考えるべきであろう。この例は **straight drainage** と **tidal drainage** を併用していたが、3ヵ月頃からカテーテル周囲からの尿漏出が起り、5ヵ月頃は反射排尿可能となつてカテーテルを抜去した。此の時の排泄性膀胱内圧図(カテーテル脱出を防ぐ為陰莖に固定して記録)は非常に力の強い、数分毎に繰

返えされる **Peak** が100cm水柱圧以上にも達する典型的な **automatic bladder** であつた。

以上代表的な数例について説明したが、排泄性膀胱内圧測定を行つた脊損膀胱46例(何れも受傷後3ヵ月以後)を損傷椎体の高さと同内圧図の型で分類してみると次の様になる。

	autonomous	automatic	混合型	計
頸椎	0	7	0	7
胸椎	2	8	4	14
第1腰椎	8	8	2	18
第2腰椎以下	7	0	0	7
計	17	23	6	46

頸椎損傷の凡て及び胸椎損傷の大部分は **automatic** 型(**uninhibited** を含む)であり、此の型では排尿反射の起らない時の膀胱内圧は正常と同様に低く(10cm内外)、反射により50cm水柱圧以上の高さで且つ1~数分の持続をもつ山が現われると共に、カテーテルが脱出したり或はカテーテル周囲よりの尿洩出が起る訳である、カテーテルが脱出しない時には斯る山が数分~数10分間隔で反復する。この型の膀胱容量は200~500(平均300)であつた。

第2腰椎以下の損傷では全例 **autonomous** 型で膀胱内圧は小さな動揺を伴いながら徐々に上昇していき、1時間から2時間迄に数10cm水柱圧に到るが、**automatic** 型の様な膀胱全体の収縮と考えられるまとまつた山は全く現われない。此の型の膀胱容量は400~800(平均600)であつた。

第1腰椎損傷はほぼ両型に2分されており、排尿反射中枢が解剖学的に第1腰椎の高さに位する事実と符合している。

また胸椎損傷に4例、第1腰椎損傷に2例の **automatic** とも **autonomous** とも判定し難い型の内圧曲線が見られた。これは基本的には **autonomous** 型で時間の経過と共に次第に内圧は上昇して行くが、更にその上に不完全な **automatic** 型の曲線が重なつて来るかの如くに数分の持続を有する山が周期的に現われるもので、自律性膀胱から自動性膀胱への移行期と考えてよからう。

Munro は彼の膀胱内圧測定法によつて、脊損膀胱を次の様に分類している。

- 1) **atonic cord bladder**
- 2) **autonomous cord bladder**
- 3) **hypertonic cord bladder**

4) automatic cord bladder

我々の分類と異なる点は3) hypertonic cord bladder

の存在であり、之は仙髄及び馬尾を除く凡ての脊髄損傷に現われ、膀胱容量圧曲線の基線の上昇が急で最高内圧が30~50cm水柱圧を越えるものであるというが、彼は膀胱の運動性についてはあまり考慮していない。前に記した我々の分類は神経生理学的な理論に従つて、主として膀胱の運動性に基く分類であり、全体としての波形を重視して鑑別の基礎とし、膀胱容量及び内圧は分類の上では副次的意味を有するに過ぎない。おそらく Munro の hypertonic cord bladder は我々の分類に於ける autonomous bladder, automatic bladder 及び両者の移行期のもののうちで、特に内圧の高く且つ容量の少ないものと考えてよからう。

最後に脊損膀胱患者の治療との関連について少しく考察してみると、まず外傷後の導尿期間中定期的に膀胱内圧測定法を行つて、膀胱機能の恢復を追求して行く事が大切であるが、この際我々の排泄性膀胱内圧測定法は最も端的に膀胱機能の変遷と病型を示す上で極めて有効な法と信ずる。少くとも従来の逆行性段階的膀胱内圧測定法よりは、遙かに優れた利点を有する事は明かである。

次に終局期に入つてからの治療について考えてみると、一般に尿道抵抗を低下させれば排尿は容易になり、残尿は減少し膀胱効率は良くなるが、同時に不随意的尿失禁の程度は増加する可能性がある。休止時の膀胱内圧に抵抗し得るが、排尿時膀胱内圧では容易に尿を通過せしめる尿道抵抗が望ましい訳である。

膀胱頸部内括約筋部の機構については古くから非常に多くの説があるが、要するに所謂内括約筋は膀胱利尿筋の続きであり、膀胱は利尿筋の収縮が起ると同時に必然的に膀胱頸部が拡大する様な筋構造配列を示している。(Wesson 1920) Lapedes(1958)は後部尿道が膀胱尿を保つ機構について実験的根拠から、“後部尿道は膀胱利尿筋の続きであつて、導管としての抵抗が尿を保つのであつて、排尿反射による利尿筋の収縮と同時に後部尿道は active に短縮且つ拡大して尿の通過をゆるすものである”としている。

