3축 가속도 센서를 활용한 척추 측만증 환자용 자세 교정 유도 장치

Posture guidance system using 3-axis accelerometer for scoliosis patient

안양수*, 김거식**, 송철규***
Y. S. An, K. S. Kim, C. G. Song

Abstract - Scoliosis is a three-dimensional deformity caused by lateral curvature of the spine. The existing braces used to correct the posture were some drawbacks such as inconvenience, tightness as well as unfitness to wear. In this study, we devised a posture guidance system in order to monitor a posture continuously and lead to pose correctly and a new method for measuring a Cobb's angle value in third dimension based on two 3-axis accelerometers. As a result, the correlation coefficients between desired and measured angles were and standard error between desired and measured angles were 0.99, 1.32 (x-axis), 0.99 and 1.10 (y-axis), respectively. The devised system showed good potential for the optimal posture guide and an early detection of scoliosis.

Key Words : 3-axis accelerometer, posture guidance, scoliosis, cobb's angle

1. 서 론

척추 측만증은 척추가 변형되어 비정상적으로 휘어지는 질병이며, 성장기에 접어든 청소년들에게 자주 발병한다. 경과 추이를 보면 1~2년 사이에 급속히 진행되므로 이 시기에 적절한 치료를 하지 않으면 수술적 교정법으로 이어지는 경우가 많으므로, 조기 진단이 절실히 요구된다. 기존 연구에 의하면 척추의 변형을 가져오는 가장 큰 원인은 그릇된 자세 습관에 의한 것으로 알려져 있다. 척추 측만증 치료법은 척추 변형의 정도를 구분하여 자세 교정을 통한 보존적 재활 치료법과 수술적 치료법이 있다. 이 중 척추 측만증 환자의 약 80%는 30도 미만의 척추 변형을 가진 것으로 수술적 방법이 필요 없이 자세 교정을 위한 재활 치료를 통해 완치가 가능한 것으로 알려져 있다[1][2]. 재활 치료에서 사용되는 강제형 자세 교정기는 착용이 불편하고, 착용에 대한 거부감을 유발하여 효율적인 치료가 어려운 한계점을 가지고 있다. 또한 척추 측만도를 판별하기 위해 사용되는 Cobb's 각도는 X-ray와 MRI 같은 의료영상을 통해 측정한다[2]. 하지만 이러한 방법은 한 시점의 정보밖엔 획득할 수 없어서, 척추 측만도를 연속적으로 모니터링 하는데 한계가 있고, 검사를 위해 특정 장소로 이동해야 하며, 고가의 영상장비를 사용해야 하는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 개발된 밴드형 유동성 보조기는 근육을 계속 활성화 시키며 신경 및 자세를 잘 유지하도록 하기 때문에 신경 활성화를 시키게 되며 척추의 비정상적인 커브를 줄이는데 일시적이 아닌 영구적으로 줄일 수 있는 것으로 보고되었다[3][4]. 또한 저가의 관성 센서를 이용한 자세 추정 장치는 기존의 의료영상장치에 비해 간편하게 연속적인 자세 추정이 가능하므로, 척추 측만증 진단과 치료를 위해 유용하게 사용될 수 있음이 보고되었다[5][6].

본 연구에서는 척추 측만증 환자들이나 자세 불균형 장애를 겪고 있는 청소년들에게 도움을 줄 수 있는 자세 교정 유도 장치를 고안하였다. 고안된 장치는 관성 센서의 하나인 3축 가속도 센서를 이용하여 척추의 만곡이 발생되는 두 지점에 위치하도록 하고 센서 모듈에서 발생되는 각도를 이용하여 Cobb's 각도를 연산하였다. 또한 Cobb's 각도를 3차원 상에서 연산하기 위한 방법을 고안하여, 3차원 상에서의 사용자의 자세 변화를 지속적으로 관찰하여, 자세의 이상 여부를 사용자에게 알려 주도록 고안되었다.

2. Cobb's 각도

Cobb's 각도는 척추 측만증 환자들의 측만도 측정에 사용된다. Cobb's 각은 그림 1과 같이 측정하려는 만곡의 오목한 쪽으로 가장 기울어진 끝 척추를 만곡의 상, 하단에서 각각 결정한 후 한선은 상부의 끝 척추의 상단에, 다른 한선은 하부 끝 척추의 하단에 그은 뒤, 각 선에서 직각으로 선을 그어 교차된 각을 구하는 것으로 그 구한 각이 만곡의 크기가 된다.

