

시각 자극에 의한 신체자세 균형제어에 관한 연구

김현석*·김동욱*·차은종**·김연희***·김남균****

= Abstract =

Human Postural Balance Control by Visual Stimulation

H.S. Kim*, D.W. Kim*, E.J. Cha**, Y.H. Kim***, N.G. Kim****

In this paper, we report the effects of visual stimulation patterns in the postural balance control. We used the motor-driven cloth panel and HMD(Head Mounted Display) to evaluate the effects of visual stimulation patterns in the postural balance control. 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 results showed that a vertical-strip visual pattern was more effective than the others in the postural balance control. It was also indicated that HMD might be applied to clinical use as a new postural balance training system.

Key words : Postural balance, Rehabilitation training system, Visual stimulation, Virtual reality, HMD

서론

최근 평균수명의 연장과 교통사고의 증가로 여러 질환들(전정기관손상, 뇌손상, 퇴행성 뇌손상, 중추신경계 문제)을 가진 환자가 증가하고 있다. 이들 환자들은 자세균형제어에 어려움이 있어, 보행 및 일상생활에 큰 제약을 받고 있다. 이들은 일상생활 및 사회생활에 필요한 기동력이 제한되어 사회로부터 고립되는 문제를 낳게 된다. 따라서 이들에게 효율적인 재활훈련을 시켜 사회로 복귀시키기 위해서는 효율적인 재활장비의 개발 및 치료분석 기술이 필요하다[1,2].

그동안 자세불균형을 치료하기 위한 치료방법으로는 힘판(force plate)을 이용한 신체의 압력중심(COP:center of pressure)을 측정하여 그 궤적을 피험자에게 모니터링

으로 보여주고, 임의의 지점으로 자신의 COP 위치를 이동시키게 하는 바이오피드백시스템이 자세균형재활에 대한 연구로 진행되어왔다. 그러한 연구에서는 신체의 움직임을 측정하기 위하여 신체 모든 부위의 움직임을 포함하는 COG(Center Of Gravity)를 측정하여야 하지만, 큰 계측장비가 요구되는 등의 어려움이 있는 COG보다는 측정이 간단한 COP의 측정을 이용해왔다. 여기서 COG란 신체의 무게 중심 또는 질량중심인 3차원 벡터이고, COP는 신체가 지면을 누르는 압력의 중심이다[3,4,5]. 또한 시각패턴들을 직선 및 회전운동시켜 자극하면 vection현상이 유도되며, 중심시(central vision)보다는 주변시(peripheral vision)에 대한 시각 자극이 vection현상을 유도하는데 더 큰 영향이 있다는 연구도 진행되어왔다. 여기서 vection현상이란 신체는 정지한 상태로 있으나, 시야

* 전북대학교 대학원 의용생체공학과

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

** 충북대학교 의과대학 의공학교실

** Dept. of Biomedical Engineering, Medical College, Chungbuk National University

*** 전북대학교 의과대학 재활의학교실

*** Dept. of Rehabilitation Medicine, Medical College, Chonbuk National University

**** 전북대학교 의과대학 의공학교실

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

본 연구는 1994년도 한국과학재단 특정기초연구비에 의하여 연구되었음(과제번호:94-0403-13-3).

통신저자 : 김남균, (561-180) 전북 전주시 덕진구 금암동 산2-20, 전북대학교 의과대학 의공학교실

Tel.(0652)70-2246, Fax.(0652)70-2247

내 환경이 움직임에 따라 자신도 모르게 움직이게 되는 일종의 착시현상이다. 그리고 중심시는 인간의 시야중 눈동자가 주시하는 지점을 중심으로 한 시야이고, 주변시는 중심시외의 양측면 시야를 나타낸다[6,7,8,9].

자신의 COP 위치를 모니터상의 목표지점으로 옮기려 훈련하는 기존의 힘판시스템보다는 사람에게 시각적 패턴들을 시각적으로 자극시킬 때 유도되는vection 현상으로 자세재조정(postural readjustments)하는 과정을 자세불균형을 일으키는 장애자들에게 자세균형을 위한 재활훈련으로 활용한다면, 기존의 자세균형재활훈련시스템보다 좋은 효과가 기대되리라 생각된다. 특히 움직이는 시각 패턴을 주변시에 자극함으로써 피험자 자신의 움직임 감각(self-motion sensation;vection)을 유도하여 평형감각을 회복시키는 새로운 재활치료의 방법이 되리라 생각된다.

본 논문에서는 시각자극장치로 천패널 구동장치와 가상 현실 기술에서 이용되는 이미지 구동장치인 HMD(Head Mounted Display)를 이용하여 여러 시각패턴을 주변시에 자극시켰을 때 자세균형제어에 미치는 영향을 살펴본다. 또한 자세균형제어훈련시스템의 시각 자극 장치로써 HMD의 유용성을 검토하여 새로운 자세균형재활훈련시스템을 제안하고자 한다.

실험 장치와 방법

1. 피검자와 공통 실험장치

각각의 실험은 건강한 성인 남녀(20-28세) 20명을 대상으로 실시하였다.

실험 시스템은 피검자에게 시각적으로 임의의 패턴을 자극함에 따라 반응하는 머리의 움직임과 COP의 변화를 측정하게 된다.

