

척추 수술에서의 감각신경 뇌유발 전위 검사

서울대학교 의과대학 정형외과학교실 · 재활의학과교실*

석세일 · 이수호 · 백구현 · 김진호* · 한태륜*

= Abstract =

Cortical Somatosensory Evoked Potentials in Spine Surgery

Se Il Suk, M.D., Soo Ho Lee, M.D., Goo Hyun Baek, M.D., Jin Ho Kim*, M.D. and Tai Ryoan Han*, M.D.

Department of Orthopedic Surgery and Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Seoul National University*

Paraplegia resulting from the operative treatment of scoliosis is a serious complication feared most by orthopedic surgeons. Scoliosis Research Society reported the incidence of acute neurological complications resulting from the treatment of scoliosis as 0.72% in 1975. Thus, the importance of the development of some form of adequate practical spinal cord monitoring during major corrective surgery of the spine has become increasingly recognized as the surgery in this area has accelerated. In order to reduce the incidence of such neurological complications, intraoperative spinal cord monitoring has introduced since nineteen seventies.

Monitoring of cortical somatosensory evoked potentials (CSEP) were applied in surgery of 31 cases of scoliosis and 4 cases of cervical spine lesions at Department of Orthopedic Surgery at Seoul National University Hospital, from Jan. 1982 to May 1985, and the following results were obtained.

- 1) Quantitative analysis of CSEP was done in 31 cases of scoliosis as grouping into preincision, preinstrumentation, postinstrumentation and skin closure periods. From preincision period, P1 and N1 latencies prolonged significantly across all periods but not from preinstrumentation period to subsequent periods. P1-N1 amplitude and P2-N2 amplitude were decreased significantly between preincision period and other periods but no significant change was noted from preinstrumentation period to skin closure period. ($P < 0.05$)
- 2) Abnormal CSEP findings were noted during operations in 4 cases, in which acute neurological complications were prevented with CSEP monitoring.
- 3) We experienced a case in which CSEP was abolished on the concave side of the curve while CSEP was normal on the convex side, during distraction. So it is considered that the ankle electrode should be placed on the concave side of scoliosis to detect neurological complication.
- 4) Correctibility of deformity in scoliosis surgery was increased from 44.1% to 51.3% with the use of intraoperative CSEP monitoring without acute neurological complications.
- 5) CSEP monitoring during spine surgery is an effective method to prevent neurological complication.

Key Words: CSEP (Cortical Somatosensory Evoked Potential), Neurological complication.

서 론

척추 수술, 특히 척추 측만증의 교정술시 발생하는 신경손상은 정형외과 영역에서 가장 심각한 합병증 중의 하나이다. 1975년 Scoliosis Research Society의 보고에 의하면 척추 측만증 수술 후의 신경손상 발생률은 0.72%로 보고하며 그 심각성을 강조한 바 있다. 이러한 합병증을 수술중에 예방하기 위하여 Nash 등은 1974년 최초로 감각신경 뇌유발 전위검사(Cortical somatosensory evoked potential: CSEP 이하 CSEP로 약칭함)를 수술시에 시행하였다. 이후 여러 저자들은 척추 측만증 수술 후의 신경손상 발생이 현저히 감소함을 보고하였고 그 적응증도 경추부병

ciety는 척추측만증의 교정술후 신경손상의 발생률을 0.72%로 보고하며 그 심각성을 강조한 바 있다. 이러한 합병증을 수술중에 예방하기 위하여 Nash 등은 1974년 최초로 감각신경 뇌유발 전위검사(Cortical somatosensory evoked potential: CSEP 이하 CSEP로 약칭함)를 수술시에 시행하였다. 이후 여러 저자들은 척추 측만증 수술 후의 신경손상 발생이 현저히 감소함을 보고하였고 그 적응증도 경추부병

변 및 척추 골절의 수술 등으로 확대일로에 있다.

