마취제가 수술 중 체성감각 유발전위에 미치는 영향

인제대학교 의과대학 마취과학교실

박영주 · 류진용 · 연준흠 · 김정원 · 홍기혁

- Abstract -

The Effect of Anesthetics on Somatosensorily Evoked Potentials during Surgery

Young Ju Park, M.D., Jin Yong Ryu, M.D., Jun Hum Youn, M.D.
Joung Won Kim, M.D., and Ki Hyouk Hong, M.D.

Department of Anesthesiology, Sang-gye Paik Hospital, Inje University, Seoul, Korea

Background: Many methods are available for the monitoring of spinal cord injury during an operation. During anesthesia, somatosensory evoked potentials (SSEP) may undergo substantial changes in the latencies and amplitudes which may be interpreted as pathological. It is essential for the anesthesiologist to know the potential interactions between anesthetic drugs and neurophysiologic responses during operation. The depressant effect of inhalation agents on the central nervous system exceeds commonly used intravenous anesthetics. Therefore, intravenous anesthesia is preferred to inhalation agents. This study was designed to compare the effects of intravenous anesthetics (propofol and fentanyl) and inhalational anesthetics (enflurane and nitrous oxide) used in the operation room.

Methods: According to the inclusion criteria of ASA I-II, 40 patients who were free of neurologic disease with electric abdominal operations were randomly selected. The baseline of the SSEPs were recorded with stimulation of the posterior tibial nerve at the ankle. After obtaining the baseline (pre-induction) of the SSEPs, intravenous anesthetics (propofol 10 mg/kg/h, fentanyl 1-2 μ g/kg) and inhalational anesthetics (end tidal enflurane concentration 1.0 vol %, 50% nitrous oxide in oxygen) were administered. 30 minutes after induction (steady state), additional SSEPs were recorded. Mean arterial pressure, heart rate, temperature and arterial blood carbon dioxide tension were monitored.

Results: There were no significant differences in the baseline of SSEPs between the intravenous anesthetics group and the inhalational anesthetics group. There were no significant differences in latencies and amplitudes between the preanesthesia state and the postanesthesia state in the intravenous anesthetics group. But the inhalational anesthetics group revealed prolonged latencies in the postanesthesia state as compared with their preanesthesia state.

Conclusions: The above findings suggest that the use of intravenous anesthetics can be beneficial to intraoperative SSEP monitoring for possible damage to the central nervous system during operations. (Korean J Anesthesiol 1999; 37: 368~374)

Key Words: Anesthetics, inhalational: enflurane; nitrous oxide. Anesthetics, intravenous: propofol; fentanyl. Brain: somatosensory evoked potential.

논문접수일 : 1999년 6월 4일

책임저자 : 홍기혁, 서울 노원구 상계 7동 761-1, 상계백병원 마취과학교실, 우편번호: 139-707

Tel: 02-950-1173, Fax: 02-950-1323

석사학위 논문임.

서 론

유발전위 반응은 신경계에서 일정한 시간 간격으로 피부를 반복 자극하여 얻어지는 신경조직의 전기생리학적인 반응으로, 감각신경에 신경자극을 가하여 발생하는 미세파를 수 백회 내지 수 천회 합산하면 일정한 파가 얻어지는 현상이 감각 유발전위 반응이다. 전신 마취하 신경부위를 수술시 수술 조작이나 허혈 등으로 인하여 신경손상이 발생할 가능성이 있는데 이의 발생을 예방하기 위한 감시 기능의 역할로 유발전위 반응의 이용이 제안되고 있다.^{1,2)}

정중신경이나 후경골신경에 전기자극을 가하여 얻어진 파를 이용하여 말초신경, 척수후주(posterior column), 내측응대(medial lemniscus) 전도계의 이상여부를 측정하는 체성감각 유발전위 반응은 1947년 Dawson에³⁾ 의해서 처음 소개되었다. 1973년 Perot에⁴⁾ 의하여 임상 적용이 가능한 감시장치로서 체성감각 유발전위(somatosensory evoked potentials, SSEP)의 유용성이 입증된 이후, 정형외과 영역의 척추측만증의 교정 수술, 흉부외과 영역의 심장수술, 그리고 신경외과 영역의 척수 종양, 척수 혈관 기형의 수술시 척수의 손상이나 허혈을 예방하는 등의 신경학적인 기능과 예후 판정의 감시 기능 역할로 널리 이용되고 있다.⁵⁾

