



**인간공학적 키보드의 수행도 및 자세 평가에 관한 연구**  
**Performance and Posture Evaluation of Ergonomic Keyboard**

최정화\* · 양성환\* · 박범\*  
J.H. Choi · S.H. Yang · P. Park  
(1999년 6월 24일 접수, 1999년 12월 3일 채택)

**ABSTRACT**

The objective of this research is to review the ergonomic keyboard developed to prevent musculo-skeletal disorders from being occurred during keyboard work. It was studied by comparing it with the traditional keyboard after analyzing and comparing the typing performance and work advantages both the two keyboards. Twelve male subjects with no history of musculo-skeletal disorders participated in the experiment. The quantitative data such as typing speed, accuracy, performance time, and the number of typing errors were obtained from the HTT software that was adjusted for this experiment. RULA worksheet and the degrees of extension and ulnar deviation on right and left wrist were used to analyze the upper body postures.

The experiment results showed that the typing performance of the ergonomic keyboard decreased a little, but no significant difference statistically, compared with that of the traditional keyboard. On the work posture, the ulnar deviation during typing decreased in case of the ergonomic keyboard. But, the wrist extension was increased unexpectedly. Therefore, it can be regarded as these results occur due to the shape of wrist rest and the overall height of keyboard on a table. As a result, the reconsideration and redesign on the ergonomic keyboard are requested.

---

\* 아주대학교 산업공학과

## 1. 서 론

지난 수십 년 동안 컴퓨터는 비약적으로 발전하여 사무실, 공장, 학교, 가정 등에서 다양한 용도로 사용하게 되었으며, 특히 개인용 컴퓨터(PC)의 출현이후 컴퓨터의 활용범위 및 보급은 기하급수적으로 늘어나고 있다. 국내의 경우에 있어서도 기존에 사용중인 컴퓨터 이외에 백만대가 넘는 개인용 컴퓨터가 이미 보급되어 있으며, 특히 국가기간전산망이 본격적으로 추진됨에 따라 민간뿐만 아니라 정부 부처의 사무실에도 VDT(Visual Display Terminals) 보급과 사용이 크게 늘어날 전망이다. 최근 통계청에서 조사한 결과에 의하면 6세 이상 인구중 컴퓨터를 사용하는 비율이 17.7%에 달하고 있으며 하루 평균 사용시간이 51분이라 한다. 또한 정보 획득을 위해 인터넷, PC통신의 이용이 증가하면서 컴퓨터의 사용인구는 계속 늘어날 전망이다.<sup>1,2)</sup>

이렇게 컴퓨터가 널리 보급되고 대부분의 사업장에서 VDT단말기의 사용이 급증함에 따라 VDT사용과 관련된 여러 가지 건강상의 장애가 문제점으로 대두되기 시작했다. 일명 VDT증후군이라 불리는 이 장애는 VDT의 시각적 환경과 관련된 안과적 장애, 일정한 신체의 반복 작업 및 정적인 작업 자세 등이 원인인 근골격계의 장애, 업무적 특성과 관련된 정신적 스트레스, 그리고 현재 논란이 계속되고 있지만 전자파의 노출에 의한 건강장애 등을 들 수 있다. 그 중 현재 가장 활발한 연구가 진행되고 있고 직업병과 관련하여 사회적인 관심이 집중되고 있는 것이 근골격계장애로 대표되고 있는 CTDs(Cumulative Trauma Disorders: 누적외상성장애)이다. 컴퓨터의 사용과 관련된 근골격계 질환은 선진국에서는 70년대부터 문제가 제기되어 왔다. 호주와 유럽에서는 RSI(Repetitive Strain Injuries)라는 용어로 불리워지기도 한다<sup>3~5)</sup>. 일본에서는 경견완증후군이라 하는데, 아직 국내에서는 통일된 용어없이 노동부의 업무상장애 인정기준에 신체에 과도한 부담을 주는 직업으로 인한 질병에서 경견완 증후군이란 용어로 규정하고 있으며 주로 목, 어깨, 팔, 손목, 손가락

