球海綿体反射を用いた横紋筋性尿道括約筋の筋電図学的研究 —膀胱蓄尿状態による仙髄反射活性の変化に関する検討—

¹⁾東北大学泌尿器科, ²⁾JR 仙台病院泌尿器科, ³⁾東北労災病院泌尿器科

海法 康裕¹⁾ 浪間 孝重¹⁾ 内 啓一郎¹⁾
中川 晴夫¹⁾ 相沢 正孝¹⁾ 竹内 晃¹⁾
西村 洋介²⁾ 大沼徹太郎³⁾ 折笠 精一¹⁾

ELECTROMYOGRAPHIC STUDY OF THE STRIATED URETHRAL SPHINCTER BY
USING THE BULBOCAVERNOSUS REFLEX :
Study on Change of Sacral Reflex Activity Caused by Bladder Filling

Yasuhiro Kaiho¹⁾, Takashige Namima¹⁾, Keiichiro Uchi¹⁾, Haruo Nakagawa¹⁾, Masataka Aizawa¹⁾,
Akira Takeuchi¹⁾, Yosuke Nishimura²⁾, Tetsutaro Ohnuma³⁾, Seiichi Orikasa¹⁾

¹⁾Department of Urology, Tohoku University School of Medicine (Director: Prof. Seiichi Orikasa)

²⁾Department of Urology, JR Sendai Hospital

³⁾Department of Urology, Tohoku Rosai Hospital

(Purpose) The change of sacral reflex activity of the striated urethral sphincter in the urine storage phase is investigated using evoked potential reaction of the bulbocavernosus reflex (BCR).

(Methods) Eleven normal male subjects and 13 male patients with neurogenic bladder due to suprasacral (C3~C7) spinal cord injury (SCI patients) were investigated. Within the SCI patients, five were complete SCI and 8 were incomplete SCI. BCR was elicited by electrical stimulation of dorsal nerve of the penis, and the evoked potential of the BCR was recorded with a concentric needle electrode from the periurethral striated muscle. BCR was performed both at empty and at filled bladder respectively, and changes of the amplitudes (AMP) were examined. Moreover, the changes of AMP affected by bladder filling were compared between the normal subjects and the SCI patients.

(Results) In both the normal subjects and the SCI patients, AMP increased at the filled bladder as compared with that of the empty bladder. In addition, the change of AMP was statistically bigger in the SCI patients (a ratio of amplitude at filled bladder/amplitude at empty bladder: 4.73 ± 3.90) than in the normal subjects (the ratio: 1.32 ± 0.44).

(Conclusion) Sacral reflex activity was accelerated by bladder filling in both the normal subjects and SCI patients. And the acceleration in the SCI patients was more remarkable than that in the normal subjects. In addition to the conventional evaluation of the integrity of sacral reflex arc by BCR examination, the observation of changes of BCR affected by bladder filling may provide the information for the continuity of sacral segment and supraspinal micturition center.

Key words: bulbocavernosus reflex, storage phase, spinal cord injury

要旨: (目的) 球海綿体反射の誘発電位反応 (BCR-EP: evoked potential of bulbocavernosus reflex) を用いて, 蓄尿期 (横紋筋性尿道括約筋の収縮時) の仙髄反射活性を膀胱空虚時と対比して検討した。

(対象と方法) 正常男性 11 例と脊髄損傷 (C3~C7) による神経因性膀胱男性 13 例 (完全脊髄損傷 5 例, 不完全脊髄損傷 8 例) を対象とした。陰茎背神経を電気刺激し, 尿道周囲横紋筋から導出した BCR-EP を, 膀胱空虚時と蓄尿 (膀胱充満) 時にそれぞれ測定して, 振幅の変化について検討した。また, 膀胱

充満がおよぼす振幅の変化について、膀胱充満時振幅/膀胱空虚時振幅比を求めて、正常例とSCI例間で比較検討した。

(結果)膀胱空虚時に比し充満時には、正常例および脊髓損傷例ともに有意な振幅の増大を認めた。さらに、脊髓損傷例の膀胱充満時振幅/膀胱空虚時振幅比は 4.73 ± 3.90 、正常例のそれは 1.32 ± 0.44 で、脊髓損傷例では膀胱充満による振幅の増大が顕著であった。

