소아 뇌전증 진단에 부분 수면 박탈 후 시행된 뇌파검사의 유용성에 대한 연구

아주대학교 의과대학 소아청소년과학교실
정세화 · 김성환

Usefulness of Electroencephalography after Partial Sleep Deprivation for the Diagnosis of Epilepsy in Children

Sehwa Jung, MD, Sung Hwan Kim, MD, PhD

Department of Pediatrics, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Purpose: The benefit of electroencephalography after sleep deprivation (SDEEG) in the diagnosis of epilepsy is controversial, and it is difficult to apply SDEEG to all pediatric patients in the clinical setting. This study is to figure out the usefulness of SDEEG for the detection of epileptiform discharges (EDs).

Methods: Medical records were reviewed retrospectively. Routine electroencephalography (REEG) was performed in 150 patients, and SDEEG was taken in 69 patients among the study population ($n=219$). The detection rates of EDs were compared between two groups, and also compared according to the presence of sleep in each group.

Results: The detection rate of EDs was higher in SDEEG group than in REEG group [$n=69$ (59.4%) vs $n=150$ (43.3%), $P=0.03$]. Whereas there was no significant differences of the detection rate of EDs between REEG with and without sleep recording groups (43.8% vs 38.5%, $P=0.777$), there was significantly higher detection rate of EDs in SDEEG with sleep than SDEEG without sleep recording groups [$n=63$ (61.9%) vs $n=6$ (33.3%), $P=0.022$]. The detection rate of EDs was not significantly different between each group with and without sleep recording in overall EEGs (49.5% vs 36.8%, $P=0.342$). However, in overall EEGs with sleep recording, the detection rate of EDs was statistically significantly higher in SDEEG group than REEG group [$n=63$ (61.9%) vs $n=137$ (43.8%), $P=0.022$].

Conclusion: SDEEG revealed higher detection rate of EDs than REEG. It is not because of the effect of sleep recording, but of sleep deprivation itself. SDEEG is useful tool to apply for the diagnosis of epilepsy in daily clinical practice in children.

Key Words: Electroencephalography, Sleep Deprivation, Epilepsy

Submitted: 27 May, 2014

Revised: 25 June, 2014

Accepted: 28 June, 2014

Correspondence to Sung Hwan Kim, MD, PhD
Department of Pediatrics, Ajou University School of Medicine Woncheon-dong, Yeongtong-gu, Suwon, Gyeonggi-do, 443-721, Korea
Tel: +82-31-219-5160, Fax: +82-31-219-5169
E-mail: pedkim@ajou.ac.kr

서론

뇌전증은 목격된 경련발작으로부터 얻어진 발작양상과 임상병력을 토대로 뇌파검사와 신경계 영상검사 소견을 종합하여 진단이 이루어진다. 그러나 경련발작 양상에 대한 정보나 병력이 불충분하거나 제한적일 때 뇌파검사에서 기록된 간질모양 방전(epileptiform discharges, EDs)은 뇌전증 진단에 중요한 역할을 한다. 비유발성 경련발작

으로 내원한 환자에서 EDs를 검출하기 위해서 두피 전극을 이용한 뇌파검사가 통상적으로 시행되며 이를 일반 뇌파검사(routine EEG, REEG)라 통칭한다. 뇌전증이 있는 환자들에서 처음 REEG를 시행할 때 약 30-50% 정도에서만 EDs가 검출되고 반 이상의 환자에서 이상 소견이 발견되지 않아 실제 뇌전증 진단에 도움이 되고 있지 못한 실정이다¹⁾.