저자 소개
* 안양수 : 全北大學 電子工學科 碩士課程
** 김거식 : 全北大學 電子工學科 博士課程
*** 송철규: 全北大學 電子情報工學部 副敎授

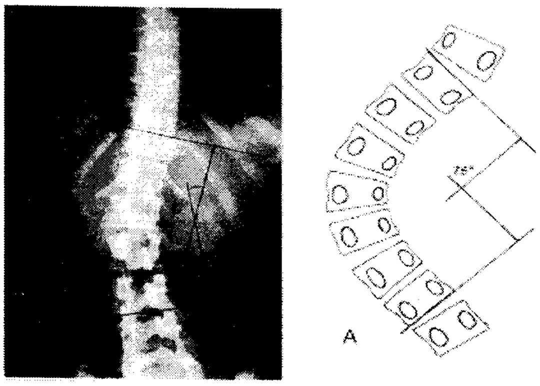


그림 1 Cobb's Angle 측정법

3. 실험 대상 및 방법

자세 교정 유도 장치는 센서 모듈과 표시 모듈로 구성이 되어 있다. 센서 모듈은 사용자의 자세 정보를 확인하기 위한 가속도 센서(myAccel3LV02)와 잡음을 제거하고 신호를 증폭하기 위한 전처리 회로로 구성된다. 표시 모듈은 각 모듈의 기능을 통제하고 연산하는 MCU(ATmega128PL)와 획득된 정보를 입, 출력하기 위한 터치 TFT-LCD로 구성된다. 모듈 간 통신은 ACODE-300B의 블루투스 방식을 사용하였다. 그림 2는 고안된 장치의 블록도이다.

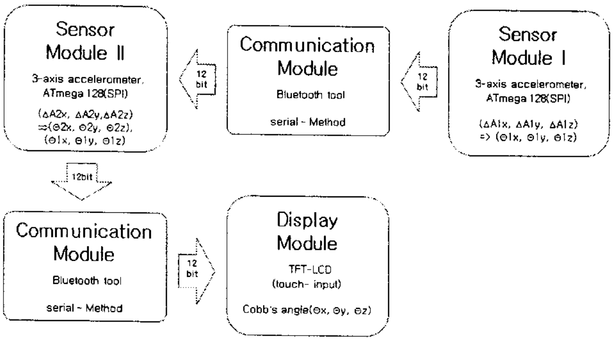


그림 2 장치 블록도

본 장치는 자세 추정을 위해서는 총 2개의 센서 모듈이 사용되며, 상부에 위치하는 센서모듈에서는 가속도값을 각도값으로 변환하는 작업을 수행하고, 결과값을 하부에 위치한 센서 모듈로 무선 통신을 이용하여 전송한다. 하부 센서 모듈에서도 동일한 연산을 통해 각도값을 생성하고, 상부 센서 모듈에서 전달된 각도값과 함께 표시 모듈에 전송한다.

최종적으로 전달된 두 센서 모듈의 각도값을 이용하여 Cobb's 각도를 계산하고, 사용자로 하여금 현재의 상태를 확인시키고, 주의를 줄수 있도록 구성 되어 있다.

자세 추정 시 가장 고려해야 할 점은 센서를 자세 불균형도를 판별할 수 있는 척추부에 정확히 고정시켜야 한다는 것이다. 이를 위해서는 초기 설정 작업이 필요하다. 또한 가속도 센서가 지자계 중심의 관성 센서로, 동적 상황에서는 오차가 누적되어 증가할 수 있으므로[7][8][9], 먼저 사용자가 앉은 상태에서의 데이터를 수집하여 장치의 정확도와 신뢰도를 평가하였다. 이를 위해서 전자 각도계로 이용하여, 센서모듈과 동일한 3차원 상에 위치하도록 실험 환경을 구축하고, 축 방향별 약 60도의 범위를 원점을 기준으로 하여 원운동을 할 수 있도록 하고, 축에 대하여 각 5°씩 구분하여 변화추이를 기록하고, 관찰하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

표 1과 식 (1)~(2)는 전자 각도계에서 측정된 각도와 3축 가속도 센서에서 측정된 각도 간의 회귀 분석 결과로서, 각 축(X, Y) 방향별 각도 변환 기능이 전자 각도계의 각도와 비교하여 0.99이상의 높은 상관관계를 보였으며, 표준 오차는 각각 1.32(X)와 1.10(Y) 이었다.