본 서울대학교 의과대학 정형외과학교실에서는 1982년 1월부터 1985년 5월까지 3년 4개월간 척추 측만증 31례와 경추부 병변 4례의 총 35례에서 CSEP를 수술중에 시행하였다. 그리하여 추궁관 하 강선 결박술(sublaminar wiring), Luque 기제사용술, Zielke 기제사용술 등의 교정도 높은 새로운 술식에도 불구하고 신경손상의 합병증 없이 안전하게 시술할 수 있었다. 즉, 총 35례중 4례에서 수술 도중에 비정상적인 CSEP를 발견하고 척추의 교정도를 감소시킴으로서 신경손상을 예방하였다. 수술중의 CSEP감시로 신경손상을 예방할 수 있었기에 척추 측만증 31례의 결과를 정량분석하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

대상 및 연구방법

1. 대 상

1982년 1월부터 1985년 5월까지 3년 4개월간

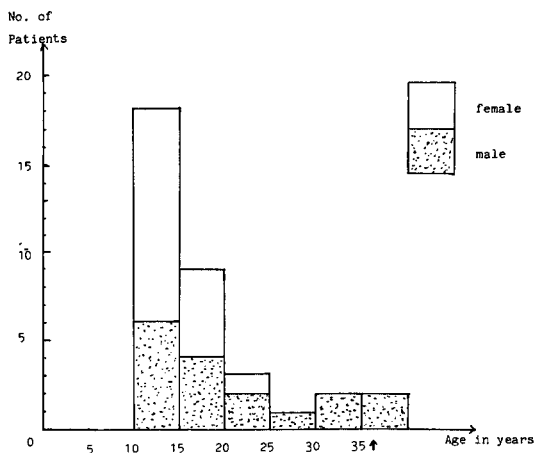


Fig. 1. Age and sex distribution.

수술 도중에 감각신경 뇌유발 전위검사를 시행한 31례의 척추 측만증 환자와 4례의 경추부 골절 환자의 총 35례를 대상으로 하였다.

2. 연령 및 성별 분포

연령 분포는 11세에서 52세를 보였으며 11세에서 20세까지가 77.1%로 가장 많았으며 평균 연령은 18.6세였다. 성별로는 남자가 17명 여자가 18명으로 비슷한 분포였다(Fig. 1).

3. 원인 분류

총 35례중 척추 측만증이 31례였으며 이중 14례는 특발성, 12례는 선천성이었고 3례는 신경섬유종 그리고 2례는 마비성이었다. 경추부 병변 4례중 3례는 불완전한 신경 손상을 보인 경추부 골절 및 탈구였으며, 1례는 제 2경추 치돌기의 불유합이었다(Table 1).

4. 수술 방법

Table 1. Etiology

Etiology	No. of patients	Percent
Scoliosis	31	88.6
Idiopathic	14	40.0
Congenital	12	34.3
Neurofibromatosis	3	8.6
Paralytic	2	5.7
Cervical spine lesion	4	11.4
Fx-dislocation with incomplete neurology	3	8.6
Nonunion of odontoid process	1	2.9
Total	35	100.0

Table 2. Surgical methods

Surgical methods	No. of patients	Per cent
Harrington distraction rod only	15	42.9
Harrington distraction and compression rods	4	11.4
Harrington distraction rod with sublaminar wiring	4	11.4
Harrington distraction rod with spinous process wiring	1	2.9
Luque instrumentation with sublaminar wiring	3	8.6
Zielke instrumentation	4	11.4
Cortical bone graft with sublaminar wiring	4	11.4
Total	35	100.0

수술 방법으로는 Harrington distraction rod 만을 사용한 해가 15례, Harrington distraction rod와 compression rod를 사용한 경우가 4례, Harrington distraction rod와 추궁관하 강선 결박술을 함께 시행한 경우가 4례였으며 Harrington distraction rod와 극돌기 결박술(spinous process wiring)을 시행한 경우가 1례로 Harrington 기계사용술은 총 24례였다. Luque기계사용술과 Zielke기계사용술은 각각 3례와 4례였다. 경추부 병변 4례에서는 피질골 이식과 함께 추궁관하 강선 결박술을 시행하였다(Table 2).

