

Force Plate 와 불안정판을 이용한 평형감각 훈련

박용균*, 유미(전북대 의용생체공학과), 권대규, 홍철운, 김남균(전북대 생체정보공학부)

Training of Equilibrium Sense Using Unstable Platform and Force Plate

Young Kyoon Park*, Mi Yu (Biomedical Eng. Dept., CBNU), Tae Kyu Kwon, Chul Un Hong,
and Nam Gyun Kim(Division of Bionics and Bioinformatics, CBNU)

ABSTRACT

This paper proposes a new training system for equilibrium sense and postural control using unstable platform and force plate. This system consists of unstable platform, force plate, computer interface, software and the computer. Using this system and training programs, we perform the experiment to train the equilibrium sense and postural control of subject. To evaluate the effects of balance training, we measured some parameters such as the maintaining time in the target, the moving time to the target and the mean absolute deviation of the trace before and after training. The result shows that this system can improve the equilibrium sense and balance ability of subject. This study shows that proposed system had an effect on improving equilibrium sense and postural control and might be applied to clinical rehabilitation training as a new effective balance training system.

Key Words : equilibrium sense(균형감각), unstable platform(불안정판), biofeedback(바이오 피드백)

1. 서 론

인간이 평형감각을 유지하는 능력을 갖추기 위해서는 시력, 체성 감각 및 전정감각 기능 중 적어도 두 가지 기능이 적용되어야 한다. 균형은 지지면 위에서 신체의 중심을 유지하는 능력을 말하며 신체의 자세균형을 유지하기 위해서는 전정기관 및 소뇌의 평형 기능, 근·골격계의 지지 작용, 그리고 운동기능과 감각기능 등이 기여한다.^{1,2}

최근 평균수명의 연장으로 인한 사회 노년층의 증가하며 늘어난 고령 인구의 낙상 사고 발생 빈도 증가로서 전정계 및 체성 감각계의 기능 손상에 의한 자세균형 장애를 가지고 있는 환자들이 증가하고 있다^{3,4}. 또한 교통사고가 증가하면서 외상성 손상 및 근·골격계의 질환에 따른 자세균형 제어 능력의 손실 역시 증가하고 있다. 이러한 여러 가지 질환에 의해서 자세균형 기능의 장애가 발생된 환자들이나 노인들에게는 자세균형 기능을 회복하기 위하여 다양한 재활 방법이 필요하다. 그러나 기존에 실시하던 고전적인 평형감각 훈련 시스템은

평형감각 증진에 필요한 시각, 전정기관과 체성 감각 등을 통합적으로 적용되지 못할 뿐만 아니라 피험자의 집중력을 유발하지 못하여 훈련효과가 증가하지 못하는 단점이 있다.

본 연구에서는 힘판(force plate)이 가미된 불안정판을 이용하여 평형감각 훈련시스템을 개발하고자 한다. 정상인 남녀를 대상으로 힘판이 가미된 불안정판에서 자세균형 평가와 시각을 이용한 균형훈련의 효과를 알아봄으로써 효과적인 재활훈련장치로서의 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 시스템 구성

Fig. 1 은 평형감각 훈련 시스템 구성도를 나타내고 있다. 이 시스템은 크게 훈련 모니터링 장치, 힘판(force plate)이 장착된 불안정판(unstable platform), 컴퓨터 인터페이스 및 안전장치로 나눌 수 있다. 또한 다양하게 평형감각 증진을 훈련할 수 있고 피험자의 수준에 따라 난이도를 조절 가능하도록 소프트웨어를 구성하였다.

