Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 27, No. 3 pp.33-41, August 2008

키보드와 마우스 사용시 착용식 손목 지지대 효과

박경수 · 박강효 · 홍기범

KAIST 산업공학과

The Effect of Wearable Wrist Rest During Keyboard and Mouse Use

Kyung Soo Park, Kang Hyo Bak, Gi Beom Hong

Department of Industrial Engineering, KAIST, Daejeon, 305-701

ABSTRACT

The goal of this study was to compare wrist posture, muscular loads and perceived comfort among wearable wrist rest (WR), general wrist rest(GR), no wrist rest(NR) during keyboard and mouse use. Thirteen subjects performed text editing task in three test conditions: wearable wrist rest(WR), general wrist rest(GR), no wrist rest(NR). During text editing task, the right wrist posture was recorded by an electrogoniometer and the muscle activity in upper trapezius, anterior deltoid, extensor digitorum, extensor carpi ulnaris were recorded by electromyography. After all of the tests, the subjects rated perceived comfort. Working with wearable wrist rest(WR), compared to no wrist rest(NR) and general wrist rest(GR), decreased wrist radial/ulnar deviation and also decreased muscle activity in upper trapezius and anterior deltoid. At the same time, in work with wearable wrist rest(WR), the subjects rated more comfort at 5 of 8 body locations(shoulder, upper arm, wrist, hand, body).

Keyword: Wrist rest, Musculoskeletal disorders, EMG, Electrogoniometer

1. 서 론

최근 연구들을 보면 직장인의 25% 이상이 근무시간의 절반을 컴퓨터를 활용하여 업무를 수행하고 있음이 확인되었다(Hjelm et al., 2000). 업무에 컴퓨터를 활용함에 따라 업무의 편리성과 신속성이 증대되었지만, 부작용으로 누적외상성장애(Cumulative trauma disorders)가 나타나기 시작하였다(Hedge and Powers, 1995; Herington and Morse, 1995).

미국에서는 사무근로자중 근골결계 질환 사례가 1985년부터 1990년 사이에 10배나 증가하였으며(Fahrbach et al., 1990), 컴퓨터를 사용하는 작업환경에서 근무하는 신입사원들 중 절반이 입사 첫해에 근골격계 질환과 관련된 증상을 경험하였다(Gerr et al., 2002).

특히 윈도우, 맥, 유닉스 시스템에서는 GUI 환경을 제공하기 때문에 키보드 뿐만 아니라 키보드 이외의 입력장치를 필요로 하게 되었다. 여기에는 컴퓨터 마우스, 터치패드, 트랙볼 그리고 조이스틱과 같은 입력장치가 있는데 일반적으로는 키보드와 마우스 조합을 가장 많이 사용하고 있다(Hedge et al., 1999). 키보드와 마우스 사용간 부적절한 자세, 반복된 행위, 정적인 힘과 접촉 스트레스가 근골격계 질환 요인으로 보고되었다(Bernard, 1997; Amell and Kumar, 2000). 이러한 키보드와 마우스의 사용 때문에 발

교신저자: 박경수
주 소: 305-701 대전광역시 유성구 구성동 373-1, 전화: 042-869-3152, E-mail: kspark@kaist.ac.kr

생한 근골격계 질환을 예방하기 위한 방법으로 손목 지지대를 사용한 연구가 있었다(Bendix and Jessen, 1986; Parsons, 1991; Hedge and Power, 1995). 키보드 사용시 손목 지지대를 사용함으로써 손목을 중립적인 상태에 두어 손목의 신장 및 굴곡을 줄이고(Albin, 1997), 마우스 사용시에는 손목 지지대를 사용함으로서 손목의 신장과 요측편차를 감소시킬 수 있었다(Damann and Kroemer, 1995).

하지만 손목 지지대에 관한 기존 연구들에서는 키보드 혹은 마우스의 사용만을 고려하여 효과를 살펴보았기 때문에 정작 키보드와 마우스를 번갈아 가면서 사용하는 경우에는 효과가 나타나지 않을 수도 있다. 키보드만 사용할 때와 키보드와 마우스를 같이 사용할 때 2가지 경우를 비교하기 위해 text editing task를 수행한 연구에서, 키보드만 사용한 경우는 손목 척측 편차가 1.8도 였으나 키보드와 마우스를 같이 사용한 경우는 손목 척측 편차가 17.6도로 훨씬 높은 수치를 기록하였다(Karqvist et al., 1994). 그리고 키보드와 마우스를 같이 사용하는 작업을 할 때가 키보드 혹은 마우스만을 사용한 경우보다 작업 범위가 넓고 어깨 근육의 부하가 크다는 것을 확인할 수 있다(Dennerlein and Johnson, 2006).

이러한 연구배경과 관련 연구에 따라 본 연구의 목적은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 text editing task를 하는 동안 손목 지지대가 있을 때와 없을 때 근육부하와 손목 움직임이 어떻게 다른지를 확인하는 것이며, 두 번째는 착용식 손목 지지대의 효과를 일반 손목 지지대와 손목 지지대가 없는 경우와 비교하여 효과를 검증하는 것이다.

