

Analysis of Static Sitting Postures for Smart Devices by a Photogrammetric Measurement method

Soochan Jee, Sunghye Ahn, Ye-rim Rhie, Yusin Lee, Myung Hwan Yun¹

¹Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742

ABSTRACT

최근 스마트 기기의 장시간 사용으로 인해 목, 허리, 어깨 등의 근육의 통증을 호소하는 사용자들이 늘고 있다. 하지만, 기존 연구는 주로 데스크탑, VDT에 관한 근골격계 피로 위주로 연구되어, 최근 사용이 급증하는 스마트 기기로 인한 근골격계 피로에 대한 이해에는 한계가 있다. 본 연구에서는 사용자들의 스마트기기(휴대폰, 태블릿 PC) 사용 자세를 비디오로 촬영하고, 각 신체부위별 부하 정도를 측정 하기 위해 동적 자세 프로그램을 이용하여, 관절각도(굴곡, 신전, 외전, 내적 각)를 분석하였다. 분석결과 핸드폰과 태블릿 pc 사용에 있어 목, 손목, 어깨, 팔꿈치 굴곡에 있어 유의한 차이가 있었으며, 사용자의 키, 하루 평균 사용시간, 회당 평균 사용시간에 따라 어깨, 팔꿈치 굴곡 등에서 유의한 차이가 있었다. 각 관절별 굴곡 수치를 토대로 군집 분석을 이용하여 5개의 주요 스마트기기 사용 자세를 식별하였다. 본 연구결과는 스마트기기 사용자 피로도 예측을 위한 기초연구로 활용 가능하다

1. Introduction

1.1. Research Background

최근 정보화로 인한 모바일 서비스의 발달에 따라 스마트폰의 사용이 급격히 증가하는 추세이다. 방송통신위원회에 따르면 2012년 12월 기준 국내 이동통신 가입자 수는 약 5400만 명이며, 그 중 약 3300만 명(61%)이 스마트폰 가입자이다 [1]. 또한 스마트폰보다 고성능이며 기존 PC 에 비하여 휴대성까지 갖춘 태블릿 PC 의 국내 가입자 수도 2012년 12월 기준 72만 명을 돌파하며 널리 보급되는 추세이다 [2].

스마트폰, 태블릿 PC 와 같은 스마트 기기 이용형태에 따른 기존의 연구보고에 따르면, 스마트폰 사용자들은 일 평균 2.5시간 이상을 스마트폰을 사용하여 웹 서핑, 앱 실행 등의 작업을 수행하고 있으며, 태블릿 PC 사용자들은 하루 평균 2.2시간 동안 웹서핑 등의 작업을 수행하는 경향을

보인다 [3]. 하지만 이렇게 장시간 스마트 기기를 사용하여 반복적인 작업을 수행하게 되면, 목과 허리, 어깨 등에 근육의 통증과 뭉침과 같은 근골격계 피로로 인한 통증을 유발할 수 있다 [4]. 실제로, 스마트폰 사용자를 대상으로 한 연구결과 전체 사용자중 18.8%의 사용자가 목, 어깨, 팔/팔꿈치, 손/손목/손가락 등의 부위에 피로와 관련된 통증을 경험한 것으로 보고되었으며, 그 중 손/손목/손가락 (11.3%)과 목 (8.1%) 부위의 통증 경험자가 가장 많은 것으로 파악되었다 [5]. 이러한 근골격계 피로는 신체의 반복적 움직임이나 과도한 움직임으로 인해 발생하는 누적외상성질환(Cumulative Trauma Disorders: CTDS)의 일종으로, 손목 등 특정 신체 부위 관절의 극단적인 움직임 때문에 발생한다.[6] Greig 등은 영상단말기를 사용하는 동안 목세움근(Cervical erector spine)과 위등세모근(upper trapezius)의

근활성도가 최대 근전도의 5%이상으로 유지된다고 밝혔다 [7]. 특히 스마트기기와 같이 작고 이동성이 있는 영상단말기의 사용은 데스크탑 컴퓨터에 비해서 근골격계 피로 및 통증에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고되었으며 [8], 작은 영상장비 시청 및 조작의 경우 사용자의 시선이 큰 영상장비에 비해 상대적으로 더 낮기 때문에 목이 더 많이 굽혀지고, 목세움근의 부하가 높아지는 것으로 보고 되었다 [7]. 하지만 이전 연구에서는 주로 데스크탑이나 노트북, 터치스크린 등의 영상 단말기를 위주로 연구가 수행되었고, 최근 사용이 급증하고 있는 스마트기기에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 스마트기기 사용시 발생하는 근골격계 피로를 분석하는 데에 있어 주관적 평가 지표와 신체 부위 각도에 따른 위험도 지수를 활용하여 스마트 기기 사용자의 신체적 부위의 부하를 측정하고, 이를 통하여 스마트 기기기간의 피로도 차이가 있는지, 스마트기기 사용시 특정 신체부위의 굴곡이 근골격계의 피로 및 통증에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

