

스마트폰 사용 자세에 따른 운동역학적 변인 분석

김동수¹·채원식²

¹경북대학교 대학원 체육학과² 경북대학교 사범대학 체육교육과

Biomechanical Analysis of a Smartphone Task with Different Postures

Dong-Soo Kim¹·Woen-Sik Chae²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Kyungpook National University, Daegu, Korea

²Department of Physical Education, College of Education, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Received 30 April 2012; Received in revised form 25 May 2012; Accepted 11 June 2012

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine how smartphone use posture affects biomechanical variables and muscle activities. Eleven university students(age: 22.2±2.6 yrs, height: 176.6±4.7 cm, weight: 69.5±7.5 kg) who have no musculoskeletal disorder were recruited as the subject according to having experience in using the smartphone for more than one year. Angular velocity, muscle activity, and thumb finger pressure were determined for each trial. For each dependent variable, a one-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures was performed to test if significant difference existed among different three conditions ($p<.05$). The result showed that rotational angular velocity of the first metacarpal were increased in DESK posture compared with STAND posture during SU phase. The average nEMG values of FDI(First dorsal interosseous) were less in SIT and DESK posture compared with STAND posture during SR phase. These indicated that smartphone postures may effect the thumb ROM(Range of motion) and muscle activity. This has led to suggestions of the need for further kinetic and EMG analyses to evaluate best assess and characterize with smartphone use.

Keywords : Smartphone, Kinematic, Kinetic, Electromyography, Thumb, Stress, Strain

I. 서 론

스마트폰(Smart Phone)은 휴대전화에 인터넷 통신과 정보검색 등 컴퓨터기능 지원뿐만 아니라, DMB(Digital Multimedia Broadcasting)기능으로 언제 어디서나 TV방송을 시청이 가능하고, 카메라, 게임, 멀티미디어 기능 등 사용자가 원하는 애플리케이션을 설치하여 사용할 수 있다(Bae & Jeong, 2008). 스마트폰은 2009년 국내 첫 출시 이후 폭발적인 인기를 얻고 있으며,

경제, 사회, 문화 전반에 걸친 다양한 부분에 있어 편리함을 더해주고 있다. 2010년 기준으로 국내 스마트폰 사용자는 약 710만 명으로 추산되며, 2011년에는 약 1500만 명으로 증가될 것으로 예상되고 있다(MK Business, 2010). 최근 이러한 스마트폰의 보급이 수업시간 시 청소년의 핸드라이팅에 의해 발생될 수 있는 손목터널증후군을 스마트폰 사용을 통해 방지할 수 있다고 하였다. 또한, SMS(Short Message Service)나 스마트폰 게임 시 작은 키패드를 활성화시키기 위해 다양하고 섬세한 손가락의 조작이 이루어지며 이를 통해 미세한 손가락 근육을 강화시킬 수 있다고 보고하였다(Cnet News, 2010). 하지만 스마트폰으로 문자, 채팅, 게임 등을 지나치게 즐기게 되면 손목과 손가락에 과도한 스트레스가 발생될 수 있다. 손목과 손가락의 과도한 사용은 팔에서 손으로 가는 신경이 손목 인대에 눌려 저리거나 감각의 민감성이 떨어질 수 있으며, 상태가 심해지면 어깨와 목까지 통증이 이어질 수 있다

2011년 한국운동역학회 국제학술대회에서 발표된 논문임.

Corresponding Author : Woen-Sik Chae

Department of Physical Education, College of Education, Kyungpook National University, 1370 Sangyeok-dong, Buk-gu, Daegu, Korea

Tel : +82-53-950-5932 / Fax : +82-53-955-4235

E-mail : wschae@knu.ac.kr

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-327-G00136).

(Hankookilbo, 2011). 선행연구(Fontana, Neel, Claise, Ughetto & Catilina, 2007; Ming, Pietikainen & Hanninen, 2006; Moore, 1997)에 따르면 손과 엄지손가락에 반복적, 고정적, 그리고 과도적인 작업은 심한 통증과 불편함을 야기할 뿐만 아니라, 수행력의 감소와 질병을 유발한다고 보고하고 있다.