2. 손목 지지대 소개

착용식 손목 지지대의 형태는 [그림 1] 왼쪽 사진과 같으며 크게 손목에 착용하는 아대와 아대에 부착하는 받침대로 구성되어 있다. 크기가 작고 가벼우며 두 부분으로 구성되어 있어 휴대하기 용이하다. 또한 받침대에는 4개의 ball caster가 부착되어 있어 작은 힘으로도 좌우앞뒤 이동이 가능하고 받침대는 아대에 탈부착 및 위치조절이 가능하다.

그림 1. 착용식 손목 지지대(왼쪽), 일반 손목 지지대(가운데), 손목 지지대 없는 경우(오른쪽)

3. 실험방법

3.1 피실험자

13명의 건강한 남자 대학원생이 실험에 참여하였다. 성별에 따른 영향을 없애기 위해서 피실험자를 남자로만 국한시켰으며, 오른손을 이용하여 마우스를 사용하는 피실험자를 대상으로 실험하였다. 피실험자 세부사항은 표 1과 같다.

표 1. 피실험자 세부사항

구분	값
피실험자 인원(person)	13
나이(age)	27.38
키(cm)	176.46
컴퓨터 사용 기간(year)	12.7
1일 컴퓨터 사용시간(hour)	7.15

3.2 실험환경

의자 및 모니터의 높이와 위치는 조절 가능하고 작업대 표면에 아랫팔을 지지하되 팔꿈치는 지지하지 못한다. 키보드의 위치는 아랫팔을 지지하기에 편한 위치에 놓고 마우스는 키보드의 우측편에 평행하게 위치한다. 키보드 손목 지지대는 키보드의 높이와 동일하며 키보드 앞에 붙여 사용한다. 실험 진행간에는 의자, 모니터, 키보드의 위치를 변경하지 못한다.

3.3 과제

과제는 text editing을 활용하였다(Karqvist et al., 1994; Gustafsson and Hagberg, 2003). [그림 2]와 [그림 3]과 같이 dual monitor를 활용하여 왼쪽 모니터에는 수정을 하여야 할 문제지를 제시하고 오른쪽 모니터에는 모범 수정안을 제시하였다.

글자 입력은 키보드로 입력을 하며 그 외의 작업들인 이동, 텍스트 강조, 글자 굵게, 기울기, 밑줄, 단락 위치, 글자 크기 및 그래프 수정은 마우스를 활용하여 수정을 하도록 하였다. 수정할 부분에는 번호를 부여하여 찾기 쉽게 하였으며, 수정순서는 랜덤이 아니라 순차적으로 하도록 하였다.

단, 수정 작업은 동일하나 수정될 내용을 다르게 구성하여 학습 효과를 배제하도록 하였다. 또한 키보드와 마우스

작업을 번갈아 할 수 있도록 구성하였으며 세부 과제의 수는 22개로 동일하게 구성하였다.

인터넷 배너광고

종래의 상품과 기업정보를 소비자에게 알리는 마케팅 활동의 일부에 지나지 않는 것에 반해 인터넷광고(Internet Advertising)는 그곳을 입구(Portal)로 소비자를 불러들여 실제 상거래로까지 이어지게 하는 것도 가능하다. 인터넷에서 가장 널리 사용되고 있는 마케팅(Marketing) 수단은 배너(Banner)라고 불리는 장방형(띠 형태)의 광고를 표시하는 배너광고다. 배너를 포함하여 전세계의 네트워크(Network) 광고시장의 규모는 증가하는 추세이다.

1. 배너광고의 형태

인터넷 배너광고는 많은 부분에 사용되는데 특히, 방송(Broadcasting), 신문 사이트(Newspaper Site) 등에 광고용 또는 배너교환광고용, 그리고 홈페이지의 액세서리(Accessories)로도 이용되고 있다. 그러나 동일한 배너광고를 3회 이상 접하게 되면 사용자는 흥미를 느끼지 않게 된다고 한다. 일명 <Banner Burnout>이라고도 한다. 따라서 고정적으로 게재하는 경우는 1주일에 1번 정도의 사이클(Cycle)로 변경해 주어야 한다.

그림 2. 수정할 텍스트(왼쪽 모니터 화면)

1)인터넷 배너광고

종래의 2)**[광고가]** 상품과 기업정보를 소비자에게 알리는 마케팅 활동의 일부에 지나지 않는 것에 반해 3)인터넷광고(Internet Advertising)는 그곳을 입구(Portal)로 소비자를 4)**[자사 사이트로]** 불러들여 실제 상거래로까지 이어지게 하는 것도 가능하다. 인터넷에서 가장 널리 사용되고 있는 마케팅(Marketing) 수단은 5)배너(Banner)라고 불리는 장방형(띠 형태)의 광고를 6)**[홈페이지에]** 표시하는 배너광고다. 배너를 포함하여 전세계의 7)***네트워크(Network)*** 광고시장의 규모는 증가하는 추세이다.

1. 배너광고의 형태

인터넷 배너광고는 많은 부분에 사용되는데 특히, 8)**[조회수가 높은 검색엔진(Search Engine)]** 방송(Broadcasting), 9)신문 사이트(Newspaper Site) 등에 광고용 또는 배너교환광고용, 그리고 홈페이지의 액세서리(Accessories)로도 이용되고 있다. 그러나 동일한 배너광고를 3회 이상 접하게 되면 사용자는 흥미를 느끼지 않게 된다고 한다. 일명 <Banner Burnout>이라고도 한다. 따라서 고정적으로 게재하는 경우는 1주일에 1번 정도의 사이클(Cycle)로 10)[광고의 형태나 창의성 있는 형태로] 변경해 주어야 한다.

