

백서 하치조 신경 손상에 따른 감각 유발전위와 체성감각 유발전위의 변화에 관한 연구

원광대학교 치과대학 구강악안면외과학교실¹

원광대학교 치과대학 구강생리학교실²

우승철¹ · 김수남¹ · 이동근¹ · 천상우²

CHANGES OF SENSORY AND SOMATOSENSORY EVOKED POTENTIALS FOLLOWING A NEEDLE INJURY ON THE INFERIOR ALVEOLAR NERVE IN RATS

Seung-Chel Woo¹, Soo-Nam Kim¹, Dong-Keun Lee¹, Sang-Woo Cheun²

Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Wonkwang University¹

Dept. of Dental Physiology, School of Dentistry, Wonkwang University²

Dysfunction of the inferior alveolar nerve may result from trauma, diseases or iatrogenic injury. The development and refinement of an objective method to evaluate this clinical problem is highly desirable and needed, especially concerning for an increasing medico-legal issue. Evoked potential techniques have attracted considerable attention as a means of assessing the function and integrity of nerve pathways.

The purpose of this study was to characterize the Sensory Evoked Potentials(SEPs) and Somatosensory Evoked Potentials(SSEPs) elicited by electrical stimulation of mental nerve. SEPs and SSEPs were measured and analyzed statistically before and after needle injury on the inferior alveolar nerve of Sprague-Dawalye rats.

Measuring SEPs was more sensitive in evaluation of the recovery of sensory function from inferior alveolar nerve injury than measuring SSEPs but we measured SSEPs in the hope of providing a safe, simple and objective test to check oral and facial sensibility, which is acceptable to the patient.

We stimulated mental nerve after needle injury on the inferior alveolar nerve and SEPS on the level of mandibular foramen and SSEPs on the level of cerebral cortex were recorded. Threshold, amplitude, and latency of both of SEPs and SSEPs were analyzed.

The results were as follows :

1. Threshold of SEPs and SSEPs were $184 \pm 14 \mu A$ and $164 \pm 14 \mu A$ respectively.

2. SEPs were composed of 2 waves, i.e., N1, N2 in which N1 was conducted by II fibers and N2 was conducted by III fibers.
3. SSEPs were composed of 5 waves, of which N1 and N2 showed statistically significant changes ($p < 0.01$, unpaired t-test).
4. SEPs and SSEPs were observed to be abolished immediately after local anesthesia and recovered 30 minutes later.
5. SEPs were abolished immediately after needle injury. N1 of SSEPs was abolished immediately and amplitude of N2 was decreased ($20.7 \pm 12.2\%$) immediately after 23G needle injury, but N3, N4 and N5 did not change significantly. Recovery of waveform delayed 30 minutes in SEPs and 45 minutes in SSEPs.
6. The degree of decrease in amplitude of SEPs and SSEPs after 30G needle injury was smaller than those with 23G.

SEPs recorded on the level of mandibular foramen were thought to be reliable and useful in the assessment of the function of the inferior alveolar nerve after needle injury. Amplitude of SSEPs reflected the function and integrity of nerve and measuring them provided a safe, simple and objective test to check oral and facial sensibility.

These results suggest that measuring SEPs and SSEPs are meaningful methods for objective assessment in the diagnosis of nerve injury. N1 and N2 of SSEPs can be useful parameters for the evaluation of the nerve function following a needle injury.

Key word : Sensory Evoked Potentials, Somatosensory Evoked Potentials, Inferior Alveolar Nerve

I. 서 론

하치조 신경의 손상이나 결손 등에 의한 기능 이상은 악안면 골절과 같은 외상이나 악골 및 연조직에 발생한 낭종 및 종양 그리고 다발성 골경화증, 삼차신경통, 삼차신경초종, 삼차신경을 포함한 허혈성 뇌간 병소 등의 질환에 의하여 나타날 수 있다. 또한 하악 구치부 근 관치료, 하악의 악교정 수술, 하악치아 특히 제 3 대구치나 매복치의 발거, 낭종이나 종양의 외과적 적출술, 인공치아 매식 등에 의하여도 야기될 수 있다¹⁻¹⁰⁾.

다양한 원인에 따라 발생하는 신경 손상에 관하여 Seddon¹¹⁾은 신경실행(Neurapraxia), 축색절단(Axonotmesis), 신경단열(Neurotmesis)의 세 단계로 분류하였고, 이중 신경실행은 말초신경의 변성을 일으키지 않는 신경

마비를 나타내고, 축색절단은 손상받지 않은 말초신경 부위의 원심축의 피사와 신경섬유의 상실이 동반되는 왈러리안 변성(Wallerian degeneration)이 야기되며, 신경 단열은 신경섬유를 포함한 전체 신경간의 완전파괴를 나타낸다. Sunderland¹²⁾은 1도에서 5도 손상으로 분류하였으며 1도 손상은 신경실행, 2도 손상은 축색절단, 3도 손상에서 5도 손상은 신경단열에 해당된다.

하치조 신경 손상의 발생에 대한 Osborn 등¹³⁾의 보고에 의하면 하악 제 3 대구치나 매복치 발거 후의 손상과 관련된 신경감각 장애의 발생률은 감각소실율이 0.57%~5.3%에 이르고 이중 약 1%의 증례에서 영구적 감각소실을 나타냈다고 하였으며¹³⁻¹⁸⁾, 몇몇 연구자들은 하악지 시상 분할 골절단술시의 신경 손상에 대한 부작용에 관심이 많이 있다¹⁹⁻²⁹⁾. 권과 이²⁹⁾에

의하면 수술후 여러가지 합병증이 생길 수 있으며 이중 하순지각 마비가 71.8%로 가장 많은 비율을 차지하였고 특히 하악지 시상 분할 골절단술이나 Obwegeser II method를 이용한 하악 전돌증 환자 수술 후 많이 나타났다고 보고하였다. Turvery³⁰⁾는 악교정 수술후 가장 많이 발생하는 합병증은 신경 손상이라고 하였고 이 등³¹⁾은 135례의 환자중 14례에서 감각 이상이 있다고 하였으며, Behrman³²⁾은 하악골 수술의 24%가 하치조 신경의 지각이상을 보였다고 보고하였다. 신경 손상 예후에 관하여 McIntosh²⁵⁾는 술후 85%에서 신경 손상으로 하순 지각마비를 초래하였으나 1년후에는 9%로 감소하였고 Martis³³⁾는 술후 86.8%의 환자에서 감각이상이 발견되었으나 이중 96.2%가 감각이 돌아왔다고 보고하였다.

그러나 신경 손상에 대한 예상 지표가 있다면 자연적인 치유나 인위적 치료의 필요 여부를 결정하는데 큰 도움이 될 것이다. 신경 손상에 대한 평가는 틸넬트 증후법 등을 이용한 주관적 평가와 전기 생리적 방법을 이용한 객관적 방법이 있으며 주관적 평가는 신경 손상 회복의 정도를 통계적 수치로 나타내기에는 측정의 객관화에 여러 가지 어려움이 있다. 그러므로 신경 손상에 대한 예후를 환자의 감각정도로만 예측하였던 것은 주관적이므로 신경분석에 있어 객관적인 표준이 필요하게 되었다. 특히 신경 손상시 의료 사고와 연관된 의료 분쟁에 대한 문제의 해결에 있어서도 신경기능에 대한 객관적인 검사와 명확한 표준이 확립되므로 큰 도움이 될 것이다¹⁾.

신경 손상의 객관적 검사 방법으로서 하치조 신경에서 사용 할 수 있는 검사법은 말초신경을 전기 자극하여 전달된 활동전위를 해당 신경의 원심에서 측정하는 감각 유발전위(Sensory Evoked Potentials ; SEPs)와 가장 보편적으로 사용하는 체성감각 유발전위³⁴⁻³⁶⁾ (Somato Sensory Evoked Potentials ; SSEPs)로 유발전위 감시체계(evoked potential monitoring system)에 일부로서 말초신경을 전기나 자기자극 하였을 때 발생하는 신호가 중추부위신경계에 전달된 활동전위를 측정하는 것이다.

감각 유발전위의 사용 예는 팔과 다리에서 감각 신경 병소를 특정 부위로 국소화하고 병소를 찾아내기 위하여 전기적 진단법을 이용하였으며³⁰⁾, 체성감각 유발전위는 신경전도의 기능과 정도의 반영에 따라 간질이나 다발성 골경화증과 같은 여러가지 신경질환의 진단에 이용하고 있으며³⁷⁾, Bennett 등³⁷⁾은 삼차신경 체성감각 유발전위를 이용하여 제 3대구치 발거, 악교정술 등에 따르는 구상 악안면 감각신경 이상을 객관적으로 측정할 수 있다고 하였으며, Vriens와 Pasman³⁸⁾은 삼차신경 손상시 미세신경수술을 시행할 때 삼차신경기능의 객관적인 평가를 이루기 위해 체성감각 유발전위의 사용이 유용하다고 하였다. 이는 일반적인 신경 이상을 나타내는 증상을 가진 환자뿐만 아니라 체성감각 체계의 신경 이상이 의심스러운 환자를 검진하는 임상적 검사로서 널리 사용되며³⁹⁻⁴⁰⁾, 다른 분야에서의 연구에서 유⁴¹⁾는 백서의 좌골신경의 압케 손상 후 경골 신경으로부터 생긴 운동 유발 전위와 제 12 흉수로 부터 생긴 체성감각 유발전위를 기록하여 역시, 진폭, 잠복기를 분석하여 신경 손상에 따른 신경 기능을 평가에 이용하였으며, 운동 유발전위나 체성감각 유발전위를 동시 측정하는 것이 보다 정확한 방법이라고 보고 하였다.

하치조 신경에서 감각 유발전위를 사용하면 Jones 등¹⁾이 객관적인 신경 손상 평가를 위하여 감각 유발전위를 이용하여 정상인의 하치조신경을 이공부위에서 자극하고 하악공 부위에서 활동전위를 측정하여 객관적인 신경 손상 평가를 할 수 있었고 삼차신경의 말초병소의 확인, 발치, 외상, 악교정 수술, 종양제거 수술 등에서 볼 수 있는 하치조 신경 손상의 진단과 평가에 유용한 보조수단으로 이용할 수 있다고 하였으며, 몇몇의 연구에서는 실험동물에서 실험적 손상에 의한 하치조 신경 기능을 평가하는 방법으로 전기적 진단법을 사용한 바 있다^{25, 32-35, 42-45)}.

하치조 신경에서의 체성감각 유발전위는 Barker 등⁴⁶⁾이 체성감각 유발전위를 이용하여 제 3대구치의 발거등으로 악안면 영역에서 야기 될 수 있는 악안면 감각 소실의 임상적 평가에

유용하다고 하였다.

