

正中神経刺激による中潜時体性感覚誘発電位の研究

— 刺激条件（刺激強度，刺激頻度）の影響について —

新潟大学脳研究所脳神経外科学教室（主任：田中隆一教授）

本田吉穂

Effect of Stimulus Intensity and Stimulus Rate on
Middle-latency Somatosensory Evoked Potentials
after Median Nerve Stimulation in Man

Yoshiho HONDA

*Department of Neurosurgery, Brain Research Institute,
Niigata University
(Director: Prof. Ryuichi TANAKA)*

Effect of the stimulus intensity and the stimulus rate on middle-latency somatosensory evoked potentials (SEP) was studied in details. These were recorded over the parietal and central scalp after median nerve stimulation.

The amplitude of N32 and N60 recorded from the central scalp became maximum between 2.5 and 3 times sensory threshold. N20 recorded from the parietal scalp saturated at 3.5 times sensory threshold. The median nerve action potential recorded at the elbow required 4 times sensory threshold for its saturation. These findings suggest that N32 and N60 (middle-latency SEP) have more effective central nervous amplifying system than N20 (short-latency SEP).

When the stimulus rate decreased from 6.1Hz to 0.1Hz, we observed the amplitude of the N60 potential increased gradually and that N32 became two distinct peaks. These two peaks, N32a and N32b, could be clearly observed by the zero-phase-shift digital filtering.

These findings suggest that N32 and N60 are composites of multiple waves similar to FFP (fast frequency potentials), identified as several small wavelets over the ascending and descending phases of the major negative wave of "N20". These findings

Reprint requests to: Yoshiho HONDA,
Department of Neurosurgery, Brain
Research Institute, Niigata University,
1-757 Asahimachi-dori, Niigata 951,
JAPAN.

別刷請求先：〒951 新潟市旭町通1番町757
新潟大学脳研究所脳神経外科

本田吉穂

are compatible with the presence of polysynaptic network.

Key words: evoked potential, somatosensory evoked potential, middle latency, stimulus rate, stimulus intensity

誘発電位, 体性感覚誘発電位, 中潜時, 刺激頻度, 刺激強度

I. はじめに

体性感覚誘発電位の基礎的研究は1960年代にさかのぼる。当時はもっぱら中潜時・長潜時の高振幅電位をとりあつかっていたが、各個人間においても、また同一個人であっても、一回一回の反応に変動があり再現性が悪いためになかなか臨床応用されなかった。これには、神経生理学および解剖学的メカニズムがいまだにはっきりと判明していない事、方法論が確立されていない事、意識、刺激方法、薬物、など波形に影響を与える要因がかなり多い事などが、その理由としてあげられる。一方、短潜時体性感覚誘発電位は各種のパラメーターに左右されることなく安定して記録され、かつ各頂点の解剖学的起源についてもおおむね意見の一致がみられるため、その臨床応用が急速に普及した¹⁾⁻⁹⁾。また、被験者に特定の感覚刺激を与え、それを認知、識別させ、一定の課題を与えた場合に出現する陽性電位であるP300は、長潜時成分の中でも現在唯一臨床応用がされている成分で¹⁰⁾、脳の高次機能の解析に有用であり、最近では精神科領域や痴呆の検査によく用いられている。しかし、P300以外の中潜時・長潜時電位の臨床応用に関する報告は今までにはほとんど無い。

中潜時体性感覚誘発電位は、上肢の感覚神経を刺激して得られる体性感覚誘発電位のうち第一陰性波(N20)以降100 msecまでの潜時で出現する電位である。Desmedtらによれば¹¹⁾、中潜時電位は大脳における最初の知覚認知に関係する事象関連電位の一つであるという。短潜時体性感覚誘発電位に関する多くの研究から、N20のgeneratorは頭頂葉体性感覚皮質にあると考えられている事から、これに続く中潜時電位は、刺激と対側の頭頂葉体性感覚皮質近傍の大脳連合野で誘発される皮質起源の近接電場電位と考えられ、その解剖学的起源や神経生理学的メカニズムの検討をおこなう事は、知覚認知を研究する上で重要である。今回著者は、刺激条件、刺激方法の変化が中潜時体性感覚誘発電位に及ぼす影響について検討し、示唆に富む結果を得たので考察を加えて報告する。

