2002년도 대한전자공학회/대한전기학회 시스템 및 제어분야 합동 추계학술대회 논문집(2002.11.30)

인체평형기능 재활훈련장치의 개발에 관한 연구

오지연 김동욱
순천향대학교 공과대학 정보기술공학부

The Study development of body balance function rehabilitation training equipment

J. Y. O Kim, Dong-Wook
Division of Information technology engineering, Soonchunhyang University

ABSTRACT

Position balance control refers to ability that is kept bodily :enter of gravity under minimum position shake on surface of and.

Patients who an injury of brain, a wound of the central nervous ;ystem or weakening of leg muscular power is fallen are trend ncreasing steadily by the car accident body balance function is on in increasing trended.

These patients have difficulty in position balance control, receive ›ig restriction walk and life style.

This research composed to do body balance function ·ehabilitation training which elevate leg muscular power using ;tep machine. And expect to become effective rehabilitation raining device because measuring bodily pressure center using ?orce Platform and do so that can confirm training result easily as :hat is monitor.

서 론

정상적이고 원활한 보행이 이루어지려면 여러 요소가 조화를 이루어야 하는데 그 중 자세균형의 유지는 기립의 유지 보행 등은 인체의 모든 동작 시 필수적인 기능이라고 말할 수 있다.

자세균형제어는 신체의 무게 중심을 지면 위에서 최소의 자세동요 하에 유지시키는 능력을 말하며, 교통사고 등으로, 인한 뇌손상, 중추신경계의 기능 손상 또는 하지 근력의 저하 등으로 평형기능이 저하된 환자들은 매년 그 수가 꾸준히 늘고 있는 추세이다.

이들 환자들은 자세균형제어에 어려움이 있어, 보행 및 일상생활에 큰 제약을 받는다. 따라서 이들에게 효율적인 재활훈련을 시켜 보행에 불편함이 없이 정상생활로의 복귀시키려는 노력이 필요하다.

본 논문은 하지 근력 저하로 자세균형제어에 어려움이 있는 환자들은 위하여 스텝머신을 이용하여 평형기능 재활 훈련을 한 후 힘판을 이용하여 신체의 압력중심을 측정하여 그 궤적을 피험자에게 모니터 상으로 보여주어 자세제어 평가를 할 수 있게 하는 장치의 개발에 관한 연구이다.

하지만 스텝머신을 이용한 재활훈련시에 만약 피험자가 단순한 훈련에 쉽게 지루함을 느끼게 된다면 효과적인 운동을 기대할 수 없을 것이다. 따라서 본 연구에서는 스텝머신과 조이스틱포트를 연결하여 게임을 하며 재활훈련을 할 수 있도록 하는 시스템을 개발하여 환자가 지루하지 않고 재미있게 운동을 할 수 있게 하였다.

스텝머신을 통해 먼저 환자의 운동효과를 높이고 어느 정도 자세균형 능력을 기른 후, 힘판을 이용함으로써 자세제어 평가를 하여 모니터를 통해 재활훈련의 결과를 쉽게 확인 할 수 있게 하여 지속적으로 환자가 평형기능 회복훈련과 평가를 통해 효율적인 재활훈련을 할 수 있도록 하는 것이 본 연구 목적이다.

1. Step machine을 이용한 근력훈련 시스템 개발

근력훈련 재활장치 시스템을 개발하기 위해 스텝머신을 이용하였다. 스텝머신은 계단을 오르내리는 것과 같은 운동효과를 주는 기구로 실내에서 운동이 가능하여 실외운동을 해야 하는 불편함이 없다. 그리고 유산소 운동은 물론 하지근력을 강화하거나 향상시킬 수 있고 골 밀도 향상에 도움이 된다. 하지만 스텝머신만을 한다면 단순하고 지루함을 느끼게 되므로 게임에 연결시켜 운동할 수 있는 시스템을 개발하여 환자가 지루하지 않고 재미있게 운동할 수 있게 하여 운동 효과를 높일 수 있도록 하였다.

