排尿機能障害における脊髓誘発電位測定の意義

—硬膜外導出法に関する基礎的検討—

	山	口	脩
福島県立医科大学泌尿器科教室	深	谷	保男
	白	岩	康夫
太田綜合病院附属熱海綜合病院麻酔科	石	崎	恵二
整形外科	丸	山	俊章

EVOKED ELECTROSPINOGRAM OF BULBOCAVERNOSUS REFLEX RECORDED FROM EPIDURALSPACE

Osamu Yamaguchi, Yasuo Fukaya and Yasuo Shiraiwa

Department of Urology, Fukushima Medical College, Fukushima

Keiji Ishizaki and Toshiaki Maruyama

Department of Anesthesiology and Orthopedics, Atami General Hospital, Koriyama

The human evoked electrospinoogram (EESG) of bulbocavernosus reflex was examined by an epidural recording method. When the recording electrode was located at the level of the sacral spinal cord in the epidural space, the potentials elicited by penile electrostimulation could be recorded from 10 subjects with suprasacral lesions. This electrospinoogram is a response in the corresponding spinal segment and termed as a segmental EESG. In addition, the urodynamic study was done in 6 of these 10 subjects with detrusor hyperreflexia with DSD.

The segmental EESG consisted of the initial positive spike (P_1) and a subsequent slow and sharp negative wave (N_1), followed by a slower positive wave (P_2). The P_1 -wave had a peripheral latency of 9.8 msec and a duration of 1.20 msec. The N_1 -wave had a peripheral latency of 13.4 msec, a central latency of 3.6 msec and a duration of 6.1 msec. The P_2 -wave had a peripheral latency of 25.8 msec, a central latency of 15.8 msec and a duration of 28.0 msec.

The P_1 -wave easily noticed at the stimulation strength of 20V and had the lowest threshold among these components. As the stimulation strength was increased, the amplitude of the P_2 -wave grew quickly to reach a maximum while the increase in amplitude of the N_1 -wave had a wider range.

These characteristics were very similar to those of EESG elicited by stimulation of the peripheral nerve at an extremity. Thus, in the segmental EESG of bulbocavernosus reflex, the origin of each component (P_1 , N_1 , and P_2) seems to have the same basis as that established in the evoked spinal somatosensory potentials, showing that the P_1 -wave is related to the arrival of afferent volleys at the dorsal root and the subsequent N_1 and P_2 -waves reflect the activity of interneurons and primary afferent depolarization, respectively.

In 2 patients with sacral lesions or peripheral neuropathy, the urodynamic evaluation showed that both patients had the detrusor areflexia. Regarding the EESG of these 2 subjects, any potentials could not be recorded from 1 patient with sacral lesion. However, in the remaining one with peripheral neuropathy, only the P_1 -wave was recorded.

It seems from these results that the epidural recording of EESG is an important means in neuro-urology because it provides with much information on the spinal cord function.

要旨：硬膜外導出法によって、球海綿体反射によるヒト脊髓誘発電位を検討した。仙髄以下が保存されている頸胸髄損傷患者10名からは、導出電極を硬膜外腔で仙髄分節の高さに置くと、再現性のある分節

性脊髄誘発電位を得ることができた。また、これら10名の患者のうち6名に urodynamic study を施行したところ、6名とも DSD を伴う detrusor hyperreflexia を示した。

分節性脊髄誘発電位は特徴的な波形を有し、最初の陽性波 (P₁波)、次の陰性波 (N₁波) および最後の陽性波 (P₂波) から構成されていた。P₁波は末梢潜時9.8msec、持続時間1.20msec を示し、小さなスパイク状電位であった。N₁波は末梢潜時13.4msec、中枢潜時3.6msec、持続時間6.1msec を有するシャープな陰性波であった。P₂波は末梢潜時25.8msec、中枢潜時15.8msec で出現する大きな陽性電位で、持続時間が28.0msec ともっとも長く、緩徐な変動を示した。

