排尿機構にかんする検討

第12報 誘発筋電図法による球海綿体反射の検討

	朴	英	哲
	江	左	篤
近畿大学医学部泌尿器科学教室	杉	山	高
(主任: 栗田 孝教授)	金	子	茂
	栗	田	孝

STUDIES OF URODYNAMICS

XII: A Clinical Study of the Bulbocavernosus Reflex

Young Chol Park, Atsunobu Esa, Takahide Sugiyama,
Shigeo Kaneko and Takashi Kurita

Department of Urology, Kinki University School of Medicine, Osaka, Japan
(Director: Prof. T. Kurita)

The bulbocavernosus reflex (BCR) was investigated electrophysiologically in 69 male patients with disorders of voiding and/or sexual ability. Thirty-five patients had no neuropathic lesion, 16 had suprasacral lesions, 10 had sacral and cauda equina lesions, 5 had peripheral neuropathy and 3 had functional impotence. The BCR was absent in 8 patients, of whom 6 were with sacral and cauda equina lesions and 2 without neuropathic lesion. The sensory threshold of the electrostimulation on the penis showed the highest value when the patients had sacral and cauda equina lesions. The longest mean latency value of the BCR was also obtained from patients with sacral and cauda equina lesions (41.0 msec), which was significantly different from that in patients without neuropathic lesion (30.5 msec). Sixty-eight out of the 69 patients had cystometry. Twenty-five patients revealed normal detrusor function, 23 overactive, 15 underactive, and 5 remained equivocal. The BCR was absent in over one third of patients with underactive detrusor function. The sensory threshold showed the highest value when the patients had underactive detrusor function. The longest mean latency value of the BCR was 34.8 msec, which was also obtained in patients with underactive detrusor function. In 13 patients, the latency of the BCR was measured with either concentric needle electrodes or an anal plug. In only two patients, the latency of the BCR measured with an anal plug was slightly longer than that measured with concentric needle electrodes. In other 11 patients, they were similar. In conclusion, the BCR evoked by electrostimulation on the penis may be more useful in detecting neurologic lesions, when it is combined with cystometry.

要旨: 排尿あるいは性的機能の異常を訴える男子患者69名を対象に、誘発筋電図法による球海綿体反射 (BCR) の検討を行なった。内訳は、神経病巣を認めない群35例、腰髄以上の病巣群16例、仙髄・馬尾神経病巣群10例、末梢神経病巣群5例、機能的インポテンス3例である。仙髄・馬尾神経病巣群ではBCR陰性例が多く、電気刺激知覚域値も高値であった。BCR潜時は、神経病巣を持たない群 ($30.5 \pm 4.3SD$ msec) に比して、仙髄・馬尾神経病巣群 ($41.0 \pm 7.8SD$ msec) で有意な延長を認めたが、腰髄以上の病巣群 ($29.5 \pm 3.6SD$ msec)、末梢神経病巣群 ($31.4 \pm 3.8SD$ msec)、機能的インポテンス群 ($26.3 \pm 3.2SD$ msec) との間に有意差は認めなかった。69名中68名に膀胱内圧測定を行なったが、25名は正常型、23名は過活動型、15名は低活動型膀胱、5名は判定不能型であった。低活動型膀胱群でBCR陰性例が多く、刺激知覚域値も高値であった。BCR潜時は、低活動型膀胱群 ($34.8 \pm 8.5SD$ msec) で延長傾向が

認められたが、正常群(30.9 ± 4.4 SD msec)、過活動型膀胱群(30.2 ± 3.9 SD msec)、判定不能群(27.2 ± 3.6 SD msec)との間に有意差は認めなかった。以上の検討より、誘発 BCR 法は、膀胱内圧測定との組合わせにより、神経病巣の有無、部位決定にさらに有力な検査法となり得るものと考えられた。

球海绵体反射 Bulbocavernosus reflex (以下 BCR) は、求心路、遠心路とも陰部神経を経由し、第2から第4 仙髄を反射核とする多シナプス反射とされている¹⁾。この反射の存在は比較的旧くから知られており、Lapides ら(1956)の報告に始めて泌尿器科臨床面での有用性についての記載をみる²⁾。その後、Rushworth (1967) が陰茎電気刺激により誘発された BCR を電気生理学的にとらえ、その信頼性を強調して以来³⁾、数多くの追試験が行なわれ、現在では一定の評価を受けるに至っている^{4)~6)}。しかし、神経生理学的な面に関心が集中し、今だ排尿動態機能検査における明確な位置づけはなされていないのが現状である。われわれは1983年2月以来、膀胱内圧測定に組合わせて誘発筋電図法による BCR の測定を行なっており、排尿動態機能検査における BCR 測定の有用性について検討したので報告する。