뇌파검사서 EDs의 검출률을 높이기 위해 과호흡, 광자극, 수면박탈 등 여러 방법들이 사용된다. 수면 박탈은 뇌전증 환자에서 간질발작을 유발할 뿐 아니라 발작간 EDs의 발생을 촉진시킨다고 알려져 있어 수면 박탈 후 시행된 뇌파검사(sleep deprivation EEG, SDEEG)는 뇌전증 진단에 도움이 되는 중요한 수단으로 여겨져 왔다²⁾. 수면 박탈은 24시간 지속적으로 수면을 박탈하는 방법과 수면 시간을 대폭 줄이는 부분 수면 박탈이 있다. 그러나 어느 방법이 더 효율적인지와 임상에서의 적용 기준에 대한 명확한 지침은 확립되어 있지 않다³⁾. 환자의 연령이 어릴 수록 평균 수면시간이 많아⁴⁾ 수면 박탈을 유지하는데 환자의 협조를 얻기 힘든 경우가 많기 때문에 SDEEG를 소아 뇌전증 진단에 통상적으로 시행하기 힘들다. 또한 여러 연구들에 의하면 수면 박탈 후 얻어진 뇌파검사서 EDs의 검출률이 높은지에 대해 논란의 여지가 있는 실정이다⁵⁻⁷⁾.

저자들은 소아 뇌전증 환자에서 REEG를 시행한 환자 군과 SDEEG를 시행한 환자 군에서 EDs의 검출률을 비교하여 SDEEG가 소아 뇌전증 환자의 진단에 통상적으로 적용해볼 수 있는 유용한 검사인지 알아보고자 본 연구를 시행하였다. 또한 SDEEG에서 EDs의 검출률이 높다면 이는 수면이 잘 유도되었기 때문인지 아니면 수면 박탈 자체가 EDs의 발생률을 높이기 때문인지도 함께 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

2013년 1월부터 12월까지 처음 발생한 비유발성 경련발작, 간질발작 진단 후 항경련제 치료 없이 경과 관찰 중 발생한 경련발작, 뇌전증 진단 후 항경련제 치료 중 발생한 경련발작과 임상적으로 간질발작이 강력히 의심되어 아주대학교병원 소아신경분과에 내원하여 뇌파검사를 시행한 18세 이하 환자를 대상으로 하였다. 그러나 뇌전증 환자에서 경련발작 재발 없이 일상적인 추적 검사로 뇌파검사를 시행한 경우, 간질발작 가능성이 떨어지는 임상증상으로 내원한 314명의 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 최종적으로 219명의 환자에서 시행된 219건의 뇌파검사가 연구 대상으로 포함되었다.

2. 방법 및 통계

모집된 총 219명의 환자에서 시행된 219건의 뇌파검사 중 REEG는 150건이었고 SDEEG는 69건이었다. 완전 수면 박탈은 실제적으로 소아 연령의 환자에게 실행하기에는 어려움이 있어 SDEEG는 검사 당일 자정에 잠든 후 새벽 5시에 기상시켜 이후 계속 깨어있도록 하는 부분 수면 박탈(partial sleep deprivation)로 시행되었다. 또한 SDEEG 예정인 환자는 검사 전날 낮잠을 금지하고 카페인을 섭취하지 않도록

교육하였으며, 검사 당일 수면 박탈이 적절하게 시행되었는지 뇌파 검사실 기사는 환자 보호자로부터 환자의 실제 수면 시간을 청취하였다. 뇌파검사는 시행하는 시각에 따라 하루 주기 리듬(circadian rhythm) 변동에 따른 EDs 발생률이 달라질 수 있어⁸⁾ 모든 SDEEG는 오전 8시에서 9시 사이에 일괄적으로 시행되었다. 뇌파 검사는 국제 항간질연맹(International League Against Epilepsy: ILAE)의 지침에 따라 최소 30분 이상 기록되었으며⁹⁾, 환자의 협조에 따라 빛 자극과 과호흡 유도가 각각 160 건과 154건에서 시행되었다. EDs는 Pillai 등¹⁰⁾이 제시한 뇌파학적 진단 기준에 따라 소아신경 전문의에 의해 판독되었다. 뇌파검사서 수면 뇌파가 기록된 경우 수면의 깊이는 제 1단계, 제 2단계 및 제 3단계 수면으로 분류하여 분석하였고, 제 1단계 이상의 수면이 기록되지 않은 경우는 수면 기록이 얻어지지 않은 뇌파검사로 분류하였다.

