

타이핑작업 시 수직형 키보드의 수평면 끼인각 변화에 따른 상지의 근활성도 비교

이강진

한서대학교 대학원 물리치료학과, 고창현대의원 물리치료실

노정석, 김택훈, 신현석, 최홍식, 오동식
한서대학교 물리치료학과

Abstract

Comparison of Upper Extremity Muscle Activity With Transverse Plane Angle Changes During Vertical Keyboard Typing

Kang-jin Lee, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Hanseo University, Gochang Hyundai Clinic

Jung-suk Roh, Ph.D., P.T.

Tack-hoon Kim, Ph.D., P.T.

Heon-seock Cynn, Ph.D., P.T.

Houng-sik Choi, Ph.D., P.T.

Dong-sik Oh, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

In order to prevent upper extremity musculoskeletal disorders, effective keyboard selection is an important consideration. The aim of this study was to compare upper extremity muscle activity according to transverse plane angle changes during vertical keyboard typing. Sixteen healthy men were recruited. All subjects had a similar typing ability (rate of more than 300 keystrokes per minute) and biacromion and forearm-fingertip lengths. Four different types of keyboard (vertical keyboard with a transverse plane angle of 60°, 96°, or 120°, and a standard keyboard) were used with a wrist support. The test order was selected randomly for each subject. Surface electromyography (EMG) was used to measure upper extremity muscle activity during a keyboard typing task. The collected EMG data were normalized using the reference contraction and expressed as a percentage of the reference voluntary contraction (%RVC). In order to analyze the differences in EMG data, a repeated one-way analysis of variance, with a significance level of .05, was used. Bonferroni correction was used for multiple comparisons. There were significant differences in the EMG amplitude of all seven muscles (upper trapezius, middle deltoid, anterior deltoid, extensor carpi radialis, extensor carpi ulnaris, flexor carpi radialis, and flexor carpi ulnaris) assessed during the keyboard typing task. The mean activity of each muscle had a tendency to increase as the transverse plane angle increased. The mean activity recorded during all vertical keyboard typing was lower than that recorded during standard keyboard typing. There was no significant difference in accuracy and error scores; however, there was a significant difference between transverse plane angles of 60° and 120° with regard to comfort. In conclusion, a vertical keyboard with a transverse plane angle of 60° would be effective in reducing muscle activity compared with vertical keyboards with other transverse plane angles.

Key Words: Keyboard typing; Muscle activity; Transverse plane angle; Vertical keyboard.

I. 서론

컴퓨터 용 키보드는 편평형(flat type), 텐트형(tony type), 좌우 분리형(split/angle type), 수직형(vertical type) 등이 있으며, 컴퓨터가 사용된 이래로 여러 연구자에 의해 다양한 형태의 키보드가 개발 되었으나, 여전히 상지와 어깨에 보다 감소된 근활성도를 추구하는 키보드 개선이 필요하다(김민욱, 2000; Simoneau 등, 2003; van Galen 등, 2007).

타이핑작업 관련 근골격계 질환 예방을 위한 선행 연구들을 살펴보면, 표준형 키보드에 적합한 자세에 관한 연구(Duncan과 Ferguson, 1974), 책걸상에 대한 키보드의 상대적 위치에 따른 연구(김민욱, 2000), 표준형 키보드의 시상면 각도(7.5°, 0°, -7.5°, -15°) 및 수평면 각도(25°) 변화를 적용한 연구(권혁철 등, 2004; 정병권, 2004; Hedge와 Powers, 1995; Marklin과 Simoneau, 2001; Simoneau 등, 2003), 텐트형 및 수직형 대체 키보드의 개발(Marklin 등, 1999), 타이핑작업 시 손목 및 전완의 지지대 사용에 관한 연구(Cook 등, 2004), 손목의 중립자세, 수직형 대체 키보드(수평면 끼인각 96°), 전완지지대 사용을 결합한 연구 등이 있었다(van Galen 등, 2007).

van Galen 등(2007)의 수평면 끼인각 96°인 수직형 키보드와 표준형 키보드의 비교연구에서 수평면 끼인각 96°인 수직형 키보드를 사용한 타이핑작업 동안 상지의 평균 만이 근활성도가 유의한 차이로 감소되고 편리도, 오타수, 정확도는 유의한 차이가 없다고 하였고 수평면 끼인각의 다양한 변화에 따른 근활성도 차이는 제시하지 못하였다. 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이와 같은 생체역학적인 요인들은 수직형 키보드 사용 시 키보드의 수평면 끼인각을 결정하는데 중요한 영향요인이 된다(Won 등, 2009). 특히, 동양인과 서양인은 체형의 차이가 있으므로, 생체역학적인 요인들을 고려하여 동양인에게 좀 더 적합하도록 끼인각을 조작하여 근활성도가 감소되는 대체키보드인 수직형 키보드의 수평면 끼인각을 조사하는 것이 필요하다. 그러므로 본 연구의 목적은 수직형 키보드를 사용한 타이핑작업 동안, 상지의 근골격계 질환 예방에 기여하도록 수직형 키보드의 수평면 끼인각 변화를 가하여 편리성 및 정확도는 높고, 오타수 및 근활성도는 낮은 수평면 끼인각을 알아보고자 한다.

