

## 자세 균형 측정을 위한 디지털 경사계 설계

### A Design of Digital Inclinometer for Measuring Postural Balance (Preliminary Study)

명현석\*, 이효기\*\*, 이경중\*\*\*, 권오윤\*\*\*\*  
(Hyoun-seok Myoung, Hyo-ki Lee, Kyoung-joung Lee, Oh-yun Kwon)

**Abstract** - In this study, we designed a digital inclinometer to measure the angle and acceleration signals. Digital inclinometer consists of a tilt sensor, accelerometer, one-chip micro controller and BlueTooth module. Using the developed system, we made an experiment with Roll. The subject is laid on the Roll and rises each foot 90° and 45° up, and measures angle and acceleration signals with 100Hz sampling frequency. Through several tests, we could find the possibilities and usefulness which can evaluate normality / abnormality of body posture objectively.

**Key Words** : Inclinometer, Acceleration, Postural Balance, Roll

#### 1. 서 론

본 연구에서는 Roll위에서 자세의 균형 정도를 객관적, 정량적으로 측정할 수 있는 디지털 경사계를 설계하였다. 과거에는 Roll위에서 좌우 다리를 들어 올렸을 때 청 복근과 내경사근의 응답을 알아보는 연구[1]와 균진도와 역학적 방법을 이용하여 여러 등급의 불안정한 시소 위에서 균형을 잡는데 미치는 중추신경 계통에 대한 연구[2] 등이 시행 되었다.

현재 Roll위에서 균형을 잡을 때 특정 균육의 균진도를 측정하여 균육의 사용정도를 분석하는 연구가 진행 중이나 객관적이고 정량적으로 균형정도를 평가할 수 있는 연구결과가 미비한 실정이다. 또한 자세가 바른 사람과 그렇지 못한 사람의 균형 정도를 의사나 물리치료사의 평가에 의존하기 때문에, 객관적으로 균형정도를 측정할 수 있는 시스템이 필요하다.

본 연구에서는 자세 균형 정도를 객관적, 정량적으로 평가 할 수 있는 디지털 경사계를 설계하였다. 이를 위해 경사 센서를 이용한 경사도 성분과 가속도 센서를 이용한 가속도 성분을 측정하고 Roll위에서 균형을 잡는데 걸리는 시간 및 중심으로부터 흔들리는 각도, 가속도 요소를 데이터화하였다.

#### 2. 시스템 설계

본 연구에서 설계한 측정 시스템은 크게 가속도 및 경사 신호를 측정하여 아날로그 신호를 출력하는 센서부와 아날로그 신호를 입력 받아 10-bit, 100Hz의 샘플링율로 A/D 변환

후 무선 전송하는 송신부, 그리고 송신된 신호를 수신하고シリ얼 통신을 이용하여 PC로 전송하는 수신부로 구성되어 있다. 그림 1은 전체 시스템의 하드웨어 구성도이다.

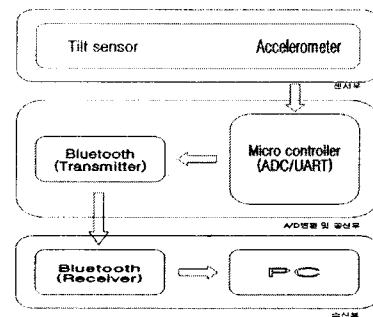


그림 1. 설계한 디지털 경사계의 하드웨어 구성도

센서부에서는 경사센서(SCA61T)와 가속도센서(ADXL250, ±50g)를 사용하였다. 경사 센서의 경우 ±90°의 각도 측정이 가능하며, 가속도 센서의 경우 신호측정 범위를 ±5g로 조절하였고 10배 증폭회로 및 50Hz 저역 통과 필터를 사용하여 주파수 조율을 제거하였다[3].

디지털 하드웨어는 마이크로 컨트롤러(PIC18F252)를 기반으로 하여, UART 통신 방식을 사용하는 블루투스 모듈을 통해 데이터를 PC에 무선으로 전송할 수 있는 부분으로 구성하였다. 별도로 경사 센서에서 측정한 데이터는 센서가 수평상태일 때의 기본전압 2.5V(A/D 변환하여 127.5)를 0°로 계산하여 기기 전면부에 부착된 7-segment에 경사도 값이 표시되도록 하였다. 그림 2에 제작된 시스템의 사진을 도시하였다.

