

# 인체 선형운동 지각에 대한 잡음가진의 영향

## Effect of mechanical noise stimulation for human linear motion perception

\*이용우<sup>1</sup>, #박수경<sup>1</sup>

\*Y. W. Yi<sup>1</sup>, #S. K. Park(sukyungp@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국과학기술원 기계항공시스템공학부

Key words : Motion perception, Somatosensation, Posture balance, Sensory deficit, Stochastic resonance

### 1. 서론

인체 자세 및 운동 제어 기저는 다양한 감각기관들의 정보를 종합하여 사용한다. 눈이나 전정기관 그리고 체성 감각과 같이 여러 가지 감각기관들은 인체 운동 상태에 대한 감각 정보들을 수집하여 이를 중추 신경계로 보낸다. 중추 신경계에서는 이 정보들을 바탕으로 현재 운동 상태를 파악하고 이를 바탕으로 현재 상태에 적합한 대응 운동을 하게 된다. 이때, 종합 처리된 감각 정보를 운동 지각이라 한다. 이처럼 운동 지각은 단일 감각 정보가 아닌, 둘 이상의 정보들이 포함되는 경우가 많기에 운동 지각의 정량적인 측정은 쉽지 않다. 그러나 이러한 운동 지각을 바탕으로 대응 운동을 하게 되므로 운동 지각의 평가는 중요하다. 즉, 운동 지각이 저하되었을 경우 외부 환경에 대한 대응 능력 또한 떨어지게 되어 균형 저하를 유발한다. 따라서 운동 지각 능력을 측정할 수 있으면 균형 능력을 평가할 수 있기에 운동 지각을 측정하고자 하는 노력은 여러 가지로 시도되어 왔다.

운동 지각을 측정을 위한 가장 일반적인 방법은 지각 가속도의 역치를 측정하는 것이다. 이때 운동과 관련된 감각 정보 중 가장 주요한 감각인 시각을 제외한 전정감각이나 체성감각의 특성을 알아보는 연구가 이루어져 왔다. 이와 관련된 연구 중 하지의 체성감각이 운동 지각에 크게 연관 되어 있다는 보고가 있다 [1-3]. 이와 관련하여 본 연구진에서도 하지 체성 감각 중 발바닥 압각이 운동 지각에 주요한 역할을 담당함을 밝힌바 있다 [4,5].

체성 감각과 관련하여 최근 잡음을 이용하여 체성 감각을 향상시킨 연구 결과가 보고되었다 [6]. 일반적으로 잡음 신호는 신호 탐지에 있어서 부정적인 영향을 끼치지만, 일정 조건 하에서 특정한 크기의 잡음 신호는 오히려 신호 전달을 증폭시켜 주는 현상이 발견되었다. 이와 같은 현상을 잡음 공명 현상이라 일컫는데, 이를 바탕으로 기계적 잡음을 사용하여 압각이나 진동 감각의 민감성을 향상을 이끌어 내었다 [7].

상기와 같은 연구 결과들로부터 잡음 가진은 체성감각의 향상을 이끌어 낼 수 있고, 체성 감각은 운동지각에 주요한 역할을 하므로, 잡음 가진을 이용하여 운동 지각을 향상 시킬 수 있을 것이라 유추할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 가설 하에, 이를 검증하기 위해 발바닥에 잡음 가진을 가하여, 이때의 운동 지각 역치의 변화를 관찰하였다.

### 2. 실험

실험 참가에 동의한 24세에서 27세 사이의 건강한 남성 자원자들을 대상으로 실험을 수행하였다. 피험자들은 설문을 통하여 운동 능력 및 균형 기능에 관련된 이상 병력이 없음을 확인하였다. 또한 피험자들은 본교 생명윤리위원회의 승인을 받은 실험 참가 동의서를 숙지 후 동의 서명 하였으며, 실험 중 발생 가능한 잠재적 위험 요소들에 대하여 충분한 사전 교육 후 실험에 임하였다.

