

측두엽 간질발작의 국소화에 대한 접형 전극의 유용성 : 발작뇌파

Usefulness of Sphenoidal Electrodes for Localization of Temporal Lobe Seizure Focus : Ictal EEG

곽규환¹ · 강중구¹ · 이정교² · 이상암¹

Kyu-Hwan Kwak, M.D.¹, Joong-Koo Kang, M.D.¹, Jung-Kyo Lee, M.D.² and Sang-Ahm Lee, M.D.¹

ABSTRACT

Purpose : Usefulness of sphenoidal electrodes for detecting mesial temporal seizure foci remains controversial. Our aim is to determine whether sphenoidal electrodes are superior to surface electrodes for EEG localization in patients with mesial temporal lobe epilepsy (TLE). **Methods** : We retrospectively reviewed ictal EEGs recorded simultaneously with standard International 10-20 System, subtemporal and sphenoidal electrodes in 92 patients who underwent temporal lobectomy. Patients were divided into mesial (n=67) and neocortical (n=25) TLE. Ictal EEGs were reviewed in a blinded fashion in both longitudinal bipolar and Pz referential montages. **Results** : Thirty four (13.1%) of 259 mesial temporal seizures were exclusively isolated to sphenoidal electrode at least 3 seconds before involvement of subtemporal electrodes or were localized to temporal lobe on sphenoidal electrode when scalp electrode failed to localize seizure onset, whereas only 2 (2.6%) of 75 neocortical temporal seizures were (p<0.05). The usefulness of sphenoidal electrode was related to the distribution but not the frequency of ictal onset on scalp EEG. **Conclusions** : Although isolated or localized sphenoidal seizure onset in patients with mesial TLE are not frequent, sphenoidal electrodes are superior to scalp electrodes for the localization of mesial temporal seizure foci. (**J Korean Epilep Soc 5 : 137-141, 2001**)

KEY WORDS : Temporal lobe epilepsy · Ictal EEG · Sphenoidal electrodes · Scalp electrodes.

서 론

난치성 측두엽 간질 환자의 수술전 검사로서 비디오-뇌파 검사는 측두엽에서 시작하는 발작뇌파를 증명하고 또한 발작뇌파의 소견으로 내측두엽 간질과 신피질 측두엽 간질을 감별하는데 중요한 목적이 있다. 접형 전극은 두피 전극에 비해 해부학적으로 내측두엽에 가까이 위치하기 때문에 해마를 포함한 내측두엽에서 발생하는 발작뇌파를 두피 전극보다 더 잘 확인할 수 있을 것으로 여겨지고 있다.¹⁾²⁾ 그러나 발작뇌파에서 접형 전극이 얼마나 유용하며, 과연 측두엽 간질의 감별에 도움을 줄 수 있는지에 대해서는 아직 충분한 연구가 없는 실정이다.³⁾⁴⁾ 만약 접형 전극이 두피 전극에 비해 내측두엽 간질발작을 진단하는데 유용하다면, 비침

습적 비디오-뇌파 검사 시간을 단축할 수 있고 또한 침습적인 두개강내 뇌파 검사로 인한 많은 비용과 합병증을 줄일 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 난치성 측두엽 간질 환자의 발작뇌파를 분석하여 접형 전극이 내측두엽 간질 발작의 국소화에 어느 정도 도움을 줄 수 있는가를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 총 92명의 난치성 측두엽 간질 환자를 대상으로 하였다. 대상환자들은 1996년 1월부터 1998년 10월까지 본원에서 진단 및 치료를 받았다. 대상환자의 포함기준은 1) 간질수술전 검사를 통해 측두엽 간질로 진단 후 측두엽절제술을 시행 받은 환자, 2) 수술 후 병리소견을 확인할 수 있었던 환자, 3) 내측두엽 간질의 경우 병리 소견에서 해마경화증으로 확인되었으며 수술 후 최소 2년간 발작이 없었던 환자, 4) 신피질 측두엽 간질의 경우 MRI 또는 병리 소견에서 측두엽의 신피질에 뚜렷한 병변이 확인된 환자 등

