

소아의 비전형적 롤란도 간질에서 정량적 뇌파 분석

오지영¹ · 이향운¹ · 조현지¹ · 최경규¹ · 박기덕¹ · 김정연²
 이화여자대학교 의과대학 신경과학교실,¹ 인제대학교 의과대학 신경과학교실²

Quantitative EEG Analysis in Atypical Rolandic Epilepsies of Childhood

Jeeyoung Oh, M.D., Ph.D.¹, Hyang Woon Lee, M.D., Ph.D.¹, Hyunji Cho, M.D.¹,
 Kyoung Gyu Choi, M.D., Ph.D.¹, Kee Duk Park, M.D., Ph.D.¹ and Jeong-Yeon Kim, M.D., Ph.D.²
 Department of Neurology,¹ College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul,
 Department of Neurology,² College of Medicine, Inje University Sanggye Paik Hospital, Seoul, Korea

Purpose : Benign childhood epilepsy with centrotemporal spikes (BCECT) or benign rolandic epilepsy (BRE) is not always benign in clinical or neuroimaging features. Recent studies have reported atypical forms of rolandic epilepsy with abnormal neurologic and/or neuroimaging findings, sometimes, also with poor seizure control. We investigated whether there are any differences in linear and nonlinear EEG analysis in typical and atypical rolandic epilepsies of childhood.

Methods : Ten patients with typical BRE group and seven patients with atypical BRE group were included in this study. We selected artifact-free 10-second epochs from 19 electrodes of 10-20 international EEG system from each patient. The power spectrum was calculated in delta, theta, alpha, beta, and gamma frequency ranges. The fractal dimension was analyzed as a nonlinear EEG analysis.

We analyzed both EEGs with interictal spikes and without focal slowing or epileptiform activities.

Results : The spectral EEG analysis showed a significant increase of absolute and relative power of delta with decrease of alpha bands in atypical BRE group compared to typical group. There was no statistical difference in fractal dimension between the two groups.

Conclusion : Atypical BRE group showed enhanced delta and decreased alpha power, suggesting a cortical dysfunction in this group with poor clinical outcome. (J Korean Epilep Soc 2005;9(1):53-58)

KEY WORDS : Benign childhood epilepsy with centrotemporal spikes (BCECT) · Benign rolandic epilepsy (BRE) · Linear/nonlinear EEG analysis · Fractal dimension.

서 론

소아의 국소 간질 중 가장 흔한 양성 롤란도간질(BRE, benign rolandic epilepsy or BECTS, benign epilepsy with centrotemporal spikes)은 특징적인 발작 형태와 뇌파 소견만으로도 진단이 가능하기 때문에 더 이상의 검사를 시행하는 경우가 드물다.¹ 그러나, 간혹 BRE의 임상, 뇌파 소견을 보이면서 대뇌에 기질적 병변이 발견된 증례들이 있으며^{2,3} Riesgo 등은 BRE로 진단된 환자중 뇌 자

기공명영상을 시행한 환자의 18.2%에서 대뇌 위축, 지주막하 출혈, 결절성 뇌경화증, 수두증 등과 같은 병변이 발견되었다고 보고하였다.⁴ BRE 환자들에게 방사선 검사를 함께 시행한 연구가 드물기 때문에 대뇌의 기질적 병변과 BRE가 우연히 동시에 존재한 것인지 아니면 기질적 병변에 의해 국소적으로 BRE와 유사한 형태의 뇌파 변화가 나타난 것인지는 알 수 없다. 또한 비전형적인 발작 형태와 뇌파 소견을 보이지만 후에 BRE로 판단된 경우도 드물지 않아 어떤 이들은 BRE를 전형적 BRE와 비전형적 BRE로 구분하기도 한다.⁵⁻⁷ 이렇게 BRE가 다양한 양상으로 나타나면서 드물지만 기질적인 뇌병변을 동반하는 경우가 있기 때문에, BRE 환자에게 뇌자기공명영상과 같은 방사선 검사를 모두 시행해야 하는가는 임상 의사에게 진단적 딜레마이기도 하다.