본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 타이핑작업 시 수직형 키보드와 표준형 키보드 사용에 따라 상지의 근

활성도는 차이가 있다. 둘째, 타이핑작업 시 수직형 키보드의 수평면 끼인각(60°, 96°, 120°)에 따라 상지의 근활성도는 차이가 있다. 셋째, 타이핑작업 시 수직형 키보드와 표준형 키보드 사용에 따라 정확도, 오타수, 편리도는 차이가 있다. 넷째, 타이핑작업 시 수직형 키보드의 수평면 끼인각(60°, 96°, 120°)에 따라 정확도, 오타수, 편리도는 차이가 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 건강한 성인남자 16명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자들은 지난 6개월 동안 머리, 목, 등, 팔의 손상이나 타이핑작업의 어려움이 없는 자로서 다음과 같은 조건에 부합하는 연구대상자를 선정하여 연구대상자의 동질성을 확보하고자 하였다.

첫째, 체질량지수(body mass index; BMI)가 정상 집단인 $20 \leq \text{BMI} \leq 25$ 의 범위에 속하는 자

둘째, 키보드를 보지 않고 분당 300타 이상을 칠 수 있으며, 수행 정도(performance)나 오타수(error score)가 비슷한 자

셋째, 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이와 비슷한 자
넷째, 실험전 4시간 이상의 격렬한 타이핑작업 경험 이 없는 자

실험을 실시하기 전에 연구 목적과 방법에 대하여 연구대상자에게 충분히 설명한 후 자발적인 동의를 얻었다.

2. 실험도구

가. 키보드

실험을 위해 4 종류의 키보드(표준형 키보드 1개, 수직형 키보드 3개)를 사용하였다. 표준형 키보드는 자판 배열이 좌측에서 우측으로 QWERTY인 전통적인 표준형 키보드¹⁾를 사용하였고, 수직형 키보드는 수평면 끼인각이 60°(14 cm×14 cm×14 cm×15 cm), 96°(14 cm×14 cm×18 cm×15 cm), 120°(14 cm×14 cm×20 cm×15 cm) 인 3 종류의 키보드로 표준형 키보드를 변형시켜 자체 제작하였다(그림 1). 모두 고정된 폴리에틸렌 재질의 손목 지지대(wrist support)를 사용하였으나(김민욱, 2000; Cook 등, 2004), 전완지지대(forearm support)는 근활성

1) SEM-DT35, Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd., Seoul, Korea.

도에 유의한 차이가 없다는 Cook 등(2004)의 연구에 따라 사용하지 않았다.

나. 근전도 기기

타이핑작업 동안의 상지의 7개 근육의 근활성도를 측정하기 위해 근전도 기기²⁾를 사용하였다. 전극은 지름이 1 cm, 전극간 간격이 2 cm인 이극표면전극³⁾(bipolar surface electrode)을 사용하였다. 표본수집률은 1024 Hz로 하였다. 저대역 통과 필터(low-pass filter)는 500 Hz를 사용하였고, 고대역 통과 필터(high-pass filter)는 20 Hz를 심전도 신호나 움직임 관련 잡음(movement artifact)의 영향을 최소화하기 위해 사용하였다(Szeto 등, 2005; van Galen 등, 2007). 국내 교류 전기제품의 60 Hz 사용 및 실험실의 환경에 기인하여 대역 저지 필터(band stop filter)는 60, 120, 180 Hz를 사용하였다. 근전도 신호는 제곱평균제곱근(root mean square; RMS)값을 5분 간 측정 후 가운데 3분 동안의 평균값을 사용하였다.

3. 실험방법

가. 측정 방법 및 자세

4종류의 키보드의 적용순서는 순서효과를 최소화하기 위해 제비뽑기를 이용하여 결정하였다(Simoneau 등, 2003). 연구대상자의 측정 자세는 척주를 곧게 펴고 의자에 등을 대며, 엉덩관절 굽힘 90°, 양 손을 모으는 어깨관절 모음 및 안쪽돌림(수직형 키보드), 팔꿈관절 굽힘 90°, 손목 중립, 무릎관절 90°, 발목관절 90°를 유지하였다. 특히, 팔꿈관절 90° 및 어깨관절 모음 시 책상 높이 및 키보드 위치를 조절하여 연구대상자마다 동일한 자세를 유지하도록 하였다.