¹울산대학교 의과대학 서울중앙병원 신경과학교실, ²신경외과학교실
Department of Neurology¹ & Neurosurgery,² Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea
교신저자 : 이상암, 138-736 서울 송파구 풍납2동 388-1
TEL : (02) 3010-3445 · FAX : (02) 474-4691
E-mail : salee@amc.seoul.kr

이다. 모든 대상환자는 수술전 검사로 두피-접형 전극을 이용한 비디오-뇌파검사, 뇌자기공명촬영, 단일광자방출단층촬영, 신경정신학적 검사 및 와다검사 등을 시행 받았으며, 이들 비침습 검사로 간질발작 초점이 확인되지 않은 경우는 두개강내 전극을 이용한 침습 뇌파검사가 추가로 시행되었다. 본 연구에서는 비디오-뇌파 검사의 발작뇌파가 컴퓨터 파일로 저장되어 있지 않고 종이로 출력되어 보관되고 있는 환자는 제외하였다.

총 92명의 대상환자는 수술전 검사 및 수술예후에 근거하여 내측두엽 간질 환자군과 신피질 측두엽 간질 환자군으로 분류되었다. 내측두엽 간질 환자는 67명으로서 수술 당시의 나이는 평균 30.3세(16~58세), 발작 시작 연령은 평균 12.7세(1~29세)였다. 신피질 측두엽 간질 환자는 25명으로서 수술 당시의 나이는 평균 31.3세(10~52세), 발작 시작 연령은 평균 18.3세(1~38세)였다. 수술후 병리소견상 중앙 15례, 해면혈관종 3례, 뇌연화증 4례, 피질이형성증 3례였다.

2. 발작뇌파 분석

발작뇌파는 접형 전극과 두피 전극을 함께 사용하여 기록하였다. 뇌파기록기는 클리블랜드 클리닉에서 개발한 Vanguard System을 사용하였다. 두피 전극은 측두하 전극(subtemporal electrode, F9/10, T9/10, P9/10)을 포함한 국제 10~20체계를 사용하여 부착하였다. 발작 뇌파는 중앙극 전위법(longitudinal bipolar montage) 및 Pz 기준전극 전위법(referential montage)을 사용하여 분석하였다. 우선적으로 접형 전극을 제외시킨 전위법을 이용하여 발작시작 시점, 발작시작의 국소화 또는 측위화 여부, 발작시작 파형의 진동수 등을 판독한 다음, 접형 전극을 포함한 전위법으로 다시 동일한 항목을 판독하여 서로 비교하였다. 발작시작(ictal onset)은 임상 발작을 동반하면서 발작 초기에 3초 이상 지속되는 뚜렷한 율동성 변화(unequivocal rhythmic discharge)로 정의하였고, 발작시작 파형의 진동수는 3 Hz 미만, 3~5 Hz, 5~13 Hz, 14 Hz 이상으로 분류하였다. 발작 시작 부위는 측두엽으로 국소화(localized), 편측으로의 측위화(hemispheric lateralized), 비측위화(nonlateralized) 등으로 분류하였다. 측두엽으로의 국소화는 중앙극 및 기준전극 전위법에서 모두 시상 옆(parasagittal) 부위에 비해 측두엽 부위에서 뇌파의 진폭이 2배 이상으로 관찰되는 경우로 정의하였다. 편측으로의 측위화는 중앙극 전위법에서 시상옆 부위에 대한 측두엽 부위의 뇌파 진폭비가 2배 미만 이면서 기준전극 전위법에서 2배 이상일 경우 또는 중앙극 및 기준전극전위법에서 모두 진폭비가 1배 이상, 2배 미만인

경우로 정의하였으며, 이외의 경우는 비측위화로 정하였다.

두피 전극에서보다 접형 전극에서 발작 시작의 국소화에 도움이 된다고 인정한 경우는 다음의 두 가지로 정하였다. 1) 접형 전극에서의 독립화 양상(isolated sphenoidal onset pattern)은 두피 전극보다 접형 전극에서 최소 3초 이상 먼저 발작시작 뇌파가 기록되었을 때로 정의하였고, 2) 접형 전극에서의 국소화 양상(localized sphenoidal onset pattern)은 두피 전극에서 측두엽으로 국소화되지 않았지만 접형 전극에서는 측두엽으로 국소화(localized) 되어 기록되었을 때로 정하였다.