II. 方 法

1. 中潜時体性感覚誘発電位の記録法

記録電極はモントリオール型の皿型の銀塩化銀電極を用い、国際10-20法に従って、F3, C3, P3にコロジオンで固定し、ECGゲルを満した。両耳朶にも同様に電極を固定し、連結して基準電極とした。各電極のインピーダンスは5キロオーム以下とした。また、正中神経活動電位を双極導出で記録するために刺激側の肘部の正中神経上の皮膚に3 cm間隔で2個の同様の皿電極を固定した。被験者はベッド上に臥床し、覚醒状態を維持するために、音楽を聞かせながら閉眼安静とした。被験者は検査の間はview windowを通して観察でき、覚醒状態は脳波をモニターすることにより確認した。

記録はニコレー・パスファインダーを用いて、filter bandpass 1.5-3000 Hzで行った。

2. 刺激方法と神経条件の設定

刺激電極は直径7 mmの円板電極で、手関節部正中神経上に、3 cmの間隔でcathodeが中枢側になるように設置した。持続時間0.1 msecの矩形波で刺激した。

1) 刺激強度(stimulus intensity)の影響

刺激頻度を3.7 Hzに固定し、刺激強度を感覚閾値(S; sensory threshold)から、その6倍まで、0.5倍毎に変化させた。この間、感覚閾値は検査中何回か測定し、変化のないことを確認した。それぞれの刺激強度で500回加算して記録し、再現性を確認するためにそれぞれ2回ずつ施行した。運動閾値の検討は、被験者により感覚閾値との関係が一定せず、今回の研究の対象から外した。

被験者は正常な健康成人6人(全例男性)で、年齢は31才から45才、平均年齢は38才であった。

2) 刺激頻度(stimulus rate)の影響

刺激強度を感覚閾値の3倍に固定し、刺激頻度を0.1 Hz, 0.3 Hz, 0.7 Hz, 1.1 Hz, 2.1 Hz, 3.1 Hz, 5.1 Hz, 6.1 Hzと変化させた。

被験者は正常な健康成人7人(男6人, 女1人)で、年齢は31才から49才、平均年齢は37才であった。覚醒状

態を一定に保つため、また、それぞれの刺激条件での反応をできるだけ一定条件下で記録するために、加算は50回を一回として、各々10回施行し、奇数回および偶数回の加算を後で加算して250回加算の double trace として、再現性を確認し検討した。

III. 結 果

1. 刺激強度の変化が中潜時体性感覚誘発電位に及ぼす影響

刺激強度を、感覚閾値から、その0.5倍ずつ変化させていくと、1.5Sで7人中5人、2S、2.5Sでそれぞれ1人の正中神経活動電位が測定可能になった。N20は、1.5Sで5人が、2Sで2人が測定可能になった。N32

は、1.5Sで全員が測定可能になった。N60は1.5Sで5人が、2Sで2人が測定可能になった。その後、それぞれの波は、刺激強度の増大に伴い振幅は徐々に増大したが、ある刺激強度以上で一定しそれ以上増大しなくなった。

代表例を Fig. 1 に示す。刺激強度を感覚閾値から、その0.5倍ずつ変化させて縦軸に表示し、正中神経活動電位、P3でのN20、C3でのN32およびN60の各刺激強度での波形の変化を比較している。この例では、左列の正中神経活動電位は感覚閾値の2倍以上で測定可能になり、中央の列の短潜時成分のN20や、右列の中潜時成分のN32やN60は、感覚閾値の1.5倍からすでに出現している。それぞれの波は刺激強度の増大とともに、次第に振幅が増大し、中潜時成分は3S以上で、短潜時成分は3.5S以上で、正中神経活動電位は4.5S以上で、振幅が一定した。

