

# 피부에 가해지는 전하량과 유발 감각 사이의 정성적인 상관관계

## Qualitative Analysis of Electrically-Elicited Sensations Based on the Electric Charge Delivered to the Skin

\*황선희<sup>1</sup>, #강곤<sup>1</sup>, Jawshan Ara<sup>1</sup>, 송동진<sup>2</sup>, 안보영<sup>1</sup>, 박상혁<sup>2</sup>

\*S. H. Hwang<sup>1</sup>, #G. Khang(gkhang@khu.ac.kr)<sup>1</sup>, J. Ara<sup>1</sup>, T. Song<sup>2</sup>, B. Y. An<sup>1</sup>, S. H. Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 생체의공학과, <sup>2</sup>중원대학교 의용공학과

Key words : Electrically-elicited tactile sensation, sensory feedback

### 1. 서론

손에는 인체에서 가장 많은 감각수용기가 분포하고 있다. 따라서 손은 접촉하는 물체의 촉각 정보를 인체에 전달하기 위한 가장 중요한 신체 기관이다. 오늘날 사고나 질병으로 손 또는 손가락을 절단한 환자들을 위한 의수들은 단순하게 손의 모양을 만들어 주거나 물건을 잡고 이동하는 등의 기능보조수단에 지나지 않았다. 이러한 제품들은 의수를 착용한 사람에게 물체의 형태나 질감 등 감각에 관한 정보를 전달해주지 못한다. 따라서 의수를 착용한 사람에게 접촉하는 물체에 대한 감각 정보를 제공해줄 수 있는 감각 피드백 시스템을 포함하는 신경의수의 개발이 요구된다.

Kajimoto 등은 전기자극을 통하여 기계적감각수용기의 선택적 자극이 가능하다고 주장하였다. 또한 Echenique 등은 전기자극으로 감각신경을 자극하는 실험을 통하여 자극 펄스의 너비와 주파수에 따른 유발 감각의 변화에 대한 연구를 수행하였다. 이처럼 몇몇 연구자들이 감각을 유발하기 위한 자극 파라미터와 자극 방법에 대한 연구를 수행하여 왔지만, 지금까지 피부에 가해지는 전하량과 감각의 상관관계는 알려진 바 없다.

본 연구의 목적은 전기자극으로 감각을 유발함에 있어서 피부에 가해지는 전하량에 따른 유발 감각의 상관관계에 대하여 연구하는 것이다.

### 2. 방법

전기자극을 위하여 LabVIEW<sup>®</sup>(National

Instruments Co., Austin, Texas, USA)로 자극 파형을 생성 및 제어하고, 아날로그 출력 모듈인 NI 9263 을 이용하여 생성된 파형을 전압으로 출력하였다. 출력된 전압은 자체 개발한 자극기에서 전류로 변환되며, 표면전극을 통하여 정전류 모드로 자극하였다.

23 세에서 33 세의 건강한 젊은 성인 18 명이 실험에 참여하였다. 실험에 앞서 피실험자에게 실험 방법에 대해 충분히 설명하고, 참여 동의서에 서명을 받았다. 알코올솜을 이용하여 검지 손가락 끝을 닦아내고 손가락 전체에 습도를 일정하게 하기 위해 상온의 물에 10 초간 손가락을 담근 후, 전도젤을 고르게 발라주었다. 그 후 피실험자 검지 지문돌기의 중심이 자극 전극과 기준 전극 사이의 거리인 6mm 의 중앙에 위치하도록 하였다.

본 연구에서는 자극 펄스당 전하량(Charge per pulse, CPP)이 감각에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 단상음극구형파를 20Hz 의 자극 빈도로 펄스 너비를 Table 1 과 같이 고정하고, 전하량을 매 2.5 초마다 70nC 씩 증가시키면서 감각의 변화를 살펴보았다. 펄스 너비에 따라 증가하는 전하량의 크기를 동일하게 하기 위해 Table 1 처럼 2.5 초마다 펄스의 진폭을 증가시켰다.

