

필기기관의 인간공학적 설계를 위한 필기성능평가*

-Experimental Evaluation of Handwriting Performance for the Ergonomic Design of Writing Instruments-

권 규 식**
Kwon, Kyu Sik

Abstract

This study deals with the performance evaluation of writing for designing handwriting instruments ergonomically. Experimental tests were executed on ballpoint pen, felt-tip pen, pencil, sharp-pencil, and fountain pen for ease of use and reduction of the muscles fatigue. The writing time and the degree of comfort of writing by subjects were measured on the diameters of five writing instruments. The results indicated that the ballpoint pen was rated significantly superior to the others in writing speed attribute and the instrument with the least fatigue was the fountain pen. There was a significant interaction effect between the types of instruments and their size in diameters. The diameter of instruments for considering time and comfort together was verified that the size of 9.5mm was efficient for ballpoint pen, the size of 8.1mm for felt-tip pen, the size of 7.5mm for pencil, the size of 8.2mm for sharp-pencil, and the size of 9.1mm for fountain pen.

1. 서론

필체란 인간이 문서를 읽거나 문자를 분석하고 나아가 그 사람의 개성이나 특성을 표현하는 매개체로서 중요한 역할을 한다. 이에 잘 조직된 학습이론측면에서의 교육학이나 인간의 정신적 능력과 특성의 심리계량측면에서의 심리학에서 필기의 문제를 접근해오기도 하였다. 인간이 문서작업을 시작한 이래로 가장 기본적인면서 일반화되어온 것이 필기하는 것이다. 필기는 오늘날 문명이 발달하여 첨단화시대를 걷고 있는 시점에서 정서적으로나 실용 면에서 근원을 이루고 있다.

사무 자동화에 따른 문서의 폐지화가 대두되고 워드 프로세서의 활용이 활발하다고 해도 신입사하는 신입사원들에게 자기소개서나 이력서 등을 자필로 작성하게 하는 것 등의 예에서 봐도 실로 필체에 있어서는 그 사람의 됴됨이가 어우러져 연출되기 때문일 것이다. 역사를 회고해봐도 필체는 예로부터 필기의 기풍과 힘이 표현될 만큼 우리의 정서에 있어서는 매우 의미 있고 중요한 정보전달의 수단이었다.

* 이 논문은 1995년도 전주대학교 학술연구조성비에 의하여 연구된 것임.

** 전주대학교 산업공학과

따라서, 필체의 미려함을 도모하기 위한 방안들이 강구되었으며, 필기를 위한 도구의 설계와 필기자세 등은 필체를 형성하는 주요한 요소가 되어 필기기구에 대한 연구와 제품개발이 다양하게 이루어져 왔다.

필기동작과 필기기구설계에 감각적 쾌환(feedback) 접근방법이 제안되어 연구되었으며[1, 2], 특히 시각적 쾌환과 필기 효율성의 중요성을 다룬 연구가 보고되기도 하였다[3]. Kao et al.[4]는 필기기구를 설계하는데 중요한 요소는 필기기구의 손잡이와 penpoint의 위치이며, 예비연구를 통해 penpoint의 위치는 pen 손잡이 중심선상에 있는 것보다 약간 밑으로 기울어져 있는 것이 좋다고 하였다. 또한, Smith et al.[5]는 곡선과 직선형태의 fountain penpoint의 필기 효율성을 조사하기도 하였다. 이 연구에서는 곡선형의 penpoint는 필기행위와 pen 동작의 시각적 쾌환의 감소로 인하여 필기 효율성을 저해한다고 밝혀졌다.

그리고 동적인 동작제어와 안내의 감각적 쾌환이론에 근거한 필기의 효율성과 필기기구 설계사이의 관계성을 조사하기도 하였다[6]. 이 조사에서 fountain pen의 penpoint가 손잡이 중심축선상에 놓이는 것과 손잡이 끝을 따라 일직선상에 놓이는 것 사이의 필기의 효율성에 관해 다루었다. 또한, Kao[7]은 penpoint의 형상이 필기수행성능에 큰 영향을 미친다는 것을 입증하기도 하였다. 그리고 필기기술을 습득하려는 어린이의 경우 성별과 연령에 따라 pen의 크기에 다양한 설계가 있어야 함도 지적하였다[8].

