

# 쥐의 척수에서 감각유발전위의 검출 및 분류

## Detection and Classification of Somatosensory Evoked Field Potentials in the Rat Spinal Cord

\*한성민<sup>1,2</sup>, 추준욱<sup>1</sup>, 최귀원<sup>1</sup>, 박종웅<sup>2</sup>, #윤인찬<sup>1</sup>

\*S. Han<sup>1,2</sup>, J.U. Chu<sup>1</sup>, K. Choi<sup>1</sup>, J.W. Park<sup>2</sup>, #I. Youn<sup>1</sup> (iyoun@kist.re.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술연구원 의공학연구소, <sup>2</sup>고려대학교 의과대학

Key words : Somatosensory, Evoked Field Potential, Spinal Cord

### 1. 서론

척수(spinal cord)는 척추관내에 위치하고 있으며, 대뇌와 몸 전체에 있는 말초신경을 연결해 주는 역할을 한다. 이러한 척수에 외상이 가해지거나 질병에 의해서 손상이 발생한 것을 척수손상(spinal cord injury, SCI)이라고 한다. 척수손상을 받게 되면 운동, 감각 및 자율신경 기능에 이상이 발생하게 되며, 한번 손상된 척수는 재생이 되지 않아 치료에 한계가 있다. 최근에는 이러한 한계를 극복하기 위해서 신경보철(neural prostheses)을 이용한 기능적 재생방법(functional restoration)이 연구되고 있다. 신경보철을 이용한 기능적 재생방법은 기능적 전기자극(functional electrical stimulation, FES)을 이용하여 척수손상으로 인하여 마비된 부위의 움직임을 조절하고 기능적 동작을 회복하는 것으로, 배뇨장애, 연하장애 등의 치료와 의수, 의족의 동작제어에 제한적으로 활용되고 있다. 이러한 치료에 있어서 가장 중요한 요소는 환자의 자발적인 의지에 의해서 운동기능의 조절을 가능하게 하는 것으로, 기능적 재생치료의 효과를 높이기 위해서는 감각정보의 되먹임을 통한 폐쇄 루프(closed loop) 제어가 필요하다. 감각정보의 되먹임을 통한 폐쇄 루프 제어를 위해서는 외부 자극에 의해서 유발된 감각 신경세포의 활동전위를 기록하고 분석하는 것이 필수적이며, 본 논문에서는 신경세포의 활동전위 분석을 위한 전처리 과정을 구현하게 위하여 쥐의 척수에서 외부 자극에 의한 감각유발전위를 검출하고 분류를 하였다.

### 2. 연구방법

#### 2.1 감각유발 전위 기록

척수의 감각 신경세포의 활동전위 기록은 digital data acquisition system (neuralynx, USA)을 사용하였고, 기록된 활동전위는 전치 증폭기 (Neuralynx HS-18)를 사용하여 1,000,000 배 증폭하였다. 활동전위의 기록은 32kHz 로 디지털화 하였고, 신경신호의 중심 주파수 대역을 고려하여 대역 통과 필터로 300 Hz 에서 5000 Hz 사이의 신호만 통과시켰다.

척수를 노출 시키기 위해서 마취된 쥐 (Sprague-Dawley rat)를 stereotaxic 에 고정한 후, 척추궁 절제술(laminectomy)을 실시하여 요추 4 번에서 6 번 사이의 척추궁을 제거 하였다. 신경신호 계측을 위한 전극은 1x16 배열로 구성된 다채널 전극(Neuronexus Technologies, Ann, Arbor, Mi)을 사용하였고, 전극의 직경은 30um, 전극간 간격은 100um, 1kHz 주파수에서 1-2Mohm 수준의 임피던스를 갖는다.

전극은 요추 5 번의 등쪽 뿔(dorsal horn) 2~4 번 층판(lamina)에 위치시켰고, 뒷 발바닥에 붓을 이용하여 기계적 자극을 가하는 동안 유발되는 감각 신경신호를 기록하였다.