발작뇌파는 환자 당 연속적인 5개까지 분석하였다. 임상적으로 명백하지 않은 발작(subclinical seizure)은 제외하였다. 총 372개의 발작뇌파 중 근잡음(muscle artifact)으로 인해 비교 분석할 수 없었던 38개를 제외한 334개가 본 연구에 포함되었다. 내측두엽 발작 뇌파는 259개, 신피질 측두엽 발작뇌파는 75개였다. 발작뇌파는 2명의 전문의에 의해 후향적으로 환자의 진단을 모르는 상태에서 분석되었다.

접형 전극이 두피 전극에 비해 임상적 유용성이 있는지, 어떤 경우에 유용성이 있는지 분석되었다. 통계는 Windows 용 SPSS(Ver 10) 프로그램을 이용하여 연속성 보정 카이 제곱 검정(Pearson's chi-square test with Yate's correction)과 Fisher 직접 확률계산법(Fisher's exact test)으로 분석하였다.

결 과

발작 뇌파의 독립화 양상이나 국소화 양상의 빈도를 보면, 내측두엽 발작 뇌파 총 259회 중 34회(13.1%) (67명중 16명), 신피질 측두엽 발작 뇌파 총 75회 중 2회(2.6%) (25명중 2명)로 그 빈도가 비교적 낮은 편이었다. 간질유형에 따라 비교 하였을때, 내측두엽 발작에서 신피질 측두엽 발작에 비해 접형 전극에서의 독립화 또는 국소화 양상의 빈도가 의미 있게 높았다($p < 0.05$) (Table 1). 접형 전극에서의 독립화 양상은 두피 전극에 비해 평균 10.6초(3~34초)전부터 발작시작이 관찰되었다.

두피 전극에서의 발작시작 부위의 국소화 정도에 따른 접형 전극의 독립화 또는 국소화 양상의 차이를 보면, 내측두엽 발작의 경우 접형 전극의 독립화 또는 국소화 양상의 빈도는 두피 전극에서 측두엽으로 국소화 된 경우 4.2%, 편측 대뇌로 측위화 된 경우 11.9%, 측위화가 되지 않은 경우 41.7%로 두피 전극에서 발작시작 부위가 명확하지 않을수록 접형 전극의 유용성이 의미 있게 높았다($p < 0.001$) (Table 2).

두피 전극에서의 발작시작 파형의 진동수는 접형 전극의

독립화 또는 국소화 양상에 영향을 미치지 않았다. 내측두엽 발작의 경우 접형 전극의 독립화 또는 국소화 양상의 빈도는 두피 전극에서의 발작시작 파형의 진동수가 5 Hz 이상인 경우 14.0%로 진동수가 5 Hz 미만인 경우 8.2%와 통계적 유의한 차이가 없었다.

내측두엽 발작과 신피질 측두엽 발작간에 두피 전극에서의 발작시작 부위의 국소화 정도는 차이가 없었다(p=0.44). 두피 전극에서의 발작시작 파형의 진동수는 양 측두엽 발작간에 의미 있는 차이가 있었는데(p=0.001), 신피질 측두엽 발작에서 5 Hz 이상인 경우가 60.0%였던 반면 내측두엽 발작에서는 35.9%였다. 또한 베타파로 시작하는 발작이 신피질 측두엽 간질 환자 4명에서 총 14회 있었으나 내측두엽 간질에서는 전혀 없었다(Table 3).

