

## 개에서의 척수경막 신연이 체성감각 유발전위에 미치는 영향

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

김병호 · 이상언 · 유명철

— Abstract —

### The Effect of Somatosensory Evoked Potential by Stretching of Spinal Dura in the Dog

Byung Ho Kim, M.D., Sang Un Lee, M.D. and Myung Chul Yoo, M.D.

*Department of Orthopaedics, School of Medicine, Kyung Hee University,  
Seoul, Korea*

Spinal instrumentation is popular nowadays. After applying the Harrington distraction rod, there might be a severe, tragic complication, paraplegia. Recently SSEP is widely used to detect the early change of the spinal cord dysfunction. The force to correct the spinal deformity is usually distraction. The distraction force will stretch the spinal dura. But the relation of neural deficit between distraction force and duration is not clearly determined yet. Also the anatomical level of neural deficit is not known. The purpose of this study is to find that the distraction force of 200gm on the spinal dura will change the SSEP by the stimulation of the posterior tibial nerve and if there is change of SSEP, what portion of nerve stimulation pathway is responsible for. Results are as followings. 1) The distraction force of 200gm makes change of SSEP wave. 2) P2 wave is most susceptible, N1 wave is less susceptible and P1 is relatively constant for one hour dural traction. 3) After release of traction, the wave is partially reversible but not completely for next one hour recovery period. 4) While the wave of SSEP is changed by the dural distraction force, the nerve conduction between the nerve root just outside of the spinal dura and calf shows constant latency. That means the anatomical level responsible for the change of SSEP wave is proximal to the spinal dura, not the peripheral nerve distal to the spinal dura.

**Key Words :** SSEP, Dural stretching, P2 wave.

#### I. 서 론

척추측만증, 척추기형 등 척추의 변형 환자의

기형을 교정하고자 개발한 Harrington rod가 1960  
년대에 소개되었고 이의 치료 효과가 인정받기  
시작하면서 척추에 대한 보다 적극적인 치료방법  
이 점차로 증가하여 척추에 대한 금속고정술이

더욱 일반화되었다.

그러나 이와 함께 여러가지 다양한 합병증이 병발되었는데 그중에 가장 중대한 합병증의 하나가 수술후에 발생하는 신경마비, 특히 완전 하반신 마비를 들 수 있다.

이의 원인에 대해서 대체로 2가지의 설명이 제기되고 있다. 첫째로 척수로 가는 혈관에 순환장애가 발생하여 2차적으로 척수에 허혈이 뒤따르고 이 때에 척수에 기능장애가 유발된다는 것과 둘째로 척주 신연의 직접적인 기계적 효과로 척수에 장애를 일으킨다는 해석인데 아직까지 확실하게 규명되지는 않았으나 두 가지 요소가 모두 작용한다고 알려져 있다.

해부학적으로 척수는 대후두공을 지나서 제 1요추와 제 2요추의 경계부위에서 끝나고 척수경막은 대후두공의 주위에서 시작하여 제 2천추 부위에서 끝나지만 종사(filum terminale)에 의하여 미골에 부착되어 양단이 고정된 로프와 같은 상태를 유지한다. 척수와 척수경막 사이는 척수신경, 치상인대(dentate ligament) 및 종사(filum terminale)에 의해 서로 연결되어 척수를 안전하게 고정하고 있다.

척추기형을 교정시키는 힘은 대체로 척주(spinal column)를 상하로 신연시키는 방향으로 작용되며 이는 곧 척수경막을 상하로 신연시키는 힘으로 작용한다. 척수경막이 신연되면 척수경막 표면에 있는 혈관에 긴장을 초래하여 혈류를 감소시키고 또 경막과 척수 사이의 고정된 연결 구조물에 의하여 척수에 물리적인 힘이 작용하게 되어 척수를 신연시키는 결과를 초래하여 결국 신경마비를 유발하는 것으로 추정하고 있다. 그러나 과연 척수경막의 신연이 척수신연에 영향을 주는지에 대하여는 아직 정확히 알려진 바가 없다.

척수마비에 대한 예방 또는 조기발견을 위하여 일반적으로 wake-up test와 ankle clonus test, 체성감각 유발전위 검사방법의 3가지가 많이 알려져 있고 또 임상적으로 응용되고 있다. 본 연구의 목적은 척수경막에 대한 신연이 척수에 어떠한 영향을 주는가를 조사하기 위해 실험개에서 후경골 신경자극에 의한 체성감각유발 전위검사와 신경전도 검사법을 이용하여 신연으로 인한 척수장

애의 변화가 의미하는 해부학적 부위를 찾아내고 200gm의 신연력에 대한 신경마비의 가역성 여부와 체성감각유발 전위검사중 어느 것이 가장 민감한 변화를 일으켜 신경기능 변화에 대한 조기경보의 지침으로 이용될 수 있는지 여부를 규명하는데 있다.

