

휴대전화 파지방법이 엄지손가락의 운동학적 변인과 근활성도에 미치는 영향

김동수¹ · 채원식² · 정재후¹ · 이행섭¹

¹경북대학교 대학원 체육학과, ²경북대학교 사범대학 체육교육과

The Effect of Smartphone Holding Techniques on Kinematic Variables and Muscle Activities in the Thumb during Tapping Numbers

Dong-Soo Kim¹ · Woen-Sik Chae² · Jae-Hu Jung¹ · Haeng-Seob Lee¹

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 2 August 2014; Received in revised form 14 September 2014; Accepted 16 September 2014

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine whether there are significant differences in kinematic variables and muscle activities of the thumb between two smartphone holding techniques. Twelve right handed university students(age 25.4±3.9 yrs, height 176.2±5.1 cm, weight 75.8±11.4 kg, hand length 19.2±1.1 cm) who have no musculoskeletal disorder were recruited as the subjects and had experience in using a smartphone for more than one year. Maximum joint angle, angular velocity, muscular activities were determined for each trial. For each dependent variable, paired *t*-test was used to determine whether there were significant differences between one hand (OH) and two hands ([TH], $p < .05$). The results of this study showed that there were no significant differences between OH and TH in the maximum joint angle of the thumb. The angular velocity of each joint was not statistically significant between OH and TH. The statistical analysis revealed that the main effect of the smartphone holding conditions was significant in the peak normalized muscular activities of FDI and APL. Although smartphone holding technique doesn't affect on mobility and movement of the thumb joint, it may affect on active degree of the thumb and the upper extremity in directly and indirectly.

Keywords : Smart Phone, Tapping, Kinematics, Muscle Activities

I. 서 론

스마트폰, PDA, 테블릿PC 등과 같은 커뮤니케이션을 위한 소형기기(Small hand-held devices for communication)의 이용자는 최근 기하급수적으로 늘어나고 있다. 이러한 정

보통신 기기들 중 2009년 스마트폰의 등장은 국내 이동통신 시장에 새로운 패러다임을 제시하였다. 첨단 신기술이 적용된 스마트폰의 보급은 휴대기기의 사용패턴에도 많은 변화를 가져왔으며, 스마트폰의 텍스트 메시지 활용율은 전체사용자의 83%, 게임이 56%에 해당될 정도로 증가하였다(Marketing Insight, 2012). 또한, 문자메세지 전송 소요 경비의 축소 및 카카오톡(kakao talk (주)카카오, Korea)을 비롯한 무료 스마트폰 메신저의 개발로 텍스트 메세징(Text messaging) 이용자는 지속적으로 늘어나고 있다(Lee, 2011).

휴대전화를 이용하여 메시지 작성(texting)을 하는 방법은 크게 한 손 조작(one-handed interaction)과 두 손 조

이 논문은 2011년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2011-327-G00136).

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

작(two-handed interaction)으로 나눌 수 있으며, 일반적으로 휴대전화 사용자들은 두 손 조작 보다는 한 손 조작을 선호한다(Karlson, Bederson & Contreras-Vidal, 2007). 이러한 한 손 조작은 다른 한 손을 자유롭게 하여 두 가지 일을 동시에 가능케 하는 장점이 있는 반면(Karlson & Bederson, 2007), 휴대전화의 무게에 의한 특정 근골격계의 부하 증가와 수행력 감소를 유발시킨다(Park & Han, 2010).

