



# 수면심도를 달리하여 전신마취를 받는 환자에서 처리해리절차를 이용한 기억형성 평가

정유리<sup>1</sup> · 최병문<sup>1</sup> · 노규정<sup>1,2</sup>

울산대학교 의과대학 서울아산병원 <sup>1</sup>마취통증의학교실, <sup>2</sup>임상약리학교실

## Investigation into memory formation according to the level of hypnotic depth using process dissociation

Yu-Ri Jung<sup>1</sup>, Byung-Moon Choi<sup>1</sup>, and Gyu-Jeong Noh<sup>1,2</sup>

Departments of <sup>1</sup>Anesthesiology and Pain Medicine, <sup>2</sup>Clinical Pharmacology and Therapeutics, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

Received April 3, 2018  
Revised 1st, May 19, 2018  
2nd, May 30, 2018  
Accepted May 30, 2018

### Corresponding author

Byung-Moon Choi, M.D., Ph.D.  
Department of Anesthesiology  
and Pain Medicine, Asan Medical  
Center, University of Ulsan College  
of Medicine, 88 Olympic-ro 43-gil,  
Songpa-gu, Seoul 05505, Korea  
Tel: 82-2-3010-1704  
Fax: 82-2-3010-6790  
E-mail: byungmoonchoi7@gmail.com  
**ORCID**  
<http://orcid.org/0000-0002-6561-8851>

**Background:** Process dissociation procedure has been used to evaluate explicit and implicit memories. Two process-dissociation measurement models are described.

**Methods:** This prospective study evaluated intraoperative memory formation in Korean patients undergoing elective surgery under general anesthesia and its relation to the depth of hypnotic state. A total of 270 patients enrolled were randomly assigned to three groups based on Bispectral Index (BIS) values in the following ranges: 30 to 40, BIS 40 to 50, and BIS 50 to 60 according to the level of hypnotic depth induced by propofol or sevoflurane during the presentation of wordlists. When the level of hypnotic depth was maintained at the target BIS range, words were played for 15 minutes via headphones to patients. Within 24 hours after the word presentation, memory was assessed using an auditory word stem completion test. The probability of explicit and implicit memory was calculated using original and extended measurement models. Brice interviews were performed within 1 and 24 hours after surgery.

**Results:** A total of 119 patients who did not deviate from the target BIS range were included in the analysis. The 95% confidence interval (CI) of the probability of occurrence of implicit memory evaluated by the original model did not include zero. However, when the extension model was used, 0 was included in the 95% CI. Explicit memory evaluated via Brice interviews did not occur in any group.

**Conclusions:** When BIS was maintained in the range of 30 to 60 during surgery, no explicit or implicit memory was observed.

**Keywords:** Anesthesia; Intraoperative awareness; Memory.

## 서 론

전신마취를 받는 환자에서 기억 형성이 일어나지 않도록 수술 중 적절한 수면 심도를 유지시켜 주는 것은 중요하다. 전신마취 과정에서 발생할 수 있는 기억은 그것을 의식적으로 회상할 수 있는지 여부에 따라 외현기억(explicit memory) 또는 암묵기억(implicit memory)으로 나눌 수 있다[1]. 외현기억은 수술 중에 일어난 사건을 의식적인 통제처리에 의하여 명확하게 기억하는 것을 의미하며, 기억의 형성과정에서 회상(recollection)에 해당하며[1,2], 수술 중 각성은 외현기억과 직접적으로 연관된다[3]. 반면 암묵기억은 무의식적인 자동처리로 명확하게 기억할 수는 없지만, 수술 후 행동변화 등을 일으킬 수 있는 기억으로, 기억의 형성과정에서 친숙기억(familiarity)에 해당한다[1,2]. 전신마취를 받는 환자에서 외현기억 발생 여부를 확인하는 방법은 수술 후에 설문을 통하여 확인할 수 있다[4]. 그렇지만 암묵기억의 발생은 설문을 통한 환자의 답변만으로는 파악할 수가 없다.