등에 심한 통증을 초래하는 것으로 알려져 있다.<sup>4,6,7)</sup>

국내의 경우 VDT와 관련된 CTDs로 인한 직업병 판정사례가 1993년에는 4건, 1994년에는 20건, 1995년에는 128건이며 1996년 상반기에만 약 120건 정도가 발생하여 급격히 증가되고 있는 추세를 보이고 있다<sup>1)</sup>. 미국의 경우 1992년 한 해동안 발생건수가 22만 4천여건으로 보고되고 있으며 간접비용을 포함한 1건당 경제적 지출비용이 5천~5만달러 정도에 이르러 CTDs로 인한 보상비용이 2000년에는 모든 근로자의 산재보상비의 50%를 차지할 것으로 예상되고 있다. 또 노동손실시간도 매우 커져 심각한 경제적, 사회적 문제가 되고 있다<sup>6)</sup>.

특히 손목부위에서의 CTDs를 CTS(Carpal Tunnel Syndrome: 수근 터널 증후군)라 하는데 손목 관절에 반복적이고 힘이 가해지는 작업에 의해 발생하게 된다. 수근관(carpal tunnel)의 인대, tendon sheaths, 다른 해부학적 구조에 염증이 발생하면 정중신경을 누르게 되고 통증과 부어 오름, 저림, 따끔거림 등을 유발한다. 심하면 엄지손가락은 물론 손가락 전체에 마비현상이 올 수도 있다. CTS를 일으킬 수 있는 위험요소 들로는 부적절한 자세, 반복적인 동작, 가해지는 힘, 장시간의 작업시간, 진동, 불충분한 휴식, 한랭 등이 있다.<sup>4,10)</sup>

CTS를 일으킬 수 있는 작업들 중 하나가 키보드 작업이다. 키보드의 사용은 부적절한 손목의 자세, 가해지는 힘, 반복적인 동작 등과 관련이 있다. 따라서 입력장치로서의 키보드의 사용은 CTS를 일으킬 가능성이 크다. 인대에 힘이 가해지면 수근관에 압박이 증가하게 된다. 이 힘은 굴곡(flexion)과 신전(extension)에서 손목의 꺾임 정도에 따라 더 커지게 된다. 타이핑하는 동안 정중신경을 압박하는 힘이 증가하게 되는 굴곡과 신전을 반복하게 된다. 이런 움직임은 CTS에 대해 가장 위험하다.<sup>4,11)</sup>

이를 방지하기 위하여 척골변위(ulnar deviation)를 줄일 수 있도록 설계된 인간공학적인 키보드(ergonomic keyboard)들에 대한 연구가 있어 왔다. 30° 각도를 갖는 split 키보드에서 손목의 각도를 최소화 할 수 있으며, 이때 오른손목의

신전이 20°에서 14°로, 척골변위가 15°에서 6°로, 회내(pronation)가 72°에서 69°로 감소할 수 있었다<sup>12,13</sup>. 또한 피실험자들은 표준 키보드를 사용할 때와 마찬가지로의 수행도를 보였다<sup>14</sup>.

인간공학적 키보드는 분할된 형태나 경사지게 설계된 것들이 대부분을 이루며 가장 많이 사용하고 있는 것이 M사의 Natural 키보드라 할 수 있다. 또 이를 뒷받침해 주기 위해 타이핑하는 동안의 편안함, 빠르기, 사용 편의성 그리고 CTDs의 위험을 줄일 수 있는지를 조사하기 위한 많은 연구가 있었다<sup>14~16</sup>.