1.2. Literature Review

반복적인 스마트기기 사용으로 인한 근골격계 피로도를 연구한 기존의 연구들에서는 반복 작업이 특정 신체부위에 미치는 물리적 부하가 피로도에 미치는 영향을 연구하기 위해 다양한 접근의 연구방법들을 사용하였는데, 가장 대표적인 지표로는 사용자의 응답을 기반으로 한 주관적 불편도 지표, 근전도(Electromyography, EMG) 지표, 신체 부위별 각도에 따른 위험도 지표 등이 있다. 하지만 이들 지표의 단일 사용은 부하 측정의 객관성의 문제를 야기할 수 있어, 대부분의 연구가 2~3 가지의 지표를 복합적으로 사용하는 경향이 있었다. 사례로는 손목 자세 및 외부 부하에 대한

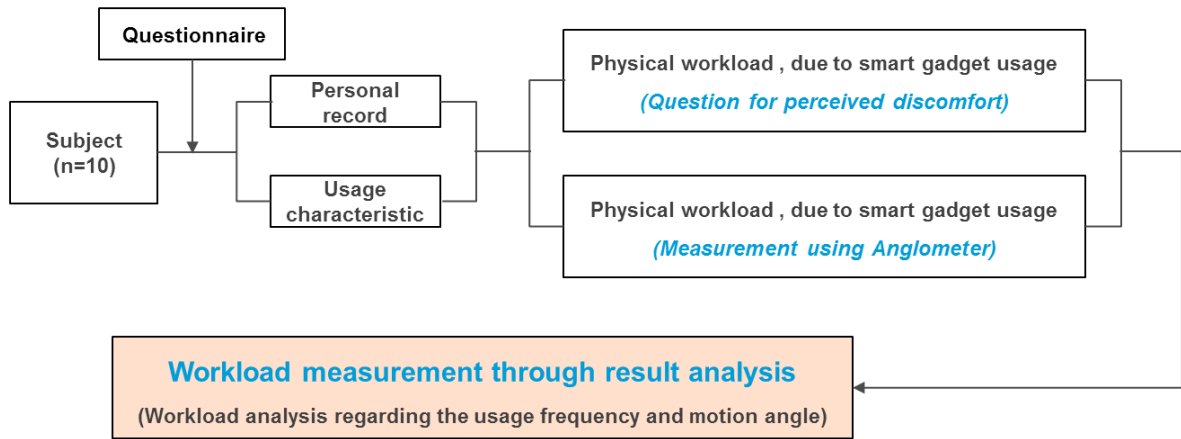
2. Method

본 실험은 스마트기기 사용 대상자 11 명을 대상으로 갤럭시 s2 와 아이패드 2 기종을 이용하여

불편함의 정도를 평가하기 위해 신체 부위별 각도에 따른 위험도 지표와 9 단계의 주관적 불편도 평가를 수행한 기존의 연구 [9]와 데스크탑 PC 의 터치스크린 화면을 사용하는데 있어 사용자의 불편도를 측정하기 위해 주관적 평가 지표와 근전도 지표를 활용한 연구 [10], 반복적인 손목 및 손가락 작업에서 수작업 부하를 평가하기 위해 관절 각도 데이터와 EMG, 피험자의 주관적 평가 지표를 활용한 연구들이 수행되었다 [11]. 또 하나의 지표로, 얼마나 자주 자세에 변화가 일어나는가를 살펴봄으로써 불편함의 정도를 측정할 수 있다. 잦은 자세 변화는 작업자가 근골격계 부담을 줄이려는 시도로 해석되는데 [12, 13], 작업자세에 부담감이 있을 경우 작업 시간 동안 목과 하지의 자세변화의 빈도가 증가한다고 밝힌 바 있다 [13]. Liao & Drury (2000) 는 VDT 작업 시 자세에 따른 근골격계의 부담감과 퍼포먼스 차이 비교 연구에서 joint angle 을 측정하기 위해 귀, 어깨, 팔꿈치, 허리, 손, 엉덩이에 마커를 부착하여 video technique 를 사용한 후, 각 과업 수행 시 자세 변화 빈도를 측정하여 근골격계 부담감에 대한 지표로 사용하였다 [14].