5. 연구 방법

근전도기는 TECA 42 TE EMG system을 사용하였다. 수술전에 비교를 위한 근전도를 측정하였으며 electrode는 족관절 내과 후방의 경골신경에 설치하였다. 마취는 감각신경 뇌유발 전위검사에 지장을 주지않는 N20-02-Thalamonal 마취를 시행하였다. 자극은 구형전기맥파(square electrode pulse)로서 그 지속기간은 0.1~0.2msec였으며 자극의 강도는 10~30 mA로 하였다. 자극의 빈도는 1초에 3번으로 128회의 자극을 평균하였다. amplifier는 AA 6 mK III로 gain을 5 microvolt로 하였고 high frequency filter는 10KHz에 고정하였다. monitor의 sweep speed는 20msec/division으로 하였으며 averaging은 TECA DAV 62와 average expander(AX 62)를 사용하였고 analysis time은 200msec로 하였다.

기록전극은 보통 사용하는 백금으로된 EEG 전극을 사용하였으며 고정 위치는, reference electrode는 두피 정중선에서 상방 두발선(hair line)의 직하부에 위치하고 active electrode는 ten-twenty 국제 뇌파 기록법의 Cz지점에 고정한 바 이는 비근점(nasion)과 후두 용기점(inion)의 중간점으로 하였다. 잠복기간은 처음 양성쪽으로 deflection되는 P1및 처

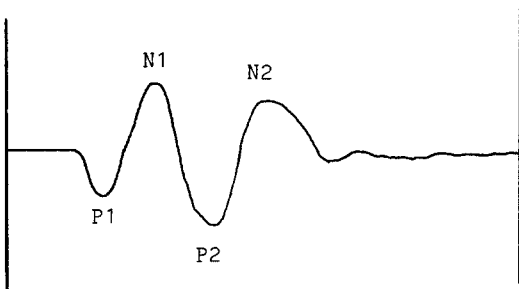


Fig. 2. Scheme of CSEP. P1 latency: time from starting point to P1 (msec). N1 latency: time from starting point to N1 (msec). P1-N1 amplitude: peak to peak distance between P1 and N1 (μ V). P2-N2 amplitude: peak to peak distance between P2 and N2 (μ V).

음 음성쪽으로 deflection되는 N1까지의 시간을 msec로 측정하였고, amplitude는 P1-N1 및 P2-N2를 peak to peak로 μ V로 측정하였다(Fig. 2).

척추 측만증 31례에서는 이러한 P1과 N1의 잠복기 그리고 P1-N1과 P2-N2 amplitude를 정량분석하여 그 평균치와 표준 편차를 구한 뒤에 paired 2-tailed t-test를 시행하였다.

또한, 감각신경 뇌유발 전위검사를 시행하지 않은 척추 측만증 환자 31례를 무작위 추출하여 시행한 군과 그 교정도를 비교하였다.

결 과

감각신경 뇌유발 전위검사를 수술전, 수술 도중의 기계사용전, 수술 도중의 기계사용후 그리고 피부봉합의 네 시기로 나누어 분석하였다. 31례의 척추 측만증에서의 결과를 평균과 표준 편차를 구한 뒤 paired 2-tailed t-test를 사용하여 정량분석(quantitative analysis)하였다. 그 결과 P1과 N1의 잠복기

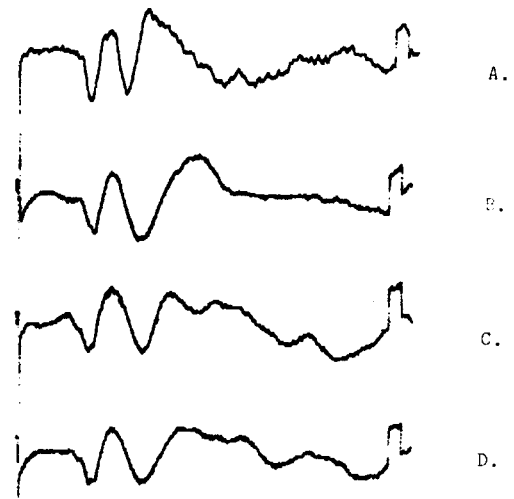


Fig. 3. Typical example of CSEP.

- A. Preincision. ————— Preop.
- B. Preinstrumentation.
- C. Postinstrumentation. ————— Intraop.
- D. Skin closure.

