

頸部脊椎骨軟骨症の脊髓症における脊髓誘発電位に関する研究 —分節性及び伝導性の併用—

山口大学医学部整形外科教室（指導：服部 奨教授）

山 崎 博 信

〔原稿受付・昭和57年9月6日〕

Studies on Spinal Evoked Potentials in Cervical Spondylotic Myelopathy —Using Both Segmental and Conductive SEP—

HIRONOBU YAMASAKI

Department of Orthopedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine
(Director: Prof. Dr. SUSUMU HATTORI)

Spinal evoked potentials (SEP) were measured in the 47 patients with cervical spondylotic myelopathy.

Segmental SEP from the epidural space at the level of cervical enlargement of the spinal cord were recorded after stimulation of the median nerve.

Segmental SEP in normal subjects consisted of two waves (R- and N-waves).

Ascending conductive SEP, which were recorded at the epidural space after stimulation of the lumbar enlargement of the spinal cord, consisted of two waves (the primary and secondary waves).

By using both segmental SEP and ascending conductive SEP, the function of the white matter which was not obtained by segmental SEP was measured.

In normal subjects, segmental SEP consisted of two waves (R- and N-waves). The R- and N-waves were mainly obtained at the C4-5, C5-6 and C6-7 levels.

Ascending conductive SEP in normal subjects consisted of two waves (primary and secondary waves).

In the myelopathy type I (Hattori's classification), in which the damage was limited to the gray matter, segmental SEP were abnormal and ascending conductive SEP were normal.

In type II and III, in which the damage extended in the white matter, segmental SEP were almost abnormal and ascending conductive SEP were abnormal.

By using segmental SEP together with ascending conductive SEP, it will be possible to know the function of the spinal cord accurately.

Key words: Spinal evoked potential, Cervical spondylosis, Myelopathy, Spinal cord, Classification of myelopathy.

索引語：脊髓誘発電位，頸部脊椎骨軟骨症，脊髓症，脊髓，病型分類。

Present address: Department of Orthopedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine, Ube, Yamaguchi, 755, Japan.

目 次

I 緒 言	
II 対 象	
III 方 法	
1 電 極	
2 硬膜外腔への電極の挿入	
3 刺 激	
分節性 SEP:	
伝導性 SEP:	
4 電位導出の方法	
5 記 録	
IV 結 果	
1 健常例	
2 脊髄症の病型別 SEP	
1) 脊髄症 I 型の SEP	
2) 〃 II 型の SEP	
3) 〃 III 型の SEP	
3 分節性 SEP の異常波形のパターン	
4 上行性 SEP の異常波形のパターン	
5 SEP よりみた頸椎障害高位別頻度	
6 上肢反射と SEP	
7 知覚障害の上限と SEP	
8 下肢障害程度と SEP	
9 ミエロと SEP の比較	
V 考 察	
VI 結 語	
参考文献	

I. 緒 言

Magladery¹⁷⁾ が1951年にヒトの第10-11胸椎高位のクモ膜下腔に針電極を挿入し、後脛骨神経を刺激して、脊髄誘発電位 (SEP) を記録した。この時以来、次第に SEP の記録がなされる様になった。我が国では、下地²⁸⁾ が硬膜外麻酔法に準じ、硬膜外腔に細い電極を挿入し、末梢神経刺激による脊髄誘発電位を記録した。この頃より、微弱な電位を記録する為の電子医療機器である平均加算装置が普及しはじめ、SEP の記録を容易なものとした。

玉置³¹⁾、黒川¹⁴⁾らは、同じ頃に、動物実験及び手術時に、脊髄を硬膜外腔にて直接刺激して、脊髄を上行、あるいは下行する SEP を記録した。

また Cracco¹⁾ (1973) によって、体表面にて表面電極を用いて SEP の測定も行われる様になった。しか

し、あまりにも電位が小さく、数千回の加算を要し、1回の測定に30～60分の時間を要し一般的でない。現在では、硬膜外腔での SEP の測定が、安全で手段も比較的簡単である。

頸髄病変に対する検査法としては、X線、脊髄造影、CT スキャン、脊髄造影+CT スキャン等様々の方法がある。従来は、これらの形態学的に異常のある部位を、責任病変としてとらえてきた。しかし、この方法では、障害の程度、範囲など機能的な面をとらえる事はできなかった。特に後縦靱帯骨化症、黄色靱帯骨化症等、多椎間に骨化巣を認める場合、その責任病巣の決定は困難である。

現在では SEP の記録、刺激、導出部位等には様々の組み合わせがあり、研究者によって異なっている。目的によって、その方法を選択する必要がある。記録部位ではクモ膜下腔、硬膜外腔、椎弓上、皮膚上など様々である。しかし、刺激は末梢神経と脊髄の2ヶ所のみである。

下地²⁹⁾、当教室の斎木、服部^{9, 21, 22, 23)}等は、末梢神経を刺激して、その神経の所属髄節で分節性 SEP を記録した。また王置^{31, 32, 33)}、黒川¹⁴⁾等は、上述の様に、脊髄内を上行あるいは下行する伝導性 SEP を記録している。

当教室^{9, 21, 22, 23, 27)}では、以前より、頸椎部病等に対する機能検査法として、SEP の測定を行ってきた。SEP には、分節性 SEP と伝導性 SEP の2種類がある。

分節性 SEP は正中神経の所属髄節において R 波(根電位及び後索電位)と N 波(シナプス後電位)の2つの電位が得られ頸椎部病変の高位及び障害程度の診断に有用であった。また小谷¹⁹⁾は分節性 SEP と伝導性 SEP の併用により、頸髄、胸髄に病変のある場合の責任病巣の決定が可能であったと報告した。

今回、頸椎各高位での分節性 SEP 測定と共に、胸腰髄部の脊髄刺激による脊髄内の上行性伝導性 SEP を頸椎各椎間板高位で記録する事により、分節性 SEP では得られない脊髄内伝導経路(主に側索後部と後索)の機能を測定した。これらの分節性 SEP と上行性伝導性 SEP を頸椎各椎間板高位で測定することにより、頸髄の機能をより正確に測定しようとした。

分節性 SEP と上行性伝導性 SEP を併用する事によって、脊髄症の病態や臨床像、あるいは、形態学的方法との関連について、把握できたので報告する。

Table 1. Materials (47 cases with myelopathy)

	Number (male, female)		average age
Type I	4 (cases)	(4, 0)	56 (y)
II	10	(6, 4)	46
III	33	(23, 10)	50
Total	47	(33, 14)	49

II. 対 象

昭和55年1月から昭和57年3月までに、術前にSEPを記録した頸部脊椎骨軟骨症の脊髓症47例である (Table 1).

