

# 지지면의 수평 진동에 따른 동적 자세 제어 특성에 관한 연구

## Study on Characteristic of Dynamic Postural Control during Horizontal Translation of the Support Surface

\*오기영<sup>1</sup>, 박용근<sup>2</sup>, #권대규<sup>3,4</sup>, 김정자<sup>3</sup>, 김남균<sup>4</sup>

\*G. Y. Oh<sup>1</sup>, Y. J. Piao<sup>2</sup>, #T. K. Kwon<sup>3,4</sup>(kwon10@chonbuk.ac.kr), J. J. Kim<sup>3</sup>, N. G. Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 전북대학교 대학원 헬스케어공학과, <sup>2</sup> 전북대학교 대학원 의용생체공학과, <sup>3</sup> 전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부  
<sup>4</sup> 고령친화복지기기연구센터

Key words : Postural control, Balance, Perturbation, Motion base, Horizontal translation

### 1. 서론

자세 균형(postural balance)이란 외력, 즉 중력에 대해서 체위를 주어진 환경 내에 자신의 지지면 위에 신체 중심을 유지하는 능력이다. 신체의 안정성과 독립성을 위해 필수적인 자세 균형은 시각계, 체성감각계, 그리고 전정계로부터의 신경 정보들을 바탕으로 중추신경계에서 중력과 환경에 대해 공간 내에서 인체의 위치나 동작을 원하는 대로 조절함으로써 이루어지게 된다[1]. 자세의 균형과 안정성을 유지하는 것은 여러 감각계와 관절, 근육과 뼈들에 의해 위치가 조정되는 복잡한 과정으로 균형을 유지하기 위해서는 무게중심(center of mass; COM)과 압력중심(center of pressure; COP)을 지지면(base of support) 내에 위치시켜야 하며 적절한 근육의 작용이 요구된다.

이러한 자세 균형과 관련되어 최근에 낙상에 대한 균형회복 과정 및 전략(strategy)을 이해하기 위한 연구가 진행되고 있다. 신체의 균형을 유지하기 위한 전략은 발목관절 전략(ankle strategy), 고관절 전략(hip strategy), 그리고 통합전략(combined strategy)으로 나타낼 수 있다. 발목관절은 거의 고관절의 신전 없이 발목 주위를 앞뒤로 움직이는 것을 말하고, 고관절 전략은 엉덩이를 앞뒤로 움직이며 균형을 유지하는 것을 말하며, 일반적으로 이 두 가지 전략이 함께 동원된다[2]. Nashner[3]은 일반적으로 직립 상태의 플랫폼의 동요 시 고관절의 신전 없이 발목을 움직여서 균형을 유지하고 빠른 속도로 플랫폼을 동요시킬 때에는 주로 통합전략을 이용하여 균형을 회복한다고 보고하였다. Winter[4]은 전후방향의 동요를 보상하기 위해 머리의 무게중심과 신체의 무게중심은 발목전략 동안 같은 방향으로 전방 또는 후방으로 이동시키며 고관절 전략은 발목 전략만으로 충분한 보상이 일어나지 않을 때 일어난다고 보고하였다. 지지면에 움직임을 주어 균형 회복 과정 및 전략을 이해하기 위한 연구가 진행되고 있으나 지지면의 주파수에 따른 연구는 아직 미미한 실정이다.

본 연구에서는 지지면을 전후 방향으로 움직였을 때 주파수의 변화에 따른 인체 관절 운동을 측정함으로써 이에 따른 동적 자세 균형에 대한 인체 응답 특성을 고찰하고자 한다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 연구대상

피험자는 최근 1년 동안 근골격계나 신경근육계에 손상이 없는 청년층 남자 5명(평균 연령 25.8±1.3세, 평균 신장 174.4±3.4cm, 평균 체중 67.8±5.7kg)을 대상으로 임상실험을 실시하였다. 이들은 신경학적 질병 및 전정기관의 이상이 없으며, 정상 근골격 기능을 가지고 있다. 또한 이들 모두는 실험 전 실험 목적을 제외한 실험 절차에 대해 충분히 설명 한 후 진행하였다.

