

진정 깊이의 평가방법

인제대학교 의과대학 마취통증의학교실

김 계 민

국소마취나 부위마취하의 수술, 내시경 시술, 중재적 방사선과 시술 및 중환자실 등 다양한 영역에서 진정이 적용되고 있다. 적절한 진정 깊이는 환자의 정신적, 생리적 상태, 시술의 종류 등에 따라 다르므로, 경우에 따라 얇은 진정 상태에서부터 마취와 유사한 깊은 진정 상태에 이르기까지 진정 깊이를 조절해야 할 필요가 있다. 그러나, 간질지속상태(status epilepticus) 또는 조절되지 않는 뇌압상승 등의 몇몇 경우를 제외하고는 ‘의식 진정’ (conscious sedation) 상태가 바람직하다. ‘의식 진정’이란 의식 수준을 최소한으로 억제하면서 환자가 스스로 기도를 유지할 수 있고, 신체 자극 및 구두 명령에 적절히 반응할 수 있는 상태를 의미한다(Watson and James, 1990). 한편, ‘의식 진정’이라는 용어가 모순적이라 하여 미국 마취과학회에서는 ‘진정과 진통(sedation and analgesia)’이라는 용어를 사용하도록 하였으며, ‘진정과 진통’이란 심폐기능이 적절히 유지되고, 구두명령 또는 촉각 자극에 자의적으로 반응할 수 있으면서 환자가 불유쾌한 시술을 견딜 수 있도록 해주는 상태로 정의하였다(ASA, Task Force on Sedation and Analgesia by Non-anesthesiologists, 1996).

‘진정과 진통’을 시행함에 있어서 가장 염두에 두어야 할 것은 환자의 안전을 보장하면서도 효과적으로 진정시키는 것이다. 약물에 대한 반응이 개개인마다 다르므로, 투여한 진정제의 효과를 평가하면서 투여량을 조정하는 것이 필요하며, 이것을 위해서 환자의 진정, 진통 상태를 적절히 평가하는 것이 선행되어야 한다.

‘진정과 진통’ 깊이를 평가하는 이상적인 감시방법의 요건은 의식수준과 통증의 정도를 감별할 수 있어야 하며, 의료진에 의해 손쉽게 사용될 수 있는 방법이어야 한다. 또한 다양한 시술에서, 다양한 환자에게 쉽게 적용할 수 있어야 하고, 자극에 대한 반응을 예측할 수 있어야 한다. 여기에서는 진정 깊이의 평가 방법에 대하여 살펴보고자 하며, 진정척도와 신경생리학적 방법을 이용한 방법에 관하여 알아보하고자 한다. 또한 청각 및 시각 자극에 대한 반응성을 측정으로써 환자의 의식 유무를 진단하는 방법에 대하여 간단히 살펴보겠다.

진정척도(Sedation Scale)

보다 객관적이고 일관성 있게 진정 수준을 평가하기 위하여 다양한 진정척도가 개발되어왔다. 그러나, 진정척도에 따라 진정의 심도를 평가한다 하더라도, 평가자의 주관적인 견해가 결과에 영향을 미칠 우려가 있다.

유용한 진정척도의 요건은, 진정척도를 사용함으로써 진정의 목적과 부작용을 동시에 측정할 수 있어야 하고 진정 깊이가 다른 환자들을 구분할 수 있어야 하며, 한 환자에서도 시간에 따른 진정 수준의 변화를 감지해낼 수 있어야 한다. 또한 임상에서 사용하기 간편해야 하고, 모수 통계를 할 수 있도록 interval level로 측정할 수 있어야 한다(De Lemos et al, 2000). 또한 타당도(validity), 신뢰도(reliability) 및 반응성(responsiveness) 등이 검증되어야 한다(De Jonghe et al, 2000). 그러나 이러한 요건을 모두 갖춘 진정척도를 찾기란 쉽지 않다. De Jonghe 등이 중환자실에서 사용되는 25가지의 진정척도를 조사한 결과 신뢰도와 타당도가 검증되어 있는 것으로는 소아 중환자용 COMFORT scale (Ambuel et al, 1992), 성

책임저자 : 김계민, 서울시 노원구 상계 7동 761-1
인제대학교 의과대학 상계백병원 마취통증의학과, 우편번호: 139-707
Tel: +82-2-950-1168, Fax: +82-2-950-1323
E-mail: kyemin@sanggyepaik.ac.kr

