Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 14, No. 3 pp. 1258-1265, 2013

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.3.1258

랩탑 컴퓨터 터치패드와 클릭버튼 위치에 따른 손목과 어깨 부위 근육의 EMG 진폭 및 중앙 주파수 변화

한승조[1], 김선욱[1*], 구교찬[1]
[1]단국대학교 산업공학과

Effects of Touchpad &Buttons Positions in a Laptop Computer on EMG Amplitude and Median Frequency of Muscles Relating to Wrist and Shoulder

Seung Jo Han[1], Sun-Uk Kim[1*] and Kyo Chan Koo[1]
[1]**Industrial Engineering Department, Dankook University**

요 약 본 논문의 목적은 랩탑 컴퓨터의 터치패드 및 두 개의 클릭 버튼 위치에 따른 손목과 어깨 부위 근육의 EMG 진폭 및 중앙 주파수 변화를 알아보는 것이다. 기존 연구결과를 바탕으로 손목과 어깨의 외전현상이 근골격계 질환으로 이어지는 메커니즘을 살펴보고, 이를 토대로 연구가설이 설정되었다. 실험에서 터치패드 및 클릭버튼의 위치는 기존의 중앙 아래(bottom center, BC)와 중앙 아래에 위치하지만 45° 반시계방향으로 회전된 방식(bottom center with rotation, BCR), 그리고 회전없이 중앙 오른쪽에 위치한 경우(bottom right, BR)가 비교되었다. 10명의 피실험자는 오른 손으로 5분 동안 터치패드 및 두 개의 버튼을 이용하는 task를 각각의 시행하는 동안 EMG 진폭과 중앙 주파수가 측정되었다. 손목 부위의 근육은 척측수근굴근, 어깨부위의 근육은 위쪽 승모근이 선정되었다. 실험결과 손목부위에서는 BC의 경우가 진폭은 크게 나타나고 중앙 주파수는 작게 나타났으며, 어깨부위에서는 BC와 BCR이 BR보다 진폭은 크고 중앙 주파수는 작게 나타났다. 또한, 손목부위에서는 진폭과 중앙 주파수 모두에서 BCR과 BR의 차이가 유의하게 나타나지 않았고, 어깨부위에서는 BC와 BCR에서의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 BC에서는 손목과 어깨의 외전이 동시에 나타나고, BCR은 어깨의 외전만, 그리고 BR은 손목과 어깨에서 외전이 모두 나타나지 않기 때문이다.

Abstract The objective of this study is to investigate the association between touchpad &buttons locations in a laptop computer and EMG amplitude and median frequency in muscles related with wrist and shoulder. Based on previous studies it was shown how abductions in wrist and shoulder could cause musculoskeletal disorders in those body parts, on which research hypotheses were established. Touchpad &buttons positions consisted of bottom center(BC), bottom center with 45° rotation counterclockwise(BCR), and bottom right(BR). 10 subjects performed the task that required only touchpad &buttons usage with their preferred hand and EMG amplitude and median frequency data were recorded during 5min and analyzed afterwards. Upper trapezius and flexor carpi ulnaris were selected as target muscles. The results showed that in flexor carpi ulnaris BC resulted in greater amplitude and less median frequency than BCR and BR, but there was no significant difference between BCR and BR. In upper trapezius BC and BCR induced higher amplitude and lower median frequency than BR, but the significant difference between BC and BCR was not observed. Those phenomena occurred since BC gave rise to both wrist and shoulder abduction, BCR caused only shoulder one, and BR did not lead to abductions in both wrist and shoulder.

Key Words : Abduction, EMG, Shoulder, Touchpad, Wrist

*Corresponding Author : Sun-Uk Kim(Dankook Univ.)
Tel: +82-41-550-3570 email: kimsunuk@dankook.ac.kr
Received November 28, 2012 Revised (1st January 30, 2013, 2nd February 25 2013) Accepted March 7, 2013

1. 서론

2,000년대 이전까지 개인 컴퓨터의 주류가 랩탑보다 데스크탑인 경우 인간공학적으로 자판과 마우스 디자인에 대한 연구는 활발하게 진행되었다. 예를 들어 근골격계질환(musculoskeletal disorders, MSD) 관점에서 손목의 외전(abduction, 손등을 위에서 볼 때 손 전체가 몸 중심에서 멀어지는 동작)을 발생시키는 전통적인 평면 타입의 자판과 중앙이 분리되거나 조절됨으로써 손목의 중립 자세를 유도하는 여러 타입의 자판이 비교되어 연구되었고[1-3], 실제로 상용화가 많이 이루어졌다. 또한, 상지(upper extremity)와 관련된 손목관 증후군(carpal tunnel syndrome, CTS)을 포함한 골격계질환 발생을 억제하기 위한 마우스 디자인이나[4,5] 손목 지지대[6] 이용을 통해 손목의 중립 자세 유지 방안들도 연구되었다. 디자인이나 지지대뿐만 아니라 작업자가 컴퓨터 작업시 마우스의 위치에 따른 상지의 부담 정도도 다르게 나타날 수 있다. Cook and Kothiyal(1998)의 연구에 의하면 마우스가 자판에서 옆으로 먼 곳에 위치한 경우가 가까이 위치한 경우보다 상지 승모근(upper trapezius)과 삼각근(deltoid)에 더 많은 근육 부하를 발생시켰다[7].