Kao[9, 10]은 또 필기기구에 대한 사용자의 선호도를 조사하여 인간공학적 접근을 시도하였다. 세 가지 필기기구 즉, pencil, ballpoint pen, fountain pen을 대상으로 읽기 쉬운지, 쓰기 쉬운지, 읽기를 유발할 수 있는지, 쓰기 편한지, 빨리 쓸 수 있는지 등에 관해 설문조사를 실시한 후, 통계분석을 실시함으로써 사용자가 가장 선호하는 필기기구가 ballpoint임을 보고하였다. 더욱이 그는 이러한 정성적 평가에 더하여 필기속도와 피로를 척도로 하여 ballpoint pen, felt-tip pen, fountain pen, pencil에 대한 정량적 평가를 하였다[11]. 필기속도의 평가에서는 ballpoint pen이 가장 좋았고 fountain pen이 가장 나빴으며, 피로의 측면에서는 felt-tip pen이 가장 좋았고 ballpoint pen이 가장 나쁜 것으로 지적되었다. 그리고 속도와 피로의 전체적인 측면에서는 felt-tip pen이 적절한 것으로 판정되었다.

그러나 여기서 그는 열거한 필기기구를 선택하여 이들의 성능평가만을 수행하고, 실질적인 필기기구를 설계할 때 필요한 축경, 무게, 재질, 크기 등 설계요소에 대한 고려를 하지 못한 결함이 있었다. 이들 설계요소는 필기기구를 설계하는데 뿐만 아니라 사용자가 인간공학적인 사용의 편의성을 도모하는데도 크게 좌우되는 것이기에 매우 중요한 것이다. 이렇듯 가장 기본적인 면에서도 범용화된 필기기구에 있어서 실제로 필기기구를 설계하는데 꼭 필요한 설계요소에 대해서는 아직도 적절한 설계방안이 마련되지 않아 필기기구에 대한 사용자의 선택을 공학적으로 과학적으로 지원해줄 수 있는 방안이 설정되지 못하였다.

특히 이 중에서도 사용자의 필기성능에 가장 크게 영향을 미치는 요소인 축경은 글을 쓰기 위해 필기기구를 잡을 때의 필기기구의 심을 중심으로한 필기기구의 지름이다. 필기기구에 적합한 축경이 설정되지 않으면, 손가락이 불편하거나 손과 팔에 무리한 힘이 요구되어 손가락 관절과 근육의 통증을 호소하는 경우가 발생하여 필기자의 필기수행성능을 감소시키게 된다. 그래서 축경이라는 것은 글을 빨리 쓰고자 하는데 있어서 가장 밀접한 관련성을 가지고 있으면서도, 또한 필기작업자세에서의 손과 팔의 근육 피로에 결정적인 역할을 하기 때문에 필기수행성능을 증감시키는데 매우 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 현존하는 여러 필기기구에 대해 사용자에게 효과적인 것이 어느 것인가를 살펴보고자 한다. 이를 위해서 실험적인 검토를 통해 필기기구의 축경을 변화시킴으로써 인간공학적 설계를 위한 축경의 설계요소를 고려한 필기기구의 수행성능평가를 실시하고자 한다.

2 실험

2.1 실험방법 및 절차

본 연구에서 설정한 실험대상은 Kao의 연구에서 정한 네 가지 필기기구인 ballpoint pen, felt-tip pen, fountain pen, pencil에 더하여 좀 더 현대적인 감각에서의 요즈음 많이 사용되고 있는 sharp-pencil 등으로 하였다.

피실험자는 본 연구에 관심이 있는 20대의 남자 대학생 5명을 무작위 추출하였으며, 특히, 이들의 손가락 치수는 한국표준과학연구원의 산업제품의 표준치 설정을 위한 한국인 국민표준체위조사에 의한 인체측정 데이터 관리 시스템으로부터 근거하였다. 즉, 20대 남자 그룹의 평균 손길이, 손 너비, 손 둘레, 손가락 길이 및 손 두께가 각각 18.2, 9.5, 20.5, 10.4 및 2.8 cm 범위에 해당되는 피실험자를 선정하였다[12].

실험에서 실시한 필기작업은 '전주대학교 산업공학과'라는 글을 각 피험자가 각 필기기구에 대해 각 직경별로 10회 반복해서 쓰도록 하였다. 여기서, 글씨 크기와 글씨체는 20 point와 신명조체로 선택하였으며, 미리 흰 백지 위에 얇은 글씨로 대상글씨를 적어놓고 피실험자에게 글씨 위를 따라 쓰도록 하였다. 대상글씨의 선택은 본 연구에서는 필기기구의 필기성능평가만을 다루기 때문에 필기시의 일관된 필기기구만이 중요하므로 무의미하게 정하였다. 그리고 학습효과에 의한 영향을 최소화하기 위하여 실험 전에 실험대상의 글씨 크기, 글씨체, 자신의 자연스런 필기속도, 필기자세 및 형태 등을 유지하면서 실험에 임하도록 피실험자들에게 충분히 숙지시키며 학습, 관리하였다.