유발전위 반응은 다양한 요인에 의하여 영향을 받는다. 예를 들면 기술적인 문제로서 접지 전극의 위치이동, 전극전선의 파손, 전극의 단절, 그리고 전기적, 기계적 소음 등에 의해서 영향을 받을 수 있으며, 수술 중에는 중추신경계 조직의 수술적 조작, 마취제, 체온의 변화, 동맥혈 탄산가스 분압 그리고, 혈압의 변동에 의해서도 영향을 받을 수 있다.^{6,7)}

대부분의 마취제는 유발전위의 파에서 잠복기를 지연시키고 진폭을 감소시키지만 특정약물에 의한 유발전위 변화의 이해는 수술중의 유발전위 변화가 약물에 의한 것인지 혹은 수술조작에 의한 것인지 구별을 가능하게 하여 유발전위에 영향을 줄 수 있는 마취제를 사전에 피할 수 있는 이점을 제공할 수 있으리라 추정된다.

흡입마취제는 대뇌 피질을 둔화시켜 SSEP에 변화를 일으킨다.^{8,9)} 특히 다량의 흡입마취제는 파의 소실을 유발하여 흡입마취제의 사용에 있어서 가능하

면 낮은 마취농도를 이용하여 유발 전위 소실을 피하는 것이 좋다. 특히 수술 조작이 신경학적 손상을 일으킬 수 있는 상황에서는 급격한 마취제 농도의 변화가 없어야 하므로 높은 농도의 강한 흡입 마취제의 사용을 피하는 얇은 마취심도의 균형마취가 필요하다. 임상에서 사용하는 정맥마취제의 용량은 흡입마취제에 비해 유발전위를 억제하지 않는 것으로 알려져 있으며 이런 이유로 SSEP를 감시할 때 흡입마취제보다 정맥마취제가 선호되고 있다.

수술 중에 SSEP를 검사할 때에는 어느 마취제를 사용하더라도 가능하면 일정한 상태의 마취를 유지하여 파(wave)의 잠복기나 진폭의 변화가 있을 때, 그 원인이 수술조작이나 허혈에 의한 것이라고 판정할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 본 연구는 임상에서 흔히 사용하는 마취제인 정맥마취제와 흡입마취제가 수술 중 SSEP 반응에 미치는 영향을 알아보고자 마취전 그리고 마취 후 30분이 경과한 시점의 SSEP를 측정하여 잠복기와 진폭의 변화를 비교해 보았다. 이로서 정맥마취제와 흡입마취제중 과연 어떤 유형의 마취제가 수술 중 환자의 신경계에 더욱 영향을 미치는지 확인하고 이를 통해서 그 유용성을 제안하고자 하였다.

대상 및 방법

1998년 6월부터 8월까지 계획된 복부수술을 받은 환자들 중 미국 마취과학회 신체등급 분류 제1, 2급에 속하는 여자 환자를 대상으로 하였다. 말초신경계나 신경근 병변이 있는 환자와 유발전위 검사를 환자가 거부하는 경우는 실험 대상에서 제외하였다.

대상 환자들은 전투약으로 수술 1시간 전 glycopyrrolate 0.2 mg을 근육주사하였으며 수술실에 도착하여 안정시킨 후 SSEP 검사를 시행하였다. SSEP의 기록은 근전도기(Excel Plus[®], Cadwell, USA)를 사용하여 활성전극을 뇌파의 국제기록법인 10-20 기록법을 이용하여 두정부(Cz)에 침전극을 이용하여 고정하였으며 기준전극은 이마(Fz)에, 접지전극은 턱에 각각 부착하였다. 신경의 자극은 후경골 신경으로 경골내과의 후방에서 경도의 근위축이 일어날 정도의 자극강도로 초당 3회씩 자극하여 총 250번의 자극을 주어 평균한 SSEP 반응을 구하였다. 이와 같은 방법으로 얻어진 SSEP 반응의 첫번째 양성 전위

정점까지의 잠복기간(NI)을 구하고, 두 정점 사이의 진폭(P1-N1)을 구하였다.