하치조 신경에서 감각 유발전위의 측정은 정확성은 있지만 하악공 부위에서 기록을 해야 하므로 측정을 위해 불필요한 손상을 주어야 하며, 체성감각 유발전위는 불필요한 운동신경이나 근섬유의 활성화에 의한 오차의 가능성이 있지만 기록의 용이함이 있다. 따라서 하치조 신경 손상에서 체성감각 유발전위의 측정이 유의성이 있다면 감각 유발전위를 대체할 수 있는 유용한 평가 방법이 될 수 있을 것으로 여겨진다.

이에 본 저자는 백서 하치조 신경에 주사침을 이용한 손상을 주어 감각 유발전위와 체성감각 유발전위를 측정하여 각 경우의 전도 파형을 상호 비교 분석하므로 유발전위를 이용한 신경 손상의 평가와 예후의 판단에 객관적 지표의 가능성을 확인하고자 본 연구를 시행하여 유의한 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 실험을 위하여 체중 250~300g 정도의 Sprague - Dawley계 백서 48마리를 암수 구별없이 사용하였다. 실험의 표준화를 위하여 실험전 10일 정도를 동일 조건하에서 시판되는 고형 사료를 이용하여 사육하였다. 가막 유발전위와 체성감각 유발전위에서 각 7마리씩 정상상태를 대조군으로 하였으며 국소 마취제의 효과를 보기위하여 감각 유발전위와 체성감각 유발전위에서 각 3마리씩을 사용하였고 실험군으로 손상 후 감각 유발전위를 위하여 손상용 사용침 30 Gauge (30G), 23 Gauge (23G)에 따라 각 7마리씩과 손상 후 체성감각 유발전위를 위하여 손상용 사용침 30G, 23G에 따라 각 7마리씩을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 하치조 신경 손상

각 실험동물은 chloral hydrate (100mg/kg, i.p.)로 마취하였으며 기관지의 분비물을 감소시킬 목적으로 atropine sulfate (1mg/kg)를

근육내 투여하고 호흡을 용이하게 할 목적으로 기관을 절개하였으며, 혈압 측정을 위하여 대퇴동맥에 미세관을 삽입하였다. 근육으로부터 발생되는 유발전위를 없애기 위해 pancuronium (7mg/kg)을 투여하여 근이완을 시켰으며 인공 호흡기를 부착하고 마취가 유지되는 동안 안정된 상태를 얻기 위하여 체온을 36~37°C로 유지하였다.

전신 마취된 실험용 백서에서 이공(mental foramen) 부위의 구강 점막을 절개하고 이신경에 손상을 주지 않도록 조심하여 주위 조직을 박리하고 이신경을 노출시켰다. 노출된 이신경을 다음의 방법에 의하여 손상을 주었다.

국소 마취군 : 국소 마취용액이 유발전위의 변화에 영향을 주는지 확인 하기 위하여 Lidocaine 국소 마취후 감각 유발전위와 체성감각 유발전위를 측정 하였다.

감각 유발전위군 : 자극전극과 이공사이의 이신경에 30G 치과용 주사침과 23G 치과용 주사침으로 신경중심을 관통하여 손상을 가하였다.

체성감각 유발전위군 : 자극 전극과 이공사이의 이신경에 30G 치과용 주사침과 23G 치과용 주사침으로 신경 중심을 관통하여 손상을 가하였다.

2) 유발전위 발생

마취상태에서 이공부위의 점막을 절개하고 이신경을 손상없이 박리한 후 음극 전극을 신경에 위치시키고 음극 전극의 2mm 후방에 양극 전극을 위치시켜 자극 하였다(그림 1).

자극용 전극은 자극기(Grass s48 : Grass Instrument Co, Quincy, MA)의 isolator (Grass PSIU6 : Grass Instrument Co, Quincy, MA)에 연결하여 자극하였으며 이때의 자극 강도 및 자극 폭은 각각 0.1mA~0.3mA, 0.1 milli second (ms), 1Hz의 자극을 사용하였다. 자극 강도 변화에 따른 유발전위를 관찰할 목적으로 역치 자극 강도의 1.5배 (1.5T), 2배 (2T), 3배 (3T)의 강도로 전기 자극하였다.

손상에 의한 유발전위의 변화를 관찰하기 위해서는 2T의 자극을 이용하였다.

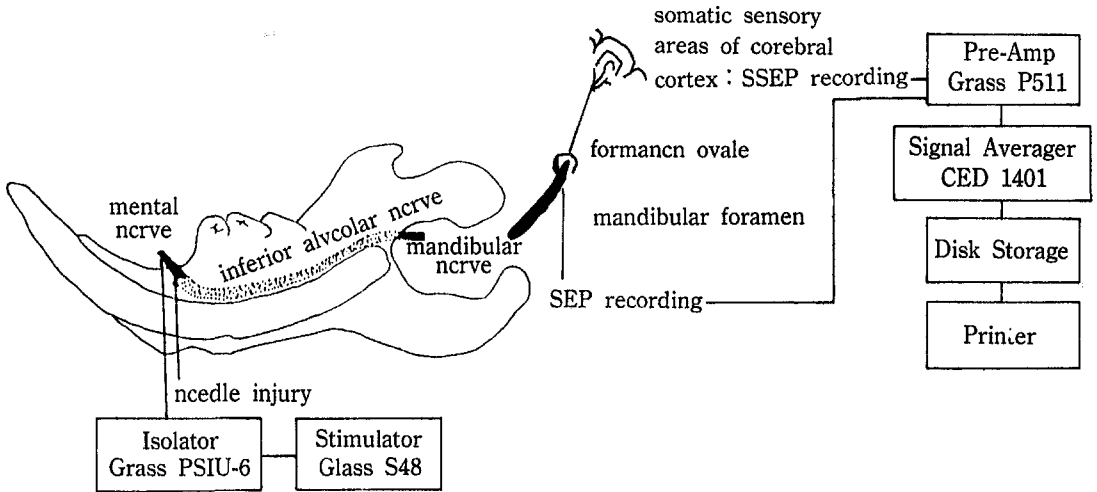


그림 1. 백서에서 감각 유발전위와 체성감각 유발전위를 자극 및 기록하는 실험모식도

3) 감각 유발전위와 체성감각 유발전위의 기록

감각 유발전위 기록을 위해서 동물을 양와위 (supine position)로 고정장치에 고정한 후 하악골 우측 부위의 조직을 절개하였다. 수술 현미경하에서 내측 익돌근을 절개하고 그 하방에 있는 하악신경을 노출시켰다. 감각 유발전위의 기록을 위해 끝이 2mm 노출되고 나머지는 teflon으로 피복된 한쌍의 은전극 (silver electrode : 직경 0.01 \times)을 하악신경에 위치시켜 손상직후에서 손상후 60분까지 매 15분마다 기록하였다.

체성감각 유발전위를 기록하기 위해 실험동물을 뇌정위장치 (stereotaxic frame, Narishige Co.)에 고정한 후 두피를 절개하고 두개골전정 (bregma)에서 후방으로 8mm 측방으로 4mm 부위 양측에 치과용 drill로 두개골을 천공하여 기록용 전극으로 불전극 (Silver ball electrode ; 직경 : 1mm)을 삽입하였고 접지전극은 목근육에 21Gauge (21G) 주사침을 이용하여 삽입하였다.

이신경 자극에 의해서 발생한 감각 유발전위와 체성감각 유발전위는 기록용 전극을 통하여 증폭기 (Grass 511 : Grass Instrument Co, Quincy, MA)에서 20,000배 증폭시킨 후 3Hz-3KHz로 여과하여 16 channel signal averager

(CED 1401)를 이용하여 컴퓨터에 저장하였고 각 유발전위는 이신경을 50회 자극하여 얻은 결과를 평균하였다. 각 유발전위의 변화는 손상 직후에서 손상후 60분까지 매 15분마다 기록하였다.

4) 유발전위의 분석

감각 유발전위의 분석은 실험후 컴퓨터에 저장된 실험결과를 재추출하여 각 파형들의 진폭과 잠복기를 분석하였다. 이때 잠복기는 자극 시작점부터 각 파형이 최저점까지의 시간으로 정의하였고, 유발전위의 크기는 각 파형의 최저점에서 최고점까지의 높이를 계산하여 μ V로 환산하였다. 신경 손상에 의한 유발전위의 변화는 정상 신경의 잠복기 및 진폭에 대한 손상 후 변화를 백분율로 환산하여 계산하였다.

체성감각 유발전위의 분석도 감각 유발전위의 분석과 같은 방법을 이용하여 분석하였으며 실험결과의 분석은 Unpaired t-test를 사용하였다.

III. 연구 성적

1. 정상 감각 유발전위

정상 백서의 하치조신경의 감각 유발전위는 역치 자극 강도 ($1T = 184 \pm 14 \mu$ A)에서 0.9 ± 0.1 ms의 잠복기를 갖는 첫번째 파형 (N1)이 출현

하였고, 2T의 자극 강도에서 $2.0 \pm 0.6\text{ms}$ 의 잠복기를 갖는 파형(N2)이 출현하였다(그림 2).

각 파형에서 진폭의 크기는 n1이 N2보다 컸으며 2T일 때 N1의 파형의 크기는 $6.3 \pm 1.2 \mu\text{V}$ 로 나타났다. 2T에서 N1의 전도속도는 $21.3 \pm 0.7\text{m/sec}$ 이며 감각신경 II형으로 생각되며 n2의 전도속도는 $10.1 \pm 0.8\text{m/sec}$ 로 감각신경 III형으로 추정된다.

2. 정상 백서의 체성감각 유발전위

정상 백서에서 체성감각 유발전위는 감각

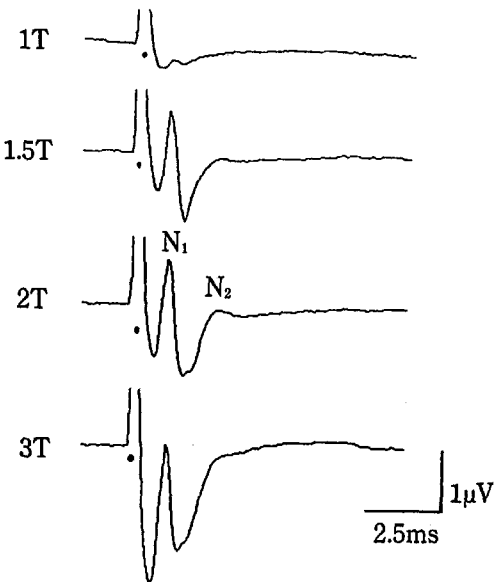


그림 2. 백서 하치조 신경을 자극하여 하악골에서 기록한 감각 유발전위: 1T는 역치 자극강도($184 \pm 14\mu\text{A}$, 0.1ms)로 1.5T, 2T, 3T는 역치 강도의 1.5, 2, 3배를 나타냄. N1, N2는 첫번째와 두번째 파형을 나타냄. 점(·)은 자극에 의한 인공물(artifact)이다.