그림 3. 모범 수정안 텍스트(오른쪽 모니터 화면)

3.4 측정방법

3.4.1 손목 움직임

오른 손목의 요측/척측 편차와 굴곡/신장을 측정하기 위해 Twin axis electrogoniometer와 data logger(DA100C, MP100A; BIOPAC Systems, Inc.)가 사용되었다. 부착위치는 참고선(Bucholz and Wellman, 1997)을 활용하여 telescopic endblock은 손등 위에 fixed endblock은 아랫팔 위에 올린 후 수술용 양면테이프로 부착하였다.

Calibration은 피실험자별로 실시하였으며, 측정을 위해 피실험자는 의자에 앉은 편안한 상태에서 팔꿈치를 90도로 유지하고, 손바닥은 펴서 작업대 표면 위에 올려 놓으며, 손목 굴곡/신장 및 요측/척측 편차가 0도인 중립적인 자세를 취하였으며, 이를 영점(Greene and Heckman, 1994; Cook et al., 2004)으로 조정하였다. 그 후 손목을 위로, 우로 각각 20도 만큼 꺾은 상태의 값들을 scaling하였다. Sampling rate는 16Hz이고, data는 측정 시스템에서 PC(Pentium 4-1, 8G, 512RAM)로 옮겨진 후 Acqknowledge 3.8.1 소프트웨어를 이용하여 처리되었다. Task를 진행하는 동안 평균적으로 얼마나 손목이 꺾여 있는지를 확인하기 위해 획득된 신호를 8Hz의 low pass filter를 거친 후 8개 sample씩 averageg한 RMS(Root Mean Square)값을 구한다. 그 후 전체 구간의 넓이(적분값)를 시간으로 나누어 작업간 손목 움직임을 구하였다.

3.4.2 근육부하

EMG(EMG100C, MP100A; BIOPAC Systems, Inc.)를 통해 오른쪽 팔 부위 승모근(UT: upper trapezius), 전방 삼각근(AD: anterior deltoid), 지신근(ED: extensor digitorum), 척추수근신근(ECU: extensor carpi ulnaris) 총 4 곳의 근육부하를 측정하였다.

근육부하를 측정하기 위해서는 우선 표면전극을 부착할 부위를 면도한 후 알코올 솜으로 닦아내고 sandpaper로 가볍게 문지른 다음 젖은 거즈로 닦아낸다. 이러한 과정을 거치는 이유는 피부에서 발생할 수 있는 crosstalk를 제거하기 위해서이다. 이러한 과정을 거친 후 표면전극(surface electrode)을 부착하게 되는데, 승모근은 쇄골(clavicle)의 견봉(acromion)과 7번 경추(cervical)를 잇는 직선상의 중점에 부착을 한다(Zipp, 1982). 전방 삼각근(AD), 지신근(ED)와 척추수근신근(ECU)는 기존의 연구를 참고하여 부착을 하였다(Basmajian and De Luca, 1985; Basmajian and Blusmenstein, 1983; Perotto, 1994).

근육부하를 측정하기 위해 sampling rate은 1024Hz로 설정하였으며, 얻어진 data를 20~500Hz의 band pass filter를 거쳐 100개 sample씩 average된 RMS를 구한 후 전체 구간 넓이(적분값)를 시간으로 나누어 'EMG amplitude'를 구한다. 이렇게 구해진 amplitude는 피실험자의 나이, 성별, 근육 단면적의 크기, 피부두께 등등의 피실험자 개별성에 의해서 영향을 받기 때문에 피실험자간의 EMG amplitude를 비교하기 위해서는 정규화(normalize)과정이 필수적이다.

보통 정규화(normalize)과정을 위해 RVC(Reference voluntary contraction)를 사용하거나 MVC(Maximum voluntary contraction)에 대한 비율로 나타낸다. 두 방법 모두 어떤 기준값을 정하고 그 값의 몇 %에 해당하는지를 표시하는 방법으로서 MVC는 피실험자가 해당 근육에 최대 등척성 수축을 가했을 때의 RMS 값을 기준으로 삼는 반면, RVC는 특정 동작을 취했을 때의 RMS 값을 기준으로 삼는다. 보통 힘이 많이 들어가는 동작인 경우는 MVC로 정규화하고, 힘이 적게 들어가는 동작인 경우 민감성을 높일 수 있는 방법으로 RVC 방법이 선호되는데 본 실험에서는 승모근(UT)와 전방 삼각근(AD)의 경우 RVC를, 지신

근(ED)와 척추수근신근(ECU)의 경우는 MVC를 측정하여 normalize에 이용하여 %MVC(%RVC)로 나타내었다.

승모근(UT)의 RVC의 경우 2.0kg의 아령을 팔꿈치를 편 채 어깨 굴곡 90°의 각도로 수직으로 들어올리고 손목은 중립의 자세에서 10초씩 2회 측정하였다. 전방 삼각근(AD)의 RVC의 경우는 같은 무게의 아령을 팔꿈치를 편 채 어깨 외전 90°의 각도로 손목을 90도 외전시킨 자세로 10초씩 2회 측정하였다(김정룡, 1999; 안대진, 2004). 그리고 지신근(ED)와 척추수근신근(ECU)의 경우 각각 손의 아래에서 위쪽으로, 손의 왼쪽에서 오른쪽 바깥으로 5초간 2회씩 힘을 주어 MVC 값을 구하였다(Gustafsson and Hagberg, 2003).