1)스텝머신과 조이스틱의 Interface

우선 스텝머신에서 나오는 신호를 검지하여 게임에 연결시킬 수 있는 방법으로 컴퓨터에 있는 조이스틱 포트를 이용하였다. 조이스틱은 가변저항을 사용하여 피험자가 움직인 정도를 체크하여 좌표를 그려주는 아날로그 방식의 조정 막대로써 조이스틱 포트를 이용하여 스텝머신에서의 좌우 이동에 따라 게임속의 좌우 이동이 가능하도록 하였다. 조이스틱 포트는 각 번호가 좌우, 상하, 버튼 등의 기능들이 정해져 있으며 스텝머신의 좌우이동에 관련된 포트는 X1으로 100kΩ가변저항에 연결되어 있어 가변저항의 변화에 따라 게임컨트롤이 가능하게 되어 있다.

먼저 회로를 이용하여 가변저항과 스위치로 회로를 구성한 뒤 조이스틱 포트에 연결하여 게임을 하였다. 가변저항의 값이 변함에 따라 게임에서의 좌우 움직임이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 이 회로를 스텝머신에 적용하여 가변저항을 스텝머신에 기어부에 장착하여 좌우로 밟을 때 가변저항의 값

변화하여 게임에서의 좌우 움직임이 가능하도록 하였다.

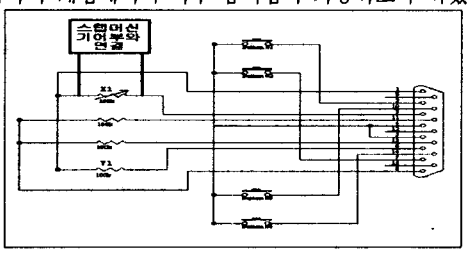

그림 1 조이스틱 포트 연결회로

1림 2 기어를 연결한 스텝머신

그림 3 기어 연결 부분

그림 2는 기어를 연결한 스텝머신의 전체 모습이다. 그림과 이 스텝머신을 밟을 때 움직이는 부분인 중심부분과 지지대 각도를 고려하여 기어 비를 계산, 기어 잇수에 맞추어 연 하였다.
그림 3은 기어의 연결부분이다. 세 개의 기어 중 좌측의 기 가 지지대와 연결되어있어 그 아랫부분에 가변저항을 연결 였다. 그리고 연결한 가변저항의 두 단자는 조이스틱 포트 로에 연결하였고 스텝머신의 앞부분엔 회로를 부착하여 보 이나 이동이 간편하도록 하였다.

2) EMG 테스트

그림 4 단순운동실험

그림 5 게임운동실험

운동효과를 측정하기 위해 Biopac 시스템을 이용하여 근전 테스트를 하였다. 피험자는 단순운동 실험을 한 후 실험의 평성을 위하여 익일 같은 시간대에 게임 실험을 실시하였 . 실험시간은 각각의 경우 피험자가 지루함을 느낄 때까지 하였다. 게임 실험의 경우 모니터의 게임 화면을 보면서 텝머신으로 좌우이동을 하며 버튼조작도 같이 할 수 있게 였으며 많은 사람들이 알고 있는 게임 중 좌우의 이동이 많 조작하기 쉬운 게임으로 하였다. 아래의 파형은 한 사람이 각각의 실험을 한 결과이다.

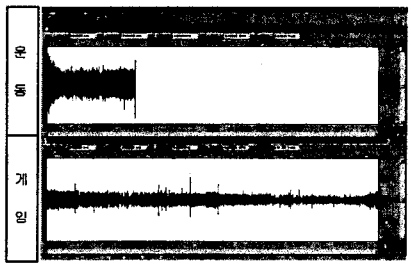

그림 6 근전도 실험 결과 파형

운동량은 운동시간과 근육 운동의 강도로 파형의 면적으로 써 환산하였다. 실험 결과 단위시간으로 보았을 때는 단순 운동을 하였을 때가 게임운동을 하였을 때보다 파형의 면적으론 운동량이 많은 것을 알 수 있었다. 하지만 전체적인 면적을 보았을 때는 운동을 했을 때보다 게임을 했을 때의 운동시간이 훨씬 긴 것을 알 수 있었다. 따라서 그에 따른 운동량 또한 단순운동 할 때보다 게임운동을 할 때가 많은 것을 확인할 수 있었다.