머리의 움직임은 3-SPACE FASTRAK을 이용하여 측정하였다. FASTRAK은 전자계를 이용한 tracking system으로 떨어진 물체의 위치와 각도를 비 접촉방식으로 측정하여 주는데 크게 자계를 발생시키는 고정 transmitter와 이를 검출하는 receiver의 두 부분으로 구성된다. 이 기기의 측정 범위는 receiver가 transmitter로부터 305cm 떨어진 위치까지 측정 가능하며, receiver가 76cm 이내에 위치하였을 때는 0.0005cm/cm의 분해능으로 측정할 수 있다. 컴퓨터로의 데이터 전송은 RS-232C를 이용하였으며 샘플링 주파수는 35Hz이다.

신체의 COP는 4개의 로드셀(load cell)을 사각으로 배치한 정사각형 모양의 힘판을 제작하여 측정하였으며, 제작한 힘판의 분해능은 0.015cm/cm이다. 힘판은 외력에 비례하는 신호로 출력을 내보내는 스트레인 게이지 형태의 로드셀을 사용하였다. 각 로드셀에서 측정된 힘의 크기에

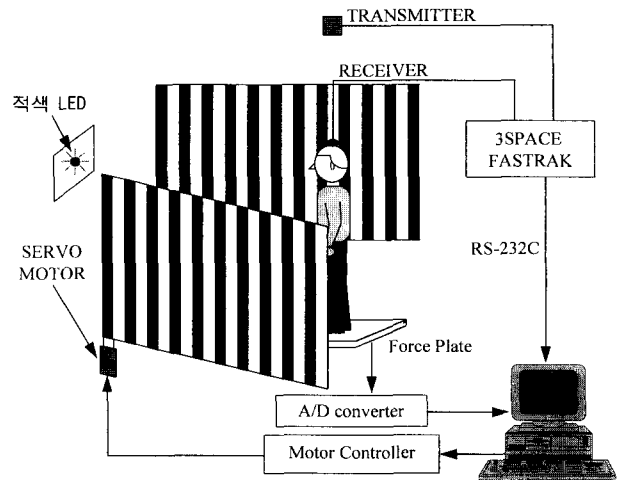


그림 1. 시각자극용 패널을 이용한 자세균형제어훈련시스템의 개략도

Fig. 1. Postural balance training system using visual stimulating panel

의하여 반력의 크기와 위치, 즉 압력중심의 위치를 계산할 수 있다. 데이터 수집은 A/D converter를 이용하였으며 샘플링 주파수는 40Hz이다. 머리의 움직임에 관한 데이터와 신체의 COP에 관한 데이터를 동시에 펜티엄PC로 전송하여 분석하였다.

또한, 실험중 시각만에 의한 영향을 고려하고 청각 및 외부의 자극을 감소시키기 위해, 음향학적으로 외부와 차단된 방음실에서 실험을 행하였다.

2. 천패널 구동장치를 이용한 자세균형제어 평가

가. 실험 장치

천패널 구동장치를 시각자극장치로 이용하여 자세균형제어를 평가하려는 시스템은 그림 1과 같으며 구성은 크게 시각자극용 패널과, 피험자의 머리의 움직임 및 COP의 변화를 측정하는 장치로 나뉘어진다.

천패널 구동장치의 속도는 servo motor를 이용한 컴퓨터 제어방식을 택하였고, 시각자극용 패널은 크기가 1.5 × 0.9m이며, 패턴형태는 폭이 4.8cm간격으로 구성된 연직 strip패턴과 수평 strip패턴, 4.8 × 4.8cm크기의 백흑의 check패턴을 사용하였다. 보다 효과적인 자극을 위해 패널을 피험자의 정면을 기준으로 비스듬히 위치하도록 고정하였고, 피험자의 정면 1.5m앞에 적색 LED를 설치하였다.

나. 실험 방법

천패널 구동장치를 이용하여 시각 자극 패턴을 피험자에게 자극시킬 때, 자세균형제어에 미치는 영향을 측정한다.

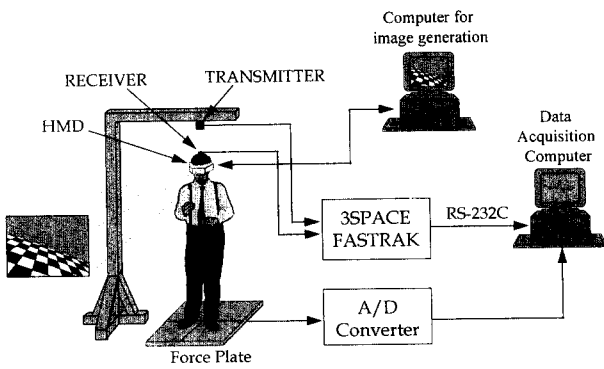


그림 2. HMD를 이용한 시각자극용 자세균형제어 훈련시스템
Fig. 2. Postural balance training system of visual stimulating using HMD

험자의 정면에 설치한 LED를 발광시켜 피험자의 시선을 적색 LED에 고정하도록 지시하였다. 그런 다음 패널을 0.48cm/sec의 일정한 속도를 가지고 피험자의 앞뒤방향으로 2회 연속 이동시킨 후, 머리의 움직임과 COP의 변화를 측정하였다. 머리의 움직임은 3-SPACE FASTRAK의 receiver를 두부의 중심에 위치하도록 고정시켜 측정하였다. COP의 측정을 위해서는 힘판위에 피험자의 양발이 18cm 떨어지도록 하여 가장 안정된 쪽을 유지하며 정기립으로서 있게 하였다. 머리의 움직임과 COP의 좌표계는 지평면과 평행으로 X·Y축을 형성하여, 피험자의 오른쪽을 X축의 +값이 되도록 하였고, 앞쪽을 Y축의 +값이 되도록 하였다. 이 두 좌표계는 동일한 좌표계로 하고 좌표계의 원점은 힘판의 중심으로 하여, 2차원적 머리의 움직임만을 나타내었다. 실험이 시작될 때의 지점을 시작점으로 하여 그 변화를 측정하였다.