Kim (1997)은 사용도구의 무게가 증가할수록 손의 최대 허용가능빈도(maximum acceptable frequency)는 감소하고 피로도는 증가한다고 보고하였다. 또한, 손과 손가락의 반복적 사용과 과중한 작업수행은 손과 손가락의 불편감, 통증, 수행력 감소를 유발한다(Fontana, Neel, Claise, Ughetto, & Catilina, 2007; Ming, Pietikainen, & Hanninen, 2006; Moore, 1997). Berolo, Wells와 Amick (2011)은 스마트폰 사용자들이 하루 평균 3.5시간을 메시지 작성(texting), 이메일작성(emailing)과 인터넷 검색(internet browsing)에 사용하며, 장시간의 스마트폰 사용이 엄지손가락 부위 통증유발에 원인이 된다고 보고하였다. Jossen, Johnson과 Hagberg (2007)은 정보통신기술(Information and Communication Technology [ICT])기기 사용률의 증가는 손목과 엄지손가락에 작업 스트레스(operational stress)를 유발시키며, 엄지손가락뿐만 아니라 엄지의 움직임과 관련된 관절의 통증과 근골격계 질환을 유발한다고 보고하였다. 이처럼 휴대전화의 사용과 엄지손가락 부위의 통증 및 질병의 관련성에 대한 관심이 증가하면서 휴대전화 사용이 인체 근골격계에 미치는 영향에 대한 다양한 연구가 이루어졌다. 휴대전화의 사용과 관련된 국내외 연구 동향을 살펴보면, Jonsson, Johnson, Hagberg, 와 Forsman (2011)은 전자고니오미터와 근전도기기 분석을 통하여 모바일폰 텍스트링 시 엄지손가락의 움직임과 관련근육의 근활성도를 측정하였다. Gustafsson, Johnson과 Hagberg (2010)는 모바일폰 텍스트링이 어깨와 상지 근골격계 질환에 어떠한 영향을 미치는지 전자고니오미터와 근전도기기를 사용하여 평가하였다. Greenstein (1997)은 터치스크린이 적용된 휴대기기는 기존의 자판 입력방식이 아니라 손가락의 접촉방식을 통하여 운용되기 때문에 기존의 연구와는 차별화된 분석이 필요하다고 보고하였다. Kim과 Chae (2012)는 3차원동작분석과 근전도기기를 사용하여 스마트폰 사용자에 따른 운동역학적 변인을 분석하였는데, 한 손으로 스마트폰을 파지하여 사용 시 전완의 지지가 상지 근육의 활동정도와 엄지손가락, 손, 손목 관절의 가동성에 직간접적인 영향을 미친다고 보고하였다.

기존의 선행연구에서 전자고니오미터를 이용한 엄지손가락의 자세 및 움직임 분석(Ebskov & Boe, 1966; Jonsson, Johnson, & Hagberg, 2007)은 이루어져왔지만, 엄지의 각

도변화와 수근중수관절의 동작을 정확히 분석하는데 한계가 있는 것으로 밝혀졌다(Lin, Kuo, Liu, Wu, & Su, 2011). 또한 기존의 선행연구에서 휴대전화의 파지방법이 엄지손가락의 근활성도 및 운동학적 변인에 대한 연구는 전무한 실정이다. 더불어 스마트폰을 사용함에 있어서 어떠한 사용방법이 근골격계에 미치는 위험성을 최소화할 수 있는지에 대한 연구 또한 많이 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 휴대전화 메시지 작성 시 휴대기기 파지방법이 엄지손가락의 운동학적 변인과 근육 활동에 어떠한 영향을 미치는 알아보는 데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구에서는 스마트폰 사용경력 1년 이상의 오른손을 사용하는 K대학교 남학생 12명을 피험자로 선정하였다. 피험자는 실험에 앞서 피로를 유발 시킬 수 있는 강도 높은 신체 활동은 실험 4주 전부터 금지하였다. 이들의 평균 연령은 26.2±4.1 yrs, 신장은 176.7±5.0 cm, 체중은 75.8±11.4 kg, 손의 길이는 19.2±1.1 cm, 엄지손가락 길이는 5.8±1.4 cm 이다.

2. 실험 장비

엄지손가락의 운동학적 변인 산출을 위해 두 대의 고감도 카메라(Motion Master100, Visol, Korea)를 피험자 좌우 45° 각도에 설치하였고, 촬영속도는 200 frames/s, 셔터 속도는 1/1000 sec로 설정하였다. 근활성도 측정을 위해 근전도기기(Delsys Trigno wireless system, Delsys, USA, sampling frequency = 2000 Hz, gain = 1,000, input impedance > 10¹⁵ Ω, CMRR > 80 dB)를 설치하였다. 전체 실험장비의 배치는 아래의 <Figure 1>과 같다.

3. 실험 절차

피험자는 고정된 의자에 편안히 앉은 상태에서 자연스럽게 상완을 몸통에 밀착하였다. 실험간 인체 관절 중심의 좌표화를 위해 직경 0.5 cm의 반사마커를 오른손 엄지손가락의 중수골 근위점, 기절골 근위점, 말절골의 근위점과 원위점에 부착하였고, 지역좌표계 설정을 위해 스틱형 외부 마커 2개를 기절골과 중수골의 중간 지점에 부착하였다(Figure 2).