유발전위보다 낮은 역치자극 강도($1T=168 \pm 14\mu\text{A}$)에서 출현하였으며 N1, N2, N3, N4, N5의 다섯개의 파형에서 출현하였다. 체성감각 유발전위의 경우 대부분 N1의 경우 두개의 파형으로 N1-1과 N1-2로 기록되었으며 N2에서는 70% 정도가 N2-1, N2-2 두개의 파형으로 나타났다. 이들 각 파형의 잠복기는 2T에서 N1-1은 1.3ms , N1-2는 2.2ms , N2-1은 4.1ms , N2-2는 5.4ms , N3는 12.3ms , N4는 21.7ms , N5는 37.6ms 로 나타났다. 각 파형의 크기에 있어서는 N1-1이 $2.7\mu\text{V}$ 로 가장 크게 나타났고 N4가 $0.4\mu\text{V}$ 로 가장 작았다(그림 3, 표 1).

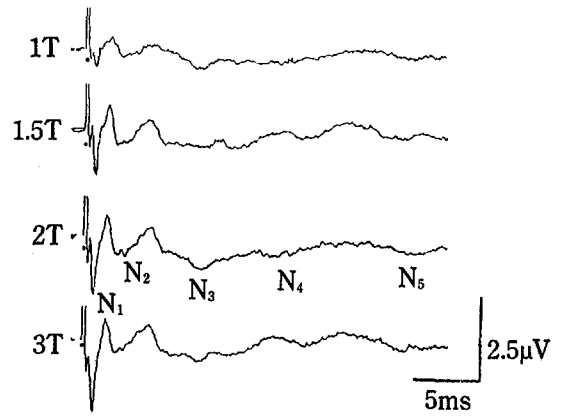


그림 3. 백서의 하치조 신경 자극에 의한 하치조 신경의 체성감각 유발전위 1T는 역치 강도($168 \pm 1\mu\text{V}$, 0.1ms)로 1.5T, 2T, 3T는 역치강도의 1.5, 2, 3배를 나타냄. N1, N2, N3, N4, N5는 첫번째, 두번째, 세번째, 네번째, 다섯번째 파형을 나타냈다. 점(·)은 자극에 의한 인공물(artifact)이다. 모든 기록은 평균 50회의 자극을 얻은 것을 평균으로 나타냈다.

표 1. 백서 하치조 신경에서 2T일때 체성감각 유발전위의 잠복기와 진폭(mean \pm SE, n=7)

	N ₁		N ₂		N ₃	N ₄	N ₅
	N ₁₋₁	N ₁₋₂	N ₂₋₁	N ₂₋₂			
잠복기(ms)	1.3 ± 0.1	2.2 ± 0.1	4.1 ± 0.1	5.4 ± 0.2	12.3 ± 0.2	21.7 ± 0.7	37.6 ± 1.7
진폭(μV)	2.7 ± 0.3	0.9 ± 0.3	0.9 ± 0.2	0.9 ± 0.2	1.6 ± 0.1	0.397 ± 0.0	0.83 ± 0.1

3. 국소마취제(Lidocaine)에 의한 감각 유발전위와 체성감각 유발전위의 변화

Lidocaine에 의한 유발전위의 변화 양상을 관찰할 목적으로 하치조 신경에 국소마취제를 투여한 후 시간에 따른 유발전위의 변화를 관찰하였다. 감각 유발전위의 변화는 Lidocaine 투여 직후부터 유발전위가 소실되었으며 체성감각 유발전위의 변화는 Lidocaine 투여 후 유발전위가 감소하기 시작하여 5분 후에는 완전히 소실되었다. 시간이 경과함에 따라 유발전위의 소실 효과는 점차 감소되어 30분 후에 약간 회복되었고 1시간 후에는 체성감각 유발전위의 경우 거의 정상으로 회복되었고 1시간 30분 후에는 감각 유발전위의 경우 거의 정상으로 회복되었다(그림 4).

4. 신경 손상에 의한 감각 유발전위의 변화

1) 30G 주사침 손상 후 감각 유발전위의

변화

30G 주사침을 이용하여 하치조 신경을 관통하여 손상을 준 후 관찰한 결과 감각 유발전위에 있어서 N1의 잠복기의 변화는 손상전에 상태에 비해 백분율로 환산해서 손상 직후에 111.5, 손상 5분 후 110.5, 손상15분 후 108.2, 손상 30분 후 108.8, 손상 45분 후 111.2로 나타났으며 진폭의 변화는 손상직후 69.2, 손상 5분후 80.0, 손상 15분 후 83.1, 손상 30분 후 86.0, 손상 45분 후 86.6으로 나타났다(표2, 그림 5).

2) 23G 주사침 손상 후 감각 유발전위의 변화

23G 주사침을 이용하여 신경 손상을 준 경우에는 N1의 잠복기 변화가 손상 직후에 127.1, 손상 5분 후 126.2, 손상 15분 후 120.0, 손상 30분 후 114.2, 손상 45분 후 112.6으로 나타났다. N1의 진폭의 변화는 손상 직후에 26.8, 손상 5분 후 45.2, 손상 15분 후 44.1, 손상 30분 후 54.2, 손상45분 후 59.9로 나타났다(표 3,

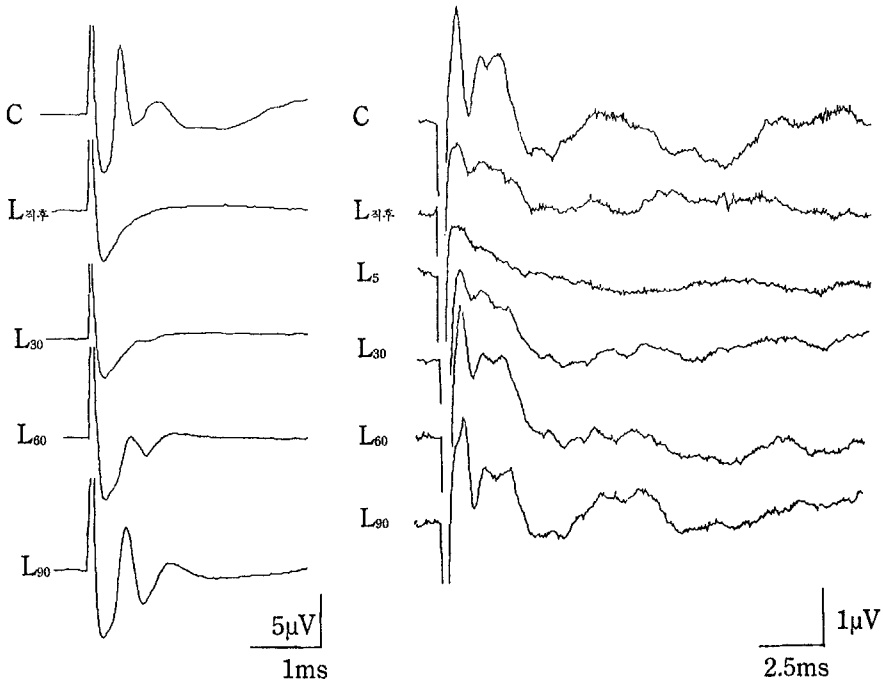


그림 4. 백서 하치조 신경에서 감각 유발전위와 체성감각 유발전위에서 lidocaine 투여의 효과

C : Lidocaine 투여 전, L직후 : 투여 직후, L5 : 투여 5분후, L30 : 투여 30분후, L60 : 투여 1시간후, L90 : 투여 1시간30분후, 자극 강도는 2T

표 2. 백서 하치조 신경에서 30G 주사침으로 신경 손상 후 감각 유발전위의 N1 파형의 잠복기와 진폭의 변화(%) (mean±SE, n=7)

	손상직후	5분	15분	30분	45분
잠복기(%)	111.5±4.3*	110.5±4.9*	108.2±3.9	108.8±4.5	111.2±6.8
진폭(%)	69.2±9.4**	80.8±6.8*	83.1±7.5	86.0±5.7*	86.6±15.2

* : P<0.05 significant ** : P<0.01

표 3. 백서 하치조 신경에서 23G 주사침으로 신경 손상 후 감각 유발전위의 N1 파형의 잠복기와 진폭의 변화(%) (mean±SE, n=7)

	손상직후	5분	15분	30분	45분
잠복기(%)	127.1±6.9**	126.2±6.7**	120.0±5.1**	114.2±5.3**	112.6±3.5**
진폭(%)	26.8±10.1**	45.7±6.2**	44.1±12.6**	54.2±10.3**	59.9±9.6**

* : P<0.05 significant ** : P<0.01

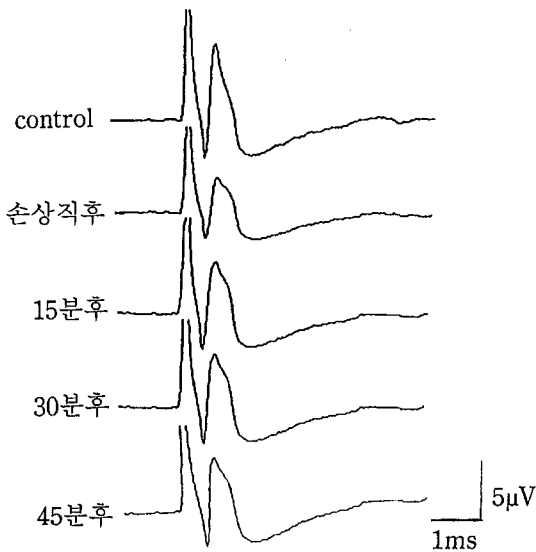


그림 5. 백서 하치조 신경에서 30G 주사침으로 신경 손상 후 감각 유발전위의 파형 변화.

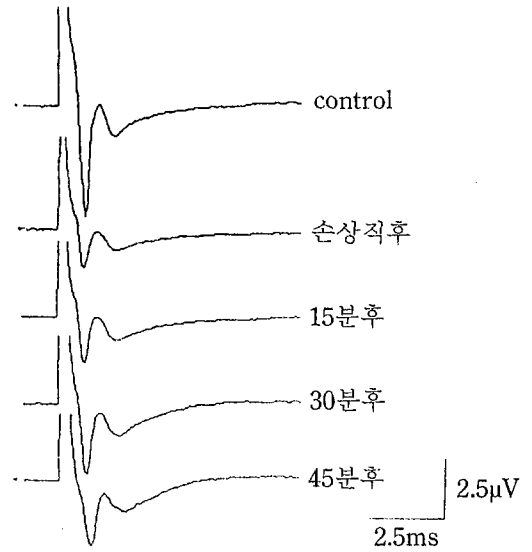


그림 6. 백서 하치조 신경의 23G 주사침으로 신경 손상 후 감각 유발전위의 파형 변화

그림 6). 23G 주사침과 30G 주사침 신경 손상의 잠복기와 진폭 변화의 비교는 아래 그림과 같다 (그림 7, 그림 8).