脊髓症Ⅰ型4例、Ⅱ型10例、Ⅲ型33例であった。脊髓症Ⅰ型は、全例男性であり、平均年齢56才であった。脊髓症Ⅱ型は、男性6例、女性4例、平均年齢46才で、脊髓症Ⅲ型は男性23例、女性10例、平均年齢50才であった。

III. 方 法

1. 電極

持続硬膜外麻酔用チューブの先端より1mmのところ、0.1mmの銀塩化銀線を幅1mmにまきつけ、チューブ内に0.2mmの銀線を通した単極電極を作製した (Fig. 1.)。この単極電極は、1本は頸椎部硬膜外腔に挿入しSEP導出用として用い、他の1本は胸腰椎部硬膜外腔に挿入し脊髄刺激として用いた。不関電極は、分節性SEPの場合には耳袋に、上行性SEPの場合には、記録電極背部の皮膚上に表面電極をおいた。分節性、上行性SEPともに単極導出した。

2. 硬膜外腔への電極の挿入

頸部硬膜外腔への挿入は、坐位にて、頸椎をなるべく前屈させ、C7-T1棘突起間で行なった。局麻下に、Tuohy針を硬膜外麻酔法に準じて、hanging drop法にて、硬膜外腔へ挿入した。このTuohy針を通じて、上記の電極をできるだけ正中で、頭側に真っ直ぐに挿入した。少し軽い抵抗をとまなうて電極は挿入される。強い抵抗がある場合には、電極がとぐろをまく可能性が強く、もう一度、やり直す必要がある。また左右に片寄ってれば、一側の上肢に放散痛を訴える事があり、再挿入の必要があった。

胸腰椎部硬膜外腔への電極の挿入は、坐位にて、胸腰椎をなるべく前屈させて行なった。T12-L1かL1-L2棘突起間で、loss of resistance法にて、Tuohy針

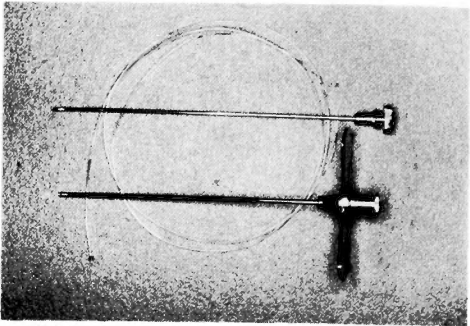


Fig. 1. An electrode and a Tuohy needle.

を硬膜外腔へ挿入した。このTuohy針を通じて電極を挿入した。電極挿入後、X線写真にて前後、側面での電極の位置を確認した (Fig. 2)。

3. 刺激

刺激は、日本光電製SEN-320型電気刺激装置及びアイソレーターを用いた。

分節性SEPを得るための刺激条件：正中神経を経皮的に、持続時間2msec、頻度1/2Hzで行い反応波を5〜6回加算した。

伝導性SEPを得るための刺激条件：胸腰部を持続時間0.2msec、頻度3Hzで刺激し、約20回の加算を行った。

刺激はいずれも矩形波を用いた。分節性SEP及び伝導性SEPを得るための刺激電圧は0Vから次第に増大させ、筋の収縮を認める閾値の2〜3倍を用いた。

4. 電位導出の方法

分節性SEPの測定には、被検者を仰臥位とし、肘部にて、経皮的に正中神経を刺激した。頸椎部硬膜外腔に挿入した電極を記録電極とし、この電極を一定の間隔で引き抜くことによって、C4-5、C5-6、C6-7の各椎間板高位での分節性SEPを記録した。

伝導性SEPは胸腰部硬膜外腔に挿入した電極を刺激電極とし、頸椎各高位での分節性SEPの記録と共に、頸椎各椎間板高位において上行性SEPを記録した。

5. 記録

分節性SEP、上行性SEPは、日本光電製V-C9型オシロスコープにて観察し、平均加算装置ATAC-350により、分節性SEPでは5〜6回、上行性SEPでは約20回の加算を行い、X-Yレコーダーにてペン書きをした。

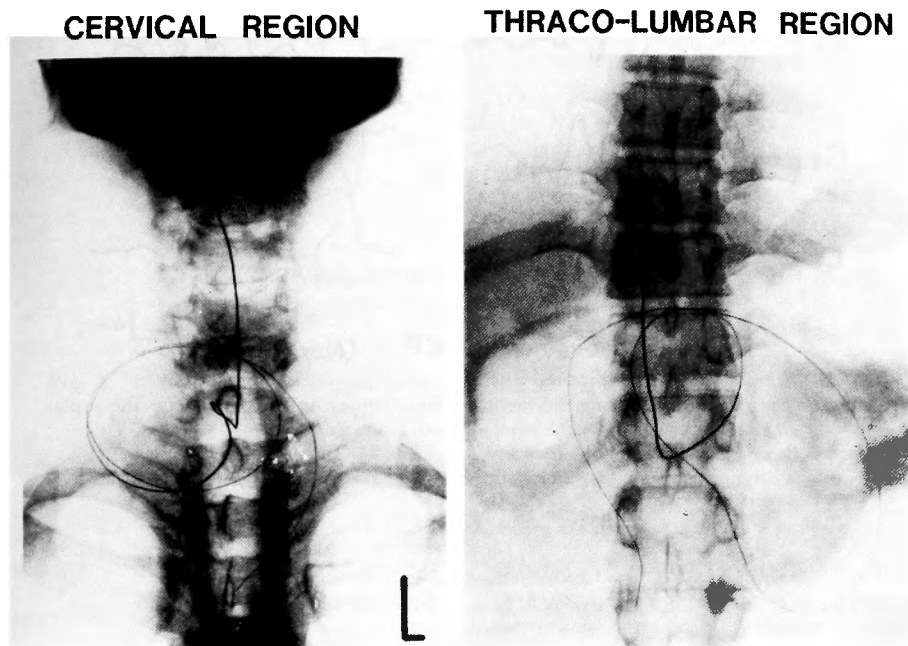


Fig. 2. Positions of the electrodes.

IV. 結 果

1. 健常例

肘関節部での正中神経刺激による、頸髄膨大部での分節性 SEP は頸髄の機能が正常であれば、2つの陰性波が得られる (Fig. 3). それぞれの潜時は 5~6 msec, 7~8 msec であり 2つの電位の潜時の差は 1.9 msec である. 斎木^{21, 22, 23)}により R, N 波と名付ける. C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位において, R, N 波を認めることができる. 正中神経は, C5, C6, C7, C8, T1 の脊髄神経から構成されている為, C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位が正中神経の主な所属髄節であると思われる.

