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—

東北大学医学部泌尿器科学教室

海法 康裕 浪間 孝重 内 啓一郎

中川 晴夫 相沢 正孝 折笠 精一

ELECTROMYOGRAPHIC STUDY OF THE STRIATED URETHRAL SPHINCTER
BY USING THE BULBOCAVERNOSUS REFLEX: STUDY OF THE NORMAL
VOLUNTARY VOIDING AND THE INVOLUNTARY SPHINCTER RELAXATION

Yasuhiro Kaiho, Takashige Namima, Keiichiro Uchi, Haruo Nakagawa,

Masataka Aizawa and Seiichi Orikasa

Department of Urology, Tohoku University School of Medicine

(Director: Prof. Seiichi Orikasa)

(Purpose) The aim of this study was to investigate the sacral reflex activity at the striated urethral sphincter relaxation by evoking the potential of the bulbocavernosus reflex (BCR).

(Methods) 17 normal male subjects were investigated. BCR was elicited by electrical stimulation of dorsal nerve of the penis, and the evoked potential of the BCR (BCR-EP) was recorded by a concentric needle electrode at the periurethral striated muscle. In normal subjects BCR was performed at rest and during voluntary voiding. In 8 of the normal subjects, electrical stimulation was increased gradually during voluntary voiding, and changes of BCR-EP were studied. 3 male patients with neurogenic bladder suffering from urinary incontinence caused by involuntary sphincter relaxation (IVSR) were also investigated. In these patients with neurogenic bladder, BCR was performed at rest and during voluntary voiding as well as during involuntary voiding.

(Results) In the normal subjects stable BCR-EP was elicited at rest, and disappeared during voluntary voiding. But a gradually increased larger stimulation clearly demonstrated BCR-EP during voluntary voiding.

In 3 patients with neurogenic bladder, stable BCR-EP was elicited at rest. During involuntary voiding caused by IVSR obvious BCR-EP was also elicited, but its amplitude was slightly less than the amplitude of BCR-EP at rest. During voluntary voiding, in 2 of the 3 patients BCR-EP was recognized but the amplitude was much less, and in the third patient BCR-EP could not be recognized.

(Conclusion) BCR-EP was suppressed during voluntary voiding in normal subjects, but insufficiently suppressed in the patients with neurogenic bladder. In these patients BCR-EP during voluntary voiding was suppressed more distinctly than BCR-EP during involuntary voiding due to IVSR. In urodynamic study, the detrusor contraction and the sphincter relaxation were common phenomenon in both voluntary voiding and involuntary voiding, but the difference in the degree of the BCR suppression depended on whether micturition was voluntary or involuntary. It was suggested that the measurement of BCR-EP could distinguish involuntary voiding caused by pathological urethral sphincter relaxation from voluntary voiding.

Key words: bulbocavernosus reflex, voluntary voiding, sphincter relaxation.

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、尿排出時 (横紋筋性尿道括約筋の弛緩時) の仙髄反射活性の検討を試みた。

(対象と方法) 正常男性 17 例を対象にして、膀胱空虚時と随意排尿時のそれぞれに、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 を測定した。つぎに、不随意の括約筋弛緩 (IVSR: involuntary sphincter relaxation) を伴う神経因性膀胱男性 3 例について、IVSR による尿失禁時と排尿意図下の尿排出時に BCR-EP を測定し、随意と不随意の括約筋弛緩時の仙髄反射活性の違いについて検討した。

(結果) 正常例では膀胱空虚時に安定した BCR-EP を認め、随意排尿時に消失した。しかし、随意排尿時でも刺激を増大すると BCR-EP が出現した。神経因性膀胱例では、IVSR 時に明瞭な BCR-EP が認められたが、膀胱空虚時に比して振幅が若干減少していた。排尿意図下では、振幅が更に減少していた。

(結語) 正常症例では排尿時に BCR-EP は相対的に抑制された状態にある。IVSR 例では IVSR 時の BCR-EP の抑制は不完全で、排尿意図下には IVSR 時に比し明らかに抑制された。以上より、排尿時の BCR-EP により正常随意排尿が確認でき、病的括約筋弛緩との客観的鑑別の可能性が示唆された。