특히, 이러한 반복적 스트레스에서 비롯된 기능저하는 엄지손가락과 수근중수관절(Carpometacarpal; CMC), 지절간관절(Interphalangeal joint; IP)질환의 유발요인이 된다(Jonsson et al., 2011). Nigg와 Bobbert (1990)는 강한 스트레스가 관절에 지속적으로 작용하게 되면 신체 상해를 유발할 수 있는데 이를 방지하기 위해서는 인체 근골격계에 작용되는 충격력과 관절회전력이 적절하게 조절되어야 한다고 보고하였다. 그러나 스마트폰의 자세와 움직임이 인체에 물리적으로 미치는 영향에 대한 연구는 손목관절의 운동학적 비교분석에만 국한되어있는 실정이며, 엄지손가락의 지절간관절과 수근중수관절에 생체 역학적으로 미치는 영향에 대한 연구는 전무한 실정이다. 또한, 전자 고니오미터를 이용한 엄지손가락의 운동학적 분석(Jonsson, Johnson & Hagberg, 2007)은 이루어져왔지만, 3차원 동작분석을 통한 스마트폰 사용 시 엄지손가락 분절의 움직임에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

더불어 스마트폰을 사용함에 있어서 어떠한 자세가 근골격계에 미치는 위험성을 최소화할 수 있는지에 대한 연구 또한 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기에서 벗어나 스마트폰 사용 형태가 엄지손가락의 근활성도 및 운동역학적 변인에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

본 연구를 통해 현대인의 생활필수품으로 여겨지고 있는 스마트폰의 과도한 사용이 상지 근골격계에 미치는 영향에 대해서 밝혀낼 수 있을 것으로 생각된다. 이를 통해 적절한 스마트폰의 사용방법과 올바른 사용 자세에 대한 정량적이고 객관적인 자료를 제시할 수 있을 것이다.

또한 본 연구의 결과는 손목터널증후군 예방 및 관련 보정 기구의 개발을 위한 기초 자료로써 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구에서는 스마트폰 사용경력 1년 이상의 오른손을 사용하는 K대학교 남학생 11명을 피험자로 선정하였으며, 피험자는 실험에 앞서 피로를 유발 시킬 수 있는 강도 높은 신체 활동은 실험 4주 전부터 금지하였다.

이들의 평균 연령은 22.2±2.6 yrs, 신장은 176.6±4.7 cm, 체중은 69.5±7.5 kg이다.

2. 실험 장비

엄지손가락의 운동학적 변인 산출을 위해 두 대의 고감도 카메라(Motion Master100, Visol Inc, Korea)를 설치하였고, 촬영 속도는 200 frames/s, 셔터 속도는 1/1000 sec로 설정하였다. 근활성도 측정을 위해 근전도기기(QEMG8, Laxtha Inc. Korea, sampling frequency = 1024 Hz, gain = 1,000, input impedance > 10¹² Ω, CMRR > 100 dB)를 설치하였다. 피험자의 손가락에서 발현되는 압력을 측정하기 위해 손가락 압력 측정기(40 Hz, Wireless Finger TPS system, Pressure Profile Systems, Inc. USA)를 사용하였고, 이를 통해 스마트폰(IM-A760S, Pantech Inc. Korea) 사용 자세에 따른 피험자의 엄지손가락 압력을 측정하였다. 전체 실험장비의 배치는 아래의 그림과 같다<Figure 1>.