上行性 SEP では, 小谷¹³⁾に従って, 胸腰椎部で傍脊柱筋や下肢の筋の収縮の閾値の 2~3 倍の強さで刺激し, 頸椎各椎間板高位で記録すると, 2個の陰性電位を認めた (Fig. 4).

これは, 今井¹⁴⁾に従って第1電位, 第2電位と名付けることにした. 第1電位の持続時間は 1.5 msec で伝導速度は 66.8 msec/, 第2電位の持続時間は 2.5 msec, 伝導速度は 49.8 m/sec であり第2電位の方が持続時間が長い.

健常例では, 分節性 SEP で, C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位において, 2つの陰性電位 (R, N 波) を認め, 上行性 SEP では, 2つの陰性電位 (第1, 第2電位) を認めた.

2. 脊髄症の病型別 SEP

服部^{6, 7, 8)}らは三次元光弾性実験^{5, 19)}やマイクロアンギオグラフィーによる所見¹⁰⁾などから, 脊髄に機械的圧迫が加わることによって一定の応力分布による脊髄障害が生じ, 二次的に発生する血行障害とあいまって脊髄症は発生すると考えている. これらを基として, 脊髄内障害の範囲, 程度ならびに進展様式からして, 神経学的所見からⅢ型に分類した. 脊髄内の病変は脊髄中心部とその周辺からはじまり, 後側部, 前側索部に達するという推論にもとづく分類である.

I 型: 脊髄の中心障害型で, 灰白質, 後索前部, 側索内側部が障害されている. 上肢の髄節性症状を特徴とし, 下肢には運動知覚障害を認めないものである.

Ⅱ型: I 型からさらに進展し, 側索錐体路あるいは, 脊髄小脳路まで病変を認める. 錐体路症状が加わり, 下肢の腱反射が亢進するが, 下肢温痛覚障害は認めない.

Ⅲ型: 病変は, 脊髄の横断面のほぼ全域にわたり,

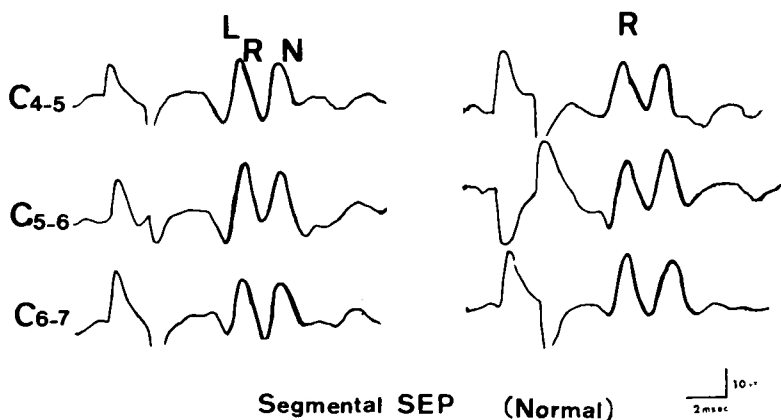


Fig. 3. Normal pattern of segmental SEP.

Segmental SEP from the cervical epidural space was recorded after the supra-maximal stimulation of the median nerve at elbow.

R- and N-wave were obtained at C4-5, C5-6, C6-7 intervertebral levels.

Stimulus parameters: 2 msec duration, 1/2 Hz frequency, 6 responses were averaged.

II型の症状に、脊髄視床路の障害が加わり、下肢の温痛覚障害を認める。四肢の反射は亢進し、病的反射も認められる。

以上の様な病型分類は、脊髄症の障害程度と推移をみるのに便利である。

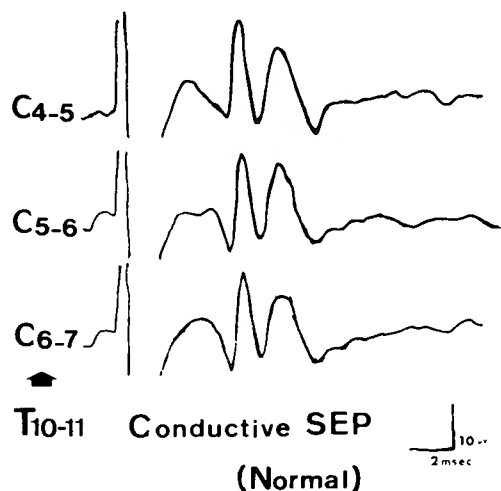


Fig. 4. Normal pattern of ascending conductive SEP.

Conductive SEP from the epidural space at C4-5, C5-6, C6-7 levels was obtained by stimulation of the spinal cord in the epidural space at T10-11 level.

Primary and secondary waves were obtained each intervertebral level.

Stimulus parameters: 0.2 msec duration, 3 Hz frequency, 20 responses were averaged.

この病型分類と SEP の関連について次の様な結果を得た (Table 2).

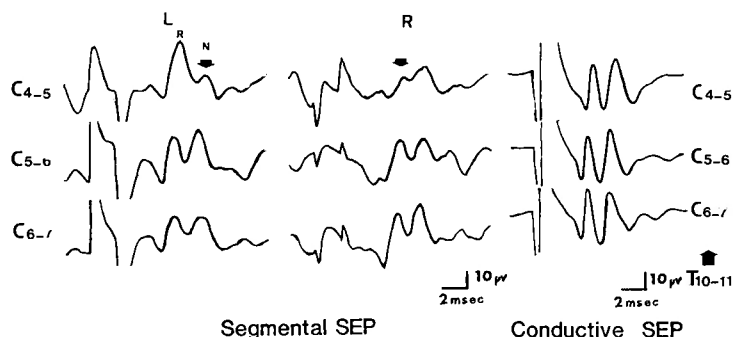
1) 脊髄症 I 型の SEP

脊髄症 I 型は、4 例であり、このうち C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位で分節性 SEP, 上行性 SEP を記録し得たものは 3 例であった。この 3 例についてみると、分節性 SEP では、C4-5, C5-6, C6-7 椎間板高位のいずれかに N 波に異常を認めた。上行性 SEP では、各椎間板高位ともに、第 1, 第 2 電位が得られ、正常波形であった。また神経根症の合併例では、R 波にも異常を認めた。

次に代表例について示す。症例、塚本例、50 才、男性、右肩の痛みと右肩の運動障害を訴えて来院した。脊髄造影にて、C4-5, C5-6 にブロックを認め、両手指に知覚障害を認めた。脊髄症 I 型 + 神経根症の診断のもとに SEP を施行した。分節性 SEP では C4-5 左に N 波の低下、C4-5 右に R 波の低下を認め、C5-6, C6-7 は正常波形であった。上行性 SEP では、C4-5, C5-6.

