

자세제어에 대한 청각자극의 효과

김영, 정진석, 김남균*

전북대학교 대학원 의용생체공학과

*전북대학교 의과대학 의공학교실

The Effects of the Auditory Stimulus on Postural Control

Y. Kim, J.S.Jung, 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 the auditory stimulus on postural control. The auditory stimulus control system composed of 8 speakers, the audio amplifier, the PPI interface and the sound controller. We measured the sway of head position and COP. Our result showed that the auditory stimulus was effective on postural control. It also indicated that the auditory stimulus system might be applied to clinical use as a new postural control training system.

서론

최근 평균 수명의 연장과 산업화의 진보에 따른 각종사고의 증가로 고령자나 장애자들의 수가 늘어나고 있다. 이들은 중추 신경계와 관련된 질환들(뇌졸중, 의사성 뇌손상, 뇌성마비 및 퇴행성 뇌 질환 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 자세 재활장비 및 치료방법의 개선이 필요하다 [1,2].

그동안 자세제어에 관해 많은 연구가 진행되어 왔다. Shumway-Cook[3]과 Winstein[4], Lehman[5] 등은 힘판을 응용하여 압력중심의 변화를 뇌졸중으로 인한 반신마비환자와 외상성 뇌손상환자에게 바이오 피드백으로 활용한 결과, 자세의 안정 및 보행능력 향상에 큰 효과가 있음을 입증하였다. 그러나, 이들 훈련방법들은 시각적 자극에 의존하고 있어, 시각장애를 겪고 있는 환자에게는 적용할 수 없는 단점이 있다.

이에 본 연구는 음향에 반응하는 신체의 자세 제어가 어떻게 이루어지고 청각적인 자극에 의하여 유도운동을 유도했을때 나타나는 vection 현상을 연구하여 청각자극이 자세제어에 미치는 영향

에 살펴보고자 한다.

또한 폐안과 개안시의 청각자극영향을 조사하여, 시각과 청각간의 상호감각이 자세제어에 주는 영향을 비교연구한다.

실험 장치와 방법

1. 실험 장치

본 실험 장치의 개략도는 그림 1 과 같으며 구성은 크게 청각자극 장치와 피험자의 머리의 움직임과 COP(Center Of Pressure)의 변화를 측정하는 계측장치로 나뉘어진다.

청각자극 장치는 다음 3 개의 부분으로 나눌수 있다. 8 개의 음향 발생원인 스피커와 음향주파수를 일정한 음량으로 증폭하기 위한 앰프로 구성되어진 SOUND CONTROL BOX 부, 기기의 동작을 선택적으로 프로그래밍할 수 있는 제어프로그램, PC의 제어프로그램과 SOUND CONTROL BOX 부의 인터페이스를 위한 PPI 부(programmable peripheral interface)로 구분된다[6].

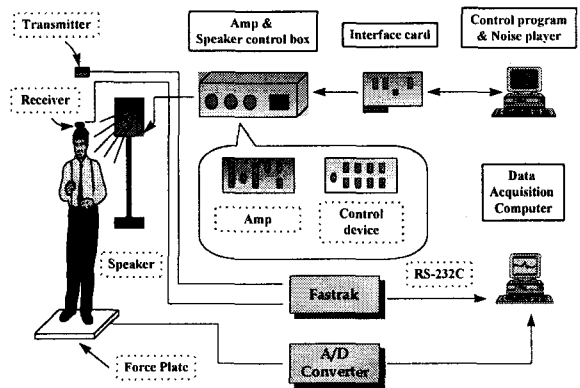


그림 1. 청각자극장치와 계측장치의 개략도

여기서 스피커는 피험자를 중심으로 45도 간격으로 반경 1.5m 에 원형으로 8 개가 설치 되었고 음량은 충분한 자극을 줄 수 있는 75dB 로 음향 주

파수는 본 논문에서는 가청 주파수대의 600Hz 를 설정해 적용했다.

계측장치는 COP 를 측정하기 위한 Force Plate, 머리의 움직임을 측정하는 3 차원 위치 측정기인 POLHEMUS 社의 3SPACE FASTRAK 로 구성되어 있다. 데이터 수집을 위하여 전자는 A/D Converter 를, 후자는 RS-232C 를 이용하였고, 샘플링 주파수는 15Hz 로 하였다. 좌표는 피험자의 오른쪽을 X 축의 +값으로, 앞쪽을 Y 축의 +값이 되도록 하였다.

본 실험에서는 2 대의 PC 가 설치되었는데 청각자극용장치를 구동하는 제어프로그램을 장착하고 있는 PC 와 이 측정 데이터를 저장, 분석하기 위한 프로그램을 장착하고 있는 PC 를 설치하였다 [7].