본 연구에서는 휴대폰 문자 작성 시 가장 빈번하게 사용되는 근육의 활동을 측정하기 위해 4개의 표면 전극을 수지신근(Extensor Digitorum [ED]), 제 1 배측 골간근(First



Figure 1. Experimental setup

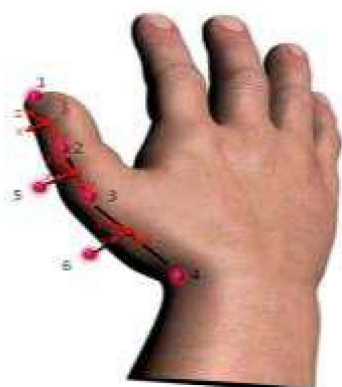


Figure 2. Placement of the reflective markers

dorsal interosseous [FDI]), 장무지 외전근(Abductor Pollicis Longus [APL]), 단무지 외전근(Abductor Pollicis Brevis [APB])에 부착하였다(Gustafsson et al., 2010; Jonsson et al., 2011; Figure 3). 표면전극 부착위치와 표

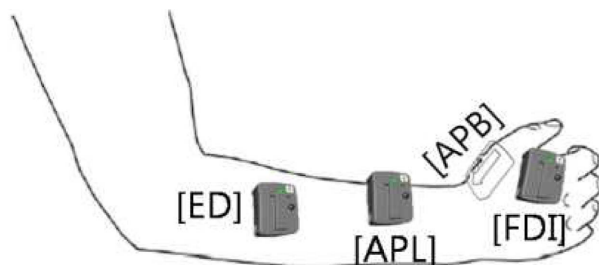


Figure 3. Placement of the electrode

준화를 위한 최대정적수축방법은 <Table 1>과 같다(Cram & Kasman, 1997).

모든 동작 시 스마트폰(Apple iPhone 4, Apple, USA, 115.2 × 58.6 × 9.3 mm, 137 g)은 오른손으로 파지하게 하여 스마트폰이 흉골의 검상돌기(solar plexus) 전방에 위치하도록 요구하였다.

본 연구의 피험자들은 실험에 들어가기 전 실험 환경 하에서 충분히 워밍업 및 연습을 실시하였다. 워밍업이 완료된 후 피험자는 휴대기기 파지방법에 따른 두 가지 조건 속에서 각각 3번씩 수행과제를 실시하였다(Figure 4). 본 연구의 수행과제는 피험자의 전방에 위치한 컴퓨터 모니터에 3 Hz의 속도로 표시되는 숫자를 10분간 휴대기기에 입력(tapping)하는 것으로 설정하였다. 휴대기기 파지방법의 순서는 무작위 순으로 실시하였으며, 연속적인 입력에 따른 피험자의 피로유발을 방지하고자 각 조건 사이에 약 10분간의 휴식을 취하였다. 총 3회의 측정자료 중 과제목표를 가장 정확하게 수행한 동작 1회를 선택하여 분석하였다.

4. 자료 분석

1) 운동학적 변인 산출

Kwon3D program ver 3.10(Visol, Korea)을 사용하여 3차원 동작 분석을 실시하였으며, 각 마커에서 얻어진 2차원 좌표값은 Direct Linear Transformation (Abdel-Aziz

Table 1. Electrode placements

Muscle	Electrode placement	Maximum Isometric contraction
Extensor Digitorum (ED)	Palpate the middle of the forearm approximately three quarters of the distance between the elbow and the wrist while the patient extend their fingers	Extension 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
Abductor Pollicis Longus (APL)	Palpate the dorsal aspect of the forearm just above the wrist on the thumb side while the patient abducts the thumb	Abduct and extend the thumb
Abductor Pollicis Brevis (APB)	The center of the largest mound of the thenar eminence	Abduction of the thumb

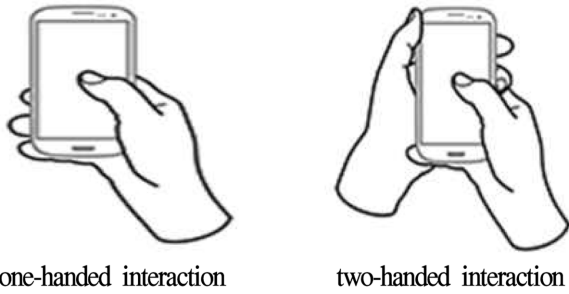


Figure 4. Smartphone task with two different conditions

& 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 8 Hz로 설정하였다. 엄지의 지절간 관절(Interphalangeal [IP])은 경첩관절(hinge joint)로 간주하여(Speirs et al., 2001) 다음의 공식에 따라 산출하였다.

