

## 체위 변환과 좌압 측정을 통한 자세교정 앱 서비스의 개발

최정현<sup>1</sup>, 박준호<sup>1</sup>, 성영기<sup>1</sup>, 서재용<sup>2</sup>, 박준모<sup>3\*</sup>  
<sup>1</sup>에어랩, <sup>2</sup>(주)THK컴퍼니, <sup>3</sup>연세대학교 디지털헬스케어학부

### Development of Postural Correction App Service with Body Transformation and Sitting Pressure Measurement

Jung-Hyeon Choi<sup>1</sup>, Jun-Ho Park<sup>1</sup>, Young-Ki Sung<sup>1</sup>, Jae-Yong Seo<sup>2</sup>, Jun-Mo Park<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>AIRLab

<sup>2</sup>THK Company. Co., Ltd

<sup>3</sup>Dept. of Digital Healthcare, Yonsei University

**요약** 일반적으로 잘못된 앉은 자세를 장시간 유지하는 것은 척추에 나쁜 영향을 미치는 것으로 널리 알려져 있다. 최근 여러 연구자들이 잘못된 앉은 자세와 척추질환의 인과관계에 관심을 두고 있으며, 척추질환 예방을 위해 앉거나 서는 자세의 변화를 정밀하게 측정할 수 있는 방법을 연구해왔다. 우리는 과거 연구에서 실시간 체위 변환 측정이 가능한 센서 디바이스를 개발하고 운동량 계산 알고리즘을 적용하여 실시간 자세 전환 측정 정확도를 향상시켰으며, 체위 변환 측정 센서의 정확도를 검증하였다. 본 연구에서는 좌압 측정을 통해 체중심의 변화를 고려한 자세 측정 및 분석 장치를 개발하였으며, 개발된 센서는 사용자의 시각적 피드백을 개선하여 자세 교정 훈련 정확도를 높이는 보조 도구로의 활용 가능성을 확인하였다.

• 주제어 : 체위측정, 각도, 앉은자세, 좌압, 체중심

**Abstract** In general, maintaining an incorrect sitting posture for a long time is widely known to adversely affect the spine. Recently, several researchers have been interested in the causal relationship between incorrect sitting posture and spinal diseases, and have been studying methods to precisely measure changes in sitting or standing posture to prevent spinal diseases. In previous studies, we have developed a sensor device capable of measuring real-time posture change, applied a momentum calculation algorithm to improve the accuracy of real-time posture change measurement, and verified the accuracy of the postural change measurement sensor. In this study, we developed a posture measurement and analysis device that considers changes in the center of body pressure through the developed sitting pressure measurement, and it confirmed the sensor as an auxiliary tool to increase the accuracy of posture correction training with improving the user's visual feedback.

• Key Words : Body position measurement, Angle, Sitting posture, Sitting pressure, Center of pressure

Received 19 December 2022, Revised 27 December 2022, Accepted 10 January 2023

\* Corresponding Author Jun-Mo Park, Dept. of Digital Healthcare, Yonsei University, Wonju, Gangwon-do, Korea.  
E-mail: jmp0521@yonsei.ac.kr

## I. 서론

최근 각종 사회 지표에서 나타나는 바와 같이 세대 전반에서 나타나는 IT 기기의 사용 시간 확대에 따라 IT 기기의 주된 사용자인 학생, 사무직 직장인들의 잘못된 앉은 자세로 인해 거북목, 척추변형, 디스크 등 근골격계 질환의 발병이 증가하는 추세이다[1].

대부분의 사람들은 잘못된 앉은 자세가 척추에 하중 및 변형으로 인한 무리를 주고 각종 척추질환을 유발한다는 사실을 인지하고 있지만 이를 간과한다. 또한 앞선 연구에 따르면 바른 자세라 하더라도 장시간 동일한 앉은 자세를 유지하며 업무 및 학업을 수행할 경우 척추에 많은 무리를 주게 된다[2].

많은 연구자는 근골격계 질환의 예방 및 모니터링을 위해 산업의학, 작업치료학, 산업 및 인간공학 등 다양한 학문적 근거에 따라 연구를 진행하였다[1, 3-5].

하지만 임상 연구진의 실증에서 체중심 측정을 위한 멤브레인 센서를 이용한 제품은 내구성의 한계가 있고, 체위 측정을 위해 몸에 착용하는 센서는 구속에 따른 사용성의 불편함이 제기되었다. 또한 일부 연구에서는 3축 가속도 센서를 이용하여 척추 측만도를 판별하기 위한 Cobb's 각도를 3차원상에서 연산하는 방법이 연구되었으나, 해당 연구에서는 대부분 사용자에 센서를 부착하는 방식이 구속적이며, 잘못된 자세를 유지하는 경우 경고나 교정 및 피드백 기능이 없어 효율성이 적다[6].