219명의 환자에서 시행된 219건의 뇌파검사를 REEG 군과 SDEEG 군으로 분류하여 각 군에서 EDs 검출률과 수면의 기록 여부에 따른 EDs 검출률을 비교 분석하였다. 또한 EDs 검출률이 특정 군에서 높다면 이는 수면 때문인지 아니면 수면 박탈 자체로 인해 영향을 받은 것인지를 알기 위해 수면이 기록 된 뇌파검사 군과 수면이 기록 안된 뇌파검사 군에서 EDs 검출률, 또한 수면이 기록된 뇌파검사 군에서 REEG 군과 SDEEG 군으로 나눠 각각의 EDs 검출률을 비교 분석하였다. 통계 분석에는 Fisher's exact test를 적용하였고 Predictive Analytics Soft Ware (PASW) Statistics 18.0을 사용하였으며, *P* value 0.05 미만을 통계학적으로 의미 있는 결과로 보았다.

결과

본 연구에 포함된 환자는 총 219명으로 남자는 123명이고 여자는 96명이었으며, 평균 연령은 4.5 ± 4.5 세였다. 219명의 환자에서 시행한 219건의 뇌파검사 중 REEG가 150건(68.5%)이었고 SDEEG가 69건(31.5%)이었다. REEG가 시행된 150건의 뇌파검사 중 81건(54.0%)이 남자, 46건(46.0%)이 여자였으며, SDEEG가 시행된 69건의 뇌파검사 중 42건(60.9%)이 남자, 27건(39.1%)이 여자였다($P=0.381$). REEG가 시행된 150건의 뇌파검사 중 137건(91.3%)에서 수면이 기록되었고 13건(8.7%)에서는 수면이 기록되지 않았으며, SDEEG가 시행된 69건의 뇌파검사 중 63건(91.3%)에서 수면이 기록되었고 6건(8.7%)에서 수면이 기록되지 않아 REEG와 SDEEG 각 군에서 수면이 기록된 비율은 서로 동일하였다(Fig. 1). 뇌파검사실 기사에 의해 파악된 SDEEG 군의 수면 시간은 평균 6 ± 1 시간이었다. 수면을 박탈하였으나 뇌파검사 중 수면이 기록되지 않은 6명의 환자 중 5명은 인지 장애가 있는 환자였다.

1. REEG와 SDEEG가 시행된 각 군에서 EDs가 검출된 비율에 대한 비교 분석

REEG가 시행된 150건의 뇌파검사 중 65건(43.3%)에서 EDs가 검출되었다. 그러나 SDEEG가 시행된 69건의 뇌파검사에서는 41건(59.4%)에서 EDs가 검출되어 REEG 군 보다 SDEEG 군에서 EDs의 검출

률이 통계적으로도 유의하게 높았다($P=0.03$). 뇌파검사가 시행된 219건 중 106건에서 EDs가 검출되었고 113건에서는 EDs가 검출되지 않았다. EDs가 검출된 106건 중 65건이 REEG이고 41건이 SDEEG였으며, EDs가 검출되지 않은 113건 중 REEG가 85건이었고 SDEEG가 28건이었다. EDs가 검출된 군에서 EDs가 검출되지 않은 군보다 REEG에 비해 SDEEG의 비율이 더 높은 것으로 확인되었고(63.1% vs 32.9%) 이는 통계적으로도 유의하였다($P=0.03$)(Fig. 1, 2).

2. REEG 군과 SDEEG 군에서 수면 기록 여부에 따른 EDs 검출률 비교 분석

REEG가 시행된 150건의 대상 중 137건에서 수면이 기록되었고 13건에서 수면이 기록되지 않았다. 수면이 기록된 137건 중 60건(43.8%)에서 EDs가 검출되었고, 77건(56.2%)에서는 EDs가 검출되지 않았다. 수면이 기록되지 않은 13건 중 5건(38.5%)에서는 EDs가 검출되었으나 8건(61.5%)에서는 EDs가 검출되지 않았다. REEG 군에서 수면이 기록되거나 기록되지 않은 각 군에서 EDs의 검출률을 비교해 본 결과 통계적으로 유의한 차이는 없었다(43.8% vs 38.5%, $P=0.777$)(Fig. 1).

