Bispectral Index 감시장치로 경막외마취의 진정효과를 평가할 수 있는가?

고려대학교 부속병원 마취통증의학교실

신병철 · 이혜원 · 신혜원 · 조 현 · 임혜자 · 윤석민 · 장성호

= Abstract =

Does Bispectral Index Monitoring Detect the Sedative Effect of Epidural Anesthesia?

Byung Cheul Shin, M.D., Hye Won Lee, M.D., Hye Won Shin, M.D., Hun Cho, M.D.
Hae Ja Lim, M.D., Suk Min Yoon, M.D., and Seong Ho Chang, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea

Background: Epidural anesthesia has been shown to have direct sedative effect and to markedly reduce the amount of hypnotic agents required for sedation. A Bispectral Index (BIS) is a useful monitor of the level of sedation and loss of consciousness for several anesthetics including propofol. In this study, we investigated whether BIS monitoring could detect the sedative effect of epidural anesthesia during propofol induction.

Methods: Twenty patients scheduled for elective lower abdominal surgery were included. A Target controlled infusion (target effect concentration 5µg/ml, induction time 3 min) of propofol was administered to the patients with or without epidural anesthesia (2% lidocaine 15 ml) at the L₂₋₃ level. The OAA/S scale and BIS were evaluated 20 min after epidural injection. Hypnotic requirements of propofol were determined using loss of eye opening in response to verbal command as an endpoint. At the time of induction of hypnosis, the target concentration, target effect concentration and BIS were recorded.

Results: Epidural lidocaine significantly decreased the hypnotic dose of propofol ($1.0 \pm 0.2\mu\text{g/ml}$ vs. $1.3 \pm 0.1\mu\text{g/ml}$; $P = 0.0008$), hypnotic calculated concentration ($3.3 \pm 0.6\mu\text{g/ml}$ vs. $4.1 \pm 0.3\mu\text{g/ml}$; $P = 0.0007$), and the hypnotic effect concentration ($0.7 \pm 0.3\mu\text{g/ml}$ vs. $1.1 \pm 0.1\mu\text{g/ml}$; $P = 0.0007$). In the patients with epidural anesthesia, the OAA/S scale was decreased without a change of the BIS after epidural anesthesia and BIS recorded at the time of induction of hypnosis was much higher in patients with epidural anesthesia than in patients without epidural anesthesia (92.7 ± 2.2 vs. 85.5 ± 6.2 ; $P = 0.0029$).

Conclusions: Epidural anesthesia induced a sedative effect without a change of the BIS and then induced the hypnosis with lesser dose of propofol. At the time of hypnosis, a higher BIS was noticed with epidural anesthesia. These results concluded that BIS monitoring could not detect the sedative effect induced with epidural anesthesia. (*Korean J Anesthesiol* 2002; 43: 698~703)

Key Words: Bispectral index; epidural anesthesia; lidocaine; propofol.

논문접수일 : 2002년 8월 28일

책임저자 : 이혜원, 서울시 성북구 안암동 126-1, 고려대학교 의과대학 마취통증의학교실, 우편번호: 136-705

Tel: 02-920-5632, Fax: 02-928-2275, E-mail: hyewonmd@unitel.co.kr

석사학위 논문임.

서론

병용마취 시 경막외마취는 수술로 인한 내분비계 및 신경계의 반응을 둔화시켜 술 중 또는 술 후 스트레스 호르몬의 분비를 억제하고 마취 중 투여되는 전신마취제의 양을 줄이며 술 후 통증을 효과적으로 치료할 수 있어 흔히 사용하고 있다. 경막외마취는 그 자체가 진정 효과가 있어 정맥 마취제 또는 흡입 마취제를 동시에 투여했을 때 진정 효과를 심화시키고 정맥마취제의 최면 용량을 감소시키며,¹⁾ 전신 마취 효과를 강화시키는 것으로 알려져 있다.²⁻⁶⁾