일반적으로 작업자는 요추를 등 받침대에 기댈으로써 생겨나는 반대방향의 힘을 통해 안정성을 증가시키려는 성향을 갖고 있으나 [15], 특정 자세는 근골격계 질환을 유발할 수 있는데, 대표적으로 머리가 앞으로 기울어진 각도가 큰 자세, 어깨의 위치가 높은 자세, 팔꿈치의 각이 많이 벌어진 자세, 척골 편향 각이 큰 자세는 근골격계에 부담감을 준다 [16, 17]. 본 연구에서는 이러한 연구에 기초하여, 머리와 어깨, 허리 등의 신체 부위의 각도는 작업자의 자세를 평가할 수 있는 지표로 삼아, 이러한 객관적 척도를 주관적 부하량 및 신체 특성에 따라 비교하였다

실시되었다. 한 피실험자가 두 기기를 연이어 사용함으로 인해 생기는 피로 누적을 막기 위해 이틀간에 걸쳐 첫날에는 스마트폰 둘째 날에는



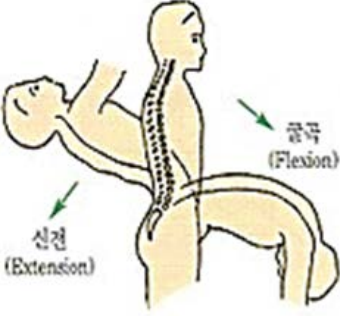
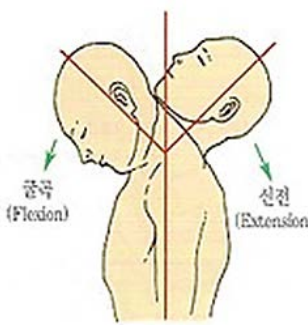
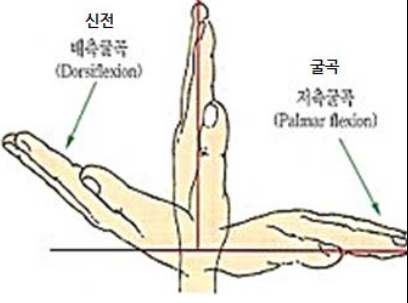

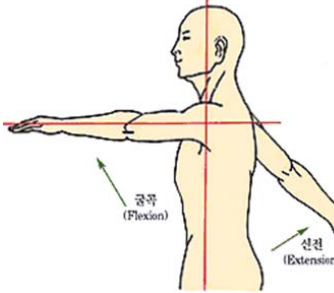
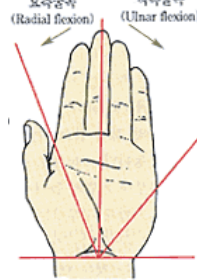
<Fig 1.> Research process

태블릿 PC 를 이용한 실험이 진행되었다. 실험은 사용자들이 두 기기를 사용할 때 있어서 가장 많이 하는 문자 타이핑, 게임, 인터넷 서핑, 동영상 시청으로 총 4 가지 작업에 대해 진행되었다. 각 작업은 5 분씩 수행하여 총 20 분간 실험이 진행되었다. 위 그림(Fig 1)은 실험 진행 순서이다. 피실험자를 대상으로 실험에 앞서 간단한 설문문을 통해 인적 사항과 이용 행태를 조사하였다. 그 다음 4 가지 과업 수행 시 일어나는 신체적 부하를 주관적 척도와 객관적 척도로 측정하였다. 주관적 척도는 과업 수행 후 설문지를 통해 피실험자 본인이 느끼기에 통증이 유발한 곳과 더불어 목, 허리, 손목, 팔에 대한 각각의 스트레스 정도를 5 점 likert scale 로 체크하도록 하여 측정하였다. 객관적

척도는 Drury 의 작업자세 연구 이론을 바탕으로 측정 되었다. 피실험자의 각 부위 별 부하 정도를 측정하기 위해 각 조인트들의 joint angle(굴곡, 신전, 외전, 내전 각)을 분석 하였다. 각 조인트의 각도를 측정하는 기기인 Goniometer 는 동적 상태인 피실험자의 joint angle 을 측정하는데 어려움이 있으므로, 촬영된 피실험자의 영상을 바탕으로 Anglometer 프로그램을 이용하여 분석하는 photogrammetric method 를 이용하였다. 본 실험에서는 Anglometer 프로그램을 통한 분석을 위해 피실험자가 20 분간 4 가지의 작업을 수행하는 모습을 측면 촬영하였다. 아래 그림은 Anglometer 를 이용한 joint angle 분석 예시이다.



