

頸部分節性脊髄誘発電位の臨床的応用 —— 頸部脊椎骨軟骨症における検討 ——

山口大学医学部整形外科科学教室 (指導: 服部 奨教授)

重 松 昭 彦

〔原稿受付: 昭和57年1月11日〕

Clinical Application of the Segmental Spinal Evoked Potentials at the Cervical Spinal Cord ——An Analysis about the Patients with Cervical Osteochondrosis——

AKIHIKO SHIGEMATSU

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

The segmental spinal evoked potentials (SSEP) at the cervical spinal cord were measured in 134 cases with cervical osteochondrosis. SSEP obtained from 62 cases with cervico-omobrachial syndrome, 50 cases with cervical osteochondrotic (spondylotic) myelopathy, and 22 cases with osteochondrotic radiculopathy were analysed.

A monopolar electrode was introduced in the cervical epidural space from between C7 and Th1 interspinous process by epidural anesthesia technique. The tip of the electrode was carried up to as rostral as possible, and was confirmed by X-ray films.

The median nerve was stimulated percutaneously at the elbow. Stimulus condition was setting with duration 2 msec, intensity 80–150 V, frequency once every 2 seconds.

The normal SSEP consisted of two waves. The first wave (R wave) showed a typical triphasic form and the second wave (N wave) showed a diphasic form.

In cases with cervico-omobrachial syndrome, SSEP were clearly obtained from C₄₋₆ to C₆₋₇ intervertebral level.

In cases with osteochondrotic radiculopathy, the abnormal waves were recognized on the first R wave. These abnormalities showed complex forms.

In cases with osteochondrotic myelopathy, the abnormal waves were found commonly on

Key words: Spinal evoked potentials, Spinal cord, Cervical osteochondrosis (spondylosis), Cervical osteochondrotic (spondylotic) myelopathy, Cervical osteochondrotic (spondylotic) radiculopathy.

索引語: 脊髄誘発電位, 脊髄, 頸椎骨軟骨症 (頸椎症), 頸椎骨軟骨症性 (頸椎症性) 脊髄症, 頸椎骨軟骨症性 (頸椎症性) 神経根症.

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

the second N wave. These abnormalities showed decreased amplitude of the N wave or disappearance of it. In severe cases with myelopathy, both R and N wave disappeared.

The author have confirmed that the first R wave is related to both the root potential and funiculus posterior potential, and the second N wave is related to postsynaptic potentials at the gray matter of the spinal cord. The author believes the level and severity of the cervical spinal cord lesion or root lesion can be determined by use of SSEP.

目 次

- I 緒 言
- II 対 象
- III 方 法
 - 1) 電極
 - 2) 頸部硬膜外腔への電極挿入
 - 3) 刺激
 - 4) SEP 導出時の体位, 方法
 - 5) 記録
- IV 結 果
 - 1) 刺激条件の検討
 - 2) 狭義の頸肩腕症候群62例について
 - 3) 頸椎骨軟骨症の脊髄症50例について
 - 4) 頸椎骨軟骨症の神経根症22例について
別項 Keegan's type の7例について
- V 考 察
- VI 結 語

I 緒 言

頸部脊椎骨軟骨症の補助的診断法としては従来単純X線像, 断層X線像, ミエログラフィー等の形態学的診断法が主体であった。著者は頸椎骨軟骨症での正中神経刺激で得られる分節性脊髄誘発電位 (segmental spinal evoked potential SSEP) 波形の検討を行い, 本検査法を行えば形態学的診断法では得られない頸髄の機能診断が可能であるのか, 頸椎骨軟骨症での神経根障害の高位, 程度の判定も可能かどうか検討した。

脊髄誘発電位 (spinal evoked potential SEP) は1933年⁶⁾ Gasser, Graham が猫で初めて記録し, 人でもSEPの導出が試みられてきたが, SEPは心電位, 筋電位に比較して微小なため臨床的応用が困難であった。1962年 Shtark²⁸⁾ が人の硬膜外腔から自発脊髄電位を導出し, その後微小な誘発電位検出可能な平均加算装置の開発により, 1971年下地²⁶⁾ は人の硬膜外腔からSEPを導出した。1963年 Liberson¹⁵⁾ 1973年 Cracco³⁾

はSEP導出を体表面から行うことを試みている。

現在ではSEP導出を体表面から行うことも可能であるが, 数千〜数万回の反応波を加算する必要があり人工的な影響が入り易く, 硬膜外腔から導出された基本波形に関しても一致した見解もないのが現況であるが, 斎木^{9,20,21,22)}・服部の方法を用いれば硬膜外腔から得られるSEPの波形は大きく, ほとんど加算を必要とせず, 2つの大きな反応波が得られ, 第1反応波(R波)は根電位及び根と連続した後索の電位から成り立ち, 第2反応波(N波)は灰白質後角のシナプス後電位と考えられている。SEP導出は硬膜外腔から得られる波形の精細な分析後, 体表面からの導出に向うべきであると考ええる。SEPは導出方法の違いにより2種類に分られる。1方法は1971年下地²⁶⁾, 1977年著者の教室斎木・服部²⁰⁾の報告のように末梢神経を刺激して, 刺激された末梢神経に相当する髄節高位から得られる分節性脊髄誘発電位 (segmental SEP) と, 他の1つは1972年黒川¹³⁾・玉置²⁹⁾が行った硬膜外腔から脊髄を直接刺激し, 主として脊髄内を上行・下行する伝導路の機能を測定する伝導性脊髄誘発電位 (conductive SEP) である。頸椎骨軟骨症では病変部は主としてC₅₋₆, C₄₋₅, C₆₋₇ 椎間板高位に存在することが多く, これらの高位は脊髄灰白質に富む頸髄膨大部に相当する。著者はsegmental SEPは灰白質の状態をよく示すため, segmental SEP測定を狭義の頸肩腕症候群の62例, 頸椎骨軟骨症の同一症例でC₄₋₅, C₅₋₆, C₆₋₇ 各椎間板高位で測定出来た脊髄症50例, 神経根症22例に行った。得られたSEP波形の変化と神経学的症状, ミエログラフィーとの関連, 手術後の残存機能障害の程度等との関係について検討した。