被験者7人の、それぞれの波の振幅の変化を表したのが Fig. 2 である。それぞれの波形の振幅は、先行する陽性波から、すなわちN20の振幅はP14から、N32はP23から、N60はP40から測定した。横軸で刺激強度の変化を表し、縦軸に振幅の変化を、感覚閾値の4.5倍での振幅を100%として表した。中潜時成分のN32とN60が感覚閾値の2.5~3倍でまず飽和し、次に短潜時成分のN20が感覚閾値の3.5倍で飽和した。最後に末梢神経活動電位である正中神経活動電位が感覚閾値の4倍で飽和した。

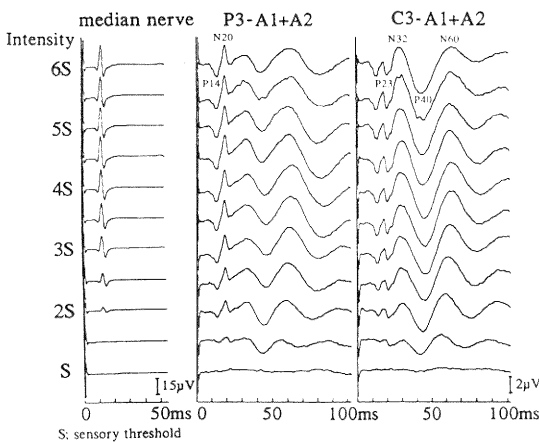


Fig. 1 Changes in SEP and median nerve action potential with progressive increase of stimulus intensity in a normal subject. The left array shows the median nerve action potential recorded from median nerve above the elbow. The middle one shows the middle-latency SEPs, P14-N20, recorded from P3 referred to linked earlobes. The right one shows the middle latency SEPs, P23-N32 and P40-N60, recorded from C3. As the increase of stimulus intensity, all peaks gradually increased, but the saturation differed depending on the components. Note that the SEP can be observed even at the 1.5 times sensory threshold, when the peripheral nerve action potential can not be recorded.

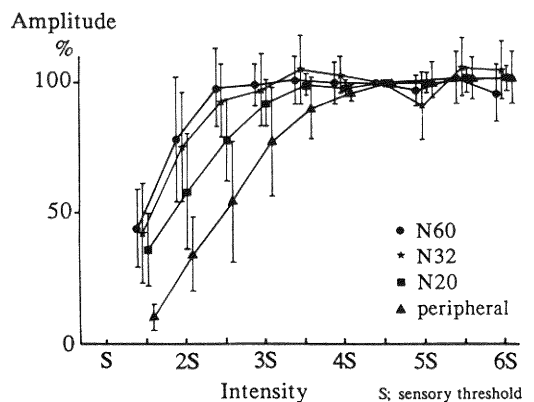


Fig. 2 Mean amplitude of each component was plotted against stimulus intensity. The amplitude at each intensity was expressed as a percentage of the amplitude at 4.5 times sensory threshold.

2. 刺激頻度の変化が中潜時性感覚誘発電位に及ぼす影響

刺激頻度が低いと N32 が二峰性となり、刺激頻度が高くなるにつれて、この二つの波が一つになって N32 となった。また、N60 は刺激頻度が低いほど振幅が高く、刺激頻度が高くなるにつれて振幅が低くなった。これらの所見は被験者全例で認められた (Fig. 3)。

被験者7人中、代表的な2例を示したのが Fig. 4 である。

データ全体の示す傾向をはっきりさせるために、被験者7人の Grand mean をとったのが Fig. 5-A である。刺激頻度が低いところでの N32 の二峰化、N60 の高振幅化が明瞭である。さらに、Grand mean の波形に 60-800 Hz で zero-phase-shift digital filter をかけると、Fig. 5-B のごとく、N32 の二峰化はさらに