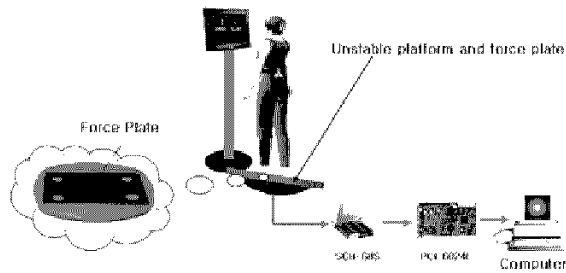


Fig. 1 System configuration

2.1 하드웨어

평형감각을 증진하기 위해서 새로운 형태의 훈련 장치를 개발하였다. Fig. 2는 힘판이 장착된 불안정판의 실물도이다. 불안정판 위에 4개의 로드셀을 내장된 힘판을 설치하고 불안정판 안에 2개의 기울기 센서를 설치하였고, COP(center of pressure)와 기울기 각도를 측정한 데이터를 컴퓨터에 저장하여 분석 처리하였다. 불안정판의 길이는 550 mm, 넓이 390 mm, 높이 130 mm 및 곡률 반경은 200 mm이다. 앞뒤 최대 기울기 각도는 28도이고 좌우 최대 기울기 각도는 18도이다.

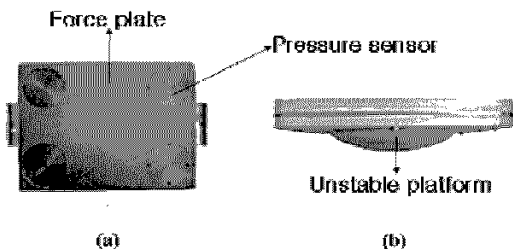
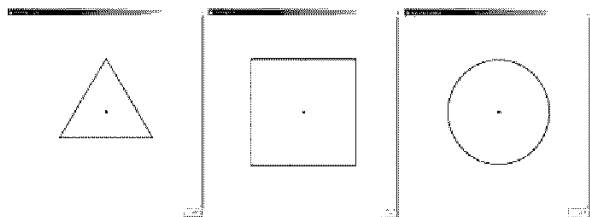


Fig. 2 Unstable platform and force plate:
(a) front direction (b) side direction

2.2 소프트웨어

평형감각 증진 훈련을 분석하기 위해서 훈련 프로그램, 평가 프로그램 및 데이터 분석 프로그램으로 구성된 소프트웨어를 개발하였다. Fig. 3는 실제 개발된 삼각형, 직사각형, 원형 추적을 수행하는 훈련 프로그램이고, Fig. 4는 훈련평가 프로그램이다. 모든 소프트웨어는 National Instruments사의 LabVIEW 6.1로 개발하였다.



(a) Triangle trace (b) Quadrangle trace (c) Circle trace
Fig. 3 Training programs for training of equilibrium sense

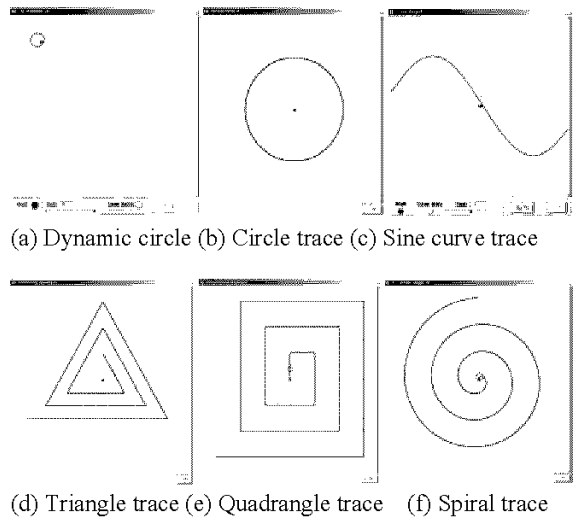


Fig. 4 Evaluation programs:

3. 실험대상 및 실험방법

3.1 실험대상

이 평형감각 훈련 시스템을 20 ~ 30대 정상 성인 대상으로 훈련의 종류에 따라서 그룹으로 나누고 평형감각 훈련과 평가를 진행 하였다.