(結語)正常例及び脊髓損傷例ともに膀胱充満によって仙髄反射活性は亢進し、さらに、脊髓損傷例は正常例より亢進が顕著であった。従来の球海綿体反射の有無による仙髄反射弓の妥当性の評価に加え、膀胱充満による球海綿体反射の変化を観察することで、仙髄と上位排尿中枢との連続性を評価できると考えられた。

キーワード：球海綿体反射、蓄尿期、脊髓損傷

背景・目的

正常な尿道機能とは、蓄尿期の尿道括約機能の保持・増強と、排出期の速やかな括約機能の解除とその維持に集約される^{1)~4)}。蓄尿期の括約機能には尿道周囲の横紋筋性括約筋(periuethral striated sphincter: PUS)の持続収縮が必須である。膀胱充満に伴うPUSの収縮、すなわち尿禁制反射の機序については多くの動物実験から、骨盤神経を求心路とする膀胱伸展刺激が、オヌフ核を活性化して骨盤底筋群の一部であるPUSを収縮させる⁵⁾⁶⁾、あるいは膀胱充満時には上位中枢からオヌフ核への持続的な下行性刺激がPUS弛緩を抑制するなどの報告がなされている⁶⁾。また、最近のpositron emission tomography (PET)による血流動態の研究で、ヒトにおいてオヌフ核を介してPUSの弛緩を抑制している橋蓄尿中枢の存在も報告されている⁷⁾。我々もこれまで、排尿サイクルに対応した尿道括約機能の定量的な評価を目指して、PUSならびにその支配神経に対する各種の電気生理学的検討を行ってきたが^{8)9)~11)}、詳細はなお不明な点が多い。

PUS機能の臨床的検査法のひとつとして、球海綿体反射(bulbocavernosus reflex: BCR)を用いた仙髄反射活性の評価が挙げられる¹²⁾。BCRは日常診療では膀胱の蓄尿状態を斟酌せずに行われているのが現状であるが、我々は膀胱空虚時には同定できなかったBCRが膀胱充満に伴い明瞭な反射反応として出現した神経因性膀胱症例を経験しており、BCRによる仙髄反射活性の検討は、膀胱の蓄尿状態を考慮して行うことが重要と考えている¹³⁾。近年、排尿サイクルに対応したBCRの在り様の検討が報告されているが、いずれも定性的な評価であった^{14)~16)}。我々は先に、正常随意排尿と不随意括約筋弛緩における仙髄反射活性の相違をBCR誘発電位反応(BCR evoked potential: 以下

BCR-EP)を用いて定量的に検討し報告した¹¹⁾。そこで今回は、正常例と核上型神経因性膀胱例において、PUSを支配する仙髄反射活性に及ぼす膀胱蓄尿状態の影響について、BCR-EPの振幅変化を用いて筋電図学的に定量的検討を行った。

対象・方法

①対象：泌尿器疾患を有するが排尿症状のない神経泌尿器科的に正常と判断された成人男性11例(年齢20~75歳、平均61.6歳：以下正常例)と、外傷性脊髓損傷による神経因性膀胱の男性13例(年齢18~67歳、平均46.2歳：以下SCI例)の計24症例を対象とした。対象は本検査について十分な説明を受け納得の得られた症例のみとした。SCI例の損傷部位はC3からC7とすべて頸髄損傷で、完全脊髓損傷5例、不完全脊髓損傷8例であった。完全脊髓損傷に関しては、障害レベル以下の随意運動機能と、知覚認識機能の欠如をもって診断した。SCI例はすべて慢性期で、受傷から検査までの期間は平均7.6年(最長23年)であった。SCI例の尿路管理は、タッピングや用手圧迫を用いた自排尿2例、反射性排尿2例、反射性排尿と自己導尿の併用1例、清潔間歇導尿6例(そのうち自己導尿3例)で、社会的事情でやむ終えず留置カテーテル管理となった症例が2例あった。

②尿流動態検査：まず、既報¹⁷⁾に従い通常の尿流動態検査を行い、正常例では初発尿意、最大尿意がわかること、正常な排尿筋活動および括約筋活動が行われていることを確認した。SCI例では尿意がはっきりしないため、排尿筋過反射によるカテーテル周囲から尿漏出を認めた時点で膀胱内容量を測定し最大膀胱容量とした。また、自律神経過反射が起きたり、排尿筋圧が50 cmH₂Oあるいは注入生理食塩水量が500mlを越えた場合は、その時点で注入を止めて膀胱内容量を測