Bispectral Index (BIS)는 정맥 및 흡입마취제에 의한 진정 및 최면의 정도를 객관적으로 평가할 수 있다는 점에서 마취관리에 유용한 감시장치이다.⁷⁾ 그러나 BIS는 투여한 마취제의 종류에 의해 영향을 받으므로 동일한 BIS일지라도 투여한 마취제의 종류가 다를 경우 동일한 마취심도를 나타내지 않을 수 있으므로 마취심도를 감시하는 데 있어서 절대 수치를 이용하는 데에는 한계가 있다.⁸⁻¹⁰⁾ 그러므로 마취제를 병용하여 사용하는 경우 각각의 마취제에 의한 BIS의 변화를 예측할 수 있는 자료를 제공하면 임상적으로 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

경막외마취는 sevoflurane의 MAC_{BIS50}을 감소시키며¹¹⁾ enflurane 마취 중 lidocaine을 경막외강으로 주입한 후 BIS가 감소한다고¹⁾ 보고되었다. 이와 같은 BIS의 변화는 경막외마취에 의한 것으로 추정된다. 병용마취시 경막외마취를 시행한 후 마취유도를 할 수 있으며 따라서 경막외마취 후 최근 마취유도제로 널리 사용하고 있는 propofol로 마취를 유도하는 경우 propofol의 최면 용량 및 BIS의 변화를 예상할 수 있다. 경막외마취 후 propofol의 최면용량이 감소한다¹⁾는 보고는 있으나 이에 따른 BIS의 변화에 대한 보고는 아직 없다.

따라서 본 연구는 경막외 lidocaine을 주입한 후 OAA/S (Observer's assessment of alertness/Sedation) scale을 이용하여 진정의 정도를 관찰하고 목표농도 조절 주입법(target-controlled infusion, TCI)으로 최면을 유도한 시점까지 주입한 propofol의 용량과 최면이 유도된 직후에 BIS를 기록하여 경막외 생리식염수를 주입한 대조군과 비교함으로써 경막외마취의 진정 효과 및 propofol의 최면 용량 감소 효과를 확

인하고 그에 따른 BIS의 변화를 관찰함으로써 경막외마취시 최면효과의 감시장치로써 BIS 감시장치의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

산부인과 하복부 수술이 예정되고, 미국 마취과학회 신체등급 분류상 1 및 2군에 속하는 27-53세의 성인 여성 환자 20명을 대상으로 하였다. 심장, 간, 신장, 중추 신경계 질환의 기왕력이 있는 환자나 진정제나 항우울제, 최면제를 복용하고 있는 환자 및 임신부는 본 연구대상에서 제외하였으며 연구계획에 대해 동의를 얻은 환자를 대상으로 하였다. 각 군에 따른 연령 및 체중의 차이는 없었다(Table 1).

모든 환자에서 전처치는 하지 않았으며 수술실에 도착 후 심전도(78354C, Hewlett-Packard, USA), 비침습성 혈압 감시장치(78354C, Hewlett-Packard, USA), 맥박 산소 측정기(SaO₂ Kit 8600648, Dräger Medical AG & Co., Germany), BIS (Bispectral Index, A-2000,TM Aspect[®] Medical Systems, Inc., USA)를 거치하였다. BIS 센서를 부착하기 전에 알코올 솜으로 이마를 닦아서 피부를 깨끗하고 건조시켰고, 센서의 세 개의 동심원 중에 먼저 1번 동심원을 비교에서 1.5인치 상방의 이마에 오게 하고 3번 동심원은 오른쪽 눈꼬리와 머리선 사이의 측두부위에 오도록 하여 센서를 부착하였다. 부착을 확실히 하기 위해 센서의 가장 자리를 잘 붙여 주었고 각 동심원을 약 5초간 눌러 센서의 접촉을 확실히 하였다.¹²⁾ 경막외마취 후 혈압이 저하되는 것을 예방하기 위하여 Hartman solution 500 ml을 정주한 후 좌측와위 하에서 18 G Weiss 바늘로 L₂₋₃에 경막외 천자를 시행하였다. 20 G 경막외 카테터를 두부로 3 cm 삽입하고 고정하

Table 1. Demographic Data

	Control group	Epidural group	P value
Age (yrs)	44.6 ± 7.5	43.1 ± 5.1	0.6090
Body weight (kg)	61.6 ± 12.1	57.9 ± 8.2	0.4346

Values are mean ± SD.