3. HMD를 통한 시각 자극에 따른 자세균형제어 평가

HMD를 시각자극장치로 하여 자세균형제어를 평가하려는 시스템은 그림 2와 같이 구성된다. 이 시스템은 크게 나누어 HMD를 이용한 시각 자극 장치와 이에 반응하는 머리의 움직임과 COP의 변화를 측정하는 장치로 구분된다. 시각 자극 장치인 HMD도 두가지로 나누어진다. 기존의 HMD와 주변시 자극용으로 제작한 HMD로 나누어 실험을 한다.

가. 기존의 HMD를 이용한 시각자극시스템

(1) 실험 장치

시각 자극 장치로는 상용화된 HMD의 한종류인 Virtual I·O社의 I-glass를 사용하였으며 HMD로 전송되는 시각 자극 패턴은 skyline패턴을 사용하였다. Skyline패턴은 PC상에서 3차원적으로 모델링, 렌더링, 애니메이션 기능을 가진 3D-STUDIO를 이용하여 제작하였다. 그림 3(a)의 초기상태와 같이 skyline패턴은 하늘색을 배경으로 check무늬를 갖는 판이 마치 지표면모양이 되도록 구성하였다. 3D-STUDIO는 화면으로 나타내는 주시점(view point)을 이동시킬 수 있기때문에, 그 주시점이 check무늬판의 중심선에 대하여 원호를 그리며 이동하도록 하여, 화면에서 패턴이 상하로 움직이는 것처럼 표현하였다. 그리고 주시점을 좌우로 회전시켜 skyline패턴이 좌우로 움직이는 것처럼 표현하였다. 시각 자극 패턴의 상하이동에 대한 각속도 및 각도는 check무늬판의 중심선을 중심으로 한 시점의 이동 각속도 및 각도이며, 좌우이동에서는 시점의 회전 각속도 및 각도이다.

(2) 실험 방법

기존의 HMD를 이용하여 상하좌우방향의 여러 각도(20°, 25°, 30°) 및 각속도(2, 4, 6, 8deg/sec)로 skyline

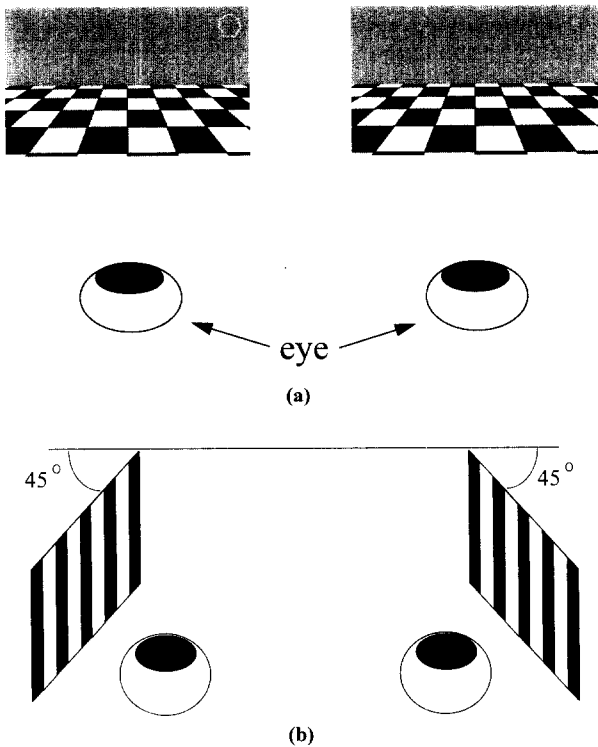


그림 3. HMD를 통한 패턴의 초기상태
(a)skyline패턴의 초기상태
(b)strip패턴의 초기상태
Fig. 3. Position of two LCDs assemblies of HMD
(a)Position of two LCDs for skyline visual pattern
(b)Position of two LCDs for stipe visual pattern

다. 실험환경은 시각 자극 패턴에 충분한 contrast를 줄 수 있도록 하기 위하여 충분한 조명과 조용한 분위기를 방음실에 조성시켜 실험을 행하였다. 시각 자극패턴을 주변시에 효과적으로 자극시키기 위해서는 패턴을 직접적으로 주시하지않고 시선을 중심시에 집중시켜야 하므로, 피

패턴을 구동시켜 시각을 자극하였을 경우, 자세균형제어에 미치는 영향을 측정하였다. 실험 환경은 천패널 구동장치를 이용하였을 경우와 동일하다. 기존의 HMD를 통해 위의 여러 각도 및 각속도로 skyline패턴을 구동시키고, 측정 파라미터로는 머리의 움직임과 COP의 변화를 측정한다. LCD를 통해 정적 skyline패턴을 일정시간동안 자극시켜 피험자를 안정시킨 후, 움직이는 skyline패턴을 구동시켰으며, 머리의 움직임과 COP의 변화 측정은 천패널 구동장치를 이용하는 경우와 동일하게 한다.

우선 측정하여야 하는 것은 움직이는 시각 패턴을 구동시켜 시각을 자극시킬 때 정적인 패턴의 시각자극을 가하였을 경우에 비하여 어느 정도의 영향이 있는지를 측정하기 위하여 정적인 패턴을 자극하였을 경우의 머리의 움직임과 COP를 측정한다. 다음으로 움직이는 skyline패턴을 위에서 언급한 여러 각도와 각속도로 구동시켜 자극에 대한 영향을 조사하고, 정적인 상태의 패턴구동시와 비교함으로써 동적인 자극패턴의 자세균형제어효과를 평가한다.