キーワード：球海綿体反射、随意排尿、括約筋弛緩

緒 言

正常な尿道機能とは、蓄尿期の尿道括約機能の増強と、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⁾²⁾。括約機能の解除には、尿道周囲の横紋筋性括約筋 (periurethral striated sphincter: PUS) を含めた骨盤底筋群の弛緩が必須である。PUS 弛緩の機序については、多くの動物実験から脊髄—脳幹—脊髄反射のいわゆる長ループ反射が重要視されているが³⁾、正常のヒト随意排尿における PUS 弛緩のメカニズムの詳細はなお不明な点が多い。

PUS 機能の臨床的検査法として、球海綿体反射 (bulbocavernosus reflex: BCR) を用いた仙髄反射活性の測定が挙げられる⁴⁾。近年、正常排尿時の BCR の消失をはじめとして、排尿サイクルに対応した仙髄反射活性の変化についての臨床的検討がなされてきたが、いずれも定性的な評価が多かった^{5)~7)}。我々はこれまで、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^{8)~11)}。そこで今回は、尿排出時の仙髄反射活性を BCR の誘発電位反応を用いて定量的に検討し、正常随意排尿中の括約筋弛緩時における仙髄反射活性について検討した。さらに、神経因性膀胱症例の不随意の括約筋弛緩 (involuntary sphincter relaxation: IVSR) 時の仙髄反射活性について検討を加え、随意と不随意の括約筋弛緩について考察した。

対象・方法

泌尿器疾患を有するが排尿症状がなく、神経泌尿器科的に正常と判断された成人男性 17 例 (年齢 20~75

歳、平均 60.4 歳) を対象として、まず、既報¹²⁾に従い通常の尿流動態検査を行い随意排尿が可能であることを確認した。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。

次に、膀胱空虚時と随意排尿時のそれぞれについて、BCR の誘発電位反応 (BCR evoked potential: 以下 BCR-EP) を比較検討した。すなわち、陰茎冠状溝が陽極に、陰茎体部が陰極と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 BCR-EP を記録した。はじめに、膀胱空虚状態で刺激幅 0.2msec、刺激頻度 2Hz 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 50~3,000Hz、掃引時間 10msec/DIV. の条件下で、ST から 0.2mA 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 が得られる最小の刺激強度 (mA) を決定し、これを空虚時誘発閾値 (empty evoked threshold: 以下 emp ET) とし、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に外部入力し、解析ソフト (MacLab Scope v3.52) を用いて平均加算回数 10~30 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立ち上がり潜時 (on set latency: 以下 LTC) と、こ

図1 誘発波の潜時 (LTC) と振幅 (AMP)

BCR-EP から、最も早期に出現した誘発波の立ち上がり潜時 (on set latency: LTC) と主反応の最大振幅 (maximum amplitude: AMP) を測定した。

の誘発波の主反応の最大振幅 (maximum amplitude: 以下 AMP) を測定した (図1)。

正常17例においては、まず emp ET, emp ET/ST 比, 膀胱空虚時 LTC (以下 emp LTC), 膀胱空虚時 AMP (以下 emp AMP) を測定した。その後、膀胱内に生理食塩水を最大尿意まで注入して随意排尿を命令し、随意排尿が開始した時点で emp ET の強度で刺激—導出を行い、随意排尿時の BCR-EP (以下 void BCR-EP) の出現の有無を観察した。加えて17例中8例では、随意排尿開始後約10秒間は emp ET の強度で刺激—導出を行い、それ以降は刺激強度を 1.0mA/sec のペースで可及的に増加させて void BCR-EP の変化を観察した。明瞭な void BCR-EP が出現する最小の刺激強度を排尿時誘発閾値 (voiding evoked threshold: 以下 void ET) とし、void ET/emp ET 比を求めた。解析に用いた随意排尿時の刺激時間は排尿終末時を除いた。