II 対 象

SEPの検討は狭義の頸肩腕症候群62例, 頸椎骨軟骨症の脊髄症50例, 頸椎骨軟骨症の神経根症22例(このうちKeegan's type¹¹⁾ 7例)の計134例から得られた波形の検討を行った。

III 方 法

分節性 SEP の導出法は当教室の斎木^{9,20,21,22)}・服部が報告した方法に準じ次の如くである。

1) 電極：電極は外径 0.85 mm の持続硬膜外麻酔用チューブの先端に 0.1 mm の銀塩化銀線を幅 1 mm に巻きつけ、チューブ内に 0.2 mm の銀線を通した単極電極を作製した。不関電極は皿状電極を耳朶に装置した。

2) 頸部硬膜外腔への電極の挿入・坐位で C₇-T₁ 棘突起間で局所麻酔下に硬膜外麻酔用の E₁ Touhy 針を用い hanging drop 法で硬膜外腔の出来るだけ頭側に単極電極を挿入した。電極挿入後単純 X 線像の前後面、側面像で電極先端位置の確認を行った。

3) 刺激：刺激は日本光電製 SEN-320 型を用い肘部の正中神経を経皮的に持続時間 2 msec、頻度 2 秒間に 1 回で刺激電圧は 0 から徐々に増大させ最大 200 V を使用した。刺激される上腕部には環状のアースを着した。

4) SEP 導出時の体位、方法：被検者は仰臥位で項部に枕をあて頸部諸筋の緊張を除いた。頸部硬膜外腔に挿入された電極を一定の間隔で引き抜きながら頸椎各椎間板高位での SEP の測定を頭側より順次行った。

5) 記録：反応波は日本電製 VC-9 型オシロスコープで観察し、平均加算装置 ATAC-350 で 5 回加算し、反応波は X-Y レコーダにてペン書きした。

IV 結 果

1) 刺激条件の検討

経皮的に肘部の正中神経を刺激するに際して刺激条件の設定が重要である。刺激の強さを 100 V と一定に保ち、刺激の幅を 0.2 msec から 4 msec まで変化させると SEP は刺激の強さが十分強くとも刺激の幅が 2.0 msec 以上なければ明らかな 2 つの反応波 R、N 波は得られない (Fig. 1)。刺激の幅を 2 msec と一定に保ち刺激の強さを 30 V から 140 V まで増加させると 70 V の強さで最初の反応波 R 波が得られ、100 V を超えると明らかな 2 つの反応波 R、N 波が得られる (Fig. 2)。R 波の得られる刺激の強さは刺激により手指の屈曲が明らかに認められる強さであり、N 波も得るには普通 R 波の刺激閾値の約 2~3 倍必要である。SEP を得るための刺激条件は duration 2 msec, intensity R 波の得られる閾値の 2~3 倍、頻度は 2 秒間に 1 回

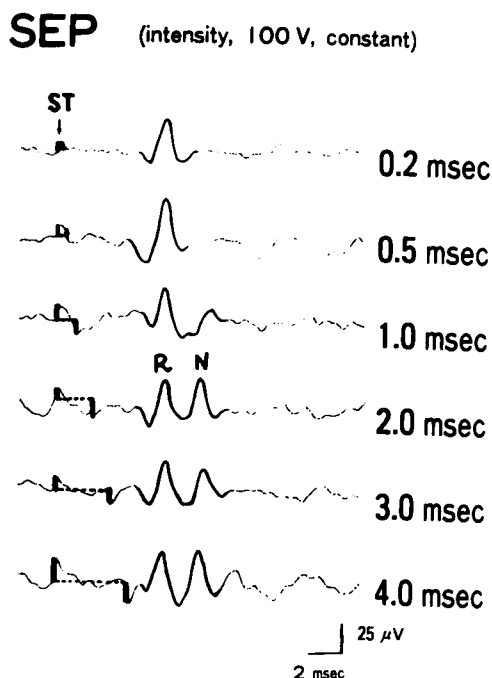


Fig. 1. On keeping the stimulus voltage at 100 V, when the stimulus was short duration (1.0 msec), only the first R wave was recognized. When the stimulus duration was longer than 2 msec, the first R and second N wave appeared.

で行い、反応波は 5 回加算する (Table 1)。以上の刺激条件下で得られる SEP の基本波形は第 1 反応波 (R 波) 及び第 2 反応波 (N 波) とから成り立つ (Fig. 3)。

2) 狭義の頸肩腕症候群 62 例について

C₇-T₁ 棘突起間から出来るだけ頭側に導出電極を挿入するか症例によっては導出電極が硬膜外腔の途中でつかえ頭側に上昇しがたい症例もある。狭義の頸肩腕症候群の症例では得られた SEP 波形に変化なく、各椎間板高位で得られた正常 SEP の高位別頻度を示す (Table 2)。C₂₋₃ 椎間板高位では SEP を 10 例測定出来、正常 SEP は 2 例 (20%) に認めたが 8 例 (80%) では反応波が得られなかった。C₃₋₄ 椎間板高位では 25 例測定し正常 SEP は 14 例 (56%) に認めた。C₄₋₅、C₅₋₆、C₆₋₇ 各椎間板高位で正常 SEP を認めた症例は 44 例 (96%)、55 例 (100%)、60 例 (97%) であり狭義の頸肩腕症候群患者では頸髄膨大部に相当する C₄₋₅、C₅₋₆、C₆₋₇ 各椎間板高位から明らかな正常 SEP が得られ、電位分布は分節性分布 (頭側にいくに従って SEP は得難くなる) を示した。

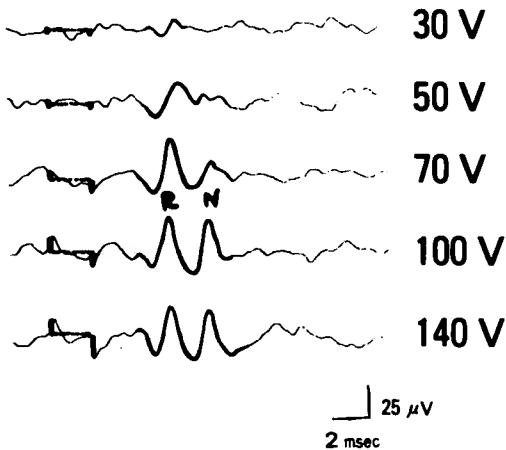
SEP (duration: 2 msec.)