나. 주변시 자극용 HMD를 이용한 시각자극시스템

(1) 실험 장치

사람에게vection현상을 유도하는데 중심시보다는 주변시 자극이 더 효과가 크다고 보고되고 있어 본 실험에서는 기존의 중심시를 위주로 시각정보를 제시하는 기존의 HMD와는 다르게 주변시 자극을 위한 HMD를 직접 제작하였다. 그림 3(b)와 같이 LCD의 위치를 45° 정도 경사지게 배치시켜 주변시에 대한 자극이 증대되도록 하였다. LCD의 화면 크기는 5.5cm×4.3cm이고, LCD의 중심점사이의 거리가 14cm이며, LCD사이에서 안구까지는 5cm이다. 시각 자극 패턴은 Borland C++를 사용하여 주변시 자극에 효과적인 연직의 strip패턴을 프로그래밍하여 구동하였다.

(2) 실험 방법

연직의 strip패턴을 전후좌우방향으로 0.5~2cm/sec 범위의 속도로 구동시켜 시각을 자극하였다. 실험 환경은 전의 실험들과 동일하며 측정파라미터로 머리의 움직임과 COP의 변화를 측정한다.

주변시 자극용으로 제작한 HMD의 패턴의 전후좌우방향 구동은 다음과 같다. 전방향구동을 위해서 좌측 LCD는 왼쪽에서 오른쪽으로 이동시키고 우측 LCD는 오른쪽에서 왼쪽으로 이동시킨다. 후방향구동시는 전방향구동과 반대로 좌측 LCD는 오른쪽에서 왼쪽으로 이동시키고 우측 LCD는 왼쪽에서 오른쪽으로 이동시킨다. 좌방향구동시에는 좌·우측 LCD 모두 오른쪽에서 왼쪽으로 이동시키고, 우방향구동시는 이와 반대로 좌·우측 LCD 모두 왼쪽에서 오른쪽으로 이동시킨다. 머리의 움직임과 COP변화 측정의 방법은 전의 실험들과 동일하다.

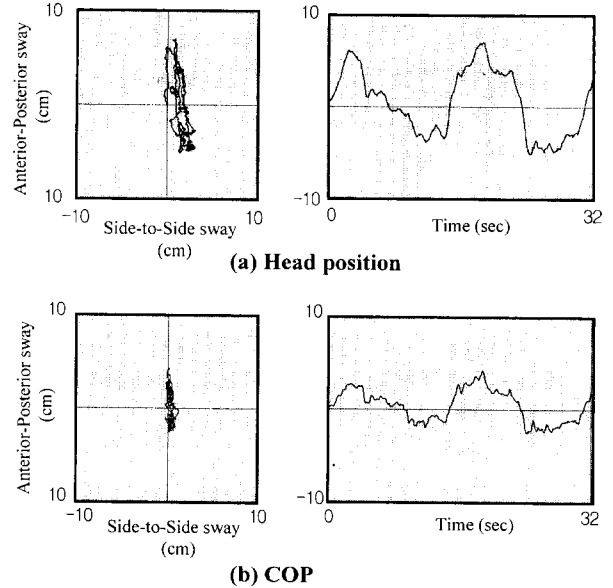


그림 4. 시각자극용 패널을 이용했을 때의 머리의 움직임과 COP의 변화
 Fig. 4. Head position and COP when using the motor driven cloth panel

실험 결과

1. 천패널 구동장치를 이용한 자세균형제어 평가

천패널 구동장치를 이용하여 각종 시각자극패턴(연직 및 수평의 strip패턴, check패턴)을 피험자에게 제시하였을 경우, 효과적으로 자세균형제어에 영향을 미치는 패턴을 조사하였다. 그림 4는 위의 시각자극패턴중vection현상을 가장 효과적으로 유도하였던 연직의 strip패턴을 시각 자극 패턴으로 구동하였을 경우의 머리의 움직임과 COP의 변화를 나타낸 결과이다. Strip패턴이 0.48cm/sec의 속도를 가지고 전후방향으로 움직임에 따라서 신체의 경사방향도 전후방향으로 이동하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 피험자 모두에게서 비슷하게 나타났다. 또한 피험자들의 보고에 의하면 시각 패턴들이 움직이기 시작한 후 패턴의 이동방향이 바뀌기 전까지는 시각 패턴이 움직이는지 아니면 자기 자신이 움직이는지 판단하기가 어렵다고 보고하고 있어vection현상이 유도되고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 연직의 strip패턴의 경우가 가장 뚜렷하였으며, check패턴, 수평의 strip패턴 순으로 효과가 감소하였다.

