

자세균형제어에 영향을 주는 시각자극패턴에 관한 연구

김현석, 한병희, 김동욱, 김남균*

전북대학교 대학원 의용생체공학과

*전북대학교 의과대학 의공학교실

A Study on the Visual Stimulation Pattern Affecting Postural Balance

H. S. Kim, B. H. Han, D. W. Kim, and N. G. Kim*

Dept. of Biomedical Engineering, Graduate School, Chonbuk National University

*Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chonbuk National University

ABSTRACT

We examined the effect of strip visual stimulation pattern on postural balance control. It was performed by using motor driven clothe panel as visual stimulation. We also investigated the usefulness of HMD in the postural balance rehabilitation training system from the view of reducing the scale of experimental system. Our result showed that strip visual pattern was effective on postural balance control. It also indicated that HMD might be applied to clinical use as a new postural balance training system.

서론

최근 평균 수명의 연장과 산업화에 따른 각종 사고의 증가로 고령자나 장애자들의 수가 늘어나고 있다. 이들은 중추 신경계와 관련된 질환들(뇌졸중, 의상성 뇌손상, 뇌성마비 및 퇴행성 뇌질환 등)로 인해 자세 균형에 어려움을 느끼고 있고, 보행 및 일상생활에 큰 제약을 받고 있다. 이는 일상생활 및 사회생활에 필요한 기동력을 제한하므로 결국 타인에게 의존하게 되거나 사회로부터 고립되는 문제를 낳게 된다. 보행장애를 극복하기 위해서는 먼저 효과적인 자세균형재활장비 및 치료방법의 개선이 필요하다 [1,2].

그동안 자세균형제어에 관해 많은 연구가 진행되어왔다. Shumway-Cook[3]과 Winstein[4], Lehman[5] 등은 힙판을 응용하여 압력중심의 변화를 뇌졸중으로 인한 반신마비환자와 의상성 뇌손상환자에게 바이오피드백으로 활용한 결과, 자세의 안정 및 보행능력 향상에 큰 효과가 있음을 입증하였다. 그러나, 이들 훈련방법들은 단순한 시각적 자극에 의존하고 있어, 보다 더 적극적인 시각적 자극을 이용한 자세균형제어훈련시스템을 재활훈련에 이용함으로써 보다 더 큰 효과를 기대할 수 있다.

자세균형제어와 관련된 여러 시각패턴에 대해 그동안 많은 연구가 행해져왔다[6,9]. 또한, 인간에

게 시각적인 유도운동을 가했을 때 나타나는vection 현상이 중심시에 대한 자극보다는 주변시에 대한 자극에서 보다 많은 영향을 받는다고 하는 것도 보고된바 있다[7]. 자세균형제어를 위한 시각적 바이오피드백시스템의 시각 자극 장치는 이러한 주변시까지도 포함해야 보다 효과적으로 자세균형을 제어할 수 있을 것이다.

본 연구는 자세균형에 필요한 시각자극패턴중 가장 효과적이라 생각되는 strip 패턴을 주변시에 제시하였을 때, 자세균형에 미치는 영향을 살펴본다. 시각 자극 장치로는 천패널 구동장치와 가상현실 기술에서 이용되는 이미지 구동장치인 HMD(Head Mounted Display)를 이용하였다. 또한, 양자의 실험결과를 비교함으로써 자세균형제어훈련시스템의 시각 자극 장치로써 HMD의 유용성을 검토한다.

실험 장치와 방법

1. 시각자극용 패널을 이용한 자세균형제어 훈련시스템

가. 실험 장치

본 시스템의 개략도는 그림 1와 같으며 구성은 크게 시각자극용 패널과 피험자의 머리의 움직임과 COP(Center Of Pressure)의 변화를 측정하는 장치로 나뉘어진다.

시각자극용 패널의 구동속도는 DC Servo Motor를 이용한 컴퓨터 제어방식을 택하였고, 시각자극용 패널은 크기가 1.5 × 0.9m이며, strip 패턴은 폭이 4.8cm 간격으로 구성되어있다. 보다 효과적인 자극을 위해 패널을 그림 2와 같이 피험자의 정면을 기준으로 비스듬히 위치하도록 고정하였다.

머리의 움직임은 3차원 위치 계측기인 POLHEMUS社의 3SPACE FASTRAK를 사용하여 측정하였고, COP는 Force Plate를 사용하였다. 데이터 수집을 위하여 전자는 RS-232C를, 후자는 A/D Converter를 이용하였고, 샘플링 주파수는 35Hz로 하였다. 좌표는 피험자의 오른쪽을 X축의 +값으로, 앞쪽을 Y축의 +값이 되도록 하였다.