Note some right shift of P1 and N1 latencies between preop. and intraop. waves.

Table 3. Means, Standard Deviations and Paired two tailed t-tests

Period		I (Preincision)	II (Preinstrumentation)	III (Postinstrumentation)	IV (Closure)
A. CSEP P1 and N1 Latencies.					
P1*	x±1 SD	33.80±2.76	35.73±2.88	35.51±2.80	35.46±2.70
N=31	t	---	-2.6940 (sig.)	-2.4217 (sig.)	-2.3940 (sig.)
	t		---	+0.2911 (ns)	+0.0708 (ns)
N1*	x±1 SD	43.22±2.85	45.00±3.85	45.91±4.04	45.01±3.85
N=31	t	---	-2.0690 (sig.)	-3.0180 (sig.)	-2.0807 (sig.)
	t		---	-0.9079 (ns)	-0.0102 (ns)
B. CSEP P1-N1 and P2-N2 Amplitudes.					
P1-N1**	x±1 SD	1.54±0.82	0.58±0.34	0.64±0.40	0.64±0.39
N=31	t	---	+6.0226 (sig.)	+5.4991 (sig.)	+5.5181 (sig.)
	t		---	-0.6363 (ns)	-0.0000 (ns)
P2-N2**	x±1 SD	1.38±0.50	1.02±0.54	0.39±0.42	0.86±0.40
N=31	t	---	+2.2732 (sig.)	+3.3248 (sig.)	+4.4674 (sig.)
	t		---	+0.2441 (ns)	+1.3256 (ns)

CSEP=cortical somatosensory evoked potential; *=latency in msec; **=amplitude in μ V; x=mean; SD=standard deviation; ---=t-test value at period I used as baseline; ----=t-test value at period II used as baseline; sig.=significant ($p<0.05$); ns=nonsignificant ($p<0.05$).

Table 4. Abnormal CSEP cases

Case No.	Age	Sex	Diagnosis	Area of deformity	Surgical method	Cause of abnormal CSEP	Intraop. Management	Postop. neurologic sequelae
1	13	F	idiopathic	T7-L1	Harrington distraction rod	excessive distraction	reduced distraction	none
2	18	F	congenital, unsegmented bar with contralateral hemivertebra	T1-T10	Harrington distraction rod	excessive distraction	reduced distraction	none
3	52	M	idiopathic with paraparesis	T6-L1	Harrington distraction rod	excessive distraction	reduced distraction	none
4	14	M	idiopathic	T8-L2	Zielke instrumentation	excessive distraction	monitoring from concave side of curve	incomplete neurology on concave side of curve with complete recovery after 5 months

는 수술전에 비하여 수술도중에 유의한 증가를 보였으나, 수술도중의 기계사용술 전후와 피부봉합시에는 유의한 차이가 없었다($P<0.05$).

P1-N1 amplitude와 P2-N2 amplitude도 수술전에 비하여 수술도중에서는 유의한 감소를 보였으나 수술도중의 기계사용술 전후와 피부봉합시에는 유의한 차이가 없었다($P<0.05$), (Fig.3, Table 3).

수술 도중에 비정상적인 소견을 보인에는 35례중 4례였으며 이중 3례는 Harrington distraction rod 술식 중에 나타났으며 1례는 Zielke 기계사용

술 중에 나타났다(Table 4). 그 원인은 모두 과교정으로 인한 척수의 과신장으로 사료되었다. 과신장으로 인해 그 파장이 거의 소실된 예는 Harrington distraction rod 술식의 3례로 distraction rod를 제거하면서 다시 정상의 파장이 나타나기 시작했다. 파장의 변화가 없음을 확인하면서 다시 distraction rod를 삽입하였으며 술후 신경손상은 없었다(Fig.4)

Zielke 기계사용술을 시행한 1례는 척추의 만곡을 교정하는 동안 척추측만의凸측에서는 정상파장을 보인 반면 凹측에서는 파장의 소실을 보였다(F-