## II. 실험 대상 및 연구 방법

### 1. 실험 개요

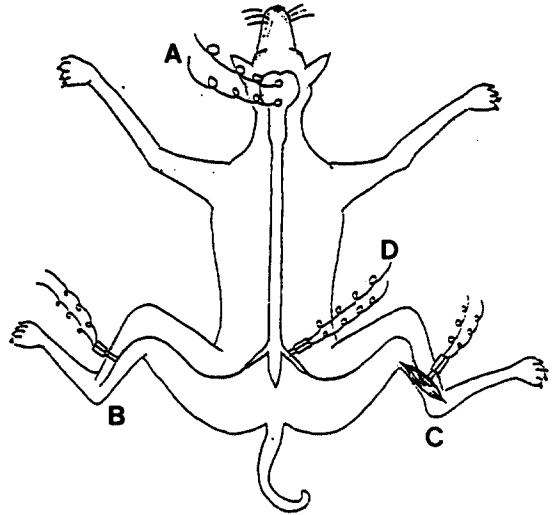
신경계는 중추신경계와 말초신경계로 구성되어 있다. 따라서 신경회로의 어느 한 곳에 이상이 있다면 신경전달에 문제가 발생한다. 본 실험은 척수경막에 대한 신연이 후경골신경 자극에 의한 체성 감각 유발전위에 변화를 일으키는지 여부를 체성감각 유발 전위 검사법으로 조사하고 만약 변화가 나타난다면 변화의 발생부위가 척수경막을 경계로 그 보다 상부인지 하부인지를 규명하기 위하여 개의 제 7요추 신경근을 자극하여 팔단 비복근에서의 근전도에 이상이 나타나는지를 조사하여 척수경막신연이 척수에 미치는 영향과 병변이 정확한 부위를 규명하는데 있다. 즉 척수경막 신연으로 체성감각 유발전위반응 검사에서 이상이 나타나고 근전도 검사상 신경전도에서 이상이 없다면 이는 곧 경막의 상부에서의 이상을 의미하게 된다. 척수경막 신연은 200gm의 추를 이용하였으며 견인으로 체성감각 유발전위에 변화가 발생하는지 또한 변화가 있다면 200gm의 추를 제거하면 다시 정상화되는 가역성 여부를 조사하였다.

### 2. 수술 방법

실험 동물은 암수 구별없이 성장이 완료된 체중 10-16kg의 개 10마리를 이용하였다. 실험은 10회 실시하였으며 그중 3회는 대조군으로, 7회는 실험군으로 나누어 실시하였다. 개는 실험하기 약 12시간 전부터 금식시켰으며 실험 대상으로 선정하기 전에 먼저 개를 육안으로 관찰하여 건강하고 활발한 것을 확인하였다.

개의 마취는 냄부탈을 25mg/kg 투여하였고, 일정한 마취상태를 유지하기 위하여 냄부탈을

10mg/kg씩 간헐적으로 정맥 주사하였다. 마취중에는 기관내 도관을 삽입하고 자발호흡을 유지하였다. 충분한 마취가 된 후에는 먼저 실험중 마취로 인한 혈압 강하가 척수혈행에 허혈을 초래하여 허혈에 의한 미칠 수 있는 오차를 최대한으로 없애기 위해 실험동물의 혈압을 지속적으로 감시할 목적으로 서혜부를 절개하여 대퇴 동맥을 찾아 굵은 도관을 삽입하고 압력계에 연결하여 혈압의 변화를 감시하여 실험중에 일정한 수준이 혈압이 유지되도록 주의하였으며 도관의 끝이 혈액응고로 폐쇄됨을 방지할 목적으로 생리식염수(500ml)에 헤파린(5,000 I.U.)을 섞어서 간헐적으로 주사하였다(Fig. 1)



**Fig. 2.** Left side shows SSEP study and right side shows nerve conduction study. Schematic drawing of electrode placement in the experimental animal.

- A. head electrode for SSEP
- B. electrode location for SSEP
- C. EMG electrode for nerve conduction test
- D. stimulating electrode

**Fig. 1.** The dog was intubated, blood pressure was monitored, and electrodes for nerve conduction and somatosensory evoked potential are seen.

척추노출을 위해 실험동물을 복와위로 취할 때 복부에 압박이 가해지지 않도록 복부와 접촉되는 해당 부위는 충분한 공간을 갖도록 하였다. 피부 절개를 위해 수술부위인 요천추부와 전기도자(electrode)를 부착시키는 두정부와 하퇴부의 털을 깎았다. 이때 좌측 하퇴는 체성감각 유발전위 검사를 위해 사용하고 우측 하퇴는 근전도를 이용한 신경전도 검사를 위해 사용하였다 (Fig. 1, 2).

수술부위를 완전무균 조작후 피부절개는 제 6 요추부터 미추끝까지 정중선에 가하고 극돌기 좌우편의 근육을 골막하 박리하여 요추 및 천추의 후궁이 완전히 노출되도록 하였다. 제 7요추 및 천추의 후궁을 모두 제거하고 제 7요추 신경근이

**Fig. 3.** After complete exposure of the dura, the sacral end of the dura was prepared for caudal traction.

제 7요추 척추경 하부를 지나는 것을 확인하고 천추에서는 척수경막과 천수 및 미수 신경근이 노출되도록 하였다(Fig. 3)

척수경막은 제 2천추에서 끝나므로 정중상에 있는 종사(filum terminale)는 쉽게 찾을 수 있었다. 종사를 확인한 다음 종사의 좌우에 있는 미골로 주행하는 신경근을 절제하여 척수경막 견인시

방해가 되지 않도록 하였다. 척수경막 신연을 위해 종사(filum terminale)가 척수경막에서 나오는 부위를 2-0 나이론사로 결찰하고 실의 다른 한쪽은 활차를 경유하여 200gm의 추를 매달아 일정한 힘의 신연을 조절할 수 있도록 준비하였다(Fig. 3, Fig. 4).

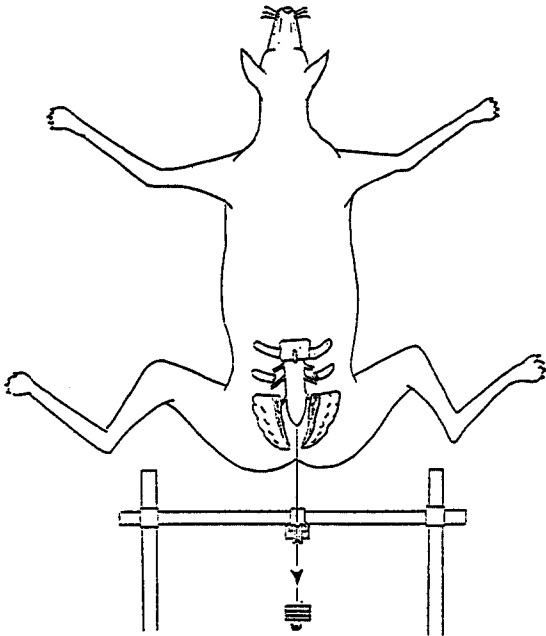


Fig. 4. After total laminectomy of L7 and sacrum, L7 nerve root and dura were exposed completely. Arrow means traction.