자세균형제어에 영향을 주는 시각 자극패턴에 관한 연구

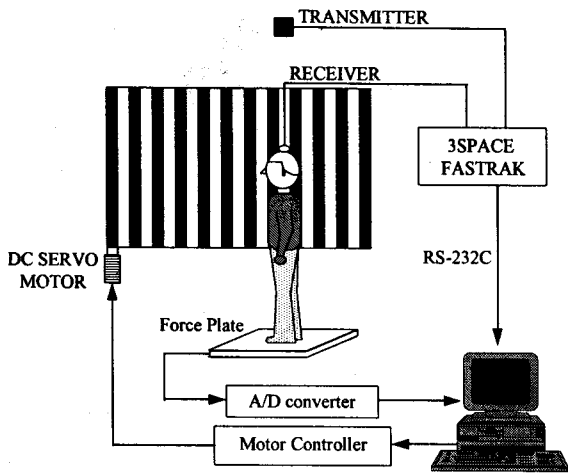


그림 1. 시각자극용 패넬을 이용한 자세균형제어훈련시스템의 개략도

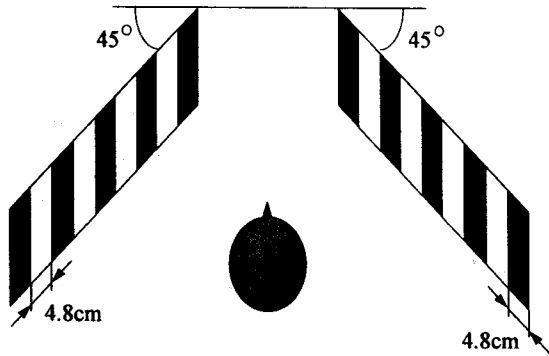


그림 2. 시각자극용 패넬과 피험자와의 상태

나. 실험 방법

20 세에서 28 세사이의 20 명의 건강한 남녀를 이번 실험에 참가시켰다. 실험은 시각을 최대한 자극하고 그 외의 감각들을 최소화하도록 하며 strip 패턴에 충분한 contrast 를 줄 수 있도록 하기 위하여, 충분한 조명과 조용한 분위기의 실험실에서 실험을 행하였다.

패넬은 0.48cm/sec 의 일정한 속도를 가지고 피험자의 앞뒤방향으로 2 회 연속 구동하였다. 측정 파라미터로는 머리의 움직임과 COP 의 변화를 측정한다.

2. HMD 를 이용한 자세균형제어 훈련시스템

가. 실험 장치

아래 그림 3 에 나타난 실험장치의 개략도는 HMD 를 이용한 시각 자극 장치와 이에 반응하는 머리의 움직임 및 COP 의 변화를 측정하는 장치로 크게 구분된다. 시각 자극 패턴은 3-D STUDIO 를 이용하여 제작하였으며, 전 실험의 유효성을 위해 이미지 패턴은 strip 패턴을 이용하였다.

기존의 HMD 는 중심시에 이미지를 부여하도록 설계되어 있어, 자세 제어에 영향을 주는 vection 현상을 충분히 활용하지 못하는 단점이 있다. 이러

한 단점을 보완하기 위하여, 그림 4 와 같이 45° 경사지게 LCD 의 위치를 보정하여 주변시에 대한 자극을 크게하였다.