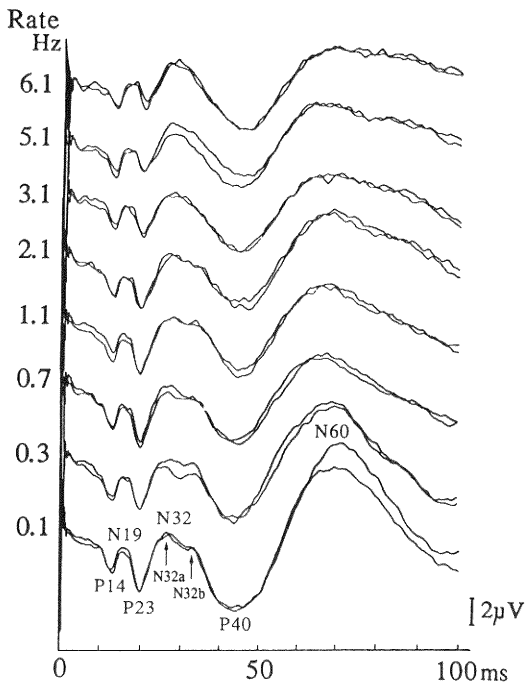


Fig. 3 Series of two superimposed SEPs elicited by median nerve stimulation with progressive increments of stimulus rate. The stimulus intensity was 3 times sensory threshold. As the stimulus rate decreased from 6.1 Hz to 0.1 Hz, N32 splitted into two distinct peaks, N32a and N32b, and the amplitude of the N60 potential increased progressively.

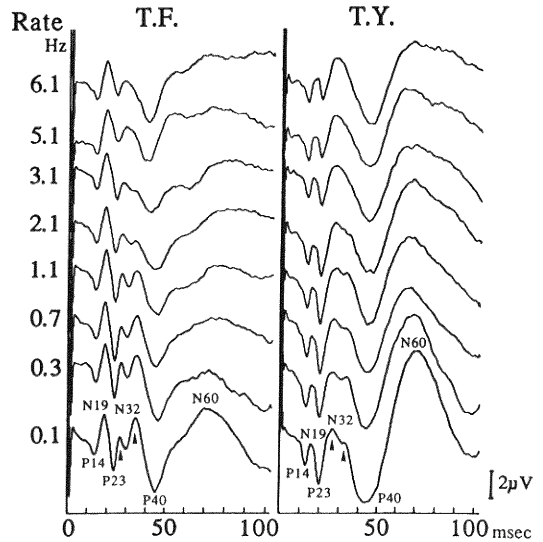


Fig. 4 Typical series of SEPs with progressive increments of stimulus rate in two normal subjects. Each response was obtained with 500 summations.

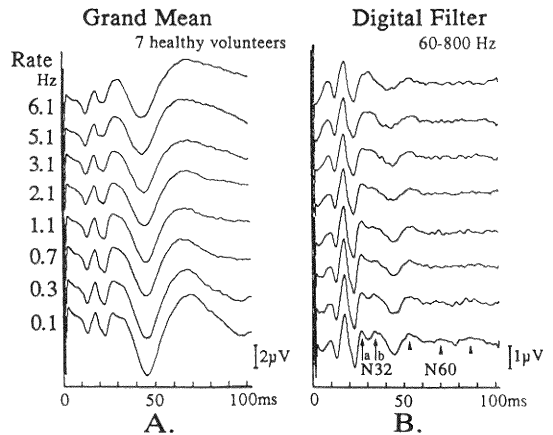


Fig. 5 Series of grand mean averages of SEPs from 7 subjects with progressive increments of stimulus rate, original tracing in A and digitally filtered tracing in B. With the slower rate of stimuli, N32 has two distinct peaks, N32a and N32b, and the amplitude of the N60 potential is higher than with faster stimulus rate. These two peaks, N32a and N32b, can be clearly observed by the zero-phase-shift digital filtering. N60 consists of three waves revealed by the digital filtering.