한편, 최근 십여 년간 컴퓨터의 발달에 발맞추어 뇌파나 심전도와 같은 전기생리학적 검사를 디지털화하여 정

Received 3 November 2004

Accepted 7 March 2005

Corresponding author: Kyoung Gyu Choi, M.D., Ph.D., Department of Neurology, College of Medicine, Ewha Womans University, Mokdong Hospital, 911-1 Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul 158-710, Korea
 E-Mail: kgchoi@ewha.ac.kr

량적으로 분석하려는 노력이 다각도로 이루어져 왔다. 특히 뇌파는 공간적 해상도는 떨어지나 시간적 해상도가 매우 높고 대뇌 활동의 역동적 변화를 실시간 반영하기 때문에, 신경계의 복잡한 구조망을 밝혀낼 수 있는 유용한 검사로 주목받게 되었다. 정량적 뇌파검사를 이용한 연구는 주로 간질 환자에게 시행되었다. 계의 복잡성을 나타내는 프랙탈 차원이 간질 발작 수분 전부터 감소된다는 결과는 간질 발작을 미리 예측함으로써 예방할 수 있는 도구를 개발하는 근거가 되고 있으며,⁸ 스펙트럼 분석을 통해 대뇌의 미세한 기능부전도 발견해 낼 수 있다는 보고도 다수 있다.⁹

국소 간질 환자의 뇌파를 정량적으로 분석한 이제까지의 연구 결과를 보면, 간질 발작 병소에서 delta파의 비율이 증가하는 것으로 보고되고 있다.¹⁰ 특히 대뇌 병변에 의한 증후성 간질(symptomatic epilepsy)이나¹¹ 경련을 초래한만한 대뇌 병변이 발견되지 않는 잠복성 간질(cryptogenic epilepsy) 또는 특발성 간질(idiopathic epilepsy)에서¹² 간질간 뇌파에서 병소 주위로 서파가 증가됨이 이미 보고되었다. 그러나 정량적 뇌파 분석이 예후를 판단하는데 도움을 주는가에 대해서도 아직은 연구가 많지 않다. 만일 정량적 뇌파분석이 간질의 진단 또는 예후 예측에 중요한 단서를 제공한다면, 이는 비침습적이

면서 쉽게 검사가 가능한 유용한 도구가 될 것이다.

저자들은 소아기 국소 간질 중 예후가 좋은 전형적 양성 롤란도 간질(또는 BRE)의 뇌파를 대뇌의 국소적 병변이나 신경학적 이상 소견을 동반하며 간혹 발작 조절이 잘 되지 않는 비전형적 BRE 환자들의 뇌파와 정량적으로 분석, 비교하여 정량적 뇌파검사가 국소성 대뇌 병변의 존재여부나 간질의 예후를 예측할 수 있는 도구가 될 수 있는가 알아보고자 하였다.

대상과 방법

연구대상

임상적으로 국소 간질의 발작 형태를 보이는 소아 환자 17명의 뇌파와 뇌 자기공명영상, 신경학적 소견 및 간질 발작 횟수 등을 조사하여 전형적인 양성 롤란도 간질 환자군(Benign Rolandic epilepsy ; 이하 BRE군)과 비전형적 BRE 환자군으로 구분하였다. 전형적 BRE 군은 발작 양상과 뇌파 소견이 양성 롤란도 간질의 진단 기준을 만족시키며 뇌 자기공명영상에서 이상소견이 없는 경우로 정의하였고 10명(남자 6명, 여자 4명)의 환자가 이에 해당되었다. 비전형적 BRE 군은 뇌 자기공명영상에서 병변이 관찰된 증후성 간질(symptomatic epilepsy), 또는 뇌

Table 1. Clinical, EEG, and MRI findings of patients with typical and atypical BRE groups