< Fig 2. > Anglometer 프로그램을 이용한 joint angle 분석 예시

Measurements		
허리 굴곡/신전	목 굴곡/신전	손목 굴곡/신전
		
팔꿈치 굴곡/신전	어깨 굴곡/신전	손목 요굴/척굴 편향
		

<Fig 3.> Types of measurements

3. Results

3.1. An effect of devices

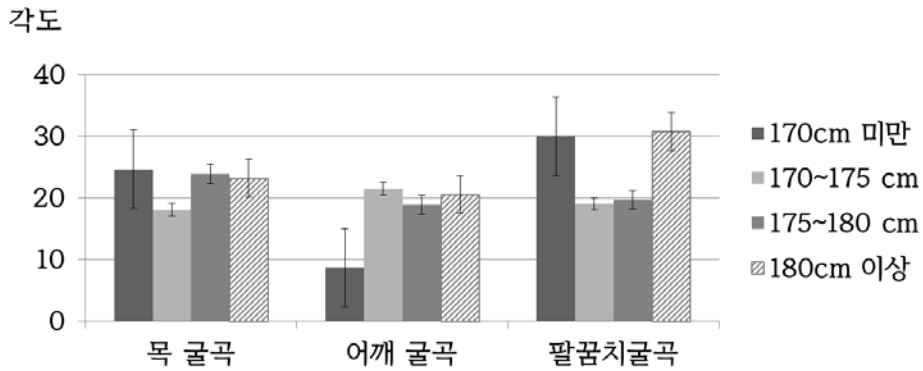
본 실험에서는 휴대폰과 태블릿 두 가지의 휴대용 기기를 대상으로 각 기기를 사용할 때의 자세를 관찰하였다. 사용 자세를 비교해 본 결과, 목, 손목, 어깨, 팔꿈치, 그리고 허리 등 모든 신체 부위의 각도에 있어서 두 기기 간 유의한 차이는 없었으며 ($p>0.005$), 주관적 피로도에서도 마찬가지로 두 기기 간 차이가 발견되지 않았다 ($p>0.005$).

3.2. Effects of personal and anthropometric characteristics

휴대폰이나 태블릿 사용에 있어 피실험자 간 측정된 각 link의 각도 차이가 있는가의 여부에 대하여 검증한 결과, 목 굴곡($p=0.030$), 손목 굴곡

($p=0.033$)과 어깨굴곡(0.040), 팔꿈치 굴곡($p=0.013$)의 경우에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 그러나 손목 신전, 요굴, 척굴, 팔꿈치 신전, 허리 신전 등의 요소는 사람에 따라 다르지 않았다.

피실험자의 키를 네 개의 구간으로 분류하여 분석한 결과, 키는 목 굴곡 ($p=0.013$), 어깨 굴곡 ($p=0.042$), 팔꿈치 굴곡 ($p=0.006$)등의 각도에 유의한 영향을 주었다. 아래 그림에서 170cm 이하의 사용자는 어깨 굴곡이 거의 일어나지 않는 것을 관찰할 수 있었으나, 목과 팔꿈치에서 굴곡이 많이 일어났다. 170~175cm의 키를 가진 사용자는 목과 어깨는 180cm 이상의 사용자들과 같은 양상을 보였으나, 팔꿈치 굴곡은 170~175cm의 키를 가진 사용자와 비슷한 양상을 보였다. 전반적으로, 170~175cm의 사용자들이 목, 어깨, 팔꿈치에서 굴곡이 적게 일어났다.



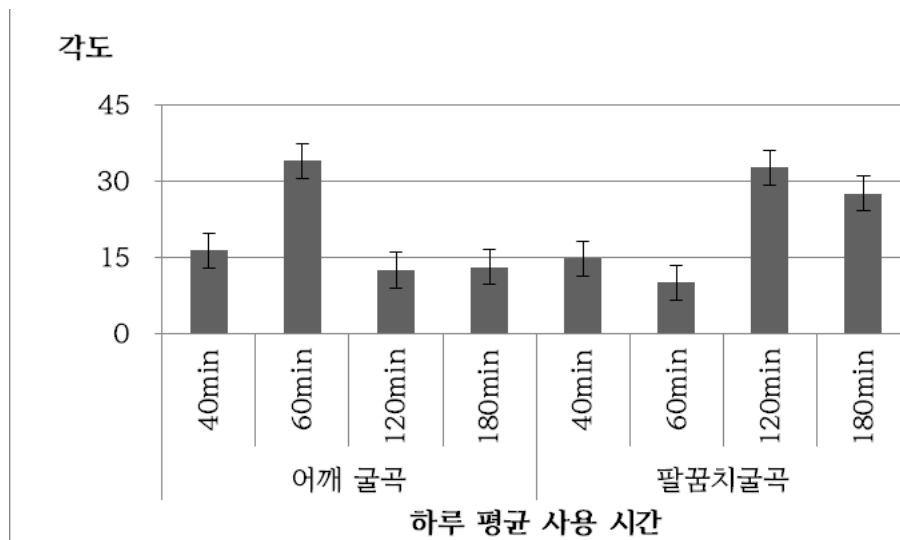
<Fig 4.> Posture of each height of participants