明瞭になった。二峰化した N32 を潜時の早い成分から N32a, N32b とすると、被験者 7 人の, digital filtering された波形から、それぞれの潜時は N32a が 26.5 ± 1.1 msec で、N32b が 34.6 ± 2.8 msec であった。また、N60 は三つの成分に分離された。

IV. 考 察

短潜時体性感覚誘発電位に関しては、1971 年 Desmedt により記録されて以来、数多くの報告がある。短潜時体性感覚誘発電位は、どのような意識状態でも比較的安定して得られ、薬物などの各種のパラメーターの影響も受けにくいことから、近年では臨床応用が一般的になった。しかし、それ以降の中潜時・長潜時電位に関しては、薬物、意識状態など、その波形に影響を与えるパラメーターが多く存在し、再現性が悪く、個人差も大きいことから、それらの臨床応用は普及していない¹²⁾。

N32 や N60 に影響を及ぼす意識状態、温度変化、薬物などのパラメーターに関する報告は多く、睡眠や mental activity¹³⁾、体温¹⁴⁾⁻¹⁶⁾、刺激側の手指や手の動き¹⁷⁾、薬物¹⁸⁾⁻²¹⁾などに影響されるという。また、認識できるほど影響する要因がなくても、潜時や振幅に、試行間での変動が同一被験者でもみられるという¹²⁾。このように、中潜時電位は多くのパラメーターに左右される不安定な電位であるため、今回の研究においては、一定の覚醒状態である事を脳波をモニターして確認し、室温を一定に保ち、かつ試行間での変動をできるだけ少なくするために、短時間での記録を何回か試行し、その奇数回および偶数回の記録を後で加算するという方法を取り、再現性のある中潜時電位の測定を行うことができた。このような測定方法が、中潜時電位の測定には有用と考えられる。

刺激強度に関しては、Eisen らの central amplification という概念が一般的に知られている²²⁾。彼らは、感覚神経活動電位が記録されない刺激強度でも、体性感覚誘発電位が記録されることから、中枢神経系の増幅機構 (central amplification) が存在することを示唆した。Tsuji らは²³⁾ Eisen らと同様な現象を後脛骨神経刺激での体性感覚誘発電位で観察した。Yamada らは²⁴⁾、Tourniquet による上肢虚血の体性感覚誘発電位に及ぼす影響を調べ、末梢の虚血により短潜時電位 (P9, P14, N18) と末梢神経活動電位 (Erb 点電位) が消失しても、中潜時電位 (P22, N30, P40, N60) が導出できる事を示した。これは、中潜時電位が短潜時電位よりも大きな contral amplification を有しているという事を示唆し

ている。従来報告と本研究の結果から、末梢神経活動電位は sensory impulse と運動神経の antidromic impulse とを記録しているために直線的な振幅の増大がみられ、大脳皮質では多くの synapse を介した分、振幅の増大が大きく、それが central amplification の機序と考えられる。また、後期成分ほど、より多くの synapse が関与しているために、より強い central amplification を有しているものと推察される。

刺激頻度が N32, N60 の波形に及ぼす影響に関する報告は無いが、低頻度刺激で N32 が二峰化し、高頻度刺激になると、この二つの波が一つになって N32 になることは、Grand mean の波形で明らかである。さらに zero-phase-shift digital filter を用いると、この事はよりはっきりしてくる。digital filtering は latency shift を生ずることがないから、原波形をみるのには適している²⁵⁾²⁶⁾。digital filtering の波形からは、N32 は N32a, N32b という二つの波に分離され、刺激頻度が大きくなるにつれて、この二つの波が合成されることにより、N32 という単一の波形を形成するものと考えられる。特に、実際の臨床で使用される 3 Hz ないし 4 Hz の刺激頻度では、N32 は単一の波形に見えるために、今まで N32 の subcomponents についての報告が無いものと推察される。N32 と同様に、N60 は Digital filter をかけると三つの波に分離され、かつ、刺激頻度を増大していくと、この中でも最も潜時の早い波が最後まで残り、それより潜時の遅い波が 0.7 Hz 以上の刺激頻度では消えていくように見える。そのために N60 の振幅は低頻度刺激で大きくなり、高頻度刺激で小さくなるものと考えられる。以上のように、N32 は少なくとも二つの波の、N60 は少なくとも三つの波の合成波であると考えられる。