머리의 움직임과 COP 의 변화 측정은 전 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

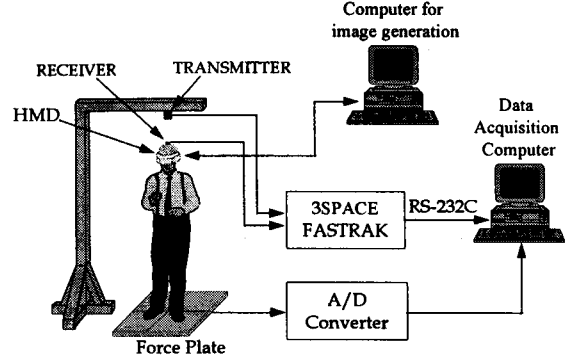


그림 3. HMD 를 이용한 자세균형제어훈련시스템

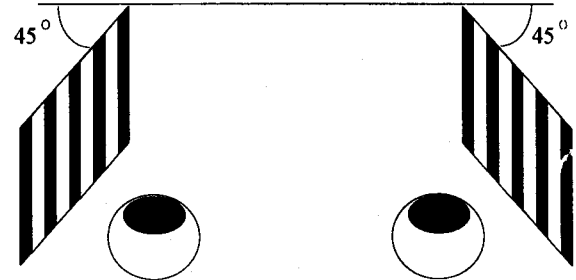


그림 4. HMD 의 LCD 위치도

나. 실험 방법

피험자와 실험실 환경은 전 실험과 동일하게 하고, 이미지의 이동형태는 전후좌우방향으로 0.5 ~ 2cm/sec 범위의 속도에서 움직이게 하였다.

실험 결과

1. 시각자극용 패넬을 이용한 자세균형제어 훈련시스템

그림 5 와 6 은 시각자극용 패넬을 통해 strip 패턴을 구동하였을 경우, 머리의 움직임과 COP 의 변화를 나타낸 한 예이다. 시각 자극이 전후로 움직임에 따라서 신체의 경사방향도 전후로 이동하

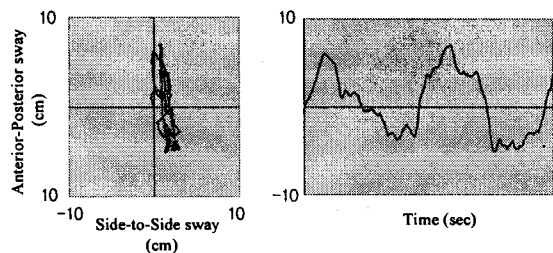


그림 5. 시각자극용 패넬에 대한 머리의 움직임

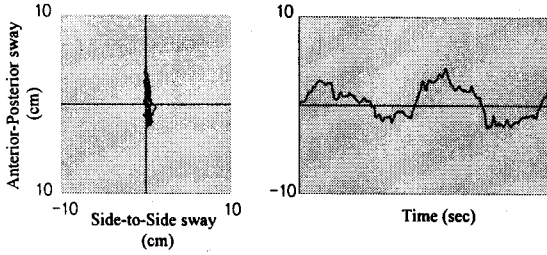


그림 6. 시각자극용 패넬에 대한 COP의 변화

고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 피험자 모두에게서 같게 나타났다. 또한 피험자들의 보고에 의하면 시각 패턴이 움직이기 시작한 후 방향이 바뀌기 전까지는 시각 패턴이 움직이는지 아니면 자기 자신이 움직이는지 판단하기가 어렵다고 보고하고 있어 이 방법에 의한 자세균형제어는 효과적이라고 말할 수 있다.

2. HMD 를 이용한 자세균형제어 훈련시스템

그림 7 과 그림 8 은 HMD 를 통해 시각자극을 strip 패턴으로 시킬 경우, 머리 움직임 및 COP 에 미치는 영향을 나타낸 예이다. 각각의 그림에서 (a)는 HMD 에서 strip 패턴이미지의 이동형태를, (b)는 머리의 움직임을, (c)는 신체의 COP 를 나타낸다. 그림 7 은 strip 패턴을 좌우로 이동시켰을 경우이며, 그림 8 은 전후로 strip 패턴을 이동시켰을 경우이다. 그림에서 보는 바와 같이 이미지가 이동하는 방향에 따라 방향이 상하좌우로 동일함을 알 수 있고, 동요폭적도 거의 흡사함을 알 수 있다.

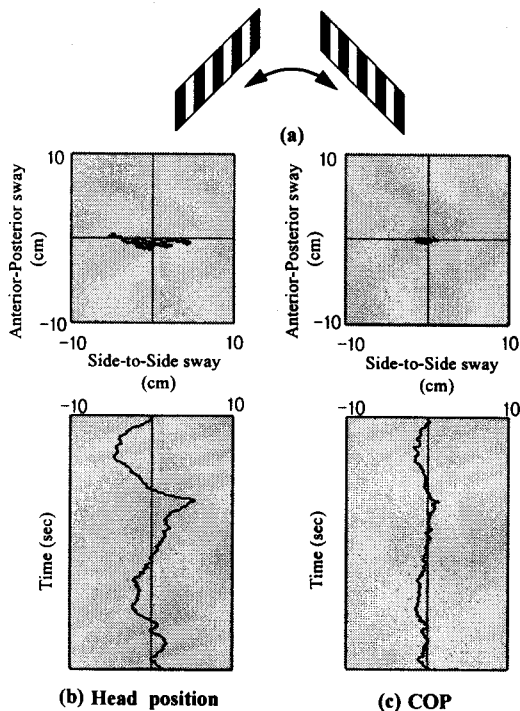


그림 7. 좌우로 주어진 strip 패턴에 대한 COP 와 Head Position (속도 : 2cm/sec)