### 3. 신경기능 검사방법

후경골 신경을 자극하여 대뇌 피질에서의 전위를 검사하는 체성감각 유발 전위검사는 미국 Nicolet Biomedical Instruments 社제작 4-channel Nicolet CA 1000을 이용하였으며 경골내과의 후방으로 주행하는 후경골 신경부에 전극을 삽입하여 자극하였으며 위치 변동의 방지목적으로 하퇴와 전극을 테이프로 견고하게 고정하였다.

하퇴로부터 상부로 전달되는 전기적 자극을 포착하기 위한 전극은 두정부 2cm 후방부(C'Z)를 activator로, 전두부(FP'Z)를 보조 전극으로 사용하기 위해 각 부위에 전극을 부착하였고 전기자극은 초당 5.1회, 자극시간은 120 usec, 분석시간은 120 msec, filter setting을 5-250Hz, 500회 반

복 실시하였고 자극의 강도는 발가락에 단수축이 될 정도로 자극하였다(Fig. 1).

척수경막 외부에 위치한 말초신경에 대한 신경전도 검사는 미국 TECA CORP. 社제작 TECA 42를 이용하였으며 전기자극 부위는 제 7요추 신경근이 척수경막을 지나는 곳을 선택하였고 자극에 대한 반응기록은 비복근에 삽입한 전극에서 관찰하고 접지선(ground)는 자극제공 부위와 근전도 기록부위의 중간점에 부착하였다(Fig. 2).

이상의 모든 실험준비가 끝나면 10분간의 안정시간을 기다린 후에 신경검사를 시작하였다. 검사중 일정한 파가 잘 나타나지 않으면 자극방법, 전극의 부착상태 및 저항치, 기계작동상태, 주위의 전기방해물의 존재여부 등을 검토 확인하여 점검한 후 일정한 파가 확실히 나올 때까지 수회 반복검사하였다. 다음 후경골 신경을 자극하여 대뇌피질 전위 및 신경근 근전도 검사를 실시하되 이때의 최초 측정치를 기준치로 정하였으며 그후 1시간 동안은 척수경막신연 200gm 상태에서, 다음 1시간을 회복기로 구분하고 각각의 상태에서 20분 간격으로 3회 반복 검사하였다.

## III. 결 과

대조군에서 후경골신경을 자극하여 발생하는 두뇌피질에서의 유발전위의 파형은 그림 5와 같다.

처음에 나타나는 양성정점을 P1, 이어 나타나는 음성정점을 N1, 그 뒤의 양성정점을 P2로 정하였고 발생하는 각파의 잠복기는 반복검사를 하여 일정한 수치를 얻기가 비교적 용이하여 각 실험군의 비교 대상으로 삼았고 진폭치는 변화가 다양하여 결과의 비교에서 제외시켰다.

대조군에서의 P1, N1, P2의 모든 파는 2시간의 관찰에서 잠복기의 변화는 아주 적어 10% 이상 지연된 잠복기를 보여준 경우는 거의 없었다(Table. 1, Fig. 9)

실험군의 결과는 200gm의 신연력으로 1시간 견인후 다음 1시간은 견인하지 않은채 검사한 실험군에서는 P1 파형의 잠복기는 대조군에 비하여 10% 이내로 큰 변화가 없었으며 N1 파의 잠복기

