Korean Society for
Clinical Laboratory ScienceKorean Journal of
CLINICAL LABORATORY SCIENCE

ORIGINAL ARTICLE

Evoked Potentials before the Intractable Epilepsy Surgery

Sung Hyuk Lim¹, Sang Ku Park¹, Jae Seung Baek¹, Kab Kyu Kim², Ki Eob Kim³, Yu Ji Lee⁴¹Department of Neurology, Samsung Medical Center, Seoul, Korea²Department of Neurology, Catholic University of Korea, Seoul St. Mary's Hospital, Seoul, Korea³Department of Neurology, Korea University Anam Hospital, Seoul, Korea⁴Department of Otolaryngology, Ehwa Womans University Seoul Hospital, Seoul, Korea

난치성 뇌전증 환자에서 수술 전 유발전위검사

임성혁¹, 박상구¹, 백재승¹, 김갑규², 김기엽³, 이유지⁴¹삼성서울병원 신경과, ²가톨릭대학교 서울성모병원 신경과, ³고려대학교병원 신경과, ⁴이화여자대학교 서울병원 이비인후과

ARTICLE INFO

Received January 15, 2019

Revised 1st March 5, 2019Revised 2nd March 11, 2019

Accepted March 13, 2019

Key words

Evoked potential

Epilepsy surgery

MLAEP

SSEP

VEP

ABSTRACT

Various treatments can be attempted in patients with intractable epilepsy, in whom the symptoms of seizures are not controlled by various drugs. On the other hand, in patients requiring a surgical method, a preoperative examination is needed to determine the portion of seizure site to be resected. Electrodes are inserted into the cerebral cortex for accurate lesion measurements and safe operation. The electrodes inserted in the cortex not only record the electroencephalography (EEG), but also allow various tests to confirm the function of the part. One of these methods is the evoked potential test. From January 2015 to December 2018, the trends of measured waveforms in were analyzed 70 patients. The somatosensory evoked potential (SSEP) recorded on the electrode inserted in the cerebral cortex can be searched for the pathway of the central sulcus to avoid the primary motor area and primary sensory area. In addition, using the middle latency auditory evoked potentials (MLAEP) and flash visual evoked potentials (FVEP), the functional cortex in the auditory cortex and the visual cortex were compared with the seizure focus point on the EEG to help determine the location of the ablation and minimize functional impairment after surgery.

Copyright © 2019 The Korean Society for Clinical Laboratory Science. All rights reserved.

서론

뇌전증(epilepsy)은 다양한 원인에 의해 뇌가 비정상적이며 동시다발적인 과도한 신경 활동에 의해 반복적으로 발작(seizure)이 나타나는 증상 및 징후를 뜻한다[1]. 그 중에서도 여러 가지 약물로도 조절이 되지 않는 난치성 뇌전증(intractable epilepsy)은 전체의 약 37% 정도로 추정하고 있다[2, 3]. 또한 난치성 뇌전증이 지속되는 경우 비난치성 뇌전증에 비해 사망

률도 현저히 높다고 보고된바 있다[4-8]. 난치성 뇌전증은 충분한 기간 동안 두 가지 이상의 항뇌전증 약물에 의해서도 발작이 조절되지 않는 경우이며 이런 환자는 수술적인 방법을 통해 병의 뇌 병변 부분을 제거하는 수술적 치료를 고려할 수 있다[9, 10]. 수술은 환자가 실제로 뇌를 절제하는 수술을 받기까지 일련의 과정을 거치게 되는데 우선 환자의 병력청취와 외래방문을 통한 진찰과 뇌파검사를 통해 임상진단을 하고 치료계획이 정해지면 병소부위의 정확한 진단을 위해 병원에 입원하여 24 시간 비디오-뇌파감시(24 hour video-EEG monitoring)와 MRI, PET, SPECT 검사 등을 진행한다. 그리고 수술적 치료가 필요한 환자의 수술일정이 확정이 되면 1차 수술과 2차 수술로 진행되는 1차 수술에서는 개두술 후에 전극삽입(electrode

* Corresponding author: Sung Hyuk Lim

Department of Neurology, Samsung Medical Center, 81 Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 06351, Korea

E-mail: shlim1113@naver.com

* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5344-6837>

insertion)을 실시하여 뇌 절제부위를 결정하기 위해서 직접 대 뇌의 피질에 그리드(grid)나 스트립(strip)형태의 경막하 전극(subdural electrodes)과 심부전극(depth electrodes)을 충분히 삽입한다(Figure 1). 그 후 실제로 뇌절제술을 시행하는 2차 수술 전까지 여러가지 검사들이 시행되는데 그 중 기능검사의

Figure 1. Intraoperative photograph before placement of subdural grid and depth electrodes (a). After placement of electrodes for continues monitoring (b).