つづいて、IVSR による尿失禁を伴う意志疎通可能な神経因性膀胱の男性3例 (Shy-Drager 症候群 54歳、多発性硬化症 43歳、一過性意識障害を伴う交通外傷による馬尾神経損傷 28歳) に対しても、まず通常の尿流動態検査を行い、IVSR による尿失禁と排尿意図下の尿排出を患者自身が識別できるかを確認した。次に、膀胱空虚時と尿失禁時ならびに排尿意図時のそれぞれについて、正常例と同様に BCR-EP を比較検討した。まず、emp BCR-EP の各パラメーターを測定した後、再度尿流動態検査を行い、emp ET の刺激強度で、IVSR による尿失禁時の BCR-EP (以下 ivsr BCR-EP) と、それに続く排尿意図下での void BCR-EP の出現の有無を観察して、それぞれの LTC (以下 ivsr

図2 正常症例の BCR-EP

膀胱空虚時は膀胱空虚時誘発閾値 (emp ET) 6.0mA にて誘発電位反応 (emp BCR-EP) を認めたが (図: 上)、同じ刺激強度 6.0mA では排尿時には誘発電位反応を認めなかった (図: 中)。刺激強度を漸次増大すると、明瞭な誘発電位反応 (void BCR-EP) の出現を認めた (図: 下)。

LTC, void LTC) と AMP (以下 ivsr AMP, void AMP) を測定した。さらに、ivsr AMP/emp AMP 比と void AMP/emp AMP 比を求めた。

結 果

正常例はすべて随意排尿が可能であった。全例で emp BCR-EP が認められ、各パラメーターの測定値 (平均±標準偏差) は、ST 3.7 ± 1.5 mA, emp ET 19.5 ± 12.2 mA, emp ET/ST 比 4.9 ± 1.6 , emp LTC 37.7 ± 4.3 ms, emp AMP 24.0 ± 22.4 μ V であった。

正常例の随意排尿時に emp ET で刺激した場合、1例を除く16例 (94%) で void BCR-EP を検出できなかった。排尿中 emp ET で刺激を続けた9例中8例は、排尿中のどの時点においても void BCR-EP を検出できなかった。emp ET の強度で void BCR-EP が観察された1例では、emp AMP 30.2 μ V, void AMP 4.6 μ V, void AMP/emp AMP 比 0.15 であり、排尿中変化を認

表1 正常症例の知覚閾値と誘発閾値

			膀胱空虚時			排尿時	
no.	name	age [yrs]	知覚閾値(ST) [mA]	誘発閾値(emp ET) [mA]	emp ET/ST	誘発閾値(void ET) [mA]	void ET/emp ET
1	T.T.	20	2.2	11.0	5.0	8.4*	1.0*
2	S.K.	25	3.6	10.8	3.0		
3	H.S.	48	2.8	8.4	3.0		
4	T.S.	75	4.0	16.8	4.2		
5	T.K.	64	1.7	6.8	4.0		
6	S.K.	61	3.6	11.0	3.1		
7	G.I.	63	2.2	9.4	4.3		
8	R.M.	65	5.8	34.8	6.0		
9	S.S.	59	5.8	35.8	6.2		
10	S.I.	66	2.1	7.0	3.3	13.0	1.9
11	M.S.	69	2.0	6.0	3.0	8.0	1.3
12	H.H.	75	3.4	20.4	6.0	24.6	1.2
13	LI.	69	5.6	31.8	5.7	32.0	1.1
14	H.H.	59	5.6	44.8	8.0	48.8	1.1
15	Y.M.	72	4.4	28.0	6.4	44.0	1.6
16	T.O.	67	3.0	21.0	7.0	27.0	1.3
17	H.T.	70	5.4	27.0	5.0	33.0	1.2
平均		60.4	3.7	19.5	4.9	28.8	1.3
± S.D.		15.7	1.5	12.2	1.6	13.9	0.3

症例 no. 1—9 は排尿時の刺激漸増による誘発閾値測定せず
* : empET の強度で void BCR-EP が観察された

めなかった。一方、随意排尿時に漸増刺激を行った8例では、全例で刺激強度を増すことで明瞭な void BCR-EP の出現を認めた (図2)。その際の void ET は $28.8 \pm 13.9\text{mA}$ 、void ET/emp ET 比は 1.3 ± 0.3 であった (表1)。