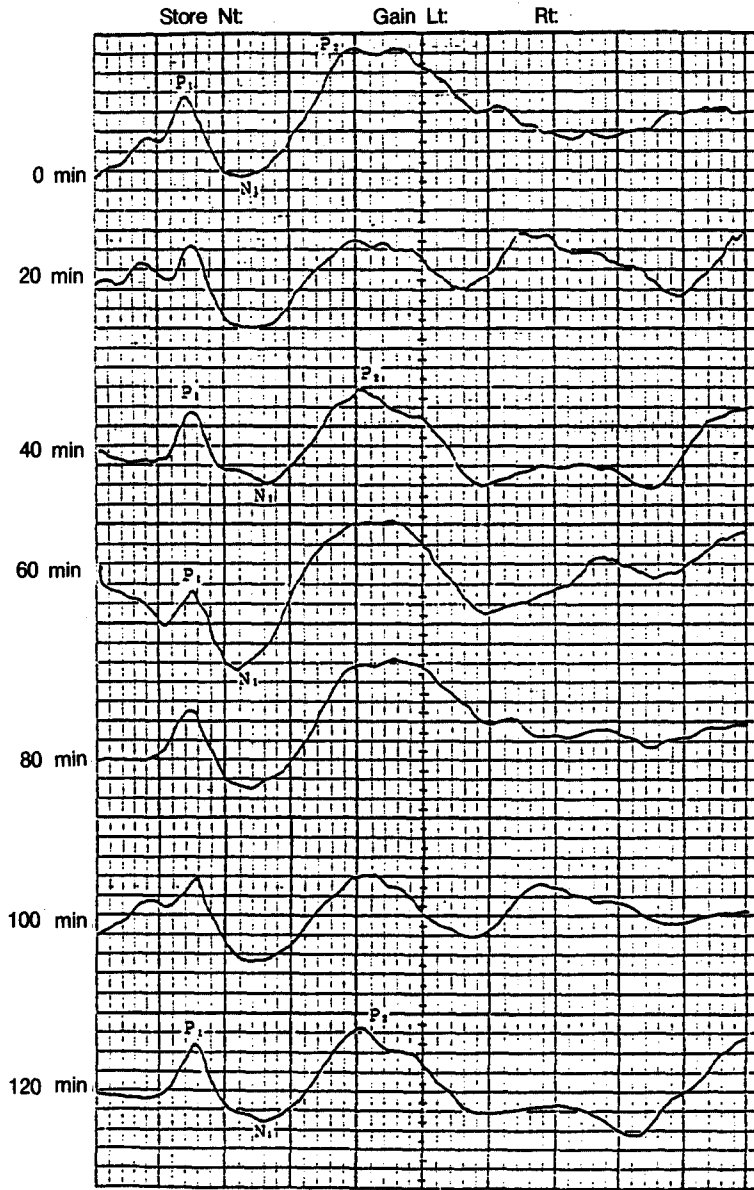
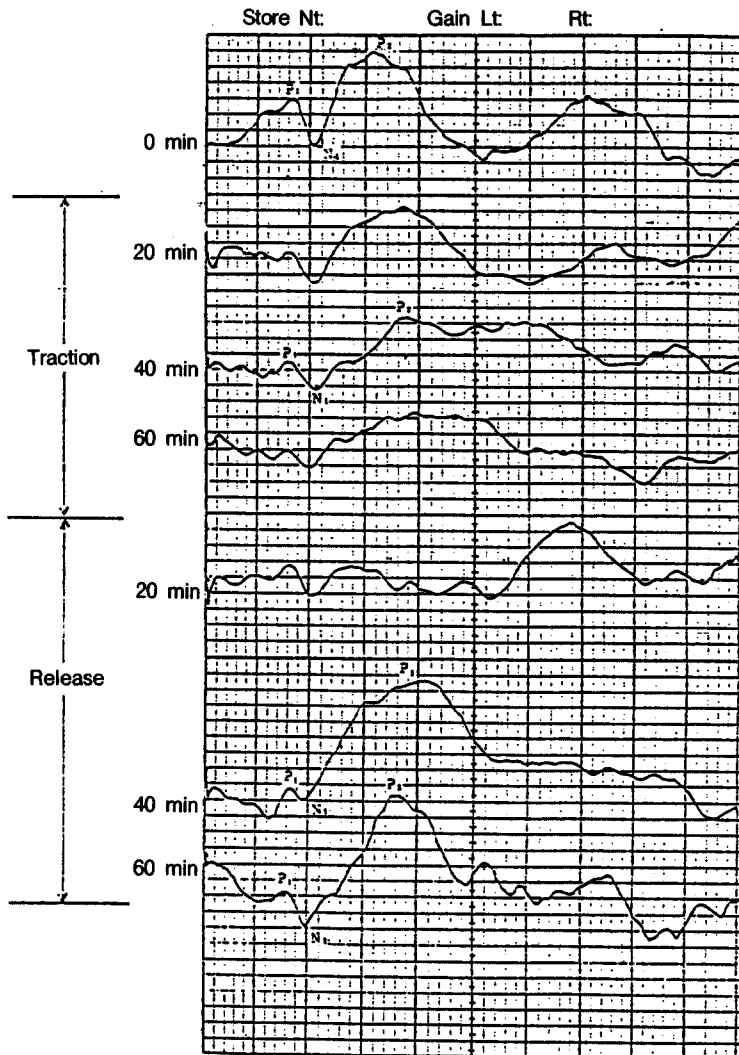


Fig. 5. SSEPs in control group (control No. 1). For 120 minutes, the latencies of P1, N1, and P2 are relatively constant.

도 5예에서는 큰 변화가 없었으나 2예에서만 30—50%의 지연이 있었다(Fig. 6). P2파의 경우에는 견인 후 시간이 경과함에 따라 잠복기가 점차 지연되고 60분이 경과한 후 파가 소실된 예가 7예중 5예였으며 신연을 중단시킨 후에는 시간이 경과됨에 따라 파가 다시 출현되었으나 잠복기는 지

연된 상태였고 1예에서는 60분이 경과된 후에도 나타나지 않았다(Table 1, Fig. 10). 즉 P1, N1파는 신연후 1시간 동안의 일정 간격 검사에서 의미있는 변화는 관찰되지 않았으나 P2파는 잠복기가 지연되고 파의 소실이 나타나는 등 의미있는 변화를 보였다. 신연중지 후 1시간의 반복 검사에서



**Fig. 6.** SSEPs in dural traction group (experimental animal No. 1). In this case, the latencies of P1 and N1 are relatively constant, but the latency of P2 is progressively prolonged and is difficult to identify at 60 minutes after traction and 20 minutes after release. At 40 minutes and 60 minutes after release P2 wave is recovered incompletely.

대부분 예에서 지연 내지 소실된 P2파는 회복되는 양상을 보였다. 즉 P2파의 변화가 가장 예민하게 반응을 보였으며 200gm의 신연력에서는 가역성의 반응을 나타냈다.

신경전도 검사에서는 대조군에서나 실험군 모두에서 신연 1시간 및 신연 제거 1시간의 일정간격 파형 조사결과 파형의 모양과 진폭치에 일부

변화가 있으나 잠복기의 변화는 거의 관찰되지 않았다 (Fig. 7, 8, Table 2). 따라서 척수경막 신연력으로 경막신연시 경막외부의 말초신경 전도에서 특별한 이상을 초래하지 않음이 관찰되었고 척수경막의 외부에 존재하는 말초신경에는 손상이 없었음을 나타내었다.

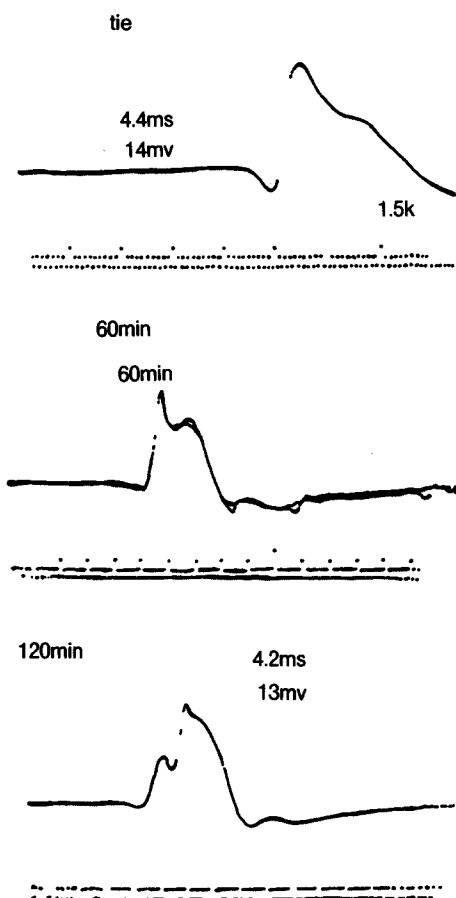


Fig. 7. Nerve conduction in control group (control animal No. 1).  
The latency is constant (4.2 msec-4.5 msec.).