一般的には、神経系には不応期が存在するために、刺激頻度が大きくなると潜時の長い波ほど抑制される。Allison²⁷⁾、Uttal²⁸⁾ らの二連刺激による回復曲線の研究から、中潜時電位の導出には 1 秒以上のランダム間隔刺激が望ましい事が報告されている。今回の研究の結果、1 Hz 以下の低頻度刺激で N32, N60 が複数の成分に分離された原因には、刺激間の干渉から生じる抑制効果の解除が考えられる。しかし、高頻度刺激で N60 の中の遅い成分が消失し、早い成分が残る事はこれで説明ができるが、N32 の 2 つの成分はこのようには変化しないので、これだけでは説明できない。

ところで、正中神経刺激後の第一陰性波である N20 の上行脚ならびに下行脚には、FFP (fast frequency

potential) と称される, いくつかの小さな波が見いだされる. Yamada らの睡眠時の FFP の変化の研究²⁹⁾, Emori ら³⁰⁾ の FFP の回復曲線を用いた研究から, N20 は複数の電位の合成波であると考えられたが, 本研究の刺激頻度の中潜時電位に及ぼす影響から, N32, N60 も, N20 における FFP 同様, とともに複数の波の合成波であり, N32, N60 の subcomponents は, 密に存在する polysynaptic network から generate されているものと考えられる. この事が, N32 の2つの subcomponents が不応期からだけでは説明できない変化をする理由と考えられる.

中潜時電位の起源に関し, Desmedt らは, P40, N60, P100 を大脳における信号の選択と認識に関する事象関連電位であると報告した¹¹⁾. Colon によると, N32, N60 は共に対側の頭頂葉体性感覚皮質から記録されるが, N32 よりも N60 の方が若干広い範囲で記録され, さらに N60 以降に出現する成分は, より広範囲に分布しており, かつ両側性に記録されるという³¹⁾. Yamada からも topographic study から, N32 と N60 が異なった性格の電位であることを示している¹⁴⁾. したがって, N32, N60 の generator はそれぞれ別で, 大脳皮質感覚野近傍の大脳皮質連合野にあると考えられる^{5), 32), 33)}. 刺激頻度に対する N32, N60 のそれぞれの異なった変化の仕方, この説を支持している.

以上の様に, 今回の刺激強度および刺激頻度が中潜時体性感覚誘発電位に及ぼす影響の研究からは, polysynaptic network の関与が考えられ, この事が中潜時電位が意識レベルや刺激方法, 薬物など様々な要因で影響される不安定な波である原因になっているものと考えられる.

V. 結 語

中潜時体性感覚誘発電位 N32, N60 に対する刺激強度, 刺激頻度の及ぼす影響を検討した.

刺激強度の変化に伴い, 中潜時電位 (N32, N60), 短潜時電位 (N20), 末梢神経活動電位の順で飽和した. 低頻度刺激で N32 は二峰化し, N60 は高振幅化した. zero-phase-shift digital filter をかけることにより, N32 は二つの波の合成波, N60 は三つの波の合成波であると考えられた.

刺激強度の変化に対するそれぞれの波の central amplification の違いや, 刺激頻度に対するそれぞれの波の変化から, N32, N60 は N20 の FFP 同様, 複数の波の合成波であり, これらの中潜時電位の subcomp-

onents は, 密接に存在する polysynaptic network から generate されていると考えられた.