Table 2. Correlation between abnormal SEP findings and type of myelopathy

Type	SEP	Segmental SEP	Ascending SEP
Type I (3 cases)		3 (100%)	0
II (6)		5 (83)	6 (100%)
III (11)		9 (82)	11 (100)



(TSUKAMOTO 50 y.m.)

Fig. 5. Cervical spondylotic myelopathy (type I).

Segmental SEP from the cervical epidural space was recorded after the supra-maximal stimulation of the median nerve.

N-wave decreased in amplitude at C4-5 level when the left median nerve was stimulated. R-wave decreased in amplitude at C5-6 level when the right median nerve was stimulated.

Stimulus parameters: 2 msec duration, 1/2 Hz frequency, 6 responses were averaged.

Conductive SEP from the epidural space was obtained at C4-5, C5-6, C6-7 levels. Conductive SEP was normal.

Stimulus parameters: 0.2 msec duration, 3 Hz frequency, 20 responses were averaged.

C6-7 とともに第1, 第2電位ともに得られた (Fig. 5). SEP 所見では, C4-5 椎間板高位の灰白質後角及び根障害を示し, 脊髓症Ⅰ型と神経根症の合併例であることが確認された. 脊髓症Ⅰ型は灰白質の障害であり, SEP の所見と一致していた.

2) 脊髓症Ⅱ型の SEP

脊髓症Ⅱ型は10例であり, そのうち C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位で, 分節性, 上行性 SEP とともに記録しえたものは6例であった.

症例について示す. 症例, 清水例, 49才, 男性, 約1年半前より, 右5指のしびれと両手指の運動時痛をきたす様になった. 両上肢に知覚障害, 両下肢に腱反射の亢進を認めるも, 両下肢の知覚障害はない. ミエロにて C5-6 ブロックを認め, 左 C7 の神経根も造影されていない. 背髄症Ⅱ型+神経根症の診断のもとに SEP を施行した. 分節性 SEP では, C4-5 左に N 波の欠損, C5-6 左右に N 波の欠損, C6-7 左右に N 波の低下が認められ, C6-7 左では, R 波の低下が認められた. 上行性 SEP では, C4-5 で第1, 第2電位の振幅の低下, C5-6 に第1電位の低下を認めた (Fig. 6). 本症例では, 分節性 SEP では C4-5, C5-6, C6-7 各高位での灰白質障害, 伝導性 SEP では C4-5 での側索

及び後索の障害, C5-6 での側索の障害が認められた.

C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位で SEP を記録した6例のうち, 分節性 SEP に異常を認めたもの5例 (83%) であり, 上行性 SEP では6例中全例に異常を認めた. 脊髓症Ⅱ型は, 灰白質のみでなく白質にも病変が及んだものであり, SEP の所見と一致していた.

3) 脊髓症Ⅲ型の SEP

脊髓症Ⅲ型は33例であり, このうち C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位で分節性, 伝導性共に SEP を記録しえたのは11例であった.

症例について示す. 症例, 泉田例, 女性, 歩行障害と左手のしびれを, 半年前よりきたす様になった. ミエロにて C5-6~C7-T1 間にブロックを認めた. 分節性 SEP では, C4-5 右に R, N 波の低下を認め, C5-6 右, C6-7 左右に N 波の低下を認めた. 上行性 SEP では C3-4, C4-5 では第1, 第2電位ともに得られるが, C5-6 で第1, 第2電位の消失, C6-7 で第1電位の消失を認めた (Fig. 7). 以上の事より C4-5, C5-6, C6-7 の灰白質の障害と, C5-6, C6-7 での白質の障害が疑われた.

脊髓症Ⅲ型の症例で, C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位において, 分節性 SEP と上行性 SEP とともに記録し

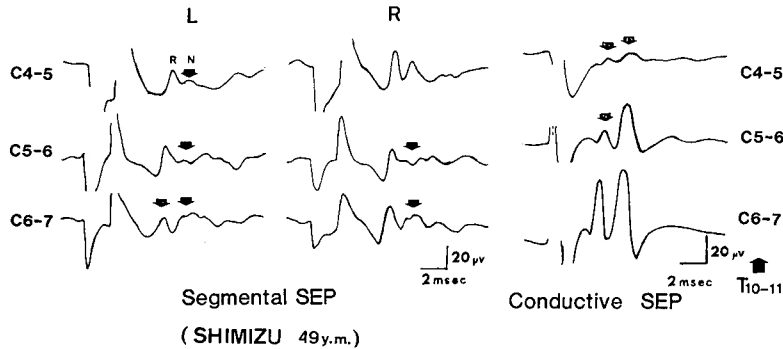


Fig. 6. Cervical spondylotic myelopathy (type II)
Segmental SEP were obtained at C4-5, C5-6, C6-7 levels. N-wave disappeared at C4-5 level when the left median nerve was stimulated. N-wave disappeared at C5-6 level, and decreased in amplitude at C6-7 level. R-wave decreased in amplitude at C6-7 level when the left median nerve was stimulated.
Stimulus parameters: 2 msec duration, 1/2 Hz frequency, 6 responses were averaged.
Conductive SEP was obtained at C4-5, C5-6, C6-7 levels. The primary and secondary waves decreased in amplitude at C4-5 level, primary wave decreased in amplitude at C5-6 level.
Stimulus parameters: 0.2 msec duration, 3 Hz frequency, 20 responses were averaged.