IVSR の3症例は、排尿筋過反射に伴い括約筋電図活動が消失し、IVSR による尿失禁を認めた。IVSR の状態に引き続き、3症例ともに排尿意図下での排尿が可能で、尿失禁状態と意図した尿排出の識別も可能であった (図3)。全例で emp BCR-EP が認められた (表2)。IVSR 時の観察では、3症例とも emp ET の刺激で明瞭な ivsr BCR-EP が存在し、ivsr AMP/em-

pAMP 比はそれぞれ 0.78, 0.79, 0.84 であった。一方、emp ET の刺激を継続しながら随意排尿を行うと、3例中2例で明瞭な void BCR-EP を認めるものの、void AMP/emp AMP 比は 0.15, 0.56 と ivsr BCR-EP に比べて明らかな抑制が観察された (図4)。残る1例 (症例3) では、明瞭な void BCR-EP を認めなかった (表3)。

考 察

球海綿体反射 (BCR) は、その中枢を仙髄、反射経路を陰部神経とする多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⁵⁾。一般に BCR-EP は、潜時の早さから3つの反

表2 IVSR 例の測定値

					潜時			振幅		
no.	age [yrs]	ST (mA)	emp ET (mA)	emp ET/ST	emp LTC (ms)	ivsr LTC (ms)	void LTC (ms)	emp AMP (μV)	ivsr AMP (μV)	void AMP (μV)
症例1	54	2.0	6.0	3.0	36.7	36.0	38.8	81.8	63.8	12.6
症例2	43	2.0	8.8	4.4	41.1	40.9	40.3	13.5	10.7	7.6
症例3	28	8.8	48.0	5.5	56.0	58.9	*	6.74	5.63	*

* : 明瞭な誘発波を認めず

図3 IVSR 症例の膀胱内圧曲線・括約筋筋電図
IVSR にもないカテーテル周囲からの尿流出 (leakage around the catheter: LAC) を認め、排尿筋は排尿筋過反射 (detrusor hyperreflexia: DHR) を起こした。排尿意図を指示すると、ひきつづき排尿意図下に尿の排出がなされた。

表3 IVSR 3 例の BCR 誘発波振幅の比較

	ivsr AMP/emp AMP	void AMP/emp AMP
症例 1	0.78	0.15
症例 2	0.79	0.56
症例 3	0.84	*

* : 明瞭な誘発波を認めず

応成分に分けられる。潜時 30~40ms 前後の最も早い成分は伸張反射類似の乏シナプス反射、潜時 50~120ms 前後の成分は仙髄の数髄節に渡る多シナプス反射、さらに遅い潜時の成分は脳幹を含めたいわゆる長経路反射ループを反映する⁵⁾¹³⁾。今回の BCR-EP の検討では、排尿サイクルに対応した誘発閾値や振幅変化の比較を目的としたため、反応の安定性と再現性が良好な最も早い主反応のみを対象として検討を行った。

図4 IVSR 症例の BCR-EP
IVSR 症例 1 の BCR-EP である。void AMP は emp AMP や ivsr AMP に比し明らかに抑制されている。

今回、BCR-EP で検討した求心性刺激に対する仙髄反射活性は、膀胱が空虚な PUS 安静時に比べて、正常随意排尿中の PUS 弛緩時に明らかな抑制が認められた。Sethi ら⁶⁾は陰茎(陰核)の用手圧排による BCR 誘発を試み、排尿中は神経学的正常例 29 人中 26 例で BCR が消失したと報告している。また、Dyro ら⁵⁾は、正常な排尿筋収縮中は BCR を誘発する求心性刺激を与えても膀胱空虚時よりも反応し難いと報告している。この排尿時の仙髄反射活性の抑制機序に関して、Fedirchuk ら¹⁴⁾は、ネコの横紋筋性尿道括約筋を支配するオヌフ核運動神経細胞が排尿反射中にシナプス後抑制を受けていることを報告している。

全ての時点で仙髄反射活性が同程度に抑制されているかの検討は困難であるが、排尿中の刺激強度を emp ET に固定して観察した 9 例中 8 例で、観察し得た排尿中のどの時点においても void BCR-EP を検出でき