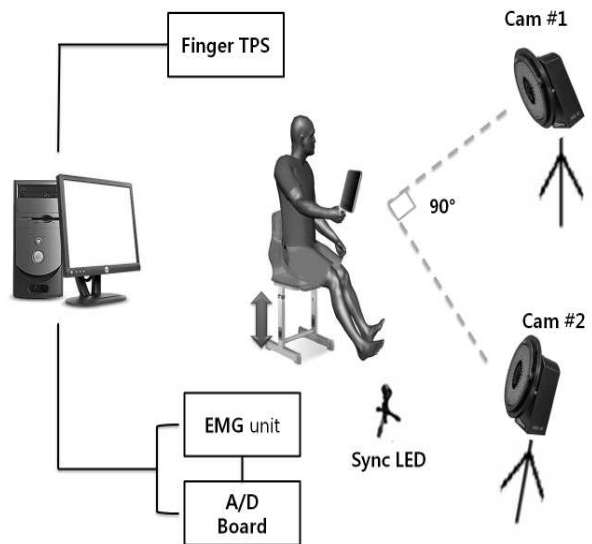


Figure 1. Experimental setup

3. 실험 절차

실험의 대상자들은 실험 전 마틴식 인체 분절 계측기(Martin co., Japan)로 앉은오금높이와 앉은팔꿈치 높이를 인체측정방법(KS A 7004)에 따라 측정 후 각 피험자의 앉은오금높이와 앉은팔꿈치 높이와 동일하게 책상과 의자의 높이를 조절하였다(Park, Kim, & Kim, 1995). 피험자는 사용형태가 Sit 자세 때는 높낮이가 조절된 의자에 편안히 앉아 대퇴 위에 전완이 자연스럽게 놓이도록 하였고, Desk 자세는 팔꿈치를 어깨넓이 만큼 벌려 전완이 완전히 책상 위에 놓이도록 하였으며, Stand 자세는 일어난 상태에서 상완을 자연스럽게 몸통에 부착시켰다. 실험간 인체 관절 중심의 좌표화를 위해 직경 0.5 cm의 반사마커를 오른손 엄지손가락의 중수골 근위점, 기절골 근위점, 말절골의 근위점과 원위점에 부착하였다.

본 연구에서는 휴대폰 문자 작성시 가장 빈번하게 사용되는

$$\theta_{Inc} = \tan^{-1} \frac{(z_{i+1} - z_i)}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} \quad \text{근육의}$$

근활성도 측정을 위해 4쌍의 표면 전극을 무지내전근(Abductor pollicis; AP), 제 1 배측 골간근(First dorsal interosseous; FDI), 장 무지 신근(Extensor pollicis longus; EPL), 승모근(Upper Trapezius; UT)에 부착하였다(Mathiassen et al., 1995; Perotto & Delagi, 1994). 표면전극 부착위치와 표준화를 위한 최대정적수축방법은 <Table 1>과 같다(Cram & Kasman, 1997). 매 동작마다 스마트폰은 오른손으로 파지하게 하여 흉골의 검상돌기(solar plexus) 전방에 위치하도록 요구하였다. 본 연구의 수행과제는 엄지손가락을 이용하여 파지한 스마트폰의 왼쪽지점으로부터 오른쪽 지점까지 슬라이딩(Sliding) 후, 다시 오른쪽지점에서 반대편으로 슬라이딩 하고, 스마트폰의 위쪽지점에 아래지점까지 슬라이딩 후, 다시 아래지점에서 반대편으로 슬라이딩하였고, 마지막으로 스마트폰의 가운데 지점에 두 번 탭핑(Tapping) 하도록 설정하였다. 이때, 손목의 각도는 neutral position을 유지하게 하였고, 메트로놈을 사용하여(2 beats/sec) 수행과제의 속도를 동일하게 통제하였다.

Table 1. Electrode placements

Muscle	Electrode placement	Maximum Isometric contraction
Abductor pollicis(AP)	Center of the largest mound of the thenar eminence, running in the same direction as the thumb	Abduction of the thumb
First dorsal interosseous (FDI)	The dorsal surface of the hand in the web space between the index finger and the thumb	Adduction of the thumb
Extensor pollicis longus (EPL)	Three quarters of the distance between the elbow and the wrist while patients extend their fingers	Extension of the thumb
Upper trapezius (UT)	Along the ridge of the shoulder, lateral to and one half the distance between the cervical spine at C-7 and the acromion	Elevation of the scapula

4. 자료 분석

1) 주요 국면 및 구간설정

자료 분석을 위하여 영상 분석을 통해 10개의 주요 이벤트 및 5개의 구간을 <Figure 2>와 같이 설정하였다.

2) 운동학적 변인 산출

Kwon3D program ver 3.10을 사용하여 3차원 동작 분석을 실시하였으며, 각 마커에서 얻어진 2차원 좌표값은 Direct Linear Transformation(Abdel-Aziz & Karara, 1971) 방식을 사용하여 3차원 공간 좌표값을 산출하였다.

영상 좌표화 과정에서 발생하는 노이즈를 최소화하기 위해 2차 Butterworth low-pass digital filter를 사용하였으며, 이때 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

엄지의 각 분절과 전역좌표계상의 수평면이 이루는 기울기각(Inclination angle)과 수직축에 대한 수평면상의 회전각(Rotation angle)은 다음의 공식에 따라 산출하였다.