これら成分波の陰茎電気刺激強度に対する反応はおたがいに異なり、P₁波は閾値がもっとも低く、20 V の弱刺激でも容易に記録された。一方、N₁波は刺激強度増加に対しその振幅がほぼ直線的に増大したが、P₂波は刺激電圧60V 付近から飽和しそれ以上増加しなかった。

各成分波に関する以上の性質は、四肢の末梢神経刺激時に得られる脊髄誘発電位の性質と同じであり、この場合に確立されている成分波の起源(すなわち、P₁波が後根に流入する活動電位、N₁波が介在ニューロンの興奮、P₂波が1次求心性線維の脱分極をそれぞれ反映するという考え方)を、今回我々が検討した球海綿体反射の脊髄誘発電位にもそのまま適応できるものとおもわれる。

一方、仙髄以下に障害のある患者2名はいずれも detrusor areflexia を示したが、このうち仙髄自体が損傷された症例では脊髄誘発電位を記録することができなかった。残りの1例は直腸癌の術後に発生した末梢神経障害で、成分波のうち P₁波だけが遅れた潜時で記録された。

以上より、硬膜外導出法による脊髄誘発電位の記録は、脊髄からの情報量が多く、従来と異なった視点から下部尿路機能を検討することが可能となり、今後、神経泌尿器科領域で重要な位置を占めるものとおもわれる。

結 言

近年、泌尿器科領域でも神経因性膀胱やインポテンス患者を対象に、末梢神経刺激時の反応を脳波¹⁾や筋電図^{2)~5)}の形で記録する誘発電位測定法が行なわれるようになった。一方、球海綿体反射に代表されるように神経泌尿器科的に重要な反射は脊髄に中枢をもつものが多く、もし脊髄から誘発電位が安定した形で記録できれば臨床応用の上で利用価値が大きいものと考えられている。しかし脊髄誘発電位の研究は少なく、わずかに体表面導出による報告⁶⁾があるだけにすぎない。

一般に脊髄誘発電位測定法は、その解剖学的問題のため実用化が遅れていた。最近になり下地らが開発した硬膜外導出法⁷⁾⁸⁾、やっと安定した波形の記録を可能にし、現在この方法は神経内科⁹⁾¹⁰⁾や脊髄外科^{11)~13)}の臨床に利用されている。さらに、硬膜外導出法による誘発電位は体表面から得られるものとは本質的に異なり、脊髄内ニューロンの特徴的活動を反映すると言われている¹⁴⁾。

我々は硬膜外導出法のもつ以上の利点に注目し、本法によって球海綿体反射の脊髄誘発電位を検討してきた。この研究では泌尿器科領域応用への第一歩として、その記録方法や誘発波形の再現性および性質などに

き基礎的検討を加えるとともに、本法の臨床的意義について若干の考察を行なった。

対象および方法

対象は23歳から64歳(平均40.4歳)の男子患者12名で、仙髄より上方に障害をもつ脊髄損傷患者10名、仙髄および末梢神経障害患者2名である(表2)。全例とも排尿機能障害を訴えていたが、このうち8例について膀胱内圧、直腸内圧、排尿筋圧および尿道外括約筋筋電図からなる urodynamic study を施行し診断した。

脊髄誘発電位の導出電極には、硬膜外麻酔用チューブの先端に2個の電極を取りつけたものを使用した。この導出電極を硬膜外ブロックの手技にしたがって硬膜外腔へ挿入し、目的とする高さに電極を置いた。誘

表1 分節性脊髄誘発電位の性質

誘発脊髄電位	P ₁	N ₁	P ₂
末梢潜時 (msec)	9.0±0.4	13.4±0.5	25.8±3.1
中枢潜時 (msec)	0	3.6±0.5	15.8±3.1
持続時間 (msec)	1.20±0.5	6.1±1.1	28.0±3.2
振幅 (μV)	0.1—0.5	1.2—5.0	2.5—9.0
誘発筋電図			
末梢潜時 (msec)	38.1±4.53		