#### IV. 고 찰

척추축만증의 교정수술 후 발생하는 신경손상의 빈도는 0.72%—1.2%로 보고되고 있으며<sup>12,18)</sup> 수술후 빠르게는 2시간 후에 때로는 1주일 경과후에 하반신 마비 등이 발생한다<sup>18,20,25)</sup>.

따라서 신경증상 특히 신경마비에 대한 조기 발견은 합병증 예방측면에서 중요하며 신경마비의 원인을 조속히 제거할 수 있어야 한다.

마취된 상태에서 금속고정을 위한 신연조작중 척수의 손상으로 신경마비 등의 신경학적 결손증세가 발생되었는지 혹은 발생되어 가고 있는가를

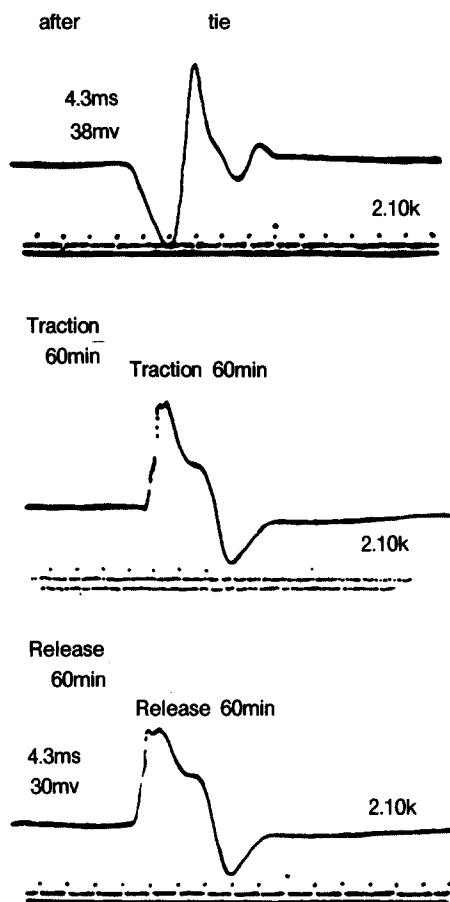


Fig. 8. Nerve conduction in dural traction group (experimental animal No. 7).  
The latency is also constant (4.3 msec-4.4 msec.).

알아내는 것은 용이하지 않고, 특히 중추신경계의 손상은 회복 불능으로 예방하는 것이 아주 중요하다. 신경손상을 예방하기 위해 가장 많이 이용되는 검사방법은 1973년 Vauzelle<sup>30)</sup> 등이 개발한 wake up test로 신연조작 후 환자를 마취에서 깨운 후 다리를 움직여 보도록 하여 마비의 발생 여부를 확인하는 것이다.

이 검사는 시행하기 간편하고 특수장비 등이 필요없는 장점이 있으나 기관지 연축, 공기색전, 심근허혈, extubation 사고 등의 위험이 따를 수 있다. 최근에는 마취상태에서 후경골 신경이나 정중신경을 일정한 간격으로 자극하여 얻어지는 체성감각 유발전위를 수술중에 반복 검사하여 비

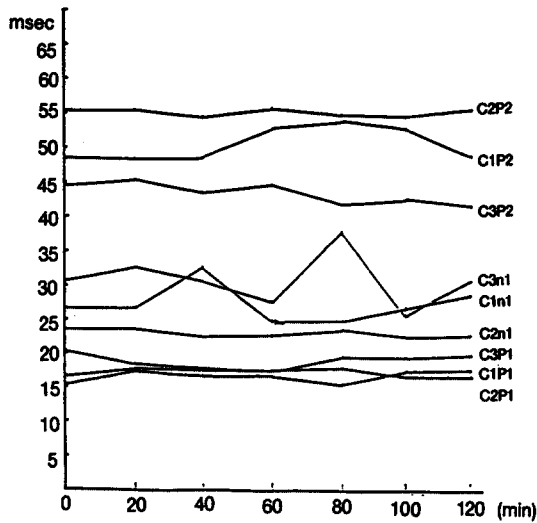


Fig. 9. Sequential change of P1, N1, and P2 in control group.

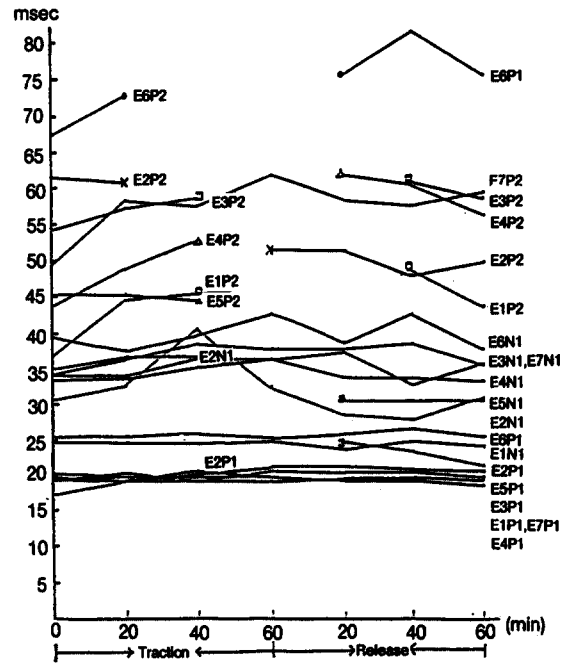


Fig. 10. Sequential change of P1, N1, and P2 in experimental group. Interruption means difficulty to identify the wave.