θ_{Inc} : 각 분절과 전역좌표계상의 수평면이 이루는 기울기각
 $x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1}$: 특정분절의 원위점의 위치좌표
 x_i, y_i, z_i : 특정분절의 근위점의 위치좌표

$$\theta_{Rot} = \cos^{-1} \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|}$$

θ_{Rot} : 수직축에 대한 각 분절과 전역좌표계상의 x축이 이루는 회전각

a : 분절의 위치벡터
b : 전역좌표계상의 x축

각속도는 각변위 자료를 사용하여 아래에 제시한 유한 차이를 통해 산출하였다(Wood, 1982).

$$\omega = \frac{\theta_{i+1} - \theta_{i-1}}{2\Delta t}$$

ω 는 특정 순간의 각속도, θ_i 는 특정 순간의 관절각을 나타낸다.

3) 근활성도 분석

근전도 데이터는 350 Hz의 저역 통과 필터링을 실시한 후 10 Hz의 고역 통과 필터링을 실시하였다.

근전도 데이터는 전과정류 처리를 하며 최대 정적 수축 근전도치에 대하여 아래의 공식을 사용하여 표준화하였다.

각 피험자와 각 조건에 따라 구간별 최대 근전도치와 평균 근전도치를 계산하였다.

$$nEMG = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{max}}$$

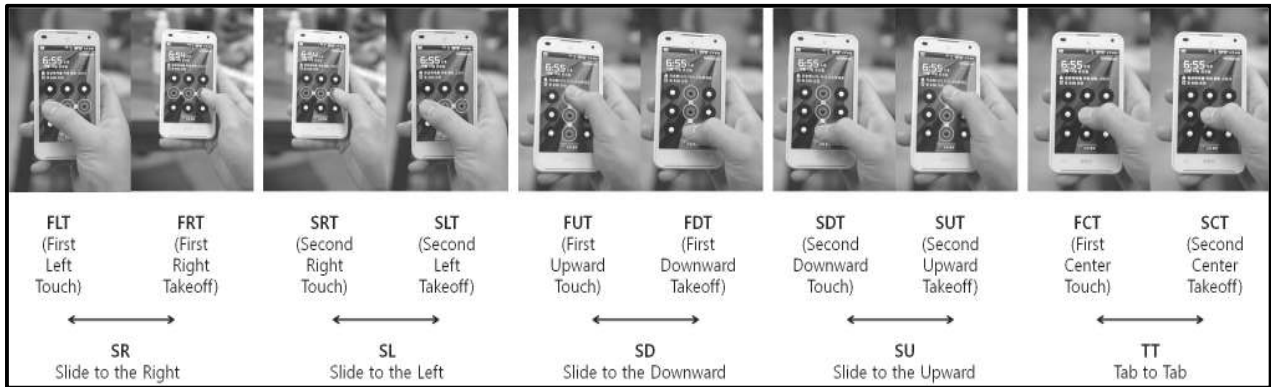


Figure 2. Events & phases

EMGraw는 정류화하고 필터처리된 실제 운동시의 근전도치이며, EMGmax는 최대 정적 수축 시 발생되어진 최대 근전도치를 의미한다.

4) 손가락 압력 측정 분석

도출된 압력측정 자료는 Chameleon program (ver. 2011)을 이용하여 구간별 평균 및 최대 압력치를 계산하였다.

$$C \propto \frac{Area}{d}$$

C : 압력량

d : 두 센서 사이의 거리

Area : 면적

5. 통계 처리

통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS 18.0을 이용하였으며, 반복측정을 통한 일원분산분석(One-way analysis of variance (ANOVA)with repeated measure)을 실시하여 스마트폰 사용형태에 따른 생체역학적 변인들의 유의차를 검증하였다. 통계적 유의성을 알아보기 위해 유의성 수준 $p < .05$ 에서 검증하였다.

III 결 과

1. 각분절의 각속도

기절골의 기울기각 각속도는 Desk자세가 Stand자세와 SR, SU에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다<Table 2>. 중절골의 회전 각속도는 SU에서 Desk자세와 Stand자세간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다<Table 3>.

