脊髄モニタリングの有用性について

Key words : conductive spinal evoked potentials, segmental spinal evoked potentials, ischemia, injury

橋 滋 国

1. はじめに

近年、脊髄誘発電位を用いた術中モニタリングの試みが行われるようになった。これには、刺激の部位、導出の方法を変えることにより各種の電位が導出できる。特に、伝導性脊髄誘発電位と、髄節性脊髄誘発電位では、その電位起源が異なりモニタリングとしての応用に差があると考えられる。これらの誘発電位の臨床上的有用性と、限界を知る目的で以下の研究を行った。

2. 対象・方法

雑種成犬 20 頭を用い、ネブタール麻酔下に、ミオブロック®にて非動化し、挿管・人工呼吸器を用い、以下の 4 群（各群 5 頭）に分け各種誘発電位を測定した。

- I (頸髄過伸張) 群 : 頸椎椎弓切除の後、頸髄過伸張状態を作成した。
- II (脊髄虚血) 群 : 塩化カリウム静脈内投与により、急激心停止—脊髄虚血を作成した。
- III (脊髄虚血) 群 : 開胸し、上行大動脈を起始部で結紮し、脊髄虚血を作成した。
- IV (脊髄損傷) 群 : C5~6 椎弓間で、脊髄前面に硬膜外カテーテル用ビニールチューブを挿入し、滑車を介してこれに接続した重錘を落下させて、ビニールチューブと椎弓の間に脊髄がはさ

Fig. 1 Block diagram of hard system to record spinal evoked potentials (Group IV). The spinal cord was pinched at C5-C6 vertebral level by dropping a weight. Spinal evoked potentials both conductive and segmental were picked up automatically by using computer aided system. The hard systems were similar in other groups.

北里大学脳神経外科〔連絡先：橋 滋国 〒228 神奈川県相模原市北里 1-15-1〕

Address reprint requests to : Shigekuni Tachibana, M.D., Department of Neurosurgery, Kitasato University School of Medicine, 1-15-1 Kitasato, Sagami-hara, Kanagawa 228

Fig. 2 Amplitude measurement of spinal evoked potentials.
Left : segmental evoked potential.
Right : conductive spinal evoked potential. Each responses were compared with that of original ones.

Fig. 3 Amplitude change in Group I (spinal cord traction) and Group II (spinal cord ischemia by cardiac arrest). Upper half (Group I) : The second component of segmental spinal evoked potential (●) decreased in its amplitude as the traction force of the spinal cord increased, though, the first component of it (■) and the conductive spinal evoked potential (★) were rather slowly decreased in its amplitude. Lower half (Group II) : Amplitude changes were similar as group I. See text.

まれるような外傷を作成した。

脊髓誘発電位の測定は、髄節性脊髓誘発電位と、伝導性脊髓誘発電位の64回の平均加算により測定を経時的に行った (Fig. 1)。

髄節性脊髓誘発電位は、肘部で尺骨神経を露出し、釣針電極により電気刺激した。刺激強度は、

C7後根での電位が最大となる場合の150%以上とした。導出電極は、C6椎体高位で、脊髓背面に表面電極を置き、不関電極は対側前肢に置いた。髄節性誘発電位については、急峻な第1陰性電位と、これに続く第2陰性電位について計測した (Fig. 2 Left)。

Fig. 4 Amplitude change in Group III (spinal cord ischemia by aorta clamp) and Group IV (spinal cord injury).

Left (Group III) : Amplitude change of each component of the spinal evoked potentials were similar as Group II.

Right (Group IV) : In contrast to the result above, conductive spinal cord evoked potential (★) was the most vulnerable to the cord injury. See text.

伝導性脊髄誘発電位の測定には、C3 椎体高位硬膜内より双極電極にて導出した。刺激は、第12胸椎高位で硬膜内に設置した双極電極を用い、刺激強度は、最低閾値の6倍以上とした。伝導性誘発電位については、第1陰性電位について計測した (Fig. 2 Right).

3. 結果

I・II・III群の結果はきわめて類似していた (Fig. 3, Fig. 4 Left). すなわち、脊髄過伸張群と、脊髄虚血群では、①髄節性脊髄電位の第1陰性電位と、伝導性脊髄誘発電位の第1陰性電位は、負荷に対して抵抗性を示したが、②髄節性脊髄誘発電位の、第2陰性電位は、負荷開始直後より減衰した。

これに対して、脊髄損傷群 (Fig. 4 Right) では、①伝導性脊髄誘発電位は、受傷後ほとんど消失し、その回復も遅かった。②これに比較して、髄節性脊髄誘発電位の第2陰性電位は受傷後早期より比較的良好な回復を示した。

4. 考案

各誘発電位は、その導出方法、特に電極配置による差異が著しい。

伝導性脊髄誘発電位の早期陰性成分の電位起源

については、脊髄のいずれの索路であるかの議論は別にして、脊髄白質を伝播する電位であることは広く認められている²⁾。従ってその導出には、脊髄上に関電極、不関電極を配置した双極導出が最も適していると考えられる。我々の実験では、硬膜外電極用双極電極を硬膜内に挿入し用いた。

これに比較して、髄節性脊髄誘発電位は、双極電極での導出は適していない。第1陰性電位は、脊髄後根ないし、脊髄後索を伝播する電位と考えられているが、第2陰性電位は、脊髄灰白質内のシナプス後電位と考えられ¹⁾、単極導出が適している。不関電極を頭部にとった場合、得られる電位は大きいですが、頭蓋入口部、頭蓋内での電位が反映し、後期成分の判断が不確実となる。本実験では、対側前肢に不関電極を置いた。

