

웨어러블 센서를 이용한 일상생활중 머리-목 자세 측정 시스템

이재현 · 지영준¹ · 배지은¹ · 김하선¹ · 김영훈

울산대학교 대학원 전기전자컴퓨터공학과 의용생체공학전공
¹울산대학교 전기공학부 의공학전공

The Wearable Sensor System to Monitor the Head & Neck Posture in Daily Life

Jaehyun Lee, Youngjoon Chee¹, Jieun Bae¹, Haseon Kim¹ and Younghoon Kim

Interdisciplinary Program of Medical & Biological Engineering, Graduate School, University of Ulsan 680-749, Korea
¹College of Engineering, School of Electrical Engineering, Biomedical Engineering, University of Ulsan
(Manuscript received 06 June 2016; revised 01 July 2016; accepted 02 July 2016)

Abstract : The neck pain is fairly common occurrence. Forward head posture and text neck are poor postures which may be related with neck pain but the evidence is not enough. We developed the wearable sensor which can assess the head & neck posture in daily life. Microprocessor, Bluetooth low energy, and 3-axis accelerometer, rechargeable battery and vibrator for reminding are used to implement the wearable sensor. Real-time algorithm to parameterize the posture for one epoch is implemented which classifies the posture in the epoch into three classes; dynamic, static_good posture, and static_poor posture. Also the algorithm makes reminding to its wearer to give them the prolonged poor posture is detected. The mean error of measurement was 1.2 degree. The correlation coefficient between neck angle and craniovertebral angle was 0.9 or higher in all cases. With the pilot study on text neck syndrome was also quantified. Average of neck angle were 74.3 degree during the listening in the classroom and 57.8 degree during the smartphoning. Using the wearable sensor suggested, the poor postures of forward head posture and neck neck can be detected in real-time which can remind the wearer according to his/her setting.

Key words : forward head posture, text neck, wearable sensor, neck pain, posture correction

1. 서 론

2009년 미국 국립 건강 조사에서, 3개월 이내 목 부위의 통증을 경험한 사람이 성인의 15%에 이른다고 보고하고 있다[1]. 2012년 스웨덴에서 진행된 대규모 코호트 연구에서는 연속하여 7일간 목에 성가신 통증(bothersome neck pain)을 1년 이내에 경험한 사람이 여성 성인의 25%, 남성 성인의 16%라고 보고하였다[2]. 스마트폰 사용시간이 급속히 증가

한 이후 스마트폰을 내려다 볼 때 형성되는 머리와 목의 자세를 텍스트넥(text neck, 그림 1(c))이라 부르며, 수 많은 매체에서 텍스트넥이 건강에 미칠 위험에 대한 심각성을 보도하고 있다[3-4].

흔히 거북목이라 부르는 안 좋은 자세는 머리의 무게중심이 척추 중심 축보다 앞으로 나와 있는 자세로 영미권에서는 FHP (Forward Head Posture)라 부른다(그림 1(a)). 이 자세가 지속되면 경추에 전만(C자 곡선)이 없어지고 직선으로 퍼진 상태가 되며 이를 일자목(loss of cervical lordosis)이라 부른다(그림 1(b)). 텍스트넥이 스마트폰 보급 이후에 심각해진 문제라면, FHP는 책상에서 컴퓨터를 사용하여 장시간 일하는 사람이 많아지면서 심각성이 알려진 오래된 문제이다.

일상생활중의 잘못된 자세를 오랜 시간 유지하는 것이 성

Corresponding Author : Youngjoon Chee
School of Electrical Engineering, University of Ulsan
TEL : +82-10-6362-9524 / FAX : +82-52-259-1306
E-mail : yjchee@ulsan.ac.kr

본 논문은 한국연구재단(NRF-2013R1A1A4A01006381)의 지원을 받아 수행되었음.