인 중환자용 Ramsay scale (Ramsay et al, 1974), Sedation-Agitation scale (SAS) (Riker et al, 1994), Motor Activity Assessment scale (MAAS) (Delvin et al, 1999)에 불과하였다(De Jonghe et al, 2000) (Table 1, 2, 3, 4). 이 밖에 중환자실에서 사용하는 진정척도로 신뢰도와 타당도 뿐 아니라 반응성(한 환자에서 시간에 따른 진정 깊이의 변화를 평가할 수 있는 능력)도 검증되어 있는 것으로 Vancouver Interaction and Calmness Scale이 있다(De Lemos et al, 2000) (Table 5). 그러나 신뢰도와 타당도가 검증되어 있다 하더라도, COMFORT scale이나 Vancouver Interaction and Calmness Scale의 경우 복잡하여 진정의 깊이를 평가하는데 소요되는 시간이 길다는 단점이 있다.

1974년에 개발된 이래 현재까지 중환자실에서 흔히 사용되는 것으로 Ramsay scale이 있다. 이것은 원래 alphaxalone-alphadolone (Althesin)에 의한 진정 수준을 평가하기 위해서 연구 목적으로 개발되었는데, 중환자실에서 반응성과 수면 정도를 측정하기 위한 수단이었으며, 마취로부터 깨어나는 환자들의 수술 후 평가 목적으로도 사용되어 왔다(Ramsay et al, 1974). Ramsay scale에서 진정 수준 2나 3에 해당하는 정도가 바람직한 진정 상태라고 할 수 있다. 비록 임상적으로 널리 사용되고 있지만, Ramsay scale은 몇 가지 문제점을 안고 있는데, agitation의 평가는 한 단계 밖에 없고, 진정의 여섯 단계가 서로 배타적이지 않다는 점이다. 즉, 환자는 초조함을 보이는 동시에 미간을 가볍게 치는 자극에 활발한 반응을 보일 수 있어서, 1 혹은 4로 진정 점수를 매길 수 있는 모순이 생길 수 있다. 또한 anxious, agitated, tranquil 등의 용어가 모호하다는 지적이 있고, 진정 평가를 매번 시행할 때마다 혹은 평가자에 따라 동일한 자극을 줄 수 없다는 문제점이 있다.

중환자실 환자에서 진정 깊이를 평가할 때에는 불안, 초조 뿐 아니라, 기관내 흡인에 대한 반응, 인공 호흡기와의 조화 등에 대해서도 평가할 필요가 있는 반면, 통원 수술 환자에서는 기관내 흡인에 대한 반응 및 인공호흡기와의 조화를 평가하는 것은 적절하지 않다. 따라서, 중환자실 환자들을 대상으로 개발된 진정척도를 통원 수술 환자에게 그대로 적용하는 것은 적합하지 않다.

Table 1. The COMFORT Scale

	Score
Alertness	
Deeply asleep	1
Lightly asleep	2
Drowsy	3
Fully awake and alert	4
Hyper-alert	5
Calmness/Agitation	
Calm	1
Slightly anxious	2
Anxious	3
Very anxious	4
Panicky	5
Respiratory Response	
No coughing and no spontaneous respiration	1
Spontaneous respiration with little or no response to ventilation	2
Occasional cough or resistance to ventilator	3
Actively breathes against ventilator or coughs regularly	4
Fights ventilator; coughing or choking	5
Physical Movement	
No movement	1
Occasional, slight movement	2
Frequent, slight movement	3
Vigorous movement limited to extremities	4
Vigorous movements including torso and head	5
Blood Pressure (MAP) Baseline	
Blood pressure below baseline	1
Blood pressure consistently at baseline	2
Infrequent elevations (1-3) of $\geq 15\%$	3
Frequent elevations (>3) of $\geq 15\%$	4
Sustained elevation $\geq 15\%$	5
Heart Rate Baseline	
Heart rate below baseline	1
Heart rate consistently at baseline	2
Infrequent elevations (1-3) of $\geq 15\%$ above baseline during observation period	3
Frequent elevation (>3) of $\geq 15\%$	4
Sustained elevation $\geq 15\%$	5
Muscle Tone	
Muscles totally relaxed, no muscle tone	1
Reduced muscle tone	2
Normal muscle tone	3

Table 1. Continued

	Score
Increased muscle tone and flexion of fingers and toes	4
Extreme muscle rigidity and flexion of fingers and toes	5
Facial Tension	
Facial muscle totally relaxed	1
Facial muscle tone normal, no facial muscle tension evident	2
Tension evident in some facial muscles	3
Tension evident throughout facial muscles	4
Facial muscles contorted and grimacing	5