3.3. An effect of time spent on the devices

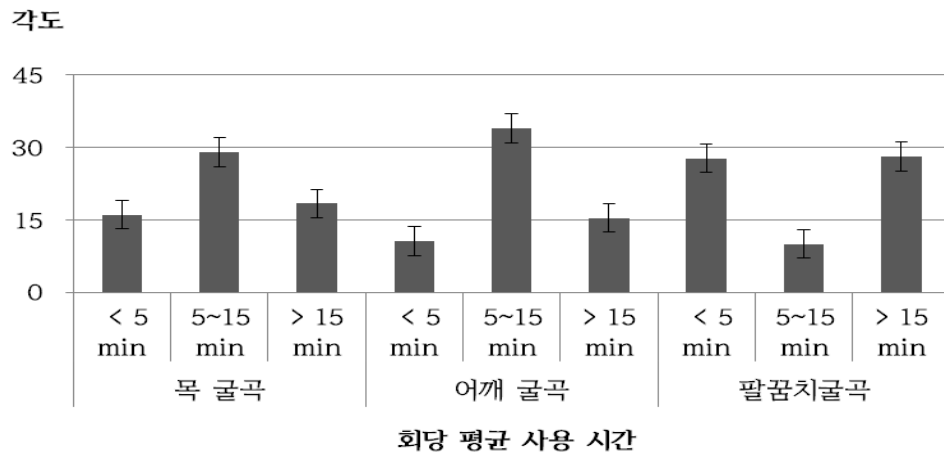
휴대용 기기의 하루 평균 사용시간에 따라서는 어깨 굴곡($p=0.004$)과 팔꿈치 굴곡($p=0.002$)에서 유의한 차이를 관찰할 수 있었다. 또한, 한 번 기기를 조작하는데 소요하는 시간은 목 굴곡($p=0.034$), 어깨 굴곡($p=0.012$), 그리고 팔꿈치 굴곡($p=0.010$) 등에 유의한 유의미한 영향을 주었다. 하루에 기기를 사용하는 시간과 1회 사용의 평균 소요시간에 대한 각 신체 부위 별 측정 각도는 모두 선형적인 관계를 보이지 않았다. 하루 동안 40분정도 사용한다고 답한 사람은 어깨와 팔꿈치의 굴곡이 낮았으며, 1시간 가량 사용한다고 답한 사람은 어깨 굴곡이 높은 데

반해, 팔꿈치 굴곡이 낮았다. 2시간 이상 사용하는 사람들은 모두 어깨굴곡이 작고, 팔꿈치 굴곡이 높은 양상을 보였다. 기기 조작 시 소요되는 평균 시간에 대해서는 5분 미만과 15분 이상 사용하는 사람이 유사한 양상을 보였고, 5분 이상 15분 미만 사용하는 사용자들은 목과 어깨 굴곡이 크고, 팔꿈치 굴곡은 작은 자세를 취하였다.

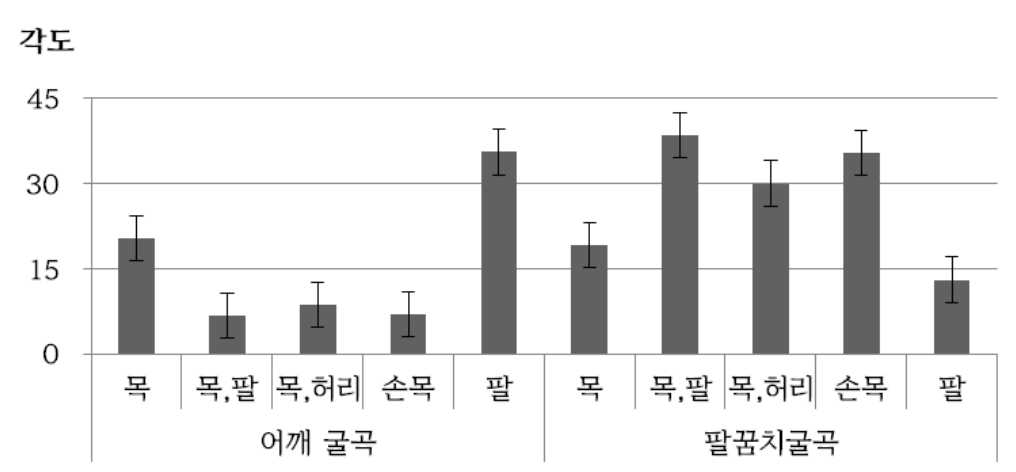
본 그래프에서는 중간 수준으로 휴대 기기를 많이 사용하는 사람들이 그렇지 않은 사람들과 차별화되는 양상을 볼 수 있었으며, 어깨굴곡은 크고 팔꿈치 굴곡은 작은 자세를 취하는 것을 관찰할 수 있었다.



<Fig 5.> Posture differentiated by device usage time per day



<Fig 6.> Posture differentiated by device usage duration per one time



<Fig 7.> Posture differentiated by each subjective pain

3.4. Effect of subjective pain ratings

주관적인 통증 유무와 자세의 관계에 대하여 관찰한 결과, 어깨($p=0.007$)와 팔꿈치($p=0.048$)의 굴곡이 각 신체 부위의 통증 발생 여부에 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 아래 그림에서 보면 알 수 있듯이, 팔의 통증 또는 목의 통증을 호소한 사람이 실제로 어깨 굴곡이 가장 많이 생겼으며, 팔꿈치 굴곡은 목과 팔 모두의 통증을 호소하거나 손목의 통증을 호소한 사람의 굴곡이 큰 것으로 나타났다. 따라서, 팔의 통증은 팔꿈치의 굴곡보다는 어깨의 굴곡이 영향을 많이 주고, 목과 팔, 목과 허리 등 복합적인 통증은 팔꿈치의 굴곡이 영향을 주는