稿を終えるにあたり, 御指導, 御校閲を賜りました田中隆一教授に深甚なる謝意を表すとともに, 直接御指導頂きましたアイオワ大学神経科臨床電気生理学教室山田徹教授に深謝申し上げます. さらに, 本研究を進めるにあたり絶えず協力して頂きました江守巧, 安原昭博, 安藤和正, 安藤宗治, 関要次郎, 斎藤貴徳, 松江克彦, 洲上達夫, 大西文明諸先生ならびに, 御助言を頂いた亀山茂樹講師に心から感謝します.

本論文の要旨は, 第19回日本脳波筋電図学会学術大会 (1989年, 岡山) で発表した.

参 考 文 献

- 1) Jones, S.J.: Short latency potentials recorded from the neck and scalp following median nerve stimulation in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **43**: 853~863, 1977.
- 2) Nakanishi, T., Shimada, Y., Sakuta, M. and Toyokura, Y.: The initial positive component of the scalp-recorded somatosensory evoked potential in normal subjects and in patients with neurological disorders. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **45**: 26~34, 1978.
- 3) Anziska, B.J. and Cracco, R.Q.: Short latency SEPs to median nerve stimulation: comparison of recording methods and origin of components. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **52**: 531~539, 1981.
- 4) Desmedt, J.E. and Cheron, G.: Non-cephalic reference recording of early somatosensory potentials to finger stimulation in adult or aging normal man: differentiation of widespread N18 and contralateral N20 from the prerolandic P22 and N30 components. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **52**: 553~570, 1981.
- 5) Mauguière, F., Desmedt, J.E. and Courjon, J.: Neural generators of N18 and P14 far-field somatosensory evoked potentials studied in patients with lesion of thalamus or thalamo-cortical radiations. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **56**: 283~292, 1983.