앞선 연구에서 우리는 점착성 겔 시트로 간편히 몸에 부착할 수 있으며, 사용자의 자세 판단 및 변화를 실시간으로 측정하여 보여줄 수 있는 새로운 형태의 체위 변환 측정 센서 디바이스를 개발하였다[7]. 개발된 센서는 관성센서에서 출력되는 Roll, Pitch, Yaw 값이 기준값을 벗어나는지 여부로 실시간으로 행위자의 동작(눕기, 앉기, 걷기 등)상태를 판단할 수 있었다[8]. 해당 연구에서는 MAD(Mean Amplitude Deviation) 분석법[9-10]에 근거하여 epoch를 변형 적용하였으며, 생체 신호 측정을 위한 25~200Hz의 Sampling Rate를 적용하여 가속도 측정 데이터를 분석하는 알고리즘을 연구하였으며, 운동량 변화량을 기준으로 실시간 동작상태의 구분이 가능하였다[8][11].

본 연구는 척추의 체위 변화의 감지뿐만 아니라 앉은 자세에서의 정중면(sagittal plane)을 구분하는 체중 측정장치 개발을 통해 앉은 자세의 체중심 편향성을

고려하여 정확도 높은 자세교정 앱 서비스 모델을 개발하고자 한다.

## II. 연구방법

### 2.1 연구의 구성

본 연구에서는 앞선 연구에서 자세 분석 및 교정 훈련을 위하여 도출한 체위 변환 감지 센서의 검출 정확도를 개선하여 고도화하고, 두 개의 공기압력 측정 셀로 구성된 방식 형태의 좌압 편향성 측정 모듈을 개발하여 자세 측정 및 분석 정확도를 높이고자 한다.

또한 체위 변환 및 압력측정 센서 모듈에서 각각 획득한 신호에 근거하여 모바일 앱에서 사용자의 자세를 이미지화하여 사용자에게 피드백을 제공함으로써 사용자가 보다 직관적으로 현재의 상태를 인지하고 능동적으로 자세를 교정할 수 있도록 보조한다.

아래 그림은 시스템의 구성을 나타낸 것으로써 체위 변환을 측정하는 관성센서와 자세 균형을 측정하는 좌압 센서에서 측정되는 두 종류의 센서 신호는 디지털신호로 변환되어 블루투스 무선통신으로 모바일 기기에 전달되며, 제어용 앱에서는 두 신호를 조합하여 사용자에게 측정값을 직관적인 인지가 가능하도록 제공한다.

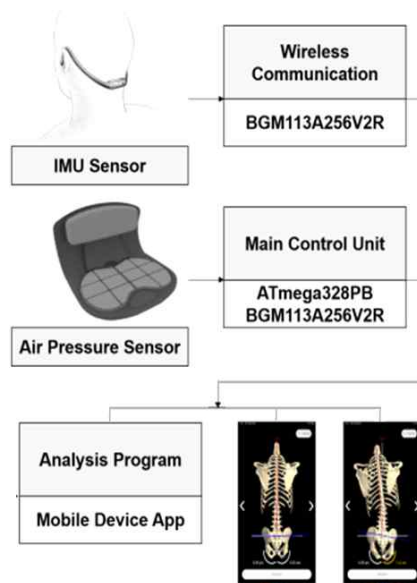


Fig. 1. System configuration

## 2.2 좌압측정용 센서 디바이스의 개발

### 2.2.1 센서 디바이스 외장 설계

좌압 측정용 센서 모듈의 외장 크기는 가로 120mm, 세로 86mm, 두께 40mm의 모서리가 둥근 직사각형 형태의 ABS 소재 케이스로 구성하여 방석 형태의 구조물과 결합하도록 설계되었다.

앉은자세의 압력측정 센서 모듈의 케이스는 조립의 편의성을 고려하여 두 조각의 본체-덮개 구조로 설계되었으며, 좌압을 측정하기 위한 압력센서와 방석의 좌우 에어셀은 직경 4mm의 폴리우레탄 튜브를 삽입하여 연결되도록 하였다. 또한, 외부 충전을 위한 USB 커넥터와 전원 조작 버튼을 외부에 노출하여 배치하였다.