Fig. 2. On keeping the stimulus duration at 2 msec, when the stimulus voltage was weak, the only first R wave was recognized. When the stimulus was increased stronger, the R and N wave appeared.

3) 頸椎骨軟骨症の脊髄症50例について

山形例, 57才男子, 主訴は左手のこはばり感及びシ

Table 1. Stimulation on the median nerve

Duration : 2 msec
Intensity : two or three times the threshold
of the R wave (80 V-150 V)
Frequency: 1/2 sec

Table 2. Distribution of the SEP
(cervico-omo-brachial syndrome 62 cases, no
neurological deficits group)

SEP Level	(+)	(-)
C ₂₋₃	2 cases (20%)	8 cases (80%)
3-4	14 (56)	11 (44)
4-5	44 (96)	2
5-6	55 (100)	0
6-7	60 (97)	2

(+): Normal SEP

(-): No response

ビレ感. 約5年前誘因なく左肘から左拇指指にかけての疼痛が生じ頸椎牽引などの保存的治療で軽快す.

6カ月前誘因なく左手のこはばり感とシビレ感に気が付き症状増悪するため当科受診す. 歩行は正常で上肢に筋萎縮は認めない. 握力は右 31 kg 左 19 kg で頸椎運動制限なく tension sign, Spurling's test 共陰性で

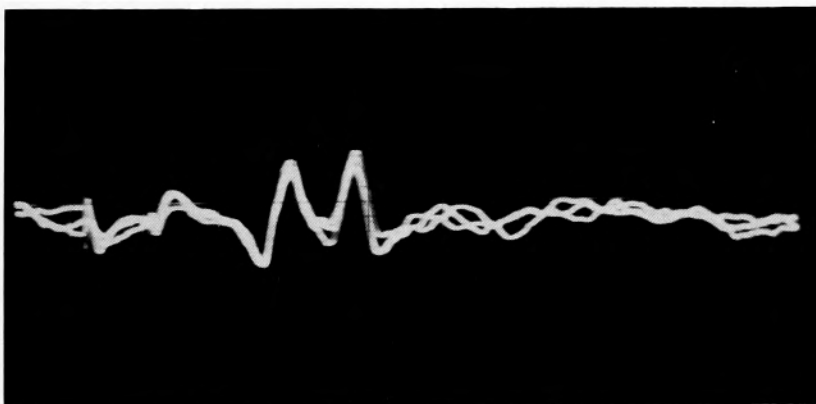


Fig. 3.

あった。手指の巧緻運動障害はないが自覚的に左手のこはばり感を訴える。左上腕二頭筋反射、三頭筋反射の軽度の低下を認めるも両上・下肢腱反射の亢進なく病的反射も認めない。左上肢の C₅~C₈ の dermatome に一致して触覚、痛覚の軽度障害あり。単純X線では脊椎管腔前後径は C₅ で 13 mm と狭く軽度の後棘を C₅₋₆, C₆₋₇ 間に認める。Queckenstedt 検査では後屈位でブロックを示し蛋白量は 64 mg/dl と僅か増加あり。下行性ミエログラフィーでは C₄ 椎体下縁でブロック像を示し、上行性ミエログラフィーでは C₇ 椎体上縁でブロック像を示した。

左側の正中神経刺激による SEP では (Fig. 4) C₃₋₄ 椎間板高位で正常な SEP が得られるも C₄₋₅, C₅₋₆ 各椎間板高位で第2反応波 (N波) が消失し、C₆₋₇ 椎間板高位ではN波の変形が認められた。右側の刺激では各椎間板高位共に正常波形を示した。本症例はミエログラフィーの所見に一致して SEP 所見が認められ C₄, C₅, C₆ の骨形成性椎弓切除術で軽快した。本症例は脊髄症の病型分類 (服部)⁹⁾ の I 型で灰白質障害が主体と思えた。

黒川例, 56才男性, 主訴は歩行障害及び両手運動障害。3カ月前誘因なく右手のシビレ感及びこはばり感に気付く。2カ月前歩行に際して右下肢に力が入り難くなる。1カ月前右手の巧緻運動障害及び歩行障害も増悪し、両下肢、左上肢にもしびれ感が生じる。痙性歩行で階段の昇降に際し手スリが必要で、両手の巧緻

運動障害あり著明な筋萎縮は認めない。頸椎後屈位で四肢に放散する疼痛あり。両上腕二頭筋反射は低下し、三頭筋反射両下肢反射は亢進し両 Hoffmann 反射 Babinski 反射共に陽性で触覚痛覚の低下を dermatome で両側の C₅~C₈ 及び Th₄ 以下に認め、振動覚の消失が骨盤以下に認められた。単純X線で C₅ の脊椎管腔前後径は 13 mm と狭く後屈時 C₄₋₅ 間及び C₅₋₆ 間で後方へのズレを認めるも著明な後棘はない。Queckenstedt 検査で後屈時ブロックを認め蛋白量は 78 mg/dl と増加していた。下行性ミエログラフィーでは C₃ 椎体下縁でブロックを示し、上行性では C₆ 椎体上縁でブロックを示す。正中神経刺激による SEP では (Fig. 5) C₄₋₅ 椎間板高位で反応波なく、C₅₋₆ 椎間板高位ではN波は消失していたが、C₆₋₇ 椎間板高位では R, N 波共に得られた。C₃, C₄, C₅, C₆ の頸椎椎管拡大術で軽快した。本症例は脊髄症病型分類⁹⁾ のⅢ型と考えられた。

C₄₋₅, C₅₋₆, C₆₋₇ 各椎間板高位で SEP の測定された脊髄症50例で各高位のいずれかで得られた SEP の異常波形を分類した (Table 3)。