이를 해결하기 위하여 미국의 인지심리학자인 Jacoby [2]가 기억에 미치는 무의식적인 자동처리와 의식적인 통제처리의 영향을 수학적으로 분리해 낼 수 있는 처리해리절차(process dissociation procedure)를 제안하였다. 처리해리절차는 외현기억과 암묵기억의 발생 여부를 분리해서 평가하는 실제적인 방법으로 단어완성검사(word-stem completion test)를 활용한다[2]. 수술 중에 특정한 단어를 반복적으로 들려주고, 수술 후에 의식적으로 혹은 무의식적으로 그 단어들을 기억해 낼 수 있는지를 평가하는 방법이다. 이 방법을 활용하여 실제 임상에서 다양한 환자 군을 대상으로 외현, 암묵기억 발생 여부가 평가 되었다[5-8]. 이후 정신과 의사인 Buchner 등[9]이 외현, 암묵 기억을 계산할 때 우연히 단어를 맞출 경우를 고려해야 한다고 주장하며, 본인의 계산 과정을 Jacoby의 원래모형(original model)과 구분하기 위하여 확장모형(extended model)으로 발표하였다. 이 확장모형을 이용하여 정례수술을 받는 환자 집단을 대상으로 그 집단에서 외현, 암묵기억 발생 여부를 파악하는 연구도 수행된 바가 있다[10]. 국내에서도 처리해리절차를 이용하여 제왕절개를 받는 산모를 대상으로 외현기억과 암묵기억의 발생 여부를 평가한 연구가 있지만[11], 원래모형으로만 발생 여부를 판단하고, 확장모형을 적용하지는 않았다. 또한, 수술 중 허용 가능한 수면심도 범위를 세분화하여 외현기억과 암묵기억의 발생을 연구할 필요성도 있다.

본 연구의 목적은 정례수술로 전신마취를 받는 환자를 대상으로 하여 마취의 심도를 다양하게 유지하면서 단어 완성 검사를 시행하고, 이를 근거로 하여 원래모형과 확장모형으로 마취 중 외현기억과 암묵기억의 발생 여부를 확인해 보고자 한다.

## 대상 및 방법

본 연구는 서울아산병원의 임상연구심의위원회(승인번호. 2012-0865)의 승인을 받은 후 전신마취로 정례수술을 받는 미국마취과학회 신체등급 분류 1, 2인 만 20세 이상의 수술 환자 270명을 대상으로 서면 동의를 획득한 후에 시행되었다. 한국어를 모국어로 사용하고 있으며, 최종학력이 고등학교 졸업 이상인 환자를 대상으로 하였고, 문맹이거나 청력장애가 있는 환자는 연구에서 제외하였다.

환자가 수술실에 도착하면 심전도, 비침습적 혈압계 및 맥박산소포화도 측정기(Datex-Ohmeda S/5, Planar Systems, Inc., USA)를 거치하고, 이마에 바이스펙트지수(BIS™ VISTA monitoring system, Covidien, USA) 센서를 거치하였다. 바이스펙트럼 지수(Bispectral Index, BIS) 값은 RS232C 케이블을 이용하여 후향적 분석을 위하여 개인용 컴퓨터에 다운로드 받았다. 마취 유도는 propofol을 2 mg/kg 단 회 정주하였고, 마취 유지는 Schnider 모형을 이용하여 propofol을 목표 효과처농도 조절주입 하거나[12], sevoflurane을 이용하였다. Remifentanyl은 Minto 모형을 이용하여 2-20 ng/ml 범위에서 목표 효과처농도 조절주입을 시행하였다[13]. Propofol과 remifentanyl의 목표농도조절주입을 위하여 주입펌프(Perfusor® Space, B. Braun, Germany)를 이용하였다. 마취유도 과정에서 ‘눈 떠보세요’라는 구두 명령에 환자분이 반응하지 않는 것을 확인한 이후에 신경근 차단제인 rocuronium 0.6 mg/kg를 정주하고, 사 연속자극(train-of-four)으로 감시한 손가락 움직임 반응이 2개 이하일 때 기관내삽관을 시행하였다. 수술 중 목표 BIS 범위를 유지하기 위하여 propofol의 목표효과처농도는 2-5 µg/ml를 유지하였고, sevoflurane의 호기말농도는 1.5-4 vol%를 유지하였다. 안정적인 혈압(수축기 혈압 > 80 mmHg, 심박수 > 45 beats/min)을 유지하기 위하여 필요할 경우 ephedrine과 atropine을 정주하였다.