하지만 2,000년대 이후 랩탑 컴퓨터 보급이 활발해 짐에 따라 자판보다는 데스크탑 컴퓨터와 크게 구별되는 터치패드의 디자인이나 위치에 대한 연구도 근골격계질환 예방 차원에서 많은 연구가 요구되고 있다. 하지만 이에 대한 연구는 기존의 데스크탑 컴퓨터용 마우스에 비해 미비한 실정이다.

현재 상용의 랩탑 컴퓨터의 터치패드와 두 개의 클릭버튼은 자판 아래 중앙에 위치하는 타입이 일반적이다. 터치패드의 디자인은 랩탑 컴퓨터가 작고 얇아야 되는 특성을 만족시키기 위해 현재의 디자인이 크게 변화되기는 어렵기 때문에, 근골격계질환과 관련된 연구는 터치패드와 버튼의 위치에 중점을 맞출 필요가 있다.

Kelaher와 동료들의 연구(2001)는 랩탑 컴퓨터의 터치패드 위치를 자판을 기준으로 4곳(top center, top right, right side, bottom right)에서 작업할 경우와, 전통적인 bottom center 위치에서의 작업을 비교하였다. 이 때 비교요소는 상지의 움직임 정도, 주관적 불편도 및 선호도, 그리고 작업 수행도였다[8]. 위 연구는 터치패드가 상·하·좌·우 위치 변화는 고려되었지만 회전되는 방안은 연구되지 않았고, 근골격계질환과 직접적인 관련이 있는 근육의 생리적 부하와 피로는 종속변수로 선정되지 않았다.

본 연구에서는 터치패드와 버튼의 위치(bottom center;BC vs. bottom right;BR)와 회전(bottom center;BC vs. bottom center with rotation;BCR)을 고려하여, 손목과 어깨부위의 부하와 피로를 EMG를 이용하여 비교하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 대상근육

피실험자는 지난 3개월 동안 근골격계질환을 경험하지 않은 여성 5명, 남성 5명(총 10명)으로 평균 연령은 22.4(±1.3)세였다. 모든 피실험자들은 터치패드를 오른손을 이용하여 사용하고 있었다.

대상 근육은 오른쪽 팔 부위에서 손목과 관련하여 전박(forearm) 부근의 척측수근굴근(flexor carpi unlaris)과 어깨 부위의 위쪽 승모근(upper trapezius)이 선정되었다. 손 부위의 근육이 아닌 전박 부근의 근육이 선정된 이유는 다음과 같다. 첫째, 척측수근굴근의 주요 기능 중에 하나가 손목의 외전 그리고 회전을 담당한다. 둘째, EMG의 특성상 건이나 뼈가 아닌 근육이 풍부한 곳에서의 근육 전압이 정상적으로 감지되는데, 손목 아랫부분의 손은 근육의 양이 적어 적절한 EMG 신호를 획득하기 어렵다. 그리고 Pilot test를 통해 손목에 외전 발생하면 척측수근굴근의 EMG 진폭이 증가하는 현상이 관찰되었다.

또한, 위쪽 승모근은 아래의 극상근(suprastinatus)을 덮고 있어서 승모근을 통한 근육 전압에는 극상근으로부터의 전압을 포함하고(두 근육의 운동 방향은 동일), 바늘 형식의 EMG 전극이 아닌 표면 전극이 사용되기 때문에 승모근을 통한 근육 전압의 측정이 어깨 부위의 부하와 피로를 측정하기 적합하다고 판단되었다.

2.2 실험 장비 및 EMG 신호처리

근육의 진폭과 중앙 주파수를 측정하기 위한 EMG는 TeleMyo 2004 G2(Noraxon Inc.)를 사용하였고, 분석 SW는 같은 회사의 MyoResearch XP Master 1.06.21을 사용하였으며, 표면 전극은 Ag/AgCl 전극(3M Inc.)이 이용되었다.