各椎間板高位共に正常 SEP は6例(12%), R波は正常で rounded form のN波は5例(10%), R波は正常で low-amplituded N波は19例(38%), R波は正常でN波の消失を10例(20%), R波及びN波共に認められない症例が10例(20%)あった。

脊髄症の発症からの期間と SEP の異常波形との関

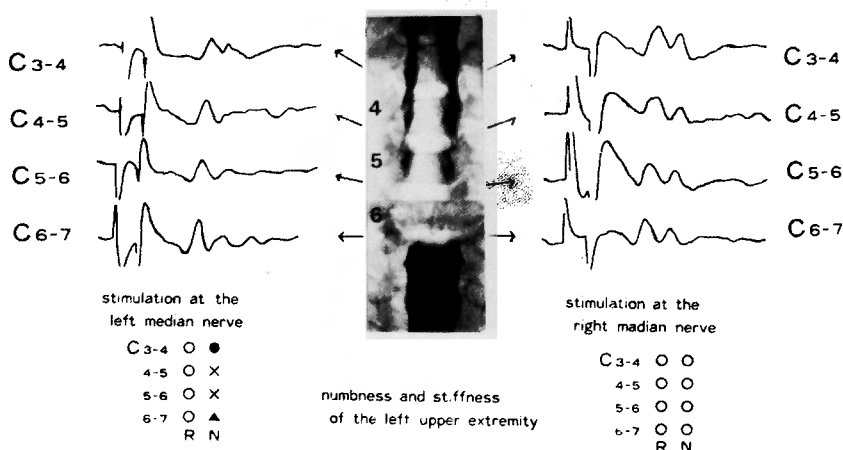


Fig. 4.

○ ●: Normal R or N wave; △ ▲: Unclear R or N wave
×: Absence of response (Yamagata)

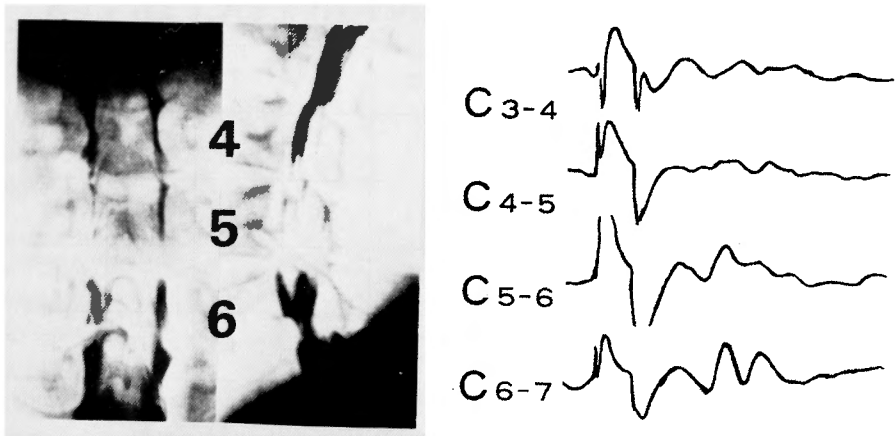


Fig. 5.

At both C₃₋₄ and C₄₋₅ intervertebral level, SEP was not obtained.
At C₅₋₆ level, the N wave disappeared.
At C₆₋₇ level, both R and N wave were obtained. (Kurokawa)

係では (Table 4) 発症後3カ月以内の症例でも SEP の導出出来ない症例があり、一方発症後1年以上でも正常波形の得られた症例があり頸髄症の障害の進行は多様性に富み、短期間で障害程度の強くなる症例もあり、軽度の障害で長期間続く症例もあり一定の傾向は認められなかった。

SEP で異常波形の認められた44症例で症状の強い側の二頭筋反射、三頭筋反射の態度と異常 SEP の認められた椎間板高位の上限との関係 (Table 5) は、SEP で異常の認められた上限が C₄₋₅ 椎間板高位であった31症例では biceps, triceps 反射共に亢進は6例

(19%), biceps 反射正常で triceps 反射亢進3例, biceps 反射低下で triceps 反射亢進は6例 (19%), biceps triceps 反射共に正常例は8例 (26%) に認められ、全体として biceps 反射の低下例は10例 (32%), triceps 反射の亢進例は15例 (48%) に認められた。

SEP 異常の上限が C₅₋₆ 椎間板高位であった6症例では biceps 反射 triceps 反射共に正常例が4例 (66%) で、C₆₋₇ 椎間板高位のみ異常を認めた7症例では biceps 反射 triceps 反射共に正常例が5例 (71%) あり、SEP の異常の上限が C₅₋₆ あるいは C₆₋₇ 椎間板高位に相当する症例では biceps, triceps 反射の正常例

Table 3. SEP Obtained from 50 cases with osteochondrotic (Spondylotic) myelopathy

	normal	6 cases	(12%)
	rounded from of N	5	(10)
	low-amplituded N	19	(38)
	absence of N	10	(20)
	silence of both R and N	10	(20)

Table 4. Duration from the onset to admission

SEP		≤3M	≤6M	≤1Y	≤2Y	≤3Y	>3Y
	(6 cases)	2	2	1	1		
	(5)	2	1		1	1	
	(19)	7	1	3	3	3	2
	(10)	3	2	2	1	1	1
	(10)	2	1	3	1	1	2

Table 5. Correlation between change of reflexes and the most rostral level of the abnormal SEP findings

		(44 cases)		
reflex	level	C ₄₋₅ 31 cases	C ₅₋₆ 6 cases	C ₆₋₇ 7 cases
biceps ↑ triceps ↑		6 (19%)	1	
// → // ↑		3		2
// ↓ // ↑		6		
biceps ↑ triceps →		3		
// → // →		8 (26)	4 (66)	5 (71)
// ↓ // →		3		
biceps ↑ triceps ↓				
// → // ↓		1	1	
// ↑ // ↓		1		

が多かった。

障害の強い側の dermatome による上肢の知覚障害の上限と SEP 異常の上限との関係では (Table 6) SEP 異常の上限が C₄₋₅ 椎間板高位であった31例では、知覚障害の上限が C₅ であった症例は 7 例 (23%)、C₆