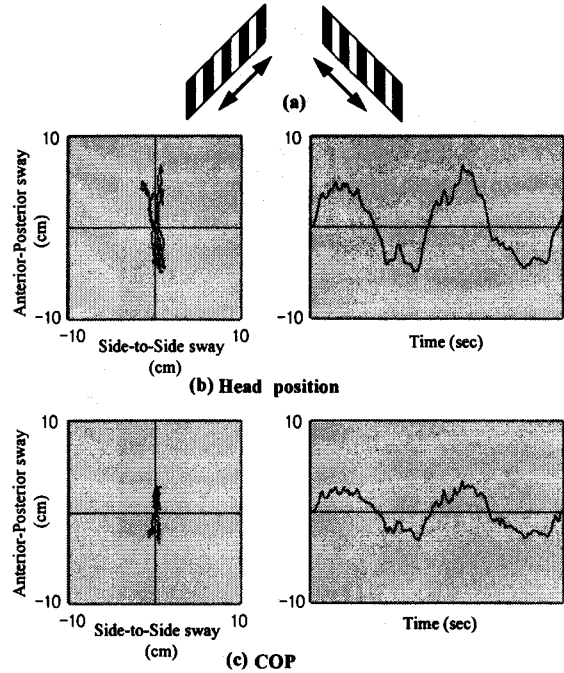


그림 8. 전후로 주어진 strip 패턴에 대한 COP 와 Head Position (속도 : 2cm/sec)

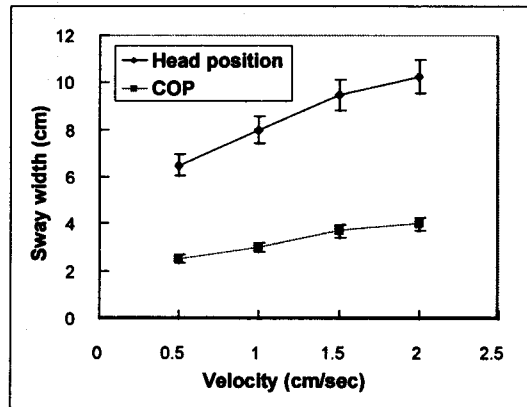


그림 9. Strip pattern 에서 좌우로 기울였을 때의 COP 와 머리 움직임의 평균 Sway width

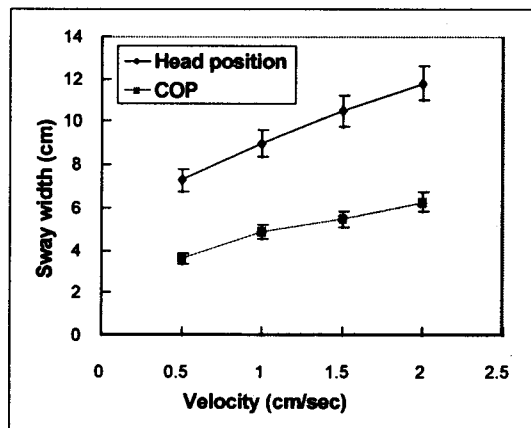


그림 10. Strip pattern 에서 전후로 기울였을 때의 COP 와 머리 움직임의 평균 Sway width

그림 9와 그림 10은 Strip 패턴을 좌우, 상하 방향으로 각각 다양한 속도로 움직였을 경우, 머리 움직임 및 COP를 측정한 결과이다. 두 그림에서 Strip 패턴의 속도가 증가할수록 Sway width도 커짐을 볼 수 있는데, 이는 실험한 범위(0.5~2cm/sec)에서 이미지 패턴의 이동 속도가 증가할수록 시각 자극에 효과적임을 의미한다.