表 2 対象患者の障害部位, urodynamic study および誘発電位

No.	年齢	障害部位	urodynamic study 所見	脊髓誘発電位
1	45	頸髄 (C6-8)	———	P ₁ N ₁ P ₂
2	64	頸髄 (C5-6)	detrusor hyperreflexia DSD (+)	P ₁ N ₁ P ₂
3	53	胸髄 (T ₅)	———	P ₁ N ₁ P ₂
4	23	頸髄 (C5-6)	detrusor hyperreflexia DSD (+)	P ₁ N ₁ P ₂
5	34	頸髄 (C ₄)	detrusor hyperreflexia DSD (+)	P ₁ N ₁ P ₂
6	38	頸髄 (C ₅)	———	P ₁ N ₁ P ₂
7	34	胸髄 (T ₃₋₄)	detrusor hyperreflexia DSD (+)	P ₁ N ₁ P ₂
8	24	頸髄 (C ₄₋₆)	———	P ₁ N ₁ P ₂
9	26	胸髄 (T ₁)	detrusor hyperreflexia DSD (+)	P ₁ N ₁ P ₂
10	62	頸髄 (C ₅)	detrusor hyperreflexia DSD (+)	P ₁ N ₁ P ₂
11	26	仙髄 (S ₂₋₃)	detrusor areflexia denervated ext. sphincter	記録不能
12	56	末梢神経	detrusor areflexia nonrelaxing ext. sphincter	P ₁ 波のみ

P₁, N₁, P₂ は分節性脊髓誘発電位の成分波を示す。

発電位の波形解析ができるように、ここで使用した双極電極のうち上方の極を接地して不関電極とし、下方の極から単極誘導による記録を行なった。なお電極の位置確認は最初の 2 例に対し X 線単純写真で行なったが、後に X 線テレビ透視下で導出電極を挿入する方法を用いた。

実際に誘発電位の記録は、次のようにして行なった (図 1)。被験者の陰茎周囲を巻きつけた 2 本のベルト型電極に、持続時間 0.2msec、電圧 10～80V の矩形波刺激を毎秒 1 ないし 2 回の割合で加えて球海綿体反射を起こした。同時に硬膜外腔から脊髓誘発電位を、肛門括約筋に刺入した同芯針電極より誘発筋電図をそれぞれ

導出し、Neuropac-II (日本光電社製) で加算平均処理を加え誘発電位波形として記録した。なおこの記録計では、基線より上方を陽性電位、下方を陰性電位となるように設定してある。また、フィルターの条件は、high cut を 1KHz、low cut を 20Hz とした。

球海綿体反射の脊髓中枢は仙髄にあるので、仙髄以下が保存されている患者 10 名を対象に脊髓誘発電位に関する基本的事項を種々の角度から検討し、波形の特性を決定した。次に仙髄以下に障害のある患者 2 名についても誘発電位測定を試み、全症例を合せて神経障害部位や urodynamic study の結果と比較した。

結 果

1) 脊髓誘発電位と電極の位置

硬膜外腔に挿入した導出電極は、X 線単純写真でもテレビ透視下でも容易に確認することができた (図 2)。そこで刺激電圧を 60V、加算回数を 128 回に固定し、電極の位置を第 6 胸椎から第 2 腰椎までの範囲で変化させ、各位置における誘発電位を検討した。

導出電極を第 12 胸椎から第 1 腰椎に至る区間に置くと、もっとも安定した特徴的な誘発電位を得ることができた。この誘発電位は、電極の置かれた区間が球海綿体反射中枢のある仙髄分節に相当するので、分節性脊髓誘発電位であることが判明した。図 3 に示すように、球海綿体反射によって誘発された分節性脊髓電位の波形は、最初に出現する小さなスパイク電位 (以下 P₁ 波と略) とこれに続く陰性波 (以下 N₁ 波と略) およ

図 1 硬膜外導出法による脊髓誘発電位の記録方法

図2 X線写真による導出電極の位置。↑印は電極の位置を示す。

図3 球海綿体反射による脊髄誘発電位。分節性誘発電位の基本波形を示す。刺激電圧60V, 加算回数128回, SCEP (Spinal cord evoked potential)