#### 2.2 실험 장치

본 연구에서는 동적 자세 균형에 관해 Fig. 1과 같이 실험을 수행하였다. 본 실험은 6축 모션베이스(DSMP606, Simulink Co.), APAS 3D 동작 분석 시스템(Ariel Dynamics Inc.)으로 구성되어 있다. 모션베이스(motion base)는 6축으로 서로 직각인 3방향의 직선 운동과 서로 직각인 3축을 기준으로 주파수와 지지면의 이동거리를 조절하여 30Hz의 샘플링율(sampling rate)의 전후 움직임을 가진 시켜주는 시스템으로 구성되어 있다. 모션베이스의 지지면은 가로

1.55 m, 세로 1.35 m로 피험자는 지지면의 중심에서 있게 되고 피험자의 중심을 기준으로 전후 방향 움직임을 준다. 3차원 동작분석 실험은 실험 장면을 촬영하기 위한 비디오카메라와 피험자의 몸에 부착된 마커의 주출을 용이하게 하기 위한 특수 조명, 피험자의 동작분석을 위한 마커(marker), 그리고 비디오테이프(video tape)의 촬영 영상을 컴퓨터로 전송시키기 위한 비디오 레코더(video recorder), 실영상과 촬영된 영상의 연관성을 위한 보정 도구(calibration tool)와 고정 점(fixation point) 등 하드웨어로 구성된다. 피험자의 관절 움직임은 두 대의 카메라로 관찰 되었고 이것의 샘플링율은 60Hz이다.

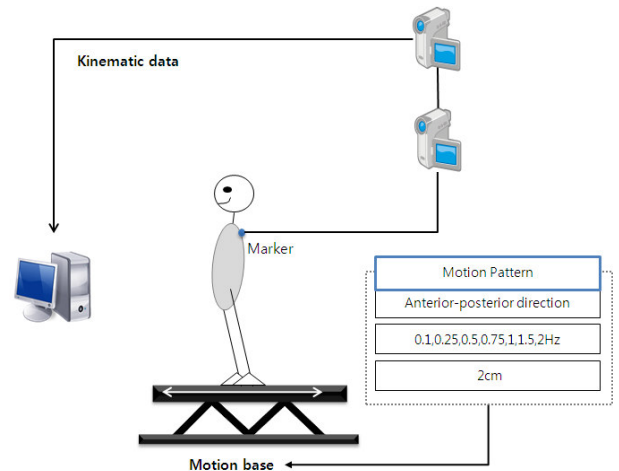


Fig. 1 Block diagram of dynamic postural control experiment using a motion base system.

#### 2.3 실험 절차

실험은 주파수와 모션 베이스 움직임 패턴을 매개변수로 하였고 인체의 뒤쪽에 머리, 가슴, 엉덩이, 왼쪽 무릎, 오른쪽 무릎, 왼쪽 발목, 오른쪽 발목의 총 7개의 마커를 부착한 후 각 마커의 움직임을 분석하였다. 각각의 실험에서 전후 방향의 가진 주파수는 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2Hz이고 모션 베이스 지지면의 이동거리는 2cm로 구현하였다. 실험은 3번씩 반복 하였으며 실험 순서는 랜덤하게 시행하였다.

실험은 눈을 뜬 상태로 진행 되었으며 실험에 집중하기 위해 피험자의 시선을 정면의 타겟(target)에 고정시키고 팔은 가슴을 가로 질러 접게 하며 양 발은 20cm로 벌리게 하였다. 또한 마커의 반사율을 높이기 위해 방을 어둡게 하였다.

#### 2.4 실험 분석

실험은 25초씩 시행하였으며 분석은 앞뒤 2.5초를 제외한 20초만 하였다. 각 마커의 움직임의 이동 길이와 FFT분석을 통해 동요 주파수에 대한 중간 주파수(medial frequency)를 분석하였다.