得たもの11例中、分節性SEPでは9例(81%)に異常を認め、上行性SEPでは全例に異常を認めた。脊髄症Ⅲ型は白質にも病変が及んだものであり、SEPとよく一致していた。

3. 分節性 SEP の異常波形のパターン

重松²⁷⁾ の分節性 SEP の異常波形の分類に従い、各高位で検討した (Table 3)。

各椎間板高位共に正常SEPは3例(15%)、R波は正常でN波が round form のもの3例(15%)、Rが正常で low amplitude N波は7例(35%)、R波は正常

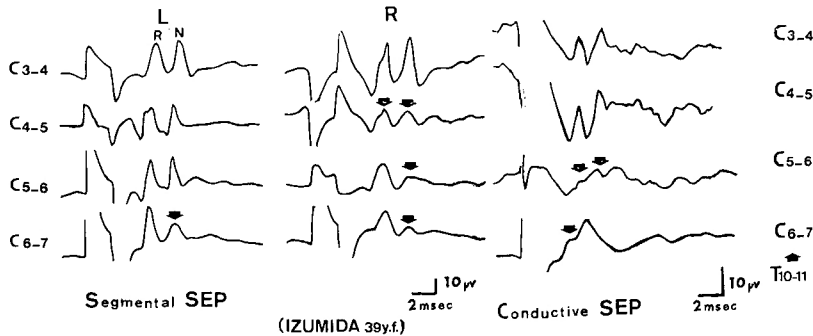


Fig. 7. Cervical spondylotic myelopathy (type III).
Segmental SEP were obtained at C3-4, C4-5, C5-6, C6-7 levels. R- and N-wave decreased in amplitude at C4-5 level when the right median nerve was stimulated. N-wave decreased in amplitude at C5-6 level when the right median nerve was stimulated. N-waves decreased in amplitude at C6-7 level.
Stimulus parameters: 2 msec duration, 1/2 Hz frequency, 6 responses were averaged.
Conductive SEP were obtained at C3-4, C4-5, C5-6, C6-7 levels. The primary and secondary waves decreased in amplitude at C4-5 level, and primary wave decreased in amplitude at C6-7 level.
Stimulus parameters: 0.2 msec duration, 3 Hz frequency, 20 responses were averaged.

Table 3. Wave pattern of segmental SEP (20 Cases)

	normal	3 cases (15%)
	round form of N	3 (15 %)
	low amplitude N	7 (35 %)
	absence of N	6 (30 %)
	silence of both R and N	1 (5 %)

でN波の消失6例(30%), R.N波共に得られないものの1例(5%)であった。

発症からの期間はTable 4の如くで、波形と発症からの期間には、特に関係は認めにくかった。発症後3ヶ月未満でも、N波を消失を認めるものがある一方では、発症後1年経過しても正常波形を示すものもあり、頸椎骨軟骨症の脊髓症における病態の多様性を示すも

のであった。

4. 上行性 SEP の異常波形のパターン

脊髓症Ⅰ型の3例は、上行性SEPは正常であったが、脊髓症Ⅱ、Ⅲ型では上行性SEPに全例異常を認めた。C4-5, C5-6, C6-7各高位で上行性SEPを記録しえた20例について異常波形を分類した(Table 5)。

正常なものの3例、第1電位の低下、消失をみるもの9例、第2電位の低下したもの1例、両電位の低下したもの7例であった。

第1電位の低下するものが9例(45%)と多く、脊髓症Ⅱ、Ⅲ型が白質でも側索の障害が多い事を意味している。

発症からの期間と異常波形との関係についてみると(Table 6)、3年以上経過した例でも正常波形を示すものがあり、また3ヶ月未満でも両電位の低下をみるものがあった。このことは、脊髓症の病態は分節性SEPで得られた所見と同様に一樣でないことを示している。

5. SEPよりみた頸椎障害高位別頻度

分節性SEPと上行性SEPを各椎間板高位で測定

Table 4. Correlation between duration from the onset to admission and segmental SEP

SEP		≤3M	≤6M	≤1Y	≤2Y	≤3Y	>3Y
	(3 cases)	1		2			
	(3)	1		1			
	(7)		1	1	1	1	3
	(6)	1	1	1	3		
	(1)		1				

Table 5. Wave pattern of ascending conductive SEP (20 cases)

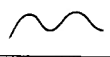
	normal	3 cases (15%)
	low amplitude and absence of primary wave	9 (45 %)
	low amplitude of secondary wave	1 (5 %)
	low amplitude of both primary and secondary wave	7 (35 %)

Table 6. Correlation between duration from the onset to admission and ascending conductive SEP

		≤3M	≤6M	≤1Y	≤2Y	≤3Y	≤3Y
	(3 cases)			1	1		1
	(9)	1	1	1	3		3
	(1)				1		
	(7)	1	2	1	1		2

し、その障害高位を集計すると (Table 7)、C4-5 椎間板高位が最も多く、ついで C5-6 椎間板障害例が多かった。C3-4 椎間板高位については、分節性 SEP は信頼性はうすく (重松²⁷⁾ は C3-4 椎間板高位は正常例でも 56% しか波形は得られていないと報告した)、従って伝導性 SEP で判定せざるを得ない。

6. 上肢反射と SEP

C4-5、C5-6、C6-7 各椎間板高位で分節性 SEP と上行性 SEP を記録した20例のうち、上腕二頭筋反射の亢進している例は8例であり、いずれも脊髄症Ⅱ、Ⅲ型であった。この8例について分節性 SEP 上行性 SEP を組み合わせて障害部位を決定した。C3-4 障害例1例、C4-5 障害例5例、C5-6 障害例12例であり、C4-5 障害例が最も多かった。また上腕三頭筋反射の亢進しているものは7例で C3-4 障害例1例、C4-5 障害例2例、C5-6 障害例4例であり、C5-6 障害例が最も多かった。Hoffmann 反射は10例に陽性であり、C3-4 障害例1例、C4-5 障害例5例、C5-6 障害例4例であった (Table 8)。以上まとめると、上腕二頭筋反射の亢進するものは、C4-5 障害例に多くみられ、上腕三頭筋反射の亢進するものは、C5-6 障害例に多かった。

7. 知覚障害の上限と SEP

デルマトームによる上肢の知覚障害の上限について

Table 7. Frequency of cervical intervertebral levels which showed abnormal SEP findings.