が 7 例 (23%)、C₇ が 9 例 (29%)、C₈ が 4 例 (13%) で上肢の知覚障害の認められない症例が 4 例 (13%) に存在した。SEP 異常の上限が C₅₋₆ 椎間板高位であった 6 症例では C₆ が 1 例、C₇ が 2 例、C₈ が 2 例で上肢に知覚障害を認めない症例が 1 例あった。SEP の異

Table 6. Correlation between the most rostral level of disturbed sensory distribution on the upper limbs and that of abnormal SEP findings (44 cases)

sensory	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	(-)
SEP					
C ₄₋₅ (31 cases)	7 cases (23%)	7 (23)	9 (29)	4 (13)	4 (13)
b-6 (6)		1	2	2	1
b-7 (7)		1		3	3 (43)

Table 7. Correlation between filling defects in myelogram and abnormal findings in SEP

Same level	38 cases	(76%)
Different level	12	(24 %)
Normal SEP	6 cases	
Above defects	4	
Below defects	2	

常が C₆₋₇ 椎間板高位にのみ認められた 7 症例では上肢に知覚障害を認めない症例が 3 例(43%)に存在した。異常 SEP の上限が C₄₋₅ 間を示した症例では SEP 測定は C₄₋₅ 椎間板高位より頭側での測定が確実性をもたない(正常例でも C₃₋₄ 椎間板高位では 56%にしか反応波は得られていない)ため実際には C₄₋₅ 椎間板高位より頭側に障害が広がっている可能性も否定出来ない。

ミエログラフィーで示される陰影欠損範囲と異常 SEP の見出された部位の一致は 38 症例(76%)で不一致例が 12 例(24%)にあり (Table 7), 不一致例の 12 症例中正常 SEP が 6 例, ミエログラフィーで示される欠損部位より頭側で異常 SEP の認められた症例が 4 例, ミエログラフィーの欠損部位より尾側で異常 SEP を認めた例が 2 例であった。

ミエログラフィーの陰影欠損範囲で異常 SEP の見い出された部位の一致した 38 症例について, ミエログラフィーで示される欠損範囲と異常 SEP の見い出された範囲を比較すると (Table 8), ミエログラフィーの欠損範囲と異常 SEP の範囲の一致が 17 例 (45%),

Table 8. Correlation between areas of filling defects in myelogram and areas of abnormal findings in SEP

Fillings defects > abnormal SEP	11 cases	(29%)
// = //	17	(45 %)
// < //	10	(26 %)

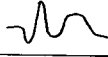
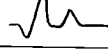
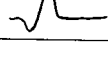
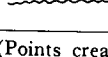
ミエログラフィーの欠損範囲に比較して異常 SEP の範囲が狭い例が 11 例 (29%), 異常 SEP の範囲が広い例が 10 例 (26%)に認められた。ミエログラフィーで陰影欠損が示されても実際の頸髄障害範囲は圧迫部より広範囲の場合や小範囲の場合があり頸髄症の病態の多様性を示すものであった。

脊髄症のため手術を行った 39 症例について術前に得られた SEP の波形と術後残存症状との関係について検討した (Table 9)。術後残存点数は日整会の頸椎症性脊髄症成績判定基準に準じて行い正常であれば上肢機能 4 点, 下肢機能 4 点, 知覚 6 点 (上肢 2 点, 下肢 2 点, 体幹 2 点), 膀胱機能 3 点の計 17 点で示され点数が低下するほど機能障害の程度は強い。術前 SEP で N 波の消失や SEP の得られないような症例では術後残存機能障害を残す傾向が強かった。

4) 頸椎骨軟骨症の神経根症 22 例について

入院精査を行い SEP 測定を C₄₋₅, C₅₋₆, C₆₋₇ 各椎間板高位で行った症例は 22 例ある。22 症例中一侧の肩甲帯部の筋萎縮が著明で肩関節の運動障害を主訴とし知覚障害の少ないいわゆる Keegan's type¹⁾の症例が 7 症例あり Keegan's type については別項で述べる。

Table 9. Points after the operation

SEP \ point	9	10	11	12	13	14	15	16	17
 (4 cases)							1	2	1
 (2)							1		1
 (15)					1	2	3	6	3
 (9)			1		2	2	2	2	
 (9)				3	2	1	2	1	

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

山本例, 40才女性, 主訴は頸部から右拇指への放散痛. 4カ月前誘因なく頸椎運動特に頸椎後屈時頸部から右前腕橈側右拇指への放散痛が増強した. 保存的治療を行うも症状軽快せず. 両手のシビリ感や四肢運動障害なし.

頸椎後屈時右上肢への放散痛, 右側の tension sign 陽性で右二頭筋反射の低下を認めるも他の神経学的著変は認めない. C₅での脊椎管腔前後径は15mmとやや広く Queckenstedt 検査で後屈時ブロックを認め蛋白量は50mg/dlであった.

ミエログラフィーではC₅₋₆椎間板高位の右側に圧迫像を認め右C₆根の圧迫が明瞭である.

右側の正中神経刺激によるSEPでは(Fig. 6), C₆₋₇椎間板高位で正常波形示すもC₅₋₆, C₄₋₅椎間板高位でR波の峰分れが認められた. 手術後C₅₋₆間で脱出ヘルニアがあり前方固定術により軽快した.

Keegan's type の7症例を除く神経根症状15例で得られたSEPを検討する(Table 10)と, R波の異常は4症例(27%)に認められ, 3症例にR波の多峰性 polyphasic, 1症例にR波の振幅低下 low-amplituded があり, N波の異常例は認められなかった. SEP 検査でR波の異常を示すような症例は山本例の如く著明な神経根圧迫像を示す例で認められ, 局所性疼痛や明らかな筋萎縮を示さない神経根症例では一般的にSEP

Table 10. SEP Obtained from 15 cases with osteochondrotic (Spondylotic) Radiculopathy

○ Abnormal R wave	4 cases (27%)
polyphasic R	3
low-amplituded R	1
○ Abnormal N wave	0 cases

の異常は少ない.

別項: Keegan's type の7例について

1965年 Keegan¹¹⁾ は一側肩甲帯の筋萎縮と肩運動障害が主体で知覚障害の少ない症例を報告した. 当教室でも7例の本症にSEPを測定した.