対象・方法

対象症例は22歳から86歳(平均55.8歳)の男子69名で、全例排尿あるいは性的機能の異常を訴えて来院した患者である。内訳は、臨床的に何ら神経学的に異常の根拠を持たない群が35例、腰髄以上の病巣を認める群が16例、仙髄・馬尾神経病巣を持つ群が10例、末梢神経病巣を持つ群が5例、神経学的異常を認めない性的不能群が3例である(Table 1)。

神経病巣を持たない群35例の内訳は、膀胱頸部硬化症16例、前立腺肥大症10例、慢性前立腺炎3例、神経性頻尿3例、尿道狭窄1例、逆行性射精1例、膀胱結石1例である。

膀胱内圧測定は DISA-2100-Urosystem を用い、炭酸ガス150ml/min の注入速度で行なった。方法の詳細についてはすでに報告した⁷⁾。膀胱内圧測定は68例に行ない、その所見から4群に分類した。即ち、正常利尿筋反射を認めるものは正常型、無抑制収縮などの利尿筋反射亢進を認めるものは過活動型、低コンプライアンス膀胱及び利尿筋反射消失は低活動型、いずれとも判定し難いものは判定不能型とした。68例中正常型は25例、過活動型は23例、低活動型は15例、判定不能型は5例であった。

BCR 潜時の測定には DISA-14A-11-electrostimulator-electromyograph を用い、陰茎周囲に巻いたりボン

Table 1 Neurologic diagnosis of 69 patients.

1. No evidence of lesion	35
2. Suprasacral lesions	16
Cerebrovascular disease	5
Myelitis	2
Meningitis	2
Cervical spondylosis	2
Spinal injury	2
Cerebral injury	1
Hydrocephalus	1
Parkinsonism	1
3. Sacral cord and Cauda equina lesions	10
Spinal injury	3
Spinal tumor	2
Meningomyelocele	2
Spinal cord stenosis	1
Disk hernia	1
Spinal apoplexy	1
4. Peripheral neuropathy	5
Pelvic operation	3
Diabetes	2
5. Functional impotence	3

電極より0.2msec, 100~500V の矩形波で、毎秒3回の刺激を加え、会陰部から外尿道括約筋部に刺入した同心針電極より筋電図を導出し、刺激の開始から筋電図の始まりまでの潜時を測定した(Fig. 1)。刺激一導出

Fig. 1 Method of the study.

Fig. 2 Evoked responses of the bulbocavernosus reflex. The symbol # indicates the number of stimuli.

は100~500回行ない、これらを averager にて加算平均化した。波型の不安定なものは、加算を繰り返すか刺激の電圧を上げ、波型の変動がない部分を読みとった (Fig. 2)。患者の耐え得る最高電圧の刺激にても BCR が誘発されないものは陰性と判定した。

13名の患者では、同じ電極と同時に anal plug より の導出を試み、両者における BCR 潜時の差についても検討した。

結 果

神経病巣の臨床的高位診断と BCR 誘発率、電気刺激知覚域値、BCR 潜時について検討した (Table 2)。69名中、最高電圧刺激にても BCR が誘発されなかったものは8名あり、全例での BCR 誘発率は88.4%であった。BCR 陰性例8名中6名は仙髄・馬尾神経病巣群であり、この群における BCR 誘発率は40%と低率であった。神経病巣を認めない群にも2名の BCR 陰性例があり、この群における BCR 誘発率は94.1%で

Table 2 Results of 69 studies. Bulbocavernosus reflex and neurologic diagnosis.

Clinical Diagnosis	No. Pts.	BCR		Age (y.o.)	Sensory Threshold (Volt)	Latency(msec.)	
		Neg.	Pos.			Mean	Range
No evidence of lesion	35	2	33	59	43.9	30.5	21-40
Suprasacral	16	0	16	55	63.7	29.5	22-34
Sacral and Cauda equina	10	6	4	43	>103.6 [†]	41.0 [*]	33-54
Peripheral neuropathy	5	0	5	68	80.0 [†]	31.4	26-37
Functional impotence	3	0	3	46	42.3	26.3	24-30

^{*}P<0.001, versus no evidence of lesion group
[†]P<0.02, versus no evidence of lesion group