No.	Sex/age	Group	Seizure classification	EEG findings	MRI findings	Clinical findings	Seizure frequency
1	M/11	Typical	Clonic seizure, left face → GTC	SW, right CT	Normal	Normal	1-3/year
2	M/8	Typical	Clonic seizure, right face	SW, left CT	Normal	Normal	No ictus
3	M/8	Typical	Clonic seizure, left face	SW, both CT	Normal	Normal	No ictus
4	F/11	Typical	Motor seizure, nocturnal	SW, both C	Normal	Normal	No ictus
5	F/8	Typical	Clonic seizure, face → GTC	SW, both CT	Normal	Normal	No ictus
6	M/6	Typical	Clonic seizure, face → GTC	SW, both C	Normal	Normal	2/year
7	M/13	Typical	Clonic seizure, left leg	SW, right CT	Normal	Normal	No ictus
8	F/12	Typical	Clonic seizure, left face → GTC	SW, right CT	Normal	Normal	1-3/year
9	M/11	Typical	Clonic seizure, right arm	SW, both CT	Normal	Normal	1-2/year
10	F/11	Typical	Clonic seizure, right face → GTC	SW, right CT	Normal	Normal	No ictus
11	F/7	Atypical	sensory aura → CPS	SW, both C	Normal	ADHD	2-3/week
12	M/5	Atypical	Tonic seizure, bilateral	SW, both C	PVWM gliosis	Noonan syndrome	1/day
13	M/11	Atypical	Clonic seizure, right arm & lip	Sp, left CP	Normal	Asphyxia	1-2/week
14	M/6	Atypical	CPS → GTC	SW, right CP	Normal	Head trauma	2/year
15	M/7	Atypical	Clonic seizure, left arm & face	SW, right CT	Normal	Normal	1/week
16	F/3	Atypical	Tonic seizure, bilateral	SW, both FC	Brain atrophy	Psychomotor retardation	3-4/day
17	M/7	Atypical	Clonic seizure, bilateral → GTC	SW, right CT	Normal	Normal	1-3/month

Typical, typical BRE group; Atypical, atypical BRE group; M, male; F, female; SW, sharp waves; Sp, spikes; CT, centrotemporal; C, central; CP, centroparietal; FC, frontocentral; PVWM, periventricular white matter; ADHD, attention deficit hyperactivity disorder.

자기공명영상은 정상이나 신경학적 이상소견이 동반되거나 2가지 이상의 약물로도 발작의 조절이 완전하지 못한 약물 불응성 경련발작을 보인 환자들로서 모두 7명(남자 5명, 여자 2명)이었다. 전형적 BRE군은 모두 10명(남자 6명, 여자 4명)으로 나이는 3세에서 13세(평균 9세)였고, 비전형적 BRE군은 모두 7명(남자 5명, 여자 2명)으로 나이는 3세에서 11세(평균 7세)로 통계적인 차이는 없었다. 자세한 임상 양상, 뇌파 소견 및 뇌 자기공명영상 소견은 Table 1에 정리되어 있다.

연구방법

International 10~20 system을 기준으로 전극을 부착한 뒤 “Compumedics video-EEG monitoring 37 channel, mode E”를 사용하여 longitudinal bipolar montage로 뇌파를 기록하였다. 표본추출주파수(sampling frequency)는 256 Hz였고, 민감도는 $7 \mu\text{V}/\text{mm}$ 로 설정하였으며, 저주파 1.0 Hz, 고주파 70 Hz로 여과하였다.

뇌파의 분석은 채 등¹³의 방법에 따라 ASCII file로 저장된 뇌파신호를 저자들이 개발한 “CHASIM”이란 프로그램에서 실행시켜 스펙트럼과 프랙탈 차원을 구하였다. 우선 전체 뇌파에서 간질양파를 관찰하여 common average referential montage 상 최대음전위로 나타나는 전극을 분석하였다. 양쪽 대뇌반구에서 모두 간질파가 관찰된 경우에는 가장 빈번하게 나타난 간질파에서 최대 음전위를 보이는 전극을, 최대 음전위가 광범위하게 두 개 이상의 전극에서 관찰되었던 경우는 모두 롤란드 영역의 중심인 C3 또는 C4 전극을 포함하고 있었으므로 이 전극을 분석에 포함시켰다. 다음으로 육안으로는 간질파나 국소적 서파가 없는 뇌파에서 근육과 안구운동 등의 잡파가 없고 눈을 감은 각성 상태의 뇌파를 10초간 추출하였다. 스펙트럼은 주파수에 따라 delta(0.5~4 Hz), theta(4~8 Hz), alpha(8~12 Hz), beta(12~20 Hz), gamma(20~40 Hz) 밴드로 정의하였다.

그리하여 전형적 및 비전형적 BRE 두 군 사이의 비교는 (1) 육안적으로 간질파나 서파가 없는 뇌파에서 같은 전극간의 스펙트럼과 프랙탈 차원을 분석하고, (2) 가장 흔하게 관찰된 간질양파에서 최대 음전위를 보였던 전극을 추가로 비교 분석하여 양군 사이에 차이가 있는지를 분석하였다.