본 연구에서는 기존의 표준 키보드와 인간공학적 키보드를 수행도의 측면과 작업 자세의 측면에서 비교하고 분석하였다. 인간공학적 키보드가 기존의 키보드에 비하여 수행도나 작업 자세면에서 얼마나 향상을 가져왔는지를 알아보고 문제점은 무엇인지, 또 어떤 보완이 필요한지를 알아보고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2.1 피실험자

피실험자는 22~28세(평균나이 26.25)의 남자 대학생, 대학원생 12명을 대상으로 실험을 실시하였으며 모두 CTS증상이 없는 사람들이다. 인간공학적 키보드를 사용해본 경험이 있는 1명이 포함되어 있다. 피실험자 모두 3년 이상의 컴퓨터 사용 경력을 가지고 있으며, 자판을 보지 않고 타이핑을 하는 touch typists로서 150타/분 이상의 타자 능력을 갖춘 사람들이었다. 실험 일주일전부터 하루 30분씩 Natural 키보드를 사용하여 적응을 시켰다. 실험에 들어가기전 실험의 목적, 실험 방법 등을 주지시켜 실험에 최선을 다하도록 주의를 시켰다.

피실험자의 실험 순서는 랜덤하게 실시되었다.

### 2.2 실험장비

본 실험에서는 인간공학적 키보드들 중 가장 많이 보급된 M사의 Natural Keyboard와 현재 많이 쓰고 있는 표준 QWERTY 101 Keyboard

를 사용하였다. 두 키보드의 키의 배열에 있어 약간의 차이는 있었지만 실험에서 사용된 키들에 대해서는 동일한 형태였다. Natural Keyboard의 키 배열 각도는 수평방향으로 15°, 수직방향으로 25°이다. Fig. 1은 실험에 사용된 Natural Keyboard이다.

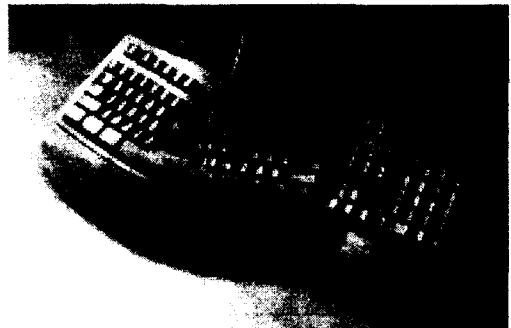


Fig. 1 Natural Keyboard

키보드의 수행도 평가를 위해 한컴 97의 한글 타자연습(HTT) software를 이용하여 정확도, 오타, 시간, 빠르기를 측정하였다. Fig. 2는 실험에서 사용된 화면이다.

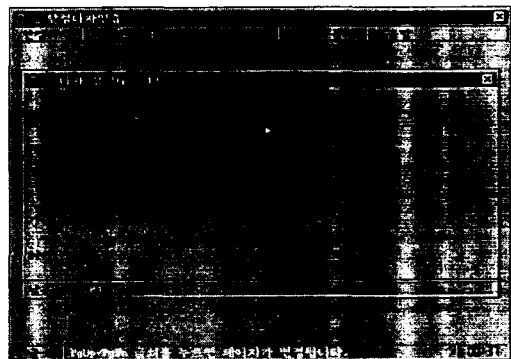


Fig. 2 Experiment Screen

비디오 카메라를 이용하여 작업시의 피실험자를 촬영한 후, 재생시 정지화면에서의 신체의 각도를 측정하였다. 각도 측정은 유연도 측정기와 일반 각도기를 이용하였다. 위에서 얻어진 데이터와 작업조건으로 작업자세에 대한 평가를 하기 위해 RULA worksheet를 이용하였다.

### 2.3 실험방법

동일한 책상과 의자를 배치하고 두 대의 컴퓨터에 기존의 키보드와 인간공학적 키보드를 각각 설치하였다. 이 때 키보드 스킨과 손목 받침은 제거하였다. 키보드 스킨과 손목 받침을 제거한 이유는 키보드의 초기(제품의 초기) 상태를 그대로 유지하기 위해서이다.