び緩徐な陽性電位（以下 P_2 波と略）から成り立っていた。この基本波形の再現性はきわめて高く、電極が硬膜外腔に仙髄の高さに置かれているかぎり、記録を数回試みても各波形はよく一致した（図4A）。

一方、電極を仙髄分節より上方に、椎体レベルでは第11胸椎より上方に置くと、波形の再現性が失なわれてしまい、誘発電位と判定するには困難であった（図4B）。反対に電極の位置を第2腰椎より下方で馬尾神経の近くへ移動すると、誘発電位はスパイク状の陽性

図4 導出電極の位置と脊髄誘発電位。Aは電極を第12胸椎の高さに置いたときの記録を示す。4回記録しても再現性の高い誘発電位が得られる。Bは電極を第6胸椎の高さに、Cは第2腰椎の高さにそれぞれ置いたときの記録を示す。

波や不安定な陰性波となって記録され、分節性誘発電位の基本波形とは大きく異なっていた（図4C）。

2) 分節性脊髄誘発電位の性質

前述したように分節性脊髄誘発電位の再現性は高く、誘発電位記録計の加算回数を64から256回まで変えてみたが、どの回数でも明瞭な波形を記録できた。そこで次の検討では加算回数を128回と一定にし、陰茎電気刺激の強度と各成分波の示す反応との関係を調べた。

P_1 波は3個の成分波のうち閾値がもっとも低く（図5）、20Vではかならず誘発され、時には20V以下の弱刺激でも記録されることがわかった。なお P_1 波の振幅

図5 分節性誘発電位の刺激強度に対する反応。加算回数はどれも128回。P₁波は20Vで出現している。

は、刺激電圧を増加させてもほとんど変化しなかった。したがって図5に示すように、最初の弱い刺激ではまずP₁波が出現し、刺激強度を上げていくと後続するN₁波とP₂波が増大し、次第に完全な波形となって記録された。さらにN₁波とP₂波とでは、刺激強度に対する反応様式が明らかに異なっていた。すなわち、N₁波は刺激強度の増加に応じて、その電位もほぼ直線的に増大した(図6A)。これに対しP₂波は急速に増大し、刺激電圧60Vでその反応がほぼ飽和状態となり、80Vまで刺激を強めてもそれ以上の増加を示さなかった(図6B)。

次に刺激電圧を60V、加算回数を128回に固定して、末梢潜時、中枢潜時、持続時間および電位振幅などを検討した。なお、末梢潜時は陰茎刺激から各成分波が出現するまでの時間とし、脊髓に入ってから時間の経過を表わす中枢潜時はP₁波から各成分波までの長さとした。P₁波は陰茎刺激から約9.8msecの潜時で最初に出現する電位で、持続時間が1.2msecと短かく振幅も0.5 μ V以下であり、小さなスパイク状電位としての特徴を示した。次いでP₁波から3.6msec(中枢潜時)の後に現われるN₁波は、持続時間が6.1msecと比較的短かくシャープな波形をもつ陰性電位であった。最後に出てくるP₂波は、振幅が2.5から9.0 μ Vまであり、持続時間も28msecととっても長いことから、緩徐に大きく変動する陽性電位であった。表1には、これらの測定結果を示した。

3) 誘発筋電図との同時記録

図7は、脊髓誘発電位と誘発筋電図との同時記録例を表わす。この記録から、陰茎刺激が陰部神経の知覚線維を通り脊髓後根に到達する時間は、P₁波の末梢潜時として捉えることができる。次いで起こる脊髓内ニューロンの活動はN₁波とP₂波に反映され、最後に

図6 N₁波(A)およびP₂波(B)の刺激強度に対する反応。各反応の大きさを、80Vにおける反応を100%として縦軸に表わした。

図7 脊髓誘発電位と誘発筋電図との同時記録。上段のSCEPは脊髓誘発電位、下段のEMGは肛門括約筋の誘発筋電図をそれぞれ示す。刺激電圧60V、加算回数128回、記録は2回ずつ行なっている。