모니터는 눈으로 부터 하방 15° 및 거리는 60 cm를 유지하였으며(Gilad와 Harel, 2000), 키보드와 모니터 간 거리는 40 cm를 유지하였고(노동부, 2004), 수직형 키보드는 무릎 위의 키보드 전용 받침대를 설치하여 위치 안정성을 도모한 상태에서 타이핑작업을 실시하였으며, 폭 2.5 cm인 벨크로를 사용하여 미끄럼을 방지하였다(그림 2).

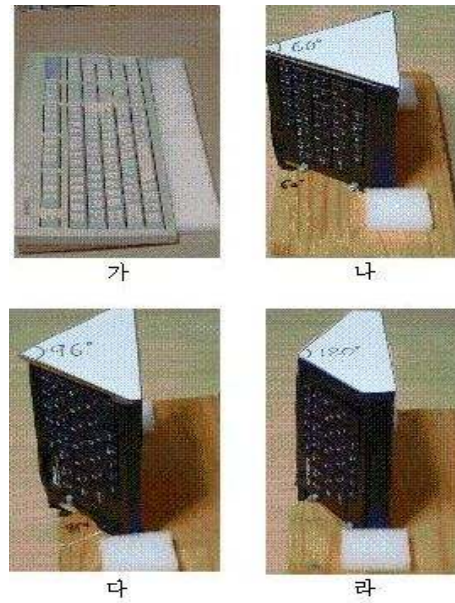


그림 1. 키보드 종류. 가: 표준형, 나: 끼인 각 60°, 다: 끼인각 96°, 라: 끼인각 120°.



그림 2. 타이핑작업 자세.

2) MP100A-CE, BIOPAC System Inc., CA, U.S.A.

3) TSD 150B, BIOPAC System Inc., CA, U.S.A.

나. 근전도 전극의 설치

피부저항 등 최소화하기 위하여 면도기로 털을 제거하였으며, 사포로 각질을 제거하고, 알코올로 이물질 제거하였으며, 전극의 전기 전도성을 향상시키기 위하여 전극 표면에 젤을 도포하였다. 일반적으로 컴퓨터 타이핑작업 시 많이 사용된다고 알려져 있는 위등세모근, 앞어깨세모근, 노쪽손목편근을 포함한, 우측 상지 7개 근육에 염화은(Ag-AgCl) 이극표면전극을 부착하였으며(Szeto 등, 2005; van Galen 등, 2007; Won 등, 2009), 접지전극⁴⁾(ground electrode)은 C7 가시돌기에 부착하였다(표 1).

다. 자료 수집

4가지 종류 키보드를 무작위로 사용하였고 타이핑작업을 실시하는 동안 상지의 근활성도를 측정하였다. 타이핑작업을 위하여 한글과컴퓨터 타자연습 프로그램을 사용하였으며, 타이핑작업 중 사용빈도에 있어 개인차가 큰 delete키와 backspace키는 사용을 제한하였고, 오타를 수정하지 않도록 하였다(최정화 등, 1999). 수직형 키보드에 대한 적응을 위해 실험전 1주일 동안, 주 3회 30분 동안 적응시간을 부여하였다. 실험시에는 측정전에 5분간 추가 적응시간을 부여하였다. 4종류의 키보드를 이용한 타이핑작업은 각각 5분간 실시하였으며, 작업간 휴식시간은 10분으로 하였다. 5분 동안 작업의 측정값 중 가운데 3분 동안의 측정값을 자료로 수집하였다. 측정된 자료는 정규화(normalization)를 위하여 자발적기준수축백분율(% reference voluntary contraction; %RVC)을 계산하여 사용하였다(강도기, 2006; 김효준, 2006; Cook 등, 2004; Hansson 등, 2000). %RVC의 계산을 위한 각 근육의 자발적기준수축값은 다음과 같이 측정하였다. 각 실험자 별로 위등세모근

및 중간어깨세모근의 경우 1 kg 아령을 우측 상지에 들고 어깨관절 벌림하고 팔꿈관절이 곧게 유지되도록 한 후, 손등이 위를 향하게 하였고, 앞어깨세모근의 측정은 우측 상지를 어깨관절 90° 굽힘하고 팔꿈관절은 완전히 펴지도록 하였고 전완은 반엮침(semipronation)으로 하였다. 손목 편근 및 굽힘근의 측정은 팔꿈관절 90° 굽힘에서 아령을 들지 않고 맨손으로 완전 편 및 굽힘 자세를 취했다. 각각의 측정자세에서 10초 유지하는 동안 근전도 신호를 각각 3회 반복측정한 후, 각각 중간 5초 동안의 평균으로 자발적 기준의 수축 값을 구하였으며, 상기 모든 자세는 앉은 자세에서 실시하였다(강도기, 2006; Cook 등, 2004; Hansson 등, 2000).