손의 기능적 특성을 통해 필기작업을 수행할 때, 가장 중요한 부위는 손의 인지, 엄지, 중지인 것으로 판명되었으며, 실제 필기작업에서도 이들 손가락 부위가 중심적 역할을 수행하여 이들 부위에 따라 필기자세가 형성되는 것을 알 수 있다. 따라서, 필기작업자세는 일반적인 오른손잡이의 세 손가락 쥐기의 자세로부터 엄지, 인지, 그리고 중지가 만나는 지점에서 축경을 선택하였다.

축경의 변화는 동일 회사의 같은 형태와 재질의 필기기구에 대해 세손가락 쥐기의 쥐는 부분에서 커버를 씌워가면서 축경의 크기를 변화시켜 실험하였다. 축경의 범위는 7~14mm를 선택하였는데, 필기기구의 하드웨어상 필기할 때의 전체적인 균형에 무리가 가지 않는 범위이었다.

시장조사에 의하면 현존하는 필기기구 중 가장 작은 것은 축경의 크기가 7.2mm이기 때문에 이보다 더 작은 크기를 확보할 수도 없었고, 더 작은 크기를 실제로 만들어 실험하려고도 했지만 이미 이 크기에서조차도 예비실험결과 시간이나 근전도의 결과가 의미는 없었다. 그리고 축경의 크기를 늘려갈 때 실험자가 손가락의 무리가 가지 않을 정도의 크기는 13.8mm였으며, 이보다 큰 크기에서조차 또한 예비실험결과 의미가 없었다.

예비실험에서 하한 치와 상한 치에 가까운 축경에서 실험척도상에 큰 차이가 나지 않아 그 자료는 여기에서는 제시하지 않았다. 축경의 크기는 필기기구와 커버간의 재질상의 문제도 있지만 본 연구에서는 단지 축경만을 다루었기 때문에 필기기구를 쥐는 부분에서 종이와 테이프를 이용하여 변화시켰다. 그리고 지름의 간격은 좀 많기는 하지만 그다지 의미 없이 대략 0.1mm씩 증가시켜 나갔으며, 실험결과의 의미 있는 차이가 발생하는 것들만을 추출하는 과정에서 또한 그림에 이의 결과를 싣는 과정에서 너무 세분된 결과는 그림의 스케일을 벗어나기 때문에 간격이 동일하지 않았고 개수도 11개로 한정하였다.

작업수행성능의 측정은 정상작업영역내에서의 세 손가락 쥐기에 의한 필기작업자세에서 글을 쓸 때, 1/100초의 범위까지 측정 가능한 스톱 위치를 이용해 필기속도를 측정하였다. 또한, 필기작업시 근육의 피로에 어느 정도의 부담을 주는지를 파악하기 위해 Mega Electronics Ltd.의 Muscle Tester ME 3000 Professional이라는 EMG analysis system을 이용하여 팔의 근전

도를 측정하였다. 측정부위는 필기의 반복된 작업시 손가락의 부담은 결국 팔의 통증(頸肩腕症)을 초래하기 때문에 앞팔과 위팔로 하였다.

2.2 실험결과 및 분석

본 연구에서 선택한 다섯 가지 필기기구인 ballpoint pen, felt-tip pen, fountain pen, pencil sharp-pencil을 사용하여 필기기구의 평균필기속도를 축경별로 나타낸 것이 그림 1이다. 또한, 정상적인 필기작업자세에서의 근육의 피로도를 어느 정도 유발하는지를 축경별로 나타낸 것이 평균근전도적분비의 그림 2이다.