두 가지 장문을 각각의 컴퓨터에서 실험하고 수행도 평가를 위해 정확도, 오타수, 시간, 빠르기를 측정하였다. 이때 오타가 발생하더라도 del 키와 backspace키를 사용하지 않도록 하였다. 1인당 4번의 실험을 실시하였으며, 하나의 장문에 대해 기존의 키보드, 인간공학적 키보드의 순서로, 다음 장문에 대해서는 인간공학적 키보드, 기존의 키보드 순서로 실험을 하였다. 이유는 장문의 내용에 대한 잔상(기억)의 영향을 최소화하기 위해서이다.

작업자세의 평가를 위해 비디오 촬영을 실시하였으며 타이핑 중의 상완, 전완, 목, 몸통 등 신체 각도는 재생시 정지화면에서 유연도 측정기와 각도기를 이용하여 측정하였다. 이때 화면에서 얻을 수 없는 데이터는 피실험자를 대상으로 직접 측정하였다. 2인의 관찰자가 참석하여 어느 한사람의 주관적인 판단에 치우치지 않도록 하였다.

실험시간은 5분으로 제한하였으며, 1회 실시 후 손목의 빠근함을 풀기 위해 5분 이상의 휴식을 취하게 하였다. 이때 휴식을 취하면서 간단한 체조를 통해 몸의 긴장 상태를 풀어 주었다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 수행도에 대한 분석

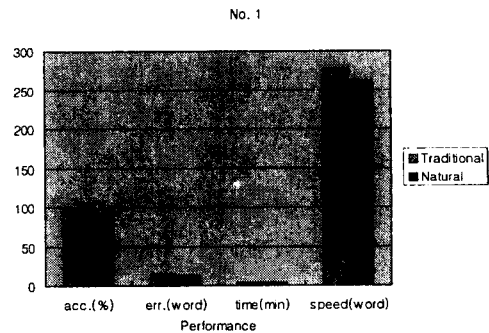
수행도에 대한 데이터는 작업이 끝난후 자동으로 저장된다. 소프트웨어에서 제공하는 통계치를 이용하여 정확도, 오타수, 시간, 빠르기의 수치가 얻어졌다. 얻어진 데이터를 1원 배치법을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시한 결과, 다음의 Table 1이 얻어졌다.

Table 1과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 정확도, 오타, 시간, 빠르기 모두에서 통계적으로 유의한

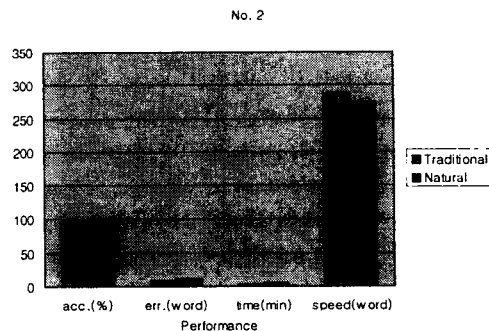
Table 1 Analysis results for performance

		T		N		F비	P값
		평균	분산	평균	분산		
정확도	1번 장문	98.14	1.140	98.14	1.140	0	1
	2번 장문	99	0.333	98.7	0.571	0.632	0.442
오타	1번 장문	15	82	14	80.667	0.043	0.839
	2번 장문	7.57	26.950	10.86	42.81	1.083	0.319
시간	1번 장문	4.3	0.427	4.37	0.422	0.042	0.84
	2번 장문	3.96	0.690	4.03	0.549	0.029	0.868
빠르기	1번 장문	277.14	3958.81	260	6229	0.202	0.661
	2번 장문	288	6534.33	275.29	5048.24	0.098	0.760

( $\alpha=0.05$ 일 때  $F(1,22; 0.05)=4.30$ )