定し最大膀胱容量とした。括約筋筋電図は、経会陰的に刺入した同心型針電極（Dantec 13L30）を直腸診と筋電図音を参考にして PUS に留置して測定した。

③BCR-EP の測定：膀胱充満時の BCR 誘発は、初発尿意または 45% 最大膀胱容量付近の膀胱容量で行った。測定は、陰茎冠状溝が陽極に陰茎体部が陰極になるように陰茎に巻き付けた電極間距離 1cm の 2 本のリング電極（日本光電 NM-450S）を刺激点とし、PUS に刺入した針電極を導出点として記録した。はじめに、膀胱空虚状態で刺激幅 0.2 msec、刺激頻度 2 Hz の定電流陰性矩形波を用いて、陰茎の知覚閾値（sensory threshold：以下 ST）を測定した。次いで、感度 50—200 μ V/DIV.、周波数帯域 50—3,000 Hz、掃引時間 10 msec/DIV. の条件下で、0.2 mA 単位のステップ刺激で刺激強度を増加させながら刺激—導出を行い、平均加算法にて可視化して明瞭な安定した BCR-EP を得られる最小の刺激強度 (mA) を誘発閾値 (evoked threshold：以下 ET) とし、以下の誘発を行った。また、このとき得られた BCR-EP を膀胱空虚時 BCR-EP（以下 emp BCR-EP）とした。BCR-EP の原波形は筋電計（日本光電 MEB-7202）で観察しながら刺激波とともに FM テープに記録し、パーソナルコンピューターに外部入力して解析ソフト（MacLab Scope v3.52）を用いて、平均加算回数 50 回の条件下で再構築を行った。再構築した BCR-EP から、最も早期に出現した誘発波の主反応の最大振幅 (maximum amplitude：以下 AMP) を測定した（図 3）。

a) 正常 11 例では、まず emp BCR-EP から膀胱空虚時 AMP（以下 emp AMP）を測定した。その後、生理食塩水を注入し、膀胱充満時として初発尿意後に再度 ET で刺激を行い、得られた BCR-EP を膀胱充満時 BCR-EP (storage BCR-EP：以下 stor BCR-EP) として AMP（以下 stor AMP）を測定した。さらに注入をつづけると、全例で最大尿意の後に自排尿が行われた。自排尿から 15 分後の膀胱空虚時 BCR-EP (post-emp BCR-EP：以下 p-emp BCR-EP) を記録し、その AMP（以下 p-emp AMP）を測定した。得られた AMP を用いて、膀胱充満による振幅の変化を検討した。

b) SCI 13 例では、正常例と同様にして膀胱空虚時の各パラメーターを測定した。最大電気刺激強度 50 mA でも知覚のない症例は ST なしとした。膀胱充満時は尿意がはっきりしなかったので正常例の平均値から最高膀胱容量の 45% 時付近⁴⁾で BCR 誘発を行い、得られた膀胱充満時 BCR-EP (stor BCR-EP) から stor

AMP を測定した。最大膀胱容量まで蓄尿させた後、カテーテルにて膀胱内容液をすべて除去し、15 分後の膀胱空虚時 BCR-EP (p-emp BCR-EP) を記録し、p-emp AMP を測定した。得られた AMP を用いて、膀胱充満による振幅の変化を検討した。

c) さらに、正常例と SCI 例の両群間における膀胱充満がおよぼす AMP の変化の程度について検討した。まず、誘発閾値 (ET) に関して正常例と SCI 例を比較した。誘発された AMP は個体差が大きく一般的に定量的検討には有用でないため¹⁸⁾測定絶対値による比較はせず、同一個体内の膀胱充満がおよぼす変化を求めて両群間の検討を行った。すなわち、stor AMP/emp AMP 比を用いて両群間の比較検討を行った。

統計学的検討について、今回得られたデータは誘発閾値は正規分布であったが、振幅は正規分布に従っていなかった。そのため、a) と b) における膀胱空虚時と充満時の振幅の比較検討には Wilcoxon signed-ranks test を用いた。また、c) の正常例と SCI 例間の比較検討では、誘発閾値に Student's t-test、振幅に Mann-Whitney's U test を用いた。いずれも $p < 0.05$ の場合を統計学的に有意差ありとした。