통계 분석

통계는 비모수검정으로 SPSS 11.0, Mann Whitney U-test를 이용하여 $p < 0.05$ 인 경우를 유의한 차이가 있는

것으로 간주하였다.

결 과

육안적으로 이상이 없었던 뇌파에서의 전계 전극 분석

같은 전극끼리 비교한 배경파의 스펙트럼 분석 결과, 비전형적 BRE 군에서 전형적 BRE군에 비해 Fp1-F7 전극에서 delta파가 증가하고 C4-P4 전극에서 alpha파가 감소되었으나 다른 전극에서는 모두 통계학적인 차이를 보이지 않았다. 프랙탈 차원은 모든 전극에서 두 군 사이에 차이를 보이지 않았다(Table 2).

간질 발작파에서 최대 음전위를 보인 전극의 분석

간질양파에서 common average referential montage에서 최대 음전위를 보였던 전극을 분석한 결과, 전형적 BRE군에 비해 비전형적 BRE 군에서 통계학적으로 의미 있는 delta 파의 증가(absolute power : $p=0.18$, relative power : $p=0.15$)와 alpha 파의 감소(absolute power and relative power : $p=0.01$)를 보였으며 alpha 파의 감소가 더 현저하였다. 이에 비해 theta 파, beta 파와 gamma 파는 양 군간에 차이가 없었다. 프랙탈 차원도 양 군간에 차이가 없었다.

고 찰

BRE의 정량적 뇌파분석은 주로 dipole에 관한 연구로, 정상 소아와의 비교는 Braga 등에 의한 것이 유일하다.¹⁴ 이들은 정상 소아에서는 나이에 관계없이 모든 주파수의 power가 감소되어 있는데 비해, BRE 환자들은 연령이 증가하면서 각파들의 power가 점차 감소되는 경향을 보인다는 결과를 근거로, BRE가 뇌신경세포의 성숙이 지연되어 나타나는 질환으로 간질파의 존재 여부와 간질 발작 사이에는 큰 연관관계가 없다고 주장하였다. 또 이들은 뇌병변이 있거나 신경학적 이상 소견이 있는 BRE 환자들도 모두 연구에 포함시켰는데, 이들을 제외하고 시행한 연구에서도 같은 결과를 얻었다고 하였다.

본 연구에서는 전형적 BRE와 비교해 대뇌의 국소적 병변이 있거나 신경학적 이상 소견이나 빈번한 간질 발작 등으로 예후가 나쁜 비전형적 BRE 환자의 발작간 뇌파에서 간질파의 최대음전위가 관찰되었던 전극 뿐 아니라 육안적으로는 국소적 서파나 발작파가 관찰되지 않는 뇌파에서도 일부 전극에서 delta파가 증가하고 alpha파가 감소하는 결과를 보였다. 이러한 소견은 비전형적 BRE 군

Table 2. Comparison of power spectrum and fractal dimension of background activities between typical and atypical BRE groups