3.2 실험방법

평형감각 및 자세균형 제어능력을 증진하기 위해서 훈련 프로그램을 통한 자세균형 제어능력 훈련과 평가를 진행하였다. 실험의 전체적인 진행은 Fig. 5와 같다. 평형감각 훈련효과를 평가하기 위해 평가 프로그램을 이용해서 COP 이동시간, COP 유지시간 경로 절대 편차 등 파라미터를 측정하였다. 또한, 훈련 전·후 평가 결과를 통해서 자세균형 훈련효과를 분석하였다.

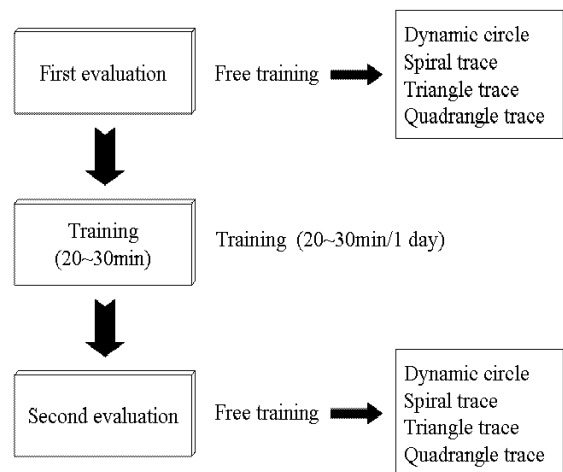


Fig. 5 Experimental procedure

4. 결과 및 고찰

힘판이 장착된 불안정판을 이용해서 평형감각 훈련과 평가 프로그램을 분석하고 적용한 실험을 통해서 다음과 같은 결과를 얻었다.

4.1 압력과 기울기 각도의 상관관계

본 연구에서 개발된 새로운 평형감각 훈련장치의 성능을 고찰하기 위해서 SCT(sine curve trace)를 이용해서 압력과 기울기 각도의 상관 관계를 고찰하였다. Fig. 6 은 수평 방향 압력과 기울기 각도의 상관관계를 나타내고 있다. 그래프를 통해서 불안정판 위의 힘판에서의 압력과 기울기 각도는 비례하는 결과를 얻었다.

압력과 기울기 각도

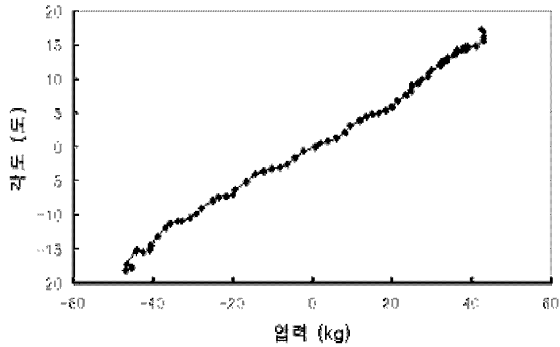


Fig. 6 Relation of pressure and tilt angle

4.2 COP 이동시간

COP 이동시간은 COP 가 중심부에서 Target 까지 도달할 때까지 소요되는 시간이다. COP 이동시간은 인체 중심 이동 능력 평가하는데 아주 중요한 파라미터이다. Fig. 7 는 COP 이동 시간의 계산 방법을 나타내고 있다. COP 이동 시간은 짧게 얻어 질수록 인체의 중심 이동시간과 훈련에 따른 COP 에 반응하는 능력이 좋다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 모두 여덟 개 방향에서 COP 이동 시간을 측정하였다. 즉, 앞, 뒤, 좌, 우, 앞-좌, 앞-우, 뒤-좌, 뒤-우 방향의 훈련 전후 COP 이동 시간 비교해서 훈련 효과를 평가하였다. Table 1 은 훈련 전후 피험자의 전체 평균 COP 이동 시간을 나타내는 그래프이다. 그래프를 보면 훈련전 앞면과 좌측 COP 이동 시간은 뒤면과 우측보다 길다. 훈련을 통해서 앞, 뒤, 좌, 우 방향에 COP 이동 시간은 거의 같은 수준을 얻었다. 또는 전체 신체 중심 이동 두려운 앞면과 좌측 방향에 COP 이동 시간을 단축으로 인하여 균형제어 훈련의 유의성은 알 수 있었다.