고 찰

접형 전극은 측두엽 간질 환자의 뇌파 검사에서 두피 전

Table 1. Differences in sphenoidal onset pattern between mesial and neocortical temporal lobe epilepsy (TLE)

	Sphenoidal onset Pattern		
	Isolated*	localized [†]	Simultaneous [‡]
Mesial TLE (n=259)	17 (6.6%)	17 (6.6%)	225 (86.9%)
Neocortical (n=75)	1 (1.3%)	1 (1.3%)	73 (97.4%)

There were significant differences in sphenoidal onset patterns according to type of epilepsy (p<0.001)

* : Seizure onset was exclusively isolated to sphenoidal electrode at least 3 seconds before involvement of subtemporal electrodes, † : Seizure onset was localized to temporal lobe on sphenoidal electrode when scalp electrode failed to localize seizure onset, ‡ : Seizure onset was recorded to be no differences between sphenoidal and scalp electrodes

Table 2. Sphenoidal onset pattern in mesial temporal lobe epilepsy according to the distribution of seizure onset on scalp electrodes

Ictal onset distribution on scalp electrodes	Sphenoidal onset pattern	
	Isolated* or localized [†]	Simultaneous [‡]
Localized to temporal (n=144)	6 (4.2%)	138 (95.8%)
Hemispheric (n=67)	8 (11.9%)	59 (88.1%)
Nonlateralized (n=48)	20 (41.7%)	28 (58.3%)

There were significant differences in sphenoidal onset patterns according to the distribution of ictal onset on scalp electrodes (p<0.001), * † ‡ : Same to Table 1

Table 3. Differences of ictal scalp EEG in the frequency of seizure onset between mesial and neocortical temporal lobe epilepsy (TLE)

	Seizure onset frequency				
	Artifact	< 3 Hz	3 to 5 Hz	5 to 13 Hz	>13 Hz
Mesial TLE (N=259)	8 (3.1%)	80 (30.9%)	78 (30.1%)	93 (35.9%)	0 (0%)
Neocortical TLE (N=75)	0 (0%)	25 (33.3%)	5 (6.7%)	31 (41.3%)	14 (18.7%)

There were significant differences in onset frequency according to type of epilepsy (p=0.001)

극을 보조하는 수단으로 고안되어⁵⁾⁶⁾ 수십 년 동안 사용되어 오고 있다. 접형 전극은 두피 전극에 비해 다소 침습적인 방법이지만, 일단 삽입된 상태에서는 큰 불편 없이 검사를 받을 수 있으며, 잡음도 다른 두피 전극보다 적은 것으로 알려져 있다.⁷⁾⁸⁾ 또한 극파나 발작파를 기록하는데 있어서 삽입된 깊이에 일반적으로 영향을 받지 않는다고 하지만⁹⁾ 투시 장치(fluoroscopic apparatus)를 사용하여 정확하게 접형 전극을 삽입하면 간질파를 찾는 민감도를 올릴 수 있다.¹⁰⁾¹¹⁾

접형 전극의 유용성에 대한 연구는 주로 발작간 뇌파를 대상으로 이루어져 있다. 초기의 연구를 포함한 일부 보고에서는 측두엽 극파를 찾는데 두피전극 보다 우수하다고 기술하고 있다.⁷⁾¹²⁻¹⁴⁾ 그 이유는 접형 전극이 측두부의 기저부에 가까이 위치하기 때문에 내측두엽에서 발생하는 전위를 기록하는데 유리할 것이라는 것이다.¹⁾²⁾ 그러나 최근의 보고에서는 접형 전극에 기록되는 전위의 진폭이 두피 전극에 비해 크지만 간질양뇌파를 발견하는 점에 있어서는 두피 전극과 별 차이가 없다는 보고가 많다.¹⁵⁻¹⁹⁾ Binnie 등¹⁷⁾은 접형 전극과 하측두 전극(inferior temporal electrodes)을 비교한 결과, 접형 전극에서 165개의 극파가 기록되었는데 이중 오직 2개만이 하측두전극에서 발견되지 않았다고 했다. 또한 Marks 등¹⁸⁾은 접형 전극, 두피 전극, 경막하 전극, 심부 전극 등으로 동시에 기록된 발작간 극파를 비교한 결과 내측두엽 뿐만이 아니라 측두엽외(extratemporal) 부위에서 발생하는 극파도 접형 전극에서 최대 진폭의 전위를 보일 수 있기 때문에, 접형 전극에서 최대 진폭을 보이는 극파가 내측두엽 간질발작에 특이한 소견은 아닌 것으로 보고하였다. Sperling 등⁷⁾도 접형 전극이 두피 전극보다 발작간 극파를 찾아내는데 더 우수하긴 하지만 이것을 찾아내기 위해서 필수 불가결한 것은 아니라고 하였다.