	Fp1-F3	F3-C3	C3-P3	P3-O1	Fp2-F4	F4-C4	C4-P4	P4-O2	Fp1-F7	F7-T3	T3-T5	T5-O1	Fp2-F8	F8-T4	T4-T6	T6-O2	Fz-Cz	Cz-Pz	
Absolute power																			
Delta	Typical	0.50348	0.47457	0.43535	0.45741	0.50315	0.49728	0.44808	0.45517	0.43134	0.45763	0.46956	0.45934	0.46940	0.48952	0.46488	0.46178	0.51020	0.49110
	Atypical	0.56001	0.53547	0.51200	0.57700	0.59577	0.52577	0.46040	0.54233	0.56945	0.51254	0.50376	0.46561	0.52501	0.54768	0.60729	0.44233	0.55184	0.43400
Theta	Typical	0.31075	0.44401	0.42798	0.40380	0.32256	0.44639	0.40329	0.39970	0.27459	0.34214	0.47113	0.40789	0.30861	0.38607	0.41579	0.42863	0.48068	0.44227
	Atypical	0.33055	0.36635	0.41117	0.43800	0.32261	0.42353	0.39715	0.40169	0.32637	0.38182	0.43072	0.37650	0.29970	0.42136	0.46844	0.40164	0.40376	0.45148
Alpha	Typical	0.20142	0.37509	0.45022	0.47875	0.20903	0.42571	0.46100	0.45116	0.18361	0.26519	0.41453	0.43305	0.19812	0.35213	0.41545	0.51071	0.29873	0.44631
	Atypical	0.23005	0.32307	0.34542	0.36305	0.24446	0.32189	0.28941	0.36739	0.24440	0.28254	0.37779	0.33545	0.20575	0.31423	0.32614	0.32752	0.29514	0.33688
Beta	Typical	0.28153	0.34551	0.34236	0.31272	0.30439	0.34299	0.32608	0.29968	0.24542	0.28544	0.33432	0.33517	0.27247	0.32833	0.33281	0.32948	0.32099	0.34056
	Atypical	0.36009	0.36677	0.37132	0.33089	0.37861	0.38366	0.34583	0.34602	0.36598	0.37029	0.36546	0.29081	0.29947	0.34809	0.33289	0.26704	0.33969	0.35511
Gamma	Typical	0.36025	0.38387	0.33473	0.26704	0.38857	0.41535	0.33501	0.27029	0.37037	0.38350	0.35601	0.31414	0.34071	0.43960	0.42181	0.33748	0.34319	0.29938
	Atypical	0.35973	0.34299	0.34108	0.34515	0.35247	0.37902	0.31712	0.31867	0.41676	0.46703	0.41930	0.32111	0.32457	0.42694	0.36218	0.30176	0.28709	0.28054
Relative power																			
Delta	Typical	0.25097	0.20587	0.19887	0.21128	0.23415	0.21902	0.20095	0.21747	0.21976	0.22538	0.20076	0.20641	0.23239	0.21453	0.19917	0.19853	0.23734	0.22024
	Atypical	0.25935	0.25447	0.23089	0.25328	0.27652	0.22812	0.20592	0.24698	0.25697	0.21984	0.22413	0.23180	0.25958	0.23377	0.26155	0.23097	0.26894	0.20616
Theta	Typical	0.15081	0.18651	0.19344	0.18261	0.15050	0.18535	0.17761	0.18228	0.13894	0.16289	0.19549	0.17851	0.14950	0.15924	0.16999	0.18209	0.21137	0.19754
	Atypical	0.14269	0.16268	0.17690	0.17984	0.13338	0.17360	0.17759	0.17028	0.13477	0.15782	0.18217	0.17853	0.14153	0.16908	0.18864	0.19074	0.18028	0.20707
Alpha	Typical	0.09627	0.15805	0.19359	0.20849	0.09419	0.17845	0.20151	0.20070	0.09226	0.13021	0.17346	0.18555	0.17623	0.14467	0.17473	0.21120	0.13095	0.19216
	Atypical	0.09883	0.13755	0.14804	0.14667	0.10679	0.13447	0.13316	0.15901	0.10043	0.11543	0.16326	0.14821	0.09763	0.12886	0.13076	0.15311	0.13241	0.15182
Beta	Typical	0.13177	0.14368	0.14852	0.13895	0.13588	0.14164	0.14407	0.13585	0.12224	0.13689	0.13800	0.14655	0.13176	0.13711	0.13818	0.13787	0.14115	0.14761
	Atypical	0.15564	0.15922	0.16332	0.13932	0.16931	0.16450	0.16337	0.15819	0.15124	0.15079	0.14868	0.13448	0.14460	0.14376	0.13447	0.12847	0.15526	0.16972
Gamma	Typical	0.16904	0.15739	0.14209	0.11776	0.17216	0.16761	0.14428	0.12363	0.17861	0.17446	0.14605	0.13542	0.16113	0.17573	0.16799	0.13950	0.14723	0.12958
	Atypical	0.15424	0.14526	0.14443	0.13961	0.14864	0.15324	0.14040	0.13528	0.17220	0.18580	0.17254	0.14410	0.15483	0.16971	0.14626	0.14216	0.12384	0.12605
Fractal dimension																			
Typical		4.422	4.871	4.929	4.907	4.657	4.945	4.792	4.959	4.490	4.605	4.942	4.843	4.511	4.963	5.059	4.880	4.826	4.833
	Atypical	4.425	4.643	5.010	5.043	4.379	4.993	4.898	4.916	4.638	5.010	5.519	4.658	4.458	4.912	4.898	4.885	4.665	4.939

*p<0.05 values in bold type
Typical, typical BRE group; atypical, atypical BRE group.