あった。腰髄以上の病巣、末梢神経病巣、機能的インポテンスではいずれも BCR 誘発率は100%であった。電気刺激知覚域値は、神経病巣を認めない群と比較すると、仙髄、馬尾神経病巣及び末梢神経病巣群で有意に高値であった (p<0.02)。腰髄以上の病巣群、機能的インポテンス群では有意差を認めなかった。BCR 潜時は、神経病巣を認めない群で30.5±4.3SD msec、腰髄以上の病巣群で29.5±3.6SD msec、仙髄・馬尾神経病巣群で41.0±7.8SD msec、末梢神経病巣群で31.4±3.8SD msec、機能的インポテンス群で26.3±3.2SD msec であった。神経病巣を認めない群との比較では、仙髄・馬尾神経病巣群で有意に延長を認めた (p<0.001)。腰髄以上の病巣群、機能的インポテンス群では、やや短縮傾向はみられるものの有意差は得られなかった。

BCR 潜時測定と同時に膀胱内圧測定を施行した68症例を対象に、膀胱内圧測定の結果と BCR 誘発率、電気刺激知覚域値、BCR 潜時との比較を行なった (Table 3)。68例中 BCR 陰性例は8例あり、うち6例は低活動型、1例は過活動型、1例は正常型であり、低活動型での BCR 誘発率は9/15 (60%) と低率であっ

Table 3 Results of 68 studies. Bulbocavernosus reflex and cystometrogram findings.

CMG Findings	No. Pts.	BCR		Age (y.o.)	Sensory Threshold (Volt)	Latency(msec.)	
		Neg.	Pos.			Mean	Range
Normal	25	1	24	55	50.4	30.9	21-40
Overactive	23	1	22	66	53.6	30.2	23-38
Underactive	15	6	9	46	>91.6	34.8	24-54
Equivocal	5	0	5	43	47.5	27.2	24-33

Fig. 3 Latency values of the bulbocavernosus reflex in 13 patients, in whom electromyogram was led via either concentric needle electrode and anal plug.

Fig. 4 Reproducibility of the latency values of evoked bulbocavernosus reflex.

Name	Age	Disease	Latency (msec.)	
			1st	2nd
M.H.	70	BPH	35	32
H.H.	76	BPH	33	33
T.T.	76	BPH	32	31
I.M.	49	Bladder neck dysfunction	34	34
K.Y.	68	Spinal bleeding	33	34
Y.K.	23	Spinal injury	25	32

た。電気刺激知覚域値も、低活動型で高値であった。BCR 潜時は、正常型 30.9 ± 4.4 SD, msec, 過活動型 30.2 ± 3.9 SD msec, 低活動型 34.8 ± 8.5 SD msec, 判定不能型 27.2 ± 3.6 SD msec であり、低活動型で延長の傾向が認められた。

導出電極の種類による差についてみると、同心電極及び anal plug 双方より同時に導出した13例のうち、11名ではほぼ同一の対角線上に並び両者の差を認めなかったが、2例のみ anal plug による導出で潜時の延長が認められた (Fig. 3)。

本検査法の再現性の確認のため、6例で同一個人の日をおいた再検査を行なった。5例では $35 \rightarrow 32$ msec, $33 \rightarrow 33$ msec, $32 \rightarrow 31$ msec, $34 \rightarrow 34$ msec, $33 \rightarrow 34$ msec とほぼ満足し得る再現性を得たが、胸髄損傷の1例で $25 \rightarrow 32$ msec と、最大7msec の差がみられた (Fig. 4)。

考 察

球海綿体反射の反射弓は陰部神経であるのに対し、膀胱利尿筋反射のそれは骨盤神経が主であるが、両反射とも反射核は仙髄から下部腰髄にあるといわれており、両者は密接な関連を持っている。例えば、膀胱の充満によっておこる外尿道括約筋の緊張解除反射は Barrington の第5反射として有名なものである⁸⁾。また、detrusor-sphincter coordination の下位中枢は仙髄に位置し、Bradley (1975) により Loop 3 と呼称される⁹⁾。反射経路の解剖学的位置関係からも、一方の反射の異常が他方の異常を示唆するものであろうことは容易に推察される。以上の考え方にもとづいて本検討をすすめてきた。即ち、膀胱利尿筋反射の異常は誘発筋電図法により、球海綿体反射の異常は誘発筋電図法により検出し、両方法により得た所見の一致性あるいは病巣診断における相補性を中心に検討した。