5. 신경 손상에 의한 체성감각 유발전위의 변화

1) 30G 주사침 손상 후 체성감각 유발전위의 변화

신경 손상 후 체성감각 유발전위의 변화는

30G 주사침을 이용한 손상에서 손상전 잠복기에 대해 백분율로 N1-1 파형에서 직후에는 103.5, 5분 후에는 103.0, 15분 후에는 103.6으로 나타났고 N1-2 파형에서는 손상 직후에 103.0, 5분 후에는 103.0, 15분 후에는 103.6을 나타냈으며 N2 파형에서는 손상 직후에 104.3, 손상 5분 후에는 106.9, 손상 15분 후에 107.6을 나타냈다.

진폭의 손상에 따른 변화는 N1-1 파형에서

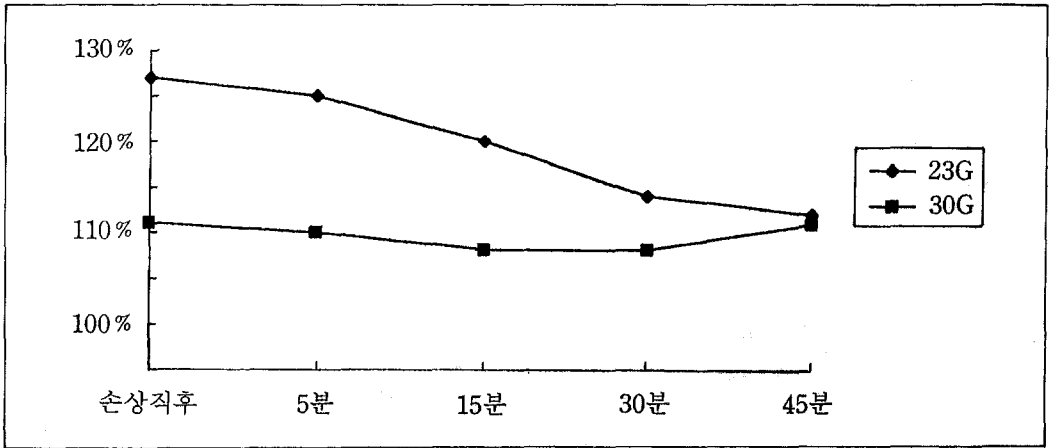


그림 7. 백서 하치조 신경의 23G와 30G 주사침으로 신경 손상 후 감각 유발전위의 잠복기의 비교

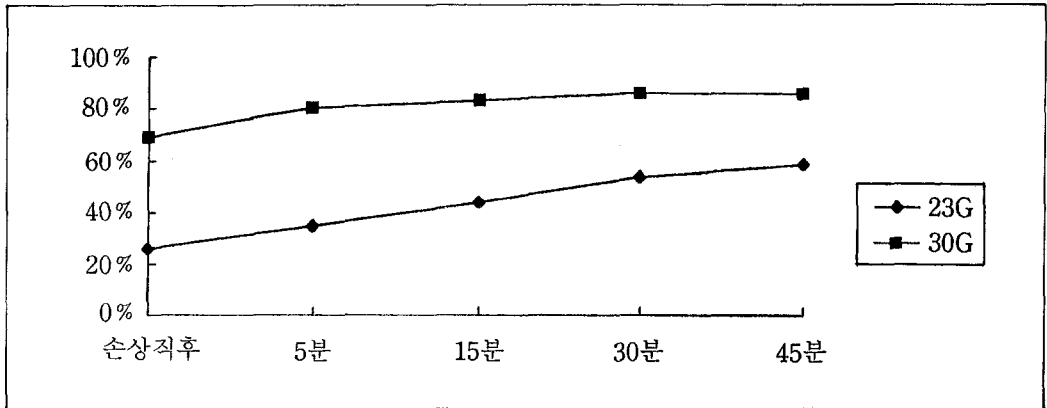


그림 8. 백서 하치조 신경의 23G와 30G 주사침으로 신경 손상 후 감각 유발전위의 진폭의 비교

손상 직후 73.0, 손상 5분 후 91.9, 손상 15분 후 91.7을 나타냈고 N1-2 파형에서 손상 직후 85.4, 손상 5분 후 84.7, 손상 15분 후 93.4의 백분율을 나타냈다.

N2 파형에서 손상 직후 84.2, 손상 5분 후 89.6, 손상 15분 후 89.1를 나타냈다(표 4, 그림 9, 그림 10).

2) 23G 주사침 손상 후 체성감각 유발전위의 변화

23G 주사침으로 손상을 가한 후 체성감각 유발전위를 기록한 후 정상적 체성감각 유발

전위와 비교하여 백분율로 나타낸 경우 잠복기에 있어서 N1-1 파형은 손상 직후 파형이 소실되었고 손상 15분 후 115.5, 손상 30분 후 117.0, 손상 45분 후 117.0, 손상 60분 후 122.1을 나타냈고 N2파형에서는 손상 직후 117.0, 손상 15분 후 117.0, 손상 30분 후 120.0, 손상 45분 후 117.4, 손상 60분 후 112.5를 나타냈으며 N3 파형에서는 손상 직후 112.3, 손상 15분 후 115.8, 손상 30분 후 115.0, 손상 45분 후 112.2, 손상 60분 후 114.1을 나타냈다.

체성감각 유발전위의 진폭의 변화는 N1-에서

표 4. 백서 하치조 신경에서 30G 주사침으로 신경 손상 후 체성감각 유발전위의 잠복기와 진폭의 변화(%) (mean ± SE, n=7)

		직 후	5분	15분
잠복기 (%)	N ₁₋₁	103.5 ± 1.6	103.0 ± 2.4	103.6 ± 3.6
	N ₁₋₂	103.0 ± 2.1	103.0 ± 2.1	103.6 ± 2.6
	N ₂	104.3 ± 1.2	106.9 ± 2.6*	107.6 ± 2.5*
진폭 (%)	N ₁₋₁	73.0 ± 12.5	91.9 ± 7.5	91.7 ± 5.3
	N ₁₋₂	85.4 ± 8.8	84.7 ± 10.1	94.4 ± 13.1
	N ₂	84.2 ± 7.2	89.6 ± 7.6	89.1 ± 8.4

* : P<0.05 significant ** : P<0.01

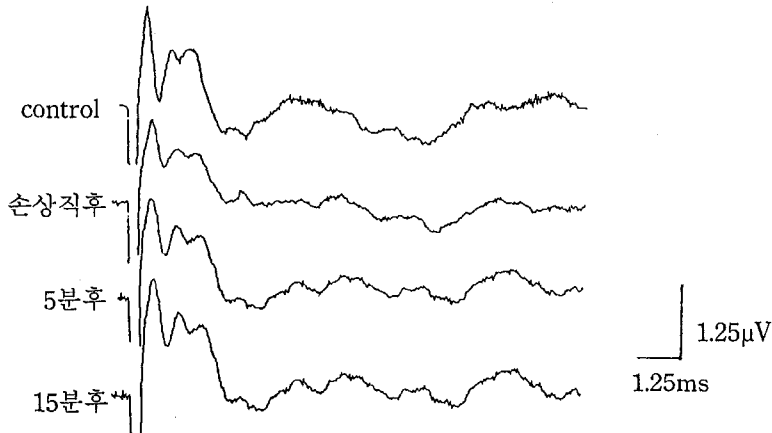


그림 9. 백서 하치조 신경의 30G 주사침으로 신경 손상 후 체성감각 유발전위의 진폭의 변화

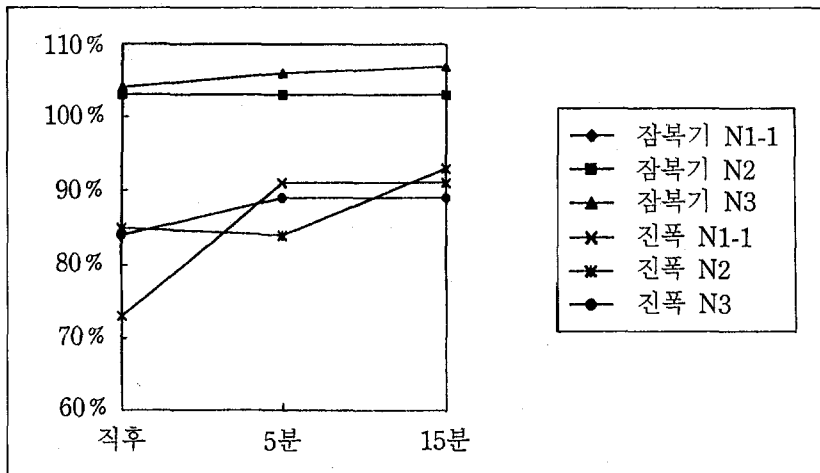


그림10. 백서 하치조 신경의 30G 주사침으로 신경 손상 후 체성감각 유발전위의 잠복기와 진폭의 비교

표 5. 백서 하치조 신경에서 23G 주사침으로 신경 손상 후 체성감각 유발전위의 잠복기와 진폭의 변화(%) (mean±SE, n=7)

		직 후	15분	30분	45분	60분
잠복기 (%)	N ₁₋₁	파형소실	115.5± 7.5	117.0± 6.1	117.0± 7.6	122.1± 8.4*
	N ₂		117.0± 6.5	117.0± 7.2	120.0± 9.2	117.4± 6.6
	N ₃		112.3± 6.4	115.8± 7.6	115.0± 11.1	112.2± 8.8
진폭 (%)	N ₁₋₁		8.0± 5.9**	17.5± 8.4**	22.8± 7.6	22.9± 6.9**
	N ₂		20.7± 12.2**	41.9± 7.2**	45.5± 7.3**	47.2± 6.9**
	N ₃		23.9± 8.6**	44.5± 17.4*	58.6± 10.4*	57.0± 7.3*