SDEEG가 시행된 69건의 대상 중 63건에서 수면이 기록되었으나 6건에서는 수면이 기록되지 않았고, 수면이 기록된 63건 중 39건(61.9%)에서 EDs가 검출되었으나 24건(38.1%)에서는 EDs가 검출되지 않았다. 이에 반해 수면이 기록되지 않은 6건 중 2건(33.3%)에서는 EDs가 검출되었으나 4건(66.7%)에서는 EDs가 검출되지 않았다. SDEEG

가 시행된 군에서 수면이 기록된 경우가 수면이 기록되지 않은 경우보다 EDs 검출률이 통계적으로도 유의하게 높았다(61.9% vs 33.3%, $P=0.022$).

3. 수면이 기록 된 뇌파검사 군과 수면이 기록되지 않은 뇌파검사 군에서 EDs 검출률비교 분석

전체 뇌파검사 219건 중 수면이 기록된 뇌파검사는 200건이었고 수면이 기록되지 않은 뇌파검사는 19건이었다. 수면이 기록된 뇌파검사 200건 중 99건(49.5%)에서 EDs가 검출되었으며, 수면이 기록되지 않은 뇌파검사 19건 중 7건(36.8%)에서 EDs가 검출되었다. 수면이 기록된 뇌파검사 군이 수면이 기록되지 않은 뇌파검사 군에 비해 EDs 검출률이 높았으나 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다(49.5% vs 36.8%, $P=0.342$)(Fig. 3).

4. 수면이 기록된 전체 뇌파검사 군에서 REEG 군과 SDEEG 군의 EDs 검출률 분석

219건의 뇌파검사 중 수면이 기록된 200건을 대상으로 뇌파검사의 종류에 따라 분류하였을 때 REEG가 137건 SDEEG가 63건이었다. REEG가 시행된 137건 중 60건(43.8%)에서 EDs가 검출되었으나 SDEEG가 시행된 63건 중 39건(61.9%)에서 EDs가 검출되었다. 수면이 기록된 뇌파검사 군에서 REEG 군과 SDEEG 군의 EDs 검출률을 비교할 때 SDEEG 군에서 EDs 검출률이 통계적으로 의미 있게 높았다(43.8% vs 61.9%, $P=0.022$)(Fig. 4).

Fig. 1. Flow chart and analysis of epileptiform discharges (EDs) detection rate in routine electroencephalography (REEG) and electroencephalography after sleep deprivation (SDEEG) groups according to the presence of sleep in the study population(* $P=0.777$, $P=0.022$).

Fig. 2. Proportion of routine electroencephalography (REEG) and electroencephalography after sleep deprivation (SDEEG) group according to the presence of epileptiform discharges (EDs).

Fig. 3. Analysis of epileptiform discharges (EDs) detection rate according to the presence of sleep in the study population(* $P=0.342$).

Fig. 4. Analysis of epileptiform discharges (EDs) detection rate according to the type of EEG [routine electroencephalography (REEG) or electroencephalography after sleep deprivation (SDEEG)] in overall EEG with sleep recording group(* $P=0.022$).

고찰

수면박탈은 뇌전증에서 대뇌 피질의 흥분성을 증가시키는 것으로 알려져 있고¹¹⁾, 수면 박탈을 시행하면 하루 주기 리듬(circadian rhythm)의 변화로 인해 평상시와 다른 오전 시간에 환자가 깊게 수면에 빠지게 됨으로써 뇌파검사에서 EDs의 검출을 높일 수 있다는 보고가 있다¹²⁾. 성인을 대상으로 한 연구에서는 SDEEG가 REEG 보다 EDs 검출률이 높다는 사실이 입증되었으나¹³⁻²³⁾, 소아청소년 연령에서는 SDEEG가 REEG보다 EDs를 더 잘 검출할 수 있는지에 대해 논란의 여지가 있다⁵⁻⁷⁾. 본 연구는 SDEEG를 시행하면 REEG를 시행하는 것에 비해 EDs를 더 잘 검출할 수 있는지를 분석하여 소아청소년 환자의 일상 진료에 SDEEG를 적용하는 데 충분한 근거가 있는지 알아보려 하였다. 기존 연구들에서는 전체 수면 박탈(total sleep deprivation)보다 부분 수면 박탈(partial sleep deprivation)을 적용하였고^{5-7,24,25)}, 본 연구도 부분 수면 박탈로 SDEEG 검사를 시행하였다.