Table 1. Change of latency of SSEPs in control and experimental group.

min./ msec	C* #1			C* #2			C* #3		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N2	P1
0	15.32	26.88	48.96	16.80	23.52	55.20	20.16	30.72	44.64
20	17.28	26.88	48.48	17.76	23.52	55.20	18.24	32.64	45.12
40	16.80	32.64	48.36	17.28	22.08	54.24	17.76	30.24	43.20
60	16.80	24.96	52.80	17.28	22.56	55.64	17.20	27.36	44.64
80	15.32	24.96	53.76	17.76	23.04	54.72	19.20	37.92	41.76
100	17.28	26.88	52.80	16.80	22.08	54.24	19.20	25.32	42.24
120	17.28	28.32	48.96	16.80	22.56	55.20	19.68	30.24	41.28

min./ msec	E* #1			E #2			E #3			E #4			E #5			E #6			E #7		
	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2	P1	N1	P2
0	19.20	24.48	36.96	17.20	35.00	61.44	19.20	34.08	54.24	19.20	24.00	43.68	20.64	30.72	45.12	25.44	39.36	67.20	20.16	33.12	49.44
20	19.20	24.48	44.64	19.20	36.76	60.78	19.68	36.44	57.12	20.16	24.00	48.96	19.20	32.64	45.12	25.44	37.32	72.96	19.68	33.60	58.08
T 40	19.20	24.96	45.12	20.64	36.76	?	19.20	38.40	58.60	19.20	36.48	52.80	20.16	40.32	44.64	25.92	39.84	?	19.68	35.04	57.52
60	19.20	24.48	?	?	?	52.36	20.64	37.92	?	19.68	36.48	?	21.12	32.16	?	25.44	42.72	?	19.68	36.00	61.92
20	19.68	24.96	?	24.96	30.24	51.36	20.16	37.92	?	19.20	33.60	61.92	21.12	28.32	?	25.92	38.40	75.36	19.26	37.44	58.08
R 40	19.68	23.52	48.96	23.04	30.24	48.00	20.16	38.40	60.96	19.20	33.60	60.76	20.64	27.84	?	26.40	42.72	81.60	19.68	32.64	57.60
60	19.20	24.00	43.63	21.12	30.24	49.92	19.68	35.07	58.60	18.72	33.12	56.16	21.12	30.72	?	25.44	37.72	75.36	19.26	35.52	59.04

\* C: Control E: Experiment T: Traction R: Release



**Table 2.** Change of the latency of nerve conduction in control and experimental groups.

control					Experiment						
min/msec	#1	#2	#3	min/msec	#1	2#	#3	#4	#5	#6	#7
0	4.4	3.9	4.4	0	3.5	3.9	4.2	4.3	4.6	3.9	4.3
20	4.5	3.9	4.5	20	3.8	4.2	4.5	4.2	4.5	3.7	4.4
40	4.5	4.0	4.2	T 40	4.1	4.1	4.5	4.3	4.6	3.9	4.4
60	4.4	3.9	4.4	60	3.8	4.2	4.4	4.3	4.6	3.7	4.4
80	4.3	3.7	4.5	20	3.9	4.0	4.3	4.2	4.5	3.7	4.4
100	4.3	3.7	4.3	R 40	3.9	3.9	4.2	4.5	4.4	3.7	4.3
120	4.2	3.9	4.3	60	3.9	4.0	4.4	4.4	4.3	3.7	4.3

정상 유발전위가 발생시 수술조작을 달리하여 신경손상의 발생을 예방하려고 시도하고 있다<sup>2,4,9,20-22,26,28,31</sup>). 체성감각 유발전위는 말초신경을 전기자극하여 얻어지는 신경생리학적 반응으로 말초신경, 신경총, 신경근, 척수의 후주, 뇌간의 내모용대, 시상부, 두정엽의 체성감각영역으로 전도되는 기능을 판정하는 검사로 하지에서는 주로 후정골 신경을 자극하여 측정한다.

비정상 유발전위의 이상여부의 판정은 임상에서는 정상인에서 측정한 잠복기보다 2.5 내지 3 표준편차 이상 지연되거나 진폭의 차가 좌우 비교에서 2배 이상 되거나 파가 형성되지 않았을 때 비정상 기준으로 정하고 있으나<sup>1,2</sup>) 수술중에는 수술전 마취시작 후 그리고 수술조작 중 계속 검사하며 비교하여 잠복기가 10% 이상 지연되거나 진폭이 50% 이상 감소되었을 때 의미있는 변화가 있다고 판정한다<sup>7,21</sup>). 유발전위는 마취제의 영향을 받아 잠복기가 지연되거나 진폭이 감소됨으로<sup>4</sup>) 본 실험에서 냄부탈 마취중 검사를 시행하여 P1, N1, P2의 각파의 잠복기 및 진폭이 크게 변화되지 않음을 확인하였고 특히 잠복기는 일정하여 본 실험에서는 이를 기준으로 삼았다.

유발전위는 마취제 이외에 저혈압 등으로 인한 척수혈류 감소나 저온 등으로 잠복기가 지연될 수 있음으로 정상체온 및 정상혈압을 유지시켜 검사하여야 하는데 본 실험에서도 이에 유의하였다.

임상에서 체성감각 유발전위 반응을 모니터하며 척추수술을 시행할 때 유발전위에 유의한 변화가 없었으나 수술 후 하지마비가 발생되는 경우 즉 가음성(false negative)의 보고가 있어 모니

터링의 가치에 대한 논란이 있으나<sup>11,15,31</sup>) 이 검사의 중요성은 전반적으로 인정되고 있다. 가음성이 나타나는 원인은 검사시의 기술적인 문제나 검사 후에 신경학적 결손이 발생했을 가능성과 함께 이 검사 자체가 운동신경 계통의 기능을 판정하지 못하기 때문이 아닌가 추정되고 있다.

