

전기자극이 ABR과 ECochG에 미치는 영향에 관한 연구

김경식^{°*}, 박진우^{*}, 임재중^{*}, 문인회^{**}, 전병훈^{**}
인제대학교 보건대학 의용공학과^{*}
인제대학교 의과대학 이비인후과교실^{**}

A Study for the Effect of Electrical Stimulation on ABR and ECochG

K. S. KIM^{°*}, J. W. Park^{*}, J. J. IM^{*}, I. H. Moon^{**}, B. H. Jeon^{**}
Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Sciences, Inje University^{*}
Dept. of Otolaryngology, College of Medicine, Inje University^{**}

ABSTRACT

Use of electrical stimulation for diagnosis and treatment of pyhsiologocial impairment on the auditory system was reported by many researchers since 1800. Unfortunately, there were no standard methods or theoretical bakground for choosing stimulus conditions because of the lack of understanding on the transmission of sound through the auditory pathways. Therefore, if we could find the mechanisms of normal and abnormal functions for the system objectively, it may be possible to establish the conditions for the appropriate treatment. This study was devised with three experimental conditions of electrical stimulation(0.1, 1, and 10mA) to verify the effect of electrical stimulation on the auditory system. ABRs and ECochGs were obtained from 3 Guinea Pigs before and after each stimulation, and five parameters were extracted from ABR and ECochG waveforms. The results showed that the mean differences of the first peaks of ABR, I, before and after all the stimulus conditions were significant at the significant level of $p < 0.05$. Also, amplitude of ECochGs peak(AP) showed higher degrees of differneces for the electrical stimulation than that of ABRs. Based on the results of this experiment, establishment of an electrical model which chracterizes the auditory system could be achieved by computer simulation. This will lead to the design of most accurate model for the real auditory system, which provide the quantitative information regarding diagnosis and treatment.

서 론

전기자극을 이용한 치료방법은 18세기 후반에 들어서면서 의학의 한 분야로 관심을 보이기 시작하였으며, 그 후 임상적으로 전기치료에 관련된 많은 연구가 수행되었다. 뼈의 성장 및 치료를 촉진시키기 위하여 낮은 강도의 dc 전류를 이용하였으며, 상처부

위의 감염에 대한 치료를 위하여 전류가 가지고 있는 항균성(antibacterial properties)을 이용하고자 하였다. 또한, 전류자극을 통하여 혈액의 응고요인을 분산시킴으로서 혈전생성(thrombosis)을 억제시키고자 하였다. 즉, 전기치료는 단순한 병리학적 손상만을 치료대상으로 하지 않고 신경의 치료 및 통증의 관리나 경련의 제거, 운동치료의 보조수단으로 그 영역을 넓혀 응용되기 시작하였다.¹⁾

그 중에서 전기자극을 이용한 이명의 치료에 관해서도 많은 연구들이 진행되어 왔다. 이명(tinnitus)이란 외부의 음원없이 소리를 느끼는 상태로써, 원래 95%의 사람들이 20dB 이하에서 이명이 있다고 하나, 이러한 소리를 임상적으로 이명이라고 하지는 않고 자신을 괴롭힐 정도의 잡음을 이명이라고 한다.²⁾ 전기자극을 이용한 이명의 치료에 관해서는 1800년대에 전기자극을 이용해서 이명을 억제시키는 현상에 대한 보고가 있었으며^{3,4)}, 20세기에 들어와서는 실험을 통해 좌우각 이식가능한 환자들을 대상으로 DC 전류자극을 인가한 결과 환자가 반응하는 것은 오직 positive anodal 전류 뿐이었으며, promontory와 round window에 대한 전기자극은 이명을 경감시키기도 한다는 것을 알아냈다. 또한 유동혈관에 낮은 주파수를 인가하여 이명을 조절하였다는 보고가 있었다.⁵⁾ 이명치료를 위한 피부전기자극을 이용한 것은 Emgleberg⁶⁾가 외이 부위의 13곳에 전기자극(50, 100 μ A)을 인가하여 실험대상의 82%에서 이명이 완치되었거나 이명 주파수가 경감되는 등의 이명의 개선율 보인 연구결과가 발표되었다.