환자들에게는 수술 중 단어목록을 헤드셋을 이용하여 들려주었으며, 단어목록을 들려주는 기간 동안 유지하는 수면심도에 따라 BIS를 30에서 40 사이로 유지하는 군(BIS 30-40), 40에서 50 사이로 유지하는 군(BIS 40-50), 50에서 60 사이로 유지하는 군(BIS 50-60)으로 무작위 배정하였다. 수술이 진행되어 수술적 자극의 변동이 심하지 않은 시점에서, 목표 BIS 범위가 유지되는 것을 확인한 이후에 선정한 단어목록을 들려주었다. 20대 초반의 여성의 목소리로 MP3 파일 형태로 녹음된 단어목록을 반복하여 15분 동안 들려주었다. 본 연구에 사용한 단어목록은 24개의 단어를 6개씩 4개의 목록으로 나누었으며, 그 단어목록은 다음과 같다.

- 목록 1: 시대, 교수, 과거, 처녀, 미소, 비서
- 목록 2: 나무, 바다, 버스, 허리, 고기, 후보

- 목록 3: 자유, 가지, 차이, 회의, 커피, 세포
- 목록 4: 노래, 구두, 조사, 어제, 우주, 치마

단어목록에 포함되어 있는 각각의 단어는 명사이고 반드시 중성이 없는, 즉 받침이 없는 2음절의 단어만을 사용하였으며 연세대학교 언어정보연구원의 현대한국어의 어휘빈도에 따른 사용빈도가 100만 단어당 400번 이상의 사용빈도를 가진 단어로 이전 연구에서 사용한 것을 활용하였다[11]. 수술 후에 이루어지는 단어완성검사에서는 포섭조건에 두 개의 단어목록을 사용하여 그 중 하나는 포섭 제시(inclusion target) 단어목록으로 나머지 하나는 포섭 비제시(inclusion distractor) 단어목록으로 이용하고, 배제조건에 또한 두 개의 단어 목록을 사용하여 그 중 하나는 배제 제시(exclusion target) 단어목록으로 나머지 하나는 배제 비제시(exclusion distractor) 단어목록으로 이용한다. 여기에서 포섭조건, 배제조건, 제시단어, 비제시단어의 의미는 다음과 같다.

- 포섭조건: 수술장에서 들려준 단어가 기억이 나거나 제일 처음 떠오르는 단어
- 배제조건: 수술장에서 들려준 단어가 기억나면 이를 배제하고, 기억이 나지 않으면 제일 처음 떠오르는 단어
- 제시단어: 수술장에서 들려준 단어
- 비제시단어: 수술장에서 들려주지 않은 단어

예를 들어 수술장에서는 단어목록 1과 3을 들려주고, 수술 후 단어완성검사 때에는 단어목록 1-4까지의 모든 단어의 첫 음절을 들려주는데, 단어목록 1과 2를 들려줄 때에는, 수술 중 들었던 단어가 기억이 나거나 제일 처음 떠오르는 단어를 적으라고 제시하고, 단어목록 3과 4를 들려줄 때에는 수술장에서 들려준 단어가 기억나면 이를 배제하고 적고, 기억나지 않으면 그냥 제일 처음 떠오르는 단어를 적으라고 제시한다. 이럴 경우 단어목록 1은 포섭 제시 단어목록이 되고, 단어목록 2는 포섭 비제시 단어목록이 된다. 단어목록 3은 배제 제시 단어목록이 되고, 단어목록 4는 배제 비제시 단어목록이 된다. 또한, 각각의 단어목록을 균등하게 사용하기 위하여 포섭 제시 단어목록, 포섭 비제시 단어목록, 배제 제시 단어목록, 배제 비제시 단어목록을 무작위 배정하는 counterbalancing schema를 사용하였다[11].

수술이 종료된 후 환자의 의식이 회복되어, 설문에 응답할 수 있을 때 회복실에서 Brice 인터뷰를 진행하였다[4]. 인터뷰 항목은 다음의 5가지 질문으로 구성하였다.

- 수술실에서 잠들기 전에 마지막으로 기억나는 것이 무엇입니까?
- 수술 후에 제일 처음 기억나는 것이 무엇입니까?
- 수술을 받는 동안 기억나는 것이 무엇입니까?
- 수술을 받는 동안 혹시 꿈을 꾸셨다면 어떤 꿈이었습니까?
- 수술과 관련하여 가장 끔찍한 것이 무엇입니까?

인터뷰에 응답한 내용은 Michigan 각성 분류 체계에 따라서

평가하였다[14]. 단어완성검사는 수술 종료 후 24시간 이내에 병실에서 진행하였고, 단어완성검사 후 Brice 인터뷰를 한 번 더 진행하였다.