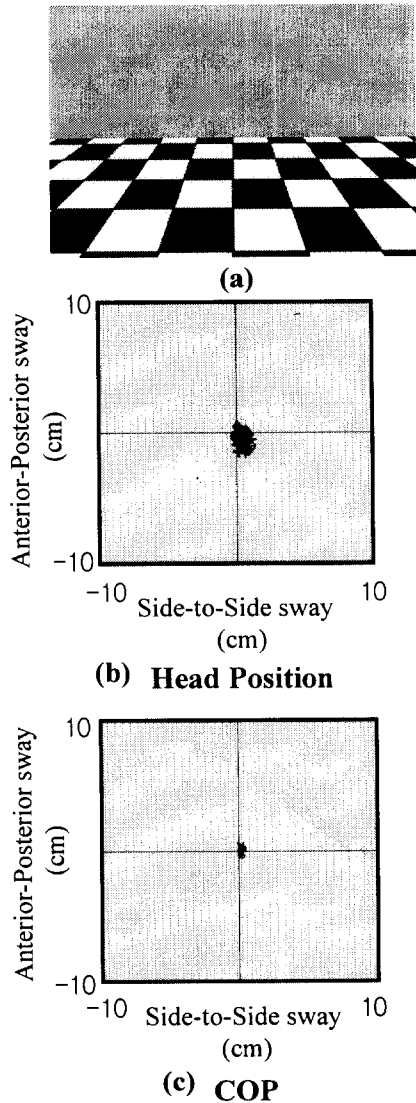


그림 5. Skyline 패턴의 초기상태를 이용했을 경우의 머리의 움직임과 COP

Fig. 5. Head position and COP when using the initial condition of a skyline pattern

2. HMD를 이용한 시각 자극에 따른 자세균형제어 평가

가. 기존의 HMD를 통한 skyline패턴의 구동

천패널 구동장치를 통해 여러 시각 자극 패턴들의 효과를 검토한 결과,vection현상의 유도량을 고려하여 기존의 HMD를 이용한 시각 자극 패턴은 check무늬를 포함한 skyline패턴을 이용하였다.

HMD를 이용하여 시각적 자극의 영향을 측정하기 위해서는 아무런 움직임이 없는 초기화면상태로 자극시켰을 때의 결과를 알아야 한다. 그림 5에서는 상용으로 쓰이는 HMD를 이용한 것으로, (a)는 check무늬의 skyline패턴

Angle of inclination : 20 deg (Left and Right)
Velocity : 8 deg/sec

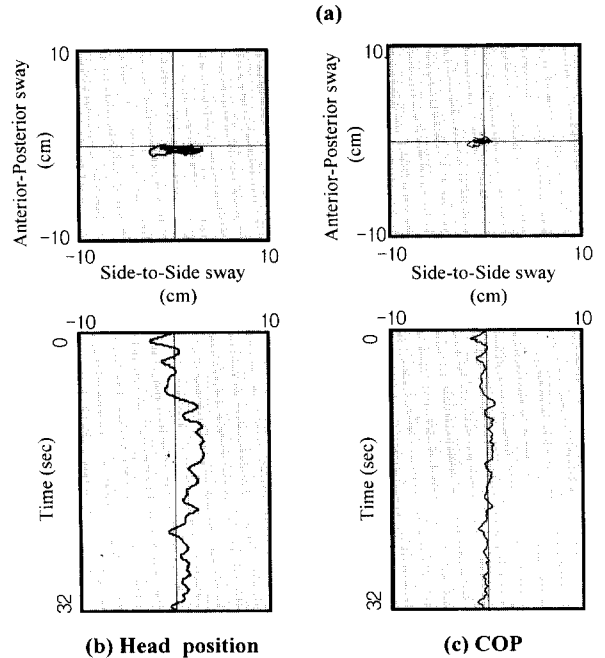


그림 6. 좌우로 기울어진 skyline패턴에 의한 머리의 움직임과 COP(경사각도 : 20°)

Fig. 6. Head position and COP when inclining the skyline pattern side-to-side

형태이며 정지상태의 이미지이다. (b)는 머리움직임을 측정된 결과이고 (c)는 COP를 측정된 결과다. (b), (c)에 나타난 두 궤적은 모두 가운데에 집중되어 있으며, 사람이 눈을 뜬채 가만히 서 있는 경우와 sway에 유의한 차이가 없었다. 그러므로, 그림 5는 시각에 아무런 자극을 주지 않을 때의 머리 움직임 및 COP의 변화이다.

그림 6은 skyline패턴을 기존의 HMD를 통해 좌우로 최대 20°까지 기울어지도록 구동시켰을 때의 그 결과이고, 그림 7은 상하로 최대 20°까지 기울어지도록 구동시켰을 때의 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 skyline 이미지 패턴의 움직임에 따라 머리의 움직임과 COP의 궤적이 상하좌우의 방향성을 가지고 움직이고 있어, HMD를 통한 시각적인 자극이 머리의 움직임과 신체의 COP를 동일한 방향으로 이동시키고 있음을 알 수 있다. 따라서 시각적인 자극을 통해서 신체를 이동시킬 수 있음이 확인되었다. 그리고 머리의 움직임이 COP보다 상대적으로 크지만 움직이는 패턴은 거의 흡사함을 알 수 있다.