内方例, 41才男性, 主訴は右肩の運動障害.

3カ月前頸部を強く打ち頸部から右上肢への放散痛に気付く. 3日後右肩運動障害が生じ症状改善せず. 右三角筋, 棘上筋, 棘下筋, 上腕二頭筋に著明な筋萎縮があり筋力は三角筋3, 二頭筋3で右肩も前挙20°, 後挙30°, 外転は不能で軽度の触覚痛覚の障害をC₅ dermatome 領域に認め右二頭筋反射の低下以外は著変なし. Queckenstedt 検査で後屈位ブロックを示し, 蛋白量は48mg/dlであった. ミエログラフィーではC₄₋₅, C₅₋₆椎間板高位に一致して右側に欠損像がありC₅, C₆神経根の圧迫が考えられた. SEP 検査では

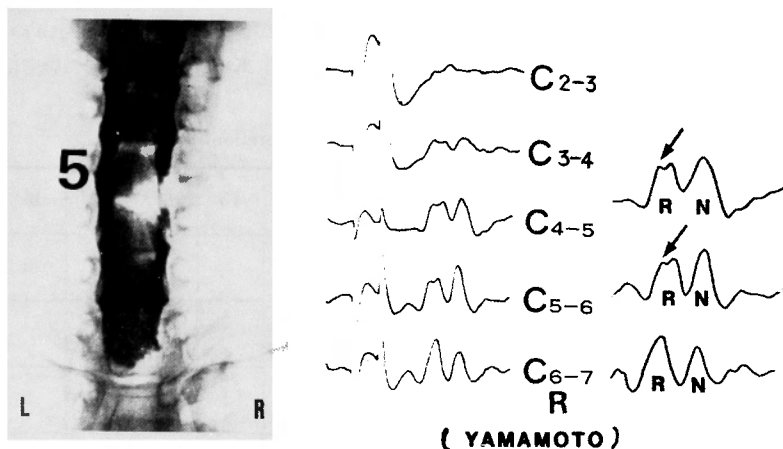


Fig. 6.

Myelogram showed filling defect on right C₆ nerve root.
SEP findings showed polyphasic R wave at C₅₋₆, C₄₋₅ level.

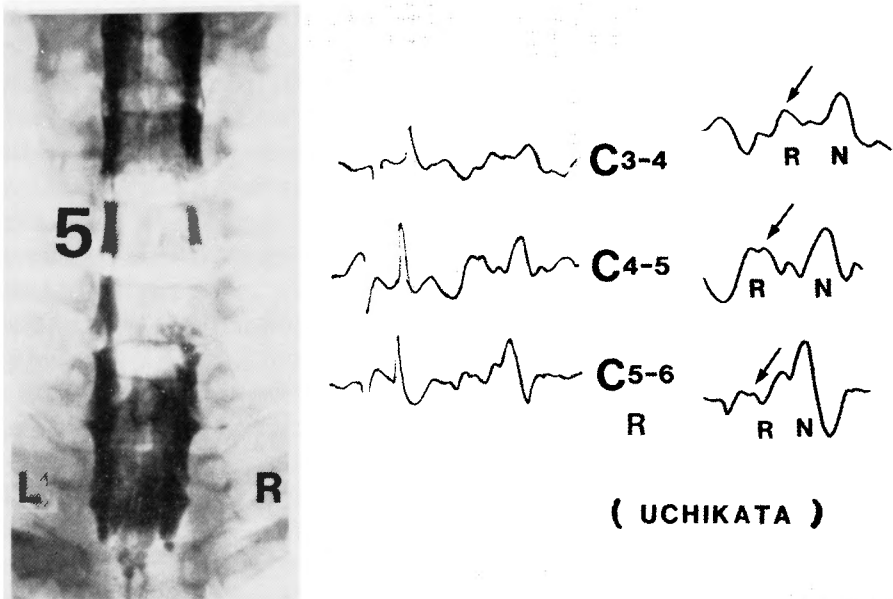


Fig. 7. Myelography showed filling defects in right C4-5, C5-6, intervertebral levels. The abnormality of R wave was seen at each C3-4, C4-5, C5-6 levels.

(Fig. 7) 右側の正中神経刺激で C₃₋₄, C₄₋₅, C₅₋₆ 各椎間板高位から著明な変形したR波が認められるもN波には異常がなかった。C₅ 椎体亜全摘後 C₅, C₆ の神経根の除圧を行い右肩関節の運動障害は軽快した。

Keegan's type¹¹⁾ で SEP を測定した症例は7例で (Table 11) 全例にR波の異常が認められ多峰性 polyphasic R波が5例, 低振幅 low-amplituded R波が2

Table 11. Keegan's type (7cases)

○ Abnormal R wave	7 cases (100%)
Polyphasic R	5
Low-amplituded R	2
○ Abnormal N wave	1 cases (14%)
Low-amplituded N	1

SEP Patterns (Keegan's type)

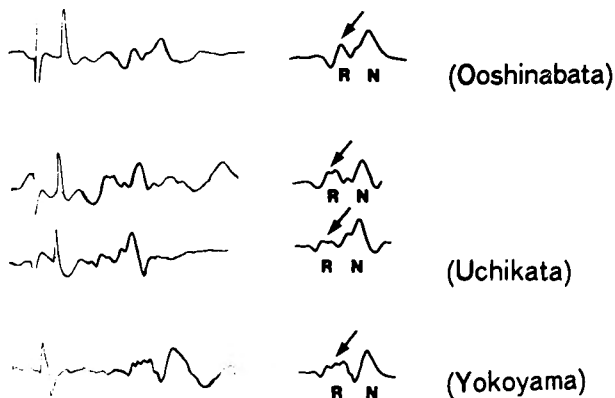


Fig. 8.