### 3. 결과 및 토의

Fig. 2는 지지면이 전후 방향으로 움직일 때 20초 동안 동적 자세 균형 응답을 중간 주파수로 나타낸 그래프이다. 가로축은 모션 베

이스에 인가한 동요 주파수이고 세로축은 각 마커의 중간 주파수이다. 발목과 무릎은 주파수가 증가할수록 중간 주파수 값이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 지지면과 가까운 곳에 위치한 발목과 무릎이 동요 주파수와 거의 동일하게 움직이는 것을 알 수 있었다. 머리와 가슴은 0.5Hz에서 최고점(peak value)이 나타나고 엉덩이는 0.75Hz에서 최고점이 나타남을 알 수 있었다. 최고점은 균형을 관여하는 감각상의 피드백으로 얻어진 것 또는 생물학적 자연스러운 주파수로 설명 할 수 있다[5].

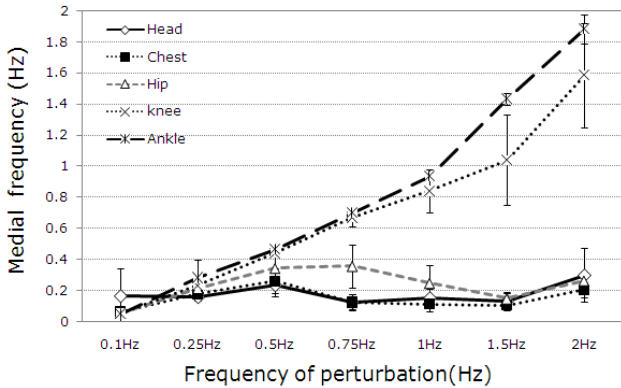
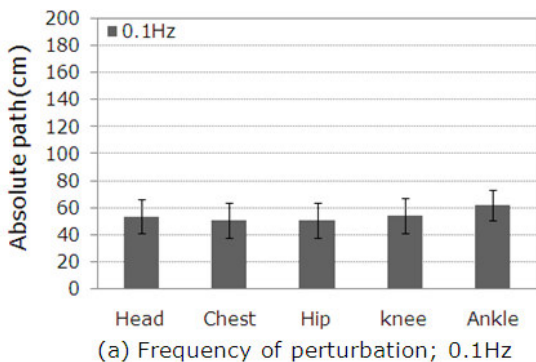
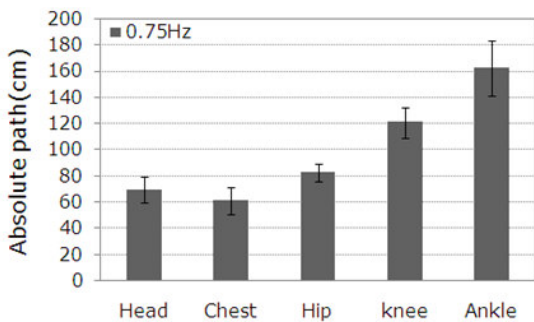


Fig. 2 Characteristics response of dynamic postural control on the frequency of perturbation

Fig. 3은 지지면이 전후 방향으로 움직일 때 20초 동안 동적 자세 균형 응답을 각 마커의 움직임의 이동 길이로 나타낸 그래프이다. 가로축은 각 마커를 의미하고 세로축은 각 마커의 움직임의 절대적인 이동거리이다. Fig. 3 (a)는 0.1Hz로 지지면을 가진 시켰을 때를 나타낸 그래프로 발목을 제외한 나머지 부분은 이동거리가 비슷하게 나타났다. 이는 발목을 이용하여 지지면의 흐름을 따라가며 균형을 잡는 것을 알 수 있다. Fig. 3 (b)는 0.75Hz로 지지면을 가진 시켰을 때를 나타낸 그래프이다. 머리와 가슴에 비해 엉덩이와 무릎, 발목의 이동거리가 크게 나타났다. 이는 상체를 고정시키고 하체를 이용하여 균형을 잡는 것을 알 수 있다. 동요가 적은 0.1Hz에서는 발목만을 이용하여 균형을 잡지만 상대적으로 동요가 큰 0.75Hz에서는 발목만으로 충분한 보상이 일어나지 않기 때문에 발목과 동시에 엉덩이와 무릎의 이동거리도 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.