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

θ_{Dir} : 말절골의 y축과 기절골의 y축이 이루는 방향각
 a : 마커 2에서 마커 1이 이루는 벡터
 b : 마커 2에서 마커 3이 이루는 벡터

엄지의 중수지절관절(Metacarpophalangeal joint [MCP])과 수근중수 관절(Carpometacarpal joint [CMC])의 상대 각은 오일러 각을 통해 계산하였다(Winter, 2005). 오일러 각의 계산은 X-Y-Z'의 순서로 이루어진 연속적인 세 번의 유한(finite) 회전축에 대한 회전으로 나타내었다. 각속도는 각변위 자료를 사용하여 아래에 제시한 유한 차이법을 통해 산출하였다(Wood, 1982).

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

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

2) 근활성도 분석

근전도 데이터는 350 Hz의 저역 통과 필터링을 실시한 후 10 Hz의 고역 통과 필터링을 실시하였다. 근전도 데이터는 진파정류 처리를 하며 최대 정적 수축 근전도치에 대하여 아래의 공식을 사용하여 표준화하였다. 각 피험자와 각 조건에 따라 전체 10분간의 최대 근전도치와 평균 근전도치를 계산하였다.

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

EMG_{raw} 는 정류화하고 필터처리된 실제 운동시의 근전도치이며, EMG_{max} 는 최대 정적 수축 시 발생되어진 최대 근전도치를 의미한다.

5. 통계 처리

통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS 18.0(IBM, USA)을 이용하였으며, 유의성 수준은 $p < .05$ 에서 대응표본 t검정(paired t-test)을 실시하였다.

III. 결 과

1. 각 분절의 최대각

각 분절의 최대각은 OH와 TH 조건간의 통계적인 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 2). IP관절의 굴곡은 TH에서의 수행이 OH 보다 다소 크게 나타났다. MCP관절에서도 관절의 내전을 제외하고 TH에서의 수행 시 OH에서의 수행시 보다 대부분의 관절각이 다소 크게 나타났다. 한편, CMC관절에서는 OH 시 관절의 굴곡, 내전, 내회전, 외회전이 TH시보다 다소 크게 나타났다.

Table 2. Maximum joint angle of the thumb (unit: deg)

Position		OH	TH
IP	Flex	69.0(18.0)	72.9(18.2)
	Flex	45.4(9.6)	47.7(20.0)
	Ext	4.3(1.8)	5.8(1.9)
MCP	Abd	15.8(1.0)	15.5(1.3)
	Add	-14.2(8.4)	-20.8(13.2)
	Ir	17.8(9.0)	24.2(7.3)
	Er	-16.8(8.2)	-24.8(7.0)
	Flex	-3.4(2.1)	-2.5(2.0)
CMC	Ext	-29.4(6.6)	-30.4(8.0)
	Abd	-10.3(3.6)	-7.1(4.4)
	Add	-48.7(14.2)	-51.3(16.5)
	Ir	4.7(3.3)	3.4(3.0)
	Er	-42.1(19.8)	-40.4(16.1)

Note. Flex: Flexion, Ext: Extension, Abd: Abduction, Add: Adduction, Ir: Internal rotation, Er: External rotation

2. 각 분절의 각속도

각 분절의 각속도는 스마트폰 파지방법에 따라 통계적인 유의차는 나타나지 않았지만, 모든 분절에서 TH시의 수행이 OH시의 수행보다 다소 높게 나타났다(Table 3).

3. 근전도

스마트폰 파지방법에 따른 평균적분근전도치는 FDI를 제외한 나머지 근육에서 TH가 OH보다 다소 높은 근육 활동을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4). 최대적분근전도치는 FDI와 APL에서 두 집단간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 5).