(a) statement 1



(b) statement 2

Fig. 3 Analysis results for performance

차가 없었다. 다만 빠르기의 경우, 기존의 키보드가 15타/분 정도가 많은 것을 볼 수 있다. 이는 Cornell 대학에서의 연구 결과(빠르기, 정확도에서 기존의 키보드가 인간공학적 키보드보다 각각 5words, 2%가 높으나 통계적으로 유의하지 않다<sup>15)</sup>)와 유사하다. 따라서 위의 실험 결과를 놓고 볼 때 인간공학적 키보드를 사용하더라도 수행도가 더 나아지지도 감소하지도 않음을 알 수 있다. 이러한 결과는 Natural 키보드 개발 당시의 취지인 '수행도의 감소없이 작업자세를 개선한다<sup>15)</sup>'에 일치하는 것임을 알 수 있다.

이는 본 실험에 참가한 피실험자들이 대부분 기존의 키보드에 오랫동안 익숙해져 있어서, 비록 실험전에 적응시간을 가졌다해도 인간공학적 키보드에 대한 어색함을 극복하지 못했던 것으로 판단된다.

### 3.2 작업자세에 대한 분석

키보드 작업 자세에 있어서 특히 손목의 신전과 척골변위의 측정 결과가 Table 2에 나타나 있다.

Table 2 Results of wrist posture

		T		N		F비
		평균	분산	평균	분산	
extension	왼손	28.571	47.952	34.429	28.952	3.123
	오른손	35.429	7.952	33.857	63.143	0.243
ulanr deviation	왼손	15.857	9.81	6.571	31.952	14.453
	오른손	15	43.667	5.857	25.81	8.422

Table 2와 Fig. 4에서 보는 바와 같이 손목의 신전에서는 왼손과 오른손 모두에서 유의한 차이가 없었다. 기존의 키보드의 경우 왼쪽 손목이 20~42°의 각도를 보였으며, Natural 키보드를 사용할 경우 26~43°의 분포를 보였다. 평균값으로는 28.571°과 34.429°로 인간공학적 키보드가 6°정도 크게 나타났다. 오른손에서는 기존의 키보드가 2°정도 크게 나타났다. 이는 Cornell 대학에서의 연구 결과(natural keyboard에서 평균 손목 신전이 감소하였다)와 다르게 나타나고 있음을 볼 수 있었다. 그리고 왼손보다 오른손이 더 큰 신전을 갖는다.

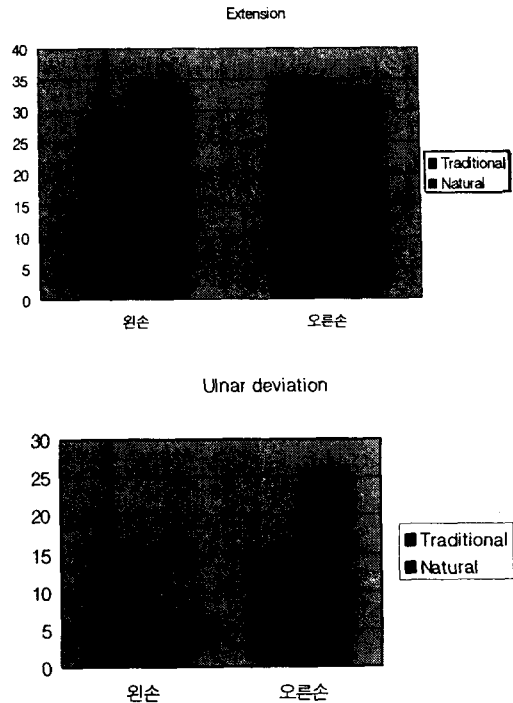


Fig. 4 Results of wrist posture

손목의 척골변위에서는 왼손과 오른손 모두에서 유의한 차이가 있었다. 왼손과 오른손 모두에서 기존의 키보드가 평균 9° 정도 크게 나타났다. 왼손의 경우 기존의 키보드에서 7~18°(평균 15.8°)의 각도를 보였고 인간공학적 키보드는 0~12°(평균 6.5°)의 각도를 보였다. 오른손의 경우 기존의 키보드가 2~27°(평균 15°), 인간공학적 키보드가 1~15°(평균 5.9°)로 나타났다. 손목 이외의 목, 어깨, 몸통 등의 각도에서는 거의 차이가 없었다.