마취 전 SSEP 검사를 시행한 후 환자들을 무작위로 두 군으로 나누어 정맥마취제 투여군은 propofol 2 mg/kg과 succinylcholine 1 mg/kg을 사용하여 마취 유도를 하였고, 마취유지는 syringe pump (STC-523, Terumo, Japan)를 이용하여 propofol 10 mg/kg/h를 지속적으로 투여하고 fentanyl 1-2 μ g/kg과 50% 산소를 공기와 혼합하여 투여하였다. 흡입마취제 투여군의 마취 유도는 thiopental sodium 5 mg/kg과 succinylcholine 1 mg/kg을 사용하였고, 마취유도는 1.0 vol% enflurane과 50% nitrous oxide를 산소와 함께 투여하였다. 두 군 모두 군이완제로 pancuronium 0.1 mg/kg을 주어 기계적 호흡을 실시하였다. 마취후 30분이 지난 후 SSEP 검사를 다시 시행하였고, 마취 전과 마취 후 30분이 경과한 시점에 평균동맥압과 맥박수, 체온 그리고 동맥혈 이산화탄소 분압을 각각 측정하였으며, 각 마취제들의 equipotent dose를 정하는 기준이 확실하지 않아 마취의 깊이를 평가하는 한 방법으로서 평균동맥압이 90-100 mmHg로 안정되도록 조절하고 이를 기준으로 하였다. 이외에 유발전위에 영향을 미칠 수 있는 체온과 동맥혈 이산화탄소 농도는 두 군에서 동일하게 생리적 범위를 유지하도록 하였다.

각 군내에서 마취 전과 마취 후 30분경의 P1, N1 잠복기와 P1-N1 진폭의 변화를 비교 관찰하였으며, 또한 각 환자에서 잠복기가 10% 이상 지연되거나 진폭이 50% 이하로 감소되는 경우 의미있는 이상소견으로 간주하여 살펴보았다.

통계학적 처리는 정맥마취제 투여군과 흡입마취제 투여군 사이의 비교는 unpaired t-test를 이용하였고,

군내에서의 P1, N1 잠복기와 P1-N1 진폭의 변화는 paired t-test를 이용하여 비교하였으며, 통계학적인 유의성은 신뢰구간 $P < 0.05$ 에서 의미를 부여하였다.

결 과

두 군의 대상환자수는 각각 20명이었고, 연령은 정맥마취제 투여군이 45.3 ± 10.7 (29-58)세, 흡입마취제 투여군이 44.9 ± 13.5 (26-63)세로 체중, 키 등과 함께 통계학적인 차이는 없었다(Table 1).

두 군의 마취 전 평균동맥압은 정맥마취제 투여군(92.42 ± 9.35 mmHg)과 흡입마취제 투여군(99.42 ± 12.79 mmHg) 사이에 차이가 없이 안정된 혈압을 유지하였다. 각 군내에서 마취 전과 마취 후 30분이 경과한 시점의 평균동맥압에서도 차이는 보이지 않았다. 맥박수도 두 군간과 군내의 비교에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2). 그리고 동맥혈 이산화탄소 분압은 두 군에서 모두 35-40 mmHg를 유지하였고, 체온 또한 36-37°C 사이로 정상적인 체온을 유지하였다.

Table 1. Demographic Data

	IVA (n = 20)	IA (n = 20)
Age (year)	45.3 ± 10.7	44.9 ± 13.5
Weight (kg)	53.3 ± 2.4	56.3 ± 5.4
Height (cm)	155.2 ± 4.9	158.7 ± 5.6

All values are expressed as mean $\pm$ S.D.. IVA: group of intravenous anesthesia with propofol-fentanyl-O₂-Air, IA: group of inhalational anesthesia with enflurane-N₂O-O₂. No significant difference between two groups.