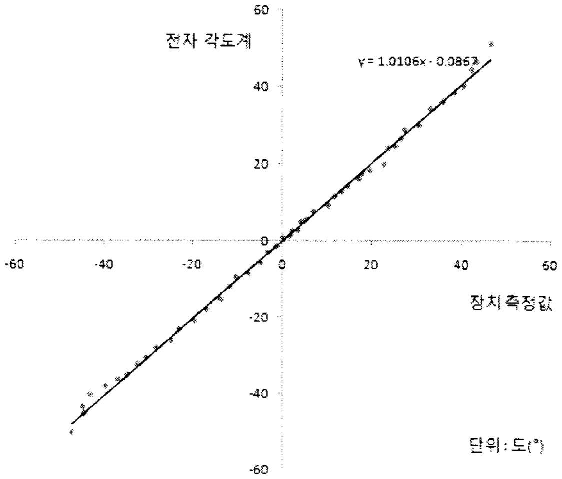
$$X = -0.0527x - 50.7808 \qquad (1)$$

$$Y = 0.0591x + 1.4652 \qquad (2)$$

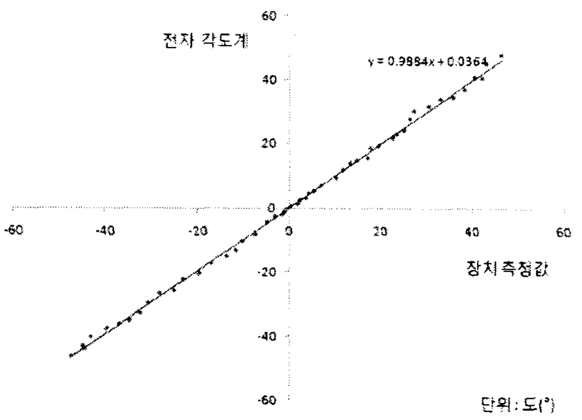
표 1 전자 각도계에서 측정된 각도와 3축 가속도 센서에서 측정된 각도 간의 회귀 분석 결과

방향	X	Y
다중 상관계수	0.99	0.99
결정계수	0.99	0.99
표준 오차	1.32	1.10
상위 95%	X=1.02x+0.29	Y=1.02x+0.28
하위 95%	X=1.00x-0.47	Y=1.00x-0.35

그림 3은 Z축을 고정한 상태에서, 3차원 상의 일정한 위치에 센서모듈을 고정시키고, 좌우로 (좌 : - 방향, 우 : +방향)의 범위에서 추 운동 시행 시 발생되는 결과를 각각 X, Y축 방향별로 구분하여 나타낸 것으로, 각도 변화를 거의 선형적(y=x)으로 따라 가고 있음을 알 수 있다.



(a) X축 방향 이동



(b) Y축 방향 이동

그림 3 일반식 도출 실험

척추 측만증 환자의 측만 정도를 구분하기 위해 사용하는 Cobb's 각도는 만곡이 시작되는 척추부의 두지점이 이루는 각을 의미하며[1], 제작한 센서모듈에서 발생되는 각도들의 합(SA, Sensor Angle)을 통해 표현이 가능하다. 이를 검증하기 위하여 Z축이 고정된 상태에서 X-Y 각도가 변화할 경우에 대한 실험을 시행하였다. 실험 결과 표 2에 나타낸 바와 같이, 실제 각도와 측정된 각도 간의 상관계수(Coefficient of correlation)와 오차율(Root Mean Square Error)은 각각 0.99±0.01과 1.33±0.38이었다.