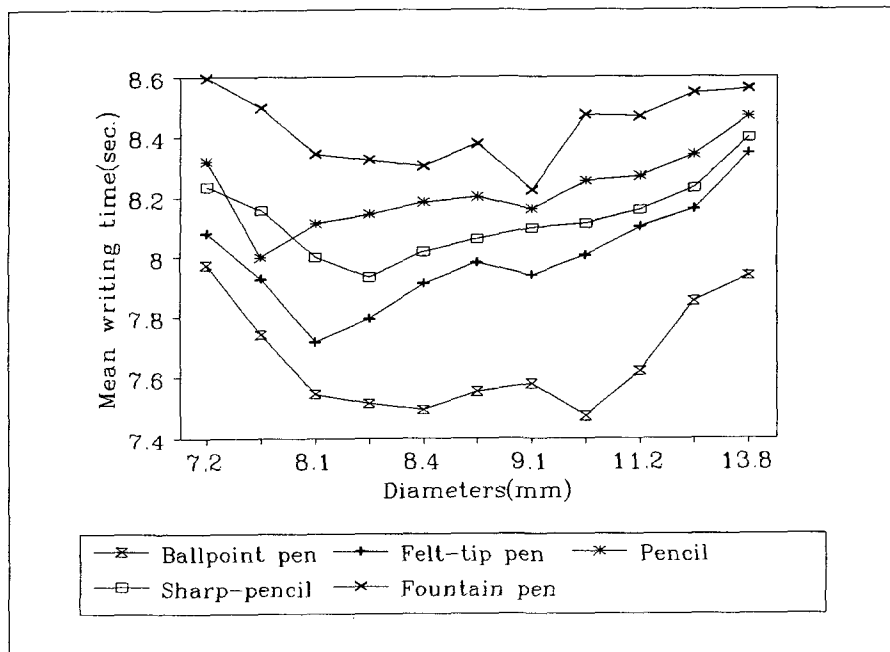


그림 1. 필기기구의 축경별 평균필기시간

먼저, 그림 1의 필기기구에 따른 필기속도를 살펴보면 ballpoint pen이 가장 빨랐으며 그 다음으로 felt-tip pen, sharp-pencil, pencil, fountain pen의 순서로 fountain pen에서 가장 느렸다. 이는 Kao가 연구한 내용과 유사한 결과를 보이고 있지만 그의 연구와 다르게 나타난 것은 몇 개의 축경에서 이들 필기기구가 항상 일정한 속도를 가지는 것은 아니었다. 특히, 계속적으로 속도가 빨라지다가 어느 축경에서부터는 느려지는 것을 보면서 필기속도를 향상시킬 수 있는 필기기구의 축경설계의 근거를 마련할 수 있었다. 다시 말해서, ballpoint pen으로 필기할 때 가장 빠르게 쓰이는 축경은 9.5mm이었으며, felt-tip pen에서는 8.1mm, sharp-pencil은 8.2mm, pencil인 경우에는 7.5mm 그리고 fountain pen으로 쓸 때는 9.1mm에서 다른 필기기구 보다는 느리지만 자체 필기기구내의 다른 축경에서보다는 빠르게 쓰이고 있었다.

이로써 felt-tip pen, sharp-pencil, 및 pencil은 실험에 사용된 필기기구 중에서는 다소 작은 축경의 범위에서, ballpoint pen과 fountain pen은 중간 정도의 축경의 범위에서 수행성능이 향상되는 것을 알 수 있었다.

다음으로 그림 2의 필기작업시 근육의 피로도가 어느 정도 되는가를 조사해본 결과 fountain

pen이 가장 덜 피로한 필기기구임이 판명되었으며, sharp-pencil, felt-tip pen, pencil, ballpoint pen의 순서로 피로도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 더욱이 그 피로함의 차이에 대한 간격은 fountain pen과 기타 다른 필기기구와의 사이에서 현저하게 나타났고, sharp-pencil이나 felt-tip pen, pencil에서는 그다지 큰 차이가 난 것은 아니었다. 그러나 무엇보다도 중요한 것은 필기속도에서도 알아본 바와 같이 각 축경별에 있어서는 이러한 결과가 일관된 것은 아니었고, 각 필기기구별로 필기작업시 근육의 부담을 경감시킬 수 있는 적절한 축경이 무엇인지를 알 수가 있었다. 즉, fountain pen인 경우 9.1mm에서 sharp-pencil은 8.2mm, felt-tip pen에서는 8.1mm, pencil에서는 7.5mm, 그리고 다른 필기기구보다는 피로감이 더하지만 ballpoint pen 자체에서는 피로함의 정도를 덜 느낄 수 있는 축경은 9.5mm이었다.

이의 결과는 필기속도에 대한 실험에서와 같이 sharp-pencil, pencil 및 felt-tip pen에서는 비교적 작은 축경의 범위에서 그리고 fountain pen과 ballpoint pen에서는 보통의 축경의 범위에서 필기안락감의 수행능력이 향상되는 것을 알 수 있었다.