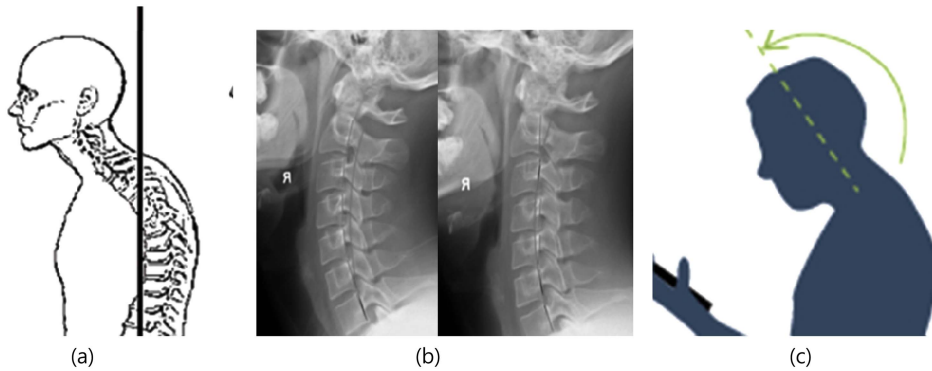


그림 1. 머리-목의 안 좋은 자세. (a) 거북목 자세, (b) 정상목과 일자목, (c) 텍스트넥 자세.
 Fig. 1. The poor postures in head & neck. (a) Forward head posture, (b) Normal neck and loss of cervical lordosis, (c) Text neck posture.

가신 목의 통증(bothersome neck pain)을 만든다고 추정하고 있으나[5] 그 상관성에 대한 명확한 근거는 아직 제시되고 있지 않다[6]. 그 이유는 FHP와 텍스트넥으로 대표되는 안좋은 머리-목 자세를 일상생활에 지장을 주지 않으면서 정량적으로 측정할 수 있는 방법이 쉽지 않아서였던 것으로 생각된다. 기존의 FHP를 정량화하는 방법으로 CV각 (CranioVertebral Angle)이 사용되고 있다[7-9]. 환자가 병원에 방문하여 방사선 영상 혹은 광학 영상을 통해 7번 경추(C7)과 Tragus(이주, 耳珠)를 잇는 직선이 수평선과 이루는 각도를 측정한 것이다[10-11]. 자세와 통증과의 상관성을 밝혀내기 위해서는 순간적인 CV각 값으로는 정보가 부족하고 일상생활중에 얼마나 많은 시간을 안 좋은 자세로 보냈는가에 대한 정량적 정보가 필요하다.

본 연구팀은 웨어러블 센서 기술과 스마트폰을 중심으로 하는 커넥티드 헬스케어(connected healthcare) 기술을 활용하여 일상생활 중에 머리-목 자세를 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 논문에서는 목의 기울기를 측정하여 머리-목의 자세를 측정 및 기록할 수 있는 시스템을 소개하고, 이 시스템의 자세 측정 정확도를 분석하고, 이 시스템이 활용되어 안 좋은 자세에서 올리는 정보가 자세를 바로 잡는데 얼마나 유효할지를 판단하기 위한 파일럿 실험 결과를 보고한다.

II. 머리-목 자세 측정을 위한 웨어러블 센서의 개발

1. 목 기울기 측정 원리

머리-목 자세를 측정하기 위한 웨어러블 센서는 한 지점에서의 측정으로 일정기간(epoch)동안의 자세를 평가할 수 있는 축약된 형태의 지표표를 제공해야 한다. 머리-목 자세의 통증은 주로 목 뒷면과 어깨 부근의 근육에 영향을 미치게 된다[5]. 본 논문에서 관심을 갖는 두 가지의 안 좋은 자세

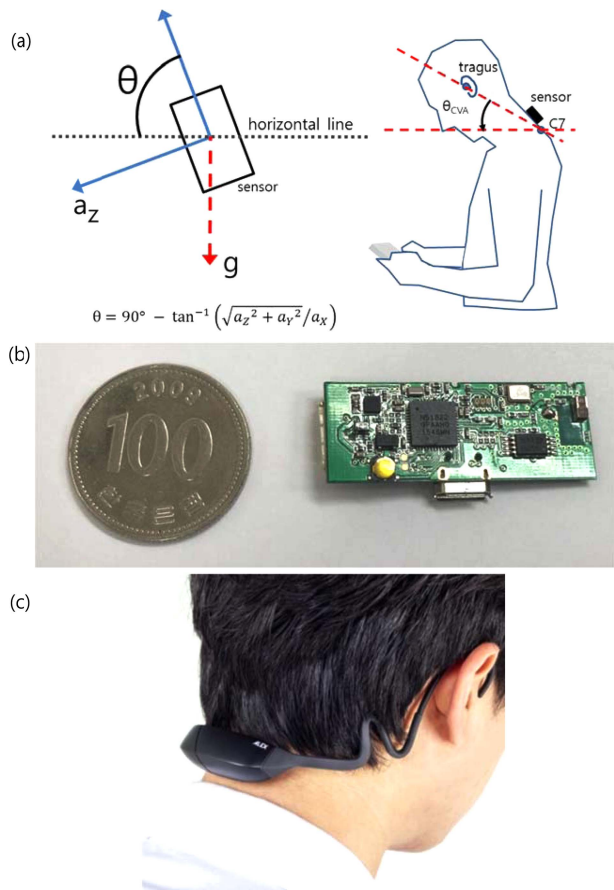


그림 2. 머리-목 자세 측정을 위한 웨어러블 센서. (a) 목의 기울기 측정 원리, (b) 측정, 분석, 저장, 통신을 위한 회로, (c) 웨어러블 센서 형태로 구현하여 착용한 모습 (ALEX-N5, (주)나무, 한국).
 Fig. 2. Wearable sensor for the measurement of head & neck posture. (a) Measurement principle of neck tilting, (b) Circuits for the measurement, analysis, recording and communication, (c) Wearing of the device (ALEX-N5, NAMU Inc., Korea).