Table 2. Observer's Assessment of Alertness/Sedation (OAA/S) Scale

Subscore	Responsiveness	Speech	Facial expression	Eyes
5	Responds readily to name spoken in normal tone	Normal	Normal	Clear
4	Lethargic response to name spoken in normal tone	Mild slowing or thickening	Mild relaxation	Glazed mild ptosis
3	Responds only after name spoken loudly or repeatedly	Slurring or slowing	Marked relaxation	Glazed marked ptosis
2	Responds after mild prodding or shaking	Few recognized words		
1	Does not respond to mild prodding or shaking			

후 무작위로 각각 10명씩 두 군으로 나누어 생리식염수(대조군) 또는 2% lidocaine 15 ml (경막외마취군)를 투여하였다. 환자를 양와위로 눕힌 후 경막외 투여 후 20분 경에 환자가 안정 상태를 유지하였을 때 알코올 스폰지로 감각차단부위를 확인하였으며 이 때 차단 부위는 대부분 T₆ 부위까지 도달하였다. 모든 환자에서 혈압이 경막외마취 전 수치의 10% 이하로 저하된 예는 없었다. 이후 propofol을 Diprifusor™ (Fresenius Vial S.A., France)에 환자의 체중과 나이를 입력한 후 1% propofol을 목표농도 5 µg/ml, 3 min mode로 설정한 후 지속 정주하여 마취를 유도하였다.

환자의 진정의 정도를 판정하기 위하여 OAA/S scale을 이용하여 환자가 수술실에 도착한 후와 경막외마취 후 20분경 propofol을 주입하기 직전에 판정하였다(Table 2). Propofol을 주입 시작 1분이 지난 후부터 10초 간격으로 환자에게 눈을 떠보라고 구두로 명령하여 연속적으로 두 번 반응하지 않을 때 최면효과가 나타난 것으로 판정하였다. 약물주입 시작 후 최면효과를 나타났을 때까지 주입한 propofol 용량과 시간, Diprifusor™에 표시된 propofol의 목표농도와 효과치 농도를 기록하였으며 최면효과가 나타난 직후에 측정된 BIS를 기록하였다. 이후 propofol을 지속 정주하면서 근육이완제를 투여한 후 기관내삽관을 실시하여 전신마취를 유지하고 계획된 수술을 진행하였다.

모든 측정치는 평균 및 표준편차로 표시하였으며 SPSS (Release 10.0.5 Standard Version) 통계 프로그램

Table 3. Hypnotic Requirement of Propofol, Calculated Concentration, Effect Concentration, and Onset of Hypnosis Using Diprifusor™ (Target Concentration 5µg/ml, 3 min Mode), BIS as Measured by Loss of Response to Verbal Command

	Control group	Epidural group ^a	P value
Hypnotic dose (mg/kg)	1.3 ± 0.1	1.0 ± 0.2	0.0008
Calculated concentration (µg/ml)	4.1 ± 0.3	3.3 ± 0.6	0.0007
Effect concentration (µg/ml)	1.1 ± 0.1	0.7 ± 0.3	0.0007
Time (sec)	153 ± 11.6	122 ± 22	0.0010
BIS			
Baseline	96.5 ± 1.2	97.4 ± 1.3	0.1171
Epidural	96.5 ± 1.2	96.6 ± 2.8	
Hypnosis	85.5 ± 6.2* [†]	92.7 ± 2.2* [†]	0.0029

Values are mean ± SD. ^aHypnosis was assessed 20 min after epidural injection, * P < 0.05 compared to Baseline,

[†] P < 0.05 compared to Epidural.