간질발작으로 내원한 소아청소년 환자에서 REEG를 시행한 군 보다 SDEEG를 시행한 군이 통계적으로 유의하게 EDs가 더 잘 검출되었다(43.3% vs 59.4%, $P=0.03$)(Fig. 1, 2). REEG를 시행한 뇌파검사 군에서는 수면이 기록되거나 기록되지 않은 각 군에서 EDs의 검출률을 비교해 본 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(43.8% vs 38.5%, $P=0.777$), SDEEG에서 수면이 기록된 경우는 수면이 기록되지 않은 경우 보다 EDs의 검출률이 통계적으로 유의하게 높았다(61.9% vs

33.3%, $P=0.022$)(Fig. 1). SDEEG에서 EDs의 검출률이 높은 것이 수면이 잘 유도되었기 때문인지 아니면 수면 박탈 자체가 EDs의 발생을 높였기 때문인지를 알아보려 수면이 기록된 뇌파검사 군과 수면이 기록 안된 뇌파검사 군에서 EDs 검출률, 또한 수면이 기록된 뇌파검사 군을 REEG 군과 SDEEG 군으로 나눠 각각의 EDs 검출률을 비교 분석하였다. 전체 대상 환자의 뇌파검사에서 수면이 기록된 뇌파검사 군이 수면이 기록되지 않은 뇌파검사 군보다 EDs 검출률이 높았으나 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다(49.5% vs 36.8%, $P=0.342$)(Fig. 3). 그러나 수면이 기록된 200건의 뇌파검사 군을 대상으로 REEG군과 SDEEG 군으로 분류할 때 SDEEG 군에서만 EDs 검출률이 통계학적으로 의미 있게 높아(43.8% vs 61.9%, $P=0.022$)(Fig. 4) SDEEG 군에서 EDs의 검출률이 높은 것은 수면박탈로 인해 수면이 잘 유도되었기 때문이 아니라 수면 박탈 자체로 인한 효과라 생각할 수 있다.

이 연구의 장점은 경련발작을 주소로 내원한 다양한 환자군을 대상으로 하였고, 환자의 병력에 대한 정보를 모르고 뇌파 판독을 시행하여 EDs 검출에 영향을 미칠 수 있는 오류를 최소화한 점이라 할 수 있다. 이 연구의 단점은 경련발작 후 뇌파검사를 빨리 시행하면 할수록 수면 박탈에 의한 EDs의 검출률을 극대화 할 수 있으나^{24,26)} 본 연구에서는 전체 219건의 검사 중 약 40%가 경련발작이 발생하고 4주에서 6주 사이에 뇌파검사가 시행되어서 수면 박탈에 의한 효과가 실제로 저평가되었을 가능성이 있다.

SDEEG가 REEG보다 통계적으로 유의하게 EDs 검출률이 높았다.

소아청소년 환자 특히 영유아에서 SDEEG를 시행하는 것은 환자의 협조도가 낮아 다소 까다롭지만, SDEEG를 일상 진료에서 사용한다면 뇌전증의 진단에 더 유용할 것으로 생각된다.

요약

목적: 소아청소년 환자 군에서 수면 박탈 후 뇌파검사를 시행하면 EDs 검출률을 높일 수 있는지에 대해 논란의 여지가 있으며, 일상 진료에서 연령이 어린 환자에게 모두 SDEEG를 적용하기는 어려운 실정이다. 본 연구는 EDs 검출률이 REEG에서 보다 SDEEG에서 더 높은지 분석하여 임상에서 뇌전증 진단을 위해 소아청소년 환자에게 SDEEG를 적용하는 데에 근거가 충분한지 알아보기 위해 시행되었다.