Table 2. The inclinational angular velocity of the proximal phalanx (unit: deg/sec)

	Sit	Desk	Stand
SR	-6.5(26.0)	4.1 δ (22.0)	-15.5 δ (29.8)
SL	-3.7(18.5)	-15.1(27.5)	-1.5(16.4)
SD	39.5(27.1)	39.0(26.2)	45.3(25.8)
SU	-44.0(26.6)	-58.7 δ (25.3)	-38.1 δ (19.1)
TT	-1.1(11.7)	-0.1(8.4)	-2.4(11.1)

Note. *significant difference between Sit and Desk, δ significant difference between Sit and Stand, δ significant difference between Desk and Stand

Table 3. The rotational angular velocity of the first metacarpal (unit: deg/sec)

	Sit	Desk	Stand
SR	15.4(25.7)	15.1(29.1)	19.2(26.2)
SL	-4.7(12.8)	-14.6(17.9)	-14.4(20.1)
SD	43.8(22.7)	44.6(24.4)	53.5(19.1)
SU	-40.0(19.9)	-59.8 δ (20.5)	-37.3 δ (28.9)
TT	-1.6(15.0)	-0.7(13.7)	-3.6(6.6)

Note. *significant difference between Sit and Desk, δ significant difference between Sit and Stand, δ significant difference between Desk and Stand

Table 4. Average normalized EMG during the SR (unit: %MVIC)

	AP	EPL	FDI	UT
Sit	0.6(0.5)	0.5(0.4)	0.2 δ (0.1)	0.1(0.1)
Desk	0.6(0.5)	0.4(0.3)	0.1 δ (0.1)	0.1(0.1)
Stand	0.5(0.5)	0.4(0.3)	0.3 δ δ (0.1)	0.1(0.1)

Note. *significant difference between Sit and Desk, δ significant difference between Sit and Stand, δ significant difference between Desk and Stand

Table 5. Maximum normalized EMG during the TT (unit: %MVIC)

	AP	EPL	FDI	UT
Sit	5.8(9.3)	2.1(1.7)	0.7(0.4)	0.1 δ (0.1)
Desk	6.6(7.4)	3.8(5.9)	1.0(1.1)	0.2(0.3)
Stand	6.7(6.9)	2.5(2.4)	0.9(0.6)	0.3 δ (0.3)

Note. *significant difference between Sit and Desk,
 δ significant difference between Sit and Stand,
 $\#$ significant difference between Desk and Stand

3. 엄지손가락 압력

SD, SU, TT구간의 최대 압력을 제외한 나머지 구간에서 Desk 자세의 엄지손가락 평균압력과 최대 압력이 Sit자세와 Stand자세보다 다소 높은 압력을 보였지만 통계적 유의차는 나타나지 않았다(Table 6, 7).

Table 6. Average thumb pressure (unit: N/cm²)

	Sit	Desk	Stand
SR	23.5(13.7)	29.4(12.6)	22.5(10.8)
SL	17.6(10.8)	27.4(4.5)	23.5(12.7)
SD	19.6(1.8)	23.5(8.4)	17.6(9.8)
SU	18.6(2.8)	25.5(5.5)	16.7(6.8)
TT	15.7(4.7)	23.5(5.3)	9.8(1.8)

Table 7. Maximum thumb pressure (unit: N/cm²)

	Sit	Desk	Stand
SR	35.3(15.7)	36.3(11.8)	36.3(10.7)
SL	32.3(13.7)	34.3(6.4)	33.3(11.3)
SD	33.3(13.7)	26.5(5.7)	33.3(2.8)
SU	29.4(12.6)	26.5(4.7)	32.3(5.7)
TT	27.4(12.4)	21.6(6.7)	20.6(3.5)

IV. 논 의

엄지손가락 각 분절의 기울기각 각속도를 살펴보면, 기절골이 SR구간에서는 Sit자세가 Desk자세보다 통계적으로 유의하게 빠르게 나타났고, SU구간에서는 Desk자세가 Stand자세보다 통계적으로 유의하게 빠르게 나타났다. Shaw와 Morris(1992)는 기절골의 움직임을 담당하는 MCP관절은 단지 1°의 자유도만이

허용되어 전두면 내에서의 굴곡과 신전만 일어나며, CMC관절의 외전 및 내전에 관해 매우 제한적이라고 보고하였다.