를 FHP 와 텍스트넥으로 정의하였으므로 목 뒷면에 위치하여 목의 기울기를 측정하는 것을 측정의 핵심으로 잡았다.

목 뒷면에서의 기울기 측정 원리는 그림 2에서 보는 바와 같다. 센서 착용자의 움직임이 일정 수준이하이면 센서에는 중력가속도가 지구 중심방향으로 측정된다. 움직임이 진행되고 있는 동안은 근육의 수축과 이완이 반복되고, 정적인 자세를 일정시간 이상 취할 때 피로와 통증의 원인이 될 것으로 생각되는 지속적 신장성 수축이 일어나게 된다. 이 때 목 뒤에 붙어 있는 센서가 목의 기울기에 따라 연동되어 3축 가속도 신호를 측정하고[12], 식(1)을 활용하여 각도로 변환한다.머리와 목이 척추의 중심선 위에 올라서 바로 선 자세를 90도로 정의하고, 전방으로 수평한 위치의 기울기를 0도로 정의한다. 텍스트넥처럼 머리를 앞으로 숙이거나(text neck) 앞으로 뺀 경우(FHP) 센서가 기울고 목 기울기의 각도 θ 는 값이 작아지게 된다.

$$\theta = 90 - \arctan\left(\frac{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}}{a_z}\right) \quad \text{식(1)}$$

a_x, a_y, a_z 는 아래, 왼쪽, 앞 각각의 가속도이고, 앞쪽의 최종 신축가능한 각도는 $90 - \theta$

FHP의 지표로 사용되어 온 CV각은 본 연구에서 사용하는 목 뒷면의 각도(θ)와 같은 의미는 아니다. 척추 중심선을 기준으로 머리가 얼마나 앞으로 위치하였는가를 머리의 무게중심을 tragus로 보고 C7과의 연장선이 수평선과 이루는 각도로 표현하고 있어 값이 작을수록 나쁜자세라 할 수 있다. 착용자의 목 뒷면의 기울기는 체형과 센서의 부착 방식에 따라 오차가 있을 수 있으나 기본적으로 CV각과 상관성이 높은 수치로 작용할 수 있을 것으로 생각되어 착용성과 측정의 충실도를 고려하여 이 위치를 선택하였다.

2. 자세 측정을 위한 알고리즘

3축의 가속도 센서(BMA 250, BOSCH, Germany)에서 초당 10Hz로 발생하는 시계열 함수로부터 일정 구간(epoch, 현재는 1분으로 설정)의 머리-목 자세의 지표로 사용하기 위한 파라미터화 과정을 프로세서(nRF51822, Nordic Semiconductor, Norway)에 실시간 알고리즘으로 구현하였다. 본 센서에서 일차적으로 관심있는 자세는 동적인 구간에서의 각도보다는 컴퓨터나 스마트폰을 보면서 움직임이 적은 정적인 자세이다. 따라서 3축 가속도 센서에서의 신호를 바탕으로 동적 수준을 계산한다. 해당 구간에서의 움직임이 커서 구간 전체를 동적인 구간으로 판단하면, 그 구간에서는 목의 각도를 계산하지 않고 동적인 구간이었다는 사실과 움직임 수준만 저장한다. 해당 구간의 움직임이 설정한 수준 이하이면 정적 구간으로 판단하고, 이 구간에서의 평균 각도를 계산한다. 각도 계산 과정에 있어서도 움직임이 심했던 서브 구간(1 s)의 각도는 평균 각도 계산에 반영하지 않

는다. 동적 구간(dynamic epoch)과 정적 구간(static epoch)의 기준이 되는 활동 수준의 임계치는 책상에 앉아 컴퓨터와 스마트폰을 사용하는 상황까지를 정적 구간으로 포함시킬 수 있도록 반복시험을 통해 경험적으로 결정하였다. 이렇게 실시간으로 분석한 1분마다 데이터를 센서 회로에 포함된 메모리에 저장하고, 센서와 스마트폰이 동기화되면 자세 데이터를 스마트폰과 서버로 전송하게 된다. 그림 2의 (b)는 이러한 기능을 할 수 있도록 마이크로프로세서, 블루투스(BLE), 센서, 메모리 등이 포함된 회로를 보여주고 있으며, (c)는 이 회로물에 재충전 배터리와 경고를 주기위한 진동자를 포함시켜 목 뒤에 착용할 수 있게 만든 기기를 보여주고 있다.