EMG의 raw 신호 획득을 위한 샘플링 주파수는 1,500Hz이며, 진폭은 bandpass(10-500Hz) 필터를 사용하여 필터링을 한 후, 양의 값과 음의 값의 평균이 "0"이 되는 것을 방지하기 위해 full rectification을 실행한 후 분석되었다[9]. 근육 피로의 척도인 중앙 주파수는 bandpass 필터링과 rectification에 추가하여 smoothing 기법을 이용하여 linear envelope를 형성하고, 심장박동으로 인한 신호(electrocardiogram, ECG)의 간섭을 줄이기 위해 심장 박동 관련 주파수를 분석 SW에서 자동적으로 제거되도록 하였다[10,11].

EMG를 통한 근육의 활동 정도를 측정할 때, 신체의 중립 자세보다는 외전을 포함한 중립 자세에서 벗어난 자세에서 EMG 진폭(amplitude, μ V)이 증가하고, 진폭이 증가하면 중앙 주파수(median frequency, Hz)로 표현되는 근육의 피로가 증가하는 특성이 있다[12,13]. 여기서 중앙 주파수가 낮은 것이 근육 피로가 크다고 해석한다.

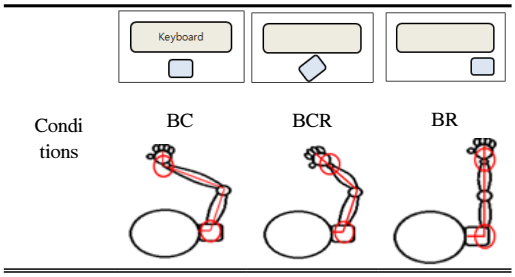
랩탑 컴퓨터의 터치패드 및 버튼의 위치는 랩탑 컴퓨터(Samsung Note PC Sens X11)의 본체 전체를 움직여서 실험 조건을 구현하였고, 이 때 디스플레이까지 움직이는 관계로 별도의 모니터(Dell Inc.)를 랩탑 본체와 연결하여 고정된 모니터에 피실험자 작업용 화면이 나오도록 하였다. 랩탑 검퓨터의 두 버튼을 포함한 터치패드 전체의 크기는 가로, 세로 길이가 각각 7cm, 5.2cm이며, 주(primary) 버튼(3.5×2cm)과 보조(secondary) 버튼(3.5×2cm)이 패드의 아랫부분에 위치한다.

2.3 실험 조건 및 절차

BC, BCR, BR에 따른 손목과 어깨부위의 외전발생 여부와 실험조건은 Table 1과 같다.

피실험자들은 본 실험 전 전체적인 실험 절차를 실험 진행자로부터 듣고, 근골격계질환 유무, 나이 등이 조사되었다. 이후 두 개의 근육에 표면 전극이 부착되며, 이 때 지니고 있는 금속물질(휴대폰, 반지, 시계, 목걸이)이 제거되어 EMG 신호에 잡음(noise) 발생을 최소화하였다.

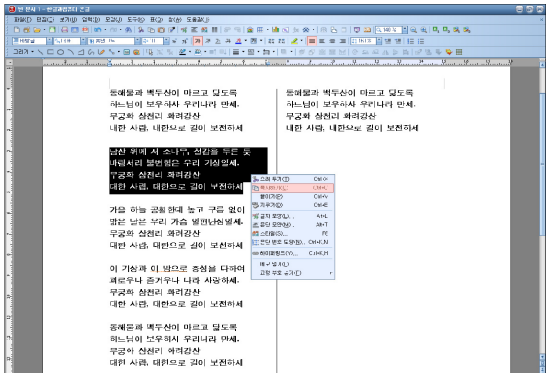
[Table 1] Conditions and abduction occurrence



Wrist	O	X	X
Shoulder	O	O	X

실험용 모니터와 랩탑 컴퓨터에 가장 편안하게 앉도록 의자의 높이는 개별 조절하도록 하고, 눈과 모니터와 높이는 50cm를 유지하도록 하였으며, 허리는 곧게 편 상태에서 3개의 조건별 task를 진행자가 부여한 임의의 순서로 실행하도록 한다.

실험용 task는 터치패드와 두 개의 버튼이 모두 사용되도록 Fig. 1과 같이 왼쪽 다단의 한 개의 문단을 오른쪽 다단으로 [문장 블록 지정-복사-커서 이동-붙이기-커서 이동] 절차에 따라 옮기는 task를 5분 동안 반복하는 것이었다. 이 때 오른 손만 이용하여 자판은 조작하지 않고 오로지 터치패드 및 두 버튼만을 사용하도록 하였다. 각 조건별 실험 사이에는 5분간의 휴식시간이 주어져, 전 시행이 다음 시행에 미치는 영향(learning effects)을 최소화 하였다.



[Fig. 1] Task display

개인별 손목과 어깨의 외전 각도가 다르기 때문에, BC에서 손목 외전은 평균 28(±3.2) ° (vs. BCR, BR에서 0 °), BC와 BCR에서 어깨(상완) 외전은 16(±2.4) ° (vs. BR에서 8 °)로 각 시행 전에 신체용 측각기(goniometer)를 통해 측정되었다. 이 측정된 최초의 외전 정도는 실험 동안 최대한 유지되면서 task를 수행하도록 요구하였다.