SR에서의 MCP관절은 CMC관절이 외전된 상태에서 내전하여 중립위치로 돌아오는 과정에서 일직선상의 슬라이드과제를 수행하기 위해 단순히 굴곡과 신전으로 거리를 조절하는 역할을 한 것으로 사료된다. 반면 SU에서는 CMC관절의 최대굴곡의 한계를 극복하고 본 연구의 과제를 수행하기 위하여 MCP관절에서 최대굴곡과 최대신전이 일어난 것으로 판단된다. 이는 Desk자세에서의 모든 손가락 분절의 관절가동범위(Range of Motion; ROM)가 Stand자세의 ROM보다 큰 것으로 사료된다.

전완의 지지가 안정적으로 이루어져 스마트폰 과사용에 대한 부담이 비교적 낮은 Sit, Desk 자세에서의 수행과 비교했을 때, 선 자세에서의 과제수행은 스마트폰의 과사용과 더불어 과제수행의 동시적 부담으로 인해 손목과 손의 가동성이 떨어지는 것으로 사료된다. 따라서 직선형태의 슬라이드를 하기 위해 굴곡과 신전 동작을 자연스럽게 수행하지 못하고 말절골을 세워 터치(touch)하는 전략을 취한 것으로 판단된다. 엄지손가락 각분절의 회전 각속도는 SU구간의 말절골과 중절골에서 Sit, Desk자세가 Stand자세에 비해 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 따라서 엄지손가락 분절의 ROM이 Stand자세일 때 보다 Sit, Desk자세일 때 큰 것으로 판단된다. Pascarelli와 Kella(1993)는 전완의 지지면적이 넓고 안정적인 수목 손과 손목의 가동성을 향상시키며, 손목터널증후군(Carpal tunnel syndrome)과 같은 누적외상병(Cumulative trauma disorders) 유발 기능성은 감소시킨다고 보고하였다. 따라서, Sit과 Desk자세를 취할 때에는 전완이 안정적으로 지지되어 손목과 손의 가동성이 높아져 보다 편안히 슬라이드 동작을 수행한 것으로 사료된다.

근전도 결과를 살펴보면 기존의 선행연구와는 다소 상이한 결과가 나타났다. Hansson et al.(2009)은 EPL의 근활성도가 CMC관절 및 손목의 굴곡 신전 각속도와 높은 교차상관관계를 나타낸다고 보고하였다. 하지만, 본 연구의 결과에서는 모든 구간에서 EPL의 적분근전도치가 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. van Oudenaarde et al.(1995)의 연구에 따르면, EPL은 엄지의 CMC관절과 손목을 안정화시키는 역할을 주로 한다고 보고하였다. 따라서 EPL은 엄지손가락의 신전근이지만 주로 손목과 CMC관절을 안정화시키는 역할을 하고 엄지손가락의 신전에는 직접적인 기여를 하지 않은 것으로 사료된다.

Jonsson과 Johnson(2001)은 문자메시지 작성 시 엄지손가락의 움직임과 근활성도를 비교분석한 연구에서 엄지손가락 내전근인 FDI의 근활성도가 문자메시지 작성 시에는 미미하다고 보고하였다. Gustafsson, Johnson과 Hagberg(2008)는 모바일폰 사용 시 발생되어지는 엄지의 자세와 신체적 위치가 성인의 근 골격계 증상에 미치는 영향을 비교 분석한 연구에서 한손으로 전화를 할 때 문자 메시지(SMS)작성 시 보다 FDI의 근활성도가 증가하였다고 보고하였다.

본 연구의 결과, SR에서 Sit, Desk가 Stand자세와 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 본 연구 과제의 수행 형태가 선행연구의 문자메시지 작성 형태와 유사하지만, 양손으로 스마트폰을 파지한 선행연구와는 달리 한손으로 스마트폰을 파지하여 위치를 유지한 것이 FDI의 근활성도가 증가되어진 원인으로 사료된다. 또한 과제의 수행이 일반 문자메시지(SMS) 작성에 필요한 탭형태와 다른 슬라이드 방식 때문인 것으로 판단된다. Gustafsson et al.(2008)은 모바일폰으로 문자메시지 작성 시 앉은 자세보다 Stand자세에서 FDI와 UT의 근활성도가 크게 나타났다고 보고하였다. 이와 마찬가지로 본 연구의 결과도 TT 구간에서 Sit자세에 비해 Stand자세 시 UT의 최대 근전도치가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

