誘発筋電図法による球海綿体反射測定の 臨床的意義と問題点について

東京労災病院泌尿器科 (主任: 武田裕寿部長)	安 藤 正 夫 武 田 裕 寿 水 尾 敏 之 安 島 純 一 牛 山 武 久 平 賀 聖 悟
東京医科歯科大学医学部泌尿器科学教室	
国立身体障害者リハビリテーションセンター泌尿器科	
埼玉医科大学泌尿器科学教室	

EVOKED RESPONSES OF THE BULBOCAVERNOSUS REFLEX: WITH SPECIAL REFERENCE TO THE CLINICAL USEFULNESS AND PROBLEMS

Masao Ando and Hirohisa Takeda

Department of Urology, Tokyo Rosai Hospital

(Chief: H. Takeda, M.D.)

Toshiyuki Mizuo and Junichi Ajima

Department of Urology, Tokyo Medical and Dental University School of Medicine

Takehisa Ushiyama

Department of Urology, National Rehabilitation Center for the Disabled

Seigo Hiraga

Department of Urology, Saitama Medical School

Evoked responses of the bulbocavernosus reflex (evoked BCR) were studied with electromyographic methods on 30 males without any neurological problems and 170 male patients with a variety of documented neurological lesions such as spinal cord injury, spinal columnar disorders, cerebrovascular disorders, Parkinson's disease, diabetes mellitus and so on. Square wave stimuli were applied to the penis and acquired responses were recorded with the surface electrodes placed on the anal sphincter. The average response was recorded during 50–150 times of electrical stimulation with a computer averager and the latency was measured. In patients with neurologic lesions, urodynamic studies such as uroflowmetry, cystometry and urethral pressure profilometry were carried out as well.

The results were as follows:

- 1) The mean latency of control males was 32.2 ± 4.0 msec, ranging from 27 to 42 msec.
- 2) Evoked BCR was positive and the latency was within normal values in all of the patients with cervical spinal cord injury. But in 34 patients with lower thoracic, lumbar and sacral spinal cord injury, 9 cases (26%) showed negative evoked BCR and prolongation of the latency was recognized in 2 cases (6%).
- 3) All of the patients of spinal cord injury with negative evoked BCR demonstrated detrusor areflexia in cystometrogram and the mean value of maximum urethral pressure was statistically lower than that of the patients with positive evoked BCR.
- 4) In 91 patients with spinal columnar disorders, only 3 cases (3%) had the prolonged latency.
- 5) All of the patients with cerebrovascular disorders and Parkinson's disease showed positive evoked BCR with normal latency. Remarkable prolongation of the latency was recognized in one case of post operative recurrence of rectal cancer.

Though there are several problems left in evoked BCR for routine clinical application, it is thought

to be useful for objective examination of sacral reflex arc and to become an additional diagnostic method to various urodynamic studies.

要旨：神経学的に正常な男子30例と、脊髄損傷、脊髄圧迫疾患、脳血管障害、Parkinson 病、糖尿病など種々の神経疾患を有する170例、合計200例の男子症例について、誘発筋電図法による球海綿体反射(以下誘発 BCR と略)を検討した。方法は、陰茎部を矩形波にて電気刺激し肛門括約筋誘発電位を表面電極にて導出。50～150回の誘発電位を加算平均して潜時を測定した。同時に、尿流測定、膀胱内圧測定、尿道内圧測定などの urodynamic 検査も行い、次のような結果が得られた。

- 1) 対照群の誘発 BCR は全例陽性で、潜時は27～42msec ($32.2 \pm 4.0 \text{ msec}$: mean $\pm$ S.D.).
- 2) 頸損群では全例誘発 BCR 陽性で潜時も正常であったが、下部胸髄、腰・仙髄損傷群では、34例中9例(26%)は誘発 BCR 陰性で、2例(6%)で潜時が延長していた。
- 3) 脊髄群で誘発 BCR 陰性例は全例膀胱内圧曲線上無反射型を示し、最高尿道内圧が誘発 BCR 陽性例と比較し有意に低値を示した。
- 4) 脊髄圧迫疾患群91例中、3例(3%)に誘発 BCR の潜時延長を認めた。
- 5) 脳疾患群の誘発 BCR は全例陽性で潜時も正常であった。その他の群では直腸腫瘍術後再発の1例で著明な潜時延長を認めた。

今回の成績から、誘発 BCR には種々の問題点は残されているが、仙髄反射弓に関する客観的検査法として有用であり、urodynamic 検査法の有力な補助的診断手段の1つになり得ると考えられた。

緒 言

球海綿体反射 bulbocavernosus reflex(以下 BCR と略)は、陰茎亀頭部(女子では陰核亀頭部)を圧迫すると球海綿体筋または坐骨海綿体筋が収縮する反射である¹⁾。この反射を調べるために陰茎亀頭部を圧迫し肛門括約筋の収縮の有無を肛門に挿入した示指にて検査する方法が、臨床的によく行われている。また、尿道・膀胱粘膜への直接刺激、あるいは膀胱内に留置されたバルンカテーテルを引っ張ることによっても BCR が生ずることが知られている¹⁾²⁾。

