

다채널 진동자극이 상지절단자 체성감각에 미치는 영향

Effect of Multi-Channel Vibration Stimulation on Somatosensory Sensibility of Transradial Amputee

*,#배태수, 김형재, 김솔비, 장윤희, 김신기, 문무성

*,#T. S. Bae(bmebae@korec.re.kr), H. J. Kim, S.B. Kim, Y.H. Chang, S.K. Kim, M. S. Mun
근로복지공단 재활공학연구소

Key words : Multi-channel stimulation, Somatosensory sensibility, amputees

1. 서론

절단장애인의 경우 의지나 의족 등과 같은 재활보조기기를 사용함으로 소실된 신체 부위의 기능을 대체하고 있으며, 마비환자나 고령자의 경우에도 휠체어나 보행 보조기기 등을 이용하여 움직임과 이동의 불편함을 기능적으로 대체하고 있을 뿐이다. 지금까지 이들을 위한 Prosthesis 기반의 재활보조기구들은 장애인들의 신체나 기능을 대신하는 정도, 즉 기능적 회복에 주안점을 두고 대다수의 연구가 수행되었다. 그러나 외부자극에 대하여 느낄 수 없음으로 인해 기능적 재활에의 관심도 저하될 수 밖에 없었고, 장애인들의 삶의 질과 삶의 만족도도 떨어질 수 밖에 없었다. 관절기능 이상이나 근력약화의 경우 외골격 구조의 wearable suit 등과 같은 의지(Prosthesis)를 착용함으로 일상생활 동작시 근력을 지원하고 관절부하를 경감시켜 주는 여러 기술들이 소개되고 있으나, 둔화된 피부의 잔존감각을 보강하거나 소실된 감각을 전달해 주는 기술은 찾아보기 어렵다. 따라서 잔존감각(Residual sensibility)을 통해 외부환경의 변화에 즉각적으로 반응하고, 고령자 및 장애인의 일상생활과 재활과정에서의 효율성을 제고하기 위해서는 외부자극에 대하여 피부의 잔존감각 특성을 파악하는 것이 필요하다.

본 연구의 목적은 정상인과 상지절단자를 대상으로 다채널 진동자극시스템을 이용하여 주파수 변화에 따른 진동자극세기의 변화가 정상인 및 상지절단자의 상완 부위의 체성감각에 어떤 영향을 주는지를 분석하고자 하였다.

2. 다채널 진동자극시스템

구축된 진동자극시스템은 크게 진동자극부, 자극설정부, 그리고 자극반응부로 나누어서 구성하였다. 먼저 자극인가부는 탄성밴드 상에 8개의 햅틱진동소자가 배열되어 제작된 신체고정지그와 자극제어보드로 구성되어 있다. 8개의 햅틱진동소자는 신체의 해부학적 중심을 기준으로 내측(채널 5~8)과 외측(채널 1~4)에 각각 4개씩 배치되도록 구성하였으며, 설치된 진동소자들은 자극제어보드를 통해 개별제어가 가능하도록 하드웨어를 구성하였다. 자극설정부에서는 임상실험시 필요한 임상 프로토콜을 설정하는 부분으로써 자극채널 설정, 자극단계 설정, 자극증가/감소량 설정, 자극시간 설정, 자극패턴 구성 등으로 구성되어 있다. 마지막으로 인가된 자극에 대한 피검자의 반응을 획득하는 자극반응부에서는 피검자의 주관적 판단을 정량화하기 위하여 인가된 자극에 대하여 자극이 없을 때는 zero로 표현하고, 그 외의 경우에 대해서는 최소자극 1에서 최대자극 10으로 구별하여 개별적으로 반응할 수 있도록 버튼식 반응장치를 구현하였다.(Fig. 1)