이는 컴퓨터와 마우스의 사용 시 전완의 지지유무가 어깨의 근활성도를 감소시킨다는 선행연구(Aaras et al., 1998; Aaras et al., 2001; Cook, Burgess-Limerick & Papalia, 2004) 결과와 같이 전완의 지지가 불안정한 Stand 자세에서 FDI와 UT의 근육활동이 증가되어졌기 때문이라 판단된다. 따라서 스마트폰 사용 시 안정적인 전완의 지지는 근육의 활동 감소와 동시에 손목과 손의 가동성을 높이는 최적의 동작 수행을 가능하게 할 것이라 사료된다. 마지막으로 스마트폰 사용형태에 따른 엄지손가락의 평균압력(Average pressure)과 최대압력(Peak pressure)을 분석한 결과, 모든 구간에서 Desk자세와 Stand자세에 비해 Sit자세의 압력이 다소 높게 나타났지만, 통계적인 유의차는 나타나지 않았다.

Amis(1987)는 물체를 안정적으로 파지하기 위해서는 적어도 두 개 이상의 손가락 분절이 동시에 작용해야만 가능하다고 보고하였다. Hall(1997)은 물체나 도구의 파지 시 발생하는 손가락 압력의 차이를 비교 분석한 연구에서 연필처럼 두께가 얇은 물체를 잡을 때(Pinch) 엄지와 검지에 작용하는 압력이 유의하게 증가된다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 이러한 선행연구의 수행처럼 스마트폰을 잡는(grip) 동작을 취한 것이 아니라 엄지를 제외한 나머지 손가락위에 스마트폰을 위치시켜 엄지만을 사용하여 과제를 수행하였기 때문에 통계적 유의차가 나타나지 않은 것으로 판단되어진다. 즉, 피험자들은 스마트폰의 표면을 터치하거나 슬라이딩하기 위해 요구되는 최소한의 압력만을 발생시켜 전반적인 엄지의 압력치가 낮게 발생된 것으로 사료된다. 따라서 스마트폰의 슬라이드(Slide)동작과 탭(Tab)동작을 어떠한 자세에서 사용하더라도 손가락에 작용되는 압력의 변화는 미비할 것으로 판단되어진다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 3차원 영상 분석, 근전도 분석, 손가락 압

력측정기기를 활용한 엄지손가락 압력을 비교분석하여 스마트폰 사용자의 사용형태에 따라 변화되는 생체역학적 변인을 검증하는데 있다. 본 연구를 수행한 결과 스마트폰의 사용형태가 엄지손가락 관절의 가동성과 손목과 상지근육의 활동정도에 직·간접적인 영향을 미치며, 스마트폰 사용 시 전완의 지지가 근육의 활동 감소와 손목과 손의 가동성을 높여 안정적인 동작 수행에 효과적인 방법으로 생각된다. 본 연구를 통해 손목터널 증후군을 유발할 수 있는 스마트폰 사용 동작 및 형태에 대한 정량적 자료를 제시할 수 있을 것이며, 생체역학적 관점에서 손목터널증후군 예방을 위한 올바른 스마트폰 사용동작 및 방법을 제시할 수 있을 것이다. 궁극적으로 본 연구자료를 기반으로 손목터널증후군 예방을 위한 스마트폰 전용 휴대용 거치대 개발에 본 자료가 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Aaras, A., Horgen, G., Bjorset, H. H., Ro, O., & Thoresen, M.(1998). Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. *Applied Ergonomics*, 29(5), 335-354.
- Aaras, A., Horgen, G., Bjorset, H. H., Ro, O., & Walsoe, H.(2001). Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. A 6 years prospective study-Part II. *Applied Ergonomics*, 32(6), 559-571.
- Abdel-Aziz, Y., & Karara, H. M.(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close range photogrammetry. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.
- Amis, A. A.(1987). Variation of finger forces in maximal isometric grasp tests on a range of cylinder diameters. *Journal of Biomedical Engineering Research*, 9(4), 313-320.
- Bae, J. K., & Jeong, H. M.(2008). An empirical study on the determinants factors by including functional attributes of smart phone adoption. *The E-Business Studies*, 9(4), 337-361.
- Cnet News(2010). *Teen gets carpal tunnel from texting, wants iPhone*. Retrieved March 20, 2010 from http://news.cnet.com/8301-17852_3-10469723-71.html.
- Cook, C., Burgess-Limerick, R., & Papalia, S.(2004). The effect of wrist rests and forearm support during keyboard and mouse use. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(5), 463-472.