われわれは1982年3月より、誘発筋電図法による球海綿体反射(以下誘発 BCR と略)を、従来の urodynamic 検査法と併用して比較検討しており、対照例および脊髄損傷例についての成績はすでに報告した³⁾。今回はさらに症例数を増やし、腰椎椎間板ヘルニア・脊椎管狭窄症などの脊髄圧迫疾患症例、脳出血・脳梗塞・Parkinson 病の脳疾患症例、直腸腫瘍術後・糖尿病などの末梢神経障害症例などを加え、合計200例の誘発 BCR を検討した。その結果、誘発 BCR は各種神経因性膀胱の鑑別診断上有力な補助診断法となり得ると考えられたが、一方では本検査法の問題点や限界なども浮き彫りにされたため、これらの問題点についても考察を加えて報告する。

対象および方法

対象症例は全例男子で、これを5群に分け、I. 対照

群30例、II. 脊髄損傷群52例、III. 脊髄圧迫疾患群91例、IV. 脳疾患群15例、V. その他12例とした(表1)。

対照群の年齢は32～83歳、平均61.2歳で、基礎疾患として前立腺肥大症11例、尿路結石症8例、膀胱腫瘍4例、前立腺癌・特発性腎出血各2例、前部尿道狭窄・急性副睾丸炎・顔面熱傷各1例である。これらは全例神経学的には特に異常の認められなかった症例であ

表1 対象症例

疾 患 群	症 例 数
I. 対 照	30
II. 脊髄損傷	52
頸 損	16
胸 損	22
腰・仙損	14
III. 脊髄圧迫疾患	91
頸椎疾患	20
腰椎椎間板ヘルニア	21
腰部脊椎管狭窄症	16
胸・腰椎骨折	13
腰椎分離・すべり症	9
腰痛症・その他	12
IV. 脳疾患	15
脳血管障害	11
Parkinson 病	4
V. その他(末梢神経障害等)	12
計	200

る。脊髓損傷群は全例外傷性脊髓損傷例で、内訳は頸髄損傷16例、胸髄損傷22例、腰・仙髄損傷14例である。年齢は24～73歳、平均47.5歳、損傷の程度別には完全損傷25例、不完全損傷27例で、受傷後経過期間は1ヵ月以内7例、2ヵ月～6ヵ月5例、7ヵ月～2年12例、2年以上28例である。脊髓圧迫疾患群の内訳は、頸椎疾患20例（頸椎症12例、頸椎捻挫5例、変形性頸椎症3例）、腰椎椎間板ヘルニア21例、腰部脊椎管狭窄症16例、胸・腰椎骨折13例、腰椎分離・すべり症9例、その他12例（腰痛症4例、腰椎椎間板変性症3例、脊髓動脈奇形・腰椎捻挫各2例、腰髄腫瘍1例）で、年齢は24～78歳、平均51.2歳である。なお脊髓圧迫疾患とは、ミエログラフィー上脊髓に何らかの圧迫所見の認められた疾患を指し、このうちの胸・腰椎骨折例はII群の脊髓損傷群とは異なり、明らかな知覚・運動麻痺を呈していない症例である。脳疾患群の内訳は、脳血管障害11例、Parkinson病4例で、年齢は31～76歳、平均65.0歳である。その他の群の内訳は、骨盤骨折に伴う尿道外傷4例、糖尿病・インポテンス各3例、直腸腫瘍術後2例で、年齢は36～77歳、平均50.3歳である。

誘発 BCR の方法は、検査前に排尿させ患者を碎石位とする。次に図1のごとく陰茎根部より2～4cm 遠位側背面に刺激電極を紙テープで固定し、肛門周囲3時と9時の部にディスポーザブル表面電極を貼布し、接地電極を患者の左大腿部に巻く。まず、意識的肛門収縮・咳・陰茎亀頭部圧迫時の肛門括約筋筋電図（測定機器：DISA 14A11・14G11型および N-2000型 EMG system）を記録し、次に1Hz・0.5msec の矩形波にて陰茎部を刺激して最初にインパルスを感じた時点での

電圧あるいは電流を知覚閾値とした。1Hz・0.5msec、25～250V の電圧あるいは5～35mA の電流にて陰茎部を刺激して、50～150回の肛門括約筋誘発電位を加算平均し、刺激から誘発電位の得られるまでの時間、すなわち潜時（latency）を測定した。

膀胱内圧測定（cystometry）は、炭酸ガス膀胱内圧計（DISA 21G40/45型）を使用し、盲端となった先端から4cm の部位にそれぞれ直角に直径1mm の4孔のある15F シリコンカテーテルを用い、flow rate 100ml/min, paper speed 1mm/sec で記録した。尿道内圧測定（urethral pressure profilometry : UPP）は同じカテーテルを使用して膀胱内圧測定に引続き施行し、flow rate 100ml/min, 牽引速度1mm/sec, paper speed 1mm/sec で記録した。尿流測定（uroflowmetry）には DISA 14F 41uroflowmeter を使用した。以上の記録には、日本光電製の4チャンネル recticorder, RJG-3024型を使用した。なお、本論文の urodynamics 用語は神経因性膀胱研究会用語委員会の提案に従った。