なかった。emp ET で void BCR-EP が出現した 1 例でも、void AMP の大きさに、排尿中変化を認めなかった。従って仙髄反射活性は、排尿終末時を除いて随意排尿中は常に膀胱空虚時より抑制され続けていると考えられた。

次に、随意排尿中にみられる仙髄反射活性の抑制程度が問題となる。排尿中に刺激強度を漸増させた 8 例では、全例で刺激強度の増加に伴って、void BCR-EP を可視化できるようになり、観察された void BCR-EP は、潜時と波形成態から emp BCR-EP と同一の反応と考えられた。従って、随意排尿中の仙髄反射中枢は、あらゆる刺激に対して反応性を失った完全な不応期にあるのではなく、BCR に代表される仙髄反射の発火閾値がリセットされて相対的に抑制された状態にあると考えられた。この仙髄反射の抑制の程度は、void ET /emp ET 比を用いて定量化することが可能である。今回の検討では、正常な随意排尿中は膀胱空虚時の平均 1.3 倍に仙髄反射の発火閾値がリセットされていた。Dyro ら⁹⁾は、この仙髄反射の発火閾値のリセットを仙髄反射弓の抵抗性と述べており、正常排尿では安静時の約 2 倍の抵抗性を持つことを報告している。Fedirchuk ら¹⁵⁾は、除脳ネコを用いて、排尿時の仙髄反射の相対的抑制の機序に関して、抑制性介在神経の存在や一次求心線維の緩徐な脱分極 (primary afferent depolarization) を介したシナプスの前抑制の関与を指摘している。ヒトの排尿時の括約筋弛緩においても、同様な仙髄に対するシナプス前抑制が存在すると考えられ、さらに随意排尿ではこの仙髄のシナプス前抑制が上位中枢からの下行性入力により強化あるいは修飾されているものと推測された。

以上、随意排尿時の正常な括約筋弛緩時の仙髄反射活性について考察したが、不随意の括約筋弛緩時は正常随意排尿時に比してどうなっているかを検討する。今回、排尿筋過反射と不随意括約筋弛緩 (IVSR) の併発を特徴とした神経因性膀胱の 3 症例について、膀胱空虚時 (emp)、不随意括約筋弛緩による尿失禁時 (ivsr) ならびに排尿意図時 (void) の BCR-EP の検出を試みた。原疾患はおのおの異なるが、3 症例はいずれも主訴は尿失禁で、通常の尿流動態検査にて抑制不能な排尿筋収縮と括約筋電図の静止がみられ、不随意な括約筋弛緩 (IVSR) を認めた。

この排尿筋収縮を伴った IVSR の現象は、臨床的には無抑制括約筋弛緩 (uninhibited sphincter relaxation: UISR) と定義されるのが一般的である。しかし、

UISR の責任病巣として前頭葉疾患¹⁶⁾や脊髄より上位の神経障害¹⁷⁾が想定されているのに対し、今回の 3 症例の責任病巣は必ずしも一致していない。そこで今回は UISR という診断名を用いず尿流動態所見を重視してあえて IVSR と表現した。Mahony ら¹⁸⁾は不随意の括約筋弛緩を呈する症例の臨床的検討から、不安定陰部神経核 (pudendal nucleus instability: PNI) という概念を提唱しており、今回の 3 症例は臨床所見からは PNI に近い病態と思われた。

神経因性膀胱 3 症例において、emp BCR-EP は検出可能であった。症例 3 では ST の上昇が認められたが、3 症例とも ST の 3.0~5.5 倍で emp BCR-EP が誘発されており、正常例の emp BCR-EP との間に潜時と振幅など大きな相違はみられなかった。

