

자세균형제어 시스템의 개발

양 길태, 김 영호, 임 송학, 장 윤희, 문 무성
재활공학연구센터

Development of Postural Balance Control System

G. T. Yang, Y. H. Kim, S. H. Lim, Y. H. Chang, and M. S. Mun
Korea Orthopedics and Rehabilitation Engineering Center

ABSTRACT

A simple bio-feedback system was developed to monitor and to analyze patient's postural balance. Two load cells were used to measure the weight of each side. A specially designed electronic circuit was made to pick up the weight signals and to feed into the data acquisition system. Clinical trials were also made on 20-30 year-old normal subjects and nine hemiplegia patients who had the potential instability in weight bearing. A Microsoft window-based software collected and analyzed the postural balance data. Normal subjects showed only 5% deviations of their body weight. However, hemiplegic patients had significant weight shifts toward the healthy limb. With the present system, patients can also exercise their balance and weight bearing. The present system should be of convenience to monitor in real-time and analyze the postural balance control of hemiplegic patients.

경계에 손상을 일으킨 뇌졸중 및 외상성 뇌손상 환자에게 흔히 동반되고 그 밖에도 관절 및 근육질환, 전정기관 손상, 하지절단 등으로 기립위 안정성의 유지, 체중부하 및 보행능력의 지장을 초래하여 재활에 있어 큰 장애요소가 되고 있다[1, 2]. 이러한 환자들에게 적합한 재활훈련을 통해 조속한 사회복귀를 실현하려면 이에 따른 재활시스템의 개발 및 분석기술이 필요하다.

자세불균형을 치료하는 수단으로 힘측정판을 사용하여 신체의 압력중심의 이동을 측정하여 그 궤적을 환자에게 실시간에 관찰하도록 하는 bio-feedback system이 사용되어 왔다. 그러나, 이러한 시스템에는 힘측정판(force plate)이 필수불가결하여 장비가격이 고가일 뿐 아니라, 환자 스스로 사용할 수 없기 때문에 환자가 직접 사용할 수 있는 보다 간단하고 효과적인 재활장비의 개발이 요구되어 왔다.

따라서 본 연구의 목적은 마비환자 및 절단 환자들의 자세균형을 도모할 수 있는 재활훈련장비 및 이에 따른 분석프로그램을 개발하고 이에 대한 평가로써 마비환자들에게 적용함에 있다.

서 론

최근 전정기관손상, 뇌손상, 퇴행성 뇌손상, 외상성 뇌손상, 중추신경계 손상 등의 환자들이 급증하고 있다. 이러한 환자들은 자세균형제어에 어려움이 있어서 보행 및 일상 생활에서의 적응이 매우 어려운 실정이다. 자세균형제어란 신체의 무게중심을 지면 위에서 최소의 자세동요 하에 유지시키는 능력을 말하며, 자세균형의 제어에는 복합적인 감각 및 운동기능이 관여한다. 자세균형 및 평형능력의 저하는 중추신

연구방법 및 대상

본 연구를 통해서 개발된 자세균형제어시스템은 1개의 load cell 및 증폭기로 이루어진 측정시스템 2세트, 아날로그-디지털 변환기, 데이터 분석기 등으로 구성되어 있으며, 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

하중 측정 센서는 하중이 상판에 걸리면 load cell의 저항 변화로 인하여 전압의 변동이 발생한다. Load cell의 경우 기준전압 10V를 인가할 때 100kg