앞서 연구된 이명의 치료에 이용한 전기자극의 특성은 어떠한 기준이나 근거가 없이 다양한 종류의 자극특성을 제시하였을 때 나타난 결과만을 발표하였다. 이는 청각기관에서 소리가 전달되어지는 과정에 대한 연구가 미흡하였으므로 그에 따른 치료조건 설정에 통일성이 결여되었다고 볼 수 있는 것이다. 즉, 치료를 수행하려면 병변이 있는 부위에 대한 이론적이고 정량적인 특성이 이해되었을 때 보다 객관화된 치료방법에 대한 조건의 설정이 가능할 수 있는 것이다. 소리가 귓바퀴에서 고막을 통하여 청신경과 뇌로 전달되어지는 과정에 대한 이론적인 모델이 이루어 진다면 이명환자의 분류 및 전기자극을 이용한 치료방법의 선택에 크게 기여할 수 있을

것이며 전기자극이 이명치료의 가장 효과적인 치료 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

는 0.1mA, 1mA, 10mA의 세가지로 변화시켜 인가하였고, 각 강도에서 펄스의 지속시간은 100msec, 자극의 주기는 1Hz 그리고 극성은 biphasic으로 고정하여 인가하였다.

실험 방법

실험설계

본 연구에서는 전기자극이 청각 시스템에 어떠한 영향을 미치는가를 파악하기 위하여 기초연구를 수행하였으며 그림 1에 실험을 위한 전체시스템의 구성이 나타나 있다.

실험동물로서는 300g의 고막이 정상인 guinea pig 새 마리를 이용하였으며, ketamine 50mg/kg의 근육 주사 및 pentothal sodium 25mg/kg 복강내 주사를 병행해 마취하였다. 전기자극을 가하기전 ABR과 ECochG를 측정하고, 각 전기자극의 특성을 변화시켜가면서 5분간 전기자극을 가했으며, 이를 3일간 반복하였다. 즉, 전기자극의 특성(0.1, 1, 10mA)을 변화 시키면서 ABR과 ECochG의 변화를 관찰하였다.

전기자극

전기자극기로는 전류의 강도, 펄스, 지속시간 그리고 자극주기를 조절할 수 있는 NBS (Nacro BioSystem Stimulator)를 사용하였다. 전기자극시 사용된 전극은 침전극으로, 후이개와 두피의 정중선에 전극을 삽입하여 왼쪽귀를 대상으로 매일 5분씩 3일간에 걸쳐 전기자극을 인가하였다. 전기자극의 강도

데이터 분석

ABR/ECochG 장비(Nicolet CA2000)로부터 검출된 데이터는 PC에서 받아들일 수 있도록 file의 형태를 변화하여 저장하였으며, 전기자극 전과 후의 ABR과 ECochG 변수들을 추출하여 이들과 전기자극과의 상관관계를 찾고자 하였다. ABR의 변수로는 임상에서 주로 이용되어지는 I, III, V번 peak의 진폭과 발생시간을 관찰하였으며, ECochG의 변수로서는 AP와 II파형의 peak의 진폭과 발생시간을 이용하였다. 구해진 변수들을 토대로 통계학적 유효검정을 실시하고 전체적인 파형의 모양 및 각 실험조건에 따라서 형성되어지는 변수들의 차이를 파악하고자 paired t-test를 실시하였다. 즉, 전기자극 특성을 기준으로 하여 전기자극에 따른 ABR과 ECochG 변수의 변화하는 정도가 통계적으로 유의한가를 판단하고자 하였다.