방법: 219명의 환자에서 시행된 219건의 뇌파검사를 연구 대상으로 포함하여 의무 기록을 후향적으로 분석하였으며, 150건의 REEG, 69건의 SDEEG가 시행되었다. 각 뇌파검사 군에서 EDs 검출률과 수면 기록 여부에 따른 EDs 검출률을 비교 분석하였다. 또한 EDs 검출률이 SDEEG 군에서 높다면 이는 수면 때문인지 아니면 수면 박탈 자체로 인해 영향을 받은 것인지를 알기 위해 수면이 기록된 뇌파검사 군과 수면이 기록 안된 뇌파검사 군에서 EDs 검출률을 분석하였고, 수면이 기록된 뇌파검사 군에서 REEG 군과 SDEEG 군으로 나눠 각각의 EDs 검출률을 비교 분석하였다.

결과: REEG를 시행한 군 보다 SDEEG를 시행한 군에서 EDs 검출률이 통계적으로 유의하게 높았다(43.3% vs 59.4%, $P=0.03$)(Fig. 1, 2). REEG를 시행한 뇌파검사 군에서는 수면이 기록되거나 기록되지 않은 각 군에서 EDs의 검출률에 통계적으로 유의한 차이가 없었으나(43.8% vs 38.5%, $P=0.777$), SDEEG를 시행한 군에서 수면이 기록되면 수면이 기록되지 않은 경우 보다 통계적으로 유의하게 EDs 검출률이 높았다(61.9% vs 33.3%, $P=0.022$)(Fig. 1). 전체 뇌파검사에서 수면이 기록된 뇌파검사 군이 수면이 기록되지 않은 뇌파검사 군 보다 EDs의 검출률이 높았으나 통계적으로 의미 있는 차이는 없었고(49.5% vs 36.8%, $P=0.342$)(Fig. 3), 수면이 기록된 뇌파검사 군에서 REEG 군과 SDEEG 군의 EDs 검출률을 비교할 때 SDEEG 군에서 EDs 검출률이 통계적으로 의미 있게 높았다(43.8% vs 61.9%, $P=0.022$)(Fig. 4).

결론: SDEEG를 시행하면 REEG를 시행할 때 보다 EDs의 검출률이 높고, SDEEG에서 EDs의 검출률이 높은 것은 수면박탈로 인해 수면이 잘 유도되었기 때문이 아니라 수면 박탈 자체로 인한 효과라 생각할 수 있다. 따라서 경련발작으로 내원한 소아청소년 환자의 임상 진료에서 SDEEG를 통상적으로 적용한다면 간질발작과 뇌전증 진단에 도움을 줄 수 있을 것이다.

References

- 1) Binnie CD, Prior PF. Electroencephalography. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994;57:1308-19.