興奮が運動線維を通り肛門括約筋に至り誘発筋電図として記録される(図7)。したがって、誘発筋電図との

同時記録を行えば、球海綿体反射の全過程を分析できることが明らかとなった。なお、誘発筋電図が陰茎刺激から出現するまでの時間を、同様に末梢潜時として表1に示した。

4) 神経障害部位との比較 (表2)

これまで述べてきた結果は、頸胸髄損傷患者10名から得たものである。したがって、仙髄およびそれ以下の末梢神経が保存されている場合には、分節性脊髄誘発電位を完全に記録することができた。この10名の患者のうち6名に urodynamic study を施行した。その結果6例とも、detrusor hyperreflexia に外括約筋の非協調運動を伴う detrusor sphincter dyssynergia (DSD) をもつことが明らかとなった。

一方、仙髄以下に障害があった2症例では、球海綿体反射が消失し、誘発筋電図も記録できなかった。しかし脊髄誘発電位の方には、障害部位によって若干の差を認めた。仙髄自体が損傷された患者では、図8Aに示すように誘発波形はまったく記録されなかった。なお、この患者の urodynamic study 所見は、detrusor

areflexia と外括約筋の活動が消失した除神経型外括約筋 (denervated external sphincter) であった。ところが直腸癌手術に合併した末梢神経障害の症例では、11.3msec の潜時で小さな振幅をもった P_1 波だけが出現し、後続すべき N_1 波と P_2 波は記録されなかった (図8B)。また、 P_1 波の潜時として11.3msec の値は、先述した対照群の平均値 9.8 ± 0.4 msec (表1) より明らかに延長していた。この症例の膀胱機能は同様に detrusor areflexia であったが、外括約筋は腹圧排尿時に弛緩しない非弛緩性外括約筋 (nonrelaxing external sphincter) を示した。

考 案

これまで硬膜外導出法は、体性知覚誘発電位 (somatosensory evoked potential) の測定方法の一つとして、おもに四肢の末梢神経刺激時における記録に利用されてきた。この研究では硬膜外導出法をさらに陰茎刺激の場合にも応用し、球海綿体反射のヒト脊髄誘発電位を検討した。

一般に四肢の末梢神経を刺激した場合、その神経が所属する脊髄分節にて観察される誘発電位を分節性脊髄誘発電位 (以下、分節性誘発電位と略) といい、この脊髄分節より離れた部位から導出されるものを伝導性脊髄誘発電位 (以下、伝導性誘発電位と略) と定義されている¹¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。今回我々が検討した陰茎刺激の場合にも、導出電極が球海綿体反射中枢のある仙髄領域に置かれると、再現性のきわめて高い分節性誘発電位を得ることができた。しかし、伝導性誘発電位に関しては、電極の位置を仙髄より上位にしても記録することができなかった。この理由として、伝導性誘発電位は本来その電位が小さいため四肢の末梢神経刺激でも導出しがたいこと⁸⁾、また今回用いた陰茎刺激の強度が伝導性誘発電位を記録するには弱すぎたことなどが考えられる。

さて陰茎刺激による分節性誘発電位は特徴的な波形を示し、最初の陽性電位 (P_1 波) と次に続く陰性波 (N_1 波) および最後の緩徐な陽性波 (P_2 波) から構成されていた。これらの成分波は、四肢の末梢神経刺激によって生ずる分節性誘発電位⁷⁾⁸⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ と基本的には同じであった。球海綿体反射と同様に仙髄から分節性誘発電位が導出される後脛骨神経刺激の場合には、約10msec の末梢潜時で P_1 波が出現し、中枢潜時2~3.5msec、持続5~8msec の N_1 波が記録され、最後の P_2 波は中枢潜時が7~16msec、持続が20~50msec と報告されている¹⁴⁾¹⁵⁾。一方、本研究で検討した陰茎刺激の場合でも、

図8 仙髄以下に障害をもつ患者の脊髄誘発電位。Aは仙髄自体が損傷された場合、Bは末梢神経障害で、11.3msec の潜時で P_1 波 (↓) のみが記録されている。