램을 이용하여 각 군간의 연령, 체중, 키, propofol의 목표농도, 효과치 농도와 투여용량은 unpaired t-test를 사용하였고, 각 군내의 BIS는 Wilcoxon Signed Ranks Sum Test를 시행하여 분석을 하였으며 P 값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

Propofol의 최면용량은 경막외마취군에서 $1.0 \pm 0.2\mu\text{g/ml}$ 로 대조군의 $1.3 \pm 0.1\mu\text{g/ml}$ 보다 감소하였다($P = 0.0008$). DiprifusorTM로 약물을 주입하기 시작한 후 최면이 발현된 시간도 122 ± 22 초로 대조군의 153 ± 11.6 초 보다 빠르게 나타났다($P = 0.0010$). 최면이 발현되었을 때의 목표 농도와 효과 치 농도도 경막외마취군에서 각각 3.3 ± 0.6 , $0.7 \pm 0.3\mu\text{g/ml}$ 로 대조군의 4.1 ± 0.3 , $1.1 \pm 0.1\mu\text{g/ml}$ 보다 낮았다(각각 $P = 0.0007$, $P = 0.0007$). OAA/S scale이 경막외마취 후 모든 환자에서 4로 감소하여 대조군의 5와 비교하여 진정효과를 관찰하였으나 이때 BIS의 변화는 없었다($P = 0$). 최면 효과가 관찰되었을 때의 BIS는 경막외마취군에서 92.7 ± 2.2 로 대조군의 85.5 ± 6.2 보다 높게 나타났다($P = 0.0029$) (Table 3).

고 찰

본 연구에서는 BIS 감시장치로 경막외마취에 의한 진정효과를 평가할 수 있는지 보기 위하여 BIS를 지속적으로 감시하면서 경막외마취군에서 경막외 lidocaine을 주입한 후 OAA/S scale을 이용하여 진정 정도를 평가하고 DiprifusorTM를 이용하여 목표조절 주입법으로 propofol을 투여하여 구두명령에 대한 반응 여부를 관찰하여 최면 요구량을 조사하였고 이와 동시에 BIS를 측정하였다. 경막외강으로 생리식염수를 주입한 군을 대조군으로 하여 경막외마취군과 비교분석한 결과 대조군에서는 경막외 주입후 OAA/S scale과 BIS의 변화가 없었던 반면 경막외마취군에서는 경막외마취후 OAA/S scale이 감소하였고 이때 BIS의 변화는 없었다. 또한 대조군에 비하여 propofol의 최면용량이 감소하였으며 이때 측정한 BIS는 대조군에 비하여 높았다. 이와 같은 본 연구의 결과는 경막외마취는 진정 효과가 있으므로 수면을 유발하는데 필요한 propofol의 요구량을 감소시킬 수 있으나 BIS 감시장치로는 이를 평가할 수 없다는 것을 의미한다. 결과적으로 최면효과를 나타내는 BIS의 역치는 마취제 뿐만 아니라 마취 방법에 따라 달라질 수 있으며 따라서 경막외마취 시 BIS 감시장치

는 진정의 정도를 평가하는 데 있어서 적절치 않은 것으로 생각된다.

BIS 감시장치는 최근 상용되고 있는 마취 심도 감시장치 중 민감도와 특이도가 가장 좋은 특징점을 지니고 있으며¹³⁾ 뇌파의 빈도 및 진폭에 위상각(phase angle)의 개념을 도입하여 이를 정량화하고 수치화한 것으로 등전위성 뇌파를 “0”으로, 각성상태를 “100”으로 정의하여 0-100 scale로 측정한 경험적인 자료를 근거로 하여 특성화시킨 것이다.⁷⁾ 특히 propofol로 최면유도시 진정의 정도를 예측하는데 유용하게 사용할 수 있는 것으로 알려져 있다.¹⁴⁾ 그러나 투여하는 마취제의 종류에 따라 BIS의 역치가 달라질 수 있으므로 투여하는 마취제의 종류가 다른 경우에는 동일한 BIS일지라도 동일한 마취심도를 나타내지는 않는다는 점을 고려해야 하는 제한점이 있다.⁸⁻¹⁰⁾ Mi 등은⁸⁾ propofol로 마취 유도 시 fentanyl을 병용 투여한 경우 기관내삽관에 의한 혈역학적 반응은 둔화되었으나 BIS의 변화는 없는 것으로 보아 fentanyl의 효과를 BIS가 감지하지 못한다고 하였다. Vernon 등은⁹⁾ isoflurane-alfentanil 마취와 propofol-alfentanil 마취 시 각각의 군내에서는 유해한 자극에 반응하는 움직임의 유무를 예측할 수 있는 BIS의 역치가 다르며 한 군에서 움직임을 예측할 수 있는 BIS가 다른 군에서 움직이지 않는 BIS에 해당하므로 사용하는 마취제에 따라 BIS의 역치가 달라진다고 하였다. 길호영 등의¹⁰⁾ 연구에서도 thiopental, propofol 및 midazolam을 단독 또는 혼합투여하여 최면 상승작용을 평가한 결과 BIS의 변화가 최면 상승 효과와 일치하는 양상을 보이지 않으므로 정맥마취제의 병용 유도시 BIS의 사용에 제한점이 있다고 보고하였다. 본 연구의 결과도 이들의 연구결과들을 뒷받침해주는 것으로 경막외마취군에서 최면효과를 나타내는 BIS의 역치가 propofol을 단독 투여한 군보다 높았다. 따라서 경막외마취시에는 propofol을 단독 투여하여 마취를 유지하는 경우보다 높은 BIS에서 마취를 유지할 필요가 있을 것으로 사료된다.