결과 및 토의

전류강도를 0.1, 1, 10mA로 변화시켜 전기자극을 인가하여 ABR과 ECochG를 실시한 결과 전기자극 전, 후의 대표적인 파형의 변화가 그림 2에 나타나 있다. 그림 2는 10mA의 자극을 가했을 경우로서, 그림에서 볼 수 있듯이 ABR에 있어서는 전기자극 인가 후에 peak의 진폭과 발생시간에 변화가 나타나고 있으며, peak 진폭은 전기자극후에 크게 감소함을 관찰할 수 있었다. 또한, ECochG에서도 ABR에서와 동일한 경향을 나타내고 있으며, peak의 진폭은 ABR에서 보다 더욱 큰폭으로 감소함을 관찰할 수 있었다. 그리고, ECochG에서의 peak 발생시간의 변화는 전기자극후가 전기자극전 보다 늦어짐을 관찰할 수 있었다.

또한, 각 실험조건에서 수집된 ABR과 ECochG 파형으로부터 변수들을 추출하여 통계분석을 실시하였다. 표 1은 추출된 변수들의 진폭변화를 각 실험조건에 대하여 비교한 결과를 요약한 것이다. 표에서 볼 수 있듯이 ABR 파형의 첫 번째 peak I는 모든 실험조건에 있어서 자극전과 자극후에 진폭의 변화가 $p < 0.05$ 에서 유의한 차이를 보이고 있음을 나타내고 있다. 그러나, III과 V에서는 뚜렷한 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 그리고, ECochG의 경우에서도 자극전과 후의 진폭의 변화는 유의한 차이를 보이고 있지 않았다.

반면에, 추출된 변수들의 발생시간(latency)을 각 실험조건에 대하여 비교한 결과에서는 각 실험조건에서 의미있는 차이를 발견할 수 있었으며, 그 결과가 표 2에 요약되어 있다. 여기에서는 0.1mA의 자극이 주어졌을 때 ABR의 모든 peak(I, III, V)에서 유의한 차이를 보이고 있었으며, ECochG의 AP파형에서는 모든 자극조건에 대하여 구분이 가능하였음을

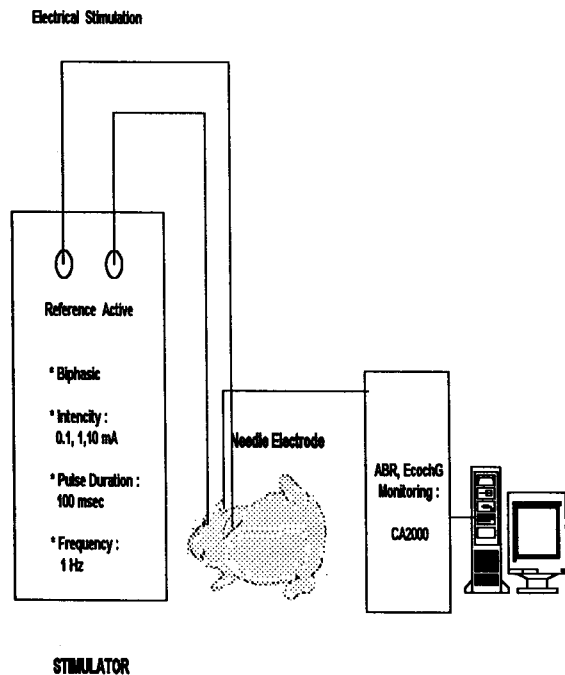


그림 1. 전체적인 실험 구성도.

나타내고 있다.