膀胱内圧測定の結果の評価については議論のあるところであるが、ここでは反射のみに注目し ICS 分類 (1981) に従い、反射亢進を過活動型、反射消失を低活動型と分類した¹⁰⁾。

誘発筋電図法による球海綿体反射の評価は、その潜時によるもの⁴⁾、反射の有無に注目したもの¹¹⁾、反射域値、知覚域値によるもの¹²⁾があげられるが、今回の検討では反射域値を知り得た症例が少ないため、潜時、反射誘発の可否、知覚域値の3つの指標に基づく評価を行なった。病巣部位の臨床的高位診断との関係については Table 3 にあらわしたごとく、仙髄・馬尾神経病単の同定に有力な方法であることがわかった。これは文献的検討とも一致するものである¹⁴⁾⁻⁶⁾¹¹⁾⁻¹³⁾。今回の検討では有意差こそ得られなかったものの、腰髄以上の病巣を持つ群で BCR 潜時が短縮傾向を示したことは、Ertekin (1976) らのいう Suprasegmental facilitatory and inhibitory influence の関与も考えられ興味深い¹⁾。末梢神経病巣群で異常所見が少なかったのは、骨盤内手術操作による選択的骨盤神経損傷の患者が3名を占めたこと、糖尿病性神経炎が重症でなかったことなどが原因と思われる。本検討を通して得た結論の一つは、誘発 BCR 法による神経障害の同定には、潜時のみでなく、反射誘発の可否、電気刺激の知覚域値、さらには反射域値も考慮すべきであるということである。

BCR 潜時については、Siroky ら (1979) は刺激電圧をあげるとその潜時が短縮する現象がみられることを報告している¹²⁾¹³⁾。これは、神経筋単位の各々で反射域

値が異なると仮定すればうなづける現象であるが、われわれの現在までの検討では、このような潜時短縮傾向は観察されなかった。潜時の再現性については、同個人の日をおいた再検討で、最高7msecの相違がみられた。これは、病巣そのものの変化や、検査時の室温、電極の状態等も関係しているものと考えられるが、1回1回の検査値がかなり幅の広い誤差範囲の内にいることを警告する結果とも受けとれる。正確な評価をするためには、日、条件を変えた再検討が必要であり、1回のみの検査結果から結論を導くのは危険であろう。また、潜時の評価には被検者の体格を無視することはできない。反射弓の長さを測定することはできないにしても、身長等による補正法の検討が望まれる。電気刺激の知覚域値についても、個人の皮膚抵抗の差により同一電圧の刺激でも流れる電流量は異なり、その絶対値をそのまま信頼することはできない。諸条件を考え合わせた総合的評価が必要と思われる。導出電極の差による再現性については、Fig. 3にanal plugと同心電極を用いた検討をあらわした。両者にはば差はない様であるが、anal plugによる導出で潜時の延長がみられた例が2例あった。この原因は、anal plugからの導出では同心電極によるものに比して筋電図の振幅電位差が10分の1以下と小さく、微小な筋電図の動きがとらえにくいこと (Fig. 5)、また、anal plugでは導出される筋単位の数が多いため、互いの干渉により早い潜時の微小な動きがマスクされてしまっている

Fig. 5 Evoked responses of the bulbocavernosus reflex. Upper wave showed the electromyogram led via concentric needle electrode, and lower wave, via anal plug.

可能性があることなどが考えられる。

さて、本題である膀胱内圧測定の結果と誘発BCR法の結果の比較に移る。膀胱内圧測定で利尿筋反射が観察し得た正常型、過活動型では、誘発BCRの所見上特別な異常は認めなかった。一方、膀胱内圧測定上、利尿筋反射が観察できなかった低活動型15例では、潜時の延長、知覚域値の上昇、BCR誘発率の低下が認められた。さらに特記すべきは、BCRの誘発されなかった6例及び、BCR潜時が45msec以上の2例は、臨床的にも仙髄・馬尾神経病巣を持つ患者であったことである。膀胱内圧測定で利尿筋反射がみられない低活動型膀胱では、これを病的なもの判定するか、病的ではなく、心理抑制によるdetrusor areflexiaと判定するかは、その評価に苦慮することは少なくない¹⁴⁾。このような場合、誘発BCR法は、神経病巣の補助的診断法として有力な手掛りとなることが期待される。われわれ(1983)は、陰茎皮膚電気刺激により誘発される脊髄波を経皮的に導出する方法をすでに報告したが¹⁵⁾、この誘発脊髄波法と誘発BCR法との組み合わせにより、さらに詳細な神経病巣の位置決定が可能になるものと考えている。