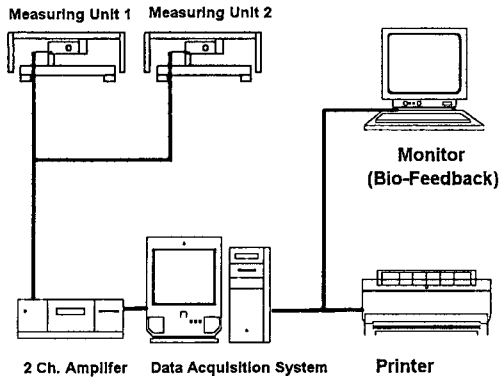


그림 1. 시스템 구성도

의 하중이 걸리면 20mV의 전압이 발생한다 (0-100Kg, BCA-100L, CAS). Load cell에서 신호가 발생하면 이를 증폭하기 위한 증폭기는 기준전압 발생기, 증폭단, 필터, 오프셋 조절기로 구성되어 있다. Load cell의 기준전압은 선형 전압발생기를 사용하여 ripple 현상이 나타나지 않도록 하였다. 또한 load cell에서 나오는 신호는 많은 노이즈를 갖고 있기 때문에 100Hz 이하의 신호만 통과시키는 저역필터(low pass filter)와, 60Hz의 전원 노이즈를 제거하기 위한 60Hz 노치 필터를 내장하였다. Load cell의 기본 저항값에서 발생하는 오프셋을 조절하기 위해서 오프셋 조절기를 내장하였다. 그림 2는 신호 증폭기의 구성도인데, 증폭기의 증폭배율은 250, 500배로 설정하여 최대 100Kg의 하중이 걸렸을 때 5V, 10V의 전압이 발생하도록 하였다.

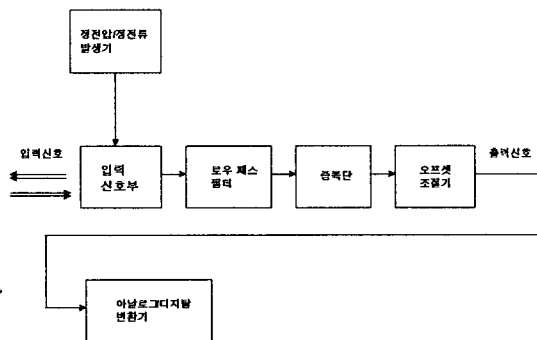


그림 2. 신호 증폭기 구성도

증폭기에서 발생한 신호는 A/D 컨버터(DAS-1402, Keithley)를 통하여 컴퓨터에 입력하도록 하여 실시

간으로 load cell에서 발생한 신호를 모니터 상에 나타나도록 하여 피검자가 모니터상의 그림을 보면서 자세균형재활훈련을 할 수 있는 bio-feedback system을 구성하였다. 즉 피검자가 자세균형재활시스템 위에 올라서면 체중이 측정되고, 실시간으로 왼발과 오른발에 걸리는 각각의 체중이 모니터 상에 나타나며, 왼발과 오른발의 하중차이를 피검자 체중의 백분율로 나타나게 하였다.

피검자가 자세균형재활시스템을 이용하여 자신의 체중심의 변화를 모니터 상의 그림을 보면서 자세균형 훈련을 하기 위해서 왼발과 오른발의 하중 차이를 실시간으로 모니터링 하고 있는 그림이다 (그림 3).

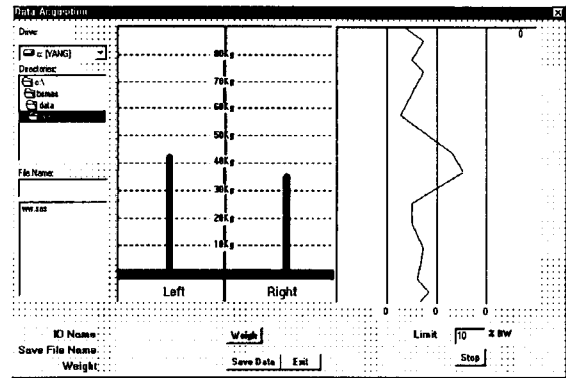


그림 3. 실시간 모니터링 윈도우

피검자는 과거력상 신경계 및 근골격계에 특기할 병변이나 외상을 경험한 일이 없는 건강한 20-30대 남자와, 외상성 뇌손상 또는 뇌졸중으로 대뇌 병변을 가지고 재활치료를 받는 환자 9명을 피검자로 선정하였다. 피검자들이 실험실을 방문한 후 충분한 휴식을 취한후 자세균형재활시스템에서 훈련을 하게 하였다.

외상성 뇌손상 또는 뇌졸중으로 대뇌 병변을 가지고 재활치료를 받는 환자들은 장시간 직립상태를 유지하기가 힘들기 때문에 환자 스스로 더 이상 훈련이 힘들다고 판단할 때까지 훈련을 한후 휴식을 취하게 하였다.

결과 및 고찰

건강한 성인 남자의 경우는 본 연구에서 개발한 자세균형재활시스템을 이용하여 자세균형에 대한 평

가를 할 경우 대부분이 자기 체중의 10% 이내에서의 체중변화를 보이고 있으며 (그림 4), 모니터를 보면서 자세균형훈련을 할 경우 자기 체중의 5% 이내에서의 체중변화를 보였다.