### 3.3 RULA에 의한 평가

RULA(Rapid Upper Limb Assessment)는 Lynn McAtamney와 Nigel Corlett에 의해 1993년 발표된 후 여러 응용분야에서 조금씩 변형되어 사용되고 있다. 특히 상지와 관련된 작업에서 작업자세를 평가하기 위한 도구로써 사용되며, 특별한 장비나 기술을 필요로 하지 않는다. 또한 평가가 신속하게 이루어지기 때문에 작업장

**Final Score**

Subject: \_\_\_\_\_ Date: / /

Company: \_\_\_\_\_ Department: \_\_\_\_\_ Score: \_\_\_\_\_

**FINAL SCORE** 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change score; 7 investigate and change immediately

Fig. 5 RULA worksheet

에 대한 판단을 빠르게 내릴 수 있다. RULA는 먼저 신체를 A, B 두 개의 그룹으로 나누어 그룹별로 점수를 내고, 여기에 다리와 근육 사용에 대한 점수를 추가한 후 이를 이용하여 최종 점수를 얻게 된다. 얻어진 최종점수로 작업의 수준(level)을 결정하고 어떠한 조치가 필요한지를 판단한다(Table 3 참조).

RULA worksheet는 Fig. 5과 같다<sup>10,17)</sup>.

Table 3 Action in each level

	Action
Level 1 (score 1~2)	Posture is acceptable if it is not maintained or repeated for long periods of time
Level 2 (score 3~4)	Further investigation is needed and changes may be required
Level 3 (score 5~6)	Investigation and changes are required soon
Level 4 (score 7)	Investigation and changes are immediately

본 연구에서는 1996년 Lueder, R에 의해 발표된 'A Proposed RULA for Computer Users'의 worksheet를 사용하여 피실험자의 작업상태를 평가하였다. Lueder의 RULA worksheet는 Lynn McAtamney et al.의 worksheet를 컴퓨터 사용자들에 대한 평가를 위해 변형시킨 것으로서 적용 방법은 동일하다<sup>17)</sup>. RULA worksheet를 이용하여 평가를 한 결과, 기존의 키보드에서는 12명중 4명이 action level two, 8명이 action level three로 평가되었고, 인간공학적 키보드에서는 12명중 7명이 action level two, 5명이 action level three로 평가를 받았다. 결국 인간공학적 키보드를 사용함으로써 작업자세의 개선이 이루어짐을 알 수 있다.

#### 4. 결론 및 토의

본 연구의 목적은 동일한 키 배열과 key action 특성을 갖는 기존의 표준 키보드와 인간

공학적인 키보드를 비교함으로써 인간공학적인 키보드가 수행도와 작업 자세면에서 얼마나 향상을 가져왔는지를 알아보는데 있다. 특히 손목에 초점을 맞추어 인간공학적인 키보드를 사용함으로써 CTDs의 발생 가능성을 감소시킬 수 있는가를 알아 보고자 하였다. 그러나 키보드 작업에서 CTDs를 일으킬 수 있는 다른 요인들, 즉 전완의 회내, 어깨의 외전(abduction) 등이 누락되어 있고, 피실험자의 습관으로 인한 del키와 backspace키의 조작, 적은 수의 피실험자, 그리고 단시간의 실험이라는 한계가 있었다.

본 실험의 결과에서 볼 수 있듯이 인간공학적인 키보드는 기존의 키보드에 비하여 통계적으로 수행도에 별 차이를 보이고 있지 않다. 약간의 차이가 보이고는 있지만 이는 설문조사 결과 피실험자들이 기존의 키보드에 익숙해 있어서 인간공학적인 키보드가 어색하게 느껴지기 때문인 것으로 나타났다.