한 종류로 유발전위 검사법도 포함된다[11, 12]. 일반적인 외래 검사실에서 시행되는 유발전위법은 피부나 두피에 전극을 부착하여 측정하지만 수술을 위한 환자의 경우 경막하에 삽입된 전극을 이용하여 측정한다. 검사의 방법이나 그 대상이 경막하 전극을 이용한 유발전위검사는 주로 난치성 뇌전증 환자에서만 시행되는 검사이며 수술 후 환자의 예후를 예측함에 있어 중요도가 높은 검사이다. 하지만 대학병원이거나 뇌전증 수술을 하는 대형병원이 아닌 이상 현실적으로 검사장비와 시간, 환자를 위한 입원실과 인력들이 마련되어 있지 않아 실시하기 어려운 검사이다. 이러한 제한적 상황 때문에 중요도가 높은 검사임에도 불구하고 이 검사를 시행하려는 검사자들이 숙지하기 어려운 부분이 있어 기본적인 중요 사항들에 대해 자세히 다루고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 연구대상은 2015년 1월부터 2018년 12월 까지 삼성서울병원 24시간 비디오-뇌파감시실에 내원한 환자 중 뇌전증으로 인해 수술적 치료를 위해 내원하여 1차적으로 전극삽입술을 시행한 환자 70명을 대상으로 시행한 유발전위 검사에서 전위가 명확하게 측정되었던 환자의 과형을 분석하여 검사의 종류별로 결과의 경향과 의미를 언급하였다. 본 연구의 환자들은 수술 전 의료진에게 수술 동의서를 작성하였으며, 동의서에 따라 수술 전과 수술 중에 유발전위검사를 시행하였다.

2. 검사장비

신경계 추적감시 장치는 Xltek Protektor IOM system (Natus Medical Incorporated, Pleasanton, CA, USA)를 사용하였다. 검사는 비디오-뇌파 검사실에서 진행되며 체성감각유발전위, 청각유발전위, 시각유발전위를 시행할 수 있고 검사의 세팅값은 Table 1과 같다.

Table 1. Filter setting

	Input range	Reject range	LFF	HFF	Timebase (ms/div)
SSEP	±2.5 mV	±2 mV	30 Hz	1 kHz	10
MLAEP	±1 mV	±300 µV	20 Hz	250 Hz	20
VEP	±250 µV	±200 µV	30 Hz	250 Hz	20

Abbreviations: LFF, low frequency filter; HFF, high frequency filter; SSEP, somatosensory evoked potentials; MLAEP, middle latency auditory evoked potentials; VEP, visual evoked potentials.

3. 검사방법

1) 체성감각유발전위

난치성 뇌전증 환자의 수술 전 체성감각유발전위검사는 운동 피질영역과 감각피질영역의 정확한 위치를 구분하는 지도화(mapping)에 그 의미가 있다. 중심구(central sulcus)를 기준으로 나타나는 상역전(phase reversal) 현상으로 전극의 위치에 따라 운동피질영역과 감각피질영역의 상역전파형을 통해 중심구의 주행을 정확히 찾아낼 수 있다. 체성감각유발전위 외에도 뇌 영상검사를 통해 중심구의 진행방향을 예측할 수 있으나 전극삽입 이후 피질 전극의 위치이동가능성을 배제할 수 없기 때문에 위

검사를 통해 정확한 지도화로 주행경로를 파악해야 한다[13-15]. 수술 부위의 반대편 상지 또는 하지에 자극을 하는데 상지에서는 정중신경(median nerve), 하지에서는 후경골신경(posterior tibial nerve)의 원위부를 최대상자극방식(supramaximal stimulation)으로 자극하고 자극지속시간(stimulation duration)은 0.3 ms, 자극빈도(stimulation rate) 4.70 Hz를 이용해 피질전극에서 파형을 기록한다. 50~100회 정도 평균가산 후 안정된 파형을 얻을 수 있고 파형은 상지에서는 약 20 ms 정도에서 음전위의 N20인 감각피질전위를 확인할 수 있다(Figure 2). 그리고 하지에서는 약 40 ms 정도에서 양전위의 P37인 감각피질전위의 파형을 확인할 수 있다(Figure 3) [16-18].