고찰

주변시야는 시력이 중심시야에 비해 매우 약하지만, 사람의 자세균형제어에 유효한 영향을 줄 수 있음은 이번 실험에서 통해 확인할 수 있었다. 시각자극패턴의 형태는 다른 어떠한 패턴에 비해 시각적으로 이동형태가 뚜렷한 strip 패턴이 유용한 것으로 보고되어 본 연구에서도 strip 패턴을 시각 자극패턴으로 이용하였다[8]. 그 결과 자극패턴의 이동과 신체의 움직임이 유사한 패턴을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 가상현실 기술을 재활훈련시스템에 이용할 수 있는지의 유용성 여부를 검토하기 위해 본 논문에서는 strip 패턴을 HMD의 이미지상에 구동시켜 신체의 움직임을 체크하였다. 이 때 머리의 움직임과 COP 변화 형태가 시각자극용 패넌을 이용했을 때와 거의 유사한 형태가 있음을 알 수 있었다. 따라서 시각자극장치로 HMD를 이용하는 것은 기존의 시각자극용 패넌이나 프로젝트같은 자세균형에 쓰였던 시각패턴구동장치와는 달리 좁은 환경에서도 사용이 가능하다. 그러므로 가상현실 기술의 자세균형재활훈련시스템으로 사용하는 것은 충분히 유용하다고 생각된다.

향후 과제는 보다 생동감있는 이미지를 HMD에 가하여 자세균형에 어려움을 느끼는 노령자나 장애인들이 재활훈련에 흥미를 가지고 참여할 수 있도록 함으로써, 보다 더 향상된 재활훈련성적을 유도할 수 있는 자세균형 재활 훈련시스템을 개발하는데 있다. 또 하나의 과제로 본 논문에서는 시각적인 자극만을 이용하였으나 청각적인 자극에 의한 자세균형제어도 효과가 있으리라 생각되어, 시청각의 통합감각을 이용한 보다 더 현실감있는 자세균형훈련시스템으로 발전시키고자 한다.

결론

자세균형제어에 영향을 주는 strip 패턴을 피험자에게 시각자극용 패넌과 HMD를 통해 자극시킴으로써 자세균형제어에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 시각자극용 패넌을 이용하여 strip 패턴을 피험자의 주변시에 자극한 결과, 피험자의 자세가 패턴의 이동방향과 일치하게 변화되고 있음을 알 수 있었다.
2. Strip 패턴을 HMD를 통해 주변시 자극한 결과, 시각 자극 패턴의 이동과 같이 자세의 이동이 관측되어 시각자극장치로써 HMD의 유용성을 확인할 수 있었다.

3. 각각의 실험에서 측정 파라미터로 쓰였던 머리의 움직임과 신체의 COP의 움직임은 패턴은 거의 유사함을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 strip 패턴이 자세균형제어에 영향을 가지고 있음을 확인할 수 있었고, 자세균형제어훈련시스템에 있어서 가상현실 기술이 유용함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Di.Fabio RP, Badke MB: "Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia", *Physical Therapy*, 70:542-548, 1990.
- [2] Susan J Herman, PhD, PT: "Assessment and Treatment of Balance Disorders in the Vestibular-Deficient patient.", *Proceedings of APTA Forum*, Nashville, Tennessee, June 13-15, 1989.
- [3] Shumway-cook A, Anson D, Haller S: "Effect of postural sway biofeedback on reestablishing stance stability in hemiplegic patients.", *Arch Phys Med Rehabil*, 69:395-400, 1988.
- [4] Winstein CJ, Gardner ER, Mcneal DR, Barto PS, Nicholson DE: "Standing balance training: Effect on balance and locomotion in hemiparetic adult.", *Arch Phys Med Rehabil*, 70:755-762, 1989.
- [5] Lehmann JF, Boswell S, Price R, Burleigh A, deLateur BJ, Jaffe KM, Hertling D: "Quantitative evaluation of sway as an indicator of functional balance in post traumatic brain injury.", *Arch Phys Med Rehabil*, 70:955-962, 1990.
- [6] G. Clement, T. Jacquin, A. Berthoz: "Habituation of Postural Readjustments Induced by Motion of Visual Scenes. In Igarashi M, Black FO(eds): *Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium*.", Karger, Basel 1985, pp99-104.
- [7] J. Dickinson, J. A. Leonard: "The Role of Peripheral Vision Static Balancing", *ERGONOMICS*, 10:421-429, 1967.
- [8] Held R, Dichgans J, Bauer J: "Characteristics of moving visual scenes influencing spatial orientation", *Vision Res.*, 15:357-365, 1975.
- [9] M. Takahashi, T. Ifukube: "A Study of the Effects on Audio-Visual Stimulations on Human Standing Posture", *BPES '94*, pp.315-318, 1994.