### 2. 연구결과

#### 2.1 활동전위 파형 검출

기계적 자극에 의해 유발된 감각 신경세포의 활동전위 파형을 검출하기 위하여 기록된 원

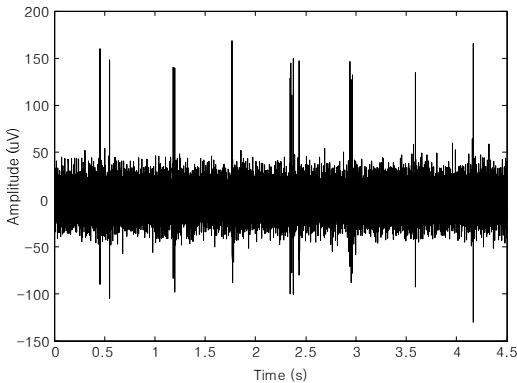


Fig. 1 Somatosensory evoked potentials

데이터에서 신호가 없는 잡음 부분의 절대값을 취한 후 평균의 5 배 값을 감각 신경세포 활동전위 검출의 역치값으로 정하였다. 일반적인 신경세포의 활동전위 지속 시간이 1ms 내외임을 감안하여 활동전위의 수집 간격을 1.6ms 로 정하였고, 활동전위의 수집률이 32kHz 이므로, 하나의 활동전위 파형은 50 개의 샘플 개수를 갖는다.

## 2.2 활동전위 파형 분류

활동전위 파형 검출을 통하여 얻은 70 개의 파형은 특징벡터로 변환되고, 주성분 분석을 통하여 얻어진 주성분 값에서 첫 번째 주성분과 두 번째 주성분을 이용하여 2 차원 평면에 투사하였다. 2 차원 평면에 투사되어 차원이 축소된 특징벡터는 3 개의 클러스터로 분리됨을 확인할 수 있었고, k=3 의 코드 벡터를 이용한 k-means 알고리즘을 사용하여 각 클러스터의 중심을 찾았다.

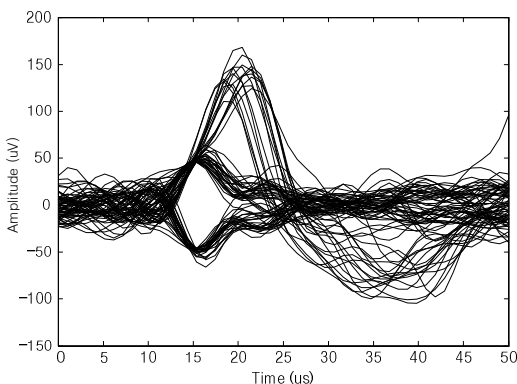


Fig. 2 Superimposed spike waveform

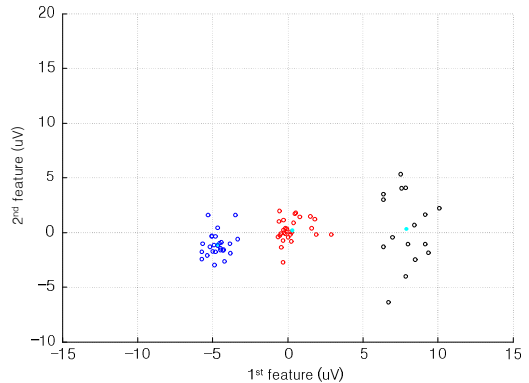


Fig. 3 Classification of three waveform

## 4. 결론

본 연구에서는 다채널 전극을 사용하여 외부자극에 의해서 유발된 척수 감각세포의 활동전위를 기록하고, 주성분분석을 통하여 세포별 활동전위를 분류하였다. 분류결과 외부 자극에 의해서 유발된 척수 감각 신경세포의 활동전위로부터 3 개의 구분되는 활동전위를 분류할 수 있었다.

## 후기

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단-미래유망 융합기술 파이오니어 사업(2010-0020811)과 한국과학기술연구원의 기관고유 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

## 참고문헌

1. Borisoff, JF., McPhail, LT., Saunders, TW., Brich, GE., and Ramer, MS., "Detection and Classification of Sensory Information From Acute Spinal Cord Recordings," IEEE Trans Biomed Eng, 53, 1715-1719, 2006.
2. Jin, GH., Lee, TS., and Goo, YS., "Waveform Sorting of Rabbit Retinal Ganglion Cell Activity Recorded with Multielectrode Array," Korean Society of Medical physics, 16, 148-154, 2005.
3. Prasad, A., and Sahin, M., "Characterization of Neural Activity Recorded from the Descending Tracts of the Rat Spinal Cord," Front Neurosci, 4, 1-7, 2010.