2. 실험 방법

본 실험은 20 대의 건강한 남녀, 30 명을 대상으로 하였다. 실험은 충분한 청각자극을 제공하며, 청각 이외의 자극들은 최소화할 수 있도록 외부소음이 차단된 방음실에서 행하였다.

사용된 음향의 주파수는 가청주파수 대역 중 600Hz 로 설정을 하였고 음량은 Sound Level Meter 로 측정된 75dB 을 기준값으로 사용하였다.

음향의 발생 방향은 피험자를 중심으로 시계방향으로 회전시켰으며, 각 스피커마다 1 초간 소리를 발생시키고 발생시간 이후부터 4 초 동안 그에 따른 신체의 움직임을 측정하여 총계측 시간을 32 초로 설정하였다.

자세에서 상호 감각간의 차이를 두기 위해 눈을 뜬 상태, 즉 시각적 인자가 있을 때와 눈을 감은 상태, 즉 시각적 인자가 없을 때로 나누어서 실험을 하였다.

이때 머리의 움직임과 COP 의 변화량을 측정 파라미터로 설정하였으며, 이들 값을 10Hz 의 sampling rate 로 측정하였다.

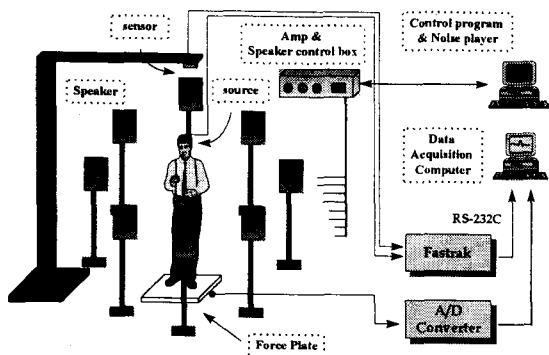


그림 2. 청각자극 실험장치의 구성도

실험 결과

그림 3 과 4 는 피험자가 눈을 뜬 상태, 즉 시각적 인자가 있는 상태에서의 청각자극에 대한 COP 의 변화와 머리의 움직임을 나타낸 한 예이다.

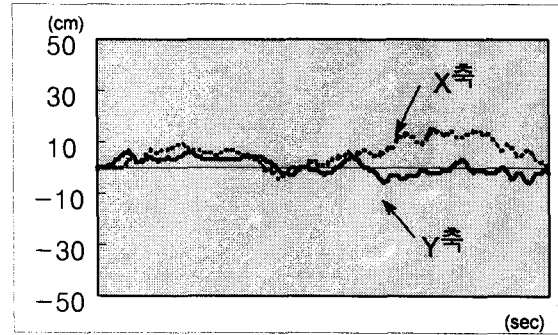
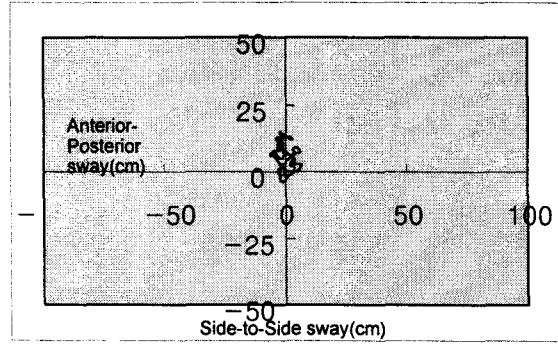


그림 3. 개안시 청각자극의 COP

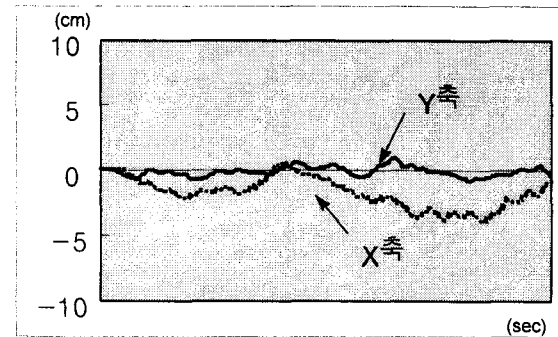
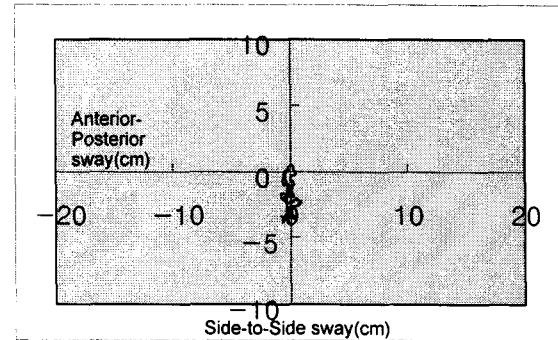


그림 4.개안시 청각자극의 머리움직임

그림 5 와 6 은 눈을 감은 상태, 즉 시각적 인자가 없는 상태에서의 청각자극에 대한 COP 의 변화와 머리의 움직임을 나타낸 한 예이다.