例に認められ、N波の振幅低下が1例に認められた。Keegan's type で得られた種々の異常R波を示す (Fig. 8)。Keegan's type に本検査法を行えば非常に診断的価値が高いと思われた。

V 考 察

脊髄誘発電位 (SEP) は1933年 Gasser, Graham⁸⁾ により猫の腰髄部で後根を刺激し脊髄背面より初めて導出された。人では1946年 Pool⁹⁾, 1947年 Sawa²⁴⁾ が脊髄から直接に自発電位の導出を行い electrospinogram (ESG) と命名している。1951年 Magladery¹⁶⁾ は人で脛骨神経刺激を行い腰髄部のクモ膜下腔に挿入した電極から SEP を記録した。Magladery の方法は導出電極をクモ膜下腔に挿入する方法で脊髄実質を損傷する危険性や感染の可能性も高いため一般に普及しなかった。1963年 Shtark²⁸⁾ が硬膜外腔から自発脊髄電位の導出を行い、1971年下地²⁶⁾ は頸部硬膜外腔より平均加算装置を用いて SEP の導出を行った。1963年 Liberson¹⁵⁾, 1973年 Cracco³⁾ は体表面から SEP の導出を試みた。現在 SEP の導出部位としては硬膜内^{4,5,16,29,30)}、硬膜外腔^{2,9,13,14,20,21,22)}、体表面^{3,15,23)} の三方法が用いられているが、硬膜内導出法は得られる SEP の波形が大きいという利点はあるも脊髄損傷や感染の危険が高く一般に用いられるべき方法とは思われない。体表面導出法は患者に与える侵襲が少ないという利点はあるも得られる波形が小さく数千～数万回の平均加算を行う必要があり人工的な影響が入り易く波形の解釈が困難である。一方硬膜外腔からの導出は得られる電位の波形も大きく硬膜外腔へ電極を挿入する手技は硬膜外麻酔法として十分安全性は確立されており著者等の約 300 症例の検査でも合併症を併発した症例は1例もない。現段階では硬膜外腔から得られる波形の十分な意味づけがされた後に体表面からへの導出に向うべきと思われる。SEP は導出法の違いにより2種類に分られる。1つは末梢神経を刺激して刺激される末梢神経に相当する髄節高位から得られる分節性脊髄誘発電位であり、他の1つは脊髄を直接刺激して脊髄内を上行・下行する電位、伝導性脊髄誘発電位とがあり、著者は正中神経を刺激して頸部硬膜外腔から得られる頸部での分節性脊髄誘発電位を検討した。下地^{26,27)} 等も正中神経を刺激して頸部硬膜外腔より分節性 SEP を得ているが刺激部位は手首で行い刺激の強さも弱く、斎木・服部^{9,20,21,22)} の方法は肘部で正中神経を刺激しており刺激も強い。著者は末梢神経を刺激して脊髄反

応を起こすには十分強い刺激で、刺激する部位も脊髄に近い部位の方が脊髄反応は起こし易いと考えている。末梢神経を刺激して頸部硬膜外腔から得られる電位の波形についても下地^{26,27)} 等は $P_1N_1P_2$ という三相性の波形を得ているが分析時間が 50 msec~100 msec と長く加算回数も多い。斎木・服部^{9,20,21,22)} の方法は分析時間 20 msec で刺激を強くすると明らかな2つの反応波R波、N波が得られR波は神経根電位及び後根と連続した後索の電位からなり、N波は灰白質後角のシナプス後電位から成り立つと述べた。今回著者は斎木・服部^{9,20,21,22)} の方法で検査を行った頸椎骨軟骨症の脊髄症50例、頸椎骨軟骨症の神経根症22例 (内 Keegan's type 7例)、狭義の頸肩腕症候群62例から得られた分節性 SEP について検討を行った。狭義の頸肩腕症候群62例で得られた SEP は正常人と同様な2つの反応波が得られ、局所性疼痛のみで明らかな神経症状 (筋萎縮、反射異常、知覚障害等) を示さない症例では SEP 検査で異常を認めなかった。狭義の頸肩腕症候群で得られた正常 SEP の頸部各椎間板高位で得られた割合は C₆₋₇ 椎間板高位で97%、C₅₋₆ で100%、C₄₋₅ で96%、C₃₋₄ で56%、C₂₋₃ 椎間板高位で20%であり、得られた SEP の分布は刺激される髄節高位から離れるに従って得難くなり明らかな分節性分布を示していた。

頸椎骨軟骨症の神経根症 22 例 (うち Keegan's¹¹⁾ type 7 症例) での SEP の異常は11症例で認められN波の異常は Keegan's type の1例に低振幅のN波を認めたのみで、11症例にR波の異常 (低振幅、多峰性) を認め、臨床的に明らかな神経根症状 (神経根支配に一致した筋萎縮、dermatome に一致した知覚障害、腱反射低下等) を示す症例ではR波の異常が認められた。Keegan's type の障害部位は前根、あるいは軽度の知覚障害を認める場合もあることから前根及び後根の障害も考えられる。Keegan's type の7症例全例にR波の異常が認められたことからR波は後根電位のみでなく前根の電位も示していると思われる。

頸椎骨軟骨症の脊髄症50例で正常波形は6例 (12%)、R波は正常で rounded form のN波が5例 (10%)、R波は正常で low amplitude のN波が19例 (38%)、R波は正常でN波の消失が10例 (20%)、R波及びN波の得られなかった症例が10例 (20%) であった。各異常波形と術後残存機能障害との関係では正常波形の SEP が得られない症例ほど術後機能障害が残る傾向にあり SEP 所見は脊髄の障害程度を示すものである

といえる。

臨床的に明らかに脊髄症の所見を示すも、C₄₋₅、C₅₋₆、C₆₋₇ 各椎間板高位で得られた SEP が正常であった 6 症例では 5 症例がミエログラフィーで C₃₋₄ 椎間板高位の欠損像を示し、5 症例中 4 症例が biceps 反射 triceps 反射共に亢進していた。正中神経刺激で得られる SEP は C₃₋₄ 椎間板高位では 56% しか正常例でも得られないので C₃₋₄ 椎間板高位での SEP 反応の解釈は困難な面があり、最近では¹²⁾ 胸椎下部硬膜外腔に挿入した電極を刺激電極として用い、正中神経刺激による分節性 SEP と共に同一高位での伝導性 SEP 測定も行いより広範囲の脊髄機能測定も行っている。