독립변수는 남녀의 성(male, female), 3가지 조건의 터치패드 위치(BC, BCR, BR)이며, 종속변수는 두 근육으로부터 5분간 측정된 평균 EMG 진폭(μ V)과 중앙 주파수(Hz)이다.

2.4 가설 설정 및 통계방법

실험을 통해 검증하고자 하는 가설은 다음과 같다. 첫째, 손목과 관련하여 BC는 BCR 및 BR에 비해 EMG 진폭이 크게 나타나고, 중앙 주파수는 작게 나타난다. 둘째, 어깨 측면에서 BR은 BC 및 BCR에 비해 EMG 진폭은 작고, 중앙 주파수는 크게 나타난다.

두 개의 독립변수에 대한 각각의 종속변수 데이터를 바탕으로 Minitab 16 통계 분석용 S/W를 이용하였다. 성별과 터치패드 위치에 따른 종속변수의 영향은 반복이 있는 이원분산분석을 실시하였고, 터치패드 위치에 따른 조건별 종속변수의 차이 분석은 쌍체(Pairewise) t-검정을 이용하였으며, 통계적 유의 수준(α)은 0.05(*)와 0.1(**)로 설정하였다. 그래프error bar는 표준편차를 나타낸다.

또한 각 개인별 근육 상태에 따라 반응되는 EMG 진폭 및 중앙 주파수가 다르기 때문에 BC를 기준(항상 "1")으로 다른 두 조건에서 나온 진폭과 중앙 주파수를 정규화(normalization)하여 비교하였다.

3. 결과

3.1 손목에서의 진폭

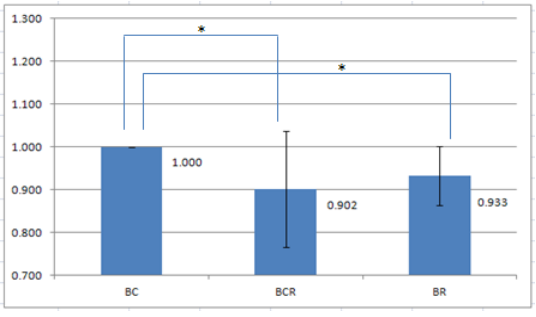
Table 2에서 성별에 따른 차이는 척측수근굴근에서 발생하는 EMG 진폭에 유의한 영향을 미치지 않았지만(p = 0.732), 터치패드 위치는 유의수준 0.1에서 유의한 영향을 미쳤다(p = 0.066**). 또한 성별과 터치패드 위치의 상호작용은 종속변수에 유의한 영향을 미치지 않았다(p = 0.559).

[Table 2] ANOVA result based on normalized EMG amplitude at flexor carpi ulnaris

Sources	DF	SS	MS	F	p
Gender	1	0.001	0.001	0.12	0.732
Positions	2	0.050	0.250	3.05	**0.066****
Interaction	2	0.010	0.005	0.60	0.559

** : p < 0.05, ** : p < 0.1*

Fig. 2는 터치패드 위치에 따른 정규화된 EMG 진폭의 평균값을 나타낸다. 쌍체 t-검정을 통해 볼 때 BC는 BCR과 BR보다 더 큰 진폭을 나타내고 있으며, BCR과 BR의 차이는 유의하지 않았다(BC vs. BCR; p = 0.048*, BC vs. BR; p = 0.013*, BCR vs. BR; p = 0.402).



[Fig. 2] Mean normalized EMG amplitude at flexor carpi ulnaris according to conditions

따라서 척측수근굴근을 기준으로 손목이 기울어지는 BC의 경우가 그렇지 않은 BCR과 BR에 비해 주어진 시간 동안 부하를 더 크게 받는다고 볼 수 있다.

3.2 손목에서의 중앙 주파수

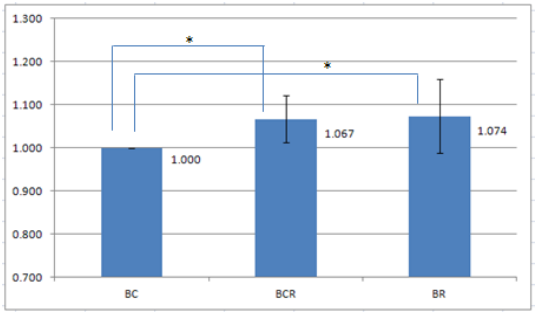
Table 3에서 성별에 따른 차이는 유의하게 척측수근굴근의 EMG 중앙 주파수에 영향을 미치지 않았지만(p = 0.395), 터치패드 위치는 유의 수준 0.05에서 유의한 영향을 미쳤다(p = 0.019*). 성별과 터치패드 위치의 상호작용은 유의하게 중앙 주파수에 영향을 미치지 않았다(p = 0.342).