Figure 2. Central sulcus mapping can be achieved by phase reversal of the recorded potential at the cortical electrode ①. Phase reversal technique (duration 0.3 ms, rate 4.70 Hz, stimuli intensity supramaximal and constant current (mA)). The waveform of median nerve somatosensory evoked potential (MNSEP) ②.

Figure 3. There is a phase reversal between electrodes 3 and 4 of H plate ①. The waveform of posterior tibial nerve somatosensory evoked potential (PTSEP) ②.

2) 청각유발전위

청각유발전위 검사는 일반적인 외래 검사실에서 시행되는 10 ms 이내의 짧은 잠복기안에 내재되어있는 전위를 측정하는 형태가 아닌 뇌의 일차 청각영역(Heschl gyrus) 주변부에서 직접 측정하기 때문에 피질청각경로(cortical auditory pathway)에서 10~80 ms 이내에 발생하는 전위인 중간잠복기 청각유발전위검사(middle latency auditory evoked potentials)를 이용한다[19-21]. 청각자극 장치로 tubal insert phone으로 tone burst sound를 이용하여 100~110 dB (nHL)의 크기로 1.1 kHz의 주파수로 100~150회 자극을 주는 동안 그 파형이 평균화되어 기록된다. 기록전극의 위치가 측두엽의 청각피질 주변부를 시작으로 파형을 기록하게 되고 전위가 측정되는 부분 주변의 기록전극들도 모두 검사를 한다. 기록된 파형은 흔히

알려진 중간잠복기 청각유발전위의 파형이 아닌 청각피질에서 가까울수록 진폭이 큰 파형이 형성되고 피질에서 청각의 기능이 없는 곳으로 멀어질수록 파형의 크기가 작게 나타난다 (Figure 4).

3) 시각유발전위

시각유발전위는 전극삽입술 후 환자의 의식상태나 협조여부, 발작증상등 검사 중에 일으킬 수 있는 상황들을 고려하여 검사시 집중을 요하는 문양역전(pattern reversal) 자극보다는 섬광시각유발전위법(flash visual evoked potential)을 이용하여 검사한다[22]. 파형의 기록은 두피에서 문양역전자극법으로 검사하여 기록할 때 양극의 전위가 100 ms 근처에서 측정되는 V자 모양의 P100 (IV)을 기록하지만 검사방법이 섬광 자극을 이

Figure 4. Middle latency auditory evoked potentials measured at the temporal lobe (a). As in G plate 4, 5, 8, 9, 10, 14, 15, 19, 20, the closer the auditory cortex, the greater the potential (b).

Figure 5. Visual evoked potentials measured at the near visual cortex (a). The amplitude of the waveform gradually increases from N1 to N25 (b).

용하고 자극점에서부터 파형이 기록되는 피질까지의 거리가 가까운 점을 고려하여 P100 (IV)의 잠복기 보다는 파형의 재현성에 더욱 유의점을 두어야 한다. 후두부에 위치한 시각피질 주변과 뇌 안쪽의 기저부에 설치된 전극에서 그 파형을 기록할 수 있다. 1.1 Hz의 자극빈도로 100~150회 정도 자극하는 동안 평균화 과정을 거쳐 파형을 기록할 수 있다. 시각피질에 근접한 전극에서 기록되는 파형 일수록 V자 파형이나 전위의 진폭이 크게 나타나는 경향을 보인다(Figure 5). 또한 전극이 시신경의 전달 경로인 기저부에 위치하는 경우 후두부에서 기록된 파형보다 잠복기가 짧고 파형 또한 다극성파형(polyphasic wave) 형태를 보인다(Figure 6) [23-25].