### 2.2.2 센서 제어 회로 설계

제어 회로의 설계를 위해 센서로부터 입력되는 좌압 변화 정보를 인식하고 처리하며, 무선으로 데이터를 송수신하기 위해 마이크로컨트롤러(ATmega328PB, Microchip Technology)와 압력센서(MPRLS0015PG0000SA, Honeywell), 블루투스 통신 모듈 (BGMI13A256V2R, Silicon Labs)를 사용하여 컨트롤 보드를 설계하였다.

마이크로컨트롤러(MCU)로 사용된 ATmega328PB는 8비트 마이크로 컨트롤러로 소형화 회로를 구성하기에 용이하다. 좌압 측정을 위한 압력 센서로 사용된 MPRLS0015PG0000SA는 가로 5mm, 세로 5mm 크기의 초소형 압전 저항 실리콘 압력 센서로서, 0~15kPa 범위의 상대 압력을 센싱하여, SPI 통신을 통해 24비트로 디지털화된 RAW 데이터의 출력이 가능하다. 무선 통신 모듈인 BGMI13A256V2R은 다중통신이 가능한 블루투스 4.2 버전이며, 안정적인 송수신 데이터 정확도를 보인다.

아래 그림은 센서의 배치 및 사용 형태를 나타낸 것으로 체위 변환을 측정하기 위한 센서는 경추, 흉추, 요추 상단에 부착하며 체중심을 측정하기 위한 좌압 센서는 의자 방석 형태로 엉덩이 밑에 자리하게 된다.

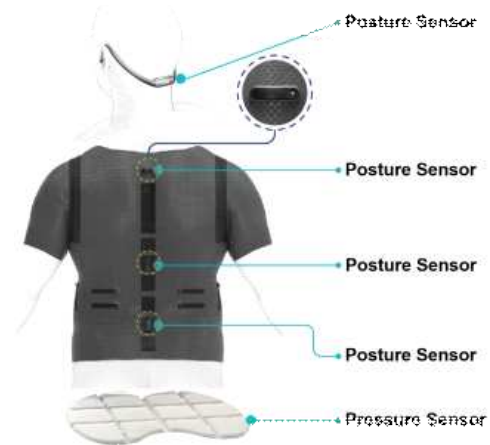


Fig. 2. Configuration of sensors

### 2.2.3 센서 디바이스 제작

아래 그림은 좌압 측정 디바이스 내부에 삽입되는 제어용 인쇄회로기판(Printed Circuit Board, PCB)을 나타낸 것이다. 신호 입출력 및 제어를 위한 PCB는 양면(Double Side)의 경성 PCB로 소재는 에폭시가 함침된 유리소재로 이루어진 FR-4등급, 내열 기준 유리전이온도(glass transition temperature) 130~140°C를 만족하는 난연 재질로 설계되었으며, 각 모서리에 직경 5mm의 홀을 배치하여 센서 모듈의 케이스 내부에서 고정이용이하도록 제작하였다.



Fig. 3. Main controller printed circuit board

아래 그림은 본 연구에서 좌압 변화 측정을 위해 제작한 센서 디바이스 모듈과 의자 형태의 구조물을 결합한 형태를 나타낸다. 센서 모듈의 케이스 및 의자는 ABS 소재를 사용하여 제작하였으며, 에어셀과 튜브는 폴리우레탄 소재를 적용하였다.



Fig. 4. Sensor device for sitting balance

### 2.3 제어 앱 개발

제어 앱은 체위 및 좌압의 모니터링 및 피드백 제어를 위한 것으로 Android OS 기반으로 제작되었으며, 블루투스 통신을 활용하여 센서 디바이스와 자동으로 연결되도록 설계하였다. 초기화를 통해 설정한 기준축 값에 근거하여 척추의 실시간 체위 변화와 체중의 밸런스를 앱을 통해 3차원 형태의 이미지를 형상화하여 가시적으로 나타내 줌으로서, 사용자에게 직관적인 피드백을 전달할 수 있다.

아래 그림은 본 연구를 통해 개발된 제어 앱의 일부 동작 화면을 나타낸 것으로, 사용자가 좌측으로 몸을 기울였을 때, 경추와 흉추가 좌측으로 많이 휘어진 상태이며, 상대적으로 우측 요추에 하중이 집중된 상태를 나타낸 것이다. 수직축을 기준으로 척추의 좌우 휘어진 정도를 각도로 나타내 주고, 양쪽 좌압센서의 압력 비교를 통해 체중심의 휘어진 정도를 수치와 색상으로 나타내 준다.