경막외마취의 진정효과는 이미 여러 보고에서 언급된 바 있으며 본 연구에서도 OAA/S scale을 이용하여 경막외마취 후 20분에 진정의 정도를 평가하여 모든 환자에서 OAA/S scale이 5에서 4로 감소하였고 이때 BIS의 저하는 동반되지 않았다. 따라서 경막외마취는 진정효과를 나타내나 BIS 감시장치로 이를

평가할 수 없다는 것을 의미한다. 척추마취 후에 오는 진정효과는 Gentili 등의¹⁵⁾ 연구에서도 보고하였고 그 진정효과는 차단범위에 따라 달라진다고 하였다. Pollock 등도¹⁶⁾ 척추마취 후 OAA/S scale과 자가 진정 점수(self-sedation score)를 평가한 결과 척추마취 후 BIS와 OAA/S scale이 감소하는 경향을 보이거나 OAA/S scale은 마취 후 60분에 가장 낮으며 BIS는 30분에서 70분에 감소하는 소견을 보여 BIS와 OAA/S scale이 밀접한 상관관계를 보이지 않는다고 하였다. 이들 연구에서 관찰한 진정효과의 주요원인은 척수에 작용하는 국소마취제에 의한 뇌로 가는 침해성 입력정보와 구심성 입력정보의 감소에 의하여 마취의 심도가 깊어져서 BIS가 감소에 의한 것이라고 하였다. 본 연구에서는 경막외마취 후 진정의 정도를 평가한 것으로 이들 연구결과 직접적인 비교는 어려우나 경막외마취의 진정효과도 척추마취의 진정효과의 기전에 의한 것으로 같은 것으로 추정된다.

진정효과가 있는 다른 정맥마취제와 마찬가지로 경막외마취는 경막외마취 후 정맥마취제를 투여하여 최면용량을 감소시킬 수 있을 것이라고 기대할 수 있으며 이미 여러 보고에서 경막외마취 후 midazolam 및 thiopental의 최면용량의 감소를 관찰한 연구가 보고되었으며^{2,3)} 본 연구에서 사용한 propofol의 최면용량 감소도 이미 이혜원 등이¹⁾ 보고한 바 있으며 Tverosky 등은⁴⁾ 척추마취 후 propofol의 최면용량이 감소하였다고 보고하였다. 그러므로 경막외마취하에서 최면이나 진정을 목적으로 propofol을 투여할 경우 감량하여 사용할 필요가 있다.