Table 2. The Mean Arterial Pressure and the Heart Rate at Preinduction and Thirty Minutes after Induction (steady state)

	IVA		IA	
	Preinduction	Steady state	Preinduction	Steady state
MAP (mmHg)	92.42 ± 9.35	95.92 ± 10.89	99.42 ± 12.79	99.33 ± 7.50
HR (beat/min)	85.92 ± 21.39	90.92 ± 10.63	83.92 ± 16.45	89.58 ± 8.68

All values are expressed as mean $\pm$ S.D.. IVA: group of intravenous anesthesia with propofol-fentanyl-O₂-Air, IA: group of inhalational anesthesia with enflurane-N₂O-O₂, MAP: mean arterial pressure, HR: heart rate. No significant difference between two groups.

Table 3. The Mean Latency and the Amplitude of Somatosensory Evoked Potentials at Preinduction and Thirty Minutes after Induction (steady state)

			IVA		IA	
			Preinduction	Steady state	Preinduction	Steady state
Right	Latency (msec)	P1	36.24 ± 1.91	35.59 ± 1.50	36.99 ± 2.99	38.59 ± 4.23*
		N1	44.98 ± 1.90	43.76 ± 2.12	45.70 ± 3.27	47.95 ± 3.97*
	Amplitude (μV)	P1-N1	3.13 ± 1.34	3.52 ± 1.65	2.33 ± 1.54	2.53 ± 1.21
Left	Latency (msec)	P1	36.23 ± 1.99	35.54 ± 1.46	37.12 ± 2.87	38.96 ± 3.66*
		N1	45.53 ± 2.40	44.60 ± 1.37	45.43 ± 3.36	48.54 ± 4.51*
	Amplitude (μV)	P1-N1	3.73 ± 1.33	4.31 ± 1.76	2.70 ± 2.30	2.93 ± 1.98

All values are expressed as mean ± S.D.. IVA: group of intravenous anesthesia with propofol-fentanyl-O₂-Air, IA: group of inhalational anesthesia with enflurane- N₂O-O₂, P1: downward deflection (positive peak), N1: upward deflection (negative peak), P1-N1: peak-to-peak amplitude, *P < 0.05 compared to preinduction value.

SSEP에서 정맥마취제 투여군과 흡입마취제 투여군 사이에 마취 전 P1, N1 잠복기와 P1-N1 진폭은 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편, 정맥마취제 투여군에서 마취 전과 비교하여 마취 후 30분이 지난 후 잠복기와 진폭에 있어 좌우 각각 P1: 35.59 ± 1.50 msec, 35.54 ± 1.46 msec N1: 43.76 ± 2.12 msec, 44.60 ± 1.37 msec P1-N1: 3.52 ± 1.65 μV, 4.31 ± 1.76 μV로 잠복기가 약간 짧아지고 진폭이 약간 증가하였으나 통계적인 차이는 없었다. 흡입마취제 투여군에서는 마취 전 값과 비교하여 마취 후 30분경의 잠복기가 P1: 38.59 ± 4.23 mmHg (P = 0.022), 38.96 ± 3.66 mmHg (P = 0.005)이고 N1: 47.95 ± 3.97 mmHg (P = 0.015), 48.54 ± 4.51 mmHg (P = 0.001)으로 유의하게 지연되었으며, 진폭은 2.53 ± 1.21 μV, 2.93 ± 1.98 μV으로 마취 전과 비교하여 약간 증가하는 경향을 보였으나 통계적인 의미는 없었다 (Table 3).

각 환자에서 잠복기가 10% 이상 지연되거나 진폭이 50% 이하로 감소되는 이상소견이 발견된 경우는 정맥마취제 투여군에서는 관찰되지 않았으나 흡입마취제 투여군은 20명 중에서 7명(35%)의 환자에서 잠복기가 10% 이상 지연되어 나타났다.