結 果

a) 正常 11 例では ST 4.3 ± 1.5 mA, ET 24.2 ± 12.4 mA, emp AMP $16.3 \pm 13.4 \mu$ V (平均 $\pm$ 標準偏差) であった。11 例全例で、初発尿意は最大膀胱容量の 30% から 67% (平均 45%) の範囲内で明瞭であり、stor BCR-EP を測定できた。stor AMP $23.0 \pm 20.5 \mu$ V と、充満時は膀胱空虚時に比し有意な振幅の増大がみられた ($p = 0.02$) (図 1a)。排尿後膀胱空虚時には、p-emp AMP $13.1 \pm 7.70 \mu$ V で、蓄尿前の膀胱空虚時と有意差はみられなかった。

b) SCI 13 例では、尿流動態検査で全例で排尿筋過反射を、10 例で排尿筋括約筋協調不全を認めた。陰茎電気刺激に対する知覚は 13 人中 6 人で消失しており、知覚が存在した残りの 9 例の ST は 7.8 ± 5.8 mA であった。emp BCR-EP は 13 例全例で観察され ET 32.3 ± 10.0 mA, emp AMP $39.3 \pm 70.0 \mu$ V であった。また、stor AMP は $87.8 \pm 101.8 \mu$ V で、正常例同様に充満時は膀胱空虚時に比して有意な振幅の増大を認めた ($p = 0.001$) (図 1b)。カテーテルによる内容液除去後の膀胱空虚時では p-emp AMP $34.3 \pm 44.9 \mu$ V で蓄尿前の膀胱空虚時と有意差はなかった。

c) 正常例と SCI 例の両群間で、ET に有意差を認めなかった。一方、振幅について膀胱充満による変化の

図1 膀胱空虚時と充満時の比較

正常例 (a) と SCI 例 (b) とともに、膀胱充満時は膀胱空虚時に比し有意に振幅が増大した。

程度を比べると、SCI 例の stor AMP/emp AMP 比は 4.73 ± 3.90 で、正常例 1.32 ± 0.44 に比べて有意に高かった ($p=0.0002$) (図2, 図3). また、全症例の ET と stor AMP/emp AMP 比の散布図に示すが(図4), 刺激強度と振幅の増幅については一定の相関関係を認めなかった。

考 察

球海綿体反射 (BCR) は、体性神経系の仙髄反射活性を反映し、その中枢を仙髄のオヌフ核、反射経路を陰部神経とする乏シナプス性の脊髓反射とされ、仙髄の反射中枢はさらに上位中枢からの制御を受けるとされている¹⁶⁾。BCR-EP は一般に潜時の速さから3つの成分に分けられる¹⁶⁾¹⁹⁾。今回は既報¹¹⁾に従い、反応の安定性と再現性が良好な最も潜時の速い主反応 (R1) のみを対象として振幅を検討した。さらに、正常例の最大尿意付近では排尿抑止のための骨盤底筋群の随意収縮が、SCI 例では排尿筋過反射が仙髄反射活性に及ぼす影響を考慮して、今回の検討では膀胱充満時の BCR-EP 測定は初発尿意あるいはおよそ45% 最大膀胱容量付近の膀胱容量で行った⁴⁾。また、BCR の電気刺激に関しては睫毛反射と同様に、繰り返しの電気刺

図2 正常例と SCI 例間の比較
stor AMP/emp AMP 比は、SCI 例では正常例に比して有意に大きかった。

図3 正常症例およびSCI症例のBCR-EP

正常症例（20歳）およびSCI症例（18歳，C6，完全脊損）の，平均加算法で再構築した膀胱空虚時（emp），充満時（stor），排尿後膀胱空虚時（p-emp）における各々のBCR-EPである．振幅（AMP）は最も主反応の最大振幅を測定した．SCI例では正常例に比し stor BCR-EP の振幅増大が顕著である．