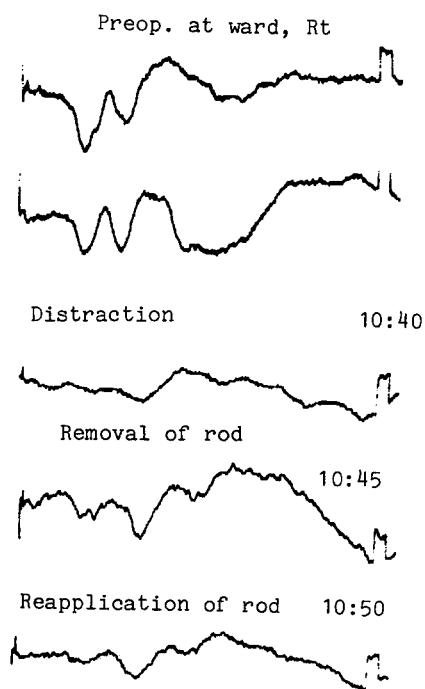


Fig. 4. During distraction, some abolition of CSEP was noted. After removal and reapplication of Harrington distraction rod, CSEP appeared again.

ig. 5). 수술이 끝날때까지 계속 뒤편을 감시하였으나 정상파장은 돌아오지 않았고 술후 뒤편 하지의 부분 신경마비가 동반되었다. 술후 5개월째의 추시에서는 거의 완전한 회복을 보였다. 이 예는 척추측만증의 경우 만곡의 뒤편의 신경이 뒤편보다 수술적 교정후 더욱 과신전되므로 신경손상을 예방하기 위하여는 뒤편을 감시해야함을 시사하고 있다.

1978년 9월부터 1981년 12월까지 3년 3개월간 시행한 척추 측만증의 교정술식 환자중에서 선천성 12례, 특발성 14례, 신경섬유종 3례 및 마비성 척추 측만증 2례를 무작위 추출하여 그 교정도를 구하였다. 이 군을 감각신경 뇌유발 전위검사를 시행하지 않은 대조군으로 하여 검사를 수술중에 시행한 군과의 술후 교정도를 비교하였다. 특발성 척추 측만증 14례는 49.9%와 58.8%의 차이를 보였고, 선천성 12례는 39.8%와 45.2%, 신경섬유종은 39.1%와 42.8% 그리고 마비성 2례는 36.2%와 48.1%였다. 모두 감각신경 뇌유발 전위검사를 시행한 군에서 교정도의 증가를 보였으며, 전체 각 31례를 비교하여서는 통계적으로 유의한 증가를 의미하였다($P < 0.05$) (Table 5). 이러한 결과는 Luque 기계사용술, Zielke 기계사용술, Harrington 기계사용술과 추궁관하 강선 결박술등 교정도가 높은 새로운 술식에 기인하는 바이나, 감각신경 뇌유발 전위검사

Fig. 5. CSEP taken from convex side of scoliosis. See normal CSEP(Left). CSEP taken from concave side at the same time. CSEP was absent(Right).

Table 5. CSEP and Correctability

Etiology	CSEP (-)		CSEP (+)	
	No. of cases	Amount of correctability (%)	No. of cases	Amount of correctability (%)
Idiopathic	14	49.9	14	58.8
Congenital	12	39.8	12	45.2
Neurofibromatosis	3	39.1	3	42.8
Paralytic	2	36.2	2	48.1
Total	31	44.1	31	51.3

* t-test value was significant ($p < 0.05$)

의 감시하에 척추 손상을 방지하면서 최대한의 교정을 시도한 점도 큰 기여를 하였다고 생각된다.

고 찰

1947년 Dawson은 최초로 말초신경의 전기자극을 두피에서 측정하는 수기를 발표하였다. 그 후 1974년 Nash¹¹⁾ 등은 척추 수술 도중에 감각신경 뇌유발 전위검사를 시행하여 보고한 바 있다.

1975년 Scoliosis Research Society의 보고¹²⁾에 의하면 척추 측만증 수술후의 신경손상은 0.72%에 달하고 있다. 이러한 합병증을 막기 위한 시도로 1973년 Vauzelle과 Stagnara 등¹³⁾은 wake-up test를 시행하였으나 이방법은 국한된 운동기능만을 알 수 있으며 그 판정이 애매할 경우가 있고 이미 부분적인 신경손상이 술전에 존재하는 환자인 경우는 적용하기 힘든 단점들이 있다¹⁴⁾.