본 연구에서 관찰한 경막외마취의 진정효과는 국소마취제의 전신흡수에 의한 것이나 뇌척수액의 국소마취제가 두부로 이동하여 직접 뇌에 작용하여 나타내거나,^{2,5)} 척수의 구심성 정보의 차단으로 인하여 망상활성화계(reticular activating system)로 가는 자극이 감소하여^{3,11)} 최면효과에 의한 것으로 보고 있다. Hodgson과 Liu는¹¹⁾ 경막외마취 후 관찰한 마취효과 및 BIS의 변화가 경막외마취 후에 혈중 내 측정된 국소마취제의 농도를 이루도록 국소마취제를 정맥투여하여 경막외마취 후에 관찰한 sevoflurane의 MAC 및 MAC_{BIS50}의 감소를 관찰하지 않은 점으로 보아 국소마취제의 전신흡수에 의한 기전이 아니라고 주장하였다. 척추마취 시 국소 마취제가 두부로 이동

하여 뇌에 직접 작용하여 나타내기까지는 적어도 1 시간 정도 걸리며,¹⁷⁾ Pollock 등은¹⁶⁾ 각성상태에서 척추마취 후 진정정도를 관찰하여 60분에 최대 효과가 나타나는 것을 관찰하였다. 따라서 본 연구에서 관찰한 경막외마취의 진정효과 및 propofol 최면용량 감소 기전은 경막외마취로 인한 신경척추의 차단으로 인하여 중추신경계로 가는 구심성 정보의 차단에 의한 것으로 추정된다.

본 연구에서는 경막외마취군에서 높은 BIS에서 최면이 유도되었는데 이는 경막외마취에 의한 propofol의 최면요구량을 감소시키는 효과가 BIS의 감소를 초래하지 않는다는 것을 의미한다. 그러나 이와 같은 본 연구의 결과는 이전의 보고들의 연구결과와 일치하지 않는 것으로 이혜원 등은¹⁸⁾ enflurane 마취 시 경막외 lidocaine을 주입함으로써 BIS의 감소를 보고하였고, Hodgson 등도^{11,19)} 경막외 lidocaine을 주입함으로써 sevoflurane의 MAC_{BIS50}과 ED₉₅tetanic electrical stimulation의 감소를 관찰하였다. 이와 같이 BIS가 경막외마취의 진정효과 및 마취효과를 평가하는데 있어서 일정한 양상을 보이지 않는 데는 경막외마취의 효과가 복합적인 요소로 구성되어 있어 BIS로 측정할 수 있는 데는 한계가 있으며 BIS가 마취심도에 따라 일정한 비율로 감소하는 것이 아니라 마취유도시 완만하게 감소하다가 최면상태에 이르면 급격히 감소하고 깊은 마취상태에 이르면 다시 완만하게 감소하여 거의 평평한 상태를 이루는 변화를 보이므로²⁰⁾ 경막외마취를 시행 시 BIS 변화의 어느 시점인가가 그 효과를 나타내는 중요한 변수로 작용하는 것으로 생각되며 경막외마취와 병용한 propofol의 최면유도시 BIS가 진정의 정도를 평가하는 데 적절치 않은 것으로 사료되며 본 연구에서 경막외마취시 최면용량에서의 BIS가 경막외마취와 propofol의 상승작용에 의한 것인지 propofol만에 의한 것인지는 설명하는 데는 한계가 있다. 따라서 이에 대한 연구는 더 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 BIS 감시장치에 나타나는 BIS가 실시간 BIS가 아니라는 점에 있다. BIS는 약 15에서 30초간의 EEG 기록을 이용하여 계산되어지는 값으로 실제 수치는 이미 15초 이전의 수치일 수 있으므로 감시장치에 나타나는 BIS는 빠르게 변화하는 상태에서는 지연된 반응을 나타나게 된다.¹²⁾ 본 연구에서는 최면을 확인한 후 BIS 감시장치에 나타

