

신생아를 대상으로한 청성뇌간유발반응의 자동 판독 알고리즘

*정원혁, *홍헌기, *김성우, *김진태, *박중훈, **김덕원
*연세대학교 일반대학원 생체공학협동과정
**연세대학교 의과대학 의학공학교실

Algorithm of an automated auditory brainstem response neonatal hearing screening method

*Won-Hyuk Jung, *Hyun-Ki Hong, *Sung-Woo Kim, *Jin-Tae Kim, *Joong-Hoon Park, **Deok-Won Kim
*The Graduate Program in Biomedical Engineering The Graduate School Yonsei University
**Dept. of Medical Engineering, Yonsei University College of Medicine
E-mail : *zoodo@yumc.yonsei.ac.kr, *ddaroo@yumc.yonsei.ac.kr, *kimsw@yumc.yonsei.ac.kr,
*royalj@yumc.yonsei.ac.kr, *jason420@yumc.yonsei.ac.kr, **kdw@yumc.yonsei.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose an algorithm that applies Rolle's theorem to automatically detect and label peak III and V of the normal, suprathreshold auditory brainstem response (ABR). ABR waveform were recorded from 55 normal-hearing ears at screening levels varying from 30 to 60 dBnHL. For each ABR waveform, the peak-finding algorithm proceeded in fourth steps: (1) Select maximum and minimum values of the target ABR waveform, (2) divide this range into n equal parts, (3) effective candidate peaks in the ABR waveform are identified using Rolle's theorem (4) peak III and V are identified from these candidate peaks based on their latency and morphology. As a result, proposed auto detection method showed high correlation and accuracy with manual detection method performed by clinician. By using proposed algorithm, clinician can detect and label peak III and V faster and more efficient than manual detection method.

시행되는 신생아의 역치 평가나 과도하게 오랜 기간 동안 시행되는 중환자의 신경학적 관찰시 청성뇌간반응의 뇌파 분석이 실패할 가능성이 커진다[2]. 두 번째는 경험이 부족한 검사자가 수작업으로 뇌파의 피크를 검출할 때는 오류를 범할 가능성이 커진다. 이러한 문제점들에 대한 해결책으로 자동 혹은 반자동으로 뇌파의 피크를 검출하는 방법이 있다[3].

본 논문은 자동으로 뇌파의 피크를 검출하기 위해 사용된 기존의 웨이블릿 및 분산비를 이용한 최적화 지점 검출 기법[1, 2] 등의 자동화 알고리즘에 비해 잡음이 섞인 과정에서 최소의 피크를 검출하여 임상적으로 유의한 III, V 파의 검출 능력을 향상시킨 롤의 정리를 이용한 알고리즘을 소개하였다.

I. 서 론

청성뇌간유발반응검사(Auditory Brainstem Response)는 임상실험에서 청각유발전위검사(Auditory evoked potential)에 가장 널리 성공적으로 사용되고 있다[1]. 대부분의 임상자들은 청력검사시 주로 관심이 되는 I, III 그리고 V 파형의 유무, 잠복기 그리고 진폭을 수작업에 의한 청성뇌간유발반응검사 분석으로 확인을 해왔다. 그러나 이런 기존의 방법에는 두가지의 중요한 한계점을 보이고 있다. 첫 번째는 너무 단기간에

II. 실험방법

생후 6 개월 이내의 유아 중 이음향 방사검사로 정상 청력임이 확인된 55 귀를 대상으로 고식적인 청성뇌간유발반응 검사기 Navigator Pro (Biologic, USA)를 사용하였다

자극음은 condensing click 으로 60dBnHL, 50dBnHL, 40dBnHL, 30dBnHL 로 순차적으로 주었다. 각 크기마다 1000 회의 자극(sweep)을 준 후 그 평균치의 결과를 측정하였다. 자극후의 window 는

10.66msec 까지의 반응을 측정하였으며, 자극음은 13.3/초의 비율로 자극하였고, 100Hz~3000Hz 의 필터를 사용하여 그 안의 반응만을 검사하였다. 자극음에 의해 유발된 청각유발전위 뇌파의 제 3 파, 제 5 파의 유무를 확인하고 그 피크의 평균잡복기로부터 예상 잡복기 구간을 정하게 된다.