고 찰

유발전위 반응은 감각신경을 자극하여 얻어지는 감각 유발전위 반응과 운동 뇌피질을 자극하여 말초

근육에서 얻어지는 운동 유발전위로 나뉜다. 운동 유발전위 반응은 마취 중 신경근 차단제의 효과를 감시할 수 있을 뿐 아니라 척수의 하행 운동신경 주행을 평가할 수 있지만 아직 널리 사용되지 않고 있으며, 감각 유발전위 반응은 감각 자극 형태에 따라 SSEP, 뇌간청각 유발전위 반응(brainstem auditory evoked potential), 시각 유발전위 반응(visual evoked potential) 등으로 나누어진다.^{1,2,7)}

SSEP 반응은 정점이나 복합체가 나타나는 시간에 따라 단기 잠복기 전위(short latency potential, 30 msec 이내), 중간성 잠복기 전위(middle latency potential, 30-75 msec) 및 장기 잠복기 전위(long latency potential, 75 msec 이상)로 구분된다. 또한 기록되는 전극과 신경발생기와의 거리에 따라 근거리 유발전위(near field potential)와 원거리 유발전위(far field potential)로 나누어지며 신경발생기에서 3-4 cm의 거리에 전극을 부착하여 얻어지는 유발전위 반응을 근거리 유발전위라 하고, 신경발생기에서 멀리 떨어진 두피에 전극을 부착하여 얻어지는 것을 원거리 유발전위라 한다.^{1,7)}

전신 마취하에 신경부위를 수술시, 수술조작이나 허혈 등으로 인하여 신경손상이 발생할 가능성이 있는데 이를 예방하기 위한 감시 장치로 유발전위 반응을 이용하게 되었다. SSEP 반응은 다른 유발전위 반응에 비하여 말초신경, 척수, 뇌간, 시상부 및 대뇌등의 장측의 신경기능을 검사할 수 있어 가장 많이 이용되는 검사이며, 신경학적인 기능과 예후 판

정 등에 이용되고 있다.^{1,2,4,7)}

수술 중 유발전위를 감시할 때 진폭이 감소하거나 잠복기가 지연되는 경우 또는 유발전위 파형이 완전히 소실되는 변화가 생기면 감각계가 수술적인 손상을 받고 있거나 허혈이 있다고 판단하게 된다. 이때 마취과 의사는 수술자에게 주의를 상기시켜 심한 전인 압력을 해소하거나 발견되지 않은 중추신경이나 말초신경의 손상을 피하도록 하며 척추만곡증의 교정 정도를 조절하여 척수에 혈액공급이 유지되도록 함으로서 수술 후 신경학적 기능장애를 피하거나 줄일 수 있다. 마취과 의사의 입장에서는 위험한 조건하에 놓인 신경조직에 관류를 증진시키기 위해 혈압을 높이거나 빈혈을 교정하고, 혈액 용적을 증가시키거나 동맥혈가스 소전의 정상화 등을 기하게 된다.^{1,2,7)}

수술 중의 유발전위 검사에 중추신경계 조직의 수술적 조작 이외에 영향을 미치는 인자로 저체온 및 고체온, 저혈압, 동맥혈 탄산가스 분압 등 생리적 변화에 의해서 영향을 받을 수 있다.^{1,7)}

경미한 저체온은 정상 유발전위 반응을 기록할 수 있지만 34.5°C 이하로 체온이 떨어지면 진폭이 감소되고 잠복기가 연장되며, 18°C 이하에서는 SSEP 반응을 실행성 있게 기록할 수 없다. Russ 등은¹⁰⁾ 체온이 내려감에 따라 유발전위의 잠복기가 지연되고 진폭이 감소된다고 하였고, Stockard 등도¹¹⁾ 저체온시에 잠복기가 지연된다고 하였다. 고체온시에도 유발전위의 변화를 일으키는데 Dubois 등은¹²⁾ 체온이 올라감에 따라 전위의 진폭이 감소하고 42°C에서는 유발전위의 파가 소실된다고 하였다.

혈압이 뇌의 자가조절 범위 이하로 감소하면 잠복기는 변화가 없으나 진폭이 감소하고, 저혈압에서는 척수신경을 지배하는 혈관의 혈류량 감소로 신경전도 속도에 변화를 일으킨다. Grundy 등은¹³⁾ SSEP 반응의 변화로 신체전반의 저산소증을 분명하게 발견할 수 있다고 하였다. 또한, 저혈압, 급성빈혈증, 뇌혈류의 자동조절기능 손상을 가진 환자는 정상적인 환자들 보다 더 높은 동맥산소 농도에서 SSEP반응의 변화를 일으킨다고 하였다.