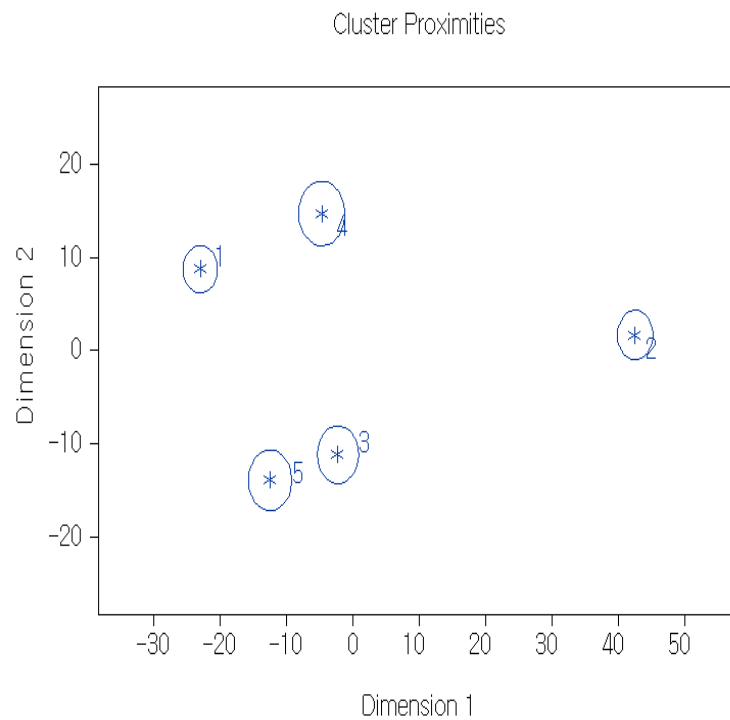
것으로 관찰되었다.

또한, 주관적인 통증의 정도를 팔, 허리, 손목, 목 등 각각의 부위에 대하여 5점 likert scale로 조사하였으나, 어깨굴곡에 대한 팔의 주관적 피로도($p=0.003$)만을 제외하고 대부분이 Anglometer에서 권장하는 작업자세레벨(low, high, extreme)과 일치하지 않았다($p>0.005$). 즉, 주관적인 피로도는 객관적인 측정값을 통해 측정할 수 없었으며, 목, 손목, 팔, 허리 등의 각도를 통해 예측하기 어려웠다. 이는 신체 피로도를 주관적으로 평가하는 경우 자세 이외에 다른 요소들이 작용하는 것을 반증하는 결과이기도 하다.

3.5. Clustering analysis on postures

본 실험을 진행하면서 동일한 사용자가 다양한 자세를 취하는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서, 0.5 초마다 수집된 신체 부위의 각도를 대상으로 군집 분석을 시행하여, 자세의 유형을 군집화하였다. 그 결과, 휴대용 기기를 사용하는 대표 자세를 다섯 가지로 구분되며, 각 군집을 MDS 분석을 통해 산점도를 그린 결과는 아래 그림과 같다. 손목의 각도는

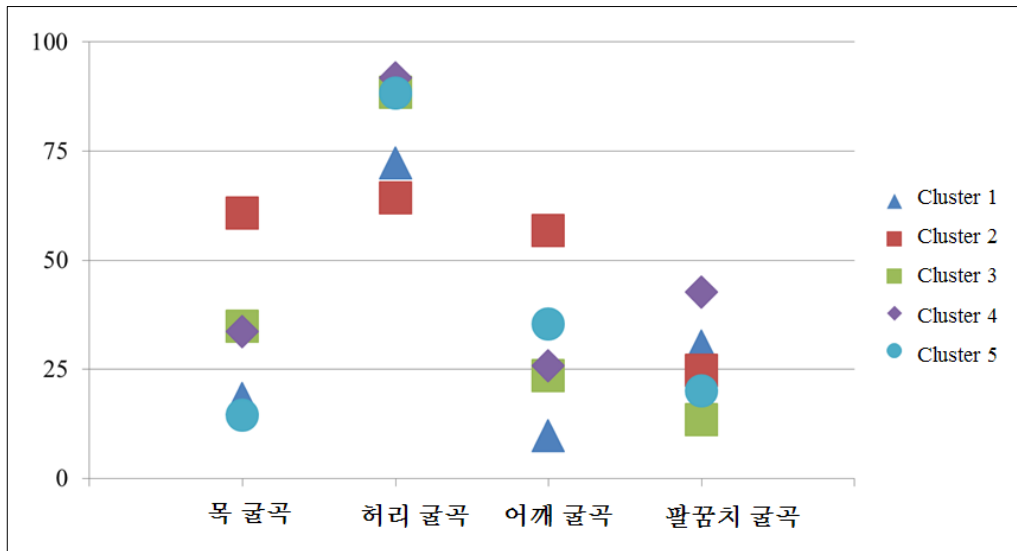
결측치가 많았기 때문에, 이를 제외한 목, 허리, 어깨, 팔꿈치의 굴곡이 분석 변수로 사용되었다. SAS 9.3을 이용하여 CCC(Cubic Clustering Criterion) 군집이 5개일 때가 가장 적절한 군집 수로 도출되었으며, 이 때 각 군집의 개요는 아래 표와 같다. 군집 3은 3개의 케이스만을 포함하고 있으나, 전처리 과정에서 정규화한 후 95% 이상의 극단값을 가진 이상치를 제거하였기 때문에, 하나의 군집 3으로 제외하지 않았다.