단어완성검사 자료를 이용하여 외현기억과 암묵기억이 발생할 확률을 계산하는 처리해리절차는 측정 모형에 따라서 달라진다[10]. 원래모형을 이용하면 다음 식으로 계산할 수 있다[2].

$$C = TI - TE \quad (1)$$

$$A = \frac{TE}{1 - C} \quad (2)$$

여기에서 C는 외현기억이 발생할 확률이고, A는 암묵기억이 발생할 확률이다. TI는 포섭조건에서 단어를 맞출 확률이고, TE는 배제조건에서 단어를 맞출 확률이다. 반면에 확장모형을 이용할 경우 다음 식을 이용한다[9].

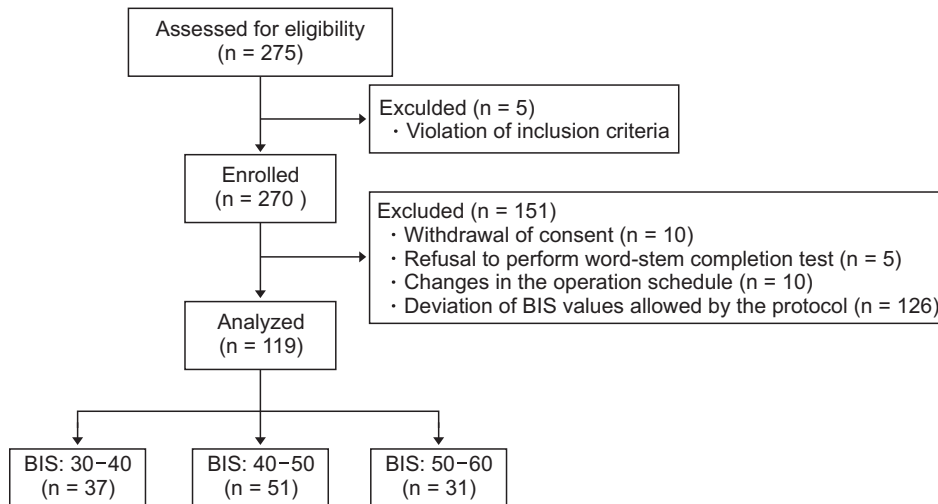
$$C = \frac{TI - \frac{1 - G_i}{1 - G_e} \times (TE - G_e) - G_i}{1 + G_e \times \frac{1 - G_i}{1 - G_e} - G_i} \quad (3)$$

$$A = \frac{\frac{TE}{1 - C} - G_e}{1 - G_e} \quad (4)$$

여기에서  $G_i$ 는 포섭조건에서 우연히 제시어를 맞출 확률이며,  $G_e$ 는 배제조건에서 우연히 제시어를 맞출 확률이다. 전체 집단 of 환자에서 외현기억과 암묵기억이 발생할 확률의 95% 신뢰구간을 각각 구하고, 그 신뢰구간에 0이 포함되면 기억이 발생하지 않는 것으로, 0을 포함하지 않으면서 발생확률이 양의 값을 가질 경우 기억이 발생한 것으로 해석한다.

## 결 과

본 연구에 참여하기로 서면 동의한 270명의 환자 중에서 분석에 포함된 환자 수는 119명이었다. 151명이 배제되었는데, 주된 이유는 단어완성검사를 위하여 수술 중에 15분 동안 단어목록을 들려주는 동안 목표로 설정한 BIS 범위를 벗어난 경우가 발생하였기 때문이었다. 기타 배제된 이유 및 무작위 배정 결과에 대한 보다 상세한 내용은 Fig. 1에 제시하였다. 분석에 포함된 환자들의 신체특성은 군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 1). 각 군 간에 수술 중 단어목록을 들려주는 동안 유지된 개인별 평균 BIS의 분포를 Fig. 2에 나타내었다. 동일한 목표 효과치 농도를 유지한다고 하더라도 BIS 값이 일정한 값으로 유지되지 않는 기 때문에 목표 BIS 범위 내로 BIS 값을 15분 동안 유지하는 것이 현실적으로 어려워, 중도 탈락한 환자들이 많이 발생하였다. 분석에 포함된 환자들은 단어목록을 들려주는 동안 목표 BIS 범위 내로 BIS 값이 유지가 잘 되었다.