成 績

I. 対照群

対照群の誘発 BCR は全例陽性で、潜時は27～42 msec (32.2 ± 4.0 msec : mean $\pm$ S.D.) であった。また誘発 BCR の振幅は3～58 μ V で、10～30 μ V の症例が大多数を占め（表2）、知覚閾値は25～75V で、50V 以下の症例が大部分であった（表3）。対照群30例の潜時を年齢と対比して図2に示すが、年齢と潜時には特に相関が認められなかった。

この群の代表例を図3に示す。症例は前立腺肥大症の67歳男子で、上段は意識的肛門収縮時、咳および陰茎亀頭部圧迫時の肛門括約筋の収縮を示す。下段は誘

図1 誘発筋電図法による球海綿体反射（誘発 BCR）の方法。

表 2 各疾患群と誘発 BCR の振幅

群 振幅(μV)	I. 対照	II. 脊髄損傷			III. 脊髄圧迫疾患		IV. 脳疾患	V. その他	計
		頸 損	胸 損	腰・仙損	頸 椎	胸・腰椎			
誘発 BCR 陰性	0	0	6	3	0	0	0	0	9
～10	7	4	4	6	10	25	3	2	61
10～30	18	9	6	5	8	31	9	8	94
30～50	3	1	3	0	1	12	2	1	23
50～70	2	1	1	0	0	1	1	1	7
70～	0	1	2	0	1	2	0	0	6
計	30	16	22	14	20	71	15	12	200

表 3 各疾患群と知覚閾値

群 知覚閾値(V)	I. 対照	II. 脊髄損傷			III. 脊髄圧迫疾患		IV. 脳疾患	V. その他	計
		頸 損	胸 損	腰・仙損	頸 椎	胸・腰椎			
～ 25	5	4	0	1	10	33	2	3	58
25～ 50	7	1	2	2	1	14	3	0	30
50～ 75	1	0	4	0	1	3	0	2	11
75～100	0	0	0	0	2	1	0	1	4
知覚なし	0	2	11	3	0	1	0	0	17
計	13	7	17	6	14	52	5	6	120

図 2 対照群の誘発 BCR [年齢と潜時との対比]

発 BCR で100V, 100回の刺激にて潜時29msec, 振幅31μV の誘発電位が認められる。

II. 脊髄損傷群

脊損群52例の検査成績は、誘発 BCR 陽性43例(うち46msec 以上の潜時延長例 2 例), 陰性 9 例であった。振幅は3～150μV で、50μV 以上の高振幅を示す例を頸

損に 2 例 (13%), 胸損に 3 例 (14%) 認めたが、腰・仙損群には 1 例も認められなかった (表 2)。しかも、腰・仙損群には10μV 以下の低振幅例および誘発 BCR 陰性例が 9 例 (64%) に認められたのに対して、頸損群では10μV 以下の低振幅例は 4 例 (25%) のみで、誘発 BCR 陰性例は 1 例も存在しなかった。知覚閾値については、頸損 7 例中 2 例 (29%), 胸損17例中11例 (65%), 腰・仙損 6 例中 3 例 (50%) に陰基部知覚の消失を認めた (表 3)。

誘発 BCR の潜時延長例と陰性例を図 4 に示す。上段は第 2 仙髄不完全損傷の52歳男子例で、200V・100回の刺激にて潜時50msec, 振幅8μV の誘発電位が認められる。下段は第11胸髄完全損傷の60歳男子例で、250V・50回の刺激にても誘発電位が得られず誘発 BCR 陰性と判定した。

1) 脊髄損傷部位と誘発 BCR

脊損部位・損傷程度別の誘発 BCR の成績を対照群の潜時 (mean±S.D.) と対比して図 5 に示す。頸損群 16例は全例誘発 BCR 陽性で、潜時は26～40msec (31.0±2.9msec : mean±S.D.)であった。胸損群では、

図3 対照症例の誘発BCR〔上段は意識的肛門収縮・咳・亀頭部圧迫時の肛門括約筋の収縮を示し、下段は誘発BCRを示す。〕

図4 脊髄損傷群の誘発BCR異常例〔上段は潜時延長例、下段は誘発BCR陰性例〕

22例中誘発BCR陰性例が6例(27%)あり、陽性例16例の潜時は22~51msec (31.1 ± 7.5 msec: mean $\pm$ S.D.)であった。また、腰・仙損群では14例中3例(21%)が誘発BCR陰性例であり、陽性例11例の潜時は

21~50msec (34.4 ± 6.9 msec: mean $\pm$ S.D.)であった。誘発BCR陽性例の潜時を比較検討すると、頸損群、胸損群および腰・仙損群の3群間には有意の差はないが、胸損群および腰・仙損群にのみ誘発BCR陰性例(36例中9例:25%)や潜時延長例(36例中2例:6%)を認めた。特に下部胸髄や腰・仙髄の完全損傷患者18例のうち、8例(44%)が誘発BCR陰性であったことは注目すべきことと思われる。

2) 膀胱内圧曲線と誘発BCR

脊損群46例について、膀胱内圧測定の成績と誘発BCRとを対比して検討した(表4)。正常型9例、過反射型5例の計14例の排尿反射を有する症例では全例誘発BCR陽性であった。一方、誘発BCR陰性の7例は膀胱内圧測定上全例無反射型膀胱であった。しかし無反射型膀胱32例のうち、誘発BCRの潜時が正常な症例が24例(75%)存在した。