실험전 실험동의서를 작성하도록 하였고, 인체치수를 측정하여 체질인류학적 차이가 극단값을 가지는 연구대상자는 실험에서 제외하였다. 타이핑작업 종료 후 키보드 종류 마다 편리도 값의 객관성을 증진시키기 위해 '전혀 힘들지 않다'의 1점에서 '더 이상 못 하겠다'의 7점으로 등급을 표기하는 질문지를 작성하였으며, 정확도와 오타수의 자료 수집은 한글과컴퓨터 타자연습 프로그램 Version 2.0.2.1을 사용하여 구하였다.

4. 분석 방법

자료의 통계 처리는 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS version 12.0을 사용하였다. 키보드의 종류에 따른 7개 근육의 근활성도와 정확도, 오타수, 편리도를 비교하기 위하여 반복측정된 자료를 위한 일요인 분산분석(one-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였고, 사후검정방법으로 Bonferroni 수정(Bonferroni's correction)에 의한 검정을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위해서 유의수준 α 는 .05로 하였다.

표 1. 상지 근육의 근전도 전극 부착위치

근육	전극 부착위치
위등세모근	어깨봉우리와 7번 가시돌기의 연장선 위 중앙점
중간어깨세모근	어깨봉우리와 어깨세모근 결절 중앙점
앞어깨세모근	어깨봉우리와 어깨세모근 결절 중앙에서 액와 사이 2/3지점
노쪽손목편근	
자쪽손목편근	앉은 자세로 팔꿈관절 90°에서 엮침 및 뒤침 시 요척측 굽힘 및 편근의 최대 근수축이
노쪽손목굽힘근	측진되는 근육에 부착
자쪽손목굽힘근	

4) EL503, BIOPAC System Inc., CA, U.S.A.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자인 남자 16명의 평균 나이는 22.6세, 평균 신장은 173.1 cm, 평균 체중은 69.5 kg이었으며, 체질량 지수는 21.7로 정상 집단에 속하였고, 평균 양어깨사이 길이는 43.6 cm, 평균 팔꿈치손끝길이는 45.8 cm이었으며, 평균 타자속도는 362.5타/분이었다(표 2).

2. 키보드의 종류에 따른 근활성도 비교

수직형 키보드의 수평면 끼인각에 따른 근활성도는 7개 근육 모두에서 유의한 차이가 있었으며, 근육 별로 수직형 키보드 수평면 끼인각이 60°, 끼인각 96°, 끼인각 120°, 표준형 키보드의 순서로 평균값이 증가하는 추세였으며, 중간어깨세모근과 자쪽손목굽힘근의 경우

끼인각 120°인 수직형 키보드에서 표준형 키보드 보다 평균값이 높았다(표 3). 다중비교 중 수평면 끼인각 60°인 수직형 키보드와 나머지 3가지 키보드를 비교 하였을 때, 수평면 끼인각 96°에서 120°로, 120°에서 표준형 키보드로 근활성도가 증가하는 경향을 보였으나 노쪽손목뒹근에서는 수평면 끼인각이 120°인 수직형 키보드만 유의한 차이가 있었다(표 4).

3. 키보드 종류에 따른 정확도, 오타수, 편리도 비교

정확도와 오타수는 키보드 종류에 따라 유의한 차이가 없었으며, 편리도는 유의한 차이가 있었다. 다중비교 시 수평면 끼인각 60°와 120°인 수직형 키보드에서 유의한 차이가 있었다(표 5).

표 2. 연구대상자의 일반적 특성 (N=16)

	평균±표준편차
나이(세)	22.6±2.3
신장(cm)	173.1±5.9
체중(kg)	69.5±9.0
체질량지수(kg/m ²)	21.7±1.8
양어깨사이길이(cm)	43.6±2.7
팔꿈치손끝길이(cm)	45.8±2.0
타자속도(타/분)	362.5±87.6

IV. 고찰

본 연구는 수직형 키보드를 사용한 타이핑작업 동안, 특히 한국인의 상지 근골격계 질환 예방에 기여하도록 수직형 키보드의 수평면 끼인각 변화를 가하여 편리성 및 정확도는 높이고, 오타수 및 근활성도는 낮추는 컴퓨터용 대체키보드인 수직형 키보드의 수평면 끼인각을 조사하기 위해 실시한 연구이다.