작업자세에 있어서는 척골변위가 통계적으로 유의하게 줄어들었음을 알 수 있었다. 실험이 끝난 후의 간단한 질문에서 대부분의 피실험자가 인간공학적인 키보드에서 손목의 뻣근함이 훨씬 덜하다는 응답을 했다. 그러나 두 키보드 모두에서 오른손보다는 왼손에서의 통증을 호소하였는데 이는 한글 자판의 배열에서 자음을 왼손이 전담하기 때문이라고 할 수 있다. 그리고 손목의 신전에서 통계적으로는 유의한 차가 없었지만 인간공학적인 키보드가 기존의 키보드에 비해 더 큰 각도를 보였다. 이는 인간공학적인 키보드의 손목 받침부분의 모양과 전체적인 자판의 높이가 높기 때문으로 분석된다. 키보드의 앞 가장자리 부분의 높이는 기존의 키보드가 17mm, 인간공학적인 키보드가 25mm로 8mm의 차이를 보이고 있었다.

인간공학적인 키보드는 대개 자판이 경사지게 설계되어 있어서 전체적인 자판의 높이가 높게 된다. 이를 해결하기 위해서 작업대의 높이를 낮추어야 하는 문제점을 갖게 된다. 따라서 이에 대한 보완과 인간공학적인 키보드에 대한 재설계가 필요할 것으로 사려된다.

## 참 고 문 헌

- 1) 영상표시단말기(VDT)관리자를 위한 기술지원서, 체신부, 대한민국 전산망표준, 1993.
- 2) 97년 상반기 사회통계조사, 통계청, 1997.
- 3) Bhattacharya, A., McGlothlin, J.D., Occupational Ergonomics, Marcel Dekker, pp. 581~603, 1996.
- 4) DHHS(NIOSH), CUMULATIVE TRAUMA DISORDERS IN THE WORKPLACE, pp. 89~129, 1995.
- 5) Pulat, B.M., Fundamentals of Industrial Ergonomics, Prentice Hall, pp. 47~52, 1997.
- 6) VDT 증후군, 과학에세이, 1997.
- 7) VDT 및 단순반복작업근로자 건강장해 대책 세미나, 산업안전관리공단, pp. 87~108, 1996.
- 8) VDT 관리 지침, 산업안전관리공단, 1996.
- 9) VDT 작업환경 지침 연구, 한국전산원, 1990.
- 10) McAtamney, L., Corlett, E.N., "RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-related Upper Limb Disorders", Applied Ergonomics, 24(2), pp. 91~99, 1993.
- 11) Rempel, D., & Horie, S., "Effect of wrist posture during typing on carpal tunnel pressure", Work with display units WW-DU '94(Vol. 3), 1994.
- 12) M. Honan, E. Serina, R. Tal, D. Rempel, "Wrist postures while typing on a standard and split keyboard", Proceeding of the HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY 39th Annual Meeting, pp. 366~368, 1995.
- 13) Harry L. Davis, ERGONOMICS IN COMPUTERIZED OFFICES, Taylor & Frandis, pp. 150~154, 1995.
- 14) Smith, M.J., "Effect of a Split Keyboard Design and Wrist Rest on Performance, Posture, and Comfort", Human Factors, Vol. 40, No. 2, pp. 324~336, 1998.
- 15) Lillian, N.G., "Comparison of the Effects of a Fixed-angle Split Keyboard with a Center Trackball and a Traditional Keyboard and Mouse on Performance, Wrist Deviation, Posture, and Comfort", Cornell

- Univ., 1996.
- 16) Sommerich, C.M., "Carpal tunnel pressure during typing :Effect of wrist posture and typing speed", In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, 1994.
- 17) Lueder, R., "A Proposed RULA for Computer Users", Proceedings of the Ergonomics Summer Workshop, 1996.
-