3) 尿道内圧曲線と誘発BCR

脊損群36例について、尿道内圧曲線における最高尿道内圧(maximum urethral pressure: UPmax)を誘発BCR陽性群(潜時正常例)と陰性群に分けて比較検討した(図6)。誘発BCR陰性群の最高尿道内圧の平均値は 54.8 ± 23.5 cmH₂O (mean $\pm$ S.D.)で、陽性群の最高尿道内圧 116.2 ± 25.6 cmH₂Oに比して有意に低い値を示した($p < 0.01$)。

図5 脊髄損傷部位と誘発BCR〔○：対照群の潜時（mean±S.D.），C：頸髄，Th：胸髄，L：腰髄，S：仙髄，○：不完全損傷，●：完全損傷，●：急性期〕

表4 膀胱内圧曲線(CMG)と誘発BCR

誘発BCR \ CMG	CMG			計
	正 常 型	過反射型	無反射型	
潜時正常	8	5	24	37
潜時延長	1	0	1	2
陰 性	0	0	7	7
計	9	5	32	46

III. 脊髄圧迫疾患群

脊髄圧迫疾患群91例の潜時を，対照群の潜時（mean±S.D.）と比較した（図7）．頸椎疾患20例の潜時は22～45msec（33.9±5.8msec），腰椎椎間板ヘルニア21例の潜時は26～42msec（34.1±4.1msec）であり，腰部脊椎管狭窄症16例の潜時は30～46msec（34.3±4.7msec）でこの三者についてはほぼ同様の値を示したが，腰部脊椎管狭窄症の1例に46msec以上の潜時延長例を認めた．胸・腰椎骨折13例の潜時は29～49msec（34.5±5.7msec）で，第1腰椎圧迫骨折の1例に潜時延長例が存在した．腰椎分離・すべり症9例の潜時は26～39msec（32.7±3.2msec）であった．腰痛症その他12例の潜時は26～46msec（33.0±5.6msec）で，脊髄動静脈奇形の1例に潜時延長を認めた．なお，潜時延長を認めた3例は尿流測定ではいずれも高度の排尿異常を示した．以上，脊髄圧迫疾患群91例のうち，誘発BCRの潜時延長例を3例（3％）に認めたが，誘

図6 最高尿道内圧（UPmax）と誘発BCR〔○：不完全損傷，●：完全損傷〕

発BCR陰性例は存在しなかった．

脊髄圧迫疾患群における誘発BCRの振幅は，対照群と同じような傾向を示し，知覚閾値では75V以上の知覚鈍麻例が頸椎疾患14例中2例（14％），胸・腰椎疾患52例中2例（4％）に存在した（表2，表3）．このうち，潜時延長を示した脊髄動静脈奇形の1例では陰茎部知覚の完全消失を認めた．

IV. 脳疾患群

脳疾患群15例の潜時は図8の如く，26～42msec

図7 脊髓圧迫疾患群の誘発 BCR

図8 脳疾患群およびその他の群の誘発 BCR〔○：脳血管障害、●：Parkinson 病、◎：骨盤骨折に伴う尿道外傷、●：糖尿病、△：インポテンス、▲：直腸腫瘍術後〕

($32.3 \pm 5.1 \text{ msec}$: mean $\pm$ S.D.)で対照群とはほぼ同様の値であった。また、振幅・知覚閾値ともに対照群と同様の傾向を示した(表2, 表3)。

V. その他

この群は、末梢神経障害例およびインポテンス症例であるが、この群の潜時は $24 \sim 57 \text{ msec}$ ($35.7 \pm 8.4 \text{ msec}$: mean $\pm$ S.D.)で、直腸腫瘍術後の局所再発1例に 57 msec と著明な潜時延長を認めた(図8)。この1例を除いた残り11例の潜時は対照群とはほぼ同じ値であり、振幅や知覚閾値に関しても対照群とはほぼ同様の傾向を示した(表2, 表3)。

考 察

1. 球海綿体反射について

球海綿体反射(BCR)の検索は、仙髄反射弓の検査法として以前から広く臨床的に行われている。この反射弓の求心路は、陰茎(陰核)刺激の場合は陰部神経を介し、後部尿道・膀胱刺激の場合は骨盤神経を介して仙髄後根→仙髄($S_2 \sim 4$)であり、遠心路は仙髄($S_2 \sim 4$)→仙髄前根→陰部神経→骨盤底筋群と考えられている。しかし、第10胸髄以下の後根を完全に離断してもBCRが認められることから、求心路に関しては依然不明な点も残されている¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾。

陰茎亀頭部を圧迫して肛門に挿入した示指により肛門括約筋の収縮の有無を検査する方法では偽陰性も多く、その出現頻度をBorsは30%¹⁾、Blaivas⁶⁾、Wilhelm⁷⁾はそれぞれ13%、22%と報告している。今回のわれわれの検索では、筋電図上BCR陽性と判定した145例のうち臨床的にBCR陰性のもの、すなわちBCR偽陰性例は38例(26%)であった。

2. 誘発球海綿体反射測定の臨床的意義について

誘発筋電図法による球海綿体反射(誘発BCR)の検討はRushworth(1967)により最初に行われたとされ⁸⁾¹¹⁾、本邦では滝本ら¹³⁾(1981)が最初に報告した。