실험 조건은 다음과 같다. 기준으로 사용하기 위하여 어떠한 조치도 취하지 않은 통제 조건(CC)과 발바닥 압각의 감소에 의한 지각 역치 변화를 알아보기 위하여 우레탄 패드를 사용한 제한 조건(RC), 그리고 잡음 진동 가진에 의한 체성 감각 향상에 따른 역치 변화를 관찰하기 위한 잡음 조건(NC) 이렇게 세 가지 조건으로 구성되었다. 우레탄 패드를 사용에 따른 발바닥 압각의 감소는 선행 연구를 통하여 검증하였다. 잡음 조건(NC)에 사용

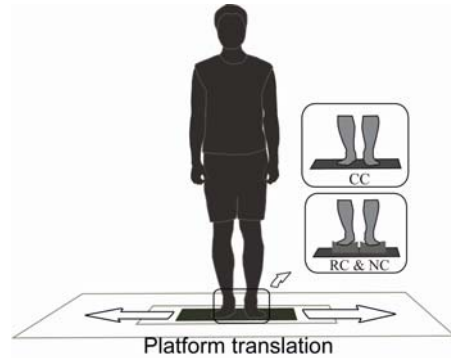


Fig. 1 Experimental setup

잡음 신호는 백색잡음을 500Hz에서 저대역 필터링을 하여 사용하였다. 사용한 가진의 크기는 본 실험 전에 한계법(Method of limits)을 사용하여 가진을 느낄 수 있는 진동 역치를 구하고, 이 역치의 90% 수준의 가진을 실험 시에 사용하였다 [8]. 각 실험 조건은 6회씩 반복하였으며 피험자의 피로를 방지하기 위하여 실험 사이에는 5분간의 휴식을 제공하였다. 또한 실험은 발바닥 감각에 조처를 취하는 것이므로 모든 조건에서 맨발로 수행하였다.

0.25Hz의 단일 정현파형 가속도를 실험 자극으로 사용하였다. 각 자극의 최대값의 크기는 0-8mG 범위로 이를 16 단계로 나누었다. 이러한 가속도 자극은 피험자가 올라서있는 실험용 플랫폼 지지면의 병진 운동으로 피험자에게 제공되었다. 피험자는 플랫폼 위에서 직립한 상태로, 무선적으로 배열된 왼쪽 또는 오른쪽 방향의 자극에 대하여, 자신이 지각한 방향을 응답 할 것을 지시 받았다. 2AFC(2 Alternatives Forced Choice) 방법으로 계획되었으므로 피험자는 반드시 주어진 두 개의 응답중 하나를 선택하도록 하였다. 실험 중에는 시각의 영향을 없애기 위하여 피험자의 눈을 감도록 하였고 실험실 또한 소등하였다.

이를 통해 얻어진 결과는 각 실험 조건 당 6회씩 수행하였으므로 각각의 실험 자극 크기에 대하여 6회 중 올바른 응답 비율로 나타낼 수 있다. 이를 정신물리 함수로 곡선 맞춤을 하여 올바른 응답 비율이 75%일 때의 자극 크기를 그 실험 조건의 역치로 정의 하였다.