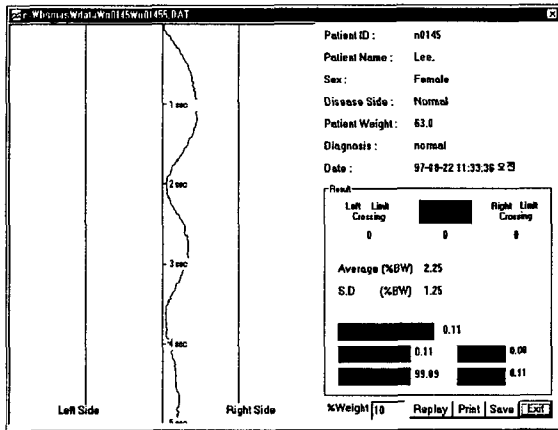


그림 4. 정상인의 자세균형제어 (BW 10%)

환자들의 경우에는 질환종류에 따라 체중변화가 다양하게 분포하나, 편마비환자의 경우 환측하지에 하중을 지지하지 못함을 알 수 있었다 (그림 5). 그러나 bio-feedback 훈련을 계속할수록 좌우측 하지에 작용하는 하중의 변화가 적어짐을 알 수 있었다 (그림 6).

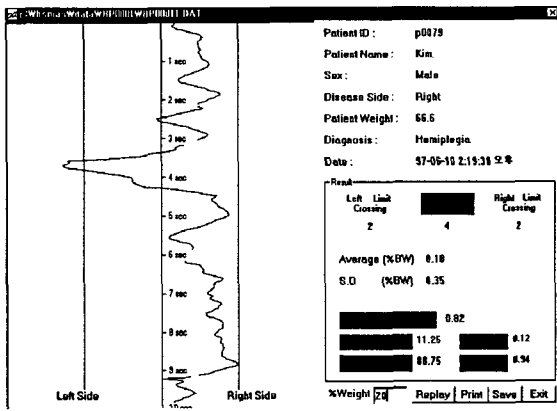


그림 5. 훈련전 편마비 환자의 자세균형제어 (BW 20%)

자세균형 및 평형능력의 저하는 중추신경계에 손상을 일으킨 뇌졸중, 외상성 뇌손상, 절단 환자들에

게 흔히 동반되는 장애로서 기립 위 안정성의 유지, 체중부하 조절 및 보행능력에 지장을 초래하여 환자들의 재활에 장애요소가 되고 있기 때문에, 재활훈련

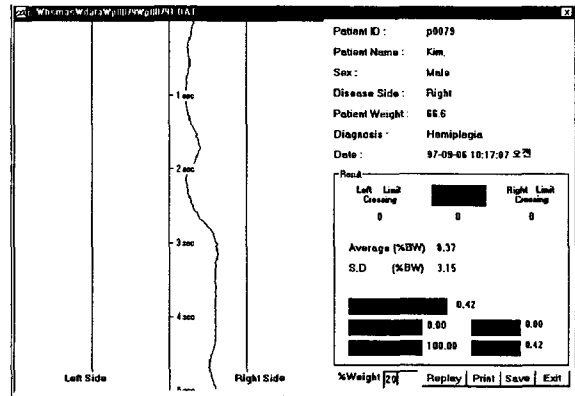


그림 6. 훈련후 편마비 환자의 자세균형제어 (BW 20%)

시 직립상태에서의 weight bearing 훈련을 하여야 한다. 본 연구에서 개발된 자세균형제어 훈련시스템은 이와 같은 환자들에게 weight bearing 훈련에 따른 각 하지에 대한 체중지지상태를 실시간으로 모니터를 통해서 관찰할 수 있게 함으로써 환자 스스로 자기체중을 각각의 발에 지지할 수 있도록 하였다.

편마비환자들의 경우 대부분이 건축에 체중을 지지하고 있기 때문에 건축과 환측에 균등하게 체중을 지지하는 훈련을 하여야 하는데 환자의 느낌 만으로는 얼마의 힘을 주어야 하는지를 정확하게 알 수 없었지만 본 연구를 통해서 개발된 장비에 의해 각각의 발에 실려있는 체중을 실시간으로 보면서 훈련을 할 수 있게 되었다. 또한 치료사나 의사는 환자의 상태를 정확하게 판단하고 훈련의 강도를 조절하여야 하는데 지금까지의 방법은 임의적이고 주관적인 평가만 실시하였지만 본 연구에서 개발한 장비를 이용할 경우 정량적이고 객관적인 방법을 통하여 환자에게 가장 적절한 훈련을 시킬 수 있는 방법을 찾을 수 있게 되었다.