3) 운동효과 비교

그림 6의 파형으로 단순운동을 했을 때와 게임운동을 했을 때의 운동량이 확실하게 구분되어 보여 진다. 같은 실험을 5명의 피험자를 대상으로 하였으며 그 결과를 그림 7에 나타내었다.

피험자 모두 단순운동을 하였을 경우 보다 게임운동을 하였을 경우 약 3~4배의 시간을 더 운동하였으며 근육의 운동량 또한 게임을 하였을 때가 크게 나타났다. 또한 모든 실험자가 단순운동을 할 때에 짧은 시간의 운동에도 불구하고 지루하고 힘들다고 느끼는 경우가 대부분이었던 반면, 게임운동을 했을 때의 경우 단순운동 할 때의 경우보다 시간은 훨씬 길었지만 지루하다거나 힘들다고 느끼지 않고 오히려 즐겁게 운동하는 것을 확인할 수 있었다.

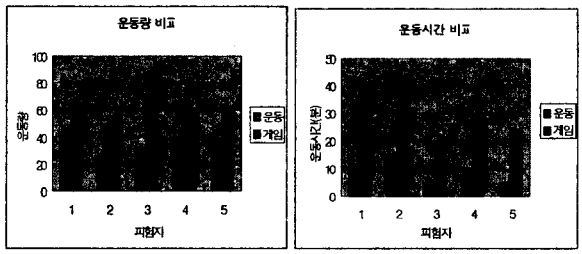

그림 7 운동량과 운동시간비교

2. 평형기능 평가를 위한 Force Platform의 제작

근력훈련 시스템으로 훈련한 후 훈련 결과를 확인하고 평가할 수 있는 방법으로 힘판을 제작하였다. 힘판은 로드셀(MN_100L, (주)CAS)을 이용하여 신체 중심 압력을 측정한 신호를 받아 검출회로를 거쳐 Data Acquisition Board (COMI_CP101, COMIZOA)로 입력하도록 설계하였다. 또한 입력 받

신호는 Visual C++ 프로그램을 이용하여 모니터 상에 출
할 수 있도록 구성하였다.

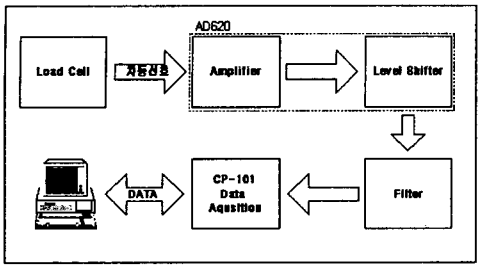

그림 8 힘판을 이용한 자세균형 재활훈련
블록 다이어그램

신체중심압력 측정원리

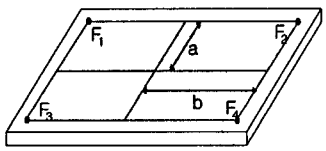

그림 9 힘판의 모양

$$_s = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (1)$$

$$_{COP} = b \cdot (F_1 + F_2 - F_3 - F_4)/F_s \quad (2)$$

$$_{COP} = a \cdot (F_1 - F_2 - F_3 + F_4)/F_s \quad (3)$$

$_1$, F_2, F_3, F_4는 각 로드셀에 가해진 힘이고, 식 (1)의
$_s$는 힘의 총합이다.

(2)의 X_{COP}는 X축 방향으로의 신체압력중심이며, b는 평형 판
가로 길이 × 1/2 값이다.

(3)의 Y_{COP}는 Y축 방향으로의 신체압력중심이며, a는 평형 판
세로 길이 × 1/2 값이다.

검출 회로

· 시스템에서는 센서(로드셀)의 입력을 받는 과정에서 0V~
nV를 0V~5V 전압범위로 약 40dB을 증폭을 하여 사용하였
이 증폭과정에서 센서의 노이즈 성분도 같이 증폭되는 현
을 보이게 된다.