에서 전형적 BRE 군에 비해 간질과 주변의 신경세포의 기능 부전이 더 현저하리라는 것을 시사한다. 다시 말하면, 전형적 BRE군이 뇌기능 이상이 적고 양호한 임상적 예후를 가지리라는 것을 역으로 반영하는 결과이기도 하다. 이러한 결과가 간질과 관찰된 뇌파에서 뿐만 아니라 육안으로는 국소 서파나 간질과가 관찰되지 않은 뇌파에서도 관찰되었다는 사실은 매우 흥미롭다. 따라서 발작 간기 뇌파에 이상 소견이나 간질과가 발견되지 않지만 임상적으로 국소 간질을 보이는 환자들에서도 뇌파를 스펙트럼 분석함으로써 부가적인 진단 특히, 간질병소 위치 추정 및 국소화, 임상적 예후를 반영할 수 있는 가능성을 보여 주었다.

뇌파에서 각 주파수의 파형들이 생성되는 기전은 확실하게 알려져 있지는 않으나 alpha 파는 주로 시상-피질 경로에서 형성되는 리듬으로 대뇌세포들이 정상적인 기능을 유지하고 있는 상태에서 나타난다는 것이 일반적인 생각이다. 또한 delta 파가 형성되는 기전으로 제시된 이론으로는 미만성 뇌병증에서 보이는 것과 같이 뇌백질의 손상에 의해서 흥분성 신호가 대뇌 피질로 전달되지 못해서 발생한다는 것,¹⁵ 시상-피질 경로의 파괴가 있을 때 시상으로부터의 신호전달이 차단되어 나타난다는 이론,¹⁶ 뇌혈류량의 감소에 따른 대뇌 산소대사가 감소되어 나타난다는 이론¹⁷ 등이 있다. 최 등이 허혈성 뇌경색 환자의 뇌파를 스펙트럼 분석한 연구에서는 시각적 분석에서 delta 파가 증가되어 있는 병변 부위는 병변이 없는 반대 측 대뇌반구에 비해 alpha, beta, theta 파 등 고주파 밴드가 감소되어 상대적으로 delta 파의 power가 증가한 결과를 보였다.^{15,18} 이에 따르면 비전형적 BRE 군에서 delta power가 증가된 것은 alpha power의 감소에 의해 상대적으로 delta power가 증가된 것으로도 추측할 수 있다. 그러나 theta power는 서로 차이가 없었던 점으로 보아 단순히 alpha power의 감소에 의한 것이라기 보다는 신경 세포들의 기능 저하로 인하여 delta파가 생성되었다고 보는 것이 타당할 것으로 생각된다.¹⁹

한편, 프랙탈 차원은 시계열 데이터에서 차원의 복잡성 (dimensional complexity)을 의미하며, 알츠하이머병이나 파킨슨씨병에서 감소되거나,²⁰⁻²² 경련발작기에 간질병소 주변에서 증가한다는²³ 연구 결과들이 소개되었다. 그러나 본 연구에서 전형적 BRE에서 비전형적 BRE군을 구별하는 특징으로는 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

이제까지의 뇌파의 정량적 분석은 간질의 예후와는 관계없이 전신성 간질 또는 국소성 간질에서 간질양과의 발생 시점을 예측하는데 집중되었다. 이런 점에서 이번 연

구는 정상 소아군과 비교가 되지 않은 점이 제한점이긴 하나, 전형적 및 비전형적 BRE군 사이에 육안으로는 차이가 없었던 뇌파에서도 스펙트럼 분석에서 차이를 발견할 수 있었던 데에 의미를 둘 수 있다. 특히 최근 BRE가 항상 좋은 예후를 가지는 것은 아니며 학습 능력의 장애를 초래하거나 항경련제로 조절이 안되는 난치성 발작으로 이행될 수 있는 비전형적 BRE에 대한 관심이 대두되고 있어,⁶ 이를 진단하거나 예후를 미리 예측할 수 있는 방법에 대해 모색 중이다.⁷ 이제까지 BRE는 임상, 뇌파 소견만으로 진단되는 경우가 많았기 때문에 그 동안 이런 비전형적 경과를 취하는 환자들 발견되지 못했을 가능성도 배제하지 못할 것으로 생각된다. 전형적 및 비전형적 BRE군 간에 스펙트럼의 뚜렷한 차이가 있다면 이러한 비전형적인 또는 잘못 진단된 BRE 환자를 조기에 발견하는데 정량적 뇌파 분석이 임상적인 도움을 줄 수 있을 것이며 앞으로도 지속적인 연구가 필요할 것이다.