동맥혈 가스 분압도 척수의 신경구조물로 가는 혈류량과 산소 공급량에 영향을 미치는 요인으로서 동맥혈 탄산가스 분압의 변화는 뇌혈류의 국소적인 변화 뿐 아니라 직접적인 작용으로 뇌의 전기적 활동을 변화시킨다.¹⁴⁾ Griffiths의¹⁵⁾ 보고에 의하면 동맥혈

이산화탄소 분압이 40 mmHg에서 80 mmHg로 증가된 경우에 척수의 백질로 가는 혈류량이 두 배로 증가된다고 하였다.

본 연구에서는 체온을 36-37°C로 유지하였고, 평균동맥압은 90-100 mmHg, 동맥혈 이산화탄소 분압을 35-40 mmHg로 유지하여 이들 요인이 SSEP 변화의 요인으로 작용하지 않도록 해서 연구결과에 이러한 요인들의 영향을 배제하도록 하였다. 생리적 변화 이외에 유발전위 반응은 마취약제에 의해서도 영향을 받는데,¹⁶⁾ 임상에서 현재 사용하는 흡입마취제는 대뇌피질을 둔화시켜 감각에 변화를 일으키며 용량에 비례하여 잠복기와 전도시간을 연장시키고 진폭을 감소시킨다.^{8,9,14,17)} 흡입마취제의 사용으로 마취를 하는 경우 유발전위를 소실시키는 마취농도는 피하는 것이 중요하며, 수술적 조작이 신경학적 손상을 일으킬 수 있는 상황에서는 급격한 마취제 농도의 변화가 없어야 한다.^{8,9,16,17)}

흡입마취제로서는 halothane, enflurane, isoflurane 중 Pathak 등은¹⁷⁾ halothane이 가장 많은 변화를 유발시킨다고 하였고, Peterson 등은¹⁴⁾ enflurane, isoflurane이 halothane보다 더욱 많은 변화를 유발시킨다고 하였다. 0.5 MAC 이상의 농도는 잠복기를 지연시키고 진폭을 감소시키며, 같은 최소 폐포 농도의 isoflurane과 nitrous oxide를 비교할 때 nitrous oxide가 진폭을 더 감소시킨다는 보고가 있다.¹⁸⁾ 그러나 무엇보다 중요한 것은 이들의 농도를 일정하게 유지해야 한다는 점이다.¹⁹⁾ Nitrous oxide와 흡입마취제 혼합은 한가지 약제와 비교하여 유발전위를 더 크게 억제시킨다. 만약, 다량의 흡입마취제를 사용할 경우에는 대뇌의 유발전위 반응에 큰 영향을 주는 nitrous oxide의 사용을 금하는 것이 좋다.^{7,18)}

호기말 농도 1.0 vol%의 enflurane과 50% nitrous oxide를 사용한 본 연구에서도 마취 전과 비교하여 잠복기가 지연된 것으로 나타났으며 어느 약제의 영향이 더 큰지는 알 수 없으나 각각 사용한 것보다 혼합사용으로 인해 통계적으로 의미있는 잠복기의 연장을 보인 것으로 생각된다.

정맥마취제는 etomidate가 SSEP의 진폭을 증가시키는 것 이외에는 모든 약제가 SSEP에서 진폭을 감소시킨다.¹⁶⁾ Barbiturate는 용량에 비례하여 유발전위 반응에서 잠복기를 연장시키고 진폭을 감소시키며,²⁰⁾ narcotics도 용량에 비례하여 잠복기를 증가시