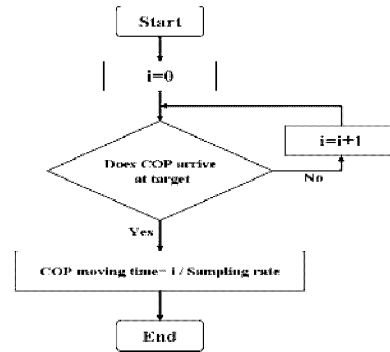


Fig. 7 Flowchart to measure COP moving time

Table 1 COP moving time

	Ant.	Post.	Lt.	Rt.	Ant-Lt	Ant-Rt.	Post-Lt	Post-Rt
Before	4.076	3.816	4.313	3.259	3.965	4.160	4.420	3.052
After	2.696	2.747	2.800	2.604	3.312	3.331	3.369	2.685

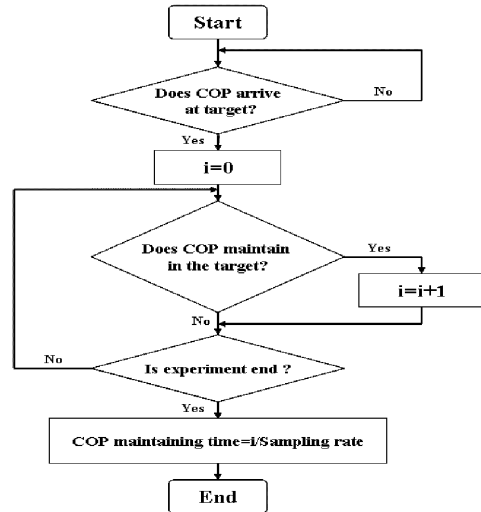


Fig. 8 Flowchart to measure COP maintaining time

Table 2 COP maintaining time

	Ant.	Post.	Lt.	Rt.	Ant-Lt	Ant-Rt.	Post-Lt	Post-Rt
Before	18.255	17.407	17.893	18.617	18.524	20.107	17.625	19.427
After	21.960	22.982	20.577	21.735	21.138	22.991	20.088	21.530

4.3 COP 유지시간

COP 유지 시간은 COP 가 목표점 원안에 머무르는 시간이다. COP 유지 시간은 신체 평형 유지능력 평가하는데 아주 중요한 파라미터이다. Fig. 8 은 COP 유지 시간의 계산방법을 나타내고 있다. COP 이동 시간이 길수록 평형능력과 자세균형능력은 더욱더 향상되고 있는 것을 알 수 있다. Table 2 는 훈련 전·후 피험자의 전체 평균 COP 유지 시간을 나타내는 그래프이다. 본 실험에서 모두 여덟 개 방향에 훈련 전후 COP 유지 시간을 측정하고 훈련

효과를 평가하였다. COP 유지시간은 뒤면 약 5.58, 뒤-좌 방향 약 2.46 초로 향상되었다. 훈련 전후 전체적인 COP 유지 시간 3.14 초를 늘어났다. 이와 같이 훈련 전후 COP 유지시간 비교함으로써 훈련에 대한 효과를 알 수 있었다.

4.4 경로 평균 절대 편차

Fig. 9 과 10 는 훈련 전후 나선 추적과 사각형 추적의 평가 분석도이다. 훈련 전후 경로 평균 절대 편차와 경로 평가분석을 비교함으로써 본 훈련시스템을 통하여 훈련전·후에 대한 평형감각 증진효과를 알 수 있었다.