* : P<0.05 significant ** : P<0.01

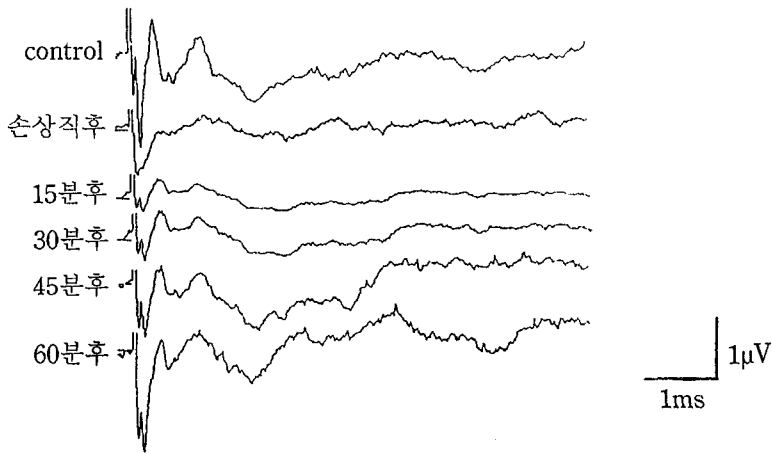


그림11. 체성감각 유발전위의 23G 주사침으로 신경 손상 후 파형의 변화

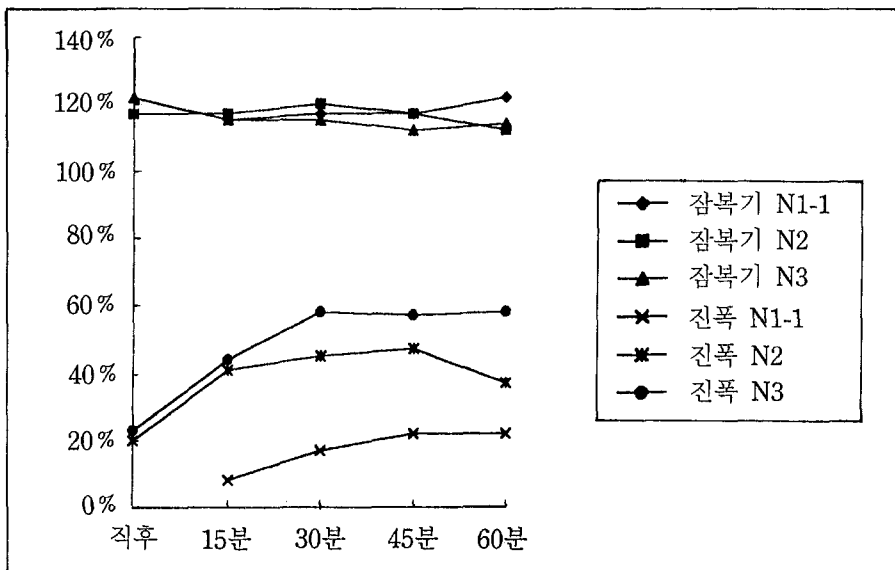


그림12. 백서 하치조 신경의 23G 주사침으로 신경 손상 후 체성감각 유발전위의 잠복기와 진폭의 변화

손상 직후 패형 소실, 손상 15분 후 8.0, 손상 30분 후 17.5, 손상 45분 후 22.8, 손상 60분 후 22.9를 나타냈으며 N2파형에서 손상 직후 20.7, 손상 15분 후 41.9, 손상 30분 후 45.5, 손상 45분 후 47.2, 손상 60분 후 37.9를 나타냈다.

N3파형에서는 손상 직후 23.9, 손상 15분 후 44.5, 손상 30분 후 58.6, 손상 45분 후 57.0, 손상 60분 후 58.8을 나타냈다.

이상과 같이 하치조 신경 손상 후 감각 유발전위의 경우 23G로 손상을 가한 직후 파형이 완전 소실되었다가 손상 30분 후에는 손상 직후보다 진폭은 회복되었으며 손상전에 비해 반복기가 증가하였다. 체성감각 유발전위의 경우 23G로 손상을 준 직후 N1 파형은 완전 소실되었고 N2파형의 진폭이 감소되었다. N3 파형 이후는 N1, N2의 감소에 비해 정도가 약하게 나타났다. 또한 손상 후 45분 경과 후에 N1의 파형과 N2 파형은 거의 회복이 되었으며 N3는 손상에서 회복까지 변화의 정도가 약하게 나타났다(표 5, 그림 11, 그림 12).

IV. 총괄 및 고찰

신경 손사이 표준화에 따른 신경 평가란 말초신경의 결함을 표현하는 방법으로 진단과 치료에 절대적으로 필요하다^{41, 42, 47, 48}). Blumenthal과 May⁴⁹)는 신경 손상의 정도를 정확히 평가하는 것은 치료와 예후를 결정하는데 유용하다고 하였으며, 여러 평가방법 중 전기적 진단 검사는 경미한 신경 손상의 감별 진단에 더욱 유용하였다고 보고하였다. 신경 손상의 진단과 평가를 위하여 환자의 질환에 대한 병력, 증상 및 징후, 신경 생리적 검사 등이 필요하다. 이러한 많은 검사 방법은 환자 자신의 평가에 의한 주관적 방법과 전기적 자극을 이용하여 신경 생리반응을 수치화한 객관적 방법으로 나누어 생각할 수 있다⁴⁶).

주관적 평가 방법으로는 틸넬씨 증후법(Tinel's sign)⁵⁰), 방향 검사(directional discrimination)⁵¹), 압박 유해 수용 결정법(pin pressure nociceptive discrimination)⁵²), 지각감각의 회

복정도를 알아보는 von Frey 시험법⁵³), 주기적으로 두 점을 동시에 찢러 관찰하는 두 점 감별법(two-point discrimination)⁵⁴) 등이 있다⁴²⁻⁴⁴). 이러한 주관적 검사의 문제점으로 Zaytoun 등⁵⁵)은 하악지 시상 분할 골절단술과 하악지 수직 골절단술로 하악 후퇴를 시행한 환자에서 하치조 신경 손상의 정도를 평가하는데 검사 방법에 따라 다양한 결과 유도된다고 보고 하였으며, 권과 이⁵⁶)도 악교정 수술 후 하순지각 마비 등의 신경 손상의 회복이 어느 정도 되는지를 수치로 표현하기에는 측정의 객관화 등에 여러 가지 어려움이 있다고 하였다. Jones와 Thrash¹⁾는 하치조 신경 손상이 주관적 검사에 의하여 명백히 나타날 수 있지만 손상의 양을 결정하는 것은 매우 어려우며 이는 환자의 협조에 의해 좌우될 수 있고 서로 다른 연구 방법에 따라 비교될 만한 자료를 얻기가 어렵다고 하였다. 이러한 신경 손상에 대한 진단과 예후 평가는 환자가 느끼는 감각에 의존한 주관적 검사는 미흡한 방법이므로, 신경 분석의 객관적인 표준이 필요하게 되었다. 특히 신경 손상과 의료 사고나 연관된 의료 분쟁에 대한 문제에 있어서도 신경 기능에 대한 객관적인 검사와 명확한 표준이 확립되면 큰 도움이 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 신경 손상에 객관적인 평가 방법에 기준을 얻기 위하여 전기적 자극을 이용한 백서 하치조 신경 손상을 평가하고자 하였다.

신경 손상의 평가를 위한 객관적인 검사 방법으로 전기 자극의 이용은 1966년, Buchthal과 Rosenfalck⁵⁶)에 의하여 팔과 다리에서 최초로 시도되어 많은 연구가 진행되었지만 하치조 신경에서의 연구는 드문 실정이다. Jones와 Thrash¹⁾는 정상인 하치조 신경에 전기 자극 후 감각 유발전위를 측정하여 객관적인 신경 손상 평가를 할 수 있다고 보고하였으며, Jaaskelainen 등⁵⁷)은 하악 수술시 하치조 신경의 기능을 평가할 수 있는 자극원을 개발하였고, 악교정 수술 중에 하치조 신경의 기능에 영향을 주는 요인들을 평가하기 위하여 술중기록 방법을 이용하여 인체 하치조 신경의 감각신경 전도

속도(Sensory Nerve Conduction Velocity: SNCV)를 측정, 보고 하였다.

객관적인 방법으로 이용되는 감각 유발전위는 자극에 대한 신경체계의 전기 생리적 반응으로 감각 전도 상황을 반영하는 이 반응은 비정상 또는 기능 불능상태의 신경체계에서 감각 전도 상황을 규명하는데 사용될 수 있다⁵⁸⁻⁶⁰. 또한 감각 유발전위는 동물과 인간에서 신경체계의 감각기능을 수행하는 여러 구조물을 설명하는데 사용될 수 있다⁶¹⁻⁶⁴. Grundy^{65, 66}의 보고에 의하면 감각 유발전위는 특별한 신경전도 경로의 기능적 상태를 감시할 수 있으며, 어느 정도는 주변의 전도 경로를 규명할 수 있다고 하였다. 다른 많은 연구에서 이 방법은 진단과 치료 예후의 평가 목적으로 신경반응을 측정하는데 유용하다고 하였다⁶⁷⁻⁷¹.

가장 널리 사용되는 체성감각 유발전위는 다발성 골 경화증의 진단에 사용되어 신경계 다발 병소의 이상을 나타내는 부위에 진단을 위하여 주로 쓰이나 환자의 증상과 관련되지 않는 다른 부위의 비정상 상태도 찾아낼 수 있다고 한다⁷². 전기 생리적 기록은 척수 손상의 진단과 예후를 알아내는데 사용될 수도 있다⁷³⁻⁷⁵. 마취 상태나 혼수 상태 환자에서 특정 신경의 전도와 구조의 기능적인 안전성을 평가하는데 사용될 수 있어 중추 신경계가 손상을 받은 경우에 특히 유용하지만 환자가 의식이 없으므로 임상적 평가를 하는데는 적절하지 않다⁷⁶.

Grundy⁷⁶에 의한 감각 유발전위의 분류는 자극의 형태에 따라 체성, 삼차, 청신경, 시신경, 운동신경, 비침습성(non-invasive), 침습성(invasive), 전기성, 기계적, 온도, 후각신경, 자성, 인식적(cognitive), 감각 유발전위로 나뉘고 이외에 기록형태, 신호진행(signal processing)의 방법, 자극 후 잠복기, 신경발생기(purported neural generators)에 따라 분류할 수 있다.

본 연구에서 이요된 체성 감각 체계는 전기적^{77, 78}, 기계적⁷⁹, 온도적⁸⁰ 방법으로 자극할 수 있다. 전기적 자극은 표면 전극을 통하여 피부의 감각 수용기에 전달되는데 이를 이용하여 특정

피부질의 감각 기능을 검사할 수 있으며 종종 신경근 척수병(radiculo pathiesh의 진단이나 수술에 이용된다⁸¹). 보통 임상에서는 표면 전극이나 피하 전극을 사용하여 자극하므로 감각 또는 혼합신경이 자극을 받게 된다. 즉, 전기적 자극이 감각 수용기만을 자극함으로써 구심성 경로(afferent pathway)와 대뇌에서 전기적 파형들이 유발되며 이들의 활동은 체표면 부위에서 기록할 수 있다. 이러한 전기적 파형의 잠복기와 진폭을 통하여 신경전도의 기능과 양을 확인할 수 있어 간질(epilepsy)이나 다발성 골 경화증 같은 신경 질환의 진단 방법으로 사용되고 있다³⁷.