를 계측용 증폭기(OP_AMP)를 사용함으로써 노이즈 성분
제거할 수 있는데 그 특징은 다음과 같다.

측용 증폭기는 두 입력 단에 존재하는 전압사이의 차이를
폭하는 차동 전압이득 회로이다. 이 증폭기의 주요 용도는
동상 신호전압에 중첩된 작은 신호를 증폭하는 것으로 주
특성은 높은 임피던스, 높은 동상제거, 낮은 출력 오프셋
그리고 낮은 출력 임피던스이다.

기본적인 계측용 증폭기는 세 개의 연산 증폭기와 몇 개의 저항으로 구성되며 전압이득은 외부저항에 의해 결정된다. 계측용 증폭기는 일반적으로 입력변수의 원격감지가 요구되는 데이터 취득 시스템과 같은 높은 동상 신호잡음 환경에서 사용된다.

이러한 특징을 바탕으로 선정한 소자가 Analog Device 사의 AD620이며 또한 AD620은 Reference단을 통하여 출력 전압의 오프셋 조정이 가능하다.

노이즈 성분은 수Khz 이상의 주파수를 가지고 있다. 따라서 전원 주파수 60Hz 성분의 맥동도 고려하여 차단 주파수를 설계하면 60Hz이하의 차단 주파수가 필요하다. 본 시스템에서는 1MΩ저항과 0.01㎌의 커패시터를 이용하여 16Hz의 주파수를 차단 주파수로 잡아 신호의 안정성을 꾀하였다.

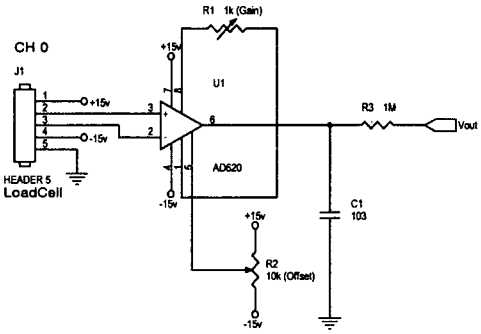

그림 10 로드셀 출력 검출 회로

3) 기 구 부

판의 크기는 성인 남자가 편안한 자세로 올라 설 수 있는 충분한 크기로 600mm × 600mm의 정사각형 모양으로 하였고 두께는 18mm의 나무판을 사용하였다. 로드셀의 각각의 거리는 500mm × 500mm으로 하였으며 윗 나무판에 나사로 고정시켰다.

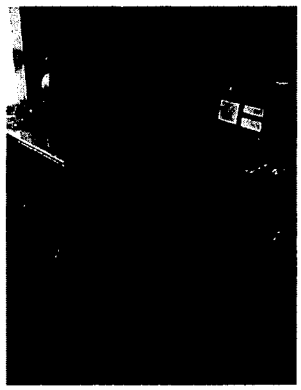

그림 1 힘판의 외형과 피험자가 실험하는 모습

4) 정량적 분석기법

컴퓨터에 입력된 신호를 정량적으로 분석하기 위해 Visual ++프로그램의 MFC - Dialog Bace를 기반으로 프로그램을 발하였다.

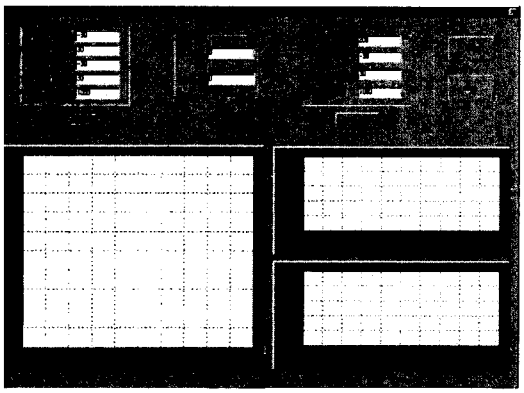

그림 12 평형기능 평가 System 화면 Layout

그림12는 평형기능 평가 프로그램의 화면 Layout이다.
좌측의 큰 그래프는 Migration of COP를 나타내기 위한 그프로 힘판상에 위치하고 있는 물체(피험자)에 대해 지면으부터의 수직방향성분의 힘을 앞의 측정원리에서 나타낸 공에 대입하여 나온 그 결과치를 그래프로 나타내는 부분이

이는 Locus patten analysis로 COP 위치이동 상황을 x-y평상에 display하는 것으로 피검자 COP의 이동패턴을 시각적로 평가하기 위함이며 이로부터 계산할 수 있는 매개변수는음과 같다.