[Table 3] ANOVA result based on normalized EMG median frequency at flexor carpi ulnaris

Sources	DF	SS	MS	F	p
Gender	1	0.003	0.003	0.75	0.395
Positions	2	0.033	0.017	4.73	**0.019***
Interaction	2	0.008	0.004	1.12	0.342

** : p < 0.05, ** : p < 0.1*

Fig. 3는 터치패드 위치에 따른 정규화된 EMG 중앙 주파수의 평균값을 나타낸다. 쌍체 t-검정에서 BC는 BCR과 BR보다 더 작은 중앙 주파수를 나타내고 있으며, BCR과 BR의 차이는 유의하지 않았다(BC vs. BCR; p = 0.004*, BC vs. BR; p = 0.025*, BCR vs. BR; p = 0.814).



[Fig. 3] Mean normalized EMG median frequency at flexor carpi ulnalis according to conditions

척측수근굴근을 기준으로 손목의 외전이 발생하는 BC가 손목 외전이 없는 BCR과 BR에 비해 낮은 중앙 주파수는 더 큰 근육의 피로를 나타내므로 주어진 시간 동안 근육의 피로가 더 많이 쌓인다고 볼 수 있다.

3.3 어깨에서 진폭

Table 4에서 성별에 따른 차이는 유의하게 위쪽 승모근의 EMG 진폭에 영향을 미치지 않지만(p = 0.898), 터치패드 위치는 유의수준 0.05에서 유의한 영향을 미치고 있었다(p = 0.006*). 성별과 터치패드 위치의 상호작용은

유의한 수준에서 종속변수에 영향을 미치지 않았다(p = 0.606).

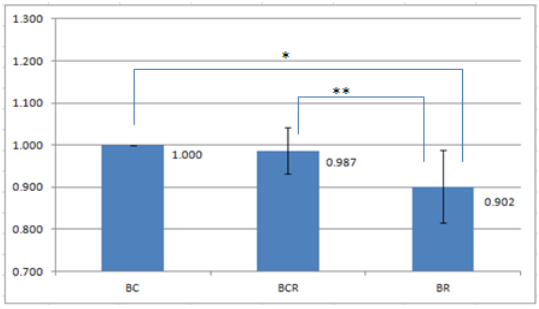
[Table 4] ANOVA result based on normalized EMG amplitude at upper trapezius

Sources	DF	SS	MS	F	p
Gender	1	0.000	0.000	0.02	0.898
Positions	2	0.057	0.028	6.42	**0.006***
Interaction	2	0.005	0.002	0.51	0.606

** : p < 0.05, ** : p < 0.1*

Fig. 4는 터치패드 위치에 따른 정규화된 EMG 진폭의 평균값을 나타낸다. 쌍체 t-검정에서 BR은 BC와 BCR보다 더 작은 진폭을 나타내고 있으며, BC와 BCR의 차이는 유의하지 않았다(BC vs. BCR; p = 0.318, BC vs. BR; p = 0.015*, BCR vs. BR; p = 0.072**).

이러한 결과는 어깨의 외전을 더 크게 유발하는 BC나 BCR의 경우가 BR보다 어깨부위의 근육에 더큰 부하를 주고 있다는 것을 의미한다.



[Fig. 4] Mean normalized EMG amplitude at upper trapezius based on conditions

3.4 어깨에서 중앙 주파수

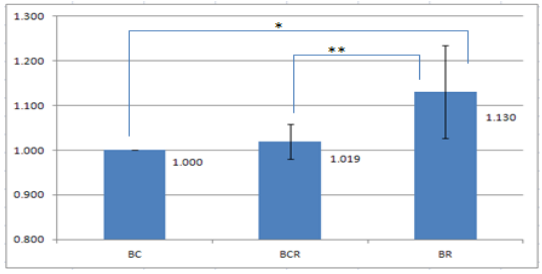
Table 5에서 성별에 따른 차이는 유의하게 위쪽 승모근의 EMG 중앙 주파수에 영향을 미치지 않았지만(p = 0.608), 터치패드 위치는 유의수준 0.05에서 유의한 영향을 미친다(p = 0.029*). 또한 성별과 터치패드 위치의 상호작용은 유의하게 종속변수에 영향을 미치지 않았다(p = 0.889).

Fig. 5는 터치패드 위치에 따른 정규화된 EMG 중앙 주파수의 평균값을 나타낸다. 쌍체 t-검정을 통해 볼 때 BR은 BC와 BCR보다 큰 중앙 주파수를 나타내고 있으며, BC와 BCR의 차이는 유의하지 않았고, BCR과 BR은 유의수준 0.1에서만 유의한 차이를 나타낸다(BC vs. BCR; p = 0.644, BC vs. BR; p = 0.013*, BCR vs. BR; p = 0.081**).