Table 1 Current increments in difference pulse widths

Pulse Width	200us	500us	700us	1000us
Current Increment (mA)	0.35	0.14	0.1	0.07

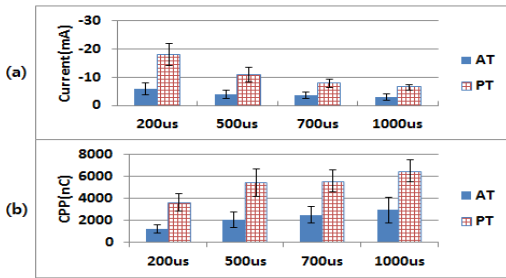


Fig. 1 Currents and CPP at AT and PT in different pulse widths

또한 단위시간당 주입되는 전하량이 감각에 미치는 영향을 살펴보기 위해 너비를 200us 로 고정하고, 20Hz, 50Hz 와 200Hz 의 자극 빈도에서 매 2.5 초마다 70nC(0.35mA) 씩 피부에 가해지는 전하량을 증가시키면서 감각의 변화를 살펴보았다.

자극 펄스의 진폭을 변화시키는 동안 임의의 감각이 나타나기 시작하는 순간을 감각역치(Activation threshold, AT), 통증이나 불편한 감각이 느껴지는 순간을 통각역치(Pain threshold, PT)라 정의하고, PT 에 도달한 순간 피실험자는 자극을 멈췄다. 또한 피실험자가 실험 중에 일어나는 감각의 종류와 강도의 변화 등을 실시간으로 서술하도록 하였다.

### 3. 결과 및 토의

전기자극 펄스의 너비에 따른 AT 와 PT 에서의 전류 값의 변화가 Fig. 1(a)에 나타나 있다. 펄스의 너비가 증가함에 따라 AT 와 PT 에서 전류의 세기는 감소한다. 반면 Fig 1(b)에서 보여지는 바와 같이 펄스의 너비가 넓어짐에 따라, AT 와 PT 에서 피부에 가해지는 전하량은 증가했다.

피부에 가해지는 전하량이 증가함에 따른 감각의 변화를 살펴보면, 피실험자 가운데 95.8%의 피실험자에서 간지러운 감각이 가장 먼저 유발되었다. 또한 간지러운 감각과

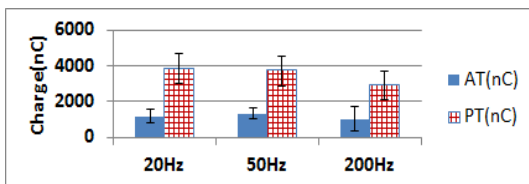


Fig. 2 Charges at AT and PT in different frequencies

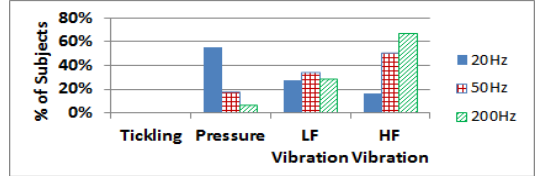


Fig. 3 Dominantly-elicited sensations in different frequencies

압력감각 및 저주파와 고주파 진동 감각의 유발되는 비율에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

반면 Fig. 2 에 나타난 것처럼 자극 펄스의 주파수에 따른 AT 의 차이는 없었고, PT 는 20Hz 보다 200Hz 에서 약 24.5% 낮게 낮았다. 하지만 Fig. 3 에서 보는 것과 같이 주파수의 변화에 따라 가장 지배적으로 나타나는 감각의 종류에서는 큰 차이를 나타냈다. 20Hz 의 저주파에서는 압력감각이 주된 감각이었던 것에 반해, 전기자극의 주파수가 증가할수록 진동감각의 유발이 두드러짐을 알 수 있다.

### 4. 결론

전기자극으로 유발된 감각의 강도는 시간당 전하량 즉 단위시간당 주어진 누적 전하량 보다 펄스당 전하량(CPP)와 밀접하게 연관되어 있다고 보여진다. 하지만 유발되는 감각의 종류는 자극의 주파수, 즉 단위시간당 주어지는 누적 전하량과 밀접한 관계가 있다.

### 후기

이 논문은 2012 년 교육과학기술부의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 <실감교류 인체감응솔루션> 글로벌프론티어 사업으로 수행된 연구임(NRF-2012M3A6A3056426).

### 참고문헌

1. Kajimoto, H., Kawakami, N., Maeda, T., and Tachi, S., "Electrocuteaneous Display with Receptor Selective Stimulation," Electronics and Communications in Japan, 85, 120-128, 2002.
2. Echenique, A. M., and Graffigna, J. P., "Electrical Stimulation of Mechanoreceptors," Journal of Physics: Conference Series, 2011.