1970년대 후반 부터는 여러 저자들이 감각신경 뇌유발 전위검사를 척추 측만증의 교정술식때 시행하는 것이 안전함을 보고하였고 그 적응도 척추의 병변이나 골절등으로 점차 확대되고 있다. 1978년 Engler 등¹⁵⁾은 55명의 Harrington 기계사용술식에서 수술중 감시를 함으로써 전례에서 신경손상의 합병증을 예방하였다. 그 측정방법도 점차 개량되어 전기자극을 두피나 경막 또는 척추 추돌기에서 측정하는 세종류가 보고되어 있다^{3, 11, 16)}. 1983년 Jones¹⁷⁾는 경막외부에서의 측정이 정확하다고 보고한 바 있으며, 1984년 Fitz 등¹⁸⁾은 이러한 경막외부 측정법이 종래의 halogenated anesthetics에 대한 검사파장의 소실도 극복할 수 있는 방법이라하여 그 장점을 주장하였다.

1981년 Selman¹⁹⁾은 경구로 제 2 경추의 치돌기 제거술을 시행하는데 감각신경 뇌유발 전위검사를 시행하여 합병증 없이 수술한 바를 보고하였다. 또한 Engler 등¹⁵⁾은 척추 골절시에도 더 이상의 신경손상을 감시할 수 있다하여 그 사용을 주장하였다. 1984년 石 등²⁰⁾은 마비성 척추측만증에 교정도가 높은 Luque 기계사용술식을 시행한 경우에서 신경손상의 예방을 위한 척추감시의 중요성을 언급한 바 있다. 이러한 적응증의 확대로 사용이 증가되고 있지만 검사파의 잠복기나 amplitude에 대한 기준치가 확실히 없고 정상파장과 비정상파장을 구별하는 근거가 애매한 상태이다.

1984년 Tamaki 등²¹⁾은 amplitude가 50% 이하로 감소된 경우가 마취상태에서 혼함을 보고하였고, 1984년 Gonzalez²²⁾는 수술전에 비하여 수술중에서는 잠복기가 증가하고 amplitude가 감소함을 정량분석

하여 보고한 바 있다. 본 저자들도 수술전과 수술도중의 검사파장의 비교 정량분석에서 P1과 N1 잠복기가 수술중에 유의한 증가를 보이며 P1-N1과 P2-N2 amplitude는 유의한 감소를 보임을 관찰하였다. 또한 수술전, 기계사용술전, 기계사용술 후와 피부봉합시기의 각 파장을 통계처리하여 기준치를 설정하여 비교의 지표를 설정하였다.

척추 측만증의 수술중에 만곡의 뒹측면에서는 검사파장이 소실되고 같은 시간의 뒹측면은 정상파장을 보인 예를 1례 치험한 바 이는 문헌에 보고되지 않은 경우로, 아마도 척추의 신장되는 정도가 만곡의 뒹측면이 크기 때문인 것으로 사료되었다. 이 예로 미루어보아 척추 측만증의 수술에서는 만곡의 뒹측면에서 척추감시를 시행하여야 유의할 것으로 사료 되었다.

결 론

본 서울대학교 의과대학 정형외과학 교실에서는 1982년 1월부터 1985년 5월까지 3년 4개월간 척추 측만증 31례와 경추부 병변 4례에서 수술중에 감각신경 뇌유발 전위검사 (Cortical somatosensory evoked potential: CSEP, 이하 CSEP로 약칭함)를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 31례의 척추 측만증에서의 정량분석 결과 수술전에 비하여 수술 도중의 P1 및 N1 잠복기는 유의한 증가를 보였으며 P1-N1 및 P2-N2 amplitude는 유의한 감소를 보였다 ($P < 0.05$).

2. 수술중에 비정상적인 CSEP 소견을 보인 예는 총 35례중 4례였으며, 수술중 척추 과신장의 감소로 신경손상을 예방할 수 있었다.