Table 2. Ramsay Scale

Level	Description
Awake	
1	Patient anxious and agitated or restless or both
2	Patient cooperative, oriented, and tranquil
3	Patient responds to commands only
Asleep	
4	Brisk response to light glabellar tap or loud auditory stimulus
5	Sluggish response to light glabellar tap or loud auditory stimulus
6	No response to light glabellar tap or loud auditory stimulus

Table 3. The Sedation-Agitation Scale

Score	Description	Definition
7	Dangerous agitation	Pulling an ET tube, trying to remove catheters, climbing over bed rail, striking at staff, thrashing side-to-side
6	Very agitated	Does not calm despite frequent verbal reminding of limits; requires physical restraints, biting ET tube
5	Agitated	Anxious or mildly agitated, attempting to sit up, calms down to verbal instructions
4	Calm and cooperative	Calm, awakens easily, follows commands
3	Sedated	Difficult to arouse, awakens to verbal stimuli or gentle shaking but drifts off again, follows simple commands
2	Very sedated	Arouses to physical stimuli but does not communicate or follow commands, may move spontaneously
1	Unarousable	Minimal or no response to noxious stimuli, does not communicate or follow commands

통원 수술에서의 진정과 진통의 심도를 평가하기 위하여 개발된 진정 척도로는 Observer's Assessment of Alertness/Sedation Scale (OAA/S Scale) (Chernik et al, 1990), Conscious Sedation scale (Clark, 1996), University of Michigan sedation scale (UMSS) (Malviya et al, 2002) 등이 있다(Table 6, 7, 8).

이 중에서 OAA/S scale은 benzodiazepine의 약리학 적 연구를 위하여 개발되었으며, 수술 환자에서 propofol이나 midazolam, opioid를 사용한 진정 정도를 평가하는 목적으로 가장 많이 사용되고 있으므로 주의깊게 살펴볼 필요가 있다(Avramov et al, 1996; Casati et al, 1999). OAA/S scale은 반응성(respon-

siveness), 말(speech), 얼굴표정(facial expression), 눈(eyes)의 4개 항목으로 구성되어 있다. 두 가지 방법으로 점수를 매길 수 있는데, 네 항목에서 매긴 점수 중 가장 낮은 점수를 채택하는 composite score 방식과 네 항목에서 얻은 점수를 합산하는 sum score 방식이 있는데, 대부분의 경우 composite score 방식을 사용한다. OAA/S scale의 네가지 항목 중에서 반응성 항목이 가장 많은 정보를 제공하므로, 반응성 항목만으로 진정 심도를 평가하기도 한다.

University of Michigan sedation scale (UMSS)의 경우 소아 환자에게 흔히 적용되며, 통증이 없는 시술을 받는 소아 환자에서 신뢰도 및 타당도가 검증된

Table 4. Motor Activity Assessment scale (MAAS)

Score	Description	Definition
0	Unresponsive	Does not move with noxious stimulus ^a
1	Responsive only to noxious stimuli	Opens eyes OR raises eyebrows OR turns head toward stimulus OR moves limbs with noxious stimulus ^a
2	Responsive to touch or name	Opens eyes OR raises eyebrows OR turns head toward stimulus OR moves limbs when touched or name is loudly spoken
3	Calm and cooperative	No external stimulus is required to elicit movement AND patient is adjusting sheets or clothes purposefully and follows commands
4	Restless and cooperative	No external stimulus is required to elicit movement AND patient is picking at sheets or tubes OR uncovering self and follows commands
5	Agitated	No external stimulus is required to elicit movement AND attempting to sit up OR moves limbs out of bed AND does not consistently follow commands (e.g., will lie down when asked but soon reverts back to attempts to sit up or move limbs out of bed)
6	Dangerously agitated, uncooperative	No external stimulus is required to elicit movement AND patient is pulling at tubes or catheters OR thrashing side OR striking at staff OR trying to climb out of bed AND does not calm down when asked

^aNoxious stimulus, suctioning OR 5 secs of vigorous orbital, sternal, or nail bed pressure.

Table 5. The Vancouver Interaction and Calmness Scale

Interaction score /30	Strongly agree	Agree	Mildly agree	Mildly disagree	Disagree	Strongly disagree
Patient interacts	6	5	4	3	2	1
Patient communicates	6	5	4	3	2	1
Information communicated by patient is reliable	6	5	4	3	2	1
Patient cooperates	6	5	4	3	2	1
Patient needs encouragement to respond to questions	1	2	3	4	5	6

Calmness score /30	Strongly agree	Agree	Mildly agree	Mildly disagree	Disagree	Strongly disagree
Patient appears calm	6	5	4	3	2	1
Patient appears restless	1	2	3	4	5	6
Patient appears distressed	1	2	3	4	5	6
Patient is moving around uneasily in bed	1	2	3	4	5	6
Patient is pulling at lines/tubes	1	2	3	4	5	6

진정척도이다(Malviya et al, 2002; McDermott et al,2003; Motas et al, 2004).