しかし、不随意括約筋弛緩による尿失禁の BCR-EP (ivsr BCR-EP) をみると、3 症例とも emp ET の刺激強度にて ivsr BCR-EP が誘発され、正常排尿時とは大きく異なっていた。また、ivsr AMP/emp AMP 比は 0.78 以上と、主反応の大きさにほとんど変化は認めなかった。従って、今回経験した IVSR では、排尿筋収縮がみられ括約筋電図は静止するものの、正常随意排尿で観察された十分な仙髄反射活性の抑制、すなわち発火閾値のリセットが起きていない状態といえる。仙髄反射活性の不十分な抑制に関しては、Sethi ら⁹⁾は、33 例の核上型神経因性膀胱全例で排尿時に BCR が誘発されたと報告し、Walter ら⁷⁾は脊髄損傷患者 4 症例に対し BCR を肛門括約筋収縮圧で測定し、膀胱収縮時に肛門括約筋収縮圧が上昇したと報告している。これらはいずれも仙髄より上位の脊髄損傷症例であり、今回の IVSR3 症例の成績を含めると、排尿時または膀胱収縮時の仙髄反射活性の残存は、仙髄より上位の運動ニューロン障害による病態と思われた。

IVSR 例において最も興味ある所見は、不随意の括約筋弛緩に引き続き、排尿意図下の尿排出を行った場合、void BCR-EP が ivsr BCR-EP に比べ明らかに抑制を受けたことである。IVSR 時の ivsr AMP/emp AMP 比は 0.78 以上であったのに対して、排尿意図下では、1 例は明瞭な void BCR-EP を認めず、void BCR-EP が検出された 2 例では void AMP/emp AMP 比は 0.15、0.56 と明らかな仙髄反射活性の抑制が認められた。3 症例とも、尿排出中の随意的尿線途絶は困難で括約筋の随意支配に臨床異常を認めているが、失禁抑制あるいは排尿意図という括約筋の随意支配に関与する下行性入力、仙髄反射活性に影響を及ぼしている

可能性が示唆された。Thiry ら¹⁹⁾は、経頭蓋電気刺激による外尿道括約筋の運動性誘発筋電図から、BCR と同様に排尿時には下行性刺激に対する仙髄反射活性の抑制が存在することを指摘している。さらに、Loening-Baucke ら²⁰⁾は骨盤底筋群の随意収縮が、Hamdy²¹⁾らは陰部神経や馬尾神経への前刺激が、経頭蓋磁気刺激による肛門括約筋の運動性誘発筋電図反応を有意に促進すると報告している。つまり、下行性入力と仙髄反射活性の強さが、骨盤底を構成する横紋筋性括約筋の機能に密接に関係していると考えられる。また、PUS の弛緩機序には、排尿反射に際しての脳幹排尿中枢からの下行性投射による仙髄の抑制のほか、Sundin ら²⁾は神経学的正常例では膀胱の状態に関わらず外尿道括約筋を随意に弛緩することが可能であるとしており、ヒトにおいては脳幹排尿中枢より上位からの外尿道括約筋を随意弛緩させる経路の存在が示唆されている。

以上から、今回の神経因性膀胱症例の IVSR 時と排尿意図時での仙髄反射活性の変化については、以下の可能性が考えられる。第 1 に、神経因性膀胱例では、本来の上位ニューロン障害のために排尿時の仙髄反射活性の抑制が不十分である。一方、排尿意図前の IVSR 時には、失禁防止のために括約筋への下行性促進入力が存在して、仙髄反射が出現し易い状態にあるため、排尿意図後よりも仙髄反射の抑制が少ないという可能性である。次に、排尿時の仙髄反射の残存は下行性抑制路の障害によるものであるが、排尿意図後の随意排尿においては Sundin ら²⁾のいう中枢性下行路を介した積極的な括約筋の弛緩機構が働き、仙髄反射が随意的抑制を受けるために排尿意図前の IVSR 時よりも抑制されるという可能性である。

正常例の随意排尿時と IVSR 時の尿失禁では、尿流動態所見では排尿筋収縮と括約筋弛緩という現象は共通であるが、尿排出が随意であるか不随意であるかで BCR の抑制程度が異なった。臨床的には、今回の神経因性膀胱の 3 例のように十分なコミュニケーションがとれる場合には排尿が随意か不随意かは会話から判断できるが、コミュニケーションが困難である患者の検査中に括約筋弛緩が起き尿排出がなされた場合に、尿排出時の BCR-EP の大きさを測定することで随意と不随意の括約筋弛緩を鑑別できる可能性が示唆された。