- 6) **Suzuki, I. and Mayanagi, Y.:** Intracranial recording of short latency somatosensory evoked potentials in man: identification of origin of each component. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **59**: 286~296, 1984.
- 7) **Emerson, R.G. and Pedley, T.A.:** Generator sources of median somatosensory evoked potentials. *J. Clin. Neurophysiol.*, **1**: 203~218, 1984.
- 8) **Hashimoto, I.:** Somatosensory evoked potentials from the human brain-stem: origins of short latency potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **57**: 221~227, 1984.
- 9) **Dinner, D.S., Lüders, H., Lesser, R.P. and Morris, H.H.:** Cortical generators of somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation. *Neurology*, **37**: 1141~1145, 1987.
- 10) 福田正人, 斉藤 治, 亀山知道, 平松謙一, 丹羽真一: P300 の臨床. *神経進歩*, **32**: 163~176, 1988.
- 11) **Desmedt, J.E., Huy, N.T. and Bourguet, M.:** The cognitive P40, N60 and P100 components of somatosensory evoked potentials and the earliest electrical signs of sensory processing in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **56**: 272~282, 1983.
- 12) 山田 徹, 栢森良二: 体性感覚誘発電位—その臨床応用. 西村書店, 新潟: p.40~43, 1986.
- 13) **Yamada, T.:** The anatomic and physiologic bases of median nerve somatosensory potentials. *Neurologic Clinics*, **6**: 705~733, 1986.
- 14) **Grundy, B.L.:** Monitoring of sensory evoked potentials during neurosurgical operations: methods and applications. *Neurosurgery*, **11**: 556~575, 1982.
- 15) **Markand, O.N., Warren, C.H., Moorthy, S.S., Stoelting, R.K. and King, R.D.:** Monitoring of multimodality evoked potentials during open heart surgery under hypothermia. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **59**: 432~440, 1984.
- 16) **Dubois, M., Coppola, R., Buchsbaum, M.S. and Lees, D.E.:** Somatosensory evoked potentials during whole body hyperthermia in humans. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **52**: 157~162, 1981.
- 17) **Abbruzzese, G., Ratto, S., Favale, E. and Abbruzzese, M.:** Proprioceptive modulation of somatosensory evoked potentials during active or passive finger movements in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, **44**: 942~949, 1981.
- 18) **Saletu, B.:** Cerebral evoked potentials in psychopharmacology. In: Desmedt, J.E., ed. *Auditory evoked potentials in man. Psychopharmacology correlates of evoked potentials.* Basel: Karger, p.175~207, 1977.
- 19) **Shagass, C.:** Evoked potentials in adult psychiatry. In: Hughes, J.R., Wilson, W.P., eds. *EEG and evoked potentials in psychiatry and behavioral neurology.* Butterworth: Woburn: p.169~210, 1983.
- 20) **Prevec, T.S.:** Effect of Valium on the somatosensory evoked potentials. In: Desmedt, J.E., ed. *Clinical uses of cerebral, brainstem and spinal somatosensory evoked potentials.* Basel: Karger: p.311~318, 1980.
- 21) **Newlon, P.G., Greenberg, R.P., Enas, G.C. and Becker, D.P.:** Effects of therapeutic pentobarbital coma on multimodality evoked potentials recorded from severely head-injured patients. *Neurosurgery*, **12**: 613~619, 1983.
- 22) **Eisen, A., Purves, S. and Hoirsch, M.:** Central nervous system amplification: Its potential in the diagnosis of early multiple sclerosis. *Neurology*, **32**: 359~364, 1982.
- 23) **Tsujii, S., Lüders, H., Dinner, D.S., Lesser, R.P. and Klem, G.:** Effect of stimulus intensity on subcortical and cortical somatosensory evoked potentials by posterior tibial nerve stimulation. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **59**: 229~237, 1984.
- 24) **Yamada, T., Muroga, T. and Kimura, J.:** Tourniquet-induced ischemia and somatosensory evoked potentials. *Neurology*, **31**: 1524~1529, 1981.
- 25) **Green, J.B., Nelson, A.V. and Michael, D.:** Digital zero-phase-shift filtering of short-latency somatosensory evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **63**: 384~388, 1986.
- 26) **Eisen, A., Roberts, K., Low, M., Hoirsch, M. and Lawrence, P.:** Questions regarding the

- sequential neural generator theory of the somatosensory evoked potential raised by digital filtering. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **59**: 388~395, 1984.
- 27) **Allison, T.**: Recovery functions of somatosensory evoked responses in man. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **14**: 331~343, 1962.
- 28) **Uttal, W.R. and Cook, L.**: Systematics of the evoked somatosensory cortical potential: A psychophysical-electrophysiological comparison. *Ann NY Acad Sci*, **112**: 60~80, 1964.
- 29) **Yamada, T., Kameyama, S., Fuchigami, Y., Nakazumi, Y., Dickins, Q.S. and Kimura, J.**: Changes of short latency somatosensory evoked potential in sleep. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **70**: 126~136, 1988.
- 30) **Emori, T., Yamada, T., Seki, Y., Yasuhara, A., Ando, K., Honda, Y., Leis, A. and Vachatanont, P.**: Recovery functions of fast frequency potentials in the initial negative wave of median SEP. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **78**: 116~123, 1991.
- 31) **Colon, E.J. and De Weerd, A.W.**: Long-latency somatosensory evoked potentials. *J. Clin. Neurophysiol.*, **3**: 279~296, 1986.
- 32) **Yamada, T., Kimura, J., Wilkinson, J.T. and Kayamori, R.**: Short-and long-latency median somatosensory evoked potentials. Findings in patients with localized neurological lesions. *Arch. Neurol.*, **40**: 215~220, 1983.
- 33) **Yamada, T., Kayamori, R., Kimura, J. and Beck, D.O.**: Topography of somatosensory evoked potentials after stimulation of the median nerve. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, **59**: 29~43, 1984.

(平成4年1月6日受付)