3.4.3 주관적 편안함

실험을 모두 진행한 후에 피실험자들은 설문지를 통하여 목, 어깨, 상박, 하박, 손목, 손, 손가락, 총체적 편안함까지 총 8부분에 대하여 착용식 손목 지지대, 일반 손목 지지대, 손목 지지대 없는 경우에 대해 얼마나 편안함을 느꼈는지 점수를 부여하였다. Bipolar scale로 점수 범위는 −4(very poor comfort)에서부터 +4(extremely comfort)까지 부여하였다(Karlqvist et al., 1995).

3.5 실험 절차

피실험자는 실험실에 도착하게 되면 먼저 기초 설문지를 작성하였다. 그 후 실험에 대해 자세한 설명을 듣고, 실험에 사용할 착용식 손목 지지대의 착용 및 사용법을 들으며 충분한 연습시간을 가진 후 실험에 임하게 하였다. [그림 4]와 같이 피실험자는 모니터와 키보드의 위치 및 의자의 높이를 조절하고 나서 표면전극을 오른팔과 어깨에 부착을 하여 MVC와 RVC를 측정하였다. 그리고 오른쪽 손목 위에 elctrogoniometer를 부착한 후 영점조정을 하였다.

그림 4. 피실험자 실험장비 부착한 모습

실험간 피실험자들은 balanced된 random 순서로 착용식 손목 지지대, 일반 손목 지지대, 손목 지지대가 없는 경우에 대하여 준비된 4개 task set 중 random하게 선택된 3개의 set에 대하여 실험이 진행되었다. 실험간에 최소 10분 이상의 시간차이를 두어 혹시 있을지 모르는 after effect를 제거하였다.

4. 실험 결과 및 분석

분석 프로그램으로 minitab을 활용하였으며 3 종류의 지지대 사이에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위해 일원분산분석(One−way ANOVA)을 실시하였다. 유의한 결과가 나올 경우에는 어떤 집단간에 차이가 있는지를 확인하기 위해 Tukey test을 사용하여 쌍을 이루는 모든 데이터의 수준 평균간 차이에 대한 신뢰구간을 구하였다. 만약 일원분산분석에서 유의한 결과가 나오지 않을 경우에는 paired t−test를 실시하였다.

4.1 손목 움직임

4.1.1 손목 좌우 움직임

일원분산분석 결과 p−value가 0.656이 나와서 paired t−test를 실시하였으며 결과는 표 2와 같다.

표 2. Paired t−test 후 손목 좌우 꺾임 평균과 95% 신뢰구간 및 p−value(n=13)

대상 A (Mean)	대상 B (Mean)	95% CI		p−value
		Lower	Upper	
NR(16.045)	GR(15.708)	−0.862	1.534	0.552
NR(16.045)	WR(15.124)	−0.202	2.043	0.099*
GR(15.708)	WR(15.124)	−0.059	1.227	0.071*

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level; ***significant at 0.01 level

Paired t−test를 실시한 결과를 보면 착용식 손목 지지대를 사용할 경우에만 손목 지지대 없는 경우와 일반 손목 지지대를 사용하는 경우보다 좌/우측 손목 움직임이 유의(p<0.1)하게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 착용식 손목 지지대를 사용하면 손목 지지대가 없는 경우보다 6%, 일반 손목 지지대보다 4% 정도 손목의 움직임을 줄일 수 있다.

4.1.2 손목 위아래 움직임

손목 위아래 꺾임 정도를 알아보기 위해 일원분산분석을 하였으며 결과는 표 3과 같다.

표 3. 일원분산분석 후 손목 위아래 꺾임 평균(SD)과 p-value(n=13)

NR Mean(SD)	GR Mean(SD)	WR Mean(SD)	p-value
23.740(4.063)	14.790(3.569)	12.374(3.856)	0.000***

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level; ***significant at 0.01 level

일원분산분석 결과 p-value가 0.000이 나왔으며 어느 집단간에 차이가 있었는지 확인하기 위해 Tukey test를 실시하였다.

표 4. 위/아래 손목 움직임에 대한 Tukey test 95% 동시신뢰구간

대상 A	대상 B	95% CI	
		Lower	Upper
NR	GR	−12.630	−5.270
NR	WR	−15.046	−7.686
GR	WR	−6.096	1.264

Tukey test 결과는 표 4와 같으며 이를 통해 손목 지지대 없는 경우와 일반 손목 지지대간, 손목 지지대 없는 경우와 착용식 손목 지지대간에는 차이가 있으며, 일반 손목 지지대와 착용식 손목 지지대간에는 차이가 없음을 확인할 수 있다. 특히 손목 지지대가 없는 경우에 키보드와 마우스를 작업을 할 경우에는 손목이 약 23도 정도 꺾인 상태로 작업을 하게 되는데, 기존 관련 연구들을 보았을 때 위/아래와 좌/우측 손목 꺾임이 20도를 넘게 되면 수근관내 압력이 증가하게 되어 손목과 손에 장애를 유발하는 위험요인이 된다(Keir et al., 1998; Rempel et al., 1994; Rempel and Gordon, 1998). 그러므로 키보드와 마우스 작업시에 일반 손목 지지대 또는 착용식 손목 지지대를 활용하여야 손목과 손에 장애 유발을 예방할 수 있다. 착용식 손목 지지대는 손목 지지대 없는 경우보다 48% 정도 줄일 수 있으며, 일반 손목 지지대는 손목 지지대 없는 경우보다 38% 정도 줄일 수 있었다.