내측두엽 간질발작을 진단하는데 있어서 발작뇌파에서의 접형 전극의 유용성에 대한 연구는 비교적 드문 편이다.³⁾⁴⁾²⁰⁾ 본 연구 결과를 보면, 접형 전극에서 측두하 전극을 포함한 두피전극보다 발작뇌파가 최소 3초 이상 먼저 기록되거나 또는 발작뇌파가 접형 전극에서만 측두엽으로 국소화 되는 경우가 내측두엽 발작의 13.1%로 신피질 측두엽 발작의 2.

6%에 비해 많았고 통계적으로도 접형 전극이 내측두엽 발작을 확인하는데 의미 있게 우수한 것을 확인할 수 있었다. 이는 최근 Ives 등³⁾과 Pacia 등⁴⁾의 연구와 일치하는 결과였다. Pacia 등⁴⁾은 두개강내 뇌파검사로 간질촉점이 확인된 측두엽 간질환자를 대상으로 내측두엽 간질발작 23회 중 7회에서 접형 전극이 두피 전극에 비해 발작뇌파를 먼저 기록하였으나 심피질 측두엽 발작 53회에서는 이와 같은 경우가 전혀 없었다고 했다. 또한 Ives 등³⁾은 42명의 측두엽 간질환자에서 74개의 발작뇌파를 분석한 결과 표준 두피 전극에서는 확실하지 않지만 접형 전극에서 측두엽으로 국소화할 수 있었던 것이 분석된 발작 중 19%였다고 보고했다.

반면, Krauss 등²⁰⁾은 측두엽 발작뇌파의 판독에서 접형 전극과 볼(cheek) 전극을 서로 비교하였는데, 두 전극간에 발작의 측위화 및 국소화에 차이가 없었다고 보고하였다. Krauss 등²⁰⁾의 연구결과가 본 연구 및 최근의 연구와 다른 것은 아마도 Krauss 등²⁰⁾의 연구에 포함된 발작뇌파의 수가 너무 적었기 때문인 것으로 추정된다. 즉 내측두엽 발작에서 접형 전극이 두피 전극에 비해 유용한 빈도가 본 연구에서는 내측두엽발작의 13.1%, Ives 등³⁾의 연구에서는 19% 정도로 낮기 때문에 Krauss 등²⁰⁾의 연구에 포함된 총 22개의 발작뇌파는 접형 전극의 유용성을 통계적으로 분석하기에는 그 수가 너무 적었다고 생각한다.

본 연구 및 기존의 연구^{3,4)} 결과를 종합하여 보면, 내측두엽 간질발작에서 접형 전극의 유용성은 발작뇌파에서와 발작간 뇌파에서 서로 차이가 있는 것으로 보인다. 즉 발작뇌파의 분석에서는 접형 전극이 유용하지만 발작간 뇌파에서는 그 유용성이 뚜렷하지 않다는 것이다. 그 이유는 발작과 극파간의 근본적인 차이점에서 찾을 수 있을 것 같다. 극파가 두피 전극에서 기록하려면 최소 6cm²이상의 피질이 활성화 되어야 한다.²¹⁾ 측두엽에서 이 정도 부위가 활성화 되어 극파가 형성되면, 접형 전극과 측두하 전극에 모두 반영될 것이다. 따라서 발작간 극파의 평가에서는 두 전극간의 차이가 없을 수 있다. 반면, 내측두엽에서 발생하는 발작은 종종 해마 및 내측두엽 부위에서 일정 기간 머물다가 점차 근처의 피질로 퍼져 나간다.²²⁾ 그래서 이 기간동안 측두엽 기저 부위에 가까이 위치한 접형 전극에서 두피전극에 비해 먼저 발작파가 기록될 수 있을 것이다.