수직형 키보드의 수평면 끼인각 선정 이유는 van Galen 등(2007)의 연구에서 끼인각 96°만이 상지의 근

표 3. 키보드 종류에 따른 근활성도 비교

단위: %RVC

	끼인각 60°	끼인각 96°	끼인각 120°	표준형	p
UT ^a	11.92±4.76*	16.76±7.97	18.87±10.06	25.38±14.10	.00
MD ^b	4.01±1.96	4.25±1.98	4.84±1.92	4.52±2.14	.00
AD ^c	4.36±1.27	7.49±1.44	10.49±2.29	12.69±3.79	.00
ECR ^d	13.75±5.47	14.02±3.95	20.60±12.03	23.18±11.19	.01
ECU ^e	12.24±4.65	13.66±6.05	15.87±5.44	20.09±3.77	.00
FCR ^f	46.47±21.56	49.21±26.9	52.86±25.7	55.03±25.57	.01
FCU ^g	40.92±29.03	49.58±36.81	51.34±36.51	50.05±34.06	.00

*평균±표준편차.

^aUT: 위등세모근.

^bMD: 중간어깨세모근.

^cAD: 앞어깨세모근.

^dECR: 노쪽손목뒹근.

^eECU: 자쪽손목뒹근.

^fFCR: 노쪽손목굽힘근.

^gFCU: 자쪽손목굽힘근.

표 4. 키보드 종류에 따른 근활성도 다중비교

	UT ^a	MD ^b	AD ^c	ECR ^d	ECU ^e	FCR ^f	FCU ^g
60°~96°	.00*	.14	.00	1.00	.02	1.00	.02
60°~120°	.02	.00	.00	.01	.00	.03	.04
60°~표준형	.00	.00	.00	.06	.00	.00	.00
96°~120°	1.00	.07	.00	.13	.00	.08	1.00
96°~표준형	.03	.73	.00	.02	.00	.23	1.00
120°~표준형	.00	.40	.01	1.00	.00	.74	1.00

*p 값.

^aUT: 위등세모근.

^bMD: 중간어깨세모근.

^cAD: 앞어깨세모근.

^dECR: 노쪽손목뾰근.

^eECU: 자쪽손목뾰근.

^fFCR: 노쪽손목굽힘근.

^gFCU: 자쪽손목굽힘근.

표 5. 키보드 종류에 따른 정확도, 오타수, 편리도 비교

	끼인각 60°	끼인각 96°	끼인각 120°	표준형	p
정확도(%)	91.01±3.61 ^a	92.01±5.92	90.01±4.83	93.52±2.73	.06
오타수(개)	10.12±4.51	9.12±7.03	11.52±5.61	7.30±3.12	.05
편리도(점)	2.80±1.92	3.20±1.53	3.42±1.21	2.81±1.92	.04

^a평균±표준편차.

활성도가 감소함을 보고하였으나, 본 연구의 예비실험에서는 끼인각 60°에서 근활성도가 감소했었고, 연구대상자의 표본 규모에 따른 차이를 고려하여 끼인각 120°를 추가하였으며, 선정 이유를 자세히 언급하면 아래와 같다.

최혜선 등(2006)은 양어깨사이길이 및 팔길이 비교 시, 미국인에 비하여 한국인의 팔길이 상대적으로 짧았기 때문에 팔꿈관절 90° 굽힘 자세에서 팔꿈치손끝길이도 한국인이 상대적으로 짧을 것으로 예측하였다. 이것에 근거하여, 양어깨사이길이인 한 변과 좌우측 팔꿈치손끝길이인 두 변이 만나, 길이가 일치하는 경우에는 정삼각형, 길이가 차이가 나면 예각이나 둔각삼각형을 이루게 되므로 수직형 키보드의 수평면 끼인각을 60° ≤끼인각<90° 또는 끼인각>90°으로 예측할 수 있었다. 특히, van Galen 등(2007)은 표준형 키보드와 비교 시, 수평면 끼인각 96° 수직형 키보드가 상지의 근활성도 감소에 적합하다는 연구 보고와 결부시켰을 때, 양어깨사이길이 비슷함에 비하여 상지의 길이가 한국인이 짧거나 긴 경우에 양 상지의 끼인각이 더 커지거나 짧아져서 수직형 키보드의 끼인각이 96° 전후로 형성될

것이다. 본 연구의 예비실험 결과에서 연구대상자의 양어깨사이길이는 미국인 통계자료와 비슷하였고, 팔길이는 미국인 보다 상대적으로 짧았다. 그러나 수직형 키보드의 수평면 끼인각에 결정적 역할을 제공하게 되는 팔꿈치손끝길이 오히려 길었기 때문에, 수평면 끼인각이 96°보다 작은 60°를 예상하였다. 또한, 연구대상자의 체형이나 표본 규모 차이를 고려하여 끼인각 설정을 60°, 96°, 120°로 하였다. 수직형 키보드 수평면 끼인각이 0°와 30°인 경우는 예비 실험에서 연구 목적에 부합하지 않는 손목뾰 증가로 인하여 독립 변수의 수준에서 제외하였다(최혜선 등, 2006; van Galen 등, 2007; Won 등, 2009).