3. 자세 교정을 위한 실시간 모니터링과 경고 알고리즘

본 웨어러블 센서는 단순히 자세의 특정 판정을 넘어 실시간 감시 기능 및 안 좋은 자세에 대한 경고 장치를 포함하고 있다. 즉 통증의 원인이 된다고 생각하는 지속된 안 좋은 자세(prolonged poor posture)를 취하고 있다고 판단되면 진동을 주어 착용자가 바른자세를 잡도록 유도하는 기능이다. 이를 위하여 안 좋은 자세의 기준 각도와 경고를 발생시킬 안좋은 자세 지속 시간을 결정해야 하는데, 아직 임상적으로 이에 대한 기준값은 알려진 바가 없다. 초기치를 20도로 하였으며 사용자가 스마트폰의 앱을 통해 기준 각도와 경고 대기 시간을 설정하도록 하는 기능을 구현하였다.

그림 3에서 보듯이 센서를 착용하고 바른 자세를 취한 후

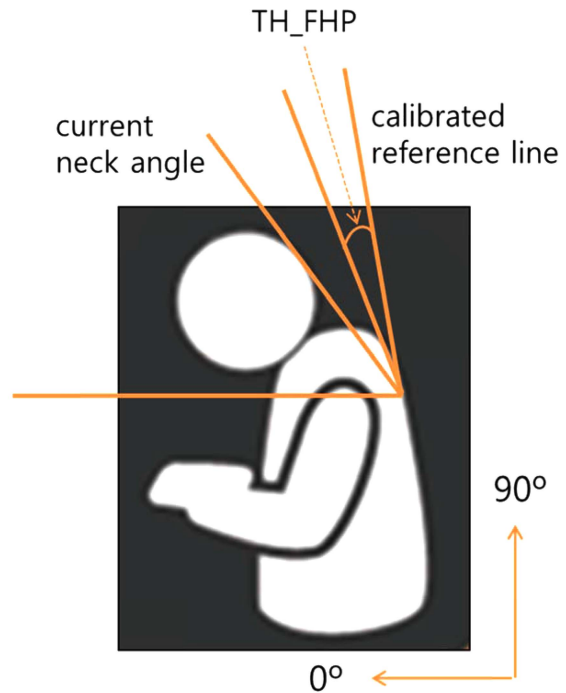


그림 3. 자세판정 기준 각도.
Fig. 3. Description of angles for poor posture.

에 스마트폰 앱에서 버튼을 눌러 바른 자세의 기준각도를 잡는다(calibrated reference line). 사용자가 본인의 판단으로 TH_FHP를 설정하고, 기준 각도부터 TH_FHP 사이의 각도는 좋은 자세의 각도로 사용하고, 이 각도를 넘어서 앞으로 더 숙인 자세는 안 좋은 자세로 정의한다. 즉 이 각도(TH_FHP)를 넘어서 앞으로 고개를 내민 상황에서 설정한 시간 이상을 머물 때 진동의 형태로 경고를 발생시킨다. 경고 발생 대기시간 또한 3초, 1분, 3분 등과 같이 사용자가 설정할 수 있도록 구현하였다.

III. 머리-목 자세 측정의 정확도 분석 실험 결과

1. 기울기 측정의 정확도

3축 가속도 센서를 이용하여 제작한 센서모듈의 기울기 측정 정밀도를 확인하기 위하여 경사계(LEVELPROY-TACTOR NO2, ICHIBAN PRECISION, Malaysia)를 이용하여 목이 취할 수 있는 각도(0도~150도) 범위에서 약 10도 간격으로 측정하여 값을 비교하였다. 기준 장비와의 측

정치 차이의 절대값의 평균이 1.2 도를 보였다. 센서의 잡음과 센서 보드의 흔들림이 유지되지 않은 상태에서의 값이어 센서 자체의 정밀도 보다는 큰 오차를 보인 것으로 생각된다. 하지만 본 시스템의 사용 목적을 생각할 때, 이 정도의 오차는 사용 가능한 범위로 생각된다. 센서의 목 부착 방식과 움직임이 만들어 내는 오차보다 훨씬 작은 값으로 생각되기 때문이다.