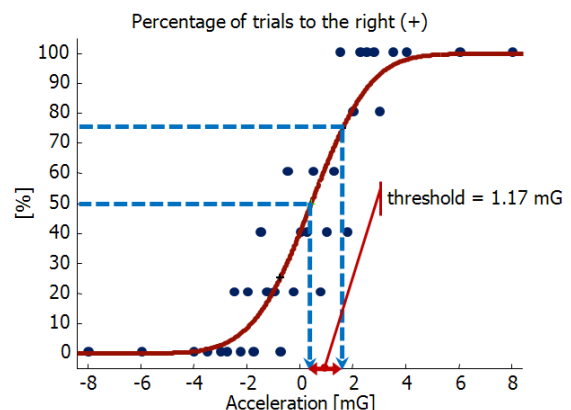


Fig. 2 Psychometric function in 2AFC and threshold

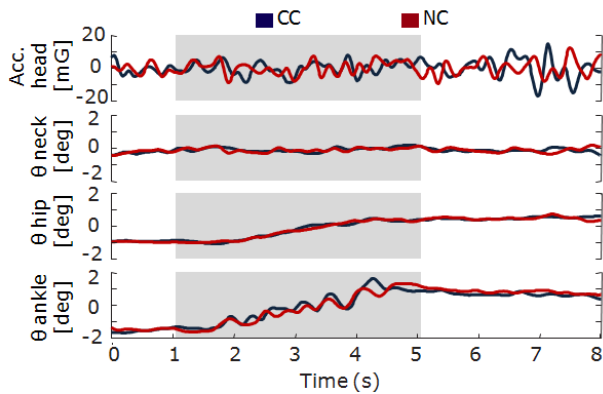


Fig. 3 Changes of joint angle and head acceleration

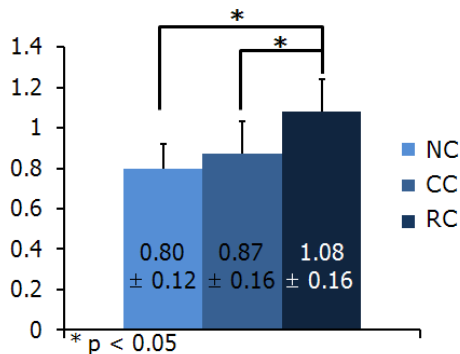


Fig. 4 Motion perception threshold of each condition

### 3. 결과

먼저 본 실험을 통하여 도출된 실험 결과가 발바닥 압각 제한 및 향상에서 기인한 것인지, 또는 전정 기관이나 발바닥이 아닌 그 외의 체성 감각에서 기인한 것인지 알아보기 위하여 실험 과정중의 인체 움직임을 모션 캡처 장비를 이용하여 분석하였다. 피험자는 직립 자세를 유지하도록 요구 받았으므로 이상적으로는 허리 및 목 관절의 각도 및 머리의 가속도 변화가 없어야 한다. 이 결과는 Fig 3 에서와 같이 각 조건 사이에 차이가 없었으며, 추가적으로 행한 통계적 검정에서도 유의하지 않았다. 따라서 본 실험의 결과는 발바닥 감각에 대한 실험 조처에 따른 것임을 검증할 수 있다.

각 조건 사이의 실험 결과는 Fig 4 와 같다. 발바닥 압각이 둔해지면(RC), 일반적인 경우에 비하여(CC) 지각 역치가 증가하며, 그 증가는 통계적으로 유의함을 확인할 수 있다. 따라서 발바닥 압각이 운동 지각에 기여함을 확인할 수 있다. 제한 조건(RC)과 통제조건(CC)에서의 유의한 변화와는 달리 잡음 조건(NC)에서는 통제조건(CC)에 비하여 역치가 감소하긴 하였으나 그 차이가 유의하지는 않았다. 이는 피험군이 건강한 젊은 남성들이었기 때문인 것으로 유추 된다. 통제 조건(CC) 하에서 이미 높은 수준의 발바닥 압각 민감성을 가지고 있었으므로, 잡음 가진을 이용한 향상 효과가 미진하였기 때문이다. 발바닥 압각을 둔하게 한 제한 조건(RC)과 비교하여서는 유의하게 감소한 결과가 이를 뒷받침한다.

### 4. 결론

본 연구에서는 발바닥 체성 감각의 변화에 따른 선형 운동 지각의 변화를 분석하였다. 이를 위해 발바닥 체성 감각이 저하된 상태를 모사하기 위하여 우레탄 패드를 이용하여 발바닥 압각을 둔화시켰고, 이는 운동 지각의 저하로 이어짐을 확인하였다. 또한 잡음 가진을 이용한 체성 감각을 향상을 통해, 운동 지각 역시 향상 될 수 있다는 가능성을 보였다. 이 같은 운동 지각 향상 효과는 하지 체성 감각 저하로 자세 균형 능력이 저하된 노인군이나 신경 병변 환자군에 유용하게 사용될 수 있다.

### 후기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0083670)

### 참고문헌

1. Bringoux, L., et al., "Perception of slow pitch and roll body tilts in bilateral labyrinthine-defective subjects," *Neuropsychologia*, 40(4), 367-372, 2002.
2. Fitzpatrick, R. and McCloskey, D.I., "Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans," *J Physiol*, 478, 173-186, 1994.
3. Hlavacka, F., Mergner, T. and Bolha, B., "Human self-motion perception during translatory vestibular and proprioceptive stimulation," *Neurosci Lett*, 210(2), 83-86, 1996.
4. 이용우, 박수경, "하지 체성 감각이 선형 운동 지각에 미치는 영향," *대한기계학회 논문집 A권*, 31, 686-693, 2007.
5. Yi, Y., Park, S., "Effect of reduced cutaneous cues on motion perception and postural control," *Exp Brain Res*, 195, 361-369, 2009.
6. Khaodhiar, L., et al., "Enhancing sensation in diabetic neuropathic foot with mechanical noise," *Diabetes Care*, 26(12), 3280-3283, 2003.
7. Collins, J.J., et al., "Noise-enhanced human sensorimotor function," *IEEE Eng Med Biol Mag*, 22(2), 76-83, 2003.
8. Priplata, A.A., et al., "Vibrating insoles and balance control in elderly people," *Lancet*, 362(9390), 1123-1124, 2003.