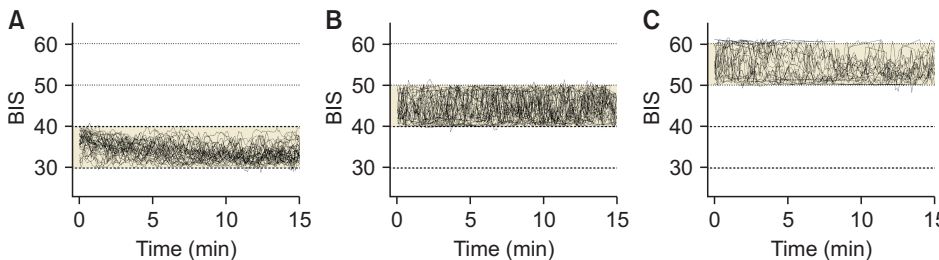


**Fig. 1.** CONSORT diagram of participants. BIS: Bispectral Index.

**Table 1.** Patient Characteristics (n = 119)

Variable	BIS 30-40 (n = 37)	BIS 40-50 (n = 51)	BIS 50-60 (n = 31)
Weight (kg)	61.3 ± 11.8	62.4 ± 12.1	63.4 ± 11.5
Height (cm)	162.8 ± 8.6	163.0 ± 9.4	165.4 ± 7.5
Age (yr)	44.2 ± 9.5	42.7 ± 9.2	42.5 ± 10.1
Sex (M/F)	10/27	15/36	8/23
ASA PS (I/II)	15/22	22/29	12/19
Highest level of education			
High school	12	19	11
College or university	24	30	18
Graduate school	1	2	2
Duration of anesthesia (min)	120.0 (103.5-167.5)	125.0 (106.3-165.0)	120.0 (106.3-162.8)
Hypnotic agents administered during surgery			
Propofol	9	19	8
Sevoflurane	28	32	23
Operation			
BE	21	32	18
ST	9	13	6
CRS	7	6	7

Values are presented as mean ± SD, number or median (25-75%). ASA PS: American Society of Anesthesiologists physical status classification, BE: breast and thyroid surgery including breast conservation operation, modified radical mastectomy and total thyroidectomy, ST: stomach surgery including distal or total gastrectomy, CRS: colorectal surgery including right hemicolectomy, anterior resection, low anterior resection, and ileocecal resection.



**Fig. 2.** Time courses of Bispectral Index (BIS) during the presentation of the word lists to the patients assigned to three groups based on target BIS. (A) BIS 30-40, (B) BIS 40-50, (C) BIS 50-60.

원래모형과 확장모형으로 처리해리절차를 이용하여 외현기억과 암묵기억이 발생할 확률을 계산하였고, 이를 Table 2에 제시하였다. 원래모형으로 평가한 경우에는 모든 군에서 외현기억은

발생하지 않았지만 암묵기억은 발생하였고, 확장모형으로 평가한 경우에는 모든 군에서 외현기억과 암묵기억이 발생하지 않았다. 포집조건과 배제조건에서 단어를 맞춘 개수는 군간에 통계

**Table 2.** Probability of Target Completion based on Explicit Memory and Implicit Memory Calculated using Two Different Measurement Models of Process Dissociation Procedure

Model	BIS 30-40 (n = 37)	BIS 40-50 (n = 51)	BIS 50-60 (n = 31)
Explicit memory			
Original model	0.03 (-0.03, 0.09)	0.00 (-0.06, 0.06)	0.07 (-0.01, 0.14)
Extended model	0.00 (-0.08, 0.08)	-0.05 (-0.17, 0.06)	0.03 (-0.08, 0.14)
Implicit memory			
Original model	0.12 (0.07, 0.16)	0.15 (0.12, 0.19)	0.14 (0.08, 0.19)
Extended model	-0.09 (-0.18, 0.01)	-0.05 (-0.12, 0.02)	-0.06 (-0.17, 0.05)

Values are presented as mean (95% confidence interval). Original model and extended model were the calculation methods proposed by Jacoby and Buchner, respectively [2,9].

적인 차이가 나지는 않았다(Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks,  $P = 0.244$ ,  $P = 0.365$ ). Brice 인터뷰 결과에서도 외현기억은 발생하지 않았다.