- 2) Janz D. The grand mal epilepsies and the sleeping-waking cycle. *Epilepsia* 1962;3:69-109.
- 3) Glick TH. The sleep-deprived electroencephalogram: evidence and practice. *Arch Neurol* 2002;59:1235-9.
- 4) Nam SO. Normal sleep in children and adolescents. *J Korean Child Neurol Soc* 2011;19:67-75.
- 5) Gilbert DL, DeRoos S, Bare MA. Does sleep or sleep deprivation increase epileptiform discharges in pediatric electroencephalograms? *Pediatrics* 2004;114:658-62.
- 6) DeRoos ST, Chillag KL, Keeler M, Gilbert DL. Effects of sleep deprivation on the pediatric electroencephalogram. *Pediatrics* 2009;123:703-8.
- 7) Shahar E, Genizi J, Ravid S, Schiff A. The complementary value of sleep-deprived EEG in childhood onset epilepsy. *Eur J Paediatr Neurol* 2010;14:308-12.
- 8) Hofstra WA, de Weerd AW. The circadian rhythm and its interaction with human epilepsy: a review of literature. *Sleep Med Rev* 2009;13:413-20.
- 9) American Clinical Neurophysiology Society. Guideline 1: Minimum technical requirements for performing clinical electroencephalography. *J Clin Neurophysiol* 2006;23:86-91.
- 10) Pillai J, Sperling MR. Interictal EEG and the diagnosis of epilepsy. *Epilepsia* 2006;47 Suppl 1:14-22.
- 11) Del Felice A, Fiaschi A, Bongiovanni GL, Savazzi S, Manganotti P. The sleep-deprived brain in normals and patients with juvenile myoclonic epilepsy: a perturbational approach to measuring cortical reactivity. *Epilepsy Res* 2011;96:123-31.
- 12) Parrino L, Halasz P, Tassinari CA, Terzano MG. CAP, epilepsy and motor events during sleep: the unifying role of arousal. *Sleep Med Rev* 2006;10:267-85.
- 13) White P, Dyken M, Grant P, Jackson L. Electroencephalographic abnormalities during sleep as related to the temporal distribution of seizures. *Epilepsia* 1962;3:167-74.
- 14) Mattson RH, Pratt KL, Calverley JR. Electroencephalograms of epileptics following sleep deprivation. *Arch Neurol* 1965;13:310-5.
- 15) Veldhuizen R, Binnie CD, Beintema DJ. The effect of sleep deprivation on the EEG in epilepsy. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1983;55:505-12.
- 16) Ellingson RJ, Wilken K, Bennett DR. Efficacy of sleep deprivation as an activating procedure in epilepsy patients. *J Clin Neurophysiol* 1984;1:83-101.
- 17) Degen R, Degen HE. The diagnostic value of the sleep EEG with and without sleep deprivation in patients with atypical absences. *Epilepsia* 1983;24:557-66.
- 18) Logothetis J, Milonas I, Bostantzopoulou S. Sleep deprivation as a method of EEG activation. Observation on the incidence of positive responses. *Eur Neurol* 1986;25 Suppl 2:134-40.
- 19) Degen R, Degen HE, Reker M. Sleep EEG with or without sleep deprivation? Does sleep deprivation activate more epileptic activity in patients suffering from different types of epilepsy? *Eur*

- Neurol 1987;26:51-9.
- 20) Fountain NB, Kim JS, Lee SI. Sleep deprivation activates epileptiform discharges independent of the activating effects of sleep. *J Clin Neurophysiol* 1998;15:69-75.
- 21) Marinig R, Pauletto G, Dolso P, Valente M, Bergonzi P. Sleep and sleep deprivation as EEG activating methods. *Clin Neurophysiol* 2000;111 Suppl 2:S47-53.
- 22) Roupakiotis SC, Gatzonis SD, Triantafyllou N, Mantouvalos V, Chioni A, Zournas C, et al. The usefulness of sleep and sleep deprivation as activating methods in electroencephalographic recording. Contribution to a long standing discussion. *Seizure* 2000;9:580-4.
- 23) Halász P, Filakovszky J, Vargha A, Bagdy G. Effect of sleep deprivation on spike-wave discharges in idiopathic generalized epilepsy: a 4 x 24 h continuous long term EEG monitoring study. *Epilepsy Res* 2002;51:123-32.
- 24) King MA, Newton MR, Jackson GD, Fitt GJ, Mitchell LA, Silvapulle MJ, et al. Epileptology of the first-seizure presentation: a clinical, electroencephalographic, and magnetic resonance imaging study of 300 consecutive patients. *Lancet* 1998;352:1007-11.
- 25) Peraita-Adrados R, Gutierrez-Solana L, Ruiz-Falcó ML, García-Peñas JJ. Nap polygraphic recordings after partial sleep deprivation in patients with suspected epileptic seizures. *Neurophysiol Clin* 2001;31:34-9.
- 26) Gandelman-Martón R, Theitler J. When should a sleep-deprived EEG be performed following a presumed first seizure in adults? *Acta Neurol Scand* 2011;124:202-5.