C3-4	2 cases (3%)
C4-5	19 (36)
C5-6	18 (34)
C6-7	14 (27)

Table 8. Correlation between change of reflexes and the most rostral level of the abnormal SEP findings

reflex \ level	C3-4	C4-5	C5-6	C6-7
biceps ↑ (8 cases)	1	5	2	
triceps ↑ (7)	1	2	4	
Hoffmann (+) (10)	1	5	4	

調べると、知覚障害の上限が C6 9例、C7 3例、C8 6例であった。

分節性 SEP と上行性 SEP をくみあわせて、その障害高位を決定して、知覚障害の上限と比較した。知覚障害の上限が C6 では、C4-5 障害例6例、C5-6 障害例3例、C7 では C4-5 障害例2例、C5-6 障害例1例、C8 では C4-5 障害例2例、C5-6 障害例3例、C6-7 障害例1例であった (Table 9)。C4-5 障害例でも C8 が知覚障害の上限であるものが2例、C5-6 障害例でも C8 が知覚障害の上限のもの3例であった。

脊髄症における上肢の知覚障害は障害高位がいずれであっても上肢末梢部 (C8 領域) に始まり障害が頭

Table 9. Correlation between the most rostral level of disturbed sensory distribution on the upper limbs and that of abnormal SEP findings

SEP \ sensory	C6	C7	C8
C4-5 (10 cases)	6	2	2
C5-6 (7)	3	1	3
C6-7 (1)			1

Table 10. Correlation between points of the lower limbs and ascending conductive SEP

SEP \ points		0	1	2	3	4
	(3 cases)					3
	(9)	1	1		5	2
	(1)					1
	(7)			3	4	

(Points created by Jpn. Orth. Ass. for evaluation of cervical spondylotic myelopathy)

側にひろがるに従って中枢側に広がることを示すと考えられる。

8. 下肢障害程度と SEP

上行性 SEP の第 1 電位の障害は側索の障害を示すものであるため、歩行障害の程度と上行性 SEP の関係について検討した。日整会判定基準の下肢の点数と、上行性 SEP の波形について分類すると (Table 10), 第 1 電位の低下, 消失を思わせるものが下肢の点数は低く, 第 2 電位の低下や, 正常波形を示すものは下肢の機能は正常であった。

このことから上行性 SEP は下肢の障害の程度を反映するものと思われる。

9. ミエログラムと SEP の比較

分節性 SEP と上行性 SEP の測定結果より, 障害高位を決定し, ミエロの陰影欠損範囲と比較すると, ミエロの欠損範囲のいずれかの高位で, 全例に SEP の異常を認めた。C4-5, C5-6, C6-7 各椎間板高位で分節性, 上行性 SEP を記録しえた 20 例について検討した

(Table 11)。

ミエロの欠損範囲より, SEP での異常範囲が広いもの 13 例, 同範囲のもの 3 例, 狭いもの 4 例であった。SEP の異常範囲が広い 13 例は, 脊髄症 I 型 1 例, II 型 6 例, III 型 6 例であり, 発症からの期間は平均 2 年 8 ヶ月であり, 平均の日整会点数 (頸椎症性脊髄症の判定基準) は 12.5 点であった。SEP の異常範囲が同じ例では, 脊髄症 III 型 3 例で, 発症からの期間は平均 1 年 1 カ月であり, 平均の日整会点数は 8.7 点であった。SEP の範囲が狭い 4 例では脊髄症 I 型 2 例, III 型 2 例であり, 発症からの期間は平均 8 ヶ月であり, 平均の日整会点数は 14.3 点であった。

以上のことから総合すると, 発症からの期間が長いと脊髄の病変が圧迫部より頭尾側に広がる為に, SEP の異常範囲がミエロの欠損範囲より広くするものと思われる。

逆に, 発症からの期間が短い場合には, ミエロで認められる障害部位でも, 脊髄の機能は, まだおかされていないと考えることができる。

Table 11. Correlation between areas of filling defects in myelogram and areas of abnormal findings in SEP

		Type			duration from onset	average points
		I	II	III		
abnormal SEP	> filling defects (13 cases)	1	6	6	2Y8M	12.5
abnormal SEP	= filling defects (3)			3	1Y1M	8.7
abnormal SEP	< filling defects (4)	2	0	2	8M	14.3

V. 考 察

Gasser と Graham³⁾ (1933) は、ネコの後根を刺激して脊髄背面から活動電位を導出した。この後、ヒトでは Pool²⁰⁾ (1946) が、第4胸髄以下の脊髄損傷の患者に対して、脊髄の活動電位を記録し、Electrospinogram (ESG) という呼称を提唱した。

Sawa²⁶⁾ (1947) は脊髄疾患のない被検者の T11-12, T12-L1 間より脊髄実質内に針電極を刺入して、脊髄の自発電位を記録した。

Magladery¹⁷⁾ (1951) は、ヒトのクモ膜下腔に、鋼線電極を刺入して、脛骨神経の刺激による脊髄誘発電位を記録した。また Shtark³⁰⁾ (1963) は、ヒトの硬膜外腔に電極を挿入し、脊髄の自発活動電位を記録した。そしてこの電位は、病変部で、活動性が低下あるいは消失していると報告した。

我が国では下地²⁸⁾ (1971) は、健康な volunteer 及び神経症状のない患者を被検者として、硬膜外腔に電極を挿入し、上肢及び下肢の末梢神経刺激による脊髄誘発電位を平均加算装置を使用して記録した。

Cracco (1972, 1973)¹⁾ は体表面にて、表面電極を用いて、末梢神経を刺激し、脊髄誘発電位を記録し、その潜時は、伝導距離の増大とともに延長する事を示した。

Ertekin²⁾ (1973) は、脊髄疾患のない被検者の胸椎部、頸椎部のクモ膜下腔に鋼線電極を刺入し、末梢神経(脛骨、正中、尺骨神経)を刺激して、いずれにおいても、2個の陰性の活動電位を得たと報告している。玉置ら(1972³¹⁾, 1974³²⁾) は脊髄円錐部に記録電極をおき、胸椎部硬膜外腔においた電極を刺激電極とし、これによって誘発される脊髄の活動電位を平均加算装置を用いて記録し、圧迫による波形の変化を認めることから、脊椎、脊髄外科のモニターとして使用可能であることを示した。

黒川¹⁴⁾ (1972), 今井¹¹⁾ (1976) は、硬膜外腔に電極を挿入し、脊髄内を上行及び下行する脊髄誘発電位を記録した。2個の陰性の電位よりなり第1、第2電位とした。ネコによる動物実験と Häggqvist⁴⁾ の背髄内の神経線維の分布のヒストグラムにより、第1電位は脊髄側索後部浅層、第2電位は後索を伝導する電位であろうとした。

当教室の斎木^{21, 22, 24)} (1976, 1977, 1979) は、頸部硬膜外腔においた電極を記録電極とし、正中神経刺激による分節性脊髄誘発電位を頸椎各椎間板高位で記録

した。2個の陰性電位よりなり、R、N波とした。正中神経の所属髄節である C4-5, C5-6, C6-7 で記録でき、R波は後根の電位及びシナプスを介さない後索の電位であり、N波はシナプス後電位であるとした。このR、N波の変化により、脊髄症と神経根症の鑑別が可能であるとした。また重松²⁷⁾ は頸肩腕症候群と頸椎骨軟骨症の脊髄症の鑑別が可能であるとした。また小谷¹³⁾ は分節性 SEP と伝導性 SEP を併用して、頸髄、胸髄に病変のある場合に、責任病巣の決定が可能であるとした。