3. 척추 측만증의 경우 만곡의 뒹측면에서는 정상 CSEP가 관찰되고 뒹측면에서는 비정상적인 CSEP를 보인 1례를 경험한 바, 족관절부의 자극전극은 척추 만곡의 뒹측에 설치하는 것이 유의할 것으로 사료되었다.

4. CSEP를 시행하지 않은 대조군과의 비교에서 CSEP를 시행한 군의 만곡교정도가 유의한 ($P < 0.05$) 증가를 보였으며, 이는 CSEP로 척추의 상태를 감시하며 안전하게 수술했던 결과 및 추궁판 하강선결박술등의 교정도가 높은 새로운 술식들에 기인한 것으로 판단된다.

5. CSEP는 척추 측만증의 교정 및 경추부 병변의 수술중 척추감시로 신경손상의 합병증을 예방할 수 있는 훌륭한 방법으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) 석세일 · 이춘성 · 백구현 : Luque 기제사용술.
대한정형외과학회지 제19권 제 5 호 : 893, 1984.
- 2) Brown, R.H. and Nash, C.L.: *Current Status of Spinal Cord Monitoring. Spine, Vol. 4, No. 6: 446-470, 1979.*
- 3) Bunch, W.H., Scarff, T.B. and Trimble, J.: *Current Concept Review, Spinal Cord Monitoring. J. Bone and Joint Surg., 65A:707-709, 1983.*
- 4) Engler, G.L., Spielholz, N.I. and Benjamin, M.V.: *Somatosensory Evoked Potentials in Spine Fractures. Scoliosis Research Society, 14th Annual Meeting, Seattle, Washington, 1979.*
- 5) Engler, G.L., Spielholz, N.I., Bernhard, W.N., Danziger, F., Merkin, H.M. and Wolff, T.: *Somatosensory Evoked Potentials During Harrington Instrumentation for Scoliosis. J. Bone and Joint Surg., 60A:528-536, 1978.*
- 6) Fitch, R.D., Erwin, C.W., Gilmer, P. and Piatt, J.: *Evoked Potential Monitoring of Spinal Physiology with Epidural Electrode Technique. Scoliosis Research Society, 19th Annual Meeting, Orlando, Florida, 1984.*
- 7) Gonzalez, E.G., Hajdu, M., Keim, H. and Brand, L.: *Quantification of Intraoperative Somatosensory Evoked Potentials. Arch. Phys. Med. Rehabil., Vol. 65: 721-725, 1984.*
- 8) Jones, S.J., Edgar, M.A., Ransford, A. and Thomas, N.P.: *A System for the Electrophysiological Monitoring of the Spinal Cord During Operations for Scoliosis. J. Bone and Joint Surg., 65B:134-139, 1983.*
- 9) MacEwen, G.D., Bunnel, W.P. and Sriram, K.: *Acute Neurological Complications in the Treatment of Scoliosis. J. Bone and Joint Surg., 57A:404-408, 1975.*
- 10) Nash, C.L. and Brown, R.H.: *The Intraoperative Monitoring of Spinal Cord Function: Its Growth and Current Status. Orthop. Clin. North Am., Vol. 10, No. 4:919-926, 1979.*
- 11) 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.*
- 12) Nuwer, M.R. and Dawson, E.C.: *Intraoperative Evoked Potential Monitoring of the Spinal Cord. Clin. Orthop., 183:42-50, 1984.*
- 13) Selman, W.R., Spetzler, R.F. and Brown, R.B.: *The Use of Intraoperative Fluoroscopy and Spinal Cord Monitoring for Transoral Microsurgical Odontoid Resection. Clin. Orthop. 154:51-56, 1981.*
- 14) Tamaki, T., Noguchi, T., Takano, H., Tsuji, H., Nakagawa, T. Zmai, K. and Inoue, S.: *Spinal Cord Monitoring as A Clinical Utilization of the Spinal Evoked Potential. Clin. Orthop. 184:58-64, 1984.*
- 15) Vauzelle, C., Stagnara, P. and Jouvinroux, P.: *Functional Monitoring of Spinal Cord Activity During Spinal Surgery. Clin. Orthop., 93:173-178, 1973.*