誘発BCR測定の臨床的意義について、Sirokyは特にその客観性と再現性に注目している¹¹⁾。前述したように古典的なBCR検査法では、検者の主観も入り偽陰性も比較的多く、特に高齢者では判定に迷うことにしばしば遭遇する。この点からも誘発BCRは客観的な仙髄反射弓検査法として有用といえる。また、現在広く行われている種々のurodynamic検査法は、カ

テータル操作を伴うことが多く、患者の不安、緊張や苦痛も比較的大きいものである。一方、誘発 BCR 法の場合はほとんど苦痛もなく操作も容易で短時間に検査可能であり、しかも膀胱支配神経の障害を直接推察できる点でも優れた検査法といえる。

われわれは患者に与える苦痛ができる限り少なく検査も手軽にできることから表面電極を利用した陰茎部刺激による誘発 BCR 法を行っているが、後部尿道・膀胱部刺激による誘発 BCR 法の方が骨盤神経・陰部神経ともに検索できる点で得られる情報量も多く利点があるとも考えられる。しかし、後述するような誘発 BCR の限界をも考慮すると、われわれの方法は末梢神経伝導速度検査と同様に一般の検査室レベルで施行可能であり、臨床的に仙髄反射弓検索の目的は十分達せられるものと考えている。

3. 誘発球海綿体反射の潜時について

過去における誘発 BCR の検査方法をみると、誘発電位の導出は球海綿体筋、外尿道括約筋、外肛門括約筋などから行われているが、刺激部位は陰茎（陰核）部または後部尿道・膀胱部に大別される。そして、陰茎（陰核）部刺激と後部尿道・膀胱部刺激とはその潜時が異なることが知られている。過去の成績をまとめると、正常者では陰茎（陰核）部刺激時の潜時は $24 \sim 45 \text{ msec}^{(4)(5)(8) \sim (15)}$ であるのに対し、後部尿道・膀胱部刺激時の潜時は $50 \sim 84 \text{ msec}^{(10)(15) \sim (18)}$ である。われわれは、陰茎部を刺激して肛門括約筋の誘発電位を測定する方法を行っているが、対照群 30 例の誘発 BCR の潜時は $27 \sim 42 \text{ msec}$ ($32.2 \pm 4.0 \text{ msec}$; $\text{mean} \pm \text{S.D.}$) で諸家の報告とはほぼ一致する成績を得た。後部尿道・膀胱部刺激時の潜時が延長する理由としては、1) 後部尿道・膀胱部刺激の場合、求心線維は副交感神経（骨盤神経）で体性神経（陰部神経）より神経伝導速度が遅いため、2) 仙髄内でのシナプスの数が多いため、と説明されている^{9)~11)(15)}。

次に潜時延長の critical time については今回われわれは Siroky ら¹¹⁾に準じて 46 msec 以上としたが、 50 msec 以上とする報告¹⁵⁾もある。最近 Bilky ら¹⁹⁾(1983)は、神経学的に正常な 108 例を検討し、 $\text{mean} \pm 2 \times \text{S.D.}$ を正常範囲と考えれば陰茎（陰核）部刺激一外肛門括約筋部導出の場合、男子は $25.6 \sim 46.8 \text{ msec}$ が正常値であることを報告している。この成績を参考にすると、潜時延長の critical time を一応 46 msec 前後としたことは妥当であると考えられる。

また、仙髄反射弓の部分的な断裂により誘発 BCR

の潜時が延長し、完全断裂により反射が消失すると言われている。Bradley¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽²⁰⁾らは、テトラカインの膀胱内注入、ジブカインの尿道内注入、仙骨麻酔、両側陰部神経ブロックなどにより誘発 BCR が消失することを報告した。われわれもこの点を追試し仙骨麻酔や腰椎麻酔により誘発 BCR が消失することを確認している。Yalla⁹⁾によればジアゼパム (Cercine®) の静注では誘発 BCR の潜時は変化しない。

4. 各種疾患における誘発球海綿体反射

(1) 脊髄損傷

脊髄損傷患者における誘発 BCR の成績は既に諸家により比較的多数報告されている。Bradley ら¹⁷⁾⁽¹⁸⁾は脊髄円椎部や馬尾神経の障害の場合に誘発 BCR の消失、潜時の延長や振幅の減弱などを認め、Ertekin⁴⁾, Krane¹²⁾らも馬尾神経の完全損傷で誘発 BCR の消失、不完全損傷で潜時の延長や知覚閾値の上昇を認めたと報告した。また、Yalla⁹⁾, 古屋¹⁵⁾は、核上型損傷では誘発 BCR の潜時は正常であるのに対して、核・核下型損傷の場合潜時が延長したことを報告した。一方、Bilkey ら¹⁹⁾は上位運動神経損傷患者の潜時が正常者よりも短縮していると報告し、その原因として、1) BCR に対する上位中枢の抑制の欠除、2) $\text{S}_2\text{-}_4$ 運動神経の興奮性亢進、の 2 点を挙げている。

今回われわれの検索では、下部胸髄および腰・仙髄損傷患者に誘発 BCR 消失例や潜時延長例を比較的高率に認めたが、頸髄・上部胸髄損傷患者において潜時短縮傾向は特に認められなかった。