4.2 근육부하

4.2.1 위쪽 승모근(UT: Upper trapezius)

위쪽 승모근 근육은 어깨를 뒤쪽으로 당기거나 아래로 내리고, 어깨를 들어올리는 작용을 한다. 승모근은 누적외상성장애가 잘 발생하는 근육으로 알려져 있으며(Chaffin and Anderson, 1991), 뿐만 아니라 반복 작업을 하면 근막통 증후군(myofascial pain syndrome, tension neck syndrome)이 가장 잘 침범하는 근육으로 알려져 있다(Kilbom, 1994). 따라서 키보드와 마우스 작업간 승모근 근육부하가 어느 정도인지 알아볼 필요가 있으며 실험 결과는 표 5와 같다.

표 5. 일원분산분석 후 위쪽 승모근의 %RVC 평균(SD)과 p-value(n=13)

NR Mean(SD)	GR Mean(SD)	WR Mean(SD)	p-value
25.326(3.876)	24.283(3.150)	21.316(1.913)	0.006***

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level; ***significant at 0.01 level

일원분산분석을 실시한 결과 p-value가 0.006이 나왔으며 어떤 집단간에 차이가 있는지 확인하기 위해 Tukey test 하였으며 결과는 표 6과 같다.

표 6. 위쪽 승모근에 대한 Tukey test 95% 동시신뢰구간

대상 A	대상 B	95% CI	
		Lower	Upper
NR	GR	−4.006	1.920
NR	WR	−6.972	−1.046
GR	WR	−5.929	−0.003

다중비교를 실시한 결과 손목 지지대 없는 경우와 일반 손목 지지대간에는 유의한 차이가 없지만 착용식 손목 지지대는 손목 지지대 없는 경우와 일반 손목 지지대와 비교할 때 유의한 차이가 있었다. 키보드와 마우스 작업간 착용식 손목 지지대를 활용하게 되면 손목 지지대 없는 경우보다 15%, 일반 손목 지지대보다 12% 정도 근육부하를 줄일 수 있다.

4.2.2 전방 삼각근(AD: Anterior deltoid)

전방 삼각근 근육(Anterior deltoid muscle)은 어깨를 내전(adduction)과 외전(abduction)하는데 사용되는 근육으로서 마우스와 키보드 작업간 근육부하 결과는 표 7과 같기 때문에 Tukey test를 실시하였으며 결과는 표 8과 같다.

일반 손목 지지대와 손목 지지대 없는 경우간에는 유의한 차이가 없으며, 착용식 손목 지지대와 손목 지지대가 없는 경우, 착용식 손목 지지대와 일반 손목 지지대간에는 유의한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 착용식 손목 지지대를 활용

표 7. 일원분산분석 후 전방 삼각근의 %RVC 평균(SD)과 p-value(n=13)

NR Mean(SD)	GR Mean(SD)	WR Mean(SD)	p-value
17.378(5.267)	17.474(3.589)	13.278(3.493)	0.022**

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level; ***significant at 0.01 level

표 8. 전방 삼각근에 대한 Tukey test 95% 동시신뢰구간

대상 A	대상 B	95% CI	
		Lower	Upper
NR	GR	−3.930	4.123
NR	WR	−8.127	−0.073
GR	WR	−8.223	−0.170

할 경우 손목 지지대 없는 경우보다 23%, 일반 손목 지지대를 활용하는 경우보다 24% 정도 전방 삼각근(anterior deltoid) 근육부하를 줄일 수 있다.

4.2.3 지신근(ED: Extensor digitorum)

지신근 근육(Extensor digitorum muscle)은 팔목 상단에 위치한 근육으로 생물학적으로 손등을 들어올리고 검지, 중지, 약지, 소지를 움직이는데 관여하는 근육으로서 부하가 많을 경우 수근관을 지나는 정중신경을 압박하여 수근관 증후근(carpal tunnel syndrome)을 유발하게 하게 된다. 따라서 지신근 근육(extensor digitorum muscle)에 근육부하를 낮추는 것이 수근과 증후근을 예방하는데 효과가 있다고 할 수 있다. 이에 따라 지신근(extensor digitorum)의 근육부하를 측정하였으며 일원분산분석을 실시한 결과 p=0.114가 나왔다. 따라서 paired t-test를 실시하였으며 그 결과는 표 9와 같이 나왔다.