[Table 5] ANOVA result based on normalized EMG median frequency at upper trapezius

Sources	DF	SS	MS	F	p
Gender	1	0.003	0.003	0.27	0.608
Positions	2	0.100	0.050	4.11	**0.029***
Interaction	2	0.003	0.001	0.12	0.889

** : p < 0.05, ** : p < 0.1*



[Fig. 5] Mean normalized EMG median frequency at upper trapezius based on conditions

이는 어깨의 외전이 적은 BR의 경우가 다른 경우의 터치패드 위치에 비해 어깨 부위의 근육에 피로를 더 적게 유발함을 의미한다고 볼 수 있다.

4. 논의 및 고찰

반복적으로 팔과 손을 주로 사용해야 하는 작업장의 근로자들은 손가락, 손목, 위 · 아래 팔, 팔꿈치, 어깨 등 상지부위의 근골격계질환 가능성이 높다[14]. 이는 과도한 근육의 사용보다는 관절부위의 부자연스러운 자세(flexion, twisting, adduction, abduction)가 장기간 지속되기 때문이다.

손목에서 발생되는 근골격계질환의 증상을 손목관 증후군라고 하며[15], 주로 손목을 구부리거나 외전된 상태에서 반복적으로 작업을 하거나 진동에 반복적으로 노출될 경우에 발생한다[14].

손목의 아랫부분의 좁은 손목관(carpal tunnel)은 손가락 근육을 움직이기 위한 9개의 건(finger flexor tendon)과 건 사이로 혈관과 정중신경(median nerve)이 지나가는 통로이다[16].

각 건은 길고 얇은 튜브 형태의 활액(synovial fluid)이

채워진 건활막(tendon synovium) 안으로 지나가며, 활액은 건이 다른 조직들과의 마찰을 줄여주는 역할을 한다[15]. 반복적인 손목 굽힘이나 외전 자세는 활액의 수요를 증대시켜, 필요한 시기에 활액 분비를 저하시킴으로써 건의 마찰을 증가시키고 건에 염증(tendonitis)을 유발한다. 또한 손목이 중립 위치에서 상 · 하 · 좌 · 우로 굽어지는 경우 정중신경을 압박하여 통증으로 이어지는 경우도 있다. 전통적인 자판을 사용하기 위해서는 손목을 바깥으로 구부려야 한다. Hedge와 동료들의 연구(1996)에서처럼 손목을 굽히거나 외전된 상태로 반복적인 작업을 하는 타이피스트나 자판 사용 작업자들에게 손목관 증후군이 많이 보고[17]된 이유가 이러한 현상 때문이며, 이는 본 연구 결과와 일치한다.

어깨 부위의 근육이나 건의 과도한 운동으로부터의 심각한 손상이 아닌 VDT(virtual display task)와 같이 지속적인 경직 자세에서 통증은 주로 피부 쪽에 가까운 위쪽 승모근이나 극상근부위이다. 이 두 근육은 팔의 무게를 지탱하거나, 팔의 외전 및 회전을 담당한다.

승모근이나 극상근 모두 상완골(humerus)에 건이 부착되어 있고, 이 건들 또한 건활막으로 쌓여 있다. 팔이 중력에 의해 자연스럽게 밑으로 뻗은 자세에서는 건들이 주변 건이나 근육과의 마찰이 적기 때문에 활액 분비가 적다. 하지만 팔의 회전이나 외전이 잦다면, 건의 마찰력이 증가되어 활액의 분비 소요가 많아진다. 반복적인 팔이나 어깨 회전 혹은 외전이 발생하면 필요한 시기에 건으로의 활액 분비가 부족해지고 마찰이 심해짐으로써 건에 무리가 간다[15]. 어깨 부위의 통증은 승모근보다는 극상근 부근에서 더 잦은데, 극상근이 팔의 회전과 외전에 더 관여하는 회전근개(rotator cuff)를 구성하는 주요 근육이기 때문이다.

또한 극상근의 건 부위의 상완골과 견갑골 사이에 사이에는 활액낭 주머니인 점액낭(bursa)이 위치하고, 건활막과 함께 점액낭이 활액을 분비하여 건의 마찰력을 줄이는 기능을 한다. 점액낭은 활액 분비뿐만 아니라, 상완골과 견갑골 사이에서 척추의 디스크와 같이 어깨의 충격을 흡수하는 역할도 수행하다. 팔의 회전이 잦거나 장시간 외전이 발생하면 어깨분위의 통증이 발생하는데, 이는 건활막 및 점액낭의 기능 저하뿐만 아니라, 점액낭 내부의 압력 증가로 부어오름이나 찢어짐으로 통증이 발생할 수 있다[18].