이론적으로, 수직형 키보드의 수평면 끼인각 60° 선정은 역삼각함수를 이용하여 구체적으로 계산할 수 있었다. $y=\sin(x)$ 라는 삼각함수에서는, $x(\text{degree})$ 값에 따라 $y(\text{radian})$ 값을 구하지만, 이 함수의 역삼각함수인 $\arcsin(y)=x$ 를 이용하여, 양어깨사이길이(43.6 cm)를 밑변으로 하고 양쪽 팔꿈치손끝길이(45.8 cm)를 빗변으로 하는 이등변삼각형의 끼인각(2θ)을 구할 수 있었다. 즉, $\arcsin(21.8/45.8)=\theta$ 에서, $2\theta=57.2^\circ$ 이었으며, 체형에 따

른 실제 길이차를 고려하여 수직형 키보드의 수평면 끼인각은 60°로 선정하였다(송영무 등, 1996).

Van Galen 등(2007)은 %MVC는 전통적으로 많이 사용되는 방법이나 값이 너무 작게 나올 가능성 때문에 5% 실험 시 최대 수축값(maximum experimental contraction; MEC)을 정규화에 사용하였고, 본 연구에서는 키보드작업 시 체질인류학적인 차이의 최소화에도 불구하고 연구대상자 간 근력 차이 등을 감소시키기 위하여 %MVC나 %MEC 보다 자발적 기준 수축이 좀 더 타당하다고 판단되어, 근전도 제곱평균제곱근 평균값의 정규화를 위해 자발적기준수축값의 백분율(%RVC)을 사용하였다(강도기, 2006; 김효준, 2006; Cook 등, 2004; van Galen 등, 2007).

Barr 등(2001)은 상지의 자세 변화에 따른 원위부의 근활성도 변화에 대한 연구에서 손목의 중립자세 시 위팔두갈래근과 노쪽손목뽀름근에서 근활성도가 유의하게 감소됨을 보고하였다. 또한 Fujii 등(2007)도 손목의 펌과 굽힘 시 중립자세에서 노쪽손목뽀름근에서 근활성도가 유의하게 감소됨을 보고하였다. Schoenmarklin과 Marras(1990)는 손목의 중립자세에서 손목뽀로부터 발생하는 순반발력(net reaction force)의 감소로 인하여 건염이나 건초염의 감소를 보고하였다. Kreulen과 Smeulders(2008)는 노쪽손목굽힘근의 건이식술에 대한 연구에서 손목의 중립자세에서 최대 근수축력을 발휘할 수 있음을 보고하였다. 따라서 손목의 중립자세가 손의 관련 근육의 근활성도 감소에 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 본 연구 결과에서도 손목이 중립자세에 가장 가까운 끼인각 60°인 수직형 키보드에서 근활성도가 감소하였다.

본 연구 결과에서 수평면 끼인각이 60°인 수직형 키보드가 다른 3가지 키보드(수평면 끼인각이 96°와 120°인 수직형 키보드, 표준형 키보드)에 비하여 상지의 근활성도가 유의한 차이로 감소(노쪽손목뽀름근 제외)한 원인은 손목 및 전완의 중립자세와 더불어 신전근 기전축진, 근 길이-장력 관계 등으로 설명될 수 있다. 상술하면, 수평면 끼인각이 60°인 수직형 키보드는 손목 펌, 자빠측 편위, 어깨관절 벌림 등이 억제되는 손목 및 아래팔 중립자세로 근부하가 감소하였을 것이다. 또한 수평면 끼인각이 60°인 수직형 키보드를 사용할 때, 표준형 키보드를 사용하는 경우 보다 손과 아래팔의 중력영향이 상대적으로 감소하게 되었고 또한, 손의 신전근 기전 구성 요소인 근건 연쇄기능이 상대적으로 향상되었으며 관련 근육들의 근부하가 작아져서 결과적으로 근활성도가 감소되었을 것이다(도널드뉴만, 2004). 근활