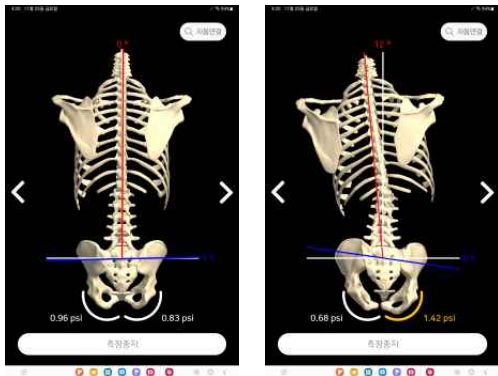


Fig. 5. Design of user's mobile application

### 2.4 성능평가

본 연구를 통해 도출된 결과물에 대하여 각도 측정 오차를 시험하기 위하여 공인인증 시험기관에서 성능을 시험하였으며 그 결과는 아래 표와 같다. 개발된 센서 모듈의 측정 각도 오차를 측정하기 위하여 개발된 센서 모듈을 각각 좌, 우, 전, 후방향을 기준으로 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° 기울인 뒤 고정하고 그때 측정되어 앱에서 표시해 주는 각도 값을 측정하여 기록한다. 표 1은 좌, 우방향에 대한 측정값이고, 표 2는 전, 후방향에 대한 측정값이다. 본 연구를 설계할 때 설정한 각도 측정의 오차값은 각도별 ±3° 이내였으며, 시험 결과 만족함을 보였다.

Table 1. Results of angle accuracy test (Left, Right side)

Target Value(°)	Results			
	Left		Right	
	Reading Value(°)	Error(°)	Reading Value(°)	Error(°)
5	6	1	5	0
10	11	1	10	0
15	16	1	14	-1
20	21	1	20	0
25	26	1	25	0
30	31	1	30	0

Table 2. Results of angle accuracy test (Front, Back side)

Target Value(°)	Results			
	Front		Back	
	Reading Value(°)	Error(°)	Reading Value(°)	Error(°)
5	6	1	5	0
10	9	-1	10	0
15	14	-1	16	1
20	19	-1	20	0
25	24	-1	24	-1
30	28	-2	30	0

### III. 연구결과

본 연구에서는 사무직 종사자, 성장기 학생에게서 흔히 발생하는 척추 및 근골격계의 변형 및 질환을 예방하기 위한 체중심 밸런스 측정 기능이 있는 체위 변환 모니터링 센서 시스템을 설계하였다.

체중심 밸런스를 측정하기 위해서 좌압을 측정하기 위한 압력 측정 회로 및 PCB를 설계하였고, 회로를 보호하기 위한 외장 케이스를 제작하였다. 센서 모듈은 사용 편의성을 고려하여 의자 형태의 기구물에 탈착식으로 결합할 수 있도록 설계하였다.

의자 구조물에 부착된 두 개의 에어셀에 하중이 가해지면 에어셀에 연결된 폴리우레탄 튜브를 통해 센서 모듈의 압력센서로 좌압 변화를 측정하게 되며, 블루투스를 사용한 무선통신으로 데이터를 송신하도록 하였다.

본 연구를 통해 두 개의 에어셀에 가해지는 좌압 변화를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 소프트웨어를 제작하였다.

### IV. 고찰 및 제언

본 연구진은 앞선 연구에서 관성센서를 적용한 실시간 체위 변환 측정 센서 디바이스 및 모니터링 프로그램 개발하고 그 정확도를 평가하였으며 자세 교정용 기기 및 시스템으로 활용할 수 있음을 확인하였다. 하지만 척추의 곡만 및 변형과 관련한 질환의 경우 경추 및 흉추에 의해서만 영향을 받는 것이 아니라 요추의 중요성도 강조되고 있다.

따라서 본 연구에서는 요추의 자세 좌우 균형성을 모니터링 하기 위한 좌압 측정 센서 모듈 및 디바이스를 개발하였으며, 관성센서에서 측정한 체위 변환 데이터와 좌압측정 데이터를 조합하여 사용자 모바일 어플리케이션 앱을 통해 성공적으로 피드백함으로써 능동적인 자세 교정 및 훈련이 이루어지도록 하였다.

향후 연구에서는 체위 변환 및 좌우 균형 데이터의 실시간 신호처리 알고리즘을 개선하여 멀티미디어 요소가 추가된 다양한 자세 교정 훈련 콘텐츠를 실제 사용자를 대상으로 실증하는 추가 연구가 필요한 것으로 사료된다.