VI 結 語

頸椎骨軟骨症では肘部の正中神経を刺激して頸部硬膜外腔より得られた分節性脊髄誘発電位について検討を行った。狭義の頸肩腕症候群 62 例では正常な脊髄誘発電位が得られた。頸椎骨軟骨症の脊髄症 50 例では正常の SEP は 6 例 (12%)、R 波は正常で rounded form の N 波が 5 例 (10%)、R 波は正常で low amplitude の N 波が 19 例 (38%)、R 波正常で N 波の消失を 10 例 (20%)、R、N 波共に消失を 10 例 (20%) に認め、手術後残存機能障害が多い症例では術前の SEP の障害の程度も強かった。

頸椎骨軟骨症の神経根性 22 例では R 波の低振幅、多峰性を 11 例 (50%) に認め、Keegan's type で 7 例全例に R 波の異常を認めたことは R 波は後根電位のみでなく前根電位も含むと思われる。神経根症例では Keegan's type の 1 例に N 波の振幅低下を認めたのみで他の症例では N 波は正常であった。

本検査法を行えば頸椎骨軟骨症での神経根障害、脊髄障害の高位、程度についての判定が可能であり頸椎骨軟骨症の補助的診断法として有用である。

稿を終るに臨み、終始御指導、御校閲を賜った恩師服部 奨教授に深甚なる謝意を表しますとともに、たえず御教示を頂いた齋木勝彦助教に厚く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Austin GM and McCouch GP: Presynaptic component of intermediary cord potential. *J. Neurophysiol* **18**: 441-451, 1955.
- 2) Bernhard CG: The spinal cord potentials in leads from the cord dorsum in relation to peripheral source of afferent stimulation. *Acta Physiol Scand* **29 suppl 106**: 1-29, 1953.
- 3) Cracco RQ: Spinal evoked response: Peripheral nerve stimulation in man. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol* **35**: 379-386, 1973.
- 4) Ertekin C: Studies on the human evoked electrospino-graph. *Acta Neurol Scandinav* **53**: 3-38, 1976.
- 5) Ertekin C, Mutlu R, et al: Electrophysiological evaluation of the afferent spinal roots and nerves in patients with conus medullaris and cauda equina lesions. *J Neurological Sciences* **48**: 419-433, 1980.
- 6) Gasser HS and Graham HT: Potentials produced in the spinal cord by stimulation of dorsal roots. *Am J Physiol* **103**: 303-320, 1933.
- 7) Happel LT, LeBlanc HJ, et al: Spinal cord potentials evoked by peripheral stimulation. *Electroenceph. Clinical Neurophysiol* **38**: 349-354, 1975.
- 8) 服部 奨: 頸部脊髄症. *日整会誌* **52**: 581-593, 1978.
- 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) Hursh JB: Relayed impulses in ascending branches of dorsal root fibers. *J Neurophysiol* **3**: 166-174, 1940.
- 11) Keegan JJ: The cause of dissociated motor loss in the upper extremity with cervical spondylosis. *J Neurosurg* **23**: 528-536, 1965.
- 12) 小谷博信: 分節性及び伝導性脊髄誘発電位に関する臨床的研究. *日外宝* **50**: 295-312, 1981.
- 13) 黒川高秀: 硬膜外腔にお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.
- 14) 黒川高秀: 脊髄誘発電位の臨床. *神経進歩* **23**: 409-420, 1979.
- 15) Liberson WT and Kim KC: The mapping out of evoked potentials elicited stimulation of the median and peroneal nerves. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol* **15**: 721, 1963.
- 16) Magladery JW: Some observations on spinal reflexes in man. *Pflugers Archiv Bd* **261**: 302-321, 1955.
- 17) Molt JT, Poulos DA, et al: Evaluation of experimental spinal cord injury by measuring spontaneous spinal cord potentials. *J Neurosurg* **48**: 985-992, 1978.
- 18) Pool JL: Electrospino-graph (ESG) —spinal cord action potentials recorded from a paraplegic patient. *J Neurosurg* **3**: 192-198, 1946.
- 19) Puletti F and Blomquist AJ: Single neuron activity in posterior columns of human spinal cord. *J Neurosurg* **255-259**, 1967.
- 20) 齋木勝彦, 服部 奨, 他: 脊髄波について, 一頸髄を中心に一. *中部整災誌* **20**: 304-306, 1977.
- 21) 齋木勝彦, 服部 奨, 他: 頸髄症における誘発脊

- 髄電位所見について. 日整会誌 **52**: 1323~1325, 1978.
- 22) Saiki K: Spinal evoked potential (SEP) obtained by stimulation on the median nerve—Experimental and clinical studies. J Jpn Orthop Ass **53**: 1893-1913, 1979.
- 23) 里見和彦: 体表面誘導による誘発脊髄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.
- 24) Sawa M: Spontaneous electrical activities obtained from human spinal cord. Folia psychiat Neurol Jap **2**: 165-176, 1947.
- 25) 下村彌彦: 脊髄電位の分析. 日本生理学雑誌 **18**: 728~733, 1956.
- 26) Shimoji K, Higashi H, et al: Epidural recoding of spinal electrogram in man. Electroenceph Clin Neurophysiol **30**: 236-239, 1971.
- 27) Shimoji K, Shimizu H, et al: Origin of somatosory evoked responses recorded from the cervical skin surface. J Neurosurg **48**: 980-984, 1978.
- 28) Shtark MB: On the biopotentials of the human spinal cord in the normal state and under pathological conditions. Fiziol Zh **8**: 120-127, 1962.
- 29) 玉置哲也, 山下武広, 他: 脊髄モニターリング法—動物実験による基礎的データを中心にして—, 脳波と筋電図 **1**: 196, 1972.
- 30) 玉置哲也, 小林英夫, 他: 誘発脊髄活動電位の臨床的応用. 整形外科 **28**: 681-689, 1977.
- 31) Tarlov IM: Acute spinal cord compression paralysis. J Neurosurg **36**: 10-20, 1972.
- 32) Therman PO: Transmission of impulses through the Burdach nucleus. J Neurophysiol **4**: 153-166, 1941.