さて排泄性膀胱内圧測定法で autonomous 型となつた膀胱に於ては、膀胱に尿がたまつて行くにつれて膀胱内圧は段々と上昇して行き、1~2時間後には50~70cm水柱圧の充分な内圧に至る。但し排尿反射による膀胱全体としてのまとまつた利尿筋収縮は起らないことと、また Lapedes 説からみれば膀胱のまとまつた収縮のない

限り後部尿道の拡張は起らず、従つて本型では膀胱頸部・後部尿道の抵抗は正常膀胱の静止時の後部尿道抵抗と大差ないものと考えられる(時には2次的膀胱頸部通過障害によつて抵抗を増している事も少なくないであろう)。従つて努責や手圧を加えない限り有効な排尿は起らず残尿が多く残る訳である。反面外括約筋は一般に正常よりも弛緩に傾いていると推定される。従つて autonomous 型で効率の良い排尿状態をもたらす為には、膀胱頸部切除によつて後部尿道の形を正常人に於ける排尿時のそれに近くする事によつて、尿道抵抗を軽減して努責・手圧時の最高意識圧では尿線を作つて排尿出来、而も外より圧を加えない時の内圧では洩出なく尿を保つ事が出来る程度の尿道抵抗を与える事が理想と考えられる訳である。また自然の状態では排泄性膀胱内圧測定法で相当の内圧になつた後も排尿をしないならば当然少量づゝの尿漏出が起り易いから、患者はその前に腹圧又は手圧排尿すべきである。

なお各種神経因性膀胱に対する経尿道的(或は恥骨上式)膀胱頸部切除術は、Emmett等(1945)、本邦では土屋等(1950)によつて推奨されており、その奏効機序は上記 Lapedes説の他に膀胱頸部の異常緊張状態(?)、或は2次的膀胱頸部器質的通過障害を除くこと、更に頸部前面には外括約筋の続きである横紋筋が及んでおり、これを切除するという事も考慮されている。脊損膀胱に対する膀胱頸部切除は我々の成績でも約7割に有効であつた。Emmett や Comarr によると脊髄損傷の部位・程度に拘らず有効であつたが、一般に automatic bladder よりも autonomous bladder の方により有効であつたという。

次に排泄性膀胱内圧測定によつて automatic type で、休止時の内圧は正常膀胱と同様に低く、排尿反射によつて充分な高さで持続を有する山が出る時は、後部尿道も active に拡張されている訳であるから、合併症がない限り排尿効率は良く残尿も autonomous type より少ない筈である。充分な高さ大きさの反射が起るに拘らず、なお臨床的に排尿状態が悪い時には外括約筋攣縮、Spastic perineum 或は2次的な膀胱頸部疾患によつて排尿が碍げられていると考えられ、此等を線学的及び内視鏡的に鑑別して適切な治療(陰部神経、仙髄神経遮断術、経尿道的膀胱頸部切除術、外括約筋切断術等)をすべきであらう。但し残尿が少くとも、あまりに少量の尿ですぐに頻回の反射が起る所謂 Spastic small bladder は實際上非常に困るが、この際はむしろ各種の神経外科的方法(脊髄前根・後根・仙髄神経根切断術・

Subarachnoid alcohol block・Corpectomy・Conectomy

等) によつて排尿反射機構を破壊して, automatic bladder から autonomous bladder に変えて了う方が良い事もあろう。

以上の如く我々の排泄性膀胱内圧測定法が直接治療方針上の指針となりうるかどうかにか就いては更に今後の研究にまちたい。

なお我々の装置の欠点としてあげなければならないのは,ブリッジのバランスが大きく崩れると,専門家に頼らなければこれを補正する事が出来ない事であつて,もつと安定な装置が望まれる。

結 論

1) 従来我国で慣用されている逆行性段階的注水による膀胱内圧測定法は,神経因性膀胱の機能判定や分類の目的には殆ど無力といつてよい。

2) Comarr の報告にヒントを得て,筆者は独自の電氣的圧連続記録装置を用いて,脊損膀胱に就て“排泄性”持続的内圧記録 excretory cystometry を行つた。

3) 此の方法は従来の逆行性内圧測定法よりも遥かに生理的条件に近いため,得られる内圧曲線も極めて自然に近い波形を示し,膀胱利尿筋の運動性及緊張度を容易に知る事が出来る。特に排尿反射中枢の障害されている自律性膀胱と反射中枢の健全な自動膀胱との鑑別は本法によると極めて容易である。