### ACKNOWLEDGMENTS

이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가기관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 [과제번호 : 20010234]

### REFERENCES

- [1] M. S. Kim, J. Y. Seo, Y. H. Noh, D. U. Jeong, "Implementation of Cushion Type Posture Discrimination System Using FSR Sensor Array", Journal of the Institute of Convergence Signal Processing, vol.20, no.2, pp.99-104, 2019.
- [2] M. K. Song, J. Y. Kong, J. H. Park, C. H. Shin, H. S. Kang, "Effects of Sitting Habits and Physical Activity Levels on Spine and Pelvis Deformations in School Children", Journal of Exercise Science, vol.26, no.1, pp.32-39, 2017.
- [3] S. Y. Ma, S. P. Hong, H. M. Shim, J. W. Kwon, S. M. Lee, "A study on Sitting Posture Recognition using Machine Learning", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vo.65, No.9, pp.1557-1563, 2016
- [4] S. J. Moon, Y. S. Park, "The Design and Implementation of the Position Calibration System Using Sensor on u-WBAN", Journal of Korean Institute of The Intelligent System, Vo.20, No.2, pp.304-310, 2010
- [5] Y. J. Cho, K. S. Park, "Design and Development of the Multiple Kinect Sensor-based Exercise Pose Estimation System", Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vo.21, No.3, pp.558-567, 2017
- [6] Y. S. An, K. S. Kim, C. G. Song, "Posture guidance system using 3-axis accelerometer for scoliosis patient", Proceeding of the IEEK Conference, pp.396-398, 2009
- [7] J. H. Choi, J. H. Park, M. H. Kang, J. Y. Seo, S. C. Kim, "Evaluation of measuring accuracy of body position sensor device for posture correction", Journal of the Institute of Convergence Signal Processing, vol.22, no.3, pp.128-133, 2021.

- [8] J. H. Choi, M. H. Kang, Y. K. Sung, J. H. Park, J. Y. Seo, S. H. Noh, J. M. Park, "Development of a body position sensor device with real-time movement measurement", in Proc. of Conferece of Korea Institute of Convergence Signal Processing, pp.1-2, June, 2022
- [9] K. Bakrania, T. Yates, A. V. Rowlands, D. W. Eslinger, S. Bunnewell, J. Sanders, M. Davies, K. Khunti, C. L. Edwardson, "Intensity Thresholds on Raw Acceleration Data: Euclidean Norm Minus One (ENMO) and Mean Aplitude Deviation (MAD) Approaches", PLoS One, 11(10):e0164045, 2016
- [10] H. Vähä-Ypyä, T. Vasankari, P. Husu, A. Mänttari, T. Vuorimaa, J. Suni, H. Sievänen, "Validation of Cut-Points for Evaluating the Intensity of Physical Activity with Accelerometry-Based mean Amplitude Deviation (MAD)", PLoS One, 10(8):e0134813, 2015
- [11] E. K. Allseits, V. Aawal, A. Prasad, C. Bennett, K. J. Kim, "Characterizing the Impact of Sampling Rate and Filter Design on the Morphology of Lower Limb Angular Velocities", IEEE Sensors Journal, Vol.19, Iss.11, pp.4115-4122, 2019

---

저자소개

---

최 정 현 (Jung-Hyeon Choi)



2007년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학사)  
2009년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학석사)  
2016년 11월~현재 :  
AIRLab 연구소장  
관심분야 : 재활의료기기,  
생체신호, 의료영상

박 준 호 (Jun-Ho Park)



2007년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학사)  
2009년 8월 : 인제대학교  
의용공학과(공학석사)  
2014년 03월~현재 :  
AIRLab 대표  
관심분야 : 재활의료기기,  
인공지능, 의료영상

성 영 기 (Young-Ki Sung)



2012년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학사)  
2015년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학석사)  
2018년 09월~현재 :  
AIRLab 연구소 팀장  
관심분야 : 재활의료기기, 생체신호

서 재 용 (Jae-Yong Seo)



2001년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학사)  
2003년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학석사)  
2017년 2월~현재 :  
㈜THK컴퍼니 연구소장  
관심분야 : 재활의료기기,  
전동복지기기, 보조기기

박 준 모 (Jun-Mo Park)



1993년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학사)  
1996년 2월 : 인제대학교  
의용공학과(공학석사)  
2008년 8월 : 부산대학교  
의공학협동과정(공학박사)  
2022년 3월~현재 : 연세대학교  
디지털헬스케어학부 부교수

관심분야 : 신호처리, 뇌 신경계, 신호 분석