성도의 감소 원인을 근 길이-장력 관계 측면에서 살펴보면, 대부분의 근육들의 최대의 힘은 그 근 길이가 휴식기 동안 길이의 1.2배 정도에서 발휘되며 이 적정길이에서 짧아지거나 길어지면 근육의 힘이 떨어지는데, 전완의 각도가 변함에 따라 근육의 길이에 변화가 생겨 최대 힘을 낼 수 있는 적정길이가 변하게 된다. 따라서 수평면 끼인각이 60°인 수직형 키보드가 상지 근육의 적정길이를 확보하는데 적합한 자세이기 때문에 근활성도가 감소하였을 것이다(권혁철 등, 2004; 손민균 등, 2002; Fagarasanu 등, 2004). 위와 대조적으로, 표준형 키보드는 손목관절이 중립자세가 아닌 점에 기인하여 근활성도가 증가되고, 수평면 끼인각이 96°와 120°인 수직형 키보드는 손목관절이 중립자세에 가깝지만, 어깨관절 벌림이 상대적으로 증가하여 자세의 불안정성 증가를 보상하려는 근위부 및 원위부 근 협력작용에 의해 결과적으로 근활성도가 증가하였을 것이다.

타이핑작업의 정확도에 있어서 표준형이 93.5%인데 비하여 수직형 키보드 모두 90%(91, 92, 90%)이상으로 유의한 차이가 없었던 것과 편리도는 유의한 차이가 수평면 끼인각 60°와 120°인 수직형 키보드에서만 있었고, 표준형 키보드와 수평면 끼인각이 60°인 수직형 키보드에서는 동일한 2.8점(아주 편하다와 보통 사이)이 산출된 것과 나머지 수평면 끼인각이 96°와 120°인 수직형 키보드에서 3.2점과 3.4점(보통과 약간 힘들다 사이)으로 산출된 것은 수직형 키보드의 긍정적 측면을 대변해 주는 것으로 생각된다. 그러나, 오타수에 있어서 유의한 차이는 없었지만, 표준형 7.3개에 비하여 수직형 키보드가 각각 10.1, 9.1, 11.5개로 비교적 많이 산출된 것은 표준형 키보드에 비하여 적응정도가 부족하였음을 보여준다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구대상자가 남자로 한정된 것과 대상자의 수가 적어 일반화하는데 어려움이 있으며, 둘째, 새로운 수직형 키보드에 대한 충분한 적응시간을 부여하기 위하여, 일주일 동안, 3회 각 30분과 실험전 5분씩 2회의 적응시간을 부여하였으나, van Galen 등(2007)의 주 2회 30분씩 및 실험 직전 1분의 적응시간을 부여한, 전체 4주간의 연구에 비하여 적응시간이 부족하였다. 셋째, 표면 근전도는 침 근전도와 달리 피부에 표면 전극을 부착하여 시행하므로 피부에 가까운 근육만 검사하고, 주위의 근육이나 심부의 근육이 결과에 영향을 줄 가능성이 있다.

향후, 연구대상자의 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이 변화를 포함한 즉, 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이

이보다 길이가 긴 경우와 양어깨사이길이가 팔꿈치손끝 길이 보다 짧은 경우, 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이 같은 경우를 요인(factor)에 추가하여, 성별 및 수직형 키보드의 수평면 끼인각 변화에 따른 연구도 수행한다면, 각 개인에게 더욱 적합한 맞춤형 수직형 키보드를 제작할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 컴퓨터 타이핑작업 시 수직형 키보드의 수평면 끼인각(60°, 96°, 120°)에 따라 상지의 근활성도 변화를 표면 근전도 시스템을 사용하여 비교한 결과, 연구대상자의 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이가 차이가 없을 때, 수평면 끼인각이 60°, 96°, 120°인 수직형 키보드, 표준형 키보드 순서로 근활성도가 증가함을 확인할 수 있었다. 따라서, 수직형 키보드를 사용한 타이핑작업 시, 양어깨사이길이와 팔꿈치손끝길이가 차이가 없는 경우에, 상지의 작업관련성 근골격계 질환 감소 및 예방을 위하여 수평면 끼인각 60°인 수직형 키보드가 적합할 것이다.

인용문헌

강도기. 키보드 타이핑 작업 시 팔뚝 지지방법에 따른 근활성도 비교. 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2006.
김민욱. 키보드 높이와 디자인에 따른 상지의 자세 변화와 승모근 긴장에 관한 연구. 서울대학교 대학원, 석사학위 논문, 2000.
김효준. 근골격계질환 예방을 위한 마우스 작업의 손목 지지대 개선. 한국과학기술원, 석사학위논문, 2006.
권혁철, 정동훈, 공진용. 문서입력 작업 시 컴퓨터 키보드 유형이 손목관절의 운동학적 특성에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2004;11(1):35-43.
노동부. 영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리지침. 2004;2-11.
도널드뉴만. 근골격계의 기능해부 및 운동학. 서울, 정담미디어, 2004:241-243.
손민균, 안병희, 윤용순. 전완의 자세에 따른 회외, 회내의 힘과 근전도 활성도. 대한재활의학회지. 2002;26(4):432-438.