체성감각 유발전위를 얻기 위한 방법으로는 손목에서는 정중신경, 발목에서는 후 경골신경, 무릎에서는 총 비골신경(common peroneal nerve)을 자극하여 얻어질 수 있으며, 가끔 반지형 전극을 이용하여 손가락에 순수한 감각을 자극하여 유발 전위를 얻기도 한다. 본 실험에서 얻은 체성감각 유발전위는 가능한 정확한 기록을 위하여 두피를 박리하고 두개골 하부에서 얻었다. 그러나 임상에서는 두피 부위에 기록 전극을 받았을 때 순행성 감각 자극(orthodromic sensory stimuli), 역행성 운동 자극(antidromic motor stimuli), 감각 자극의 후반 성분(late component)을 포함한 복합 자극이므로 순행성 운동 충동(orthodromic motor impulses)을 야기하게 되어 척수와 대뇌 피질에도 달하는 정보는 복잡적이고 여러 시간으로 분산되어 나타났다⁸¹.

삼차신경 유발 전위는 체성 감각 신경 연구시와 비슷한 방법으로 자극하여 얻으며 자극 전극을 안면이나 치은에 위치시킨다⁸². 치수의 전기적 자극을 통하여 삼차신경 유발 전위를 얻을 수 있으나 이 때는 순수한 통각 자극을 나타낸다고 보고되어 있어 진통제의 연구에 유용하다⁸³.

대부분의 연구자들은 구심성 삼차신경에 자극 전극으로서 표면 전극을 이용하여 자극하였으며 이 때문에 불필요한 운동신경과 근섬유의 활성화가 야기될 수 있었다. Drechsler 등⁸⁴은 삼차신경 유발전위(Trigeminal Somatosen-

sory Evoked Potentials)를 임상적으로 적용하였으며⁸⁵⁾ Singh 등⁸⁶⁾은 신경간(nerve trunk)을 자극하기 위하여 침 전극(needle electrode)을 사용하였다. Leandri 등⁸⁷⁾과 Campbell⁸⁸⁾에 의하면 표면자극과 관련된 오차(artifact : 인공물)가 발생한다고 하였다. 이는 근활동성이 자극 후 최소 8~10ms 동안 지속되고 두피기록이 부정확하여 삼차 신경유발 전위 기록의 신빙성에 관한 많은 논쟁을 초래하였다. 따라서 본 실험에서는 이러한 논쟁을 없애고자 두개골을 천공하여 전극을 삽입하여 체성감각 유발전위를 얻었다. 그러나 임상적으로는 전문적 지식에 의하여 오차를 인지할 수 있다면 두피에서는 체성감각 유발전위를 얻을 수 있다고 생각한다. 이러한 방법으로 얻어지는 삼차신경 유발전위는 다발성 골 경화증, 삼차 신경통, 삼차 신경초종 그리고 삼차신경을 포함한 허혈성 뇌간 병소 등의 상태를 진단하고 증상을 확인하는데 유용하다는 보고들이 있으며⁸⁹⁻⁹³⁾ 근간에는 신경유발 전위를 기록할 수 있는 장비들이 개발되어 임상적으로 구강 악안면 부위를 포함한 다양한 분야에서 감각 이상의 평가에 이용하고 있다⁹⁴⁾.

감각 유발전위를 이용하여 발치, 외상, 악교정 수술, 종양 제거술 후 하치조 신경 손상을 진단하고 평가하는데 객관적으로 유용하나 체성감각 유발전위에 비하여 감각 유발전위 기록시 전극을 위치시키기 위하여 부가적인 신경손상의 가능성이 문제가 될 수 있다. 체성감각 유발전위는 전기 자극에 의한 오류와 근육에 의한 부수적인 유발 전위로 결과가 부정확하게 나타날 수 있으나, 감각 유발전위에 비하여 편리성과 비관혈적이므로 결과의 유효성이 있다면 객관적 평가의 유용한 방법이 될 수 있다고 생각된다. 따라서 본 실험에서 동일한 손상을 주고 두가지 방법으로 유발전위를 발생하여 비교 분석함에 목적으로 두었다.

감각 유발전위는 개체에 따라 매우 다양하게 나타난다. 여러 연구에 의하면 백서의 치수를 이용한 전도속도는 Dickenson 등⁹⁵⁾은 5.2 m/sec, Ayliff 등⁹⁶⁾은 6.93m/sec Toda 등⁹⁷⁾은 42 m/sec의 성분과 7.2m/sec와, 10.7m/sec 두가지

느린 전도속도로, Engstrand 등⁹⁸⁾은 22.6 m/sec로 보고하였다. 본 실험에서는 21.3m/sec로 보고하였다. 본 실험에서는 21.3m/sec로 Engstrand 등의 보고와 유사하였다. 유발전위 발생 역치는 Engstrand 등은 150~350 μ A로 보고하였으며, 본 실험에서는 184 \pm 14 μ A로 이와 유사하였다. 감각 유발전위의 역치(184 \pm 14 μ A)가 체성감각 유발전위의 역치(168 \pm 14 μ A)보다 높게 나타난 것은 기록원을 위치시킬 때 손상에 의하여 약간 높게 나타난 것으로 생각된다.

본 실험에서 두 개의 파형이 나타났으며 첫 번째 파형(N1)의 전도속도가 21.3 \pm 0.7m/sec로써 II형 신경섬유에 의한 파형으로 추정되며 II형 신경섬유는 접촉, 압박, 방추근의 흥분을 전달한다. 두번째 파형(N2)의 전도속도는 10.1 \pm 0.8m/sec로써 III형 신경섬유에 의한 파형으로 추정되며, 이는 통각, 냉·온각, 압박을 전달한다.

Toda 등⁹⁹⁾은 백서의 체성감각 유발전위를 이용한 diazepam의 효과를 평가하는 실험에서 체성감각 유발전위를 기록하기 위하여 직경 0.8 mm의 볼 전극을 Köning and Klippel's brain atlas¹⁰⁰⁾에 따라 시상면에서 8mm 후방 수평면에서 3mm 되게 양측성으로 기록하였으며 본 실험에서도 이러한 방법으로 기록하였다. Toda 등의 실험에서는 N1, N2 등 두개의 파형이 보이며 7개체 중 2개체에서는 파형이 나타나지 않았다고 보고하였다. Suzuki 등¹⁰¹⁾은 N1과 N2 등 두개의 파형을 보고하였으며 본 실험에서는 N1~N5의 5개 파형이 나타났다. 이중 N1과 N2 파형이 손상후 유의성 있는 변화를 보였으며 다섯개의 파형을 전달시간과 경로에 연관하여 살펴보면 Labanc¹⁰²⁾의 보고와 유사하게 나타나 N1은 삼차 신경절, N2는 척수 삼차 신경핵, N3는 주 감각핵, N4는 시상, N5는 피질로 생각된다. 신경 전달 경로에 따라 뉴우런(neuron)이나 니넛스(synapse)를 통과할 때 각각의 파형이 나타난다고 할 수 있다(그림 13). N1과 N2는 변화 상태를 쉽게 구별할 수 있으나 N3 이후로는 변화 상태를 구별하기가 매우 어렵다. 따라서 체성감각 유발전위를 이용한 하치조 신경 손상의 진단과 평가는 N1과 N2의 이용이

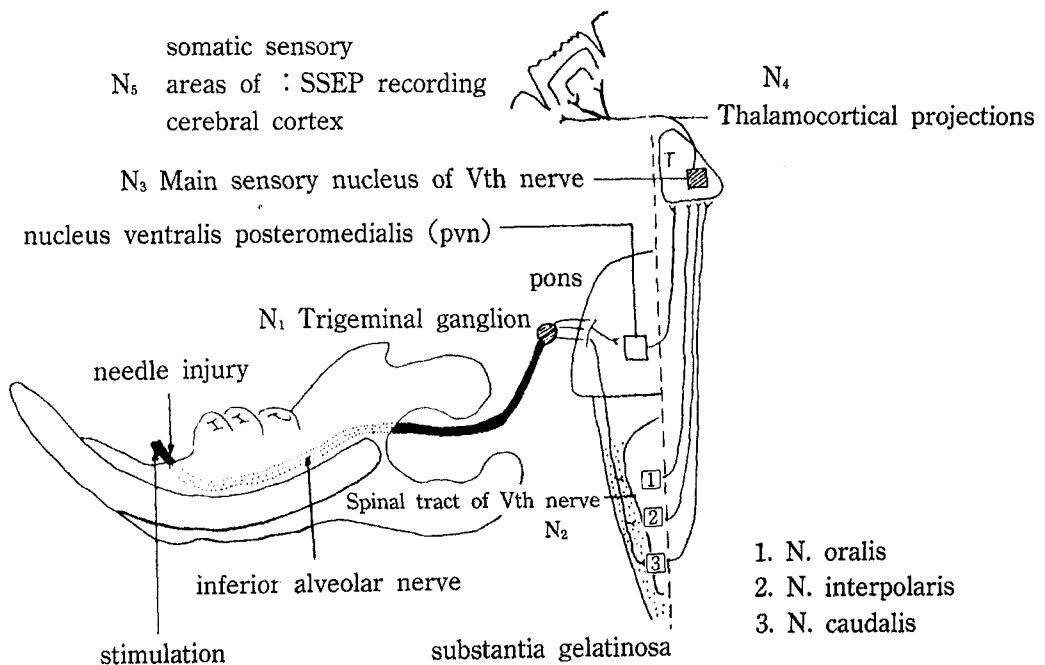


그림13.체성감각 유발전위의 신경 전도 모식도

적절하다고 생각된다.

국소 마취제 투여 후 감각 유발전위와 체성 감각 유발전위의 변화를 살펴보면 감각 유발 전위가 체성감각 유발전위보다 즉각적이고 명확한 반응을 보여 국소 마취제의 작용 시간과 마취 정도를 파악하는데 감각 유발전위의 이용이 바람직하다고 하겠다. 또한 국소 마취 후 시간의 경과에 따른 체성감각 유발전위의 변화는 1시간 후에 거의 정상을 보이는 것으로 나타나 유⁴¹⁾의 보고와 거의 유사하게 나타났다.

23G와 30G 주사침 손상시 감각 유발전위의 변화를 비교하였을 때 23G에 의한 손상이 30G에 비하여 진폭의 감소가 더욱 두드러지게 나타난 것과 체성감각 유발전위에서 23G로 손상된 직후 30G에 비하여 N1 파형 소실과 N2 파형의 진폭 감소가 큰 것으로 나타났다. 이러한 사실은 굵은 주사침이 가는 주사침보다 신경 섬유손상을 크게 유발 시키는 것으로 생각된다. 또한 N3 파형 이후에는 N1과 N2에 비하여 경미한 변화를 보이나, N1, N2의 변화와 유사하게 나타난다고 생각된다. 본 실험에서 30G 주사침으로 신경 손상을 줄 때 체성감각 유발

전위가 15분 이후에는 거의 정상의 상태로 회복되었다. 이러한 결과를 토대로 하치조 신경 주위의 국소 마취나 주사시 30G 주사침은 신경에 직접적인 손상을 준다고 하더라도 영구적이고 치명적인 손상이 발생하지는 않으나 주사침이 굵을수록 심한 손상을 유발할 수 있다고 생각된다.