4) また脊髄損傷直後のショック期から回復期への機序に就ても有益なヒントを与え,カテーテル抜去時期の判定上有益であり,更に終局期に於ける排尿効率不良の原因解明及び積極的治療方針選定上にも有用なものと思ふ。勿論神経因性膀胱の診断は内圧測定のみによる事は誤りであり,本法と共に凡ゆる神経学的及び泌尿器科的検査法を活用総合して,はじめてその正しい状態を把握し得るものである事はいふまでもない。

稿を終るに当たり,終始御懇篤な御指導と御校閲を賜つた恩師辻一郎教授並びに黒田一秀助教授に衷心より感謝致します。またエレクトロニクスの面で御指導を賜つた本学第二生理学教室藤森聞一教授並びに中央検査室吉本千禎助教授に深謝致します。

なお本研究は美唄労災病院に於いて行つたもので,種々便宜を与えられた院長若松不二夫博士以下職員諸氏に感謝致します。

本研究は昭和34年度文部省科学試験研究費の補助をうけた。

文 献

- 1) Band, D.: Brit. J. Urol., 28, 37, 1956.
- 2) Bors, E.: Urol. Surv., 7, 177, 1957.
- 3) Cone, W.V. & Beidgers, W.H.: Surg. Gyn. & Obst., 75, 61, 1942.
- 4) Comarr, A.E.: J. Urol., 79, 714, 1958 ; 77, 622 & 232, 1957.
- 5) Emmett, J.L.: Campbell's Urology, Vol. II. Saunders Co., 1954.
- 6) Hinman, F.: Radiology, 62, 713, 1954.
- 7) Hunter, de W.T.: J. Urol., 71, 695, 1954.
- 8) 市川篤二, 成田信夫: 神経因性膀胱, 南江堂, 1958.
- 9) Lapedes, J.: J. Urol., 80, 341, 1958.
- 10) Lewis, L.G.: J. Urol., 41, 638, 1939.
- 11) Lewis, L.G. & Langworthy, O.R.: J. Urol., 40, 677, 1938.
- 12) Meriowsky, A.M. et al.: J. Urol., 67, 192, 1952.
- 13) Millan, D.F. & Leberman, P.R.: J. Urol., 66, 597, 1952.
- 14) 水野祥太郎: 綜合臨床, 5, 720, 1956.
- 15) Muellner, S.R. & Fleischer, F.G.: J. Urol., 61, 528, 1949.
- 16) Mullenix, R.B.: J. Urol., 55, 470, 1946.
- 17) Munro, D.: New Eng. J. Med., 236, 223, 1947 ; 229, 6, 1946 ; 214, 614, 1936 ; J. Urol., 36, 710, 1936.
- 18) Munro, D. & Hahn, J.: New Eng. J. Med., 212, 229, 1935.
- 19) Muschat, M.: J. Urol., 43, 583, 1940 ; 33, 366, 1935.
- 20) Muschat, M. & Charny, C.W.: J. Urol., 37, 718, 1937.
- 21) 成田信夫: 日泌尿会誌, 47, 419, 1956.
- 22) Nesbit, R.M. & Lapedes, J.: Arch. Surg., 56, 139, 1948 ; J. Urol., 57, 242, 1947.
- 23) Nesbit, R.M. & Baum, W.C.: Neurology, 4, 190, 1954.
- 24) 落合京一郎: 臨分泌, 9, 124, 1955.
- 25) Prather, G.C.: Urological Aspects of Spinal Cord Injuries, C.C. Thomas Co., Springfield, 111, 1953.
- 26) Rose, D.K.: J. Urol., 17, 487, 1927 ; 27, 207, 1932 ; 43, 718, 1940 ; J.A.M.A., 88, 151, 1927 ; 107, 1534, 1936.
- 27) Ritter, J.S. & Sporer, A.: J. Urol., 61, 528, 1949.
- 28) Schwarz, O.: Mittelungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie, 29, 174, 1916.
- 29) Simeone, F.A. & Lampson, R.S.: Ann. Surg., 106, 413, 1937.
- 30) Simons, I.: J. Urol., 34, 493, 1935.
- 31) Stewart, O.W.: Lancet, 1, 284, 1942.
- 32) Talbot, H.S.: J. Urol., 59, 1130, 1948.
- 33) 高安久雄: 災害医誌, 4, 15, 1956.
- 34) 土屋文雄: 手術, 4, 524, 1950 ; 通信医学, 2, 261, 1951.
- 35) 辻一郎, 黒田一秀他: 臨床の日本, 1, 169, 1955. 日本医事新報, 11, 1785, 1958.
- 36) Wesson, M.B.: J. Urol., 4, 279, 1920.
- 37) 山本弘: 手術, 8, 879, 1954.