図4 刺激強度（ET）と stor AMP/emp AMP 比

ET の大きさと，膀胱充満による振幅の増大比には相関関係を認めなかった．

激による慣性はないとされている¹⁹⁾²⁰⁾．今回，全例において蓄尿前後の膀胱空虚時の AMP を比較した有意差を認めず，膀胱充満による変化は，検査中の電極

位置のずれや電気刺激に対する慣性によるものではないと判断した．

BCR-EP の振幅の変化に関しては，正常例および

SCI 例ともに、膀胱充満によって振幅は増大し、膀胱内容排出後は充満前の状態に戻った。従って、これら振幅の変化は膀胱蓄尿状態に対応した変化であり、正常蓄尿あるいは頸髄損傷による神経因性膀胱では、膀胱充満は仙髄反射活性に促進的に作用すると考えられる。BCR-EP の振幅の増大は、誘発刺激を強くすることでも認められる²¹⁾。しかし、今回の刺激強度は一定であったことから、振幅の増大は膀胱充満による骨盤神経を介した求心性入力に BCR の反射経路に何らかの影響を与え、結果的にオヌフ核の被刺激性を亢進したためと推測される。

ここで最も興味ある所見は、振幅増大の割合すなわち stor AMP/emp AMP 比で比較した場合、SCI 例では正常例に比して膀胱充満による振幅の増大が有意に顕著であったことである。SCI 例では正常例より ET が高いために誘発振幅が大きくなったのではと危惧されるが、統計学的には刺激強度に有意な差は認められなかった。また、図 4 に示したように、刺激強度と stor AMP/emp AMP 比の分布図には一定の相関関係はなく、散布状態からは正常例と SCI 例はおおの別の集合であるようにもみえる。以上から、正常例と SCI 例では、膀胱充満が BCR の反射経路に影響を及ぼす機序に根本的な相違があると考えられる。

膀胱充満による PUS の生理的応答として、筋電図反応が増強する尿禁制反射が知られている⁶⁾²²⁾。我々は以前、PUS の振れ回数・振幅図解析から、正常例の膀胱充満に伴う尿禁制反射の筋電図学的特徴として振れ回数の増加に比較して、振幅の増加は軽度で膀胱空虚時のおよそ 1.3 倍程度と報告した⁴⁾。今回の正常例での BCR-EP の stor AMP/emp AMP 比は平均 1.32 倍であり、この値は正常の尿禁制反射における膀胱からの求心性入力に応答するオヌフ核の被刺激性亢進の範囲内であり、生理的反応として妥当な振幅増加と考えられる。

一方、SCI 例の stor AMP/emp AMP 比は正常例に比べて有意に増大し明らかな隔たりが存在している。SCI 例と正常例を empBCR-EP のみで比べると、empAMP は SCI 例で確かに大きかったが、誘発閾値 (ET) はむしろ高値であった。このことから、膀胱空虚時の BCR が SCI 例で正常例に比べて明らかに亢進しているとはいえない。従って、核上型障害の SCI 例でみられた stor AMP/emp AMP 比の有意な増大は、膀胱充満に伴う求心性入力の増加に対するオヌフ核の被刺激性亢進を検出している可能性を示唆している。こ

の SCI 例で認められた正常な尿禁制反射の限度を逸脱した反射亢進は、括約筋過反射とでも表現できる病態といえる。今回の SCI 例では 13 例中 10 例に排尿筋括約筋協調不全を認めており、Rudy ら²³⁾ が排尿筋括約筋協調不全の原因とした異常な尿禁制反射の存在を蓄尿レベルで観察しているのかも知れない。