(2) 脊髄圧迫疾患

腰椎椎間板ヘルニア、脊椎管狭窄症、脊髄腫瘍などいわゆる脊髄圧迫疾患群の多数例について誘発 BCR を検討した報告は少ない。Andersen ら²¹⁾は腰椎椎間板ヘルニア 15 症例の後部尿道刺激による誘発 BCR を検討し、1 例に反射の消失、9 例に潜時の延長を認めた。Rockswold and Bradley²⁰⁾は 110 例の馬尾神経障害患者に誘発 BCR を施行し、脊髄腫瘍 3 例中 3 例に潜時の延長を、脊椎管狭窄症 1 例中 1 例に誘発 BCR の消失を見ており、誘発 BCR とミエログラフィーとの相関、脊椎手術後の誘発 BCR の変化などについても検討している。その他に少数例ではあるが、Siroky¹¹⁾, DeRidder and Dauben²²⁾や Susset²³⁾らによる報告がある。

われわれは脊髄圧迫疾患 91 例について検討したが、脊椎管狭窄症、腰椎骨折、脊髄動静脈奇形の各 1 例に潜時延長を認めた。これらの症例は尿流測定ではいず

れも高度の排尿障害を示しており、膀胱内圧測定でも異常パターンを示したことより、この群で誘発 BCR の異常を呈する症例は膀胱機能に関しては、特に障害が大きいことが推察された。

(3) 脳疾患

Bradley ら¹⁷⁾⁽²⁴⁾は、正常者では意識的に会陰部を弛緩させておけば誘発 BCR が消失するのに対し、脳血管障害患者や Parkinson 病患者にはこの抑制が認められないと述べている。その他少数例ではあるが、Siroky ら¹¹⁾や Ertekin and Reel⁴⁾が脳血管障害患者や Parkinson 病患者の誘発 BCR を検討している。自験例では誘発 BCR の抑制試験を行っていないが、脳血管障害、Parkinson 病ともに潜時は正常範囲内であった。

(4) その他の各種疾患

Ertekin and Reel⁴⁾, Siroky and Krane¹¹⁾⁽¹²⁾, 滝本ら¹³⁾はインポテンス患者に対して誘発 BCR を施行し、器質的インポテンスと機能的インポテンスの鑑別に有用であるとした。糖尿病などによる末梢神経障害では誘発 BCR の知覚閾値が上昇し潜時が延長するとの報告が多く⁴⁾⁽⁵⁾⁽¹⁷⁾, Booth ら²⁵⁾は糖尿病による仙髄自律神経障害のスクリーニングテストとしてこの方法が有用であるという。また、Bradley ら¹⁷⁾⁽²⁶⁾は多発性硬化症では誘発 BCR を意図的に抑制できない症例が多く潜時も延長することが多いと報告し、Ewing ら²⁷⁾は不安定性膀胱を示す多発性硬化症 7 例に膀胱三角部フェノールブロックを行ったところ、膀胱部刺激による誘発 BCR が全例消失したと報告した。その他直腸疾患術後、前立腺全摘術後などにも潜時が延長する場合があるとの報告がある⁵⁾⁽²¹⁾。われわれも直腸腫瘍術後局所再発の 1 例に著明な潜時延長を経験した。

5. 誘発球海綿体反射測定における問題点

誘発 BCR 測定には一定の電気刺激を加え、誘発電位を加算平均する必要があるために高価な特殊機器が必要である。しかし、臨床の現場においては末梢神経伝導速度検査のできる機器ならば十分に誘発 BCR のために使用可能であり、こうした機器は大部分の総合病院検査室には設置されている。また、われわれの行っている方法の場合、表面電極が大きすぎて女子の場合に陰核への装着が困難であることから今回の対象はすべて男子とした。今後の問題として女子の場合は尿道刺激による誘発 BCR を検討してゆく予定である。

一般に神経伝導速度は、年齢や温度（気温、室温）

により多少の変動が認められる。新生児の場合は成人の約 1/2、4～5 歳ではほぼ成人なみの値になり、60 歳を過ぎると正常人でも有意に低値を示すとされる²⁸⁾。また、温度が 1℃ 上昇するごとに神経伝導速度は 2～4 m/sec 速くなると言われていることから、誘発 BCR 測定に際して室温は 25℃ 以上でほぼ一定にしておく必要がある²⁸⁾⁽²⁹⁾。

次に、誘発 BCR の振幅が小さい場合潜時の判定に迷うことがあり、また振幅の大小が臨床的にどのような意義を有するのかもまだ十分には解明されていない。肛門括約筋の発達状態や萎縮・変性が振幅の大小にかなりの影響を及ぼすことは十分に考えられ、また表面電極を使用した場合には皮膚や皮下脂肪の厚さも振幅に影響を与えると考えられる。図 9 は、第 5 頸髄不完全損傷の 24 歳男子の誘発 BCR である。上段は受傷後 2 年 4 カ月のもの、下段は膀胱の痙性除去の目的で第 4・第 5 腰椎間よりクモ膜下フェノールブロックを行ってから 1 カ月後の誘発 BCR である。ブロック後も膀胱の反射性収縮が認められたことから不完全ブロックと考えられたが、誘発 BCR の振幅は 140 μV から 4 μV と著明に減弱しているのに対し、潜時は 27 msec から 30 msec とさほど変化がなかった。Bradley