내측두엽 발작에서 접형 전극의 유용성에 영향을 줄 수 있는 인자에 대한 연구는 아직 없었다. 본 연구 결과, 두피 전극에서 발작시작 부위가 넓을수록, 즉 발작시작이 측두엽으로 국소화 되지 않고 편측 대뇌로 측위화 된다가나 양측 대뇌에 동시에 기록되어 측위화 되지 않은 경우, 근잡음으로

두피 전극에서 발작시작을 판단할 수 없을 때 접형 전극의 유용성이 높았다. 이것은 예상되었던 결과라고 할 수 있는데, 이는 위에서 언급한 것처럼 접형 전극의 위치 및 내측두엽 발작의 전파 특성, 그리고 접형 전극에서 적은 근잡음 등에 기인한다고 생각된다. 한편, 두피 전극에서의 발작시작 파형의 진동수는 접형 전극의 유용성에 영향을 주지 않았다.

본 연구 결과, 내측두엽 발작군과 심피질 측두엽 발작군간에 두피전극에서 발작시작 부위의 국소화 정도는 차이가 없었으나, 발작시작 파형의 진동수에서는 의미 있는 차이가 있었다. Ebersole과 Pacia²³⁾는 두 종류의 측두엽 발작의 감별에 발작시작 파형의 주파수가 중요하다고 주장했다. 즉 심피질 측두엽 발작의 경우 발작시작 파형은 5 Hz 미만의 진동수를 갖는 것이 특징이며 알파파나 베타파등은 측두엽 외 발작의 가능성이 높다고 했다. 본 연구 결과를 보면, 심피질 측두엽 발작에서 오히려 빠른 주파수의 파형으로 시작하는 경우가 많았다. 또한 베타파로 시작하는 발작은 심피질 측두엽 간질 환자 4명에서 총 14회 있었으나 내측두엽 발작에서는 전혀 없었기 때문에 베타파로 시작되는 발작은 내측두엽 보다는 오히려 심피질 측두엽에서 기원하는 것으로 사료된다. 이전에도 본 연구에서와 같이 두피 전극에서 빠른 주파수의 파형이 심피질 측두엽 발작의 징후라고 기술한 연구^{24,25)}가 있었다.

본 논문의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 심피질 측두엽 간질환자에서 있을 수 있는 이중 병리(dual pathology)를 완전히 배제할 수 없었다는 점이다. 둘째, 접형 전극에서 발작 뇌파의 독립화 양상이나 국소화 양상이 기록되는 빈도가 기대했던 것보다 낮아서 환자단위로 분석할 수 없었다는 점이다. 이러한 두 가지 제한점은 연구대상 환자수가 많으면 해결될 수 있는 점으로 향후 더 많은 환자를 대상으로 한 연구가 필요하다고 생각한다.

결론적으로 난치성 측두엽 간질 환자의 비디오-뇌파검사에서 접형 전극은 측두하 전극을 포함한 두피전극에 비해 내측두엽 발작을 확인하는데 중요한 정보를 제공할 수 있다. 비록 그 유용성이 일부 환자에 제한되어져 있기는 하지만, 접형 전극을 두피 전극과 함께 사용하는 것이 비디오-뇌파 검사시간을 단축시키고 침습적인 뇌파검사를 줄일 수 있는 방법이라고 생각한다.

중심 단어 : 측두엽 간질 · 발작 뇌파 · 접형 전극 · 두피 전극.