結 語

排尿あるいは性的機能の異常を訴えて来院した患者69名を対象に、誘発筋電図法による球海綿体反射の潜時、反射誘発率、電気刺激知覚域値の測定を行ない、臨床的な神経病巣の高位診断との比較を行なった。うち68名では膀胱内圧測定を行ない、この結果と誘発BCR法による結果の比較を行なった。13名では導出電極の種類による潜時の差についても検討した。

1. 臨床診断との比較：仙髄・馬尾神経病巣群でBCR陰性例が多く、電気刺激知覚域値も高値であった。また、BCR潜時は、神経病巣を持たない群(30.5 ± 4.3 SD msec)に比して、仙髄・馬尾神経病巣群(41.0 ± 7.8 SD msec)で有意な延長($p < 0.001$)を認めた。腰髄以上の病巣群(29.5 ± 3.6 SD msec)、末梢神経病巣群(31.4 ± 3.8 SD msec)、機能的インポテンス群(26.3 ± 3.2 SD msec)では有意差は認めなかった。

2. 膀胱内圧測定との比較：低活動膀胱群でBCR陰性例が多く、電気刺激知覚域値も高値であった。BCR潜時は、低活動膀胱群(34.8 ± 8.5 SD msec)で延長傾向が認められたが、正常群(30.9 ± 4.4 SD msec)、過活動膀胱群(30.2 ± 3.9 SD msec)、判定不能群(27.2 ± 3.6 SD msec)に比して有意差は認められなかった。

3. 電極による差の検討: anal plug と同心針電極による導出での潜時を比較したが, ほぼ同一の値であった. anal plug による導出で2例にのみ潜時の延長傾向がみられた.

以上の検討から, 誘発 BCR 法は, 再現性等に若干の問題点は持つものの, 膀胱内圧測定, 誘発脊髄波法等を組み合わせることにより, 神経病巣の部位決定に有力な検査法となり得るものと考えられた.

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) Ertekin, C. and Reel, F.: Bulbocavernosus reflex in normal men and in patients with neurogenic bladder and/or impotence. *J. Neurol. Sciences*, 28, 1—15, 1976.
- 2) Lapidès, J. and Bobbitt, J.M.: Diagnostic value of bulbocavernosus reflex. *J.A.M.A.*, 162, 971—972, 1956.
- 3) Rushworth, G.: Diagnostic value of the electromyographic study of reflex activity in man. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, Suppl., 25, 65—73, 1967.
- 4) 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.
- 5) 古屋聖司, 横山英二, 熊本悦明, 塚本泰司: 誘発筋電図法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.
- 6) Yalla, S.V., 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.
- 7) 南 光二, 永井信夫, 金子茂男, 井口正典, 郡健二郎, 門脇照雄, 秋山隆弘, 八竹 直, 栗田 孝: 排

尿機構にかんする検討. 第4報, 炭酸ガス cystometer の検討. *日泌尿会誌*, 69, 548—553, 1978.

- 8) Barrington, F.J.F.: The component reflexes of micturition in the cat. Part 3. *Brain*, 64, 239—243, 1941.
- 9) Bradley, W.E., Timm, G.W., Rockswold, G.L. and Scott, F.B.: Detrusor and urethral electromyography. *J. Urol.*, 114, 891—894, 1975.
- 10) Bates, C.P., Bradley, W.E., Glen, E.S., Melchior, H., Rowan, D., Sterling, A.M., Sundin, T., Tomas, D., Torrens, M., Tuner-Warwick, R., Zinner, N.R. and Halt, T. (International Continence Society): Fourth report on the standardization of terminology of lower urinary tract function. *Br. J. Urol.*, 53, 333—335, 1981.
- 11) 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. *臨泌*, 37, 899—904, 1983.
- 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) Krane, R.J. and Siroky, M.B.: Studies on sacral evoked potentials. *J. Urol.*, 124, 872—876, 1980.
- 14) Park, Y.C., Kaneko, S., Yachiku, S. and Kurita, T.: Accurate diagnosis of detrusor areflexia using combined uroflowmetry and abdominal wall electromyography. *urology*, (in press).
- 15) Kaneko, S., Park, Y.C., Yachiku, S. and Kurita, T.: Evoked central somatosensory potentials after penile stimulation. *Urology*, 21, 58—59, 1983.

(1984年12月13日受付)