図 9 頸髄損傷患者の誘発 BCR [上段：受傷後 2 年 4 カ月の誘発 BCR (潜時 27 msec, 振幅 140 μV), 下段：クモ膜下フェノールブロック後 1 カ月の誘発 BCR (潜時 30 msec, 振幅 4 μV)]

図10 誘発 BCR の潜時と振幅との関係〔○：対照群，●：脊髄損傷群，×：脊髄圧迫疾患群，△：脳疾患群，▲：その他の群〕

ら¹⁷⁾¹⁸⁾も、脊髄円錐部や馬尾神経部の障害の場合に誘発 BCR の消失や潜時の延長のほか、振幅の減弱も認めている。このことから、振幅の大小も神経障害程度や部位の重要な指標になると考えられるが、今後この点をさらに検討したいと考えている。また全般に、刺激を強くすれば振幅が増大する傾向も認められたが、刺激強度は100V あるいは10mA となるべく統一するように行った。今回の検索例200例の潜時と振幅との相関を検討すると、潜時延長例は振幅も小さい傾向を示したが、潜時が正常で振幅の小さい症例も多かった(図10)。

誘発 BCR が陰性であったり潜時が延長した場合、球海綿体反射弓自体に障害があることは容易に診断できるが、滝本ら¹³⁾も指摘しているように、その障害が末梢の骨盤神経・陰部神経レベルなのか、あるいは仙髄・馬尾神経レベルなのかは判別できない。また、肛門括約筋自体の萎縮・変性によっても誘発 BCR の異常が生ずる可能性がある。この点が、誘発 BCR 測定の最大の弱点であり本検査法の限界ともいえる。

われわれは脊髄圧迫疾患に伴う神経因性膀胱の早期診断手段の1つに成り得ないかとも考えて、他の urodynamic 検査法と併用して誘発 BCR を行っているが、今回の成績では91例中誘発 BCR で異常を呈した症例はわずか3例のみであった。これら3例ともすでに明らかな膀胱機能障害を呈していたこと、および従来の urodynamic 検査で異常を示したにもかかわらず誘発 BCR が正常の症例がかなり存在したことより、脊髄圧迫疾患における誘発 BCR の有用性は早期

診断というよりもむしろ障害程度の判定にあるようである。この誘発 BCR 測定法に対して最近報告^{14)30)~33)}されはじめた下部尿路、上下肢末梢神経刺激による脊髄誘発電位および脳波の同時解析は、さらに多くの情報をもたらす可能性があり、脊髄圧迫疾患に伴う神経因性膀胱の早期診断の手掛りを得る上でも有用ではないかと思われ、著者らも今後検討する予定である。

結 語

誘発筋電図法による球海綿体反射(誘発 BCR)を各種疾患200症例に施行して、次のような結論を得た。

1) 対照群の誘発 BCR は全例陽性で、潜時は27~42 msec (32.2 ± 4.0 msec: mean $\pm$ S.D.)であった。

2) 頸損群では全例誘発 BCR 陽性で潜時も正常であるのに対して、下部胸髄および腰・仙髄損傷群では誘発 BCR 陰性例や潜時延長例が多かった。また、腰・仙髄損傷群では誘発 BCR の振幅が小さい傾向が認められた。

3) 脊髄損傷群で、誘発 BCR 陰性例は膀胱内圧曲線上無反射型を示し、尿道内圧曲線における最高尿道内圧が誘発 BCR 陽性例と比較して有意に低値を示した。

4) 脊髄圧迫疾患群でも頻度は少ないが潜時の延長する症例を認めた。この群で誘発 BCR の異常を呈する症例は、膀胱機能に関してはより重篤であると推察された。

5) 脳疾患群の誘発 BCR は全例陽性で、潜時も正常であった。末梢神経障害その他の疾患群のうちでは、直腸腫瘍術後の局所再発例に誘発 BCR の潜時が著明に延長した症例が存在した。

6) 誘発 BCR の問題点として、球海綿体反射弓の異常の有無は診断可能であるが障害部位の判定は不可能であること、振幅が小さい場合潜時の判定に迷うことがあること、振幅のもつ臨床的意義がまだ不明瞭なこと、などが考えられた。

以上より、誘発 BCR 測定には種々の問題点はあるが、仙髄反射弓に関する客観的検査法として有用であり、臨床的に苦痛も少なく容易に施行可能であることより、今後は各種神経因性膀胱やインポテンスの鑑別診断上、urodynamic 検査法に必須の補助診断的検査法の1つになり得るものと考えられる。

