

자기공명 환경에서 사용 가능한 압감 및 온감 촉각 자극기의 개발

Development of MR-compatible Pressure- and Thermo-Tactile Stimulator

김형식, 최미현, 연홍원, 윤희정, 김현주, 이인화, 이정환, 정순철*

건국대학교 의료생명대학 의학공학부, 의공학 실용기술 연구소

Key words: MR-compatible, Tactile Stimulator, Pressure, Temperature

1. 서론

촉감의 지각 및 인지에 대한 기전을 규명하기 위하여 생리학, 신경과학, 심리학, 인지과학 등의 분야에서 다양한 방법을 이용하여 연구가 수행되고 있다. 이 방법들 중 기능적 자기공명 영상(functional Magnetic Resonance Imaging; fMRI) 기법은 촉감 자극에 따른 뇌의 활성화 위치와 활성화 정도를 정량화 할 수 있기 때문에 지각 및 인지 특성 규명 연구에 많이 사용되고 있다(Belton, J. P., 2011). 이 기법은 자기공명 영상장치를 이용하기 때문에 촉감을 발생시키기 위한 자극기가 자기공명 영상장치의 영향을 받지 않고 안정적으로 동작하여야 하며 동시에 자기공명 영상에 영향을 끼치지 않아야 한다. 또한 자극의 형태(modality), 자극의 크기, 시간, 접촉 면적 등에 따라 촉각에 반응하는 뇌의 활성화 크기, 영역 등이 달라지기 때문에(Lynette, A. J., 2008) 이러한 연구들이 성공적으로 수행되기 위해서는 자극 변수들을 정확하고 정량적으로 제어 할 수 있고 동시에 자기공명 환경에서 사용할 수 있는 촉각 자극기의 개발이 필수적이다. 자기공명 환경에서 압감과 관련된 fMRI 연구는 본 프레이 필라멘트(von frey filament), 공기 분사, 커프(cuff) 등의 방법을 이용하였다. 본 프레이 필라멘트를 이용한 방법은 정량적으로 압감을 제시할 수 있었지만 넓은 면적을 자극할 수 없었고, 시스템의 구조가 복잡하였다. 공기 분사형 방법은 공압을 이용하여 압축 공기로 자극하는 방법으로 인체의 자극 위치와 면적에 제한 없이 자극 제시가 가능하였으나 자극 해상도가 매우 떨어졌고 시스템의 크기가 매우 컸다. 커프를 이용한 방법은 시스템의 구성이 간단하고 강한 압감을 넓은 면적에 제시할 수 있었으나 손가락과 같은 좁은 면적에 압감을 제시할 수 없었다. 온감과 관련된 fMRI 연구는 펠티어 소자(peltier element)를 이용하였다. 펠티어 소자를 이용한 방법은 펠티어 효과(peltier effect)를 이용하여 간단히 온도를 제시할 수 있기 때문에 대부분의 연구에서 사용되고 있다.

2. 연구목적

본 연구에서는 자기공명 영상장치 내부에서 손가락의 마디에 압감과 온감을 제시할 수 있는 간단한 시스템을 개발하고자 한다. 압감 제시는 신생아 혈압 측정용 소형 커프를 이용하였고, 온감 제시는 소형 펠티어 소자를 이용하였다.

3. 연구 방법

그림 1 에 압감 및 온감 자극기의 전체 구성을 나타내었다. 개발된 자극기는 제어부, 드라이브 부, 구동기로 구성된다. 제어부와 압감 드라이브 부는 자기공명 차폐실 외부에 위치하고, 온감 드라이브 부와 압감 및 온감 구동기는 차폐실 내부에 위치한다.

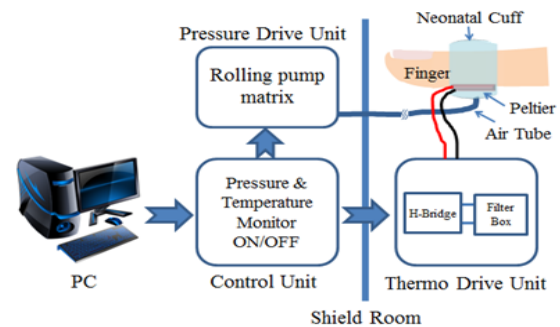


그림 1. 압감 및 온감 자극기의 전체 구성

제어부는 압감과 온열감의 자극 파라미터를 제어 하고, 자기공명 영상장치와 동기화 기능을 수행한다. 주 제어장치는 AVR 계열의 범용 8 비트 마이크로 컨트롤러 ATMEGA128 을 사용 하였다. 이 컨트롤러는 4.5~5.5 [V]의 동작 전압 범위와 8 채널 10 비트의 아날로그-디지털 변환기, 8 비트와 16 비트의 타이머/카운터 기능 등을 내장하고 있다. 자극 파라미터는 PC 에 설치된 E-Prime 소프트웨어를 이용하여 제어할 수 있고, 또한 사용자는 제어부의 버튼을

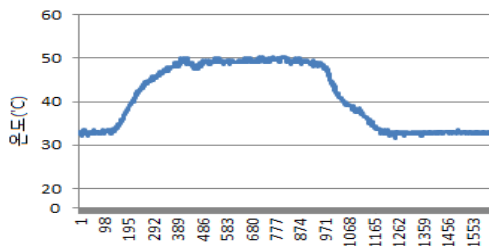
이용하여 직접 자극 파라미터를 입력할 수 있으며, 문자형 액정 표시장치를 통하여 현재 상태를 확인할 수 있다.