#### 저자 소개

- \* 명현석 : 연세대학교 의공학과 석사과정
- \*\* 이효기 : 연세대학교 의공학과 석박사통합과정
- \*\*\* 이경중 : 연세대학교 의공학과 교수·공학박사
- \*\*\*\* 권오윤 : 연세대학교 재활학과 부교수·보건학박사

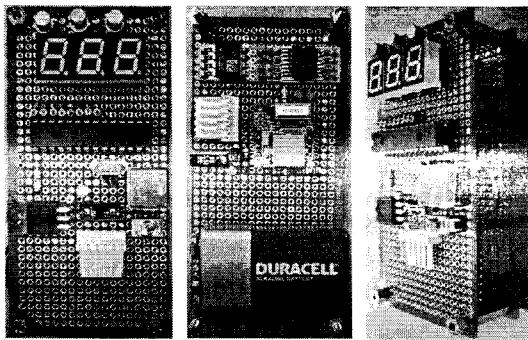


그림 2. 디지털 경사계의 모습

### 3. 실험 방법 및 결과

설계된 디지털 경사계와 Tumble Forms사에서 제조한 원통형 Roll(높이: 120cm, 지름: 30cm)을 사용하여 20대의 건강한 성인 남성 4명에 대해 Roll위에서 자세의 균형 정도를 측정하였다.

평평한 바닥에 Roll을 놓고 그 위에 누워 좌·우 다리를 각각 들어 올려 피검자가 균형을 잡기 위하여 Roll위에서 얼마나 흔들리는가를 측정하기 위해서 가속도 신호와 경사도의 변화를 관찰하였다. 측정하는 동안 피검자의 자세가 흐트러지지 않고 모든 피검자가 같은 자세로 측정할 수 있도록 하였다. 눕는 위치를 지정하는 방법은 코에서부터 배꼽까지를 Mid-line으로 설정하고, Mid-line이 Roll의 중앙에 위치하도록 하였다. 또한 꼬리뼈가 Roll의 끝부분에 닿도록 하였으며 양손은 가슴 위에 가볍게 모으도록 하였다. 다리는 어깨 넓이만큼 벌려 바닥에 밀도록 하고 한쪽 다리를 들어 올렸을 때 균형이 흐트러지면 반사적으로 지지하는 다리를 움직여 균형을 유지하려 하기 때문에 피험자에게 지지하는 다리를 움직이지 않도록 노력할 것을 주지시켰다. 피험자는 평소 차림의 복장과 운동화를 착용하였고 실험 전 Roll위에 누워 실험 동작에 대해 충분히 연습하여 익숙해지도록 하였다.

측정 시작 후 10초 동안은 양다리를 지면에 붙이고 누워있는 편안한 자세를 유지하여 측정 데이터의 기준 데이터로 사용하였다. 다음 10초 동안 다리를  $90^{\circ}$ 로 굽혀 수직으로 들어 올린 자세를 유지하고, 다리를 내려 다시 10초 동안 처음 자세로 돌아오게 하였다. 그 다음 10초 동안은 다리를 곧게 펴서  $45^{\circ}$ 로 들어 올린 상태를 유지하였다. 실험은 각각 좌·우측 다리를 나누어 실시하였다. 모든 피험자에 대해서 2회 씩 반복하여 총 8개의 데이터를 획득하였다. 8개의 데이터 중에서 2개의 데이터는 자세 변화 동안 균형을 잃고 Roll에서 떨어진 경우를 포함하고 있다.

본 연구에서는 Matlab 7.0(Mathworks, USA)을 사용하여 측정된 데이터를 처리하였다. 처음 10초 동안 측정된 기준 데이터로부터 얼마나 변화하였는가를 분석하기 위하여 각각의 구간에서 경사 신호의 평균값을 계산하여 비교하였다. 그림 4는 좌측부터 기준 데이터가 되는 자세,  $90^{\circ}$ 로 다리를 구부린 자세, 다리를 곧게 펴서  $45^{\circ}$ 로 들어 올린 세 가지 다리 자세의 모습을 나타낸 것이다.