그림 8은 각각 기존의 HMD를 통해 skyline패턴을 좌

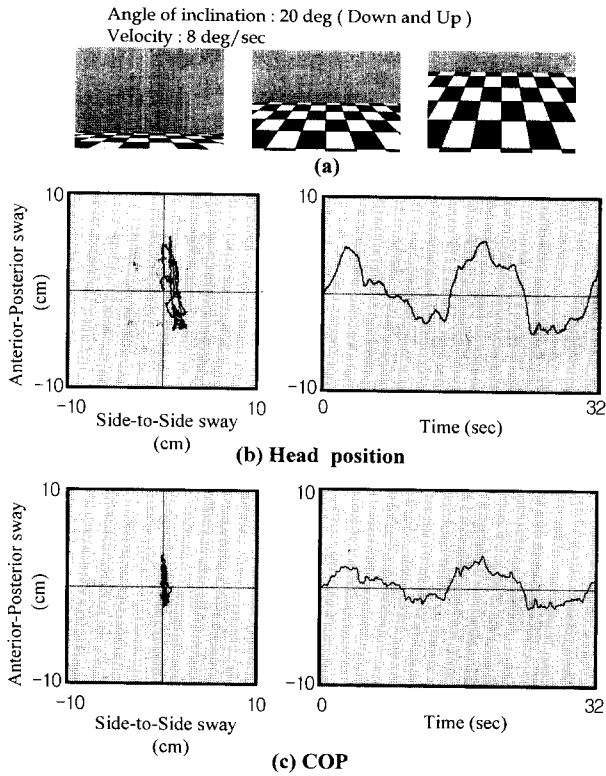


그림 7. 상하로 기울어진 skyline패턴에 의한 머리의 움직임과 COP(경사각도 : 20°)
Fig. 7. Head position and COP when inclining the skyline pattern anterior-posterior

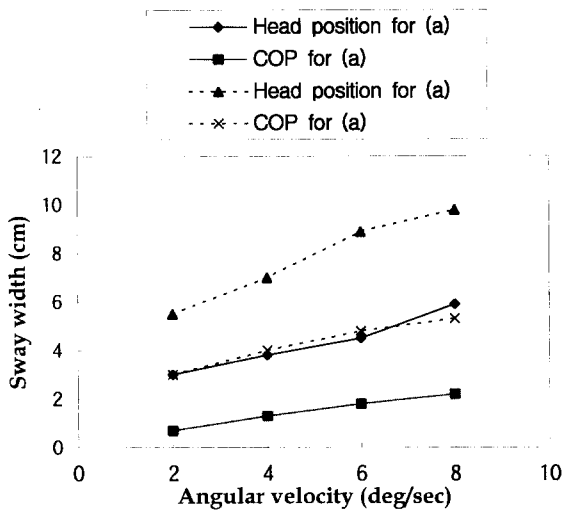


그림 8. Skyline 패턴에서 움직였을 때의 머리의 움직임과 COP의 평균요동폭
(a)좌우로 기울였을 경우
(b)상하로 기울였을 경우
Fig. 8. Mean sway width of both head position and COP (skyline pattern)
(a)For the side-to-side direction
(b)For the anterior-posterior direction

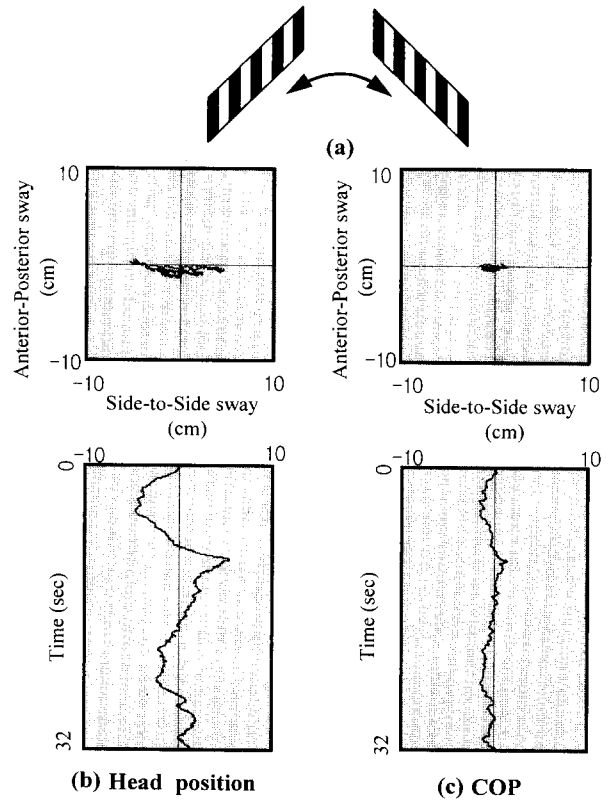


그림 9. 좌우로 주어진 strip 패턴에 대한 머리의 움직임과 COP(속도 : 2cm/sec)
Fig. 9. Head position and COP when inclining the strip pattern side-to-side

우, 상하방향의 다양한 각속도로 구동시켰을 때의 머리 움직임과 COP의 요동폭(sway width)을 여러사람들에 대해 평균을 구해 나타낸 것이다. 각속도가 빨라짐에 따라서 요동폭이 거의 선형적인 특성을 보이며 증가함을 알 수 있다.

나. 주변시 자극용 HMD를 통한 strip패턴의 구동

본 실험은 vection현상에 보다 큰 영향을 주는 주변시 자극을 HMD를 통해 구동시키기 위해 주변시 자극용으로 제작한 HMD를 시각자극장치로 이용하였다. 시각 자극 패턴은 천패널 구동장치의 결과를 바탕으로, vection 현상의 유도량이 가장 컸던 연직의 strip패턴을 본 실험의 시각 자극 패턴으로 설정하였다.