본 연구는 기존의 랩탑 컴퓨터 마우스 패드의 위치(BC)와 상완(upper arm)은 외전 되지 않고 손목만 외전되는 경우(BCR)와 상완과 손목이 모두 외전 되지 않는 조건(BR)이 EMG 신호의 진폭과 중앙 주파수를 통해 비교되었다. 서론에서 설정된 가설은 검증 실험 결과에서와 같이 모두 기각되지 않았다.

기존의 전통적인 자판 아래의 중앙에 위치한 터치패드는 손목과 상완(어깨)이 외전을 유발하여, 근육의 부하와 피로가 증가하게 된다. 특히 상완 요골근, 삼각근을 포함한 모든 어깨 부위의 근육은 외전이 0 ° 에서 90 ° 까지 증가하는 동안 EMG 진폭이 증가하고, 어깨 외전이 증가함에 따라 한 자세를 유지하고 있을 때 어깨의 통증이 발생하는 시간도 짧아진다는 연구[15]와 일치하였다.

또한 hand tool 디자인과 관련하여 손목이 중립 위치에 있지 않고 외전이나 내전이 발생하면, 손목 내부의 힘(intrawrist force)이 커지고 손목관을 지나는 건의 움직임이 커지게 되므로 손목관 증후군으로 발생할 여지가 크다는 것이 기존에 연구되었다[19]. 본 연구가 비록 큰 손목 힘을 요구하는 작업이 아니더라도 인간공학적 hand tool 디자인 개념으로 봤을 때 손목의 꺾이는 자세를 요구하는 시스템은 제거되어야 한다.

따라서 오른 손을 주로 사용하는 사용자 입장에서 터치패드 및 두 개의 버튼은 손목과 어깨의 외전 발생을 최소활 할 수 있는 오른쪽 아래에 위치하는 방식(왼손잡이 사용자들에게는 왼쪽 아래에 위치하는 방식)이 인간공학적으로 근골격계질환을 예방하는데 더 좋다고 볼 수 있다.

5. 결론

무선 인터넷의 보급이 확대됨에 따라 데스트탑 컴퓨터에서 wireless 랩탑 컴퓨터로 이용도가 증가되고있다. 더욱이 손목이나 어깨의 외전을 더욱 증대시키는 전통적인 랩탑 컴퓨터보다 작은 mini 노트북, 넷북(netbook), PDA의 이용도 증가되고 있는 실정이다. 인간공학적 관점에서 사용자의 근골격계질환에 부담을 주지 않는 터치패드의 디자인이나 위치에 대한 연구가 필요한 시점이며, 본 연구는 터치패드 위치에 대한 기본적인 개선사항을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

하지만 본 연구의 제약점은 다음과 같으며 추후 이에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

첫째, 피실험자가 주어진 task를 수행할 때 오른 손만을 이용하여 자판은 이용하지 않고 터치패드 및 버튼만 5분 동안 이용하게 하였다. 하지만 실제 컴퓨터 작업은 터치패드와 함께 자판 이용이 요구되는 경우가 대부분이다. 따라서 자판 사용이 포함된 task를 통한 터치패드 위치에 대한 연구가 있어야한다.

둘째, 본 연구에서는 하나의 랩탑 컴퓨터만을 이용하여 실험이 이루어졌다. 위에서 설명했듯이 랩탑 컴퓨터, mini 노트북, 넷북 등 크기와 형상이 다른 여러 종류의 휴대용

컴퓨터에 따른 근육 부하 및 피로 연구가 필요하다.

마지막으로, 피실험자의 생리적인 신호만을 가지고 기존 방식과 대안의 방식이 비교되었지만, 개인의 선호도(preference)나 작업 수행도(e.g., task time, error rate, etc.)를 종속변수로 포함하여 비교할 수 있는 실험설계가 필요하다.

References

[1] Smith, M. J., Karsh., B., Conway, F. T., Cohen, W. J., James, C. A., Morgan, J. J., and Zehel, D. J., "Effects of a spilit keyboard design and wrist rest on performance, posture, and comfort", *The journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(2), 324-336, 1998.

[2] Zecevic, A., Miller, D. I., and Harburn, K., "An evaluation of the ergonomics of three computer keyboards", *Ergonomics*, 43(1), 55-67, 2000.
DOI: http://dx.doi.org/10.1080/001401300184666

[3] Tittiranonda, P., Rempel, D., Armstrong, T., and Burastero, S., "Effects of four computer keyboards in compurer users with upper extremity musculoskeletal disorders", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting(July)*, 44(4), 692-695, 2000.