Table 3. Angular velocity of the thumb (unit: deg/sec)

Parameter	Position	OH	TH		
Median velocity (°/s)	IP	Flex/Ext	58.4(16.3)	60.1(13.4)	
		Flex/Ext	36.5(9.7)	37.3(11.4)	
	MCP	Abd/Add	31.9(10.5)	35.7(4.9)	
		Ir/Er	46.6(19.3)	49.6(11.9)	
	CMC	Flex/Ext	27.3(10.5)	28.5(11.9)	
		Abd/Add	18.5(5.7)	19.5(5.7)	
		Ir/Er	38.1(14.6)	40.4(15.6)	
		IP	Flex/Ext	148.9(55.1)	158.6(38.3)
	Maximum velocity (°/s)		Flex/Ext	88.7(30.4)	96.2(29.5)
			MCP	Abd/Add	88.8(30.7)
		Ir/Er	117.8(49.4)	123.6(32.8)	
		Flex/Ext	63.8(29.4)	69.8(29.6)	
CMC		Abd/Add	46.6(15.5)	53.5(16.1)	
		Ir/Err	92.6(37.36)	103.5(37.5)	

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

	ED	FDI	APB	APL
OH	3.0(1.5)	4.4(2.1)	8.0(3.8)	5.4(2.0)
TH	3.2(1.5)	3.9(1.8)	11.3(5.7)	4.1(2.7)

Table 5. Peak normalized EMG (unit: %MVIC)

	ED	FDI	APB	APL
OH	8.6(3.4)	17.3(9.5)*	48.3(22.7)	33.9(15.0)*
TH	9.9(3.7)	12.9(4.5)*	48.8(26.9)	21.6(10.8)*

Note. *significant difference between OH and TH

IV. 논 의

엄지손가락은 잡기, 집기, 쓰기와 같은 손의 기본적인 기능 수행에 반드시 필요한 필수적 신체 분절이다. 특히 휴대전화 사용은 엄지손가락을 제외한 손가락으로 휴대전화를 고정한 후, 엄지손가락을 사용하여 문자 메시지를 작성하거나 화면에 표시된 정보를 특정 방향으로 이동시키게 된다. 따라서 엄지손가락의 기능은 휴대전화 사용에서 가장 중요한 역할을 담당하고 있다. 본 연구에서는 휴지전화 파지방법이 엄지손가락의 동작과 이와 관련된 근육활동에 미치는 영향을 평가 분석하는데 그 목적이 있다.

1. 각 분절의 최대각

엄지손가락을 구성하는 3가지 관절에 대한 관절 최대각 결과를 살펴보면, IP관절의 굴곡은 두 조건간의 통계적 유의차는 없었지만, TH 파지방법이 OH 파지방법 보다 다소 크게 나타났다. 기절골의 움직임 담당하는 MCP관절은 내전을 제외한 나머지 5가지 최대각에서 TH 파지방법이 OH보다 다소 크게 나타났지만 유의한 차이는 없었다. CMC관절의 최대각은 OH 시의 굴곡, 내전, 내회전, 외회전이 TH시보다 다소 크게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 두 조건간의 각도차이는 미미하지만, TH 파지방법에서의 관절가동범위(Range of Motion [ROM])가 OH 파지방법의 ROM보다 다소 증가하는 것으로 나타났다. Lin et al. (2011)는 IP관절과 MCP관절의 굴곡각은 엄지손가락의 부상과 재활에 대한 평가척도로 사용될 수 있으며, 부상에 대한 완치도가 높을수록 굴곡각도가 증가됨을 보고하였다. 본 연구의 결과를 통해 TH 파지방법은 양손을 사용함으로써 OH 파지방법에 비해 스마트폰의 하중에 대한 부담감을 감소시키고, 동시에 손과 엄지손가락의 가동성을 높여 문자메시지 작성 시 다소 유리한 파지법으로 판단된다. 특히, 본 연구의 실험 과제인 연속적 숫자 입력은 TH 파지방법에 비해 OH 시 과제 수행의 난이도가 비교적 높은 것으로 나타났다.