그림 9와 그림 10은 주변시 자극용 HMD를 통해 strip 패턴을 시각자극시켰을 경우의 머리 움직임 및 COP의 결과이다. 그림 9는 strip패턴을 좌우로 구동시켰을 경우의 결과를, 그림 10은 전후로 구동시킨 경우의 결과를 나타낸다. 천패널 구동장치를 이용하여 strip패턴을 전후방

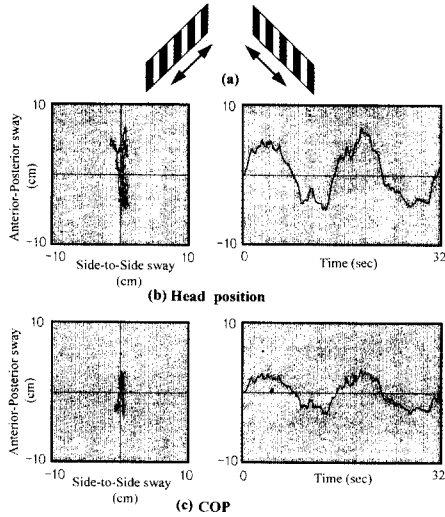


그림 10. 전후로 주어진 strip 패턴에 대한 머리의 움직임과 COP(속도 : 2cm/sec)
 Fig. 10. Head position and COP when inclining the strip pattern anterior-posterior

향으로 이동시켜 자극시킨 경우와 마찬가지로 머리의 움직임 및 COP의 변화가 패턴의 이동방향과 동일한 방향으로 변하는 것을 알 수 있다. 또한 제작한 HMD를 시각 자극장치로 이용한 실험의 결과가 기존의 HMD를 이용한 실험의 결과와 유사함을 알 수 있다. 그러나, 주변시 자극용 HMD를 이용한 경우가 기존의 HMD를 이용한 경우보다 큰 요동폭이 있었으며vection현상을 유도하는데 보다 효과적임을 알 수 있다. 그 이유는 앞에서 언급하였듯이 HMD에서 LCD의 위치를 45 경사지게 배치함으로써 주변시에의 자극을 효과적으로 줄 수 있었기 때문이다. 이 LCD 배치 방법은 향후 HMD의 제작에 있어서 보다 넓은 시야를 제공해 주는 효과적인 방법의 하나라고 말할 수 있다.

그림 11은 주변시자극을 위해 새롭게 제작한 HMD를 이용하여 Strip패턴을 각각 좌우, 전후 방향의 다양한 각속도로 구동하였을 경우의 머리의 움직임 및 COP 변화의 요동폭을 여러 피험자에게 측정하여 그 평균을 나타낸다. Strip패턴의 이동속도가 증가할수록 요동폭도 커짐을 볼 수 있는데, 이는 일정범위(0.5~2cm/sec)에서 이미지 패턴의 이동 속도가 빠를수록 시각자극에 효과적임을 의미한다. 주변시 자극용으로 새롭게 제작한 HMD가 그림 9, 10과 같이vection현상을 효과적으로 유도함을 알 수 있다. 이는 가상현실 기술에서 사용하는 HMD가 자세균형재활훈련시스템의 시각자극용 장치로 이용될 수 있음을 확인시켜준다. 기존의 시각자극장치들의 projector를 사용한다든지 하여 공간상으로 사용하는 면적이 컸으나 본 연구에서와 같은 HMD를 사용한다면 보다 협소한 환경에

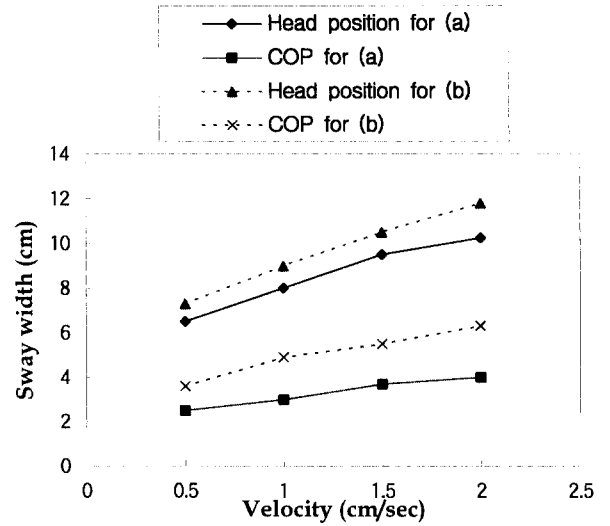


그림 11. Strip 패턴에서 움직였을 때의 머리의 움직임과 COP의 평균요동폭
 (a)전후로 기울였을 경우
 (b)좌우로 기울였을 경우
 Fig. 11. Mean sway width of both head position and COP (strip pattern)
 (a)For the side-to-side direction
 (b)For the anterior-posterior direction

서도 자세균형제어에 관한 시각자극시스템을 활용할 수 있음을 확인시켜준다.

고찰

시각적인 화면으로 사람에게vection현상을 유도하는 경우, 피험자의 주변시야는 시력이 중심시야에 비해 매우 약하지만, 사람의 자세균형제어에는 매우 효과적인 영향을 준다[8]. 즉, 주변시 정보가 전정기능의 움직임에 중심시보다 더욱더 큰 영향이 있다.

본 논문에서는 천패널 구동장치를 이용하여 여러 시각 자극패턴(연직 및 수평의 strip패턴, check패턴)을 주변시에 자극하였다. 그 결과 연직의 strip패턴이 자세균형제어에 가장 큰 영향이 있었으며, check패턴, 수평의 strip패턴의 순으로 효과가 감소하였다. 천패널 구동장치를 이용하였을 때의 경우를 바탕으로, 기존의 HMD를 이용하였을 경우에는 원근감이 뚜렷하도록 skyline패턴의 지표면을 check패턴으로 하였고, 주변시 자극용으로 제작한 HMD를 이용하는 경우에는 주변시 효과가 가장 큰 연직의 strip패턴을 시각 자극 패턴으로 이용하였다.