표 9. Paired t-test 후 지신근의 %MVC 평균과 95% 신뢰구간 및 p-value(n=13)

대상 A (Mean)	대상 B (Mean)	95% CI		p-value
		Lower	Upper	
NR(15.178)	GR(12.784)	0.998	3.789	0.003***
NR(15.178)	WR(13.721)	−0.218	3.132	0.082*
GR(12.784)	WR(13.721)	−0.937	1.735	0.075*

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level; ***significant at 0.01 level

각 쌍간의 비교에서는 유의한 차이가 있었다. 키보드와 마우스 작업간에 손목 지지대 없는 경우, 착용식 손목 지지대, 일반 손목 지지대를 사용하는 순으로 근육부하가 줄어듬을 알 수 있고 착용식 손목 지지대가 일반 손목 지지대에 비교하였을 때 7% 정도 근육부하가 증가하였지만, 손목 지지대가 없는 경우보다는 9% 정도 근육부하가 감소되기 때문에 착용식 손목 지지대를 사용하는 것이 아무것도 사용하지 않는 것보다는 수근관 증후군을 예방하는데 도움이 된다고 할 수 있다.

4.2.4 척측수근신근(ECU: Extensor carpi ulnaris)

척추수근신근(Extensor carpi ulnaris) 근육은 팔목 우측(오른손 사용자)에 위치한 근육이며 손목의 좌우 움직임과 손등을 들어올리고 내리는데 관여하는 근육이다. 일원분산분석 결과 p=0.541이 나왔으며 이에 따라 paired t-test를 실시하였다. 결과는 표 10과 같다. Paired t-test 결과 손목 지지대 없는 경우와 일반 손목 지지대, 손목 지지대 없는 경우와 착용식 손목 지지대 사이에는 유의한 차이가 있었지만 일반 손목 지지대와 착용식 손목 지지대 사이에는 유의한 차이(p=0.141)가 없었다.

표 10. Paired t-test 후 척측수근신근의 %MVC 평균과 95% 신뢰구간 및 p-value(n=13)

대상 A (Mean)	대상 B (Mean)	95% CI		p-value
		Lower	Upper	
NR(18.560)	GR(17.006)	0.407	2.701	0.012**
NR(18.560)	WR(16.332)	0.566	3.891	0.013**
GR(17.006)	WR(16.332)	−0.259	1.607	0.141

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level; ***significant at 0.01 level

척추수근신근(Extensor carpi ulnaris) 근육부하를 줄이는 것이 손목과 관련된 근골격계 질환, 특히 좌우 움직임에 의해 발생하는 건염(tendonitis), 건초염(tenosynovitis)의 예방에 도움이 된다. 따라서 paired t-test 결과를 보았을 때 손목 지지대 없는 경우보다 일반 손목 지지대와 착용식 손목 지지대를 사용할 때 척추수근신근(extensor carpi ulnaris)의 근육부하를 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

4.3 주관적 편안함

모든 실험이 끝난 후 피실험자가 각각의 부위에 대해서 얼마나 편안함을 느꼈는지 Bipolar scale로 −4(very poor comfort)에서 +4(extremely comfort)까지 점수를 부여하여 설문조사를 하였으며 결과는 표 11과 같다.

표 11에서와 같이 8부위 중 5부위 어깨, 상박, 손목, 손, 몸전체에서 유의한 결과가 나타난다. 그 중에서 어느 집단간에 유의한 차이가 있었는지를 확인하기 위해 다시 Tukey

표 11. 일원분산분석 후 주관적 편안함에 대한 평균(SD)과 p-value(n=13)

부위	NR	GR	WR	p-value
	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	
목	0.308(0.947)	0.231(0.832)	0.385(1.193)	0.926
어깨	−0.077(0.760)	0.231(0.439)	0.769(1.013)	0.027**
상박	−0.385(0.870)	0.000(0.408)	0.846(1.144)	0.003***
하박	0.077(1.038)	0.000(1.155)	0.538(1.506)	0.500
손목	−0.154(1.281)	0.077(1.188)	1.769(1.166)	0.000***
손	−0.308(0.947)	0.077(0.760)	1.154(1.144)	0.001***
손가락	−0.231(1.013)	0.154(0.689)	0.231(0.725)	0.320
몸전체	−0.077(1.038)	0.154(0.801)	1.077(0.954)	0.008***

*significant at 0.1 level; **significant at 0.05 level;
***significant at 0.01 level

의 동시신뢰구간을 구한 결과 착용식 손목 지지대만이 일반 손목 지지대와 손목 지지대 없는 경우와 유의하게 차이가 있었다. 단 어깨 부분에서는 착용식 손목 지지대와 손목 지지대 없는 경우만이 유의한 차이가 있었다. 또한 어깨, 상박, 손목, 손, 몸전체에서 동일하게 손목 지지대가 없는 경우보다 일반 손목 지지대가 사용하는 경우가 편안함이 증가하였고, 일반 손목 지지대를 사용하는 것보다 착용식 손목 지지대를 사용할 때 편안함이 더 증가하는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 토의

5.1 결론

5.1.1 손목 움직임

손목 움직임에 관한 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 좌/우측 손목 꺾임 정도는 손목 지지대가 없는 경우와 일반 손목 지지대를 사용하는 경우에는 유의한 차이는 없었지만, 착용식 손목 지지대를 사용할 경우에는 손목 지지대 없는 경우보다 6% 정도 그리고 일반 손목 지지대를 사용할 때보다 4% 정도 좌/우측 손목 꺾임을 줄일 수 있었다.