2. 거북목과 텍스트 넥 자세의 측정 충실도

그림 2(c)에서 보는 바와 같이 목 뒤에 센서를 착용하고 거북목 자세나 텍스트 넥 자세를 단계적으로 취할 때 목의 기울임 각도를 얼마나 충실하게 측정하는지 평가를 진행하였다. 엄밀한 평가를 위해서는 경추의 기울기와 머리의 무게 중심의 위치를 추정하여 비교해야 하겠으나 방사선 영상 촬영이 필요하여 체 표면에 마커를 부착하는 동작 분석 장치를 사용하여 비교하였다. 기준이 되는 각도의 설정을 FHP 연구에서 임상적으로 활용이 되는 CV각을 측정하여, 본 연구에서 개발한 웨어러블 센서의 값과 비교하였다.

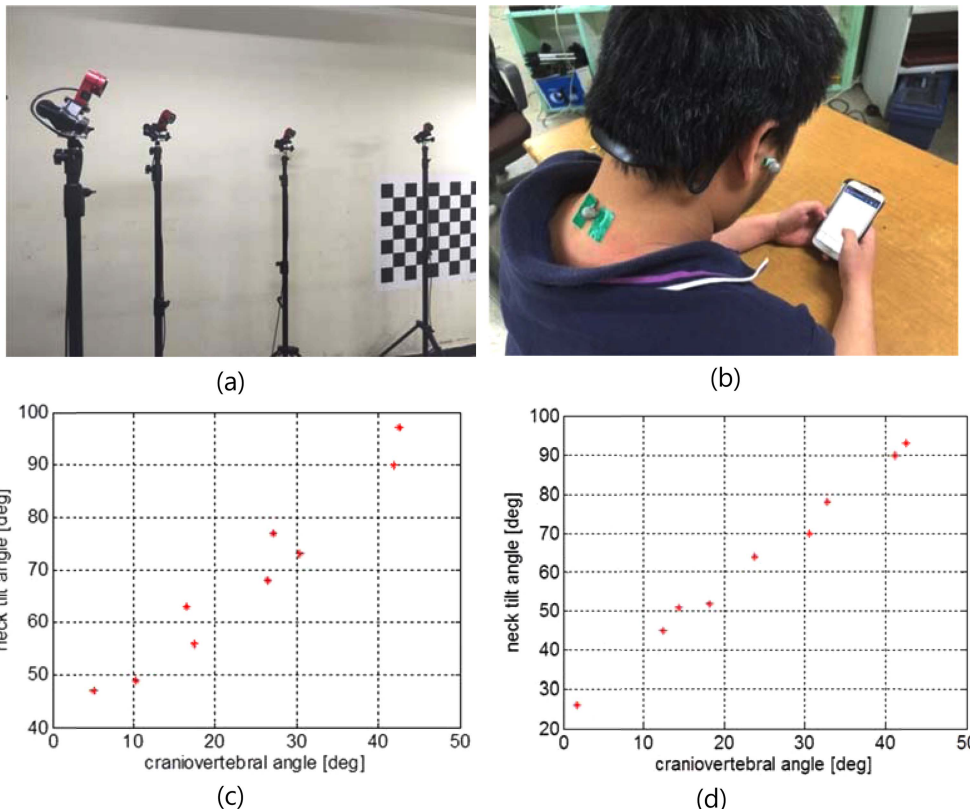


그림 4. 목 자세 모니터링을 위한 센서의 충실도 측정을 위한 실험 환경. (a) 영상 기반의 동작 추적 장치(Optitrack Motive, Optitrack, USA), (b) CV (craniovertebral)각 측정을 위한 마커를 부착하고 텍스트넥 자세를 취한 피험자, (c) FHP에서의 목 기울기 vs CV각, (d) 텍스트넥에서의 목 기울기 vs CV각.

Fig. 4. Experiment to evaluate the measurement performance. (a) Motion Tracking System for reference measurement measure ah, (b) Subject with marker for CV (craniovertebral) angle measurement, (c) Neck tilt angle and CV angle in FHP posture, (d) Neck tilt angle and CV angle in text neck posture.

표 1. CV (Craniovertebral)각과 웨어러블 센서를 이용한 목 기울기의 상관관계.