(a) Frequency of perturbation; 0.1Hz



(b) Frequency of perturbation; 0.75Hz

Fig. 3 Total path of each marker on the frequency of perturbation

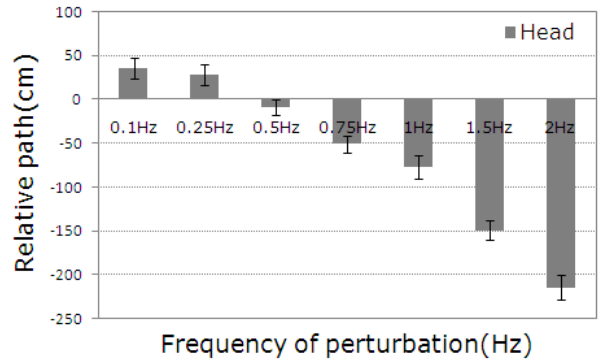


Fig. 4 Relative path of head on the frequency of perturbation

Fig. 4는 지지면이 전후 방향으로 움직일 때 20초 동안 동적 자세 균형 응답을 지지면에 상대적인 머리의 움직임의 이동거리를 나타낸 그래프이다. 가로축은 지지면에 인가된 동요 주파수이며 세로축은 머리의 지지면에 상대적인 움직임이다. Fig. 2에서 확인했던 최고점인 0.5Hz를 기준으로 0.1, 0.25Hz에서는 머리의 움직임이 지지면의 움직임보다 크고 0.5Hz 이상부터 지지면의 움직임이 머리의 움직임보다 큰 것을 알 수 있다. 0.5Hz 이상부터는 인체의 다른 부위를 이용하여 균형을 제어함으로써 머리의 움직임이 지지면의 움직임보다 작게 나타나는 것으로 설명 할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 움직이는 지지면 위에 주파수에 변화를 주었을 때 직립자세를 유지하기 위한 인체 관절의 동적 자세 응답에 대해 고찰하였다.

지지면의 주파수에 따라 중간 주파수는 머리, 가슴, 엉덩이를 제외하고 발목과 무릎에서 주파수의 증가율에 영향을 미쳤다. 또한 관절의 움직임의 총 길이에서 주파수에 따라 균형을 유지하기 위해 0.1Hz에서는 발목 전략과 0.75Hz에서는 상체를 고정시키고 하체를 이용하여 자세 균형을 제어하였다.

연구 결과는 임상에서 고령자나 균형의 장애가 있는 사람들에게 유용한 동적자세 응답 특성 자료로 활용할 것으로 기대된다.

#### 후기

이 논문은 2009년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(지방연구중심대학육성사업/헬스케어기술개발사업단)

#### 참고문헌

- Shumway-Cook A., Wollacott M., "Motor control : Theory and practical applications(second edition)," Baltimore: Williams & Wilkins, 4-62, 2001.
- Horak F. B., "Clinical assessment of balance disorder," Gait and Posture, Vol. 6, pp. 76-48, 1997.
- Nashner L. M., McCollum G., "The organization of human postural movement: a formal basis and experimental synthesis," Behav. Brain Sci, Vol. 8, pp. 135-172, 1985.
- Winter D. A., "Anatomy biomechanics and control of balance during standing and walking," Waterloo Biomechanics Inc. pp. 5-32, 1990.
- Akram S. B., Frank J. S., Patla A. E., Allum J. H. J., "Balance control during continuous rotational perturbations of the support surface," Gait and Posture, Vol. 27, pp. 393-398, 2008.