둘째, 위/아래 손목 움직임에서는 일반 손목 지지대와 착용식 손목 지지대간에는 유의한 차이가 없었다. 그리고 손목 지지대 없이 키보드와 마우스 작업을 수행할 경우 위아래 손목 움직임이 20도가 넘어 근골격계 질환을 유발할 수 있으므로 착용식 손목 지지대 또는 일반 손목 지지대를 활용하여야 한다.

참고로 착용식 손목 지지대를 활용할 경우에는 손목 지지대 없는 경우보다 48%, 일반 손목 지지대는 손목 지지대 없는 경우보다 38% 정도 위아래 손목 움직임을 줄일 수 있었다.

5.1.2 근육부하

근육부하에 관한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 손목 지지대가 없는 경우와 일반 손목 지지대를 사용하는 경우에는 두 가지 지지대 형태간에 승모근(Upper trapezius)과 전방 삼각근(Anterior deltoid)에서 유의한 차이가 없었다.

둘째, 승모근(Upper trapezius)에서는 착용식 손목 지지대를 사용할 경우에는 손목 지지대가 없는 경우보다 15% 정도, 일반 손목 지지대 보다 12% 정도 근육부하를 줄일 수 있었으며, 전방 삼각근(Anterior deltoid)에서는 착용식 손목 지지대를 사용할 때가 손목 지지대 없는 경우보다 23% 정도, 일반 손목 지지대보다 24% 정도 근육부하를 줄일 수 있었다.

셋째, 지신근(Extensor digitorum)에서는 각 쌍간에 유의한 차이가 있었으며, 일반 손목 지지대를 사용할 때가 근육부하를 가장 줄일 수 있었고, 그 다음이 착용식 손목 지지대였다.

넷째, 척추수근신근(Extensor carpi ulnaris)에서는 일반 손목 지지대와 착용식 손목 지지대 사이에는 유의한 차이(p=0.141)가 없었지만 손목 지지대 없는 경우와 일반 손목 지지대(p<0.05), 손목 지지대 없는 경우와 착용식 손목 지지대(p<0.05)간에는 유의한 차이가 있었다. 따라서 손목 지지대가 없는 경우보다 일반 손목 지지대 사용시 8%, 착용식 손목 지지대 사용시 12% 정도 근육부하를 줄일 수 있다.

5.1.3 주관적 편안함

8 부위 중에서 5 부위(어깨, 상박, 손목, 손, 몸전체)에서 유의한 차이가 있었으며, 특히 5 부위에서 모두 손목 지지대 없는 경우 < 일반 손목 지지대 < 착용식 손목 지지대의 순서로 주관적 편안함이 높았다.

5.2 토의

Wrist radial/ulnar deviation에서 예상과는 달리 큰 차이가 나타나지 않았다. 이러한 이유는 손목을 neutral한 상태에서 영점으로 조정하였는데 마우스 작업시 보통의 경우 마우스를 잡은 손목이 항상 neutral한 상태보다 척측으로 꺾여 있고, 키보드 작업시에는 아랫팔 전체를 움직여서 키보드 작업을 하지 않고 아랫팔은 고정된 상태에서 손목만을 움직여서 editing 작업을 하였기 때문에 손목이 많이 꺾여

있었던 것 같다. 그리고 착용식 손목 지지대가 아대 형태로 제작되기는 하였지만 손목을 꽉 조여서 고정시키지 못하기 때문에 다른 형태의 지지대와 비슷하게 손목의 꺾임은 많이 줄이지 못한 것 같다.

지신근(Extensor digitorum) 근육에서는 착용식 손목 지지대보다 오히려 일반 손목 지지대를 사용한 경우가 근육부하를 더 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 피실험자들이 최초 착용식 손목 지지대에 대하여 연습은 하였지만 키보드와 마우스 이동간에 다른 형태의 지지대와는 달리 ball caster를 이용하여 이동을 하여야 한다는 생각에 의식적으로 힘을 주어 이동을 하였기 때문이라고 여겨진다.

척추수근신근(Extensor carpi ulnaris) 근육에서는 손목 지지대가 없는 경우보다 일반 손목 지지대를 사용하거나 착용식 손목 지지대를 사용할 경우가 근육부하를 조금 더 줄일 수 있었다. 이러한 이유는 extensor carpi ulnaris muscle이 손목의 좌우 움직임과 관련되어 있기 때문에 좌/우측 손목 꺾임 결과와 비슷한 경향을 띠는 것으로 보여진다.

참고 문헌

Albin, T., "Effect of wrist rest use and keyboard tilt on wrist angle while keying", *Proceeding of the 13th Triennial Conference of the International Ergonomics Association*, 1997.

Amell, T. and Kumar, S., Cumulative trauma disorders and keyboarding work, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(1), 69-78, 2000.

Basmajian, J. V. and Blusmenstein, R., Electrode placement in electromyographic biofeedback. In J.V. Basmajian (Ed), *Biofeedback, Principles and Practice for Clinicians*, pp. 363-378, Williams & Wilkins, 1983.

Basmajian, J. V. and De Luca, C. J., *Muscles Alive. Their functions Revealed by Electromyography*, 5th ed., Williams & Wilkins, 1985.

Bendix, T. and Jessen, F., Wrist support during typing-a controlled, electromyographics study, *Applied Ergonomics*, 17(3), 162-168, 1986.

Bernard, B., Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. Retrieved 8.9.01, 2001, 1997.