今回の検討は陰茎背神経の電気刺激と針電極による測定で行っているが、BCR は一般にはより非侵襲的な方法、つまり、用手的に亀頭部を押し、球海綿体筋や

外肛門括約筋の運動を触診することで検査可能である。現在我々は、BCR を用いた蓄尿時における仙髄反射活性の検討を行っているが、蓄尿時には膀胱空虚時より BCR 誘発振幅が大きくなることがわかっており、今後検討を重ねることで、日常診療において排尿サイクルにおける BCR は排尿機能検査への応用を拡大できると思われる。

結 語

1) 正常 17 例の随意排尿中の括約筋弛緩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。

膀胱空虚時は知覚閾値の平均 4.9 倍の刺激で安定した BCR が誘発された。この BCR は排尿時には消失したが、空虚時誘発閾値の平均 1.3 倍の刺激にて BCR が誘発され、BCR の抑制は相対的なものであった。

2) 不随意の括約筋弛緩 (IVSR) を示す神経因性膀胱 3 例の IVSR 時と排尿意図下の括約筋弛緩時における仙髄反射活性の検討を加えた。

BCR の誘発が、IVSR 時には軽度抑制され、排尿意図下には IVSR 時より強く抑制された。BCR を用いて、随意と不随意の括約筋弛緩を鑑別できる可能性が示唆された。

本研究の一部は平成 10 年度文部省科学研究員課題番号 10877247 による。

文 献

- 1) Vereecken, R.L. and Verduyn, H.: The electrical activity of the parauterethral and perineal muscles in normal and pathological conditions. *Br. J. Urol.*, **42**, 457—463, 1970.
- 2) Sundin, T. and Petersen, I.: Cystostomy and simultaneous electromyography from the striated urethral and anal sphincters and from levator ani. *Invest. Urol.*, **13**, 40—46, 1975.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
 - 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) 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.
 - 10) 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 ; 圧一時間曲線および ATPase 染色法による検討. *日泌尿会誌*, **88**, 391—398, 1997.
 - 11) 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.
 - 12) 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.
 - 13) Vodušek, D.B. and Janko, M. : The bulbocavernosus reflex ; A single motor neuron study. *Brain*, **113**, 813—820, 1990.
 - 14) Fedirchuk, B. and Shefchyk, S.J. : Membrane potential changes in sphincter motoneurons during micturition in the decerebrate in sphincter motoneurons during micturition in the decerebrate cat. *J. Neurosci.*, **13**, 3090—3094, 1993.
 - 15) Fedirchuk, B., Downie, J.W. and Shefchyk, S.J. : Reduction of perineal evoked excitatory postsynaptic potentials in cat lumbar and sacral motoneurons during micturition. *J. Neurosci.*, **14**, 6153—6159, 1994.
 - 16) Sakakibara, R., Hattori, T., Yasuda, K. and Yamanishi, T. : Micturitional disturbance after acute hemispheric stroke ; Analysis of the lesion site by CT and MRI. *J. Neurol. Sci.*, **137**, 47—56, 1996.
 - 17) Bradley, W.E. : Cystometry and sphincter electromyography. *Mayo Clin. Proc.*, **51**, 329—335, 1976.
 - 18) Mahony, D.T., Laferte, R.O. and Blais, D.J. : Incontinence of urine due to instability of micturition reflexes ; Part II. Pudendal nucleus instability. *Urology*, **15**, 379—388, 1980.
 - 19) Thiry, A.J. and Deltenre, P.F. : Neurophysiological assessment of the central motor pathway to the external urethral sphincter in man. *Br. J. Urol.*, **63**, 515—519, 1989.
 - 20) Loening-Baucke, V., Read, N.W., Yamada, T. and Barker, A.T. : Evaluation of the motor and sensory components of the pudendal nerve. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **93**, 35—41, 1994.
 - 21) Hamdy, S., Enck, P., Aziz, Q., Rothwell, J.C., Uengoergil, S., Hobson, A. and Thompson, D.G. : Spinal and pudendal nerve modulation of human corticocanal motor pathways. *Am. J. Physiol.*, **274**, 419—423, 1998.

(1999年4月30日受付, 9月9日受理)