REFERENCES

- Wirrell EC. Benign epilepsy of childhood with centrotemporal spikes. *Epilepsia* 1998;39(suppl):32-41.
- Santanelli P, Bureau M, Magaudda A, Gobbi G, Roger J. Benign partial epilepsy with centrotemporal spikes and brain lesion. *Epilepsia* 1989;30:182-8.
- Stephani U, Doose H. Benign idiopathic partial epilepsy and brain lesion. *Epilepsia* 1999;40:373-6.
- Riesgo RDS, Jayakar P, Rotta NT. Benign Rolandic epilepsy: clinical and electroencephalographic correlates. *Arg Neuropsychiatr* 2000; 58:852-61.
- Wirrell EC, Camfield PR, Gordon KE, Dooley JM, Camfield CS. Benign rolandic epilepsy: atypical features are very common. *J Child Neurol* 1995;10:455-8.
- Fejerman N, Caraballo R, Tenenbaum SN. Atypical evolution of benign localization-related epilepsies in children: are they predictable? *Epilepsia* 2000;41:380-90.
- Massa R, De Saint-Martin A, Carcangiu R, et al. EEG criteria predictive of complicated evolution in idiopathic rolandic epilepsy. *Neurology* 2001;57:1071-9.
- Heyden MJ, Velis ON, Hoekstra BPT, et al. Non-linear analysis of intracranial human EEG in temporal lobe epilepsy. *Clin Neurophysiol* 1999;110:1726-40.
- Nuwew M. Quantitative EEG:2. Frequency analysis and topographic mapping in clinical setting. *J Clin Neurophysiol* 1988;5:45-85.
- Miyauchi T, Endo K, Yamaguchi T, Hagamoto H. Computerized analysis of EEG background activity in epileptic patients. *Epilepsia* 1991;32:870-81.
- Salinski MC, Oken BS, Kramer RE, Morehead L. A comparison of quantitative EEG frequency analysis and conventional EEG in patients with focal brain lesions. *EEG Clin Neurophysiol* 1992;83: 358-66.
- Drake ME, Newell HP, Newell SA. Interictal quantitative EEG in epilepsy. *Seizure* 1998;7:39-42.
- Chae SH, Oh JY, Joo EY, Park EM, Choi KG, Kim ES. Nonlinear analysis of EEG in various mental states of normal person. *J Korean Neurol Assoc* 2000;18:581-8.

14. Braga NI, Manzano GM, Nobrega JA. Quantitative analysis of EEG background activity in patients with rolandic spikes. *Clin Neurophysiol* 2000;11:1643-5.
15. Gloor P, Ball GJ, Schaul N. Brain lesions that produce delta waves in the EEG. *Neurology* 1977;27:326-33.
16. Schaul N, Gloor P, Gotman J. The EEG in deep midline lesions. *Neurology* 1981;31:157-67.
17. Ingvan DH, Sjolund B, Ardo A. Correlation between dominant EEG frequency, cerebral oxygen uptake and blood flow. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1976;41:268-76.
18. Choi KG, Cho EK, Chae SH, Kim ES, Kim JS. Spectral and bispectral EEG analysis in acute unilateral ischemic stroke patients. *Neurology Psychiatry and Brain Res* 1999;7:9-14.
19. Fernandez BA, Harmony T, Bosch J, Aubert E. Sources of abnormal EEG activity in the presence of brain lesions. *Clin Electroencephalogra* 1999;30:46-52.
20. Woyshville MJ, Calabrese JR. Quantification of occipital EEG changes in Alzheimer's disease utilizing a new metric: the fractal dimension. *Biol Psychiatry* 1994;35:381-7.
21. Besthorn C, Sattel H, Geiger-Kabisch C, Zerfass R, Forstl H. Parameters of EEG dimensional complexity in Alzheimer's disease. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995;95:84-9.
22. Chu EY, Choi KG. Quantitative EEG in Parkinson's disease. *J Korean Neurol Assoc* 2001;19:232-8.
23. Bullmore ET, Brammer MJ, Bourlon P, et al. Fractal analysis of electroencephalographic signals intracerebrally recorded during 35 epileptic seizures: evaluation of a new method for synoptic visualization of ictal events. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 91:337-45.