現在^{13, 27, 34, 35)} では主に術前検査として行っている。

以上のべた如く、脊髄誘発電位の測定は、平均加算装置の導入によって飛躍的な進歩をとげている。

脊髄誘発電位測定の方法には、大別すると分節性 SEP と伝導性 SEP とに分けられる。分節性 SEP は末梢神経を刺激して、その所属髄節において記録される電位であり、硬膜外腔^{9, 13, 15, 23)}、クモ膜下腔^{2, 31, 33)}、椎骨動脈内¹⁸⁾、皮膚表面^{1, 16, 25)} から導出される。

伝導性 SEP は脊髄を直接刺激する方法であり上行性 SEP と下行性 SEP に分けられる。

日常検査としての脊髄誘発電位の測定に必要な条件としては、安全であること、操作が容易で、結果に再現性があるということである。硬膜外腔に電極を挿入する方法は他の脊髄実質内やクモ膜下腔に挿入するのに比較してはるかに安全である。また硬膜外麻酔法に準じて行えば、ある程度は容易にできる。体表面での測定が一番操作としては容易であるが、加算回数が非常に多くなり、波形も不鮮明であり、現在のところでは、かえって手間がかかる。

硬膜外腔にて SEP を記録する方法は、あまり苦痛を与える事なく、確実に活動電位を記録でき、再現性にもすぐれている。

分節性 SEP は、Ertekin²⁾、下地²⁸⁾、斎木^{21, 22, 23)}、重松²⁷⁾ らによって報告されている。Ertekin は正中神経、脛骨神経を刺激し頸髄、腰髄クモ膜下腔にて、2個の陰性電位を記録し first, late slow component とした。

下地は、尺骨神経、脛骨神経を刺激し、陽性のスパイク P₁-N₁ と、それに続く P₂, N₂ などの緩徐な電位を得た。

斎木は、正中神経刺激により、R波とN波を頸髄膨大部で記録した。R波は根電位と後索電位の一部であり、N波は、刺激部位をかえても R-N の潜時の差は一定であることから、シナプスを介した。シナプス後電位

であると推定した。

小林¹²⁾ もほぼ同意見である。

伝導性 SEP は、今井¹¹⁾によると、2つの陰性の電位が得られ、それぞれ側索後部浅層と後索の電位をあらわすとした。

頸部脊椎骨軟骨症の脊髓症例患者47例中、C4-5、C5-6、C6-7 各椎間板高位で SEP を完全に記録しえたものは20例であった。脊髓症Ⅰ型では全例に分節性 SEP 異常を認め、上行性 SEP には異常を認めなかった。脊髓症Ⅰ型の定義は灰白質のみの病変であり、側索や後索の電位である上行性 SEP が正常であることは臨床像と SEP が一致する。

脊髓症Ⅱ、Ⅲ型では、全例に上行性 SEP に異常を認めた。このことは、Ⅱ、Ⅲ型となるにつれて白質にも病変が及んでいることを示している。Ⅱ、Ⅲ型の区別は困難であったか、上行性 SEP の異常波形のパターンは、一つの波形を示すものが多く、側索の障害を主に疑わせる所見である。

分節性 SEP と上行性 SEP を共に測定するとミエロの陰影欠損範囲内のいずれかの高位で、全例に SEP の異常を認めた。ミエロの欠損範囲と、SEP で認められる障害範囲を比較すると、ミエロの欠損範囲より、SEP での異常範囲が広いもの13例、同範囲のもの3例、狭いもの4例であった (Table 11)。狭いものは発症からの期間が短かく (1年未満)、広い例では発症からの期間が長い (2年8ヶ月) 傾向が認められた。

SEP の異常範囲がミエロの欠損範囲より広いということは、ミエロの欠損部位よりも病変が広範囲であることを示し、病変が頭尾側に伸展するという説をうらづけるものと思われる。発症からの期間が長いものが、SEP の異常範囲がミエロの欠損範囲より広いということからもよくわかる。逆に狭い例では発症からの期間が短かく、脊髓の機能はまだ正常に保たれているといえることができる。

これらのことから、ミエロの欠損範囲内でも脊髓機能は一樣でない事がわかり、SEP は脊髓機能の診断に役立つものである。

また上肢の反射についてみると、上腕二頭筋反射の亢進は、C4-5 障害例に多く、上腕三頭筋反射の亢進は C5-6 障害例に多かった。

歩行障害を示す例では、上行性 SEP にて一つの波形を示すものが多く、第1電位の欠損と考えられ、側索の障害を示していると考えられる。

SEP 検査は、まだ不明の点も多いが、分節性 SEP

と上行性 SEP を組み合わせて測定すれば頸髄の病変に対しても、かなりの程度まで、その機能を測定すると思われる。

VI. 結 語

分節性 SEP と上行性 SEP とを併用し、C4-5、C5-6、C6-7 各椎間板高位で測定する事によって、脊髓における病変の拡がり、程度、偏在性等の診断の可能性について検討することを目的とした。

対象は頸部脊椎骨軟骨症の脊髓症患者47例に対して、実施し次の結果を得た。

1. 頸髄症Ⅰ型 (服部の分類、灰白質を中心とした病変) では、C4-5、C5-6、C6-7 各椎間板高位で分節性、上行性 SEP を測定できた3例についてみると、分節性では3例 (100%) に異常を認め、上行性は3例 (100%) に正常波形を得た。

2. 頸髄症Ⅱ、Ⅲ型 (病変がさらに白質にも及んだもの) では、分節性 SEP に17例中14例 (82%) に異常を認め、上行性 SEP では17例 (100%) に異常を認めた。

3. ミエロの欠損範囲と SEP の異常範囲の比較では、SEP の異常範囲が広いもの13例 (65%)、同じもの3例 (15%)、狭いもの4例 (20%) であり、広いものは発症からの期間が長く、狭いものは、発症からの期間が短い傾向にあった。

4. 頸椎障害高位別頻度では C4-5、C5-6、C6-7 の順に多く認めた。

5. 分節性及び上行性 SEP の併用による SEP 検査は、頸髄症の障害高位、障害範囲、障害程度の判定をより正確にするものである。

稿を終るに臨み終始ご懇篤な御指導と御校閲を賜りました恩師服部 奨教授に謹んで感謝の意を表します。また本研究に終始御指導と御教示を頂きました河合伸也助教授、齋木勝彦助教授に感謝します。多大の協力を頂きました当教室の諸先生方をはじめ、関係のありました各位に深く感謝します。本研究遂行にあたり、便宜をはかって頂いた光市立病院本庶正一病院長に厚く御礼申し上げます。