[4] Keira, P. J., Bacha, J. M., and Rempela, D., "Effects of computer mouse design and task on carpal tunnel pressure", *Ergonomics*, 42(10), 1350-1360, 1999.
DOI: http://dx.doi.org/10.1080/001401399184992

[5] Lee, D. L., Fleisher, J., McLoone, H. E., Kotani, K., and Dennerlein, J. T., "Alternative Computer Mouse Design and Testing to Reduce Finger Extensor Muscle Activity During Mouse Use", *The Human Factors and Ergonomics Society*, 49(4), 573-584, 2007.
DOI: http://dx.doi.org/10.1518/001872007X215665

[6] Park, K. S., Bak, K. H., and Hong, G. B., "The effect of wearable wrist rest during keyboard and mouse use", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(3), 33-41, 2008.
DOI: http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2008.27.3.033

[7] Cook, C. J., and Kothiyal, K., "Influence of mouse position on muscular activity in the neck, shoulder and arm in computer users", A*pplied Ergonmics*, 29(6), 439-443, 1998.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870(98)00008-8

[8] Kelaher, D., Nay, T., Larence, B., Lamar, S., and Sommerich, C. M., "An investigation of the effects of touchpad location within a notebook computer", *Applied Ergonomics*, 32, 101-110, 2001.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00020-X

[9] Yeo, M. W., and Lee, D. C., "An analysis on muscle strength of lower extremity and pressure distribution in sitting posture", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(1), 53-60, 2008.
DOI: http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2008.27.1.053

[10] Shin, G., Shu, Y., Li, Z., Jiang, Z., and Mirka, G.,"Influence of knee angle and individual flexibility on the flexion-relaxation response of the low back musculature". *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 485-494, 2004.

[11] Winter, D. A., Biomechanics and motor control of human movement(4th Ed.), New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2009.
DOI: http://dx.doi.org/10.1002/9780470549148

[12] Han, S. J., and Kim, S., "The analysis of low back loading and muscle fatigue while lifting an asymmetric load", *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering,* 35(2), 28-34, 2012.

[13] Han, S. J., and Kim, S., "The model from asymmetric load to low back loading", *Proceedings of the 2012 Spring Conference of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 29-34, 2012.

[14] Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., and Gordon-Becker, S. E., Introduction to Human Factors Engineering(2nd Ed.), New Jersey, Prentice Hall, 2004.

[15] Chaffin, D. B., Andersson, G. B. J., and Martin, B. J., Occupational Biomechanics(4th Ed.), New Jersey, John Wiley&Sons Inc., 2006.

[16] van Doesburg, D. H. M., Yoshii, Y., Villarrage, H. R., Cha, S., An, K., and Amadio, P. C., "Median nerve deformation and displacement in the carpal tunnel during index finger and thumb motion", *Journal of Orthopaedic Researach*, 28(10), 1387-1390, 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.1002/jor.21131

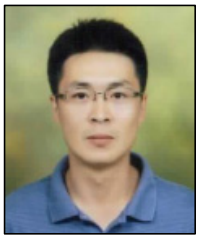
[17] Hedge, A., McCrobie, D., Morimoto, S., Roddriguez, S., and Land, B., "Toward pain-free computing", *Ergonomics in Design*, 4(1), 4-10, 1996.
DOI: http://dx.doi.org/10.1177/106480469600400102

[18] Daghir, A. A., Sookur, P. A., Shah, S., and Watson, M., "Dynamic ultrasound of the subacromial-subdeltroid bursa in patients with shoulder impingement:

a comparison of with normal volunteers", *Sketetal Radiology*, 41(9), 1047-1053, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s00256-011-1295-z

[19] Werner, R. T., Amstrong, T. J., Bir, C., and Aylard, M. K., "Intracarpal canal pressures: The role of finger, hand, wrist and forearm position", *Clin. Biomech.*, 12(1), 44-51, 1997.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033(96)00044-7

한 승 조(Seung-Jo Han) **[정회원]**



- 2002년 2월 : KAIST 산업공학과(공학석사)
- 2002년 2월 : 아주대학교 경영학과(경영학석사)
- 2011년 8월 : The State University of New York at Buffalo 산업공학과(박사과정수료)
- 2013년 2월 : 단국대학교 산업공학과 박사

<관심분야>
인간공학, 전문가 시스템, 의사결정론

김 선 욱(Sun-Uk Kim) **[정회원]**

- 1981년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학석사)
- 1990년 7월 : Oregon State University 산업 및 제조공학과(공학박사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 산업공학과 교수

<관심분야>
인간공학, 인공지능 및 전문가 시스템, 정보시스템

구 교 찬(Kyo Chan Koo) **[정회원]**

- 2010년 2월 : 단국대학교 산업공학과(공학석사)
- 2012년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 산업공학과 박사과정

<관심분야>
인간공학, 인공지능 및 전문가 시스템, Bioinformatics