Tang, Zhang과 Li (2008)는 엄지손가락 말절골을 반시계방향으로 최대한 크게 회전(circumduction)하여 세 관절의 ROM을 분석하였다. 그들은 IP관절의 굴곡각이 45.6°이고, MCP관절의 굴곡, 내전, 회내각이 각각 64.9, 39.6, 39.7°, CMC관절의 굴곡, 내전, 회내각이 각각 65.7, 52.6, 64.7°인 것으로 보고하였다. 또한, 6가지 ADL (activities of daily living)동작을 통해 엄지손가락의 ROM을 분석한 Lin 등 (2011)의 연구에 따르면, IP관절의 굴곡과 신전 범위가 45°, MCP관절과 CMC관절의 굴곡과 신전, 내전과 외전의 범위가 각각 24, 23, 22, 20°라고 보고하였다. 본 연구결과를 살펴보면, 일상생활에서 엄지손가락을 사용할

때 보다 문자메시지 작성 시 엄지손가락의 ROM이 증가하였으며, 문자메시지 작성 시와 의도적인 손가락의 최대 회전 시 발생하는 ROM 값이 매우 유사한 것으로 나타났다. 특히 MCP와 CMC관절의 굴곡과 내전은 일상생활의 엄지손가락 움직임과 많은 차이가 발생하였으며, 이러한 결과는 물건을 잡는 그립(grip)형태와는 다르게 휴대전화의 화면을 터치하는 동작 시 엄지가 반대편의 다른 손가락 끝 부분과 접촉하는 대립(opposition) 동작과 유사하기 때문인 것으로 판단된다(Cooney et al., 1981).

2. 각 분절의 각속도

상지 근골격계 질환 유발위험요소 및 손목건초염(De Quervain's disease)발병의 평가척도(Marras & Schoenmarklin, 1993; Moore, 1997)인 엄지손가락 분절의 각속도 결과를 살펴보면, TH가 OH에 비해 모든 분절의 평균 및 최대 각속도가 다소 높게 나타났다. Gustafsson 등 (2010)은 문자메시지 작성 시 피험자의 사용자세가 엄지손가락 관절의 ROM과 움직임에 직접적인 영향을 미치며, 안정적인 전완의 지지가 손목과 손가락의 굴곡각과 각속도를 증가시킨다고 보고하였다. 또한, Roudaut, Huot와 Lecolinet (2008)은 터치스크린 휴대기기를 한손으로 파지하였을 때, 문자입력속도와 입력의 정확도에 부정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 이러한 점을 고려하였을 때, 문자메시지 작성 시 휴대기기 파지방식이 엄지손가락 분절의 움직임에 통계적으로 유의한 차이를 유발시키지는 않았지만, 보다 신속하고 원활한 문자메시지 작성은 두 손 파지방식(TH)을 사용 하는 것이 유리한 것으로 판단된다.

3. 근전도

본 연구의 근전도 결과를 살펴보면 기존의 선행연구와 유사한 근육활동 형태가 나타났다. Jonsson 등 (2011)은 엄지의 외전 및 내전의 속도가 ED의 근활성도와 정적상관관계에 있다고 보고하였다. 또한, 문자메시지 작성 시 ED가 엄지손가락의 움직임에 직접적인 기여는 하지 않지만, 신속한 엄지손가락 동작 시 손목과 손의 이완 및 안정화시키는 역할을 한다고 보고하였다. 이러한 결과와 동일하게 본 연구에서도 MCP관절과 CMC관절의 외전 각속도가 빠른 경우 TH에서 보다 높은 ED의 근활성도가 나타났다. 하지만, 다른 근육에 비해 상대적으로 근활성도가 낮은 점을 고려할 때, ED는 문자메시지 작성 시 주동적인 역할을 수행하지 않는 것으로 생각된다.

Jenkins와 Hollinshea (2009)는 FDI는 엄지의 움직임에 직접적인 영향을 미치지 않지만 검지의 안정화와 움직임에 도움을 준다고 보고하였다. Gustafsson 등 (2010)은

FDI의 근활성도는 문자 메시지 작성 시 보다 휴대기기를 파지하고 통화를 했을 때 증가한다고 보고하였고, 이는 전화통화 시 휴대폰을 손에서 놓치거나 피험자의 귀에서 떨어지지 않게 하기 위해 더 큰 과약력(grip force)이 필요하기 때문이라고 보고하였다. 본 연구의 결과, OH 방법에 비해 TH 방법 시 FDI의 최대 근활성도가 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 이러한 선행연구와 본 연구의 결과를 비교해 볼 때, TH가 OH에 비해 보다 안정적으로 휴대전화를 파지한 것으로 판단되며, 문자메시지 작성을 효율적으로 수행하기 위해서는 TH가 OH보다 효과적인 파지방식으로 판단된다.