또한, 본 논문에서는 가상현실 기술을 재활훈련시스템에 이용할 수 있는지의 유용성 여부를 검토하였다. 이를 위하여 앞에서 언급했듯이 천패널 구동장치와 주변시 자극용 HMD를 비교하기위해 주변시 자극용 HMD에서는

천패널 구동장치에서 주변시 효과가 가장 컸던 연직의 strip패턴을 이용하였다. 그 결과, 두 경우에서 시각 자극 패턴의 이동과 신체의 움직임의 방향성이 유사함을 알 수 있었다. 따라서, 자세균형재활훈련시스템의 시각자극장치로 HMD를 이용하는 것은 가능함을 알 수 있었다. 그 효과는 기존의 시각자극용 패널이나 프로젝트와 같은 시각 패턴구동장치와는 달리, 좁은 환경에서도 자세균형제어를 위한 시각자극이 가능하다는 점이다.

본 논문에서 알 수 있는 또다른 한가지는 머리의 움직임과 COP의 변화 형태이다. 모든 실험에서 측정 파라미터로 쓰였던 위 두가지는 언제나 같은 형태를 보여주고 있다. 그러므로, 자세균형제어를 위해 신체움직임의 변화를 알고자 할 때 쓰였던 힘판을 통한 COP의 측정은 3-SPACE FASTRAK을 이용한 머리의 움직임을 측정하는 것으로 충분히 가능하다고 사료된다. 이는 공간을 많이 차지하는 힘판에 비해 협소한 공간에서도 신체의 움직임 변화를 측정할 수 있다는 가능성을 보여준다. 신체체질의 가속도가 무시하지 못할 정도일 때에는 머리의 움직임과 COP가 전혀 연관성이 없겠으나, 본 연구에서의 vection현상에 의한 유도는 몸이 진후좌우로 천천히 움직이는 quasi-static상태라 볼 수 있으므로 머리의 움직임과 COP는 연관성이 있다.

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 자세균형재활훈련시스템을 개발하는데 있다. 또 하나의 과제로 본 논문에서는 시각적인 자극만을 이용하였으나 청각적인 자극에 의한 자세균형제어도 효과가 있으므로[9], 시·청각의 통합감각을 이용한 보다 더 현실감있는 자세균형훈련시스템으로 발전시키고자 한다.

결 론

자세균형제어에 영향을 주는 패턴을 천패널 구동장치와 HMD를 통해 시각 자극시킨 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 천패널 구동장치를 이용하여 주변시영역에 대해 여러 시각 자극 패턴을 자극시킨 결과, 연직의 strip패턴이 피험자의 자세변화에 가장 영향을 많이 끼침을 알 수 있었다.
2. HMD를 통해 skyline패턴을 자극시켰을 경우와 주변시자극용으로 제작한 HMD를 통해 연직의 strip패턴을 자극시켰을 경우를 검토할 때, 양쪽 모두 피험자의 자세균형제어에 영향을 끼쳤으나, 중심시에 자극시킬 경우보다는 주변시에 자극시키는 것이 보다 더 영향이 많음을

확인할 수 있었다.

3. 연직의 strip패턴을 천패널 구동장치에 이용하였을 경우와 주변시 자극용 HMD에 이용하였을 경우를 비교해 볼 때, 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었으므로 자세균형재활훈련시스템의 시각자극장치로써 HMD의 유용성을 확인할 수 있었다.

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

참 고 문 헌

1. Di Fabio RP, Badke MB, "Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia", Physical Therapy, vol. 70, pp. 542-548, 1990.
2. Susan J Herman, Ph.D. PT, Assessment and treatment of balance disorders in the vestibular-deficient patient, Proceedings of APTA Forum, Nashville, Tennessee, June 13-15, pp. 87-94, 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., vol. 69, pp. 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., vol. 70, pp. 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., vol. 70, pp. 955-962, 1990.
6. F. Lestienne, J. Soechting and A. Berthoz, "Postural readjustments induced by linear motion of visual scenes", Exp. Brain Res. vol. 28, pp. 363-384, 1977.
7. 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, pp. 99-104, 1985.
8. A. Straube, S. Krafczyk, W. Paulus, T. Brandt, "Dependence of visual stabilization of postural sway on the cortical magnification factor of restricted visual fields", Exp. Brain Res. vol. 99, pp. 501-506, 1994.

9. M. Takahashi, T. Ifukube, "A study of the effects on audio-visual stimulations on human standing posture", 9th BPES 94, pp. 315-318, 1994.
10. M. Yoshizawa, H. Takeda, M. Ozawa, and Y. Sasaki, "A frequency domain hypothesis for human postural control characteristics", EMBS Magazine, vol. 11, no. 4, pp. 59-63, 1992.
11. K. Barin, "Dynamic posturography", EMBS Magazine, vol. 11, no. 4, pp. 52-56, 1992.

=국문초록=

본 논문은 자세균형제어에 대한 시각적 자극패턴의 효과를 보고한다. 시각적 패턴을 이용한 시각적 자극이 자세균형을 제어하는데 어떠한 효과가 있는지를 평가하기 위해, 천패널 구동장치와 HMD를 이용하였다. 또한, 실험시스템의 규모를 축소시키고자 하는 측면에서, 가상현실 기술의 시각자극장치인 HMD를 자세균형재활훈련시스템에 응용하여 그 유용성을 조사하였다.

우리가 얻은 결과는 자세균형제어에서 연직의 strip 시각패턴이 다른 시각자극패턴보다 좀더 효과적이라는 것이었다. 또한, HMD가 새로운 자세균형훈련시스템으로써 임상적으로 이용되는데 가능성을 보여주었다.