脊髄虚血状態では、シナプス後電位である髄節性電位の第2陰性成分の減衰が大きく⁴⁾、伝導性電位は抵抗性を示した。脊髄外傷では、これとは逆の成績が得られた。脊髄過伸張状態では、脊髄虚血に酷似した結果であり、この状態では、脊髄循環不全が関与している可能性を示唆した³⁾。このように、脊髄白質を伝播する電位と、脊髄灰白質のシナプス後電位では、負荷の種類によりその抵抗性が異なる。このことは、脊髄誘発電位をモニタリングとして臨床応用する場合の注意点にな

ろう。

すなわち、脊髄誘発電位を臨床応用するためには、予想される障害に対応した電位の観察が必要である。

脊椎側彎症手術は、唯一、今後手術時モニタリングが絶対条件となり得る可能性を持った、良い適応であろう。これは、①術前に脊髄障害がないこと、②手術操作そのものがstep back 出来ることなどの条件があるためと考えられる。

脊髄虚血が予想される⁹⁾胸部大動脈瘤手術では、脊髄灰白質障害のモニタリングが必要で、伝導性脊髄誘発電位の観察のみでは、障害の早期発見は困難である。しかし、腰仙髄の髄節性誘発電位の観察は容易ではない。今後さらに工夫が必要であろう。

脊髄髄外腫瘍や、脊椎症など脊髄の圧迫性病変の手術では、特殊な目的以外は、モニタリングの適応としては、限界があろう。それは、基本的に手術操作そのものがstep back 出来ないことに起因している。

脊髄髄内腫瘍の摘出術では、脊髄白質の観察で伝導性脊髄誘発電位が用いられる。しかし、脊髄髄内腫瘍のある患者では、既に術前より高度の脊髄障害が存在し、誘発電位そのものの導出が容易ではない。また、仮に、術中電位の変化が起こっても、手術を完結せざるを得ない面もある。

誘発電位そのものの観察は、従来不可能であった脊髄の電気活動を観察し得るという点きわめて興味深いものである。しかし、その電位起源についてはいまだ十分解明されたとは言えず、大きく、

脊髄白質に由来するものと、灰白質に由来するものの区別が出来る程度である。これらを実際の臨床に応用するのは、自ずと限界が存在する。モニタリングとして応用する場合には、その特性を考慮して、目的とする変化をとらえる方法を組み合わせ判定する必要がある点強調したい。

5. まとめ

脊髄誘発電位について、動物実験の結果から、その臨床応用での有用性と、問題点について述べた。また、実験の結果から、それらは、異なる負荷に対する抵抗性に大きな差異があることが分かった。目的とする脊髄変化と、これをとらえるのに有効な誘発電位の導出方法を組み合わせることが重要であると考えられた。

文 献

- 1) Ertekin C, Üçkardesli L, Sarica Y : Contribution of proprioceptive afferent inputs to the segmental evoked electrospinogram (ESpG) in man, *In* Homma S, Tamaki T (eds) : Fundamentals and Clinical Application of Spinal Cord Monitoring, Saikon Publishing, Tokyo, 1984, pp61-76
- 2) 黒川高秀：硬膜外腔に於ける脊髄刺激による誘発脊髄電位。脳波と筋電図, **1** : 64-66, 1972
- 3) 橘滋国, 三井公彦：頸髄過伸張による脊髄障害の実験的研究。脳波と筋電図, **14** : 114-121, 1986
- 4) 橘滋国：虚血による脊髄誘発電位の変化 (第2報)。脊髄電気診断学, **10** : 87-90, 1987
- 5) 橘滋国：脊髄誘発電位, 脳神経外科に必要なモニタリング。高倉公朋監修, 現代医療社, 東京, 1988, pp 65-73

ABSTRACT

Spinal Evoked Potentials — Their Value and Limitations for Clinical Application—

by

Shigekuni Tachibana

from

Department of Neurosurgery, Kitasato University School of Medicine

For the purpose of evaluating the value and limitations for clinical application of spinal evoked potentials, the following experiment was performed. Twenty dogs were divided into four groups (five dogs in each group) several kinds of insults to the spinal cord were given and spinal evoked potentials were monitored ; Group 1 : spinal cord was stretched, Group 2 : spinal cord ischemia was produced by administrating KCl intravenously, followed by sudden cardiac arrest, Group 3 : spinal cord ischemia was produced by clamping the ascending aorta and Group 4 : spinal cord was injured between C5 and C6. The results were very similar in Group 1, 2 and 3 : The second negative component of the segmental spinal evoked potential (SSEP) decreased in amplitude suddenly after the spinal cord was stretched in group 1, and spinal cord ischemia started in group 2 and 3. On the other hand, conductive spinal evoked potentials (CSEP) were well tolerated and slowly decreased in amplitude. In contrast, in the group with spinal cord injury (Group 4), the CSEP disappeared suddenly after the injury and scarcely recovered afterwards. However, the second negative component of SSEP did not disappear and recovered rather quickly. The second negative component of SSEP, which is the postsynaptic potential of the spinal gray matter, and the CSEP, which is generated by the spinal white matter (tract), show different attitudes to different kinds of insult to the spinal cord. In clinical application of the spinal evoked potentials, one should select a suitable method employing either SSEP or CSEP to detect the spinal cord dysfunction, according to the sort of insult which might have been given.