이처럼 다양한 진정척도가 개발되어 임상에서 적용되고 있지만, 어떤 진정척도를 사용하더라도, 평가

자에 따르는 차이가 발생할 수 있음을 염두에 두어야 하며, 가급적 타당도와 신뢰도가 검증되어 있는 진정 척도를 사용하도록 해야 한다. 또한 중환자실 환자나, 소아환자, 통원 수술 환자 등 대상 환자 및

Table 6. Observer's Assessment of Alertness/Sedation Scale

Responsiveness	Assessment categories			Composite score level
	Speech	Facial expression	Eyes	
Responds readily to name spoken in normal tone	Normal	Normal	Clear, no ptosis	5
Lethargic response to name spoken in normal tone	Mild slowing or thickening	Mild relaxation	Glazed or mild ptosis (less than half the eye)	4
Responds only after name is called loudly and/or repeatedly	Slurring or prominent slowing	Marked relaxation	Glazed or marked ptosis (half the eye or more)	3
Responds only after mild prodding or shaking	Few recognizable words	-	-	2
Does not respond to mild prodding or shaking	-	-	-	1

Table 7. Conscious Sedation Scale

Parameter (circle one)	Grade		
	0	1	2
Emotional affect 0 1 2 _____	1. flat affect 2. does not respond to commands or stimuli	1. anxious or uneasy (> 50%) 2. does not respond to commands appropriately	1. quiescent, tranquil (> 75%) 2. responds to commands appropriately
Level of consciousness 0 1 2 _____	1. unarousable/stuporous 2. protective reflexes absent	1. intermittent arousal or awake/aware 2. protective reflexes present	1. drowsy or asleep, easily arousable 2. protective reflexes present
Physical reaction to discomfort or pain 0 1 2 _____	1. flaccid/non-responsive 2. no exhibition or c/o discomfort or pain	1. restless and/or resistive 2. vocalization throughout majority of procedure (> 50%)	1. generally at ease/rest 2. may occasionally exhibit symptoms or vocalize c/o discomfort/pain
Variation in vital signs 0 1 2 _____	1. respiratory depression and/or decrease in cardiovascular function 2. intervention necessary	1. no beneficial change in respiratory or cardiovascular function	1. therapeutic alteration in respiratory/cardiovascular function 2. no intervention necessary
Degree of amnesia 0 1 2 _____	1. total amnesia (secondary to stuporous condition and loss of protective reflexes)	1. recall of 75-100% of procedure	1. minimal recall (< 25%) or total amnesia

*optimal range: 8-10

Table 8. University of Michigan Sedation Scale

Description	Score
Awake and alert	0
Minimally sedated: tired/sleepy, appropriate response to verbal conversation and/or sound	1
Moderately sedated: somnolent/sleeping, easily aroused with light tactile stimulation or a simple verbal command	2
Deeply sedated: deep sleep, arousable only with significant physical stimulation	3
Unarousable	4

임상 상황에 따라 적절한 진정 척도를 선택하여야 한다.

신경생리학적 방법을 이용한 진정심도의 평가

진정척도를 이용할 때 평가자에 따라 진정 수준의 측정 결과에 차이가 발생하는 문제점을 극복하기 위하여 진정 깊이의 평가에 신경생리학적 기법이 도입되었다. 진정 심도의 평가를 위한 감시 장치가 정확하고 믿을만한 결과를 제공하기 위해서는, 진정 심도가 다를 때의 측정치들이 겹치지 않아야 하고, 다른 진정 깊이에서의 측정치의 평균이 통계적으로 유의하게 차이가 나야 한다. 또한 사용약제에 따라 영향을 받지 않는 것이 바람직하다(Drummond, 2000).

진정 깊이를 평가하기 위한 신경생리학적 방법으로는 raw EEG, 95% spectral edge frequency (SEF₉₅), median power frequency, bispectral index 등 뇌파를 이용한 것과 청각유발전위 등이 포함된다.