그림에서 비교되는 것과 같이 시각적 자극 인자의 유무에 따라 청각 자극이 자세제어에서 미치는 영향의 정도가 다를 수 있다.

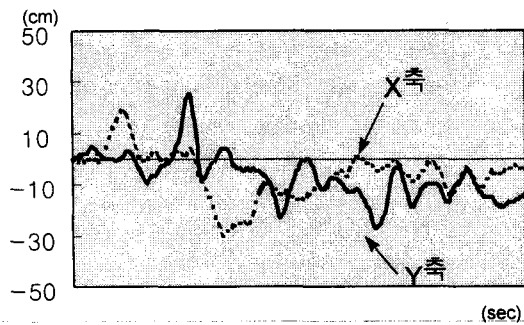
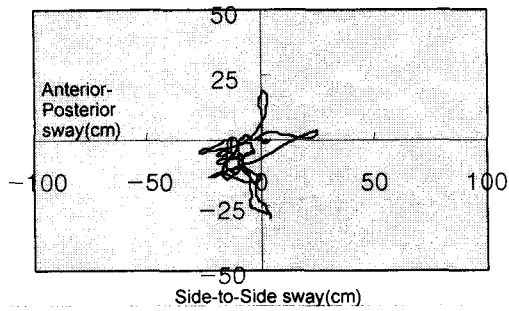


그림 5. 폐안시 청각자극의 COP

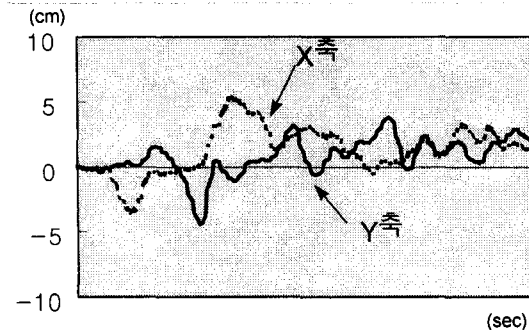
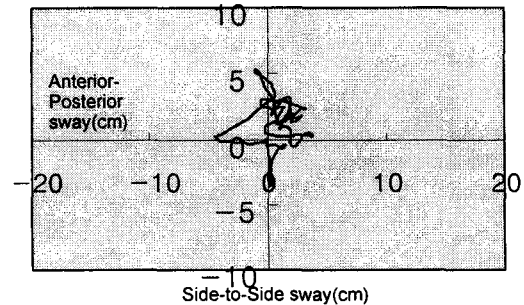


그림 6. 폐안시 청각자극의 머리움직임

즉, 시각적 인자를 제거하고, 청각자극만을 준 실험에서 피험자의 움직임이 현저하게 크게 나타났다. 이것은 자세제어가 시각의 개폐에 크게 의존하여 이루어진다는 것을 보여주고 있다. 이러한 결과는 피험자 모두에게서 같게 나타났다. 또한 피험자들의 보고와 관찰 결과를 보면 음향이 회전하기 시작한 후에 음향원쪽이 아닌 음향원의 반대 방향

으로의 움직임이 있었다. 이는 청각자극에 의해 신체의 자세제어 기관이 자극에 대해 균형유지를 위한 반향이라고 말할 수 있다.

음향원의 위치를 선정하는 것에 있어서 원형구도의 45도간격의 8개 방향과 90도 간격의 4개 방향에서 각각 주었을 때 8개보다는 4개의 방향에서 머리의 움직임과 COP의 변화가 크게 나타나 음향원의 위치에 따라서도 피험자의 실험결과가 크게 변함을 알 수 있었다.

각 그림들에서 나타나듯 음향에 의한 신체의 계측된 반응은 자극에 의해 즉각적인 바이오 피드백이 일어나지 않고 약간의 간격 있는 뒤에 나타났다. 스피커간의 이동속도는 0.5 ~ 5 sec 까지 간격변화를 주어 측정하였으나 바이오 피드백이 나타날 수 있는 시간을 둔 3~4sec 가 가장 패턴이 좋았다.