各成分波の末梢潜時，中枢潜時および持続時間は後脛骨神経刺激時とほぼ同じ値を示した（表1）。ただしN₁波とP₂波の中枢潜時がやや延長する傾向を示したことについては，検討を加えた症例数も少ないため，これが球海綿体反射に特有な現象かどうかは結論できない。

さらに今回の検討から，P₁波，N₁波およびP₂波は刺激強度に対する反応がそれぞれ異なっていることが明らかとなった。すなわち，P₁波は閾値がもっとも低く弱刺激でも容易に出現し，N₁波は刺激強度にほぼ比例して増加し，最後のP₂波は刺激強度60V位で反応が飽和する性質を示した。これらの結果は，各成分波の起源がおたがいに異なることを示唆している。

実際に四肢の末梢神経刺激によって得られる分節性誘発電位の起源については，現在のところ次のような見解が得られている。P₁波はもっとも誘発されやすいスパイク電位で，後根から脊髄内に流入する神経活動電位と考えられている⁸⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。N₁波は動物実験で記録されるシナプス後性の脊髄背面陰性電位と同じ起源をもち，二重刺激の不応期やバルビタール，ハロセン，モルフィンによる影響の特異性から，脊髄内二次ニューロンおよび介在ニューロンの電位を表わす^{16)~18)}。緩やかな電位変化で特徴づけられるP₂波に関しては，実験動物の脊髄背面陽性電位と同様にバルビタールで増大し，モルフィンやケタミンで減少することから，一次求心性線維末端に生ずる脱分極(primary afferent depolarization=以下PADと略)を反映すると言われている¹⁷⁾¹⁹⁾²⁰⁾。このPADとは，末梢から伝播してきた興奮がシナプス前性に抑制された結果生ずる求心性線維末端の脱分極であり，presynaptic inhibition²¹⁾と呼ばれる脊髄内反射抑制機構の一種である。さらにPADをもたらし神経伝達物質は，GABA (gamma aminobutyric acid) であることが知られている²²⁾²³⁾。したがって，P₁，N₁およびP₂波を記録できる硬膜外導出法は，球海綿体反射の場合でも体表面導出法²⁴⁾よりはるかに多くの脊髄内情報を提供できることは明らかである。

次に神経障害部位やurodynamic studyとの関係をみると，頸胸髄損傷患者10例については分節性誘発電位を完全な形で記録することができた。これらの患者では仙髄から末梢神経に至る反射弓が保存されており，球海綿体反射の伝導時間も正常と変りないと報告されていることから²⁵⁾²⁶⁾，仙髄から誘発電位が記録できるのは当然のことと考えられる。しかし厳密に言う

と，この10例の患者から得られた脊髄誘発電位が，正常人と完全に同一かについては若干の問題がある。その理由は，硬膜外導出法で得られる成分波のうちN₁波とP₂波は，大脳をはじめとする上位中枢から微妙な影響を受けることが報告されているからである²²⁾²⁷⁾。実際には上位中枢からの影響はそれほど大きいとはおもわれないが，この問題については正常人をコントロールとして利用できない点も含め，今後検討を加える必要がある。

また，これら10例のうちurodynamic studyを施行した6例は，核上型脊髄損傷に特有なDSDを伴うdetrusor hyperreflexiaを示した。この所見と脊髄誘発電位との関係を直接論ずることは，現段階で症例数も少ないため無理である。しかし，最近baclofenという薬剤がDSDを改善したとする報告がなされており²⁸⁾，P₂波とDSDとの関係を示唆するものとして興味深い。一般にbaclofenはGABAと同様に脊髄内一次求心線維末端に作用し，DSDのような病的反射を抑制すると言われている。したがって，一次求心線維の電気活動(PAD)を反映するP₂波は，DSDの程度や治療効果を見る指標となるばかりでなく，その発生機序を解明する上でも役立つと考えられるからである。