뇌파를 이용한 진정 깊이 측정: SEF₉₅, BIS

마취의 깊이를 측정하기 위하여 뇌파를 이용하듯이(Stanski, 1992), 많은 연구자들이 진정 심도 측정에 있어서 뇌파의 유용성에 대하여 많은 관심을 가졌다(Kroboth et al, 1988; Veselis et al, 1992). 그러나, raw EEG의 결과를 해석하는 데에 어려움이 있으므로, 컴퓨터를 이용한 뇌파 분석을 통해 약효를 정량적으로 측정하는 방법을 선호한다(Russel and Rodichok, 1995). 뇌파로부터 얻은 변수 중에서, BIS와 95% SEF는 propofol이나 sevoflurane에 의한 진정,

최면 심도를 평가하는데 있어 믿을만한 지표이지만, median frequency는 진정 심도의 지표로 사용하기에 부적합 하다고 알려져 있다(Katoh et al, 1998; Mi et al, 1999).

한편 95% SEF가 진정 깊이의 평가에 적합하지 않다는 연구 결과도 있는데, 이것은 SEF₉₅와 median frequency의 경우 진정 초기에는 증가하다가 진정이 깊어질수록 감소하는 biphasic response를 보이므로 진정 예측 확률(prediction probability)을 떨어뜨리는 것으로 생각된다(Leslie et al, 1995; Doi et al, 1997; Liu et al, 1997). 이상에서 살펴보면 뇌파로부터 얻은 여러 변수 중에서 진정 깊이를 측정하는데 있어서 BIS가 가장 적합하다고 할 수 있다.

BIS monitor의 출현으로 인하여 많은 임상 의사들은 뇌파에 근거한 객관적인 방법으로 진정 심도를 손쉽게 평가할 수 있게 되었다. BIS는 숫자로 표시되는데 뇌의 활성도가 전혀 없는 경우를 0, 완전한 각성 상태에 있는 경우를 100으로 하여 환자의 최면 상태를 지속적으로 측정하게 된다. BIS 범위에 따른 임상 상태는 대체적으로 다음과 같다(김대우, 2000).

100-90: 각성 상태

80-90: 얇은 진정 상태

70-80: 깊은 진정 상태

60-70: 얇은 최면 상태(깨어날 수도 있지만 기억할 위험은 낮은 상태)

40-60: 중등도의 최면 상태(수술 중 유지되는 범위)

40 미만: 깊은 최면 상태(barbiturate coma, 심한 저체온)

0: Isoelectric EEG

Glass 등은 propofol, isoflurane 또는 midazolam을 투여하였을 때 BIS 점수와 OAA/S scale의 반응성 점수로 평가한 진정 심도와 상관관계가 좋으며, BIS 값이 의식 소실을 예측하는데 도움이 된다고 보고하였다. 이들은 BIS가 진정 심도를 평가하는데 있어서 신뢰할 수 있는 방법이며, propofol의 혈중 농도보다도 구두명령에 대한 반응성을 더 잘 예측한다고 보고하였다(Glass et al, 1997). 또한 sevoflurane 투여에 의한 진정시 BIS와 sevoflurane의 농도 및 진정점수와도 높은 상관관계가 있다(Katoh et al, 1998).

이밖에도 많은 연구를 통해서 BIS가 진정점수와 좋은 상관관계를 보이고 예측 확률도 좋은 것으로 보고되어 있다(Kearse et al, 1998; Simmons et al,

1999; Kurita et al, 2001; 길호영 등, 2000). Singh는 propofol 진정을 시행할 때 기도 폐쇄나 저산소혈증과 같은 부작용을 예방하기 위해서는 BIS 값을 75 이상으로 유지시키는 것이 바람직하다고 하였으며 (Singh, 1999), Bower 등은 diazepam, meperidine으로 진정된 상태에서 위내시경을 받는 환자들에서 OAA/S 반응성 점수 3에 해당하는 BIS 값이 81.49 ± 9.78 이라고 보고하였다(Bower et al, 2000).

이처럼 진정 심도를 측정하는데 있어서 BIS가 유용하다는 사실에 대한 보고가 계속되고 있지만, 어떤 한 시점에서의 BIS 수치 만으로 진정 깊이를 평가하는 것은 바람직하지 못하다. 왜냐하면, BIS 점수에 있어서 개개인간에 현저한 차이가 있어서 진정 깊이가 다르더라도 동일한 BIS 값을 보일 수 있으며, 또한 같은 진정 깊이에서도 BIS 값의 변동이 관찰될 수 있기 때문이다. 투여 약물에 따라 BIS가 진정 심도를 예측하는 능력에도 차이가 있는데, sevoflurane이나 midazolm에 비해서 propofol 투여에 의한 진정에서 진정 심도를 더 잘 예측하는 것으로 되어 있다(Ibrahim et al, 2001). 뿐만 아니라, ketamine의 사용은 BIS 값의 정확성에 현저한 영향을 미친다 (Suzuki et al, 1998).