압감은 비관혈적 혈압측정(non-invasive blood pressure; NIBP)용 커프를 이용하여 손가락 각 마디에 제시 하였다. 커프에 공기를 주입하기 위하여 상용 혈압계에서 사용하는 롤링 펌프(rolling pump)를 이용하여 공기압을 발생하였고, 롤링 펌프와 솔레노이드 밸브를 제어하여 일정한 공기압을 발생 시키도록 하였다. 커프의 압력은 33A-010G-2210 압력센서(Smate, Taiwan)와 마이크로 컨트롤러에 내장된 analog-to-digital converter (ADC)를 이용하여 사용자에게 의하여 미리 설정된 압력 값과 비교하여 솔레노이드 밸브를 제어 함으로서 일정한 압력을 유지할 수 있도록 하였다.

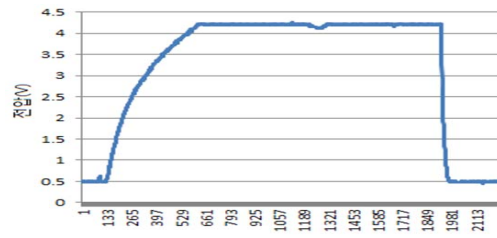
온감은 펠티어 소자를 이용하여 제시할 수 있도록 하였고, 15 × 15 [mm²] (가로 × 세로)의 크기의 펠티어 소자를 벨크로(velcro)를 이용하여 손가락 마디에 부착할 수 있도록 하였다. Digital-to-Analog converter (DAC) DAC7754 (Texas Instruments, USA)를 이용하여 이로부터 출력되는 전압의 크기에 따라 온감 자극을 발생 시킬 수 있고, 정밀 아날로그 온도센서인 LM35 (National Semiconductor, USA)로 온도 보정을 실시하여 정확한 온감 자극을 제시할 수 있도록 하였다. 펠티어 소자와 온도 센서를 인터페이스 하기 위한 신호들은 자기공명 영상 촬영 시 무선 주파수(radio frequency; RF) 와 경사(gradient) 필스에 의해 유도되는 전류로부터 드라이브 부를 보호하기 위해 구성된 필터 박스를 통과하도록 하였다.

4. 연구 결과

개발된 압감 및 온감 자극기의 자기공명 적합성을 확인하기 위하여 자극기가 없을 때, 자극기가 있을 때, 자극을 발생시킬 때 각각의 경우에 대한 원통형 팬텀의 자기공명 영상을 획득하고 신호대 잡음비를 계산하였다. 그 결과 각각의 신호대 잡음비는 194, 195.4, 193.5 로 거의 차이가 없어 자기공명 환경에서 사용이 가능하였다. 압감 및 온감 자극기가 자기 공명 환경에서 안정적으로 동작하는지를 확인하기 위하여 자기공명 영상을 획득하면서 압력 센서와 온도 센서의 출력 신호를 기록하였다.



(a)



(b)

그림 2. 자기공명 영상장치 내에서의 동작
(a)온감 자극 (b)압감 자극

입력한 자극 파라미터에 따라 안정적으로 동작하였으며 설정된 온도와 압력을 유지하는 조정 기능도 안정적으로 동작하는 것을 확인하였다(그림 2).

5. 결론

본 연구에서는 자기공명 환경에서 정량적이면서도 안정적으로 손가락에 압감과 온감을 제시할 수 있는 촉각 자극기를 개발하였다. 개발된 시스템은 구성이 간단하고 사용이 간편하기 때문에 뇌과학, 신경과학, 행동과학 등의 다양한 분야에서 정량적으로 촉감의 지각적 인지적 특성을 규명하는데 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 미래유망 융합기술 파이오니어사업으로부터 지원받아 수행되었습니다(2011-0027920).

참고문헌

Belton, J. P., Vidailhet, N., Bourdain, F., Ducorps, A., Schwartz, D., Delmaire, C., Lehericy, S., Renault, B., Gamero, L., Meunier, S. (2011). Somatosensory cortical remodelling after rehabilitation and clinical benefit of in writer's cramp. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 82(5), 574-577.

Lynette, A. J., Nadine, B. S. (2008). Tactile Displays: Guidance for their design and application. *Human Factors*, 50(1), 90-111.