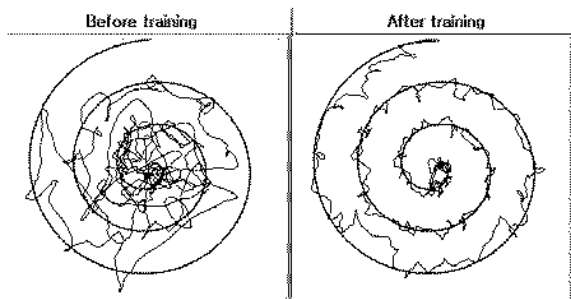


Fig. 9 Spiral trace of before and after training

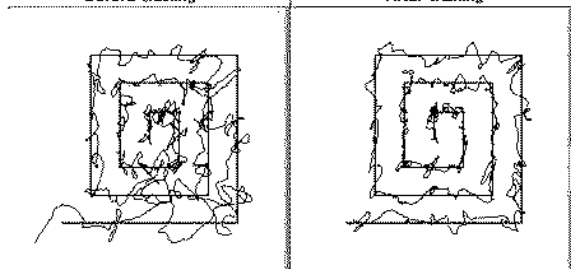


Fig. 10 Quadrangle trace of before and after training

경로 평균 절대 편차는 지정된 경로와 COP 의 평균 거리 절대 편차이다. 경로 평균 절대 편차는 신체 중심 이동 능력과 평형 유지능력 통합 평가하는데 아주 중요한 파라미터이다. 경로 평균 절대 편차의 계산 방법은 식(1)에서 나타났다.

$$\text{mean absolute deviation} = \frac{\sum (X - \bar{X})}{n} \quad (1)$$

Fig. 11 은 훈련 전후 나선 추적(trace), 삼각형 추적, 사각형 추적 의 경로 평균 절대 편차를 나타내고 있다. 훈련 후 나선 추적의 경로 평균 절대 편차는 약 0.32 cm, 삼각형 추적는 약 0.13 cm, 사각형 추적는 약 0.22 cm로 낮아지는 결과를 얻었다. 이에 본 연구에서 개발한 평형감각 훈련 시스템이 훈련을 통해 균형 제어 능력을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

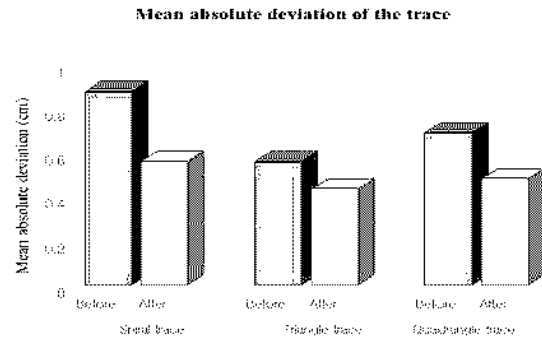


Fig. 11 Mean absolute deviation of the trace

5. 결론

본 연구는 신체 평형감각 및 균형제어 기능의 회복을 촉진시키기 위해서 환자의 적극적이고 능동적인 참여를 유도해 낼 수 있는 평형감각 훈련 시스템을 개발하여 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 훈련 프로그램을 이용하여 반복적인 훈련을 실시한 결과, COP 이동 시간이 단축되었고 COP 유지시간은 증가하였으며 경로 평균 절대편차 감소하였다.
2. 동적 균형 훈련의 효과를 측정된 결과, 시각, 체성감각 및 전정기관의 통합자극이 균형 제어 능력을 향상시킬 수 있다고 판단된다.

후 기

본 연구는 과학기술부 주관 특정연구개발사업 지원으로 이루어진 것임.

참고문헌

1. Cavell, G. E. and Van Swearingner, J. M. "Neuro muscular analysis," *Physical Therapy*, pp. 489, 1986.
2. Duncan, P. W., Studenski, S., Chandler, J. Bloomfeld, R. and LaPoint, L. K., "Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing," *Physical Therapy*, Vol. 70, pp. 88~96, 1990.
3. Anderson, T.P., "Rehabilitation of patient with complete stroke," *Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation*, 4th ed., WB saunders, Philadelphia, pp. 656-678, 1990.
4. 김중윤, 송철규, 김남균, "가상현실 바이크 시뮬레이터의 개발과 성능평가," *Trans. KIEE*, Vol. 51D, No. 3, pp. 112~121, 2002.