4) 제안

체성감각유발전위, 청각유발전위, 시각유발전위를 시행할 때 뇌의 피질에서 각각의 피질전극간 거리가 0.5 cm으로 매우 가까이 위치한다. 따라서 활성화전극과 기준전극 사이의 거리 또한 검사를 시행하는데 있어 중요한 인자로 작용하게 되는데 기준전극으로 사용하는 전극의 위치가 고유한 전위를 가지고 있거나 피질에 닿지 않고 피질과 경막 사이에서 떨어져있는 경우 기록하는 전위의 진폭이 낮게 측정되거나 파형의 기록이 원활하지 않을 수 있다. 또한 기준전극이 적합하지 않을 경우 검사의 모든 파형이 마치 한 개의 전극에서 측정한 것처럼 같은 형태로 기록되는 경우도 있다. 이와 같은 경우에는 기준전극의 위치를 기록전극과 되도록 멀리 있는 부분으로 설정하거나 기준전극을

바꿔가며 검사한다면 검사시간을 단축하고 더 정확한 검사를 할 수 있을 것으로 생각된다. 기준전극의 선택은 피질에 삽입된 전극에서 선택하기도 하지만 환자마다 상의한 부분이 존재하고 한가지 검사에서 같은 기능을 갖는 부위를 피해서 기록전극과 기준전극을 선택해 검사하면 좀 더 명확한 파형을 얻을 수 있다. 그리고 피질상에 전극이 완전히 피질에 닿지 않은 경우나 전극 자체의 저항값(impedance)이 5 k Ω 이상으로 높게 측정되어 기준전극으로 적합하지 않을 시에는 두피상에 부착된 접지전극을 이용하기도 한다. 청각유발전위는 현재 검사법에 있어서 다양한 시도가 필요하다. 그 이유는 환자마다 모든 검사에서 파형이 측정되는 경우가 드물고 파형이 애초부터 측정되지 않는 경우가 많기 때문이다. 이는 환자마다 활성화되는 자극의 종류나 주파수가 다를 수 있다고 생각되며 시간축(timebase)과 민감도(sensitivity)를 10~15 ms/div로 설정을 바꿔보거나 click sound나 주파수 특이성을 갖는 tone burst sound를 이용하여 다양한 음역대의 자극방법을 시도해 보면 개선 가능할 것으로 생각된다. 시각유발전위검사에서는 환자의 컨디션에 따라 협조가 가능한 환자에게는 문양역전 시각유발전위를 시도해 볼 수 있고 수술 중에는 삽입한 전극을 이용한 선험시각유발전위를 실시간으로 시도해 볼 수 있다.

결 과

검사를 시행한 총 70명의 검사결과를 분석해 보면 체성감각

Figure 6. Visual evoked potential measured subdural electrode E plate ③. At the base of the visual cortex there is a large wave of polyphasic ④.

유발전위를 시행한 43명 중 41명(95.4%), 청각유발전위검사를 시행한 68명 중 61명(89.7%), 시각유발전위를 시행한 63명 중 56명(88.9%)에서 파형을 관찰할 수 있었다. 한 명의 환자에서 3가지 종류의 검사를 모두 시행할 수 있는 것은 아니며 환자의 발작 초점 위치에 따라 피질전극의 배치가 달라지기 때문에 그 위치를 보고 선택적으로 검사를 시행한다. 단순히 검사의 시행에 따른 파형의 형성유무가 검사의 퀄리티를 대변하지는 않으며 그 이유는 파형을 얻지 못하였더라도 검사의 의미가 없다고 보기보다는 절제부위에 기능적 피질영역이 없음을 확인하였다는 의미로 해석되어 절제술 부위 선정에 신뢰도를 높일 수 있기 때문이다. 대뇌의 피질에는 각 부분마다 담당하는 고유의 기능들이 존재한다. 중심구를 기준으로 운동영역과 체성감각영역이 존재해 사람의 움직임이나 감각기능을 담당한다. 측두엽 부분은 청각영역과 인지하고 말하는 언어중추가 존재하고 후두엽에는 시각영역이 존재하며 사람의 시각기능을 담당한다. 그리고 그 기능들은 각각 전기자극, 소리자극, 섬광자극에 의해 유발되어 최대로 전위를 나타내는 부분이 있고 어떤 자극에 의해 최대로 전위를 갖는 부분이 기록이 된다면 그 부분은 해당영역의 기능이 존재한다고 해석할 수 있다. 뇌파에서 기록된 발작파를 토대로 뇌의 절제부위를 결정하는데 있어 이런 피질 지도화가 갖는 검사로서의 의미는 뇌피질에 기능이 존재하는 부위를 피해 발작파가 일어나는 부위를 절제하는 것이다. 따라서 환자에 잠재되어있는 전위의 진폭이나 잠복기를 측정해서 정상치와 비교를 하는 것보다 파형의 유무를 우선적으로 선별하는 것이 검사의 판독에 더 도움이 된다. 그 이유는 피질지도화에서는 환자마다 갖는 전위의 진폭과 잠복기가 삽입된 전극의 위치에 따라 다르고 전위의 모양 또한 다양하게 나타난다. 그렇기 때문에 피질상에서 기록한 파형들에 대한 정상치 산정이 어려운 이유도 존재한다.