AEP index

AEP는 청각 자극에 의한 뇌파의 변화로부터 유도되는데 자극 전달 과정에 의해 brainstem auditory evoked potentials (BAEPs), middle latency auditory evoked potentials (MLAEPs) 및 long latency auditory evoked potentials (LLAEPs)로 나뉘며, 진정이나 마취 심도가 깊어지면 AEP가 일정한 변화를 보이는 것으로 알려져 있다. AEP 중 진정이나 마취 심도를 반영하는 부분은 MLAEP이며, 심도가 깊어질수록 Pa, Nb의 진폭이 감소하고, 이들의 잠복기가 증가한다 (Sharpe and Thornton, 1998). MLAEP의 이러한 변화는 개인차가 없이 일정하게 나타나면서 많은 마취제에 대해 용량 의존적 억제제를 보이고 마취의 깊이와 연관이 있으므로, 마취 심도를 측정하는데 유용하다 (Bailey and Jones, 1997; Thornton and Sharpe, 1998; Drummond, 2000). 그러나, 임상 상황에서 AEP 중 MLAEP의 변화를 실시간으로 정량화 하기는 쉽지 않은데, AEP index를 이용함으로써 이러한 문제점을

극복할 수 있게 되었다.

AEP index는 AEP 파형의 형태를 반영하는 지수인데, AEP 파형에서 연이은 두개의 0.56 ms 분절의 진폭 차이로부터 계산된다(Mantzaridis and Kenny, 1997). 최근에는 AEP index를 보다 빠른 시간에 계산해냄으로써 실시간으로 감시할 수 있게 되었는데, 이것을 A-line ARX Index (AAI)라고 한다(Ge et al, 2002). 이것은 AEP 중에서 MLAEP의 변화를 숫자로 표시한 것으로, 청각 자극 후 20-80 milliseconds 동안의 MLAEP 파형의 진폭 변화를 측정하여 절대값을 구하고 이를 제곱근하여 계산된다. AAI는 1부터 100까지의 숫자로 파형과 함께 화면에 나타나며, 100-60을 각성상태, 59-40을 졸리는 상태, 39-30은 얇은 마취심도, 29 이하는 수술적 마취심도를 나타낸다(길호영, 2002).

AEP index는 BIS와 마찬가지로 진정척도에 의한 진정점수와의 상관관계가 좋고 진정심도를 예측하는 확률도 높다(Kurita et al, 2001). 또한 AEP index는 BIS나 SEF₉₅ 보다도 의식 상태와 무의식 상태를 명확히 구분하는데 더 유용한 것으로 보고되어 있다 (Doi et al, 1997; Gajraj et al, 1998). 그러나, AEP index 역시 BIS에서와 마찬가지로 같은 AEP index에서 다른 OAA/S 점수가 중첩될 수 있으므로 진정 심도를 객관적으로 평가하는데 제약이 있다(Kurita et al, 2001).

반응성 검사

Doufas 등은 propofol로 의식진정을 시행하는 동안 컴퓨터에서 나오는 음성 지시에 대한 청각 반응성 (auditory responsiveness)을 측정함으로써 의식 유무를 예측하고, 청각반응성의 소실이 호흡기 및 심혈관계 부작용에 선행하여 나타나는지 살펴보았다. 이들은 환자의 손에 컴퓨터와 연결되어 있고 버튼이 있는 handpiece를 쥐어준 후 버튼을 누르라는 음성 지시를 10초 간격으로 5회까지 반복하였으며, 반복할 때마다 음성이 커지고, handpiece에 진동이 심해지도록 고안하였으며, 버튼을 누르는 즉시 음성지시 및 진동 자극이 멈추도록 하였다. 이들은 음성 지시 후 10초 내에 반응하면 의식이 있는 것으로 간주하였다. 그 결과, 청각자극에 대한 반응 소실이 의식 소실에 선행하였으며, 자동화된 청각반응성 검사(auto-

mated responsiveness test)를 이용하여 의식진정 동안 propofol의 투여량을 적정할 수 있다고 보고하였다 (Doufas et al, 2001).