一方，仙髄やそれ以下の末梢神経に障害があると，分節性誘発電位はほとんど記録されなくなる。検討を加えた2例のうち仙髄自体に損傷のある患者では，誘発波形の再現性を認めず誘発不能と判定された。ところが，直腸癌術後に合併した末梢神経障害例においては，遅れた潜時でP₁波だけが記録されN₁波やP₂波は出現しなかった。この現象の説明として，ごく一部に残存する末梢神経が陰茎刺激を不完全ながらも後根近傍までは伝播するが，その電氣的興奮が伝播する過程ですでに減弱してしまい，次のN₁波やP₂波を誘発するだけの起電力を失っていたものと推定される。

これら2例のurodynamic studyで，排尿筋の方はいずれもdetrusor arflexiaであったが，外括約筋はそれぞれ異なった動態を示した。前述したように分節性誘発電位がまったく記録されなかった症例は外括約筋も除神経型で非活動性であったのに対し，P₁波だけが誘発された方は外括約筋の活動が残っている非弛緩型を示した。したがって，今後さらに多くの症例について検討を重ねると，同じ仙髄以下の障害でも，障害の程度や部位，urodynamic studyの所見に応じて特徴的な脊髄誘発電位を記録できることが示唆された。

以上述べてきたように，硬膜外導出法による脊髄誘

発電位の記録は、脊髄内ニューロンに関する豊富な情報を提供するので、神経因性膀胱尿道障害の新しい診断法として、また DSD などの病態解明の手段として、今後に期待される有力な方法であるとおもわれる。

結 語

1) 球海綿体反射時におけるヒト脊髄誘発電位は、硬膜外導出法によって確実に記録できる。

2) 陰茎刺激の場合、導出電極を仙髄の高さに置くと、再現性のある分節性脊髄誘発電位を得ることができる。

3) 球海綿体反射による分節性誘発電位は、四肢の末梢神経刺激時に得られるものと同一で、 P_1 波、 N_1 波および P_2 波で構成される特徴的波形を示した。

4) これらの成分波(P_1 波、 N_1 波、 P_2 波)は、電気刺激強度に対する反応がおたがいに異なっていた。

5) 肛門括約筋の誘発筋電図と同時に記録すると、球海綿体反射弓の全過程を検討することができる。

6) 頸胸髄損傷患者10名からは、分節性誘発電位を完全な形で記録できた。このうち urodynamic study を施行した6名は、DSDを伴う detrusor hyperreflexia を示した。

7) 仙髄以下に障害のある2名は urodynamic study 上いずれも detrusor areflexia を示した。このうち仙髄損傷をもった患者では、脊髄誘発電位を記録できなかった。もう1例の直腸癌手術に合併した末梢神経障害では、潜時の延長した P_1 波だけが記録され、後続すべき N_1 波や P_2 波は出現しなかった。