本論文の要旨は、第72回日本泌尿器科学会総会において発表した。

文 献

- 1) Bors, E. and Comarr, A.E.: Neurological

- Urology, p. 145—146, p. 165—167, S.Karger, Long Beach, 1971.
- 2) Krane, R.J. and Siroky, M.B.: Clinical Neuro-Urology, first ed. p. 65, Little, Brown, Boston, 1979.
 - 3) 安藤正夫, 武田裕寿, 水尾敏之, 牛山武久: 誘発筋電図法による球海綿体反射の臨床的研究—対照群および脊髄損傷患者について—, 臨泌, 37, 899—904, 1983.
 - 4) Ertekin, C. and Reel, F.: Bulbocavernosus reflex in normal men and in patients with neurogenic bladder and/or impotence. J. Neurological Sciences, 28, 1—15, 1976.
 - 5) Yalla, S.V., Di Benedetto, M., Blunt, K.J., Sethi, J.M. and Fam, B.A.: Urethral striated sphincter responses to electrobulbocavernosus stimulation. J. Urol., 119, 406—409, 1978.
 - 6) 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.
 - 7) Wilhelm, E. und Supala, K.: Der Bulbocavernosusreflex (BCR). Urologe, A 16, 110—111, 1977.
 - 8) Rushworth, G.: Diagnostic value of the electromyographic study of reflex activity in man. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., suppl., 25, 65—73, 1967.
 - 9) Dick, H.C., Bradley, W.E., Scott, F.B. and Timm, G.W.: Pudendal sexual reflexes. Electrophysiologic investigations. Urology, 3, 376—379, 1974.
 - 10) Nordling, J., Andersen, J.T., Walter, S., Meyhoff, H.H., Hald, T. and Gammelgaard, P. A.: Evoked response of the bulbocavernosus reflex. Eur. Urol., 5, 36—38, 1979.
 - 11) 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.
 - 12) Krane, R.J. and Siroky, M.B.: Studies on sacral-evoked potentials. J. Urol., 124, 872—876, 1980.
 - 13) 滝本至得, 川添和久, 新村武明, 権 秉震, 朝岡博, 新井律夫: 球海綿体筋電図(誘発筋電図法)を用いたインポテンスの鑑別診断, 臨泌, 35, 995—1001, 1981.
 - 14) Haldeman, S., Bradley, W.E. and Bhatia, N.: Evoked responses from the pudendal nerve. J. Urol., 128, 974—980, 1982.
 - 15) 古屋聖児, 横山英二, 熊本悦明, 塚本泰司: 誘発筋電図による球海綿体反射の伝導時間測定, 日泌尿会誌, 74, 15—24, 1983.
 - 16) Bradley, W.E.: Urethral electromyography. J. Urol., 108, 563—564, 1972.
 - 17) Bradley, W.E., Timm, G.W., Rockswold, G.L. and Scott, F.B.: Detrusor and urethral electromyography. J. Urol., 114, 891—894, 1975.
 - 18) Bradley, W.E. and Andersen, J.T.: Neuromuscular dysfunction of the lower urinary tract in patients with lesions of the cauda equina and conus medullaris. J. Urol., 116, 620—621, 1976.
 - 19) Bilkey, W.J., Awad, E.A. and Smith, A.D.: Clinical application of sacral reflex latency. J. Urol., 129, 1187—1189, 1983.
 - 20) Rockswold, G.L. and Bradley, W.E.: The use of evoked electromyographic responses in diagnosing lesions of the cauda equina. J. Urol., 118, 629—631, 1977.
 - 21) Andersen, J.T. and Bradley, W.E.: Neurogenic bladder dysfunction in protruded lumbar disk and after laminectomy. Urology, 8, 94—96, 1976.
 - 22) DeRidder, P.A. and Dauben, R.D.: Electromyography, a useful test for evaluation of the sacral spinal cord. J. Urol., 125, 835—838, 1981.
 - 23) Susset, J.G., Peters, N.D., Cohen, S.I. and Ghoniem, G.M.: Early detection of neurogenic bladder dysfunction caused by protruded lumbar disk. Urology, 20, 461—463, 1982.
 - 24) Andersen, J.T. and Bradley, W.E.: Cystometric sphincter and electromyographic abnormalities in Parkinson's disease. J. Urol., 116, 75—78, 1976.
 - 25) Booth, C.M., Harrison, M.J.G. and Green, J.F.: Evaluation of screening tests for detecting sacral autonomic neuropathy in diabetes mellitus. Brit. J. Urol., 56, 31—34, 1984.
 - 26) Andersen, J.T. and Bradley, W.E.: Bladder and urethral innervation in multiple sclerosis. Brit. J. Urol., 48, 239—243, 1976.
 - 27) Ewing, R., Choa, B. and Shuttleworth, K.E.D.: Pelvic evoked responses. Brit. J. Urol., 55, 639—641, 1983.
 - 28) 鳥居順三(中西孝雄, 島村宗夫編集): 臨床神経生理学入門—その基礎と臨床的応用—, 第1版, p. 182, 真興交易医書出版部, 東京, 1981.
 - 29) 千野直一: 臨床筋電図・電気診断学入門, 第2版, p. 34, 医学書院, 東京, 1981.
 - 30) 玉置哲也, 小林英夫: 脊髄誘発電位の現況, 臨床検査, 25(臨時増刊), 1378—1385, 1981.
 - 31) Kaneko, S., Cholkpark, Y., Yachiku, S. and

- Kurita, T.: Evoked central somatosensory potentials after penile stimulation in man. *Urology*, 21, 58—59, 1983.
- 32) 今林健一, 大沼徹太郎, 西村洋介: 脊髄性誘発電位記録法を用いた脊損膀胱の診断について. *整形・災害外科*, 27, 262—263, 1984.
- 33) Badr, G.G., Fall, M., Carlsson, C.A., Lindström, L., Friberg, S. and Ohlsson, B.: Cortical evoked potentials obtained after stimulation of the lower urinary tract. *J. Urol.*, 131, 306—309, 1984.

(1984年8月28日受付)