또한 시각적 자극이 배제된 음향의 자극은 자세제어에 있어서 큰영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

고찰

청각자극을 통한 신체자세제어를 실험하는데 있어서 청각적인 자극요소가 자세제어에 미치는 효과는 시각적 인자(개안시와 폐안시)와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 본 실험에서는 광원의 유무만을 다루었지만 주변시야를 자극하는 시각적 자극요소가 가미된다면 상호자극이 자세제어에 미치는 영향은 클 것으로 생각된다.

청각만의 자극을 시행하는데 있어 자극원인 스피커의 배치도 상당한 영향을 주었는데 실험에서 효과적으로 영향을 줄 수 있었던 위치는 1~2m 사이로 그 간격이 멀어지면 음향원이 모호하게 되어 피험자가 인지하기 힘들었다. 또한 피험자가 제시한 보고에 의하면 음향의 반사와 굴절로 인해 실제로 청각을 자극하는 방향에 혼란을 가져와 반대 방향의 소리가 여운처럼 들리는 문제점이 발견되었다. 이런 음향의 반사와 굴절이 실제 음원을 왜곡하는 현상을 바로잡기 위해 흡음판을 설치하여야 할 것으로 사려된다.

실제실험에서 50Hz~10,000Hz 사이의 주파수 대역이 피험자가 듣고 반응이 있었던 대역이었으며, 이중 100~3,000Hz의 대역이 청각자극에 의한 유도운동에 적합한 주파수 대역임을 알 수 있었다.

음향의 방향은 전후 또는 좌우쪽의 대칭되는 방향에서 발생되었을 경우 유도운동이 크게 나타났으며 8개의 스피커 중 전후좌우의 4개방향이 아닌 중간방향 4개쪽의 음원에 대한 유도운동이 상대적으로 적게 나타났다. 피험자의 보고와 실험결과로 보면 신체 구조상 전방쪽이 후방쪽보다 소리의 울림이 더 크게 들려 유도운동이 더 큰 쪽으로 나타났다.

본 논문에서는 청각자극이 유도운동에 얼마나 영향이 있지를 데이터화하여 분석하여 재활훈련시스템에 이용할 수 있는지의 유용성 여부를 검토하기 위한 것이었다. 정상인과는 달리 시각장애를 가지고 있거나 복합장애를 가지고 있는 환자의 재활 치료에는 청각자극을 이용한 자세제어훈련이 유효

할 것으로 생각되어진다.

향후 과제는 청각자극과 시각자극을 동시에 피험자에게 제공하여 이에 대한 영향을 정량적으로 평가할 것이다. 그리고 이것을 토대로 시,청각의 통합자극을 이용한 보다 현실감있는 자세 재활시스템을 개발하고자 한다.

그리고, 여기서 한걸음 더 나아가 입체감이 있는 음향과 생동감 있는 이미지를 시각자극장치인 HMD를 사용하여 피험자에게 제공하여 좋은 환경에서도 자세균형재활훈련이 가능할 수 있도록 하며, 자세제어에 어려움을 느끼는 노령자나 장애인들이 재활훈련에 흥미를 가지고 참여할 수 있도록 하여 보다 더 향상된 재활훈련효과를 유도할 수 있는 자세균형재활 훈련시스템을 개발할 것이다 [8,9].

결론

본 연구는 청각자극이 자세제어에 미치는 영향에 대해 실험, 검토하였다. 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 청각자극용 장치를 이용해 피험자에게 자극을 주었을 때 피험자의 자세가 음향의 이동 방향과 같이 동일 움직임이 나타남을 알 수 있었다.
2. 시각적 인자의 유무, 즉 개안과 폐안시에 따라 청각자극이 자세제어에 미치는 영향에 차이가 있음을 알 수 있었다. 폐안시에 청각자극이 자세제어에 더 큰 영향이 있음을 볼 수 있었다.
3. 각각의 실험에서 측정 파라미터로 쓰였던 머리의 움직임과 신체의 COP의 움직임은 패턴은 거의 유사함을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 청각자극이 자세제어에 영향을 가지고 있음을 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] 오재광, PC 인터페이스 제작과 실제, 크라운 출판사, p215-280, 1994
- [7] 조순복, C 언어에 의한 제어 프로그래밍 ROM화 기법, 기한재 출판사, p31-51, 1993
- [8] J. Dickinson, J. A. Leonard: "The Role of Peripheral Vision Static Balancing", *ERGONOMICS*, 10:421-429, 1967.
- [9] M. Takahashi, T. Ifukube: "A Study of the Effects on Audio-Visual Stimulations on Human Standing Posture", *BPEs '94*, pp.315-318, 1994.