Migration area(A) : COP-locus가 형성하는 COP 이동영역의 면적

Migration path lenth(L, dL) : COP-locus의 총 이동거리 및 단위시간당 이동거리

Equivalent radius(R) : Migration area(A)와 동일한 면적을 가지는 원의 반지름 ($R=\sqrt{A/\pi}$)

우측의 두개 그래프는 좌측의 그래프에서 나타난 X축과 Y축으로 나누어 각가의 거리상의 변화를 나타내고 있다.
우측상단의 그래프는 X축(좌우)의 방향을 나타내는 그래프, 측하단의 그래프는 Y축(상하)의 방향을 나타내는 그래프이

이는 Time-domain analysis으로 시간의 함수로 주어지는 OP의 x좌표와 y좌표 각각을시간의 함수로 display하고 다음 같은 매개변수들을 계산하여 제시한다.

최대치, 최소치 : X_{max}, X_{min}, Y_{max}, Y_{min}

표준편차 : SD_x, SD_y

총 표준편차 : $\sqrt{(SD_x^2+SD_y^2)/2}$

표준편차의 비 : SD_y/SD_x

의 매개변수들은 COP 신호의 이동정도를 나타내므로 자안정도를 평가하는 척도로 사용할 수 있다.

우측 그래프는 설정 창을 따로 두어 각각의 주파수와 그프의 크기를 바꿔줄 수 있다. 현재 피험자의 중심위치(XY좌는 데이터(숫자)의 값으로도 표현하여 알아보기 쉽게 하였다.

결 론

하지 근력의 저하로 자세균형제어에 어려움이 있는 환자들을 위한 시스템의 개발로 스텝머신을 이용한 근력훈련시스템을 개발하였다. 스텝머신으로 게임을 할 수 있도록 컴퓨터의 조이스틱 포트와 스텝머신에 장착한 가변저항을 연결하여 게임의 콘트롤러 기능을 수행할 수 있도록 구현하였으며 단순운동을 하였을 때와 게임운동을 하였을 때의 근전도를 측정하여 운동효과를 비교한 결과 게임을 할 때가, 단순운동할 때의 경우보다 운동시간과 운동량이 모두 높게 나타났다. 따라서 이 시스템은 환자들이 지루하지 않고 재미있게 오랜 시간 운동할 수 있어 운동효과를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

스텝머신 근력훈련 시스템으로 훈련한 후 이를 평가 할 수 있는 방법으로 힘판을 제작하였으며 제작한 힘판을 이용하여 신체의 압력 중심을 측정, 피험자의 위치를 보여주는 프로그램을 개발하였다. 피험자 스스로가 자세제어 평가를 할 수 있도록 모니터 상에 피험자의 현재 중심위치를 그래프와 데이터 값으로 나타나도록 구성하였다.

이러한 일련의 평형기능 회복훈련과정을 통해 하지 근력 저하로 인한 자세균형제어에 어려움이 있는 환자가 효율적인 재활훈련을 할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김난균, 이태수, 김연희 "바이오피드백 시스템을 활용한 자세균형제어에 관한 연구" 한국 과학 재단 특정 기초 연구과제 제 1차 중간보고서 pp 11~23, pp 44~64, pp 71~85
2. 김현석 "시각 자극이 자세균형제어에 미치는 영향에 관한 연구" 전북대학교 대학원 의용생체공학과 석사 학위 논문 pp 1~5
3. 이상엽 "Visual C++ Programming Bible ver 6.x"
4. Floyd "Electronic Devices" pp776~782
5. COMIZOA "COMIZOA SOFTWARE MANUAL" pp53~96