한편, propofol을 정주하여 점차적으로 진정 깊이를 깊게 하면서 시각자극 및 청각자극에 대한 반응 시간과 OAA/S scale에 의한 진정 심도를 측정하는 연구도 있다. 이 연구에서는 진정 심도를 깊게 할수록 시각 및 청각자극에 대한 반응시간이 길어지며, 대상 환자의 84.2%에서 시각 반응성이 청각 반응성보다 먼저 소실되며, 의식 진정에서 시각 자극에 대한 반응성 유무를 측정하는 것도 유용한 방법이 될 수 있음을 제시하였다(Kim et al, 2004). 그러나, 청각 자극 및 시각 자극에 대한 반응성을 측정하는 이러한 방법들은 임상적으로 사용 가능한 단계는 아니며, 앞으로 더욱더 많은 연구가 필요한 부분이라고 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- Ambuel B, Hamlett KW, Marx CM, Blumer JL: Assessing distress in pediatric intensive care environments: the COMFORT scale. *J Pediatr Psychol* 1992; 17: 95-109.
- ASA: Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. A report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists. *Anesthesiology* 1996; 84: 459-71.
- Avramov MN, Smith I, White PF: Interactions between midazolam and remifentanyl during monitored anesthesia care. *Anesthesiology* 1996; 85: 1283-9.
- Bailey AR, Jones JG: Patients' memories of events during general anaesthesia. *Anaesthesia* 1997; 52: 460-76.
- Bower AL, Ripepi A, Dilger J, Boparai N, Brody FJ, Ponsky JL: Bispectral index monitoring of sedation during endoscopy. *Gastrointestinal Endoscopy* 2000; 52: 192-6.
- Casati A, Fanelli G, Casaletti E, Colnaghi E, Cedrati V, Torri G: Clinical assessment of target-controlled infusion of propofol during monitored anesthesia care. *Can J Anesth* 1999; 46: 235-9.
- Chernik DA, Gillings D, Laine H, Hendler J, Silver JM, Davidson AB, et al: Validity and reliability of the Observer's Assessment of Alertness/Sedation Scale: study with intravenous midazolam. *J Clin Psychopharmacol* 1990; 10: 244-51.
- Clark BA: Development of the conscious sedation scale: Establishing content validity and reliability. *Gastroenterology Nursing* 1996; 20: 2-8.
- De Jonghe B, Cook D, Appere-De-Vecchi C, Guyatt G, Meade M, Outin H: Using and understanding sedation scoring systems: a systematic review. *Intensive Care Med* 2000; 26: 275-85.
- De Lemos J, Tweeddale M, Chittock D, Sedation Focus Group: Measuring quality of sedation in adult mechanically ventilated critically ill patients: the Vancouver interaction and calmness scale. *J Clin Epidemiol* 2000; 53: 908-19.
- Delvin JW, Boleski G, Mlynarek M, Nerenz DR, Peterson E, Jankowski M, et al: Motor Activity Assessment Scale: A valid and reliable sedation scale for use with mechanically ventilated patients in an adult surgical intensive care unit. *Crit Care Med* 1999; 27: 1271-5.
- Doi M, Gajraj RJ, Mantzaridis H, Kenny GNC: Relationship between calculated blood concentration of propofol and electrophysiological variables during emergence from anaesthesia: a comparison of bispectral index, spectral edge frequency, median frequency and auditory evoked potential index. *Br J Anaesth* 1997; 78: 180-4.
- Doufas AG, Bakhshandeh M, Bjorksten AR, Greif R, Sessler DI: Automated responsiveness test (ART) predicts loss of consciousness and adverse physiologic response during propofol conscious sedation. *Anesthesiology* 2001; 94: 585-92.
- Drummond JC: Monitoring depth of anesthesia. *Anesthesiology* 2000; 93: 876-82.
- Gajraj RJ, Doi M, Mantzaridis H, Kenny GNC: Analysis of the EEG bispectrum, auditory evoked potentials and the EEG power spectrum during repeated transitions from consciousness to unconsciousness. *Br J Anaesth* 1998; 80: 46-52.
- Ge SJ, Zhuang XL, Wang YT, Wang ZD, Li HT: Changes in the rapidly extracted auditory evoked potentials index and the bispectral index during sedation induced by propofol or midazolam under epidural block. *Br J Anaesth* 2002; 89: 260-4.
- Glass PS, Bloom M, Kearse L, Tosow 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.
- Ibrahim AE, Taraday JK, Kharasch ED: Bispectral index monitoring during sedation with sevoflurane, midazolam.