Table 1. Correlation coefficient between CV angle and neck angle.

subject	correlation coefficient (FHP)	correlation coefficient (TN)
subject1	0.976	0.996
subject2	0.981	0.929
subject3	0.831	0.945
subject4	0.994	0.642
subject5	0.998	0.991
average	0.956	0.901

피험자 5명에 대한 파일럿 측정을 진행하는데, 머리와 목을 바로 세운 자세부터 매우 심하게 거북목 자세를 취해가는 과정의 중간 단계들의 CV각을 측정하고, 이 때 웨어러블 센서에서 측정한 값과 비교하였다. CV각은 목의 기울기 각도와 1:1로 부응되지 않지만 FHP의 증증도로 알려진 방식이므로, 센서에서 측정한 목의 기울기와 상관도가 높으면 충실한 측정으로 평가하였다. 그림 4(c)는 5번 피험자가 FHP를 취하는 과정에서의 동작 분석장치로 측정한 CV각(가로축)과 본 연구에서 개발한 웨어러블 센서를 사용한 목 기울기(세로축)의 데이터를 보여주고 있으며 상관계수 0.998로 높은 상관관계를 보여주고 있다. 그림 4(d)는 텍스트 넥에 대한 측정 결과로 상관계수 0.991로 나타났다. 표 1에서는 5명의 FHP, 텍스트넥에서의 CV각과의 상관 계수를 표현하였다.

3. 텍스트 넥 자세 분석과 경고의 효과 분석

본 연구에서 개발한 웨어러블 센서를 활용하여 5명의 20대 대학생을 대상으로 효용성을 확인하기 위한 파일럿 실험을 진행하였다. 세가지 상황으로 데이터를 수집하였는데, 세션1에서는 수업시간에 웨어러블 센서를 착용하고 바른 자세로 수업에 임하라는 지시와 함께 측정을 하였다. 세션2에서는 책상을 앞에 두고 의자에 앉은 상황에서 바른 자세로 스마트폰을 사용하라는 지시와 함께 스마트폰을 자유롭게 사용하며 머리-목 자세를 측정하였다. 세션3에서는 세션2와 같은 상황에서 웨어러블 센서가 2.3절에서 설명한 방식의 안 좋은 자세가 발생하면 진동을 통해 경고를 주고, 진동이 울리면 바른 자세를 취하라는 지시와 함께 측정을 진행하였다. 모든 세션을 진행하는 동안의 목의 기울기를 측정하여 일상생활중 머리-목 자세에 대한 데이터를 수집하여 표 2에 같이 정리하였다. 2.3절에서 설명한 바와 같이 동작이 심한 구간보다는 정적인 상태에서의 자세가 관심의 대상이 되므로 동적 구간에서의 각도는 분석에서 제외시켰다.

실험 결과를 표 2에 요약하였다. 세션1의 1번 피험자의 경우 수업시간 중 60분 동안 착용하였고, 그 결과 56분 동

표 2. 5명의 피험자에 대한 텍스트넥 실험 결과.

Table 2. Experimental results of text neck for 5 subjects.

Subject 1				
	Total	Static	Static_Good	Static_Poor
Session 1	60 min	56 min	29 min (75 degree)	27 min (64 degree)
Session 2	92 min	90 min	17 min (79 degree)	73 min (44 degree)
Session 3	72 min	71 min	71min (75 degree)	0 min
Subject 2				
	Total	Static	Static_Good	Static_Poor
Session 1	160 min	135 min	75 min (94 degree)	60 min (42 degree)
Session 2	88 min	80 min	20 min (71 degree)	60 min (42 degree)
Session 3	60 min	59 min	59 min (80 degree)	0 min
Subject 3				
	Total	Static	Static_Good	Static_Poor
Session 1	76 min	76 min	72 min (84 degree)	4 min (65 degree)
Session 2	72 min	71 min	18 min (80 degree)	53 min (60 degree)
Session 3	64 min	63 min	63 min (92 degree)	0 min
Subject 4				
	Total	Static	Static_Good	Static_Poor
Session 1	148 min	141 min	83 min (93 degree)	58 min (51 degree)
Session 2	88 min	80 min	28 min (82 degree)	58 min (51 degree)
Session 3	64 min	58 min	58 min (83 degree)	0 min
Subject 5				
	Total	Static	Static_Good	Static_Poor
Session 1	60 min	60 min	39 min (75 degree)	21 min (66 degree)
Session 2	44 min	44 min	6 min (72 degree)	38 min (60 degree)
Session 3	56 min	55 min	55 min (86 degree)	0 min
Summary				
Average neck angle in Session 1				74.3 degree
Average neck angle in Session 2				57.8 degree
Average neck angle in Session 3				83.0 degree
Good posture time ratio in Session 1				65%
Good posture time ratio in Session 2				24%
Good posture time ratio in Session 3				100%

안 정적인 상태를 유지하였다. 정적인 상태 중에서 29분동안 좋은 자세(70도 이상)를 유지하였으며 평균 목의 기울기를

75도로 유지하였다. 세션2에서는 90분의 정적인 기간동안 17분 밖에 좋은 자세를 유지하지 못하였으나 안 좋은 자세 경고를 켜고 실험을 한 세션3에서는 71분의 정적인 기간 동안 1분간 연속하여 안 좋은 자세를 취한 시간이 전혀 없었다.