본 실험에서 나타난 감각 유발전위와 체성 감각 유발전위의 변화를 살펴보면 정도의 차이는 있으나 손상의 종류에 무관하게 유사한 형태를 보이고 있다. 감각 유발전위의 장점은 파형이 정확하다는 점이며 단점으로 신경의 노출이 필요하며 반복 기록시 기록 전극을 같은 위치에 위치시키기 어렵다는 것이다. 체성감각 유발 전위의 장점은 시술이 간편하고 기록시 부가적 손상 위험이 적으나, 단점은 파형의 오류(noise)가 발생할 가능성이 있다는 것이다. 따라서 임상적으로는 체성감각 유발전위의 측정이 적당한 방법으로 생각된다. 본 실험의 결과 체성감각 유발전위의 초기 파형(N1, N2)이 감각 유발전위와 유사하게 반응하므로 하치조 신경기능 이상의 평가에 객관적 지표로 사용될

수 있을 것으로 생각된다. 그러나 임상에 적용하기 위하여는 다양한 손상 종류, 회복 시간의 장기화를 이용한 지속적 실험 모델 등의 개발로 추가적인 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

신경 손상 후 기능회복에 대한 진단의 객관적인 평가를 위하여 백서의 하치조 신경에 주사침 손상을 가한 후 이신경에서 자극을 가하고 하악공 부위에서 감각 유발전위를, 대뇌 피질에서 체성감각 유발전위를 기록하여 역치, 진폭 및 잠복기를 분석하였다.

1. 감각 유발전위와 체성감각 유발전위의 역치자극 강도는 각각 $184\mu\text{A}$ 와 $164\mu\text{A}$ 이었다.
2. 감각 유발전위는 두개의 파형으로 N1은 21.3 ± 0.7 m/sec, N2는 10.1m/sec의 전도 속도를 보여, N1은 II형 신경섬유, N2는 III형 신경 섬유에 의한 것이었다.
3. 체성감각 유발전위는 다섯 개의 파형이 나타나며 이중 N1과 N2에서 유의성이 있는 변화를 보였다.
4. 국소마취제를 투여한 직후 감각 유발전위와 체성감각 유발전위는 소실되었으며 30분 후부터 파형의 회복을 보였다.
5. 23G 주사침 손상 직후에는 감각 유발전위는 파형이 소실되었고 체성 감각 유발 전위에서 N1은 손상 직후 완전히 소실되었고 N2는 진폭이 감소하였으며 나머지 파형은 정도가 약하게 나타났다. 파형의 회복은 감각 유발전위에서 30분, 체성감각 유발전위에서 45분 가량 걸렸다.
6. 30G 주사침 손상 후 감각 유발전위와 체성감각 유발전위는 진폭이 감소하였지만 23G 주사침 손상의 경우보다 차이가 적었다.

이상의 실험 성적으로 볼때 감각 유발전위와 체성감각 유발전위는 신경 손상후 진단의 객관적인 평가에 유의한 것으로 나타났으며 체성감각 유발전위에서는 N1과 N2 파형이 유의하므로 이를 이용한 측정도 유용한 방법으로

시사되었다.

참 고 문 헌

1. Jones DL and Thrash WJ : Electrophysiological Assessment of Human Inferior Alveolar Nerve Function. J Oral maxillofac Surg 50 : 581, 1992.
2. 김명진, 심유진, 전주홍 : 자가신경이식술을 이용한 악안면부 신경재건술에 관한 임상적 연구(II). 대한구강악안면외과학회지. 19 : 145, 1993.
3. Foster E and Robinson PP : The effect of nerve injury on the incidence and distribution of branched pulpal axons in the ferret. J Dent Res 73 : 1803, 1994.
4. Labanc JP and Gregg JM : Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. Trigeminal nerve injury : Diagnosis and management Vol. 4, Philadelphia, Saunders, 1972, pp 2.
5. Wesbery GA, Wolford LM and Epker BN : Simultaneous inferior alveolar nerve graft and osseous reconstruction of the mandible. J Oral Maxillofac Surg 40 : 384, 1982.
6. Donoff RB and Guranlnick W : The application of microneurosurgery to oral-neurologic problems. J Oral Maxillofac Surg 40 : 156, 1982.
7. Wessbery GA, Wolford LM and Epker BN : Experience with neurosurgical reconstruction of the inferior alveolar nerve. J Oral Maxillofac Surg 40 : 651, 1982.
8. Mozsary PG and Syers GS : Microsurgical correction of the injured inferior alveolar nerve. J Oral Maxillofac Surg 43 : 353, 1985.
9. Svane TJ, Wolford LM, Milam SB and Bass RK : Fascicular characteristics of the human inferior alveolar nerve. J Oral Maxillofac Surg 44 : 431, 1986.

10. Crawley WA and Dellon AL : Inferior alveolar nerve reconstruction with a polyglycolic acid bioabsorbable nerve conduit. *Plast Reconstr Surg* 90 : 300, 1992.
11. Seddon HJ : Three types of nerve injury. *Barin*, 66 : 237, 1943.
12. Sunderland S : The peripheral nerve trunk in relation to injury : A classification of nerve injury. In *sunderland S(ed) : Nerves and Nerve injuries*, 2nd ed. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1978, pp133.
13. Osborn TP, Frederickson JG and Small LA : A prospective study of complications related to mandibular third molar surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 43 : 767, 1985.
14. Van Gool AV, Bosch JJ and Boering G : Clinical consequences of complaints and Complications after removal of the mandibular third molar. *Int J Oral Surg* 6 : 29, 1977.
15. Sisk AL, Hammer WB and Shelton DW : Complications following removal of impacted third molars : The role of the experience of the surgeon. *J Oral maxillofac Surg* 44 : 855, 1986.
16. Merrill RG : Prevention, treatment, and prognosis for nerve injury related to the difficult impaction. *Dent Clin North Am* 23 : 471, 1979.
17. Kipp DP : Dysesthesia after mandibular third molar surgery : A retrospective study and analysis of 1377 surgical procedure *J Am Dent Assoc* 100 : 185, 1980.
18. Golderg MH, Nemarick Ah and Marco WP : Complications after mandibular third molar surgery : A statistical analysis of 500 consecutive procedures in private practice. *J Am Dent Assoc* 111 : 277, 1985.
19. White R : Evaluation of sagittal split-ramus osteotomy in 17 patients. *J Oral Surg* 27 : 851, 1969.
20. Guernsey LH and DeChamplain RW : Sequelae and complication of the intraoral sagittal osteotomy in the mandibular rami. *J Oral Surg* 32 : 176, 1971.
21. Wang J and Waite D : Evaluation of the surgical procedure of sagittal split osteotomy of the mandibular ramus. *Oral Surg Oral Med Oral Patol* 38 : 176, 1971.
22. Behrman SJ : Complications of sagittal osteotomy of the mandibular ramus. *J Oral Surg* 30 : 554, 1972.
23. Freihofer HP and Petressvic D : Late results after advancing the mandible by sagittal splitting of the rami. *J maxillofac Surg* 3 : 250, 1975.
24. Broadbent TR and Wolf RM : Our experience with sagittal split osteotomy for retrognathia. *Plast Reconstr Surg* 59 : 860, 1977.
25. MacIntosh RB : Experience with the sagittal osteotomy of the mandibular ramus : A 13 year review. *J Maxillofac Surg* 9 : 151, 1981.
26. Pepersack WJ and Chausse JM : Long term follow-up of the sagittal splitting technique for correction of mandibular prognathism. *J Maxillofac Surg* 6 : 117, 1978.
27. Brusati R : Functional Disturbances of the inferior alveolar nerve after sagittal osteotomy of the mandibular ramus : Operation technique for prevention. *J maxillofac Surg* 9 : 123, 1981.
28. 김여갑, 이상철, 이백수, 이병주 : 악변형 환자의 악교정 수술시 합병증에 관한 연구. *대한악안면성형재건외과학회지*. 16 : 247, 1994.
29. 권대근, 이상환 : 최근 8년간 본교실에서 시행한 악교정 수술의 임상적 검토. *대한악안면성형재건외과학회지*. 17 : 1, 1995.
30. Turvey TA : Intraoperative complications of sagittal osteotomy of the mandibular

- ramus : Incidence and management. *J Oral Maxillfac Surg* 43 : 504, 1985.
31. 이상철, 김여갑, 류동목, 이백수, 최유성 : 최근 5년간 악교정수술 증례에 관한 임상적 연구 : 대한악안면성형재건외과학회지. 17 : 10, 1995.
 32. Behrman SJ : Complications of Sagittal osteotomy of the mandibular ramus. *J Oral Surg* 30 : 544, 1972.
 33. Martis CS, Phillips C and Terry BC : Longterm Neurosensory deficits following transoral vertical ramus and sagittal split osteotomies for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg* 44 : 193, 1986.
 34. McGarry J, Friedgood DL and Wolsey R : Somatosensory evoked potentials in spinal cord injuries. *Surg Neurol* 22 : 241, 1984.
 35. Nacimiento AC, Bartels MM and Loew F : Acute changes in somatosensory evoked potentials following graded experimental spinal cord compression. *Surg Neurol* 25 : 62, 1985.
 36. Kakigi R, Shibasaki H and Ikeda A : Pain-related somatosensory evoked potentials following CO₂ laser stimulation in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 74 : 139, 1989.
 37. Bennett AJ, Wastell DJ, Barker GR, Blackburn CW and Rood JP : Trigeminal somatosensory evoked potentials : *Int J Oral Maxillofac Surg* 16 : 408, 1987.
 38. Jan PM, Vriens Jaco W and Psman : Assessment of trigeminal nerve function by means of sort-latency somatosensory evoked potentials after microneurosurgical repair : *J Cranio-Maxillo-Facial Surg* 22 : 156, 1994.
 39. Lekić D and Cenić D : Pain and tooth pulp evoked potentials : clinical Electroencephalography, 23 : 37, 1992.
 40. Moller AR, Jannetta PJ and Burgess JE : Neural generators of the somatosensory evoked potentials : recording from cuneate nucleus in man and monkey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 65 : 241, 1986.
 41. 유석근 : 흰 쥐의 좌골 신경에서 압제 손상 후 기능회복에 미치는 전기자극의 효과. 1994년 원과대학교 대학원 의학과 박사학위 논문.
 42. Ferdousi AM and Macgregor AJ : The response of the peripheral branches of the trigeminal nerve to trauma. *Int J Oral Surg* 14 : 41, 1985.
 43. Robinson PP : Recession of sensory loss from the midline following trigeminal sensory root section : Collateral sprouting from the normal side ? *Brain Res* 259 : 177, 1983.
 44. Robinson PP : Observations on the recovery of sensation following inferior alveolar nerve injuries. *Br J Oral Maxillofac Surg* 26 : 177, 1988.
 45. Robinson RC, Williams CW : Documentation method for inferior alveolar and lingual nerve paresthesias. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 62 : 128, 1986.
 46. Barker GR, Bennett AJ and Wastell DG : Normative studies of the TSEP *Int J Oral Maxillofac Surg* 16 : 586, 1987.
 47. Wilkins RH : *Peripheral Nerve Injuries*. In Sabiston(ed) : *Textbook of Surgery*, 14th ed. 1991, pp1267.
 48. Haymarker W, and Woodhall B : *Peripheral Nerve Injury*. Principles of Diagnosis, 2nd ed. Philadelphia, WB Saunders Company, 1953.
 49. Blumenthal FS and May M : Electrodiagnosis. In Thieme M(ed) : *The Facial Nerve*, 1986, pp241.
 50. Millesi H and Terzis JK : Nomenclature in peripheral nerve surgery. In Terzis JK (ed) : *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia, WB Saunders, 1987, pp