<Fig 8.> Cluster proximities measured by MDS

<Table 1> Specification of each cluster

	Frequency	RMS Std.	Max. distance from seed	목 굴곡	허리 굴곡	어깨 굴곡	팔꿈치 굴곡
Cluster 1	245	0.719	2.583	18.308	72.242	9.724	30.262
Cluster 2	3	1.122	2.671	60.700	64.267	56.733	24.633
Cluster 3	118	0.711	3.111	34.830	88.364	23.409	13.279
Cluster 4	67	0.770	3.486	33.627	91.793	25.634	42.658
Cluster 5	140	0.567	3.269	14.399	88.192	35.258	19.998



<Fig 9.> Centroid angle of each cluster

각 군집의 특성을 살펴보면, 군집 1은 목과 어깨굴곡은 낮고, 팔꿈치와 허리 굴곡은 높았다. 군집2의 목, 허리, 어깨, 팔꿈치 굴곡은 모두 중간 수준이었다. 군집 3은 허리굴곡만이 높았으며, 군집 4는 허리와 팔꿈치 굴곡이 높은 수준을 보였다. 군집 5는 목의 굴곡이 가장 낮은 수준을 보였다.

4. Discussion

크기가 서로 다른 태블릿 pc와 스마트 폰 사용시의 주관적 피로도와 신체 부위 각도 측정을 통한 사용 자세에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 두 기기 모두 터치스크린을 통하여 조작 및 사용을 하기 때문에 사용 자세는 기기의 크기 보다 인터페이스 종류가 더 큰 영향을 받는 것으로 볼 수 있다.

관측된 각도 값을 보면 모든 신체 부위에 있어 굴곡의 경우 모든 사람이 통계적으로 유의하게 같지 않음을 알 수 있었다. 각 신체 부위의 신전과 손목의 요골, 척골 편향 정도에 대해서는 개인 간 차이가 나타나지 않았다. 이를 통해 두 기기의 사용 자세는 각 신체 부위의 굴곡이 더 큰 영향을 주는

것을 알 수 있다. 실험 참가자들을 키로 분류한 집단 간에도 손목을 제외한 신체부위의 굴곡에서만 차이를 발견 할 수 있었다. 그러나 일정한 선형 관계나 일정한 패턴이 관찰되지 않았다. 이 결과는 사용 자세가 사용자의 키와 키에 영향을 받는 각 신체 부위의 길이에 의해 일관된 영향을 받지 않는 것과 신체 부위 보다는 사용 습관에 더 큰 영향을 받는 것을 의미한다.

하루 평균 기기 사용시간과 사용 자세의 관계에서도 유사한 결과를 찾을 수 있었다. 그러나 한 번 사용에 소요되는 시간과 목, 어깨, 팔꿈치 굴곡 정도의 관계는 U자 형태 또는 뒤집어진 U자 형태의 패턴을 보인다. 한번에 5분 미만 또는 15분 이상 사용하는 집단은 팔을 펴고 고개를 덜 숙인 자세로, 5분 이상 15분 미만 사용 집단은 팔을 더 구부리고 고개를 푹 숙인 자세로 사용하는 것을 의미한다. 기기를 오래 사용해야 하는 경우 목 굴곡이 작고 어깨 굴곡이 더 작은 자세가 더 편하므로 이를 위해 팔을 더 뻗게 되고 따라서 팔꿈치 굴곡이 커졌다고 볼 수 있다.

통증이 나타나는 경우는 팔꿈치와 어깨 굴곡이 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 팔에 통증을 호소하는 경우 어깨 굴곡이 큰 것으로 나타났지만 팔꿈치 굴곡은 작은 것으로 나타났다. 손목 통증의 경우에는 반대로 팔꿈치 굴곡이 크고 어깨 굴곡이 작았다. 이를 통해 어깨 굴곡과 팔꿈치 굴곡이 모두 극단적인 경우에 통증이 발견되었으므로 중간 정도의 어깨, 팔꿈치 굴곡을 유지시키는 경우에는 통증이 덜 유발될 가능성이 큰 것으로 예측된다.