本研究の一部は、第33回日本泌尿器科学会総会(東京)で発表した。また、測定技術の援助をいただいた熱海総合病院生理検査室の斉藤氏に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Badr, G.G., Fall, M., Carlsson, C., Lindstrom, L., Friberg, S. and Ohlsson, B.: Cortical evoked potentials obtained after stimulation of the lower urinary tract. *J. Urol.*, 131, 306—309, 1984.
- 2) Bradley, W.E., Timm, G.W., Rokswold, G.L. and Scott, F.B.: Detrusor and urethral electromyography. *J. Urol.*, 114, 891—894, 1975.
- 3) 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.
- 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) Krane, R.J. and Siroky, M.B.: Studies on sacral-evoked potentials. *J. Urol.*, 124, 872—876, 1980.
- 6) Kaneko, S., Park, Y.C., Yachiku, S. and Kurita, T.: Evoked central somatosensory potentials after penile stimulation in man. *Urology*, 21, 58—59, 1983.
- 7) Shimoji, K., Kano, T. and Higashi, H.: Epidural recording of spinal electrogram in man. *Electroencephalog. Clin. Neurophysiol.*, 30, 236—239, 1971.
- 8) Shimoji, K., Kano, T., Higashi, H., Morioka, T. and Henschel, E.O.: Evoked spinal electrograms recorded from epidural space in man. *J. Appl. Physiol.*, 33, 468—471, 1972.
- 9) 清水裕幸, 丸山洋一, 佐藤祐次: 脊髄誘発電位からみた慢性脊髄疾患の脊髄機能. *臨床脳波*, 20, 227—235, 1978.
- 10) 吉田 護, 松角康彦, 呉屋朝和, 下地恒毅: 脊髄疾患における誘発脊髄波. *臨床生理*, 13, 745—752, 1973.
- 11) 黒川高秀: 誘発脊髄電位 (II). *臨床脳波*, 17, 123—131, 1975.
- 12) 玉置哲也, 山根友二郎, 小林英夫, 井上駿一: 脊髄モニタリング法—誘発脊髄電位に対する anoxia の影響について—. *脳波と筋電図*, 5, 37—39, 1977.
- 13) 坪川孝志: 脊髄損傷における脊髄誘発電位の臨床的意義. *臨床脳波*, 20, 236—243, 1981.
- 14) 丸山洋一, 下地恒毅: 脊髄誘発電位—その起源について—. *神経進歩*, 23, 397—408, 1979.
- 15) 下地恒毅: 硬膜外導出法によるヒト脊髄誘発電位の臨床応用に関する研究. *日医会誌*, 91, 113—120, 1984.
- 16) Shimoji, K., Matsui, M., Ito, Y., Masuko, K., Maruyama, M., Iwane, T. and Aida, S.: Interactions of human cord dorsum potential. *J. Appl. Physiol.*, 40, 79—84, 1976.
- 17) Shimoji, K., Ito, Y., Ohama, K., Sawa, T. and Ikezono, E.: Presynaptic inhibition in man during anesthesia and sleep. *Anesthesiology*, 43, 388—391, 1975.
- 18) Shimoji, K., Kano, T., Nakashima, H. and Shimizu, H.: The effects of thiamylal sodium on electrical activities of the central and peripheral nervous system in man. *Anesthesiology*, 40, 234—240, 1974.
- 19) Maruyama, Y., Shimoji, K., Shimizu, H., Kuribayashi, H. and Fujioka, H.: Human spinal cord potentials evoked by different sources of stimulation and conduction velocities along the

- cord. *J. Neurophysiol.*, 48, 1098—1107, 1982.
- 20) Eccles, J.C., Kostyuk, P.G. and Schmidt, R.F.: Central pathways responsible for depolarization of primary afferent fibers. *J. Physiol.*, 161, 237—257, 1962.
 - 21) Eccles, J.C., Schmidt, R.F. and Willis, W.D.: Presynaptic inhibition of the spinal monosynaptic reflex pathway. *J. Physiol.*, 161, 282—297, 1962.
 - 22) Barber, R.P., Vaughn, J.E., Saito, K., McLaughlin, B.J. and Roberts, E.: GABA-ergic terminals are presynaptic to primary afferent terminals in the substantia gelatinosa of the rat spinal cord. *Brain Research*, 141, 35—55, 1978.
 - 23) Levy, R.A.: The role of GABA in primary afferent depolarization. *Progr. Neurobiol.*, 9, 211—267, 1977.
 - 24) Cracco, R.Q.: Spinal evoked response. Peripheral nerve stimulation in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 35, 379—386, 1973.
 - 25) 古屋望児, 横山英二, 熊本悦明, 塚本泰司: 誘発筋電図による球海綿体広射の伝導時間測定. *日泌尿会誌*, 74, 15—24, 1983.
 - 26) 朴 英哲, 江左篤宣, 杉山高秀, 金子茂男, 栗田孝: 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. *日泌尿会誌*, 76, 1184—1153, 1985.
 - 27) Ertekin, C.: Evoked electrospinogram in spinal cord and peripheral nerve disorders. *Acta Neurol. Scandinav.*, 57, 329—344, 1978.
 - 28) Leyson, J.F.J., Martin, B.F. and Sporer, A.: Baclofen in the treatment of detrusor-sphincter dyssynergia in spinal cord injury patients. *J. Urol.*, 126, 82—84, 1980.

(1986年4月14日受付)