고 찰

난치성 뇌전증 환자의 측두엽 절제술은 뇌파검사와 수술 전에 이루어진 검사들을 종합해서 뇌전증을 일으키는 부위를 절제하여 뇌전증 발병의 근원부분을 없애는 과정이다. 절제부위(resection margin)를 결정할 때 수술 전 시행한 유발전위 검사에서 지도화를 통해 뇌기능을 알아볼 수 있다. 검사를 통해서 운동영역과 감각영역의 주행경로를 정확히 구분할 수 있고, 청각 및 시각영역을 정확히 알 수 있다면 무엇보다 절제부위를 결정하는데 큰 도움을 줄 것으로 생각되어 수술 후 환자의 예후를 예측하는데 도움이 될 것이다. 뇌전증의 유발 부위가 너무 광범위

하거나 양측성으로 존재해서 수술로 인한 치명적인 신경학적 결손과 장애가 예상되거나 제거가 불가능한 경우, 또는 기존의 수술을 받은 후에도 약물 치료에 지속적으로 저항을 보이는 환자의 경우 미주 신경 자극술(vagus nerve stimulation)이나 심부뇌 자극술(deep brain stimulation)을 고려해 볼 수 있다[26, 27].

요 약

여러가지 약물에도 발작의 증세가 조절되지 않는 난치성 뇌전증 환자에서 다양한 치료법들을 시도해 볼 수 있다. 하지만 그 중 수술적인 방법이 필요한 환자에서는 수술 전 검사를 통해 발작부위의 절제부분을 결정한다. 정확한 병변의 측정과 안전한 수술을 위해 뇌 피질에 전극 삽입술을 시행한다. 피질에 삽입된 전극으로 단순히 뇌파만을 기록하는 것이 아니라 다양한 검사를 시도해 그 부위가 갖는 기능을 확인할 수 있고 그런 검사법 중 하나로 유발전위 검사법이 있다. 2015년 1월부터 2018년 12월까지 70명의 환자를 대상으로 측정된 파형의 경향이 의미하는 바를 분석하였다. 뇌 피질에 삽입된 전극에서 기록된 체성감각 유발전위는 중심고랑의 주행경로를 찾아 일차운동영역 및 일차 감각영역을 피해 수술할 수 있다. 또한 청각유발전위와 시각유발전위를 이용해 청각피질과 시각피질에서 기능적 피질의 확인과 뇌파검사상 나타난 발작초점부위와의 관계를 비교해 절제부위를 결정하는데 도움을 주고 수술 후에 발생할 수 있는 기능적 장애를 최소화할 수 있다.

Acknowledgements: None

Conflict of interest: None

Author's information (Position): Lim SH¹, M.T.; Park SK¹, M.T.; Baek JS¹, M.T.; Kim KK², M.T.; Kim KE³, M.T.; Lee YJ⁴, M.T.

REFERENCES

1. Fisher RS, van Emde Boas W, Blume W, Elger C, Genton P, Lee P, et al. Epileptic seizures and epilepsy: Definitions proposed by the international league against epilepsy (ilae) and the international bureau for epilepsy (ibe). *Epilepsia*. 2005;46:470-472.
2. Kwan P, Brodie MJ. Early identification of refractory epilepsy. *N Engl J Med*. 2000;342:314-319.
3. Shorvon SD. The epidemiology and treatment of chronic and refractory epilepsy. *Epilepsia*. 1996;37(Suppl 2):1-3.
4. Mayer SA, Claassen J, Lokin J, Mendelsohn F, Dennis LJ, Fitzsimmons BF. Refractory status epilepticus: frequency, risk factors, and impact on outcome. *Arch Neurol*. 2002;59:205-