또한 환자의 체중이 백분율로 나타나기 때문에 정상치에 대한 환자의 상태를 구별하여 훈련을 시킬 수 있으며, 전체 실험 데이터에 대한 평균치와 적분값을 비교함으로써 환자들의 훈련에 대한 평가를 시간별로 비교 분석할 수 있게 하였다.

균형의 제어에는 복합적인 감각 및 운동기능이 관여하는데 운동기능은 하지와 체간의 근육들이 자세

반응 상승작용에 따라 협동적으로 작용하는 과정을 말하며, 감각기능은 고유수용감각을 포함한 체성감각, 시각 및 청각기관으로부터 수용된 다양한 감각들을 조직화하는 과정을 말한다.[3, 4, 5]

뇌기능 장애를 가진 환자들에게 하지 및 체간의 마비와 불균형으로 인한 자세동요는 비대칭적 자세를 취하게 하고, 이차적인 질환을 초래하게 된다. 특히 마비나 절단측에 감각이상과 지각장애로 인하여 자세제어에 큰 어려움을 초래하게 된다. 따라서 뇌기능 장애 및 절단으로 인한 자세제어에 어려움이 있는 환자들에게 자세균형제어의 향상과 이를 통한 직립자세의 안정성 및 체중부하조절능력의 향상과 보행능력 증진은 재활치료에 있어서 매우 중요하다.

자세균형제어에 대한 기존의 재활치료방법은 물리치료사가 언어 및 신체자극을 주면서 직립균형과 체중이동을 반복적으로 훈련시키는 것인데 이는 인지 및 지각 기능 능력 장애를 가진 환자들에게는 효과적인 훈련방법이 되지 못하고, 설령 효과적으로 반복훈련을 받고 있는 환자라 할 지라도 체중심이 얼마나 이동하고 있는지를 정량적으로 판단할 수 없으며, 계속적인 훈련에 의한 효과를 객관적으로 판단할 수 있는 자료가 부족하여 치료사의 경험에 의하여 판단하여야 하는 어려움이 있다.

그러나 자세균형재활시스템을 이용하여 훈련을 할 경우 객관적이고 정량화된 데이터를 기준으로 치료효과를 분석할 수 있으며, 치료기간에 따른 치료효과를 기존의 데이터와 비교함으로써 판단할 수 있다. 이와같이 효과적인 재활치료 장비를 이용하여 자세균형재활훈련을 할 경우 자세의 안정성과 보행능력을 빠르게 획득함으로써 장애환자의 빠른 사회복귀를 촉진할 수 있다.

결 론

본 연구에서는 뇌기능 장애환자 및 절단환자들의 자세균형을 도모할 수 있는 자세균형재활훈련장비 및 이에 따른 분석프로그램을 개발하고 이에 대한 평가로 편마비환자들에게 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 정상인의 직립위치에서의 체중심 변화는 10% 내에서 이루어지고 있다.
- 2) 뇌기능 장애 및 절단환자들에게 실시간으로 모니터링 하면서 자세균형제어훈련을 할 경우 기존의 방법보다 매우 효과적인 훈련이 되었다.

3) 훈련기간에 따른 치료효과를 정량적이며, 객관적인 방법에 의하여 판단할 수 있었다.

참고문헌

- 1) 김 연희, 김 남균, 차 은중, 김 형일, 이 경무: "힙 판을 이용한 자세균형제어력의 정량적 평가와 임상균형지수와와의 비교연구", 대한재활의학회지, 19권, 4호, 782-792, 1995.
- 2) 장 기언, 서 경배, 이 숙자: "균형지수를 이용한 균형반응의 정량적 평가", 대한재활의학회지, 16권, 4호, pp.443-451, 1992.
- 3) Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB: "Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient", Am J Phys Med, vol. 66, pp.77-90, 1987.
- 4) Hamman RG, Mekjavic I, mallinson AI, Longridge NS: "Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback", Arch Phys Med Rehabil, vol. 73, pp.738-744, 1992.