운동신경계의 기능을 검사하는 운동유발 전위는 전두엽의 운동영역 및 척수를 고전압이나 자기 코일로 자극하고 상하지의 근육에서 전위반응을 측정한 후 잠복기의 차인 중추성 전도시간을 비교하여 기능을 판정한다. 이 검사는 아직 연구 단계에 있어 보편화되지 못하였지만 운동유발 전위검사가 체성감각유발 전위보다 신경기능의 장애시 먼저 변화가 나타나고 또 sensitivity와 specificity가 더 나으므로 장래에 많은 이용이 예상된다<sup>3,16,19,21,24</sup>).

실험적으로 척수강 협착을 50% 이상 일으켰을 때 체성감각 유발전위의 의미있는 변화가 발생하나<sup>6</sup>) 점진적인 압박을 가하면 척수의 혈류가 심히 감소하여야만 유발전위가 소실된다<sup>14,27</sup>). 추를 척수에 낙하시켜 완전마비가 발생하거나 조직학적으로 심한 출혈성 괴사가 발생하여도 유발전위가 나타날 수 있어<sup>8,27</sup>) 유발전위 검사소견과 손상의 정도가 항상 일치되지는 않는다.

척수에 압박을 주거나 충격을 주어서 손상의 정도를 관찰한 논문은 비교적 많이 보고되고 있으나<sup>8,14,27</sup>) 척수에 신전되는 힘을 가하고 손상의 정도, 가역성을 관찰한 예는 그리 많지 않다<sup>7,23</sup>).

척주를 신전함으로써 발생하는 신경마비에 대하여 허혈이 원인이라는 것과 기계적인 힘에 의한 손상의 2가지로 설명하고 있다<sup>7,13</sup>). 해부학적으

로 치상인대(dentate ligament)가 제 1요추근에 있으나 제 12흉추 또는 제 2요추부에 부착하므로<sup>17)</sup> 척수경막전인이 치상인대를 경유하여 척수에 영향을 끼칠 가능성이 있다. 또 척수경막의 후면측이 전면측에 비하여 강하므로 힘의 전달이 척수의 전방에 편중될 가능성도 있다<sup>32)</sup>.

비정상적으로 종사가 비후된 경우에도<sup>10)</sup> 척주를 신연하는 힘이 척수경막을 견인하는 효과도 예상된다. 척주 신연때 artery of Adamkiewicz가 폐쇄되므로 척수에 2차적인 허혈이 온다고 하나 척수원추(conus medullaris) 부위의 혈액분포는 분절공급이 되고 혈관이 풍부한 위치이고 척수전반에 위치한 혈관이 gray mater를 공급하므로 artery of Adamkiewicz의 역할에 대해서는 아직도 불확실하다<sup>5, 29)</sup>.

고양이에서 척추를 신연시키며 척수혈류 및 체성감각 유발전위를 측정된 결과 혈류가 50% 감소되었을 때 유발전위가 고도로 변화되어 허혈이 신경장애의 원인<sup>7)</sup>이라고 하였고 다른 실험에서도 대사물질의 감소되는 것으로 일치된 의견을 제시하였다<sup>33)</sup>. 이때 유발전위 반응은 잠복기가 긴 파부터 변화가 나타나며 진폭의 감소와 잠복기가 지연된다 하였는데 본 실험에서 신연의 기간이 경과함에 따라 P1, N1파는 의미있는 변화가 발생되지 않았으나 P2파에서 점차 잠복기가 지연되며 소실되어 거의 일치되는 소견을 보였다.

본 실험에서는 P2파의 변화가 가장 예민하게 나타나 임상적으로도 P2파의 변화관찰이 척수손상의 정도와 손상의 초기발생 가능성을 경고하는 가장 좋은 지표가 될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 신연시 손상이 발생하는 부위에 대해서는 본 실험으로 충분히 규명된 것은 아니나 신경전도 검사상 척수경막 외부 말초신경에서는 이상이 초래되지 않는다는 관찰은 앞으로 척수조작시 참고가 되는 자료로 쓰일 수가 있겠다.

저자의 연구에서 신연을 1시간 가한 후 다시 신연을 중지하였을시 유발전위가 가역성을 보이는 것도 다른 보고<sup>12, 23, 27)</sup>와 일치하였는데 이는 일시적 허혈에 의한 유발전위의 변화가 아닐까 사료된다. 신연되는 힘은 3시간 이내에 가능한 빨리 제거하여야 한다고 하나<sup>18)</sup> 가역성을 보존할 수 있는

신연되는 힘의 한계와 시간과의 상관 관계는 앞으로 더 연구되어야 할 과제로 생각된다.

## V. 결 론

척수경막에 대한 신연이 척수에 어떠한 영향을 주는가를 연구하기 위해 후경골 신경자극에 의한 체성감각유발 전위 검사와 신경전도 검사법을 이용하여 신연으로 인한 신경생리 검사의 변화가 의미있는 해부학적 부위를 찾아내고 200gm의 신연력에 대한 체성감각 유발전위의 변화 및 신연중지 후 가역성 여부에 대한 실험을 개에서 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 척수경막 신연에 따른 체성감각 유발전위의 변화는 척수경막보다 상부, 즉 말미총, 척수원추, 척수 등에 이상이 있음을 뜻한다. 즉 척수경막 신연으로 발생하는 신경증세는 경막 상부에서 병변이 발생한다.

2. 200gm이 신연후 1시간 검사시 체성감각 유발전위에서의 소견에서 P1, N1파는 큰 변화가 없었으나 P2파는 잠복기가 지연되고 파의 소실이 70%에서 있었다.

3. 체성감각 유발전위에서의 소견에서 신연중지 후 1시간 간의 반복검사상 대부분에서 P2파가 회복되는 양상이었다.