키고 진폭을 감소시킨다.²¹⁻²³⁾

Propofol 역시 대뇌피질 SSEP에서 잠복기를 지연시키고 진폭을 감소시키며 2 mg/kg 용량으로 정주하였을 때 진폭의 변화없이 잠복기가 연장된다고 한다.^{24,25)} 그러나 Hartung 등은²⁶⁾ SSEP에 대한 propofol의 영향을 알아보는 연구에서 6 mg/kg/h의 propofol이 유발전위의 진폭을 감소시키지만 강한 자극을 주었을 때는 구심성 신경전달을 증가시켜 결과적으로 진폭의 증가를 보였다고 하였다. 또한 Hartung와 Freye는²⁷⁾ enflurane 마취에 비해 신경전도와 의식의 회복이 빨라 척수의 압박 손상시 척수의 기능을 수술도중 평가하는 방법으로 wake-up test를 시행할 때 propofol을 이용한 정맥마취 방법이 유용하다고 하였다.

Fentanyl은 합성 아편제로써 아편계 약물 수용체에 작용하는 것으로 정주 2분 후에 효과가 나타나서 10-15분간 진통효과가 최고도에 이르며 45-60분간 지속되는 것으로 알려져 있다.²⁸⁾ Pathak 등은²⁹⁾ fentanyl 2.5 µg/kg을 정주하였을 때 잠복기의 연장과 진폭의 감소를 보고하였다. Grundy 등은²²⁾ fentanyl 3 µg/kg을 정주하여 SSEP 반응에서 중간성 잠복기를 연장시키는 경향이 있지만, 때로는 잠복기를 단축시켜 SSEP 반응 검사시 사용할 수 있으나 척수기능에 영향을 미칠 수 있는 수술조작이나 직전에는 소량이라도 피하는 것이 좋다고 하였다.

본 연구에서는 propofol 10 mg/kg/h와 fentanyl 1-2 µg/kg의 투여는 마취 전과 비교하여 유발전위의 잠복기와 진폭에 유의한 차이가 없었음을 확인하여, 임상에서 사용하는 propofol과 fentanyl의 용량은 SSEP 감시가 필요한 경우에 반응에 큰 영향이 없이 유용하게 사용할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 미약한 변화가 생리적 변화 요인과 겹쳐지는 경우, SSEP 반응에 어느 정도는 영향을 미칠 수 있다는 점에 유의해야 한다고 생각된다.

결론적으로 정맥마취제인 propofol과 fentanyl은 마취 전과 마취 후 30분경 안정상태에서의 SSEP 검사에서 잠복기와 진폭에 변화가 없었으나, 흡입마취제인 enflurane과 nitrous oxide를 사용하여 마취를 한 경우에는 마취 후 30분경 검사에서 의미있는 잠복기의 연장을 확인하였다. 그리고 정맥마취제 투여군에서는 관찰되지 않았으나 흡입마취제 투여군 중 35%의 환자에서 잠복기가 10% 이상 지연되어 나타났다. 이로서 수술 중에 신경계의 감시가 필요한 경우에는

흡입마취제보다는 정맥마취제를 사용하는 것이 타당하다고 생각된다.

본 연구에서는 사용 약제의 용량 변화에 따른 SSEP의 변화에 대한 연구는 시행되지 않았으므로 앞으로 이에 대한 후속 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김국기: Significance of evoked potential. 대한마취과학회지 1989; 22: 169-73.
2. 오용석: 수술중 뇌와 척수 기능의 감시. 대한마취과학회지 1991; 24: 233-8.
3. Dawson GD: Cerebral responses to electrical stimulation of peripheral nerve in men. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1947; 10: 137-40.
4. Perot PL: The clinical use of somatosensory evoked potentials in spinal cord injury. Clin Neurosurg 1973; 20: 367-81.
5. Nash CL, Lorig RA, Schatzinger LA, Brown RH: Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine. Clin Orthop 1977; 126: 100-5.
6. Levy WJ, Grundy BL, Smith NT: Monitoring the EEG and evoked potentials. In Saidman LJ, Smith NJ, eds: Monitoring in anesthesia. Boston, Butterworth Publishers. 1984, pp 245.
7. Grundy BL: Intraoperative monitoring of sensory-evoked potentials. Anesthesiology 1983; 58: 72-87.
8. Salzman SK, Beckman AL, Marks HG, Naidu R, Bunnell WP, MacEwen GD: Effects of halothane on intraoperative scalp-recorded somatosensory evoked potentials to posterior tibial nerve stimulation in man. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1986; 65: 36-45.
9. Kavan EM, Julien RM: Central nervous systems' effects of isoflurane. Can Anaesth Soc J 1974; 21: 390-402.
10. Russ W, Kling D, Loesevitz A, Hempelmann G: Effects of hypothermia on visual evoked potential (VEP) in humans. Anesthesiology 1984; 61: 207-10.
11. Stockard JJ, Sharbraough FW, Tinker JA: Effects of hypothermia on the human brainstem auditory response. Ann Neurol 1978; 3: 368-70.
12. Dubois M, Coppola R, Buchsbaum MS, Lees DE: Somatosensory evoked potentials during whole body hyperthermia in humans. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1981; 52: 157-62.
13. Grundy BL, Heros RC, Tung AS, Doyle E: Intra-