- zolam, and propofol. *Anesthesiology* 2001; 95: 1151-9.
- Katoh T, Suzuki A, Ikeda K: Electroencephalographic derivatives as a tool for predicting the depth of sedation and anesthesia induced by sevoflurane. *Anesthesiology* 1998; 88: 642-50.
- Kearse LA Jr, Rosow C, Zaslavsky A, Connors P, Dershwitz M, Denman W: Bispectral analysis of the electroencephalogram predicts conscious processing of information during propofol sedation and hypnosis. *Anesthesiology* 1998; 88: 25-34.
- Kim KM, Jeon WJ, Lee DH, Kang WC, Kim JH, Noh GJ: Changes in visual and auditory response time during conscious sedation with propofol. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; 48: 1033-7.
- Kroboth PD, Smith RB, Erb RJ: Tolerance to alprazolam after intravenous bolus and continuous infusion: Psychomotor and EEG effects. *Clin Pharmacol Ther* 1988; 43: 270-7.
- Kurita T, Doi M, Katoh T, Sano H, Sato S, Mantzaridis H, et al: Auditory evoked potential index predicts the depth of sedation and movement in response to skin incision during sevoflurane anesthesia. *Anesthesiology* 2001; 95: 364-70.
- Leslie K, Sessler DI, Schroeder M, Walters K: Propofol blood concentration and bispectral index predict suppression of learning during propofol/epidural anesthesia in volunteers. *Anesth Analg* 1995; 81: 1269-74.
- Liu j, Singh H, White PF: Electroencephalographic bispectral index correlates with intraoperative recall and depth of propofol-induced sedation. *Anesth Analg* 1997; 84: 185-9.
- Malviya S, Voepel-Lewis T, Tait AR, Merkel S, Tremper K, Naughton N: Depth of sedation in children undergoing computed tomography: validity and reliability of the University of Michigan Sedation Scale(UMSS). *Br J Anaesth* 2002; 88: 2421-5.
- Mantzaridis H, Kenny GN: Auditory evoked potential index: A quantitative measure of changes in auditory evoked potentials during general anaesthesia. *Anaesthesia* 1997; 52: 1030-6.
- McDermott NB, VanSickle T, Motas D, Friesen RH: Validation of the bispectral index monitor during conscious and deep sedation in children. *Anesth Analg* 2003; 97: 39-43.
- 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.
- Motas D, McDermott NB, VanSickle T, Friesen RH: Depth of consciousness and deep sedation attained in children as administered by nonanaesthesiologists in a children's hospital. *Paediatr Anaesth*. 2004;14: 256-60.
- Ramsay MAE, Savege TM, Simpson BRJ, Goodwin R: Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. *Br Med J* 1974; 2: 656-9.
- Riker RR, Fraser GL, Cox PM: Continuous infusion of haloperidol controls agitation in critically ill patients. *Crit Care Med* 1994; 22: 433-40.
- Russel GB, Rodichok LD: Computerized electroencephalogram analysis. In: Russel GB, Rodichok LD, editors. *Primer of intraoperative neurophysiologic monitoring*. Boston: Butterworth-Heinemann, 1995: 81-96.
- Sharpe RM, Thornton C: The auditory evoked response and anaesthesia. *Curr Anaesth Crit Care* 1998; 9: 123-9.
- Simmons LE, Riker RR, Prato BS, Fraser GL: Assessing sedation during intensive care unit mechanical ventilation with the bispectral index and the sedation-agitation scale. *Crit Care Med* 1999; 27: 1499-1504.
- Singh H: Bispectral index (BIS) monitoring during propofol-induced sedation and anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 1999; 16: 31-6.
- Stanski DR: Pharmacodynamic modeling of anesthetic EEG drug effects. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 1992; 32: 423-47.
- Suzuki M, Edmonds HI, Tsueda K, Malkani AL, Roberts CS: Effect of ketamine on bispectral index and levels of sedation. *J Clin Monit Comput* 1998; 14: 373.
- Thornton C, Sharpe RM: Evoked responses in anaesthesia. *Br J Anaesth* 1998; 81: 771-81.
- Veselis RA, Reinsel RA, Wronski M, Marino P, Tong WP, Bedford RF: EEG and memory effects of low-dose infusions of propofol. *Br J Anaesth* 1992; 69: 246-54.
- Watson DS, James DS: Intravenous conscious sedation: Implications of monitoring patients receiving local anesthesia. *AORN J* 1990; 51: 1512-22
- 길호영, 이성익, 이승준, 이성우, 이동호: 한국인에서 propofol의 효과치 농도(effect site concentration)에 상응하는 BIS 및 OAA/S scale. *대한마취과학회지* 2000; 38: 251-7.
- 길호영: Auditory evoked potential monitor. *정맥마취* 2002; 6: 90-6.
- 김대우: Bispectral index (BIS). *정맥마취* 2000; 4: 188-91.