## REFERENCES

- 1) 김국기, 임영진, 김태성, 김광명, 이봉암, 임 언 : 유발전위 반응의 정상치. 대한의학협회지, 제 29권 제 8호 : 865-874, 1986.
- 2) 김국기 : Significance of evoked potential. 대한마취과학회지, 제 22권 제 2호 : 169-173, 1989.
- 3) Barker, A.T., Freeston, I.L., Jalinous, R. and Jarrett, J. Bone and Joint Surg. : *Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system. Neurosurgery*, 20 : 100-109, 1987.
- 4) Bunch, W.H., Scarff, T.B. and Trimble, J. : *Spinal cord monitoring. J. Bone and Joint Surg.*, 65A : 707-710, 1983.
- 5) Crock, H.V., Yamagishi, M. and Crock, M.D. : *The conus medullaris and cauda equina in man. Spinal*

- ger-Verlag, Wien, 1986.
- 6) Delamarter, R.B., Bohlman, H.H., Dodge, L.D. and Biro, C.: *Experimental lumbar spinal stenosis. J. Bone and Joint Surg.*, 72A: 110-120, 1990.
  - 7) Dolan, E.J., Transfeldt, E.E., Tator, C.H., Simmons, E.H. and Hughes, K.F.: *The effect of spinal distraction on regional spinal cord blood flow in cats. J. Neurosurg*, 53: 756-764, 1980.
  - 8) Ducker, T.B., Salzman, M., Lucas, J.T., Garrison, W.B. and Perot, P.L.: *Experimental spinal cord trauma, II: Blood flow, tissue oxygen, evoked potentials in both paretic and plegic monkeys. Surg. Neurol* 10: 64-70, 1978.
  - 9) Elson, A. and Elleker, G.: *Sensory nerve stimulation and evoked cerebral potentials. Neurology* 30: 1097-1105, 1980.
  - 10) Graceau, G.J.: *The filum terminale syndrome. J. Bone and Joint Surg.*, 35A: 711-716, 1953.
  - 11) Ginsbury, H.H., Shetter, A.G. and Raudzens, P.A.: *Postoperative paraplegia with preserved intraoperative somatosensory evoked potentials. J. Neurosurg* 63: 296-300, 1985.
  - 12) Hall, J.E., Levine, C.R. and Sudhir, K.G.: *Intraoperative awakening to monitor spinal cord function during Harrington instrumentation and spine fusion. J. Bone and Joint Surg.*, 60-A: 533-536, 1978.
  - 13) Keim, H.A. and Hilal, S.K.: *Spinal angiography in scoliosis patients. J. Bone and Joint Surg.*, 53A: 904-912, 1971.
  - 14) Koberne, A.I., Evans, D.E. and Rizzoli, H.: *Correlation of spinal cord blood flow and function in experimental compression. Surg. Neurol* 10: 54-59, 1978.
  - 15) Lesser, R.P., Raudzens, P., Lueders, H. et al.: *Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. Ann Neurol* 19: 22-25, 1986.
  - 16) Levig, W.J., McCaffrey, M., York, D.H. and Tanzer, F.: *Motor evoked potentials from transcranial stimulation of the motor cortex in cats. Neurosurgery* 15: 214-227, 1984.
  - 17) MacDonald, I.B., McKenzie, K.G. and Botterell, E.H.: *Anterior rhizotomy. J. Neurosurg* 3: 421-425, 1946.
  - 18) MacEwen, G.D., Bunnell, W.P. and Sriram, K.: *Acute neurological complications in the treatment of scoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 57-A: 404-408, 1975.
  - 19) Merton, P.A. and Morton, H.B.: *Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. Nature* 285: 227, 1980.
  - 20) Mostegl, A. and Bauer, R.: *The application of somatosensory-evoked potentials in orthopaedic spine surgery. Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 103: 179-184, 1984.
  - 21) Nash, C.L. and Brown, R.H.: *Spinal cord monitoring. J. Bone Joint Surg.*, 71-A: 627-630, 1989.
  - 22) Nash, C.L., Lorig, R.A., Schatzinger, L.A. and Brown, R.H.: *Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine. Clin Orthop.*, 126: 100-105, 1977.
  - 23) Nordwall, A., Axelgaard, J., Harada, Y., Valencia, P., McNeal, D.R. and Brown, J.C.: *Spinal cord monitoring using evoked potentials recorded from feline vertebral bone. Spine* 4: 486-494, 1979.
  - 24) Owen, J.H., Laschinger, J., Bridwell, K., Shimon, S., Nielsen, C., Dunlap, J. and Kain, C.: *Sensitivity and specificity of somatosensory and neurogenic-motor evoked potentials in animals and humans. Spine* 13: 1111-1118, 1988.
  - 25) Ransford, A.O., Manning, C.W.S.F.: *Complications of halopelvic distraction for scoliosis. J. Bone and Joint Surg.*, 57-B: 131-137, 1975.
  - 26) Shimizu, H., Shimoji, K., Maruyama, Y., Sato, Y., Harayama, H. and Tsubake, T.: *Slow cord dorsum potentials elicited by descending volleys in man. J. Neurol Neurosurg Psychiatry* 42: 242-246, 1979.
  - 27) Shramm, J., Hashizume, K., Fukushima, T. and Takahashi, H.: *Experimental spinal cord injury produced by slow, graded compression. J. Neurosurg* 50: 48-57, 1979.
  - 28) Szalay, E.A., Carollo, J.J. and Roach, J.W.: *Sensitivity of spinal cord monitoring to intraoperative events. J. Pediatr Orthop.*, 6: 437-441, 1986.
  - 29) Thron, A.K.: *Vascular anatomy of the spinal cord. Springer-Verlag, Wien*, 1988.
  - 30) Vauzelle, C., Stagnara, P. and Jouvinroux, P.: *Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. Clin. Orthop.*, 93: 173-178, 1973.
  - 31) Wilber, R.G., Thompson, G.H., Shaffer, J.W., Br

- own, R.H. and Nash, C.L. : *Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation*. *J. Bone and Joint Surg.*, 66-A : 1178-1187, 1984.
- 32) Yamada, H. : *Strength of biological materials*. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1970.
- 33) Yamada, S., Zinke, D.E. and Sanders, D. : *Pathophysiology of "Tethered cord syndrome"*. *J. Neurosurg* 54 : 494-503, 1981.