피험자 숫자가 충분치 않아 일반화시킬 수는 없지만 실험 결과로만 보면 수업을 들을 때(세션1) 목의 기울기는 평균 74.3도를 유지하였다. 반면 스마트폰을 사용할 때(세션2)의 평균 목의 기울기는 57.8도로 나타났다. 스마트폰을 볼 때, 기준각도(90도)보다 20도 이상 숙인 경우에 진동을 주었을 때에, 피험자 모두가 성실히 바른자세로 되돌아와서 평균 83.0도를 유지하였다. 바로선 자세에서 20도를 기준으로 그 이상 숙인 자세를 안 좋은 자세로 정의하였을 때, 바른 자세를 유지하는 비중이 수업중에는 65%인데 반해 스마트폰 사용시에는 24%로 현저히 낮음을 확인하였다. 안 좋은 자세가 감지되었을 때 진동을 통해 알려 준 경우, 모든 피험자가 모든 경고에 반응하여 1분이상 안 좋은 자세를 유지하는 사례가 한 건도 발견되지 않았다.

IV. 토의 및 결론

컴퓨터나 스마트폰을 안 좋은 자세로 장시간 사용하는 것은 근골격계의 만성적 통증 발생은 물론 장기화 되었을 때 관련될 질병의 위험인자로 작용할 수 있으나 일상생활 중 장시간의 자세를 정량적으로 측정하여 분석하는 시도는 거의 이루어지지 않았다. 첫째로 장시간 데이터 취득을 위해 일상 생활에 불편을 주지 않고 측정이 가능한 장치가 쉽게 접근할 수 없었기 때문이다. 둘째로, 장시간 스마트폰 사용으로 인한 머리-목 자세에 대한 관심이 비교적 최근의 일이기 때문이다. 본 연구에서는 웨어러블 센서 형태의 자세 측정 및 기록장치를 개발하여 이러한 목적의 연구에 활용할 수 있는 방법을 제시하였다.

근육의 통증과 관련된 안 좋은 자세를 측정하고 판정하기 위해서 3축 가속도 센서를 사용하여 동적 구간과 정적 구간을 나누고, 정적 구간에 대한 목의 기울기를 측정하여 머리-목 자세의 표현 방식을 목 뒷면의 기울기로 표현하였다. 일상생활 중 머리-목의 자세를 표현하는 기존의 지표가 없는 상황에서의 새로운 제안이며 아직 입증된 지표는 아니다. 하지만 머리의 무게에 작용하는 중력과 이를 받치고 있는 경추와 목 근육에 대해 목의 기울기는 직관적으로 대표적인 지표가 될 수 있는 가능성이 높고, 기존의 평가 방법인 CVA와의 상관도가 FHP의 경우 0.956, 텍스트넥의 경우 0.901로 충분히 높음을 확인하였다. 하지만 일상생활중 근육에 가해지는 스트레스의 지표로서 목의 각도와 시간이 결합된 형태 지표가 필요하며, 이는 향후 통증에 유의미한 지표를 개발하여 임상시험을 통하여 해야할 일이다.

목의 각도를 측정하는 웨어러블 센서가 착용시 불편함을 최소화 하기 위하여 뒷바퀴 뒤로 걸어 목 뒷 면에 얹히도록 설계되었다. 따라서 사람마다 착용시마다 기준점이 달라질 위험성이 있다. 착용 후에는 캘리브레이션을 통해 바른 자세의 기준 각도를 설정하는 과정을 거치도록 하였으나 여전히 측정 오차의 주 원인으로 생각된다. 센서 소자 자체의 정밀도는 충분하지만 목 뒤에 착용한 후의 오차는 4-5도 정도 일 것으로 생각되지만 기준이 되는 각도를 정의하기가 힘들어 아직 비교 실험을 못 하고 있다. 하지만 일상생활중 자세의 평가와 교정이라는 관점에서 활용이 가능한 수준의 오차라고 생각된다. 동시에 착용 방식의 개선이 필요한 부분이기도 하다.