51. Dykes RW : Sensory receptors. In : Daniel RK, Terzis JK, eds. *Reconstructive Microsurgery*. Philadelphia, Little, Brown, 1977, pp 320.
52. Sunderland S : Testing and recording sensory function. In : Sunderland S, ed: *Nerves and Nerve Injuries*, ed 2. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1978, pp 351.
53. Levin S, Pearsall G and Ruderman RJ : Von Frey's method of measuring pressure sensibility in the hand : An engineering analysis of the Weinstein-Semmes pressure aesthesiometer. *J Hand Surg* 3 : 211, 1978.
54. Omer GE Jr : Sensibility testing. In : Omer GE, Spinner M, eds. *Management of Peripheral Nerve Problems*. Philadelphia, WB Saunders, 1989, pp 3.
55. Zaytoun HS, Phillips C and Terry BC : Longterm Neurosensory deficits following transoral vertical ramus and sagittal split osteotomies for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg* 44 : 193, 1986.
56. Buchthal F and Rosenfalck A : Evoked action potentials and conduction velocity in human sensory nerves. *Brain Res.* 3 : 1, 1966.
57. Jääskeläinen SK, Peltola JK, Forssell K and Vähätalo K : Evaluation of function of the inferior alveolar nerve with repeated nerve conduction tests during mandibular sagittal split. *J Oral Maxillofac Surg* 53 : 269, 1995.
58. Chippa KH and Ropper AH : 1 Evoked potentials in Clinical medicine. *N Eng J Med* 306 : 1140, 1982a.
59. Chippa KH and Ropper AH : A Evoked potentials in Clinical medicine. *N Eng J Med* 306 : 1205, 1982b.
60. Greenberg RP and Ducker TB : Evoked potentials in the clinical neurosciences. *J Neurosurg* 56y1, 1982.
61. Kelly DL, Goldring Jr S and O'Leary JL : Average evoked somatosensory response from exposed cortex of man. *Arch Neurol* 13 : 1, 1965.
62. Stohr PE and Goldring S : Origin of Somatosensory evoked scalp response in man. *J Neurosurg* 31 : 117, 1969.
63. Woolsey CN, Erickson TE and Gilson WE : Localization in somatic sensory and motor areas of human cerebral cortex as determined by direct recording of evoked potentials and electrical stimulation. *J Neurosurg* 51 : 476, 1979.
64. Allison T, Wood CC and McCarthy G : *Central Nervous System, Psychophysiology*, Guilford, New York, 1986.
65. Grundy BL : Monitoring of sensory evoked potentials during neurosurgical operations : Methods and applications. *Neurosurgery*, 11 : 556, 1982.
66. Grundy BL : Intraoperative monitoring of sensory evoked potentials. *Anesthesiology* 58 : 72, 1983.
67. Grundy BL, Nash CL and Brown RH : Arterial pressure manipulation alters spinal cord function during correction of scoliosis. *Anesthesiology* 54 : 249, 1981a.
68. Grundy BL, Heros RC, Tung AS, and Doyle E : Intraoperative hypoxia detected by evoked potential monitoring. *Anesth Analg* 60 : 437, 1981b.
69. Grundy BL, Lina A, Procopio PT, and Jannetta PJ : Reversible evoked potential changes with retraction of the eighth cranial nerve. *Anesth Analg* 60 : 835, 1981c.
70. Hacke W : Neuromonitoring during interventional neurodiology. *Cent Nerv Sys Trauma* 2 : 123, 1985.
71. Markey Hargadine JR and Hall JW, III : Sensory evoked responses in head injury. *Cent Nerv Sys Trauma* 2 : 187, 1985.

72. Chiappa KH : pattern shift visual, brainstem auditory, and short-latency somatosensory evoked potentials in multiple sclerosis. *Neurology* 30 : 110, 1980.
73. Ertekin C, Sarica Y and Uckardesler L : Somatosensory cerebral potentials evoked by stimulation of the lumbo-sacral spinal cord in normal subjects and in patients with conus medullaris and cauda equina lesions. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 59 : 57, 1984.
74. Kaplan BJ, Gravenstein D and Friedman WA : Intraoperative electrophysiology in treatment of peripheral nerve injuries. *J Florida Med Assoc* 71 : 400, 1984.
75. Larson SJ, Holst RA, Hemmy DE and Sances A Jr : Lateral extractory, approach to traumatic lesions of the thoracic and lumbar spine. *J Neurosurg* 45 : 628, 1976.
76. Grundy BL : Sensory-Evoked Potentials : *Neuromethods* 15. In Alian A, Gren B and Baker B : Application to neural systems, Clifton, New Jersey, Humana Press, 1990, pp 375.
77. Dawson GD : Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerve in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 10 : 137, 1947.
78. Jones SJ : Short latency potentials recorded from the neck and scalp following median nerve stimulation in man, *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 43 : 8553, 1977.
79. Pratt H and Starr A : Mechanically and electrically evoked somatosensory potentials in humans : Scalp and neck distributions of short latency components. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 51 : 138, 1981.
80. Carmon A, Mor J and Goldberg J : Evoked cerebral responses to noxious thermal stimuli in humans. *Exp Brain Res* 25 : 103, 1976.
81. Burke D, Skuse NF, and Lethlean AK : Cutaneous and muscle afferent components of the cerebral potential evoked by electrical stimulation of human peripheral nerves. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 51 : 579, 1980.
82. Bennett MH and Jannetta PJ : Trigeminal evoked potentials in humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 48 : 517, 1980.
83. Derendorf H, Drehsen G, and Rohdewald P : Cortical evoked potentials and saliva levels as basis for the comparison of pure analgesic combinations. *Pharmacology* 25 : 227, 1982.
84. Drechsler F, Wickboldt J, Neuhaser B and Milner F : Somatosensory trigeminal evoked potentials in normal subjects and in patients with trigeminal neuralgia before and after thermocoagulation of ganglion Gasseri. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 43 : 496, 1977.
85. Leandri M, Parodi C1 and Favale E : Early trigeminal evoked potentials in tumors of the base of the skull and trigeminal neuralgia *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 71 : 114, 1988.
86. Singh N, Sachdev KK and Brisman R : Trigeminal nerve stimulation : Short latency somatosensory evoked potentials. *Neurology* 32 : 97, 1982.
87. Leandri M, Parodi C1 and Favale E : Early evoked potentials detected from the scalp of man following infraorbital nerve stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 62 : 99, 1985.
88. Leandri M and Campbell JA : Origin of early waves evoked by infraorbital nerve stimulation in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 65 : 13, 1986.
89. Buettner UW, Petuch F, Scheglmann K and Stohr M : Diagnostic significance of

- cortical somatosensory evoked potentials following trigeminal nerve stimulation In Courion J, Mauguiere F and raval M(eds) : *Advances in Neurology* 32, NewYork, Raven Press, 1982, pp 339.
90. Findler G, Feinsod M and Sahar AA : Trigeminal neurinoma with unusual presentation report of a case with trigeminal somatosensory evoked responses. *Surg neurol* 19 : 351, 1983.
 91. Kountouris D, Fritze, D, Fritze J, Blumm R, Greulich W, and Gehlen W : Blink reflex and Trigeminal nerve somatosensory evoked potentials : essentials in vascular brainstem diseases. *Monogr Neural Sci* 11 : 222, 1984.
 92. Murray NMF and Tan CTyTrigeminal somatosensory evoked potentials compared with median SEPs and brainstem auditory evoked potentials in brainstem multiple sclerosis. *Muscle Nerve* 7 : 586, 1984.
 93. Stohr M, Petruich F and Scheglmann K : Somatosensory evoked potentials following trigeminal nerve stimulation in trigeminal neuralgia. *Ann Neural* 9 : 63, 1981.
 94. Wastell DG, Bennett AJ, Rood JP and Barker GR : Early experiences using trigeminal somatosensory evoked potentials to assess sensory deficit. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 63 : 79. 1985.
 95. Dickson SH, Hellon RF and Woolf CJ : Segmental and raphe nucleus inhibition of tooth pulp evoked neural responses in Rat trigeminal nucleus caudalis. *J Physiol(Lond)* 300 : 29, 1980.
 96. Ayliffe SJ and Hill RG : Responses of cells in the trigeminal subnucleus caudalis of the rat to noxious stimuli. *J Physiol(London)* 287 : 18, 1979.
 97. Toda K, Iriki A and Ichiok M : Selective Stimulation of intrapulpal nerve of rat lower incisor using a bipolar electrode method. *Physiol Behav* 26 : 307, 1981.
 98. Engstrand P, Shyu BC and Andersson SA : Is a Selective stimulation of the Rat Incisor tooth pulp Possible ? Pain in the Trigeminal Region, Elsevier/north holland Biomedical Press, 1983, pp 27.
 99. Toda K, Tanaka H and Iriki A : Effects of diazepam on the somatosensory evoked responses following tooth pulp stimulation in rat. *Bull. Tokyo, Med Dent Univ* 26 : 85, 1979.
 100. König JFR and Klippel RA : 'The rat brain' RE Krieger Publishing Co., Huntington, New York, 1963.
 101. Suzuki N, Beppu S, Yamatsu H, Someya T and Kubota Y : Midazolam and somatosensory Evoked Potentials, 1985, pp 199.
 102. Labanc JP : Reconstructive microsurgery of the trigeminal nerve. *Modern practice in orthognathic and reconstructive surgery Vol. 2*, WB Saunders company, 1992, pp 1080.