- Cram, J. R., & Kasman, G. S.(1998). *Introduction to surface electromyography*. Alexandria: Aspen Publications.
- Fontana, L., Neel, S., Claise, J. M., Ughetto, S., & Catilina, P.(2007). Osteoarthritis of the thumb carpometacarpal joint in women and occupational risk factors: a case-control study. *Journal of Hand Surgery*, 32(4), 459-465.
- Gustafsson, E., Johnson, P. W., & Hagberg, M.(2008). Thumb postures and physical loads during mobile phone use - a comparison of young adults with and without musculoskeletal symptoms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(1), 127-135.
- Hall, C.(1997). External pressure at the hand during object handling and work with tools. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(3), 191-206.
- Hankookilbo(2011). *Dangerously smart?* Retrieved February 7, 2011 from <http://sports.hankooki.com/lpage/life/201102/sp20110207135439109540.htm>.
- Hansson, G. A., Balogh, I., Ohlsson, K., Granqvist, L., Nordander, C., & Arvidsson, I.(2009). Physical workload in various types of work: Part I. Wrist and forearm. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 221-233.
- Jonsson, P., & Johnson, P. W.(2001). Comparison of measurement accuracy between two types of wrist goniometer systems. *Applied Ergonomics*, 32(6), 599-607.
- Jonsson, P., Johnson, P. W., & Hagberg, M.(2007). Accuracy and feasibility of using an electrogoniometer for measuring simple thumb movements. *Ergonomics*, 50(5), 647-659.
- Jonsson, P., Johnson, P. W., Hagberg, M., & Forsman, M.(2011). Thumb joint movement and muscular activity during mobile phone texting - A methodological study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 363-370.
- Mathiassen, S. E., Winkel, J., & Hagg, G. M.(1995). Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 5(4), 197-226.
- Ming, Z., Pietikainen, S., & Hanninen, O.(2006). Excessive texting in pathophysiology of first carpometacarpal joint arthritis. *Pathophysiology*, 13(4), 269-270.
- MK Business(2010). *In 2011, the smartphone ownership rates in South Korea*. Retrieved October 11, 2010 from <http://news.mk.co.kr/v3/view.php?year=2010&no=549160>.
- Moore, J. S.(1997). De Quervain's tenosynovitis. Stenosing tenosynovitis of the first dorsal compartment. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 39(10), 990-1002.
- Nigg, B. M., & Bobbert, M.(1990). On the potential of various approaches in load analysis to reduce the frequency of sports injuries. *Journal of Biomechanics*, 23(1), 3-12.
- Park, S. C., Kim, J. H., & Kim C. J.(1995). A study on preferred height and range of discomfort recognition for designing educational desks and chairs. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 14(2), 41-50.
- Pascarelli, E. F., & Kella, J. J.(1993). Soft-tissue injuries related to use of the computer keyboard: A clinical study of 53 severely injured persons. *Journal of Occupational Medicine*, 35, 522-532.
- Perotto, A., & Delagi, E. F.(1994). *Anatomical guide for the electromyographer : the limbs and trunk*(3rded.). Springfield, Ill., USA: Charles C. Thomas.
- Shaw, S. J., & Morris, M. A.(1992). The range of motion of the metacarpo-phalangeal joint of the thumb and its relationship to injury. *Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 17(2), 164-166.
- van Oudenaarde, E., Elvers, J. W., Gielen, C. C., Kauer, J. M., Oostendorp, R. A., & van der Straaten, J. H.(1995). Differences and similarities in electrical muscle activity for the abductor pollicis longus muscle divisions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 5(1), 57-64.
- Wood, G.(1982). *Data smoothing and differentiation procedures in biomechanics*. In R. L. Terjung (Eds.), *Exercise and Sport Sciences Reviews*; Vol. 10, 308-362. Lexington, MA: D.C. Health and Company.