그림 1 은 실제 청성뇌간유발반응 신호를 분석하는 과정을 도식화한 것으로 먼저 신호의 최대값과 최소값에 해당하는 구간을 정하고 이를 10 등분하여 1 번 구간부터 10 번 구간까지 단계적으로 롤의 정리를 이용하여 구한 피크값을 누적하여 히스토그램화 하였다. 이때 히스토그램상의 누적값에서 특정 기준치 이상일 때를 유효 피크로 간주하여 청성뇌간유발반응 신호의 그래프 상에 표시를 하게 된다.

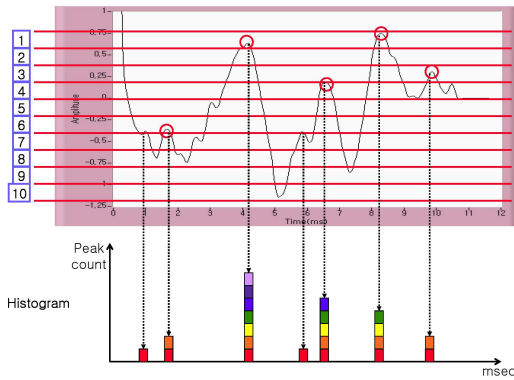


그림 1. 롤의 정리를 이용한 알고리즘에 의한 피크 검출 화면
앞서 분석된 피크 III 와 피크 V 의 예상 잡복기 구간 내에 그래프 상에 표시된 유효 피크의 위치를 자동으로 비교하여 가장 유의한 피크 III 와 피크 V 를 최종적으로 검출하게 된다.

III. 실험결과

표 1 은 임상가가 찾은 피크값에 대한 본 논문에서 제시한 알고리즘에 의해 검출된 피크값의 평균 정확도를 나타낸 것으로 모두 2% 미만의 정확도를 나타내고 있다. 그리고 임상가의 수동검출방법과 자동검출 알고리즘간의 상관도를 분석한 결과 모두 0.812 이상의 높은 상관성을 보였다($p < 0.01$). 표 2 는 두 방식간의 T-Test 를 한 결과값으로 유의한 차이가 없음을 알 수 있다($p > 0.05$).

표 1. 임상가의 검출에 대한 자동피크 검출방법의 정확도(%)

	60dBnHL	50dBnHL	40dBnHL	30dBnHL
피크 III	± 0.917	± 0.995	± 0.841	± 1.138
피크 V	± 0.838	± 1.190	± 1.399	± 1.566

표 2. 수동검출 방법과 자동검출 알고리즘간의 T-Test

	피크 III			피크 V		
	t	Df	Sig.	t	df	Sig.
60dBnHL	0.662	106	0.510	0.167	104	0.867
50dBnHL	0.619	108	0.537	1.343	104	0.182
40dBnHL	0.514	104	0.608	1.105	100	0.272
30dBnHL	0.222	100	0.825	0.481	88	0.632

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서 제시된 알고리즘에 의한 청성뇌간유발반응 신호의 피크 검출결과는 기존의 임상가의 의한 피크 검출 방식과 비교해 볼 때 높은 상관관계를 보였고 앞서 설명한 수동검출법시의 단점을 보완할 수 있다는데 큰 의의가 있다. 또한 다른 미분에 의한 자동 피크검출 방법에 비해 유효피크 수에 검출에서 현저히 향상된 유의한 결과 값을 얻을 수 있었다($p < 0.01$). 또한 이 알고리즘은 원신호에 대해 필터링 처리없이도 노이즈 제거 효과를 가질 수 있다는 장점이 있다. 추후 난청 판독 기준을 위해 검출된 피크 III 와 피크 V 에 대한 역치를 정하는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 2004년 산업자원부 산업기술개발사업으로 수행되었음. (과제:10017058)

참고문헌

[1] Sininger YS, Hyde M, Don M, "Method for detection of auditory evoked potentials using point optimized variance ratio", US Patent 6,196,977, March 2001.

[2] Andrew P.Bradley, Wayne J.Wilson, "Automated Analysis of the Auditory Brainstem Response Using Derivative Estimation Wavelets", Audiol Neurootol, Vol. 10, pp. 6-21, 2005.

[3] Delgado RE, Ozdamar O, "Automated auditory brainstem response interpretation", IEEE Eng Med Biol Mag, Vol 2, pp. 227-237, 1994.