송영무, 박형빈, 정권수 등. 미적분학. 경문사, 1996:133-138.
정병권. 컴퓨터 키보드의 경사도가 정중신경의 잠복시와 단무지외전근의 긴장도에 미치는 영향. 용인대학교 대학원, 석사학위논문, 2004.
최정화, 양성환, 박범. 인간공학적 키보드의 수행도 및 자세 평가에 관한 연구. 한국안전학회지. 1999;14(4):168-175.
최혜선, 이경화, 강여선. 한국과 미국 성인의 3차원 인체치수 비교. 한국의를학회지. 2007;31(6):892-901.
Barr AE, Goldsheyder D, Ozkaya N, et al. Testing apparatus and experimental procedure for position specific normalization of electromyographic measurements of distal upper extremity musculature. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2001;16(7):576-585.
Cook C, Burgess-Limerick R, Papalia S. The effect of upper extremity support on upper extremity posture and muscle activity during keyboard use. Appl Ergon. 2004;35(3):285-292.
Duncan J, Ferguson D. Keyboard operating posture and symptoms in operating. Ergonomics. 1974;15:651-662.
Fagarasanu M, Kumar S, Narayan Y. Measurement of angular wrist neutral zone and forearm muscle activity. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19(7):671-677.
Fujii H, Kobayashi S, Sato T, et al. Co-contraction of the pronator teres and extensor carpi radialis during wrist extension movements in humans. J Electromyogr Kinesiol. 2007;17(1):80-89.
Gilad I, Harel S. Muscular effort in four keyboard designs. Int J Ind Ergon. 2000;26(1):1-7.
Hansson GA, Nordander C, Asterland P, et al. Sensitivity of trapezius electromyography to differences between work tasks-influence of gap definition and normalization methods. J Electromyogr Kinesiol. 2000;10(2):103-115.
Hedge A, Powers JR. Wrist postures while keyboarding: Effects of a negative slope keyboard system and full motion forearm supports. Ergonomics. 1995;38(3):508-517.
Kreulen M, Smeulders MJ. Assessment of flexor carpi ulnaris function for tendon transfer

- surgery. *J Biomech.* 2008;41(10):2130-2135.
- Marklin RW, Simoneau GG. Effect of setup configurations of split computer keyboards on wrist angle. *Phys Ther.* 2001;81(4):1038-1048.
- Marklin RW, Simoneau GG, Monroe JF. Wrist and forearm posture from typing on split and vertically inclined computer keyboards. *Hum Factors.* 1999;41(4):559-569.
- Schoenmarklin RW, Marras WS. A dynamic biomechanical model of the wrist joint. In: *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Human Factors Society.* Orlando, Fla, Human Factors and Ergonomics Society, 1990:805-809.
- Simoneau GG, Marklin RW, Berman JE. Effect of computer keyboard slope on wrist position and forearm electromyography of typists without musculoskeletal disorders. *Phys Ther.* 2003;83(9):816-830.
- Szeto GPY, Straker LM, O'Sullivan PB. EMG median frequency changes in the neck-shoulder stabilizers of symptomatic office workers when challenged by different physical stressors. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(6):544-555.
- van Galen GP, Liesker H, Haan A. Effects of a vertical keyboard design on typing performance, user comfort and muscle tension. *Appl Ergon.* 2007;38(1):99-107.
- Won EJ, Johnson PW, Punnett L, et al. Upper extremity biomechanics in computer tasks differ by gender. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(3):428-436.

논문접수일 2009년 월 일

논문게재승인일 2009년 월 일

〈부록〉

측정 및 설문지

이름:	우세손:	손길이: cm
나이: 세	체질량지수: kg/m ²	타이핑속도: 타/분
체중: kg	양어깨사이길이: cm	수행도: %
신장: cm	팔꿈치손끝길이: cm	오타수: 개
앞은 키: cm	팔길이: cm	정확도: %

점수	편리도	끼인각 60°	끼인각 96°	끼인각 120°	표준형
1	전혀 힘들지 않다				
2	아주 편하다				
3	보통이다				
4	약간 힘들다				
5	힘들다				
6	매우 힘들다				
7	더 이상 못 하겠다				