표 2 실제 각도와 측정된 각도 비교

X \ Y		0	5	10	15	20	25
0	x	0	1.2	0.0	0.1	-0.1	0.1
	y	0	3.4	8.4	13.2	18.8	24.1
-5	x	-3.6	-3.6	-6.0	-4.6	-4.7	-4.7
	y	-0.7	3.7	8.5	13.9	18.6	24.6
-10	x	-9.4	-8.1	-9.4	-9.5	-9.2	-9.4
	y	-1.1	4.0	8.4	14.6	19.5	23.5
-15	x	-13.9	-14.2	-14.8	-12.0	-14.0	-14.8
	y	0.4	5.0	7.6	14.1	19.7	24.6
-20	x	-18.2	-18.1	-18.5	-17.5	-18.1	-19.5
	y	-3.3	3.8	9.5	13.0	17.0	23.2
-25	x	-23.6	-23.4	-23.7	-22.9	-24.5	-24.0
	y	-0.5	5.0	8.6	13.1	18.2	23.1

X : 실제 x축 각도, Y : 실제 Y축 각도
x : 측정된 x축 각도, y : 측정된 y축 각도

5. 결 론

본 연구에서는 3축 가속도 센서를 이용하여 지속적으로 사용자의 자세를 정확하게 파악하고, 척추의 만곡 정도를 판별하는 Cobb's 각도를 추정하여 사용자에게 알림으로써 올바른 자세를 유도할 수 있는 자세교정 유도장치를 고안하였다. 데이터 검증 실험을 통해, 고안된 장치를 이용하여 측정된 각도와 실제 각도 간에 높은 상관관계와 1.5°의 적은 오차를 보였으나, 이러한 결과는 피검자가 의자에 앉은 정적인 상태를 가정으로 하여 얻은 결과이기 때문에, 실제 임상에 적용될 동적인 상태에서는 오차가 더욱 커질 것으로 예상된다. 따라서 추후 연구에서는 센서 모듈에 기울기 센서와 자이로 센서를 추가하여 동적인 검사 프로토콜에서도 보다 정확한 각도 변화를 측정할 수 있는 방법과 이를 위한 신호처리 방법을 연구하겠다.

본 장치를 활용할 경우 척추 측만도를 판별하기 위해 사용되었던 기존의 X-ray 검사법을 대체할 수 있으며, 3차원 상의 자세 변화를 지속적으로 보다 정확하게 측정할 수 있으며, 장시간 동안 수집된 데이터를 활용하여 추적 검사가 가능하므로, 현재 척추 측만증 및 자세 교정 치료에 사용되는 압박형 교정기에 비해 보다 효과적인 치료가 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

"본 연구는 BK21 사업의 지원에 의하여 이루어진 것임".

참 고 문 헌

[1] M. Bazzarelli, N. Durdle, E. Lou, J. Raso, "A Wearbla Computer for Physiotherapeutic Scoliosis Treatment", IEEE IMTC 2003, Vol. 52, pp. 126-129, 2003.

[2] 최승욱, "12주간의 척추교정운동 프로그램이 척추측만 청소년의 신체조성, 체력 및 Cobb각에 미치는 영향", 한국체육과학회지, 3호, 제 17권, pp. 1045-1052, 2008.

[3] E. Lou, C. Chan, V.J. Raso, D.L. Moreau, J.K. Mahood, A. Donauer "A Smart Orthosis for the Treatment of Scoliosis", IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 27th Annual international Conference. pp. 1008-1011, Jan 2006.

[4] J. Mark, A, Lori "Use of the Rosenberger Brace in the Treatment of Progressive Adolescent Idiopathic Scoliosis" Spine, Vol 29, No. 13, pp. 1458-1464, 2004

[5] E. Lou, M. Bazzarelli, D. Hill, N. Durdle, "A low power accelerometer used to improve posture", ECE Canadian Conference, Vol 2, pp. 1385-1389, 2001

[6] M. Bazzarelli, N. Durdle, E. Lou, J. Raso, "A Low Pawer Portable Electromagnetic Posture Monitoring System", IEEE IMTC 2001, Vol 1, pp. 619-623, 2001.

[7] 박성준, 박재규, 최재호 "근골격계 부하 평가를 위한 2차원 자세 측정 시스템 개발" Journal of the Ergonomics Society of Korea Vol. 24, No. 9, pp.. 43-52, 2005

[8] 정도운, 정완영, "3축 가속도 센서를 이용한 자세 및 활동 모니터링" 센서학회지 Vol 16, No. 6, pp. 467-474, 2007.

[9] 강동원, 최진승, 탁계래 "가속도 센서를 이용한 실시간 스포츠 동작 분류·모니터링에 관한 연구" 한국운동역학회지 Vol 18, No. 2, pp. 59-64, 2008.