Putz, Pabst와 Bedoui (2006)는 APB의 근활성도와 엄지의 내·외전 각속도가 정적인 상관관계가 있음을 보고하였고, 이는 APB가 엄지의 외전에 주동적 역할을 수행하기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서도 선행연구의 결과와 같이 엄지의 내·외전 각속도가 증가할 때 TH가 OH보다 APB의 근활성도가 증가하였다. 또한, 다른 근육보다 높은 근육활동이 나타난 것은 APB가 휴대기기를 사용한 문자메시지 작성 시 주동근의 역할을 수행하는 것으로 판단된다.

van Oudenaarde 등 (1995)의 연구에서 APL은 제 1중수관절을 안정화 시키는 역할을 하며, 엄지손가락과 다른 손가락의 대립 후 제자리로 돌리는 신전 작용을 주로 담당한다고 보고하였다. Wahlstrom 등 (2000)은 컴퓨터 마우스 사용 시 상대적으로 근력이 약한 여성 피험자가 남성 피험자에 비해 상지근육의 평균근활성도가 증가하였다고 보고하였다. Johansson과 Sojka (1991)는 근육활동 시 근육의 통증은 대개 높은 근 활성도를 동반한다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 TH방법 사용에 비해 OH방법 시 APL의 최대 근전도치가 통계적으로 유의하게 증가된 것으로 나타났다. 이는 컴퓨터 키보드와 마우스의 사용(tapping) 시 전완과 손목의 지지가 상지의 근활성도에 긍정적인 영향을 미친다는 연구결과(Cook, Burgess-Limerick, & Papalia, 2004)와 유사하게 휴대전화의 파지가 불안정한 OH 방법에서 엄지의 신전과 동시에 관절의 안정화를 위해 근육활동이 증가되어졌기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구의 프로토콜과 유사한 선행연구의 결과(Gustafsson et al., 2010; Jonsson et al., 2011)를 살펴보면, 본 연구의 근전도 값이 다소 크게 나타났다. 특히, 엄지의 외전과 신전을 담당하는 APB와 APL에서 큰 차이가 발생되었으며, 이러한 근육활동의 차이는 선행연구에 참여한 피험자들의 손 길이(19.5 cm)와 실험에 사용된 휴대기기의 크기(111×48×20 mm)가 본 연구와 비교해 차이가 있었기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 더 작은 손을 가진 본 연구의 피험자가 더 큰 휴대기기를 조작하기 위해 더 큰 움직임과 증가된 근육활동이 나타난 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 3차원 영상분석과 근전도 분석을 통하여 휴대전화 파지방법에 따른 엄지손가락과 상지근육의 생체역학적 변인을 측정·분석하는데 그 목적이 있다. 본 연구를 수행한 결과, 휴대기기 파지방법이 엄지손가락 관절의 가동성과 움직임에는 크게 기여하지 않지만, 엄지손가락과 상지근육의 활동정도에는 직·간접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 생체역학적 관점에서 볼 때, 휴대기기를 이용한 메시지 작성 시 두 손 파지방법이 한 손 파지방법에 비해 효율적이고 안정적인 것으로 생각된다. 본 연구를 통해 올바른 휴대기기 사용 동작 및 방법에 대한 기초자료를 제시할 수 있을 것이며, 엄지손가락의 기능적 평가 및 휴대기기와 관련된 질병 또는 증후군 예방을 위한 보정 기구의 개발을 위한 기초 자료로써 본 연구의 자료가 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 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.
- Berolo, S., Wells, R. P., & Amick III, B. C. (2011). Musculoskeletal symptoms among mobile hand-held device users and their relationship to device use: a preliminary study in a Canadian university population. *Applied Ergonomics* 42, 371-378.
- 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, 463-472.
- Cooney, W. P., Lucca, M. J., Chao, E. Y., & Linscheid, R. L. (1981). The kinesiology of the thumb trapeziometacarpal joint. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 43, 1371-1381.
- Cram, J. R., & Kasman, G. S. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Alexandria: Aspen Publications.
- Ebskov, B., & Boe, C. (1966). The hexatron. A new thumbgoniometer. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 37(1), 58-66.
- 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.
- Greenstein, J. S. (1997). *Pointing devices*. In: Helander, M., Landauer, T.K., Prabhu, P. (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd ed. Elsevier Science B. V., Amsterdam.
- Gustafsson, E., Johnson, P. W., & Hagberg, M. (2010). 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.
- Jenkins, D., B., & Hollinshead, W., H., (2009). *Hollinshead's functional anatomy of the limbs and back*. 9th ed. St. Louis: Saunders Elsevier; xv, 442 s. p.
- Johansson, H., & Sojka, P. (1991). Pathophysiological mechanisms involved in genesis and spread of muscular tension in occupational muscle pain and in chronic musculoskeletal pain syndromes: a hypothesis. *Medical Hypotheses*, 35(3), 196-203.