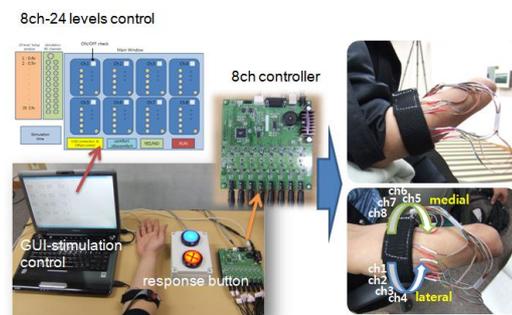


Fig. 1 Experimental setup with vibrotactile actuators

3. 임상실험

본 연구는 정상인 10 명(남 5 명, 여 5 명)과 상지 전완부(forearm) 절단자 1 명을 대상으로 실험을 실시하였으며, 측정부위는 근전전동의 수 착용자의 잔존 단단부 길이가 전완부의 35%~55% 정도임을 감안하여 동일한 부위-주관절 근위부에서 원위부 방향으로 25% 지점에서 정상인과 상지절단자를 대상으로 각각 임상실험하였다. 구동전압이 0.6V~3.6V 로 변하는 증저주파 영역용 햅틱소자(180Hz ~330Hz)를 이용하여 실험하였으며, 신체 피부의 진동자극에 대한 민감성을 고려하여 200Hz ~250Hz 를 포함하는 200Hz, 227Hz, 232Hz, 238Hz 의 4 가지 주파수 대역을 대표적으로 측정하였다.

4. 실험결과

동일한 자극에 대하여 상지절단자와 정상인들 간의 반응 차이를 분석해 보았을 때, 진동자극의 크기가 200Hz 에서 238Hz 로 증가함에 따라 모든 군에서 자극반응 정도가 전반적으로 증가하는 것으로 나타났다. 정상인 여자군에서는 전반적으로 모든 채널에서 골고루 자극 반응 정도가 증가하는데 반해, 정상인 남자군과 절단자군에서는 편중되어 반응하는 것으로 나타났다. 특히 절단자군에서는 232Hz 와 238Hz 에서의 반응이 정상인과는 다르게 232Hz 에서의 자극반응 정도가 238Hz 일 때보다 더 크게 나타났다.(Fig. 2)

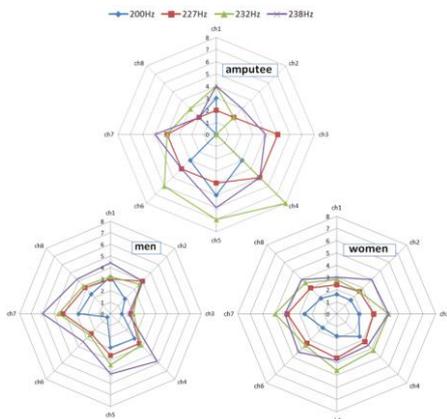


Fig. 2 Subjective response for vibration stimulation

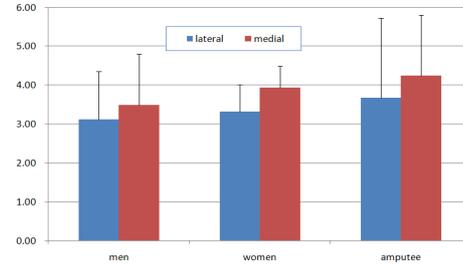


Fig. 3 Somatosensory sensibility between medial and lateral part of forearm.

내측(채널 5-8)과 외측(채널 1-4)의 자극반응 정도를 비교해 보았을 때 내외측 모든 경우에 있어서 절단자군, 여자군, 그리고 남자군순으로 자극반응 정도가 큰 것으로 나타났다. 또한 모든 군에서 외측부위보다는 내측부위에서 보다 많은 자극반응이 큰 것으로 나타났다.(Fig. 3)

5. 결론

본 연구를 통하여 다채널 진동자극시스템을 이용하여 주파수 변화에 따른 다단계 진동 자극이 상지절단자의 체성감각에 어떤 영향을 주는지를 분석해 보았을 때 자극크기와 자극반응 정도는 어느 정도 비례적관계를 확인할 수 있었으며, 자극크기 변화에 따른 신체 부위의 반응 정도 평가에서는 외측보다는 내측부위에서 보다 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

후기

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0020447).

참고문헌

1. Bartlett G et al., "Normal distributions of thermal and vibration sensory thresholds," Muscle and Nerve, 21(3), 367-374, 1998.
2. Louise G et al., "Quantitative sensory testing:effect of site and pressure on vibration thresholds," Clinical Neurophysiology, 111, 1066 - 1069, 2000.