この括約筋過反射の発生機序として以下の二つの可能性が考えられる。ひとつには、BCR の上位中枢からの調整経路の障害の可能性である。一般に上位運動ニューロン障害では、深部反射は正常に比べ亢進するとされる²⁴⁾。また、これまで尿禁制反射は仙髄 (オヌフ核) を反射中枢とする短ループ反射系とされてきたが²⁵⁾、近年、脳幹の蓄尿中枢の存在がネコやヒトで証明され、尿禁制反射も排尿反射同様に長ループ反射系による上位中枢からの制御を受けていると考えられてきている⁷⁾²⁶⁾。SCI 例では、この上位中枢からオヌフ核への調節系が障害されたために、蓄尿時の膀胱伸展刺激が BCR 経路に与える促進作用を正常例のようにある一定レベルに抑えることが出来ないという可能性である。Walter ら¹⁴⁾ も BCR を肛門管圧で測定し、SCI 患者 4 例で膀胱充満による BCR の増大を報告しており、その機序として、BCR の R1 は 5 から 6 個のシナプスを介する乏シナプス反射であるが、これらのシナプスの繋がりが他の求心性刺激からの調節に応じる可能性を指摘している。もうひとつは、BCR の反射経路自体の変化の可能性である。脊髄損傷では脳からの下行性経路が絶たれることで、C 線維求心性軸索の sprouting によるシナプス数増加や新しいシナプス結合の形成といった仙髄以下の神経経路そのものの変化が起きるとされる²⁷⁾。この変化により排尿反射の促進が起きる⁶⁾ ように、BCR の反射経路そのものが脊髄レベル内で変化を来し促進作用を受け易くなったという可能性である。

BCR 測定検査は、一般的に S2-4 領域の仙髄機能および仙髄反射弓の評価法としてその有用性は確立されている¹⁵⁾²⁸⁾²⁹⁾。加えて、今回の膀胱充満が BCR におよぼす変化の評価により、PUS を支配する仙髄反射活性が上位中枢からの仙髄排尿中枢への調節が適切に行われているかを推測できると考えられた。以上から、BCR 測定は膀胱蓄尿状態を考慮することにより、神経因性膀胱の補助診断法としてもさらに有用性が高まると思われる。

結 語

1) 正常 11 例と脊髄損傷 13 例を対象に、膀胱空虚時

と充満時における仙髄反射活性について、BCR の誘発電位反応を用いて検討した。

2) 膀胱空虚時と充満時の比較では、正常例および脊髄損傷例ともに充満時に振幅は増大した。さらに、脊髄損傷例は正常例に比し、膀胱充満による振幅の増大が顕著であった。

3) 脊髄損傷例における膀胱充満による顕著な振幅増大は、上位中枢からの下行性経路の障害によるものと思われ、膀胱充満時の BCR を膀胱空虚時と比較することで、仙髄と上位排尿中枢との連続性を評価できると考えられた。