- operative hypoxia detected by evoked potential monitoring. *Anesth Analg* 1981; 60: 437-9.
14. Peterson DO, Drummond JC, Todd MM: Effects of halothane, enflurane, isoflurane, and nitrous oxide on somatosensory evoked potentials in humans. *Anesthesiology* 1986; 65: 35-40.
15. Griffiths IR: Spinal cord blood flow in dogs: The effects of the blood pressure. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1973; 36: 914-20.
16. Miller RD: *Anesthesia*. 4th ed. New York, Churchill Livingstone Inc. 1994, pp 1329-37.
17. Pathak KS, Amadio M, Kalamchi A, Scoles PV, Shaffer JW, Mackay W: Effects of halothane, enflurane, and isoflurane on somatosensory evoked potentials during nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology* 1987; 66: 753-7.
18. Lam AM, Sharar SR, Mayberg TS, Eng CC: Isoflurane compared with nitrous oxide anaesthesia for intraoperative monitoring of somatosensory evoked potentials. *Can J Anaesth* 1994; 41: 295-300.
19. Cotrell JE, Smith DS: *Anesthesia and neurosurgery*. 3rd ed. St. Louis, Mosby. 1994, pp 463-94.
20. Shimoji K, Kano T, Nakashima H, Shimizu H: The effects of thiamylal sodium on electrical activities of the central and peripheral nervous systems in man. *Anesthesiology* 1974; 40: 234-40.
21. Grundy BL, Brown RH: Meperidine enhances somatosensory cortical evoked potentials (Abstr.). *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1980; 50: 177.
22. Grundy BL, Brown RH, Berilla JA: Fentanyl alters somatosensory cortical evoked potential (Abstr.). *Anesth Analg* 1980; 59: 544-5.
23. Maruyama Y, Shimoji K, Shimizu H, Sato Y, Kuribayashi H, Kaieda R: Effects of morphine on human spinal cord and peripheral nervous activities. *Pain* 1980; 8: 63-73.
24. Maurette P, Simeon F, Castagnera L, Esposito J, Macouillard G, Heraut LA: Propofol anaesthesia alters somatosensory evoked cortical potentials. *Anaesthesia* 1988; 43: 44-5.
25. Chassard D, Joubaud A, Colson A, Guiraud M, Dubreuil C, Bannesson V: Auditory evoked potentials during propofol anesthesia in man. *Br J Anaesth* 1989; 62: 522-6.
26. Hartung E, Freye E, Schenk GK: Somatosensory evoked potentials during block of surgical stimulation with propofol. *Br J Anaesth* 1989; 63: 357-9.
27. Hartung E, Freye E: An open comparison of propofol and enflurane for prolonged abdominal operations. *Anaesthesia* 1988; 43: 105-7.
28. Marshall BE, Wollman H: General anesthetics. In Gilman AG, Goodman LS, Gilman A, et al: *The pharmacological basis of therapeutics*. New York, Macmillan. 1980, pp 276.
29. Pathak KS, Brown RH, Cascorbi HF, Nash CL Jr.: Effects of fentanyl and morphine on intraoperative somatosensory cortical evoked potentials. *Anesth Analg* 1984; 63: 833-7.