## 고찰

수 세기에 걸쳐 기억은 시인과 철학자, 과학자들을 매료시켜 왔다. 기억은 경험에 의한 행동양상의 변화로 대변되며, 사회와 문화의 발전뿐 아니라 자아에 대한 인식 측면에서도 중요하다. 이런 관점에서 예전부터 기억은 철학자들의 영역이었다. 플라톤은 그의 저서 테아이테토스(Theatetus)에서 생각들은 기억으로 새겨진다고 하였다. 기억에 대한 실험적 연구는 19세기에 시작되었으며, 그 당시에 여러 신경과 의사들과 정신과 의사들이 기억 기능에 이상이 있는 환자들을 인식하기 시작하였고, 여러 심리학자들은 기억의 종류와 단계에 대해 정의하기 시작하였다. 무의식적인 자동처리과정에 의하여 기억되는 암묵기억은 자전 거 타기나 거울보고 그리기와 같은 절차기억을 포함한다[1]. 반면 의식적인 통제처리에 의하여 명확하게 기억하는 외현기억은 의미론적(semantic) 기억과 일화적(episodic) 기억을 포함한다. 의미론적 기억은 특정 시점이나 맥락과 연관되어 있지 않은 세상의 다양한 대상, 사물 또는 현상에 관하여 일반적인 지식 형태로 저장되어 있는 기억을 지칭하며, 일화적 기억은 의미론적 기억과 달리 시간 및 장소와 관련되어 조직된 기억내용을 지칭한다[1].

기억에 미치는 무의식적인 자동처리와 의식적인 통제처리의 영향을 수학적으로 분리해 낼 수 있는 처리해리절차가 제안된 이후로[2], 이를 활용하여 마취제의 종류와 다양한 수술 종류에 대하여 수술 중 외현, 암묵기억의 발생 여부를 규명한 연구가 진행되었다[5-8]. 외상환자를 대상으로 평가한 선행 연구에서는 BIS 40-60에서 암묵기억이 발생할 수 있으며, 기억이 수면심도(depth of hypnosis)와 관련이 있음을 제시하였다[5]. 또한, 제왕절개 수술을 받는 환자를 대상으로 시행한 연구에서도 단어를 들려주는 동안의 평균 BIS가 76.3인 상태의 비교적 얇은 수면심

도 상태에서 환자들은 포섭(inclusion)과 배제(exclusion)를 정확하게 결정할 수 있었으며, 의식적 회상(conscious recall) 없이도 외현기억이 발생할 수 있다고 제시하였다[6]. 정례수술 환자를 대상으로 propofol과 isoflurane을 무작위 배정하여 진행한 연구에서는 적절한 수면심도가 유지된다면 기억형성을 차단하는데 두 마취제는 동일한 효과를 발휘한다고 보고되기도 하였다[7]. 정례수술을 받는 환자를 대상으로 수면심도 수준을 달리 하면서 각 수면심도 수준에서 각기 다른 단어를 들려주면서 원래모형으로 평가한 결과 BIS 21-40, 41-60, 61-80 범위에서 모두 암묵기억이 발생하였음이 보고되었는데[8], 이는 확장모형으로 재분석할 경우 모든 군에서 암묵기억이 발생하지 않는다는 상반된 결과가 나왔다[10]. 또한, 수술 중 암묵기억이 발생한다고 밝힌 다른 선행연구를 대상으로[6,15,16], 확장모형으로 자료를 재분석할 경우 암묵기억이 발생하지 않는다는 보고도 있다[10]. 이는 이번 연구 결과와도 일치하는 견해이다. 결국 확장모형은 우연에 의하여 단어를 맞출 가능성을 외현, 암묵기억 계산 과정에 반영함으로써 암묵기억으로 오인될 수 있는 부분을 적절하게 차단시켜 준 것으로 해석할 수 있다. 암묵기억이 임상적으로 의미를 갖는 이유는 무의식적인 자동처리로 명확하게 기억할 수는 없지만, 수술 후 행동변화 등을 일으킬 수 있어 외상후 스트레스 장애를 초래할 수도 있기 때문이다[17].

이 연구의 제한점은 높은 중도탈락률로 인하여 군 간의 분석 대상자 수에 차이를 보여서, 수면심도에 따른 외현, 암묵기억의 발생이 차이를 보이는지를 탐색하는데 불충분한 표본 수를 확보하였을 수도 있다는 점이다. 그렇지만 선행 연구에서 군 내 12명 내지는 30명의 연구 참여자를 대상으로 결과를 제시한 문헌도 있을뿐더러[18,19], 본 연구의 결과가 그동안 진행되어 온 일련의 처리해리절차를 이용한 선행연구와도 일치하는 소견이어서 본 연구에서의 결과를 수용하는 데 크게 무리는 없을 것으로 판단한다.