본 연구의 마지막 실험은 본 센서의 활용 가능성을 보여 줄 수 있는 파일럿 실험으로 의미를 가진다. 피험자 숫자도 적고, 통계적 분석도 진행하지 못한 파일럿 실험으로 사람마다 센서의 착용법도 다르며, 바른 자세를 유지하려는 노력의 강도도 차이가 있었다. 특히 바른 자세를 취하라는 경고에 대한 수용성도 고려되지 않았다. 하지만 수치적 결과가 보여주는 의미는 향후 일상생활중의 자세를 정량적으로 분석하고 경고로 알려주는 장치의 활용 가능성을 보여주었다. 직관적으로 추측할 수 있는 상황이지만 스마트폰을 사용하지 않고 수업을 들을 때의 평균 목 기울기가 74.3도에서 스마트폰을 사용할 때의 목 기울기가 57.8도로 약 16.5도 만큼 앞으로 기울인다는 사실은 텍스트넥의 문제가 얼마나 심각한지를 정량적으로 보여준 결과라 할 수 있다. 나아가 20도 이상 머리를 숙일 때 올리는 진동을 통하여 피험자 모두가 바른자세로 반응하여 1분이상 안 좋은 자세를 유지하는 경우가 없었음은 피드백 장치를 통해 스스로 자세를 교정할 수 있는 가능성을 보여준다고 할 수 있다. 향후 보다 많은 피험자를 대상으로 다양한 조건에서의 실험을 통해 일상생활 중 자세의 정량적 연구와 텍스트넥 문제가 만들어 내는 목 부위의 통증 연구가 추진중이다.

일상 생활중의 머리-목 자세를 정량적으로 측정할 수 있는 웨어러블 센서를 개발하여 일상생활 중 머리-목 자세의 분석을 위한 정량적 지표를 제시하였다. 영상 기반 동작 분석 장치와의 비교를 통해 CV각과의 상관성이 높은 목 기울기 각도를 측정할 수 있었다. 파일럿 평가를 통해 안 좋은 자세의 실시간 경고를 통해 컴퓨터와 스마트폰 사용시 안 좋은 자세에 머무는 시간을 줄일 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다.

References

- [1] Gaskin, D. J., & Richard, P. (2012). The economic costs of pain in the United States. *The Journal of Pain*, vol. 13, no. 8, pp. 715-724.

- [2] Skillgate, E., Magnusson, C., Lundberg, M., & Hallqvist, J. (2012). The age-and sex-specific occurrence of bothersome neck pain in the general population-results from the Stockholm public health cohort. *BMC musculoskeletal disorders*, vol. 13, pp. 1.
- [3] Bever, L. (2014). 'Text neck' is becoming an 'epidemic' and could wreck your spine. Retrieved from <https://www.washingtonpost.com/news/morning-mix/wp/2014/11/20/text-neck-is-becoming-an-epidemic-and-could-wreck-your-spine/>.
- [4] Hilburn, M. (2014). 'Text Neck' a Growing Problem for Smartphone Users. Retrieved from <http://www.voanews.com/content/text-neck-a-growing-problem-for-smartphoneusers/2528284.html>.
- [5] Hansraj, K. K. (2014). Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. *Surgical technology international*, vol. 25, pp. 277-279.
- [6] Yip CHT, Chiu TTW, Poon ATK (2008) The relationship between head posture and severity and disability of patients with neck pain. *Man Ther* vol. 13, no. 2, pp. 148-154.
- [7] Silva AG, Punt TD, Sharples P, Vilas-Boas JP, Johnson MI (2009) Head posture assessment for patients with neck pain: Is it useful? *International Journal of Therapy and Rehabilitation* vol. 16, no. 1, pp. 43-53.
- [8] Cleland JA, Childs JD, Fritz JM, Whitman JM (2006) Interrater reliability of the history and physical examination in patients with mechanical neck pain. *Arch Phys Med Rehabil* vol. 87, no. 10, pp. 1388-1395.
- [9] Harrison AL, Barry-Greb T, Wojtowicz G (1996) Clinical measurement of head and shoulder posture variables. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* vol. 23, no. 6, pp. 353-361.
- [10] Brunton J, Brunton E, Aoife N (2003) Reliability of measuring natural head posture using the craniovertebral angle.: pp. 37-41.
- [11] van Niekerk, S. M., Louw, Q., Vaughan, C., Grimmer-Somers, K., & Schreve, K. (2008). Photographic measurement of upper-body sitting posture of high school students: a reliability and validity study. *BMC musculoskeletal disorders*, vol. 9, pp. 1.
- [12] Wong WY, Wong MS (2008) Detecting spinal posture change in sitting positions with tri-axial accelerometers. *Gait Posture* vol. 27, no. 1, pp. 168-171.