- 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.
- Karlson, A., & Bederson, B., (2007). *Thumbspace: generalized one-handed input for touch screen-based mobile devices*. In: *Interact'07*, 324-338.
- Karlson, A., Bederson, B., & Contreras-Vidal, J. (2007). *Understanding one-handed use of mobile devices*. In: Lumsden, J. (Ed.), *Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology*. IGI Global.
- Kim, K. R. (1997). *The effects on work performance at varying wrist postures and weights of drill*. Unpublished Master's Thesis, Dong-A Graduate School of Industrial Engineering.
- Kim, D. S., & Chae, W. S. (2012). Biomechanical analysis of a smartphone task with different postures. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(2), 253-259.
- Lee, S. H. (2011). A study on the sustainable use factor and group comparison of communication way by using of smartphone messenger applications. *Speech and Communication*, 16, 7-43.
- Lin, H. T., Kuo, L. C., Liu, H. Y., Wu, W. L., & Su, F. C. (2011). The three-dimensional analysis of three thumb joints coordination in activities of daily living. *Clinical Biomechanics*, 26, 371-376.
- Marketing Insight (2012). "Kakao talk" and "Youtube" is top honor For Smartphone text messaging and broadcasting. Retrieved September 11, 2012 from http://www.mktinsight.co.kr/sub.asp?code=t4&code=pr5_view&id=pr5&mode=view&idx=1682&srhctgr=subject&srhstr=%BD%BA%B8%B6%C6%AE%C6%F9&page=1.
- Marras, W. S., & Schoenmarklin, R. W. (1993). Wrist motion in industry. *Ergonomics*, 36(4), 341-351.
- Ming, Z., Pietikainen, S., & Hanninen, O. (2006). Excessive texting in pathophysiology of first carpometacarpal joint arthritis. *Pathophysiology*, 13(4), 269-270.
- 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.
- Park, Y. S., & Han, S. H. (2010). One-handed thumb interaction of mobile device from the input accuracy perspective. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 746-756.
- Putz, R., Pabst, R., & Bedoui, S. (2006). *Sobotta atlas of human anatomy. Head, neck, upper limb*. 14th ed. Munchen: Elsevier Urban & Fischer; vol. 1, 419 s. p.
- Roudaut, A., Huot, S., & Lecolinet, E. (2008). *TapTap and Mag-Stick: Improving onehanded target acquisition on small touch-screens*. In: *AVI'08*. Napoli, Italy, 146-153.

- Speirs, A., D., Small, C., F., Bryant, J., T., Pichora, D., R., & Zee, B., Y. (2001). Three-dimensional metacarpophalangeal joint kinematics using two markers on the phalanx. *Journal of Engineering in Medicine*, 215, 415-419.
- Tang, J., Zhang, X., & Li, Z. M. (2008). Operational and maximal workspace of the thumb. *Ergonomics*, 51(7), 1109-1118.
- 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 Kinesiology*, 5(1), 57-64.
- Wahlstrom, J., Svensson, J., Hagberg, M., & Johnson, P. W. (2000). Differences between work methods and gender in computer mouse use. *Scandinavian Journal of work, Environment & Health*, 26(5), 390-397.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement*, 3rd ed. Wiley, Hoboken, NJ.
- Wood, G. (1982). *Data smoothing and differentiation procedures in biomechanics*. In R. L. Terjung (Eds), *Exercise and Sport Sciences Reviews*; 10, 308-362. Lexington, MA: D.C. Health and Company.