本論文の要旨は、第57回中部日本整形外科学会、第11回日本脳波筋電図学会、第55回日本整形外科学会にて発表した。

参 考 文 献

- 1) Cracco RQ: Spinal evoked response: Peripheral nerve stimulation in man. *Electroencephalog Clin Neurophysiol* **35**: 379-386, 1973.
- 2) Ertekin C: Studies on the human evoked electrospinogram. *Acta Neurol Scandina* **53**: 3-38,

- 1976.
- 3) Gasser HS, Graham HT: Potentials produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots. *Amer J Physiol* **103**: 303-320, 1933.
 - 4) Haggqvist G: Analyse der Faserverteilung in einem Rückenmarkquerschnitt (Th3). *Zeitschrift fmkir-anato Forschung* **39**: 1-34, 1935.
 - 5) 服部 奨, 富永積生: 頸部脊椎骨軟骨症における脊髓症状発生機序に関する光弾性実験的研究. *日整会誌* **42**: 655, 1968.
 - 6) 服部 奨, 小山正信, 他: 頸部脊椎症性ミエロパチーの病態と病型. *臨整外* **10**: 990-998, 1975.
 - 7) 服部 奨: 頸部脊髓症. *日整会誌* **52**: 581-598, 1978.
 - 8) 服部 奨, 河合伸也: 頸椎症の臨床診断—整形外科の立場から—. *整形外科 MOOK* **6**: 13-40, 1977.
 - 9) Hattori S, Saiki K, et al: Diagnosis of the level and severity of cord lesion in cervical spondylotic myelopathy (Spinal Evoked Potentials). *Spine* **4**: 478-485, 1979.
 - 10) 早川 宏, 服部 奨, 他: 頸部脊椎骨軟骨症における脊髓症状発生機序に関する実験的研究—マイクロアンギオグラフィーおよび三次元光弾性実験. *日整会誌* **46**: 909-911, 1972.
 - 11) 今井卓夫: 硬膜外腔脊髓刺激による誘発脊髓活動電位について—基本波形とその意義—. *日整会誌* **50**: 1037-1056, 1976.
 - 12) 小林正之, 橋本 茂, 他: 末梢神経刺激法による頸部脊髓誘発電位の臨床的意義について. *日整会誌* **54**: 1455-1456, 1980.
 - 13) 小谷博信: 分節性及び伝導性脊髓誘発電位に関する臨床的研究. *日外宝* **50**: 295-312, 1981.
 - 14) 黒川高秀: 硬膜外腔における脊髓刺激による誘発脊髓電位. *脳波と筋電図* **1**: 64-66, 1962.
 - 15) 黒川高秀: 脊髓誘発電位の臨床. *神経進歩* **23**: 409-420, 1979.
 - 16) 町田正文: F波ならびに体表面誘導による頸部誘発電位に関する研究. *日整会誌* **54**: 251-266, 1980.
 - 17) Magladery JW, Porter WE, et al: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. IV. The two neuron reflex and identification of certain action potentials from spinal roots and cord. *Bull Johns Hopk Hosp* **88**: 499-519, 1951.
 - 18) 松田英雄, 山野慶樹, 他: 単一頸神経根誘発電位の椎骨動脈内導出に関する研究. *日整会誌* **50**: 789-790, 1976.
 - 19) 森脇宣允, 服部 奨, 他: 頸部脊椎骨軟骨症における脊髓症状発生機序に関する三次元光弾性実験的研究. *中部整災誌* **15**: 58-60, 1972.
 - 20) Pool JL: Electrospinogram-spinal cord action potentials recorded from a paraplegic patient. *J Neurosurg* **3**: 192-198, 1946.
 - 21) 斎木勝彦, 服部 奨, 他: 脊髓波に関する基礎的及び臨床的研究. *日整会誌* **51**: 823-824, 1977.
 - 22) 斎木勝彦, 服部 奨, 他: 脊髓波について—頸髓を中心に—. *中部整災誌* **20**: 304-306, 1977.
 - 23) 斎木勝彦, 服部 奨, 他: 頸髓症における誘発脊髓電位所見について. *日整会誌* **52**: 1323-1325, 1978.
 - 24) Saiki K: Spinal evoked potential (SEP) obtained by stimulation on the median nerve-Experimental and clinical studies. *日整会誌* **53**: 1893-1913, 1979.
 - 25) 黒見和彦: 体表面誘導により誘発脊髓電位の基本波形と胸腰髄損傷に対する応用について. *日整会誌* **53**: 53-63, 1979.
 - 26) Sawa M: Spontaneous electrical activities obtained from human spinal cord. *Folia psychiatr neurol Jap* **2**: 165-176, 1947.
 - 27) 重松昭彦: 頸部分節性脊髓誘発電位の臨床的応用—頸部脊椎軟骨症における検討—. *日外宝* **51**: 276-288, 1981.
 - 28) Shimoji K, Higashi H, et al: Epidural recording of spinal electrogram in man. *Electroenceph Clin Neurophysiol* **30**: 236-239.
 - 29) 下地恒毅: 誘発脊髓波. *臨床脳波* **16**: 389-397, 1974.
 - 30) Shtark MB: On the biopotentials of the human spinal cord in the normal state and under pathological conditions. *Fiziol Zh* **8**: 120-127, 1962.
 - 31) 玉置哲也, 山下武広, 他: 脊髓モニタリング法の基礎および臨床応用—動物実験による基礎的データを中心に—. *脳波と筋電図* **1**: 196, 1972.
 - 32) 玉置哲也: 脊椎・脊髓外科における脊髓モニタリング法の基礎及び臨床応用. *日整会誌* **48**: 845-846, 1974.
 - 33) 玉置哲也, 小林英夫, 他: 誘発脊髓活動電位の臨床応用. *整形外科* **28**: 681-689, 1977.
 - 34) 山崎博信, 服部奨, 他: 頸部脊椎骨軟骨症における脊髓誘発電位—分節性及び伝導性脊髓誘発電位を用いて—. 第57回中部整形外科・災害外科学会にて発表(1981.11) 投稿中
 - 35) 山崎博信, 服部奨, 他: 頸椎部脊髓症に対する分節性及び伝導性脊髓誘発電位. 第55回, 日本整形外科学会にて発表(1982. 3) 投稿中