나는 수치를 10초 간 관찰하여 평균치를 기록하였으나 이런 BIS의 시간 지연을 정확하게 측정하였다고 증명하기는 어렵다. 그러나 두 군 모두에서 같은 방법으로 BIS 측정을 하였으므로 시간변화에 따른 오차를 비교하는데는 무리가 없을 것으로 본다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 경막외마취에 의한 진정효과는 BIS의 변화를 동반하지 않으나, 적은양의 propofol로 최면을 유도하며 경막외 마취하에서 propofol을 병용투여 시 propofol을 단독투여한 경우보다 높은 BIS에서 최면을 유도한다. 따라서 경막외 마취시 BIS 감시장치를 이용하여 진정효과를 평가할 수 없으며 경막외마취하에서 propofol의 진정효과에 대한 BIS의 상관관계에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 이혜원, 박지용, 신혜원, 조 헌, 임혜자, 윤석민: 경막외 lidocaine의 propofol의 최면용량에 대한 효과. 대한정맥마취학회지 2001; 5: 206-9.
- Tverskoy M, Shagal M, Finger J, Kissin I: Subarachnoid bupivacaine blockade decreases midazolam and thiopental hypnotic requirements. J Clin Anesth 1994; 6: 487-90.
- Tverskoy M, Shifrin V, Finger J, Fleishman G, Kissin I: Effect of epidural bupivacaine block on midazolam hypnotic requirements. Regional Anesth 1996; 21: 209-13.
- Tverskoy M, Fleishman G, Bachrak I, Ben-Shlomo I: Effect of bupivacaine-induced spinal block on the hypnotic requirement of propofol. Anaesthesia 1996; 51: 652-3.
- Ben-David B, Vaida S, Gaitini L: The influence of high spinal anesthesia on sensitivity to midazolam sedation. Anesth Analg 1995; 81: 525-8.
- Gentili M, Chau HP, Enel D, Hollande J, Bonnet F: Sedation depends on the level of sensory block induced by spinal anaesthesia. Br J Anaesth 1998; 81: 970-1.
- Sigl JC, Chamoun NG: An introduction to bispectral analysis for the EEG. J Clin Monit 1994; 10: 392-404.
- Mi WD, Sakai T, Singh H, Kudo T, Kudo M, Matsuki A: Hypnotic endpoints vs. the bispectral index, 95% spectral edge frequency and median frequency during propofol infusion with or without fentanyl. Eur J Anaesthesiol 1999; 16:47-52.
- Vernon JM, Lang E, Sebel PS, Manberg P: Prediction of movement using bispectral electroencephalographic analysis during propofol/alfentanil or isoflurane/alfentanil anesthesia. Anesth Analg 1995; 80:780-5.
- 길호영, 박훈, 이현화, 한태현, 신성일: 정맥마취제의 병용유도시 최면성 상승작용의 평가에 대한 BIS의 유용성. 대한마취과학회지 2001; 40: 460-6.
- Hodgson P, Liu S: Epidural lidocaine decreases sevoflurane requirement for adequate depth of anesthesia as measured by the bispectral index monitor. Anesthesiology 2001; 94: 799-803.
- 길호영, 황성미, 이승준, 백승환, 박영주: Propofol TCI를 이용한 전신마취 시 최면상태의 관정을 위한 BIS 감시장치의 사용경험. 대한마취과학회지 1999; 36: 729-35.
- Drumond JC: Monitoring depth of Anesthesia. Anesthesiology 2000; 93: 876-82.
- Harbhej S: Bispectral index (BIS) monitoring during propofol-induced sedation and anaesthesia. Eur J Anaesthesiol 1999; 16: 31-6.
- Gentili M, Chau HP, Enel D, Hollande J, Bonnet F: Sedation depends on the level of sensory block induced by spinal anaesthesia. Br J Anaesth 1998; 81: 970-1.
- Pollock J, Neal J, Liu S, Burkhead D, Polissar N: Sedation during spinal anesthesia. Anesthesiology 2000; 94: 728-34.
- Eappen S, Kissin I: Effect of subarachnoid bupivacaine block on anesthetic requirement for thiopental in rats. Anesthesiology 1998; 88: 1036-42.
- 이혜원, 박지용, 신혜원, 조 헌, 임혜자, 윤석민: The effect of epidural anesthesia on the change of bispectral index and hypnotic requirement of propofol. 대한마취과학회 제46차 추계종합학술대회: 2001. 11: 서울.
- Hodgson P, Liu S, Gras W: Does epidural anesthesia have general anesthetic effects? Anesthesiology 1999; 91: 1687-92.
- Glass PS, Bloom M, Kearse L, Rosow C, Sebel P, Manberg P: Bispectral analysis measures sedation and memory effects of propofol, midazolam, isoflurane, and alfentanil in healthy volunteers. Anesthesiology 1997; 86: 836-47.