4) BCR 測定は膀胱蓄尿状態を考慮することにより、神経因性膀胱の補助診断法として有用性が高まると思われる。

文 献

- 1) Kuru, M. : Nervous control of micturition. *Physiol. Rev.*, **45**, 425, 1965.
- 2) Sundin, T. and Petersen, I. : Cystometry and simultaneous electromyography from the striated urethral and anal sphincters and from levator ani. *Invest. Urol.*, **13**, 40—46, 1975.
- 3) Vereecken, R.L. and Verduyn, H. : The electrical activity of the paraurethral and perineal muscles in normal and pathological conditions. *Br. J. Urol.*, **42**, 457—463, 1970.
- 4) 浪間孝重：男子横紋筋性尿道括約筋の筋電図学研究；Turns Amplitude Diagram による検討。日泌尿会誌，**83**, 1304—1313, 1992.
- 5) Blaivas, J.G. : Mechanism of micturition. In *Scientific Foundations of Urology*, 3rd ed., p273—286, Heinemann Med., Oxford, 1990.
- 6) de Groat, W.C. and Steers, W.D. : Autonomic regulation of the urinary bladder and sexual organs. In *Central Regulation of Autonomic Functions*, p 310—333, University Press, Oxford, 1990.
- 7) Blok, B.F.M. and Holstege, G. : The central control of micturition and continence : implications for urology. *Br. J. Urol. Int.*, **83**, 1—6, 1999.
- 8) 今林健一，相馬文彦，西村洋介，浪間孝重，大沼徹太郎：排尿機構に関する電気生理学的研究；第3報，ヒト陰茎(核)背神経の電気刺激による頭皮上誘発電位反応について(予報)。自律神経，**23**, 379—385, 1986.
- 9) 相沢正孝，浪間孝重，中川晴夫，折笠精一：イヌ横紋筋性尿道括約筋の収縮特性について；圧—時間曲線および ATPase 染色法による検討。日泌尿会誌，**88**, 391—398, 1997.
- 10) Nakagawa, H., Namima, T., Masataka, A., Uchi, K., Kaiho, Y., Yoshikawa, K., Orikasa, S. and Nakasato, N. : Somatosensory evoked magnetic fields elicited by dorsal penile, posterior tibial and median nerve stimulation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **108**, 57—61, 1998.
- 11) 海法康裕，浪間孝重，内啓一郎，中川晴夫，相沢正孝，折笠精一：球海綿体反射を用いた横紋筋性尿道括約筋の筋電図学的研究；正常随意排尿と不随意括約筋弛緩の検討。日泌尿会誌，**90**, 893—900, 1999.
- 12) Siroky, M.B., Sax, D.S. and Krane, R.J. : Sacral signal tracing : The electrophysiology of the bulbocavernosus reflex. *J. Urol.*, **122**, 661—664, 1979.
- 13) 海法康裕，浪間孝重，相沢正孝，中川晴夫，内啓一郎，折笠精一：膀胱充満によって明瞭な球海綿体反射が出現した脊髄動静脈奇形による神経因性膀胱の一例。日泌尿会誌，**91**, 641—644, 2000.
- 14) Walter, J.S., Wheeler, J.S. and Dunn, R.B. : Dynamic bulbocavernosus reflex : Dyssynergia evaluation following SCI. *J. Am. Paraplegia Soc.*, **17**, 140—145, 1994.
- 15) Sethi, R.K., Bauer, S.B., Dyro, F.M. and Krarup, C. : Modulation of the bulbocavernosus reflex during voiding : Loss of inhibition in upper motor neuron lesions. *Muscle Nerve*, **12**, 892—897, 1989.
- 16) Dyro, F.M. and Yalla, S.V. : Refractoriness of urethral striated sphincter during voiding ; Studies with afferent pudendal reflex arc stimulation in male subjects. *J. Urol.*, **135**, 732—736, 1986.
- 17) 海法康裕，浪間孝重，内啓一郎，相沢正孝，中川晴夫，西村洋介，折笠精一：オリーブ橋小脳萎縮症における排尿障害の経時変化について。日泌尿会誌，**90**, 454—461, 1999.
- 18) Vodusek, D.B. : Evoked potential testing. *Urol. Clin. North Am.*, **23**, 427—446, 1996.
- 19) Vodusek, D.B. and Janko, M. : The bulbocavernosus reflex ; a single motor neuron study. *Brain*, **113**, 813—820, 1990.
- 20) Ertekin, C. and Reel, F. : Bulbocavernosus reflex in normal men and in patients with neurogenic bladder and/or impotence. *J. Neurol. Sci.*, **28**, 1—15, 1976.
- 21) Vodusek, D.B., Janko, M. and Lokar, J. : Direct and reflex responses in perineal muscles on electrical stimulation. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, **46**, 67—71, 1983.
- 22) Park, J.M., Bloom, D.A. and McGuire, E.J. : The guarding reflex revisited. *Br. J. Urol.*, **80**, 940—945, 1997.
- 23) Rudy, D.C., Awad, S.A. and Downie, J.W. : External sphincter dyssynergia ; an abnormal continence reflex. *J. Urol.*, **140**, 105—110, 1988.

- 24) 服部孝道, 安田耕作: 神経因性膀胱の診断と治療, 第2版. 医学書院, 東京, 1990.
- 25) Kinder, M.V., Bastiaanssen, E.H.C., Janknegt, R.A. and Marani, E.: Neuronal circuitry of the lower urinary tract; central and peripheral neuronal control of the micturition cycle. *Anat. Embryol.*, **192**, 195—209, 1995.
- 26) Griffiths, D., Holstage, G., Dalm, E. and de Wall, H.: Control and coordination of bladder and urethral function in the brainstem of the cat. *Neurourol. Urodyn.*, **9**, 63—82, 1990.
- 27) McCouch, G.P., Austin, G.M., Liu, C.N. and Liu, C. Y.: Sprouting as a cause of spasticity. *J. Neurophysiol.*, **21**, 205—216, 1958.
- 28) Bors, E. and Blinn, K.A.: Bulvocavernosus reflex. *J. Urol.*, **82**, 128—130, 1959.
- 29) Blaivas, J.G., Zayed, A.A.H. and Labib, K.B.: The bulbocavernosus reflex in urology; a prospective study of 299 patients. *J. Urol.*, **126**, 197—199, 1981.

(2000年3月29日受付, 9月8日受理)