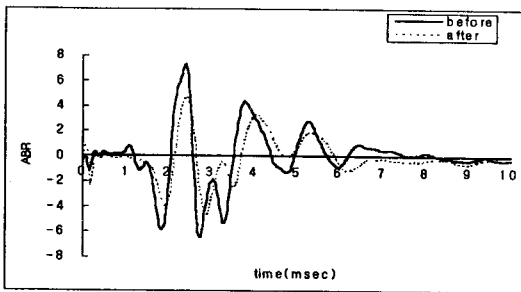
참 고 문 헌

결 론

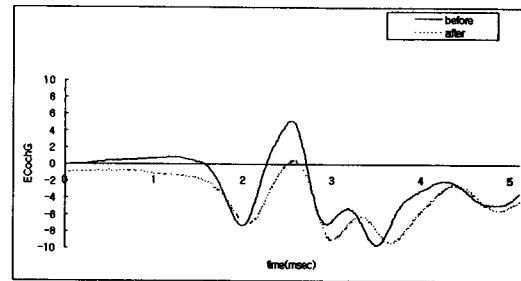
본 실험의 결과로서 전기자극이 청각시스템에 영향을 미칠수 있음을 알 수 있었으며, 또한 전기자극의 특성에 따라 청각시스템에 각각 다른 영향을 미침을 알 수 있었다. 즉, 본 연구의 결과를 토대로하여 청각시스템에 대한 전기적인 모델을 수립하여 입력조건에 대한 시스템의 각 부위에서의 특성을 분석하면, 병변이 있는 부위의 진단 및 치료에 필요한 조건 설정이 가능할 수 있을 것이다.

본 실험결과는 앞으로 청각시스템의 모델링을 통하여 병변의 진단 및 이명의 치료에 정량적이고 객관화된 정보를 제공하는데 중요한 기초자료로서 이용될 수 있을 것이다.

[1] 박진우, 이향준, 임재중, 윤해경, 김찬환, "상처 치료에 있어서의 전기자극의 효과에 대한 연구," 대한 의용생체공학회 추계학술대회논문집, 17권 제2호, pp235-238, 1995.
 [2] 전병훈, 문인희, 박재영, "이명에 대한 임상 및 청력학적 연구," 한이인지, 38권, pp.1171-1182, 1995.
 [3] A. Schulman, "Summary HSCB-SUNY experience with electrical stimulation for tinnitus control," AM. J. Otol., 8(3), pp.207-210, 1987.
 [4] Juichi Ito, Junji Sakakihara, "Tinnitus Suppression by Electrical Stimulation of the Cochlear Wall and by Cochlear Implantation," Laryngoscope, 104, pp752-754, June 1994.
 [5] A. Shulman, "Electrical stimulation in Tinnitus," Chap 26, pp.514-531, 1991.
 [6] M. Emgleberg and W. Bauer, "Tanscutaneous electrical stimulation for tinnitus," Laryngoscope, 95, pp1167-1173, October 1985.



(a) 자극전과 자극후의 ABR



(b) 자극전과 자극후의 ECoChG

그림 2. 10mA 자극을 가했을 때 자극전과 자극후의 ABR과 ECoChG.

표 1. 각 자극조건에 대한 자극전과 자극후의 ABR 과 ECoChG 파형의 평균진폭

전류 강도 (mA)	ABR-I		ABR-III		ABR-V		ECoG-AP		ECoG-II	
	0.1	0.34±0.01	0.21±0.10*	1.07±0.25	1.83±1.38	3.39±3.83	2.45±2.81*	-0.56±0.01	-0.5±0.51	1.00±0.25
1	0.47±0.24	0.21±0.01*	2.68±0.06	2.67±0.10	2.68±0.94	2.86±1.20	-0.03±0.17	-0.11±0.20*	-1.13±1.63	-1.83±1.57
10	1.22±1.43	0.46±0.33*	-0.38±1.68	1.01±1.81	0.01±0.13	0.69±0.99	1.40±0.41	1.27±0.29	-2.42±0.13	-2.77±0.43

*p < 0.05

표 2. 각 자극조건에 대한 자극전과 자극후의 ABR 과 ECoChG peak 발생시간

전류 강도 (mA)	ABR-I		ABR-III		ABR-V		ECoG-AP		ECoG-II	
	0.1	0.43±0.37	0.70±0.31*	2.73±0.21	3.31±0.29*	4.59±0.49	5.36±0.47*	2.3±0.01	2.38±0.01*	2.97±0.01
1	1.29±0.01	1.15±0.51	2.61±0.13	2.45±0.06	4.23±0.23	4.17±0.21*	2.34±0.01	2.343±0.01*	3.03±0.02	3.14±0.03*
10	1.15±1.06	1.21±0.01*	2.85±1.01	2.34±0.02	4.67±3.24	3.70±0.09	2.46±0.01	2.47±0.01*	3.11±0.01	3.14±0.02

*p < 0.05