프레임 별 자세에 대한 군집분석 결과, 크게 다섯 가지의 자세를 도출할 수 있었다. 각 자세 별 중심값을 통해 각 군집의 특성을 관찰할 수 있었으며, 사람들이 보편적으로 취하는 자세를 파악할 수 있었다. 사람의 신체 길이는 고려되지 않았기 때문에 특정 자세에 대한 신체 부하 값은 알 수 없었으나, 추후 도출된 군집에 기반하여 각각의 부하량을 측정할 수 있을 것이다.

주관적으로 평가된 피로도 와 Anglometer에 의해 평가된 피로도를 비교한 결과는 거의 일치하지 않았다. 이는 사람이 주관적으로 느끼는 피로도가 실제 신체 피로 정도와 다르거나 또는 신체 피로 정도에 자세 요소 이외에 다른 요소들이 함께 작용한다는 것을 의미한다. 본 실험을 통해서 두 가지 가능성 중 어느 것이 맞는지 확인하기에는 어려우나 추후에 EMG 신호 분석을 통한 근육 피로도 측정 등을 통해 확인할 수 있을 것이다.

5. Conclusion

본 연구에서는 동적자세 분석프로그램 (Anglometer)을 이용하여 목, 어깨, 팔꿈치, 허리, 손목의 다섯 가지 부위의 굴곡을 기반으로 자세를 군집 분석하여 대표적인 자세를 도출하였고, 신체적 특성과 사용행태 등에 따른 영향을 관찰할 수 있었다. 그 결과, 어깨와 팔꿈치의 굴곡이 모든 환경 변수에 영향을 받는 것을 관찰할 수 있었다. 주관적인 피로도와의 관계에서는 상관관계가 발견되지 않아, 주관적인 측정값은 각도가 아닌, 다른 요인에 의해 영향을 받는 것을 추측할 수 있었다. 따라서, 향후 관련 연구에서는 스마트기기로 인한 육체 피로도를

측정시 주관적 요소를 정량화하여 측정하는 방안에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. Reference

- [1] 방송통신위원회, 유무선 통신서비스 가입자 현황, 2012.
- [2] 한국인터넷진흥원, 2012년 무선인터넷 이용실태조사 요약보고서.
- [3] 방송통신위원회, 2012년 하반기 스마트폰 이용실태조사 요약 보고서.
- [4] Kim YG, Kang MH, Kim JW, et al. Influence of the duration of smartphone usage on flexion angles of the cervical and lumbar spine and on re position error in the cervical spine, *Physic Therapy Kor*, 2013;20(1) :10-17.
- [5] <http://www.aota.org/Consumers/consumers/Health-and-Wellness/Smart-Phones.aspx?FT=.pdf>
- [6] 이수영, 농작업 종사자의 근골격계질환 실태와 대책에 관한 연구, 충주대학교 산업대학원 석사학위논문, 2004.
- [7] Greig AM, Straker LM, Briggs AM, Cervical erector spine and upper trapezius muscle activity in children using different information technologies, *physiotherapy*, 2005; 91(2):119-126.
- [8] Straker LM, Coleman J, Skoss R, et al. A comparison of posture and muscle activity during tabler computer, desktop computer and paper use by young children. *Ergonomics*. 2008;51(4):540-555.
- [9] 최광수, 박재규, 정의승, 최재호, 손목 자세와 외부 부하에 따른 손목 불편도 모델링, 제 24권 3호, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, pp11-27, 2005.
- [10] Gwanseob Shin, Xinhui Zhu, User discomfort, work posture and muscle activity while using a touchscreen in a desktop PC setting, Vol.54, No.8, *Ergonomics*, pp733-744, 2011.
- [11] 권오채, 윤명환, Evaluation of manual workload in repetitive wrist and finger motion, 제 18권 2호,

- Journal of the Ergonomics Society of Korea,
pp103-120.
- [12] Bhatnager, V., Drury, C. G., & Schiro, S. G. (1985). Posture, postural discomfort, and performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 27(2), 189-199.
- [13] Karwowski, W., Eberts, R., Salvendy, G., & Noland, S. (1994). The effects of computer interface design on human postural dynamics. *Ergonomics*, 37(4), 703-724.
- [14] Liao, M. H., & Drury, C. G. (2000). Posture, discomfort and performance in a VDT task. *Ergonomics*, 43(3), 345-359.
- [15] Grandjean, E., Hünting, W., & Nishiyama, K. (1984). Preferred VDT workstation settings, body posture and physical impairments. *Applied ergonomics*, 15(2), 99-104.
- [16] Maeda, K. (1977). Occupational cervicobrachial disorder and its causative factors. *Journal of Human Ergology*, 6(2), 193.
- [17] Hünting, W., & GRANDJEAN, T. L. E. (1981). Postural and visual loads at VDT workplaces I. Constrained postures. *Ergonomics*, 24(12), 917-931.