결론적으로 수면심도를 BIS 30-60으로 유지할 경우에 원래모형으로 평가할 경우 외현기억은 발생하지 않고, 암묵기억은 발생하지만, 확장모형으로 평가할 경우 외현기억과 암묵기억 모두

발생하지 않았다. 따라서 통상의 진료지침대로 수면심도를 BIS 60 미만으로 유지할 경우 암묵기억은 발생하지 않는 것으로 간주할 수 있다.

## 감사의 글

This study was supported by grant (2012-0865) from the Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, Seoul, Korea.

## REFERENCES

1. Squire LR, Zola SM. Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1996; 93: 13515-22.
2. Jacoby LL. A process dissociation framework: separating automatic from intentional uses of memory. *J MEM LANG* 1991; 30: 513-41.
3. Ghoneim MM. Awareness during anesthesia. *Anesthesiology* 2000; 92: 597-602.
4. Brice DD, Hetherington RR, Utting JE. A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1970; 42: 535-42.
5. Lubke GH, Kerssens C, Phaf H, Sebel PS. Dependence of explicit and implicit memory on hypnotic state in trauma patients. *Anesthesiology* 1999; 90: 670-80.
6. Lubke GH, Kerssens C, Gershon RY, Sebel PS. Memory formation during general anesthesia for emergency cesarean sections. *Anesthesiology* 2000; 92: 1029-34.
7. Kerssens C, Ouchi T, Sebel PS. No evidence of memory function during anesthesia with propofol or isoflurane with close control of hypnotic state. *Anesthesiology* 2005; 102: 57-62.
8. Iselin-Chaves IA, Willems SJ, Jermann FC, Forster A, Adam SR, Van der Linden M. Investigation of implicit memory during isoflurane anesthesia for elective surgery using the process dissociation procedure. *Anesthesiology* 2005; 103: 925-33.
9. Buchner A, Erdfelder E, Vaterrodt-Plünnecke B. Toward unbiased measurement of conscious and unconscious memory processes within the process dissociation framework. *J Exp Psychol Gen* 1995; 124: 137-60.
10. Hadzidiakos D, Horn N, Degener R, Buchner A, Rehberg B. Analysis of memory formation during general anesthesia (Propofol/Remifentanyl) for elective surgery using the process-dissociation procedure. *Anesthesiology* 2009; 111: 293-301.
11. Jeon WJ, Noh GJ, Shim JH, Cho SY, Yeom JH, Shin WJ, et al. The assessment of explicit memory and implicit memory after general anesthesia for cesarean section using the process dissociation procedure. *Korean J Anesthesiol* 2003; 45: 78-86.
12. Schnider TW, Minto CF, Gambus PL, Andresen C, Goodale DB, Shafer SL, et al. The influence of method of administration and covariates on the pharmacokinetics of propofol in adult volunteers. *Anesthesiology* 1998; 88: 1170-82.
13. Minto CF, Schnider TW, Egan TD, Youngs E, Lemmens HJ, Gambus PL, et al. Influence of age and gender on the pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl. I. Model development. *Anesthesiology* 1997; 86: 10-23.
14. Mashour GA, Esaki RK, Tremper KK, Glick DB, O'Connor M, Avidan MS. A novel classification instrument for intraoperative awareness events. *Anesth Analg* 2010; 110: 813-5.
15. Stapleton CL, Andrade J. An investigation of learning during propofol sedation and anesthesia using the process dissociation procedure. *Anesthesiology* 2000; 93: 1418-25.
16. Kerssens C, Lubke GH, Klein J, van der Woerd A, Bonke B. Memory function during propofol and alfentanil anesthesia: predictive value of individual differences. *Anesthesiology* 2002; 97: 382-9.
17. Zeitlin SB, McNally RJ. Implicit and explicit memory bias for threat in post-traumatic stress disorder. *Behav Res Ther* 1991; 29: 451-7.
18. Tian SY, Zou L, Quan X, Zhang Y, Xue FS, Ye TH. Effect of midazolam on memory: a study of process dissociation procedure and functional magnetic resonance imaging. *Anaesthesia* 2010; 65: 586-94.
19. Quan X, Yi J, Ye TH, Tian SY, Zou L, Yu XR, et al. Propofol and memory: a study using a process dissociation procedure and functional magnetic resonance imaging. *Anaesthesia* 2013; 68: 391-9.