- 210.
5. Holtkamp M, Othman J, Buchheim K, Meierkord H. Predictors and prognosis of refractory status epilepticus treated in a neurological intensive care unit. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005;76:534-539.
6. Novy J, Logroscino G, Rossetti AO. Refractory status epilepticus: a prospective observational study. *Epilepsia*. 2010; 51:251-256.
7. Rossetti AO, Logroscino G, Bromfield EB. Refractory status epilepticus: effect of treatment aggressiveness on prognosis. *Arch Neurol*. 2005;62:1698-1702.
8. Betjemann JP, Josephson SA, Lowenstein DH, Burke JF. Trends in status epilepticus-related hospitalizations and mortality: re-defined in US practice over time. *JAMA Neurol*. 2015;72: 650-655.
9. Engel J Jr, Shewmon DA. Overview: who should be considered a surgical candidate? In: Engel J Jr. *Surgical treatment of the epilepsies*. 2nd ed. New York: Raven Press; 1993. p23-34.
10. ILAE Commission Report. The epidemiology of the epilepsies: future directions. *Epilepsia*. 1997;38:614-618.
11. Luders H, Lesser RP, Dinner DS, Morris HH, Wyllie E, Godoy J. Localization of cortical function: new information from extra-operative monitoring of patients with epilepsy. *Epilepsia*. 1988;29(Suppl 2):56-65.
12. Woolsey CN, Erickson TC, Gilson WE. Localization in somatic sensory and motor areas of human cerebral cortex as determined by direct recording of evoked potentials and electrical stimulation. *J Neurosurg*. 1979;51:476-506.
13. Simon MV. Intraoperative neurophysiologic sensorimotor mapping-a review. *J Neurol Neurophysiol*. 2013;30:571-590. <http://doi.org/10.4172/2155-9562.S3-002>.
14. Rowed DW, Houlden DA, Basavakumar DG. Somatosensory evoked potential identification of sensorimotor cortex in removal of intracranial neoplasms. *Can J Neurol Sci*. 1997;24:11-120.
15. Goldring S. A method for surgical management of focal epilepsy, especially as it relates to children. *J Neurosurg*. 1978; 49:344-356.
16. Goldring S, Gregorie EM. Surgical management of epilepsy using epidural recordings to localize the seizure focus: review of 100 cases. *J Neurosurg*. 1984;60: 457-466.
17. Lim SH, Park SK, Kim DJ, Baek JS, Park CW. Usefulness of direct cortical stimulation during intraoperative monitoring in patients with brain tumor near motor cortex. *Korean J Clin Lab Sci*. 2018;50:211-215.
18. Kalkman CJ, Traast H, Zuurmond WW, Bovill JG. Differential effects of propofol and nitrous oxide on posterior tibial nerve somatosensory cortical evoked potentials during alfentanil anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1991;66:483-489.
19. Kim LS, Boo SH. Auditory middle latency response. *Korean J Audiol*. 2001;5:27-35.
20. Schwender D, Conzen P, Klasing S, Finsterer U, Pöppel E, Peter K. The effects of anesthesia with increasing end-expiratory concentrations of sevoflurane on midlatency auditory evoked potentials. *Anesth Analg*. 1995;81:817-822.
21. Schwender D, Klasing S, Madler C, Pöppel E, Peter K. Mid-latency auditory evoked potentials during ketamine anaesthesia in humans. *Br J Anaesth*. 1993;71:629-632.
22. Hayashi H, Kawaguchi M. Intraoperative monitoring of flash visual evoked potential under general anesthesia. *Korean J Anesthesiol*. 2017;70:127-135.
23. Vega-Zelaya L, Pastor J. Intraoperative neurophysiological monitoring techniques for the resection of malignant brain tumors located in eloquent cortical areas. *Austin J Neurosurg*. 2015;2:1038.
24. Ota T, Kawai K, Kamada K, Kin T, Saito N. Intraoperative monitoring of cortically recorded visual response for posterior visual pathway. *J Neurosurg*. 2010;112:285-94.
25. Torres CV, Pastor J, Rocio E, Sola RG. Continuous monitoring of cortical visual evoked potentials by means of subdural electrodes in surgery on the posterior optic pathway. A case report and review of the literature. *Rev Neurol*. 2012;55:343-348.
26. Shin IY, Lim HJ, Lee JK, Kang JK, Lee SA, Ko TS. Clinical experiences with vagus nerve stimulation for medically intractable epilepsy. *J Korean Epilepsy Soc*. 2005;9:80-85.
27. Shon YM. Deep brain stimulation for the treatment of medically intractable epilepsy: a review on clinical application. *J Korean Epilepsy Soc*. 2012;16:9-13.