자세 변화 동안 피험자가 균형을 유지한 6개의 데이터를

살펴보면, 다리를  $90^{\circ}$ 로 들어 올렸을 경우  $3.67 \pm 1.35^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ 로 들어 올렸을 경우  $6.22 \pm 2.54^{\circ}$ 로 변화하였다. 반면, 자세를 유지 못한 2개의 데이터를 살펴보면 공통적으로 Roll에서 떨어지는 경우 경사도가  $9^{\circ}$  이상 변하는 것을 확인 할 수 있었다.

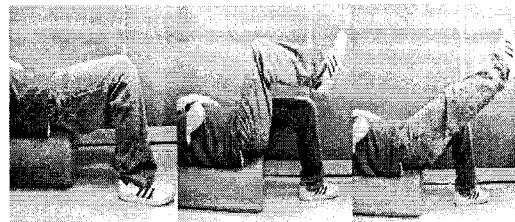


그림 4. 균형 측정 시 자세 변화

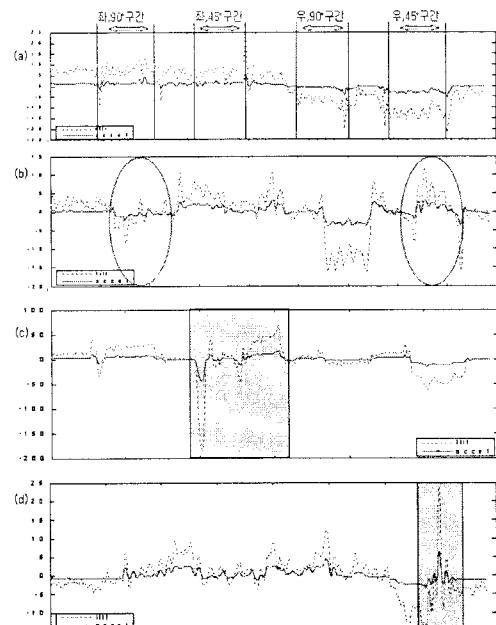


그림 4. 자세 변화 동안의 경사 신호와 가속도 신호

그림 5는 획득된 경사 신호와 가속도 신호를 나타낸 것으로 실선은 가속도 신호를, 점선은 경사 신호를 나타낸다. 그림 5(a)는 자세 변화 동안 균형을 유지한 피험자의 측정 데이터이다. 다리를 들어 올린 순간 균형을 유지하기 위해 Roll이 움직이는 것을 가속도와 경사도 신호의 변화로 알 수 있다. 그림 5(b)는 자세 변화 동안 균형을 유지한 다른 피험자의 측정 데이터이다. 타원으로 표시된 부분에서 보는바와 같이 그림 5(a)의 경우와 반대 방향으로 균형을 유지하는 것을 알 수 있다. 그림 5(c)는 좌측 발을  $45^{\circ}$ 로 구부리는 자세 변화 동안 균형을 잃고 Roll에서 떨어진 구간을 포함하고 있다. 이 경우, 경사 신호가 크게 변화하는 것을 알 수 있다. 그림 5(d)는 우측 발을  $45^{\circ}$ 로 구부리는 자세 변화 동안 균형을 잃고 Roll에서 떨어진 구간을 포함하고 있다. 그림 5(c)의 경우

와 마찬가지로 경사 신호가 크게 변화하는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 자세 균형 정도를 객관적, 정량적으로 표시 할 수 있는 디지털 경사계를 설계하였다. 원통형 Roll 위에서 자세 변화에 따른 균형 유지 상태를 경사도와 가속도의 변화를 통해 관찰하였다.

향후, 보다 많은 피험자를 대상으로 데이터를 수집하여 균형 유지를 객관적으로 나타낼 수 있는 지표를 개발한다면 요통 환자의 비정상 정도를 객관화하고 재활치료 성과를 평가하는데 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] G. L. Almeida, R. L. Carvalho and V. L. Talis, "Postural strategy to keep balance on the seesaw", *Gait & Posture*, Vol. 23, no. 1, pp 17-21, 2006
- [2] Anne-Marie Ainscough-Potts, Matthew C Morrissey, Duncan Critchley, "The response of the transverse abdominis and internal oblique muscles to different postures", *Manual Therapy* 11, pp 54 - 60, 2006
- [3] 이재영, 이경중, 김영호, 이성호, 박시운, "가속도계를 이용한 편마비 환자의 보행 분석 알고리즘 개발", 전자공학회논문지, 제41권, SC편, 4호, 2004