- 논문접수일 : 2001년 12월 14일
- 심사통과일 : 2001년 12월 28일

REFERENCES

- 1) Kristensen O, Sindrup EH. Sphenoidal electrodes: their use and value in the electroencephalographic investigation of complex partial epilepsy. *Acta Neurol Scand* 1978; 58:157-66.
- 2) Sperling MR, Mendius JR, Engel Jr J. Mesial temporal spikes: A simultaneous comparison of sphenoidal, nasopharyngeal, and ear electrodes. *Epilepsia* 1986;27:81-6.
- 3) Ives JR, Drislane FW, Schachter SC, et al. Comparison of coronal sphenoidal versus standard anteroposterior temporal montage in the EEG recording of temporal lobe seizures. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;98:417-21.
- 4) Pacia SV, Jung WJ, Devinsky O. Localization of mesial temporal lobe seizures with sphenoidal electrodes. *J Clin Neurophysiol* 1998;15:256-61.
- 5) Jasper HH. Second International Congress Symposia. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1949;1 (suppl 2):99.
- 6) Jones DP. Recording of the basal electroencephalogram with sphenoidal needle electrodes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1951;3:100.
- 7) Sperling MR, Engel Jr J. Sphenoidal electrodes. *J Clin Neurophysiol* 1986;3:67-73.
- 8) King DW, Elson So L, Marcus R, Gallagher BB. Techniques and applications of sphenoidal recordings. *J Clin Neurophysiol* 1986; 3:51-65.
- 9) Wilkus RJ, Thompson PM. Sphenoidal electrode positions and basal EEG during long term monitoring. *Epilepsia* 1985;26:137-42.
- 10) Kanner AM, Ramirez L, Jones JC. The utility of placing sphenoidal electrodes under the foramen ovale with fluoroscopic guidance. *J Clin Neurophysiol* 1995;12:72-81.
- 11) Kanner AM, Jones JC. When do sphenoidal electrodes yield additional data to that obtained with antero-temporal electrodes? *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1997; 102:12-9.
- 12) Marcus RW, So E, King DW, Gallagher BB. Comparison of sphenoidal, nasopharyngeal, and surface electrodes in evaluating patients with partial complex seizures. *Epilepsia* 1984;25:652.
- 13) Kanner AM, Morris HH, Luders H, Dinner DS, Wyllie E, Godoy JF. Comparison of sphenoidal and anterior temporal electrodes in recording epileptiform activity from patients with medial temporal lobe epilepsy. *J Clin Neurophysiol* 1988;5:338.
- 14) Chu NS. Surface sphenoidal electrode for recording anterior temporal spikes. *Clin Electroencephalogr* 1992;23:190-5.
- 15) Neufeld MY, Cohn DF, Korczyn AD. Sphenoidal EEG recording in complex partial seizures. *Clin Electroencephalogr* 1986; 17:139-41.
- 16) Homan RW, Jones MC, Rawat S. Anterior temporal electrodes in complex partial seizures. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988;70:105-9.
- 17) Binnie CD, Marston D, Polkey CE, et al. Distribution of temporal spikes in relation to the sphenoidal electrode. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1989;73:403-9.
- 18) Marks DA, Katz A, Booke H, Spencer DD, Spencer SS. Comparison and correlation of surface and sphenoidal electrodes with simultaneous intracranial recording: An interictal study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1992;82:23-9.
- 19) Fernandez Torre JL, Alarcon G, Binnie CD, Polkey CE. Comparison of sphenoidal, foramen ovale and anterior temporal placements for detecting interictal epileptiform discharges in presurgical assessment for temporal lobe epilepsy. *Clin Neurophysiol* 1999;110:895-904.
- 20) Krauss GL, Lesser RP, Fisher RS, Arroyo S. Anterior "cheek" electrodes are comparable to sphenoidal electrodes for the identification of ictal activity. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1992;83:333-8.
- 21) Cooper R, Winter AL, Crow HJ, Walter WG. Comparison of subcortical, cortical, and scalp activity using chronically indwelling electrodes in man. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1965;18:217-28.
- 22) Engel J Jr. Functional explorations of the human epileptic brain and their therapeutic implications. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1990;76:296-316.
- 23) Ebersole JS, Pacia SV. Localization of temporal lobe foci by ictal EEG patterns. *Epilepsia* 1996;37:386-99.
- 24) Quesney LF, Risinger MW, Shewmon DA. Extracranial EEG evaluation. In: Engel J Jr, ed. *Surgical treatment of the epilepsies*, 2nd ed. New York: Raven Press, 1993:173-95.
- 25) Sharbrough FW. Complex partial seizures. In: Luders HO, Less R, eds. *Epilepsy: electroclinical syndromes*. London: Springer-Verlag, 1987:279-302.