Bucholz, B. and Wellman, H., Practical operation of a biaxial goniometer at the wrist joint, *Human Factors*, 39(1), 119-130, 1997.

Chaffin, D. B. and Anderson, G. B. J., *Occupational biomechanics*, 2nd ed., Wiley Interscience, 1991.

Cook, C., Burgess-Limerick, R. and Papalia, S., The effect of wrist rests and forearm support during keyboard and mouse use, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(5), 463-472, 2004.

Damann, E. A. and Kroemer, K. H. E., "Wrist posture during computer mouse usage", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 1(pp. 625-629), Santa Monica. CA, 1995.

Dennerlein, J. T., Dimarino, M. H., Becker, T. and Johnson, P., "Wrist and shoulder muscle activity changes across computer tasks", *Proceedings of the 46th Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2002.

Dennerlein, J. T. and Johnson, P. W., Different computer tasks affect the exposure of the upper extremity to biomechanical risk factors, *Ergonomics*, 49(1), 45-61, 2006.

Fahrbach, P. and Chapman, L., VDT work duration and musculoskeletal discomfort, *AAOHN Journal*, 28(1), 32-36, 1990.

Gerr, F., Marcus, M., Ensor, C., Kleinbaum, D., Cohen, S., Edwards, A., Gentry, E., Ortiz, D. J. and Monteilh, C., A prospective study of computer users: I. Study design and incidence of musculoskeletal symptoms and disorders, *American Journal of Industrial Medicine*, 41, 221-235, 2002

Greene, W. B. and Heckman, J. D., The Clinical Measurement of Joint motion.(Ed), *American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Rosemont, IL, 1994.

Gustafsson, E. and Hagberg, M., Computer mouse use in two different hand positions; exposure, comfort, exertion, and productivity, *Applied Ergonomics*, 34(2), 107-113, 2003.

Hjelm, E., Karlkvist, L., Hagberg, M., RIsberg, E., Isaksson, A. and Toomingas, A., "Working conditions and musculoskeletal disorders amongst male and female computer operators", *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Conference*, 2000.

Hedge, A. and Powers, J. R., Wrist postures while keyboarding: effects of a negative slope keyboard system and full motion arm supports, *Ergonomics*, 38(3), 508-517, 1995.

Hedge, A., Muss, T. and Barrero, M., Comparitive Study of Two Computer Mouse Designs - Department of Design and Environmental Analysis, Cornell University. Ithaca, NY, 1999.

Herington, T. N. and Morse, L. (Eds.), Occupational Injuries: Evaluation, Management and Prevention. Mosby, St. Louis USA, 1995.

Karlqvist, L., Hagberg, M. and Selin, K., Variation in upper limb posture and movement during word processing with and without mouse use, *Ergonomics*, 37(7), 1261-1267, 1994.

Keir, P., Bach, J. and Rempel, D., Effects of finger posture on carpal tunnel pressure during wrist motion, *Journal of Hand Surgery*, 23A(6), 1004-1009, 1998.

Kilbom, A., Repetitive work of the upper extremity, Part 1, Guideline for the practitioner, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14(1~2), 51-57, 1994.

Parsons, C., "Use of wrist rest by data input VDU operators", *Proceedings of the Ergonomics Society*. 1991.

Perotto, A., Anatomical Guide for the Electromyographer: The Limbs and Trunk, 3rd ed., Charles C Thomas, 1994.

Rempel, D., Manojilovic, R., Levinsohn, D., Bloom, T. and Gordon, L., The effect of wearing a flexible wrist splint on carpal tunnel pressure during repetitive hand activity, *Journal of Hand Surgery*, 19A(1), 106-110, 1994.

Rempel, D. and Gordon, L., Effects of forearm pronation/supination on carpal tunnel pressure, *Journal of Hand Surgery*, 23A(1), 38-42, 1998.

Zipp, P., Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography, *European Journal of Applied Physiology*, 64, 417-420, 1982.

박경수, 김효준, 근골격계 질환 예방을 위한 마우스 작업의 손목 지지대 개선, *대한인간공학회 2006년 춘계학술대회논문집*, 2006.

안대진, 한국인의 연령을 고려한 VDT workstation 설계, 한국 과학기술원 석사학위논문, 2004.

신종현, 박민용, 김정룡, 작업안정성 향상을 위한 신개념 VDT 작업용 의자의 인간공학적 설계, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 25(4), 459-465, 1999.

홍기범 외, VDT 작업에서의 근골격계 질환 예방을 위한 새로운 팔 지지대 제안, *대한인간공학회지*, 25(2), 1-9, 2006.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 박 경 수 ❖ kspark@kaist.ac.kr
미국 미시간대학교, Industrial & Systems Engineering 박사
현 재: 한국과학기술원 산업공학과 교수
관심분야: 인간공학

❖ 박 강 효 ❖ kangdda0521@kaist.ac.kr
금오공과대학교 기전공학과 학사
현 재: 한국과학기술원 산업공학과 석사과정
관심분야: 근골격계질환 예방, 인간공학적 제품 설계

❖ 홍 기 범 ❖ aquaqaz@kaist.ac.kr
한국과학기술원 산업공학과 석사
현 재: 한국과학기술원 산업공학과 박사과정
관심분야: VDT, Ubiquitous, Vision

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2008년 01월 02일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2008년 07월 22일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2008년 07월 23일