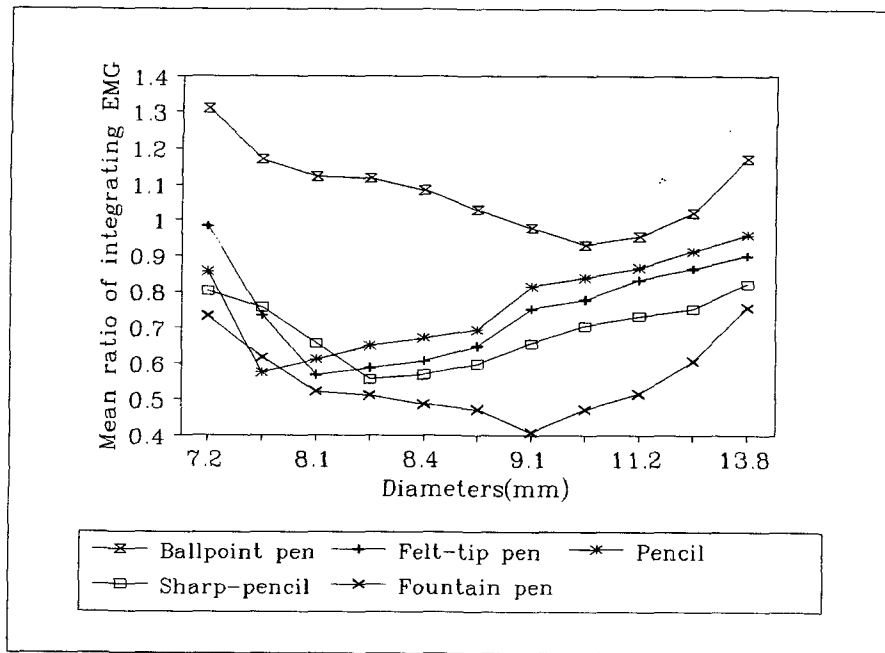


그림 2. 필기기구의 축경별 평균근전도적분비

그리고 그림 1과 그림 2를 보면 평균필기시간이 빠른 순서로 나열해본 경우, ballpoint pen, felt-tip pen, sharp-pencil, pencil, fountain pen의 순서로 나타났다. 또한, 평균근전도적분비가 적은 순서로 나열해본 경우, fountain pen, sharp-pencil, felt-tip pen, pencil, ballpoint pen의 순서였다. 이것은 필기성능과 필기피로감 사이가 정확하게 반비례하는 경향은 아니라 할지라도 어느 정도 반대의 성향을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 아무리 빠르게 쓸 수 있는 필기기구라 할지라도 필기의 쾌적감과는 차이가 있을 수 있다는 것을 말하는 것이다. 즉, 빠르게 필기를 할 경우에는 필기할 때의 손에 압력이 가해지기 때문에 다소 쾌적함에 영향을 미치게 된다. 반대로 천천히 필기할 때는 손의 부담감을 덜하기 때문에 쾌적함을 느끼는 반면 빠른 필기에는 부적합하다는 것이다. 예를 들면, ballpoint pen인 경우 필기의 속도면에서는 상당한 효

과를 보일 수가 있지만 필기의 안락감과는 거리가 있으며, fountain pen인 경우 편안하게 필기의 쾌적감을 느낄 수가 있지만 빠르게 써야 할 때는 그리 효과적이지 못하다는 것이다.

이러한 실험적 결과를 두고서 이 결과가 필기기구와 축경측면에서 유의하다고 할 수 있는지를 알아보기 위해서 필기속도와 필기피로감에 대해 두 가지 인자 및 이들의 상호작용 효과를 파악하는 분산분석을 실시하였다. 특히, 5명의 피실험자들에 대한 작업성능차이를 고려하기 위해 피실험자를 블록으로 처리하여 이를 제거한 후에 필기기구와 축경에 관한 효과를 분석하였다.

표 1. 평균필기시간에 대한 분산분석

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	58	23.43	0.40		
BLOCK(SUBJECT)	4	0.04	0.01	62.64	0.0001
DEVICE	4	17.84	4.46	1.46	0.2139
DIAMETER	10	4.32	0.43	691.40	0.0001
DEVICE×DIAMETER	40	1.23	0.03	66.99	0.0001
Error	216	1.39	0.006	4.79	0.0001
Corrected Total	274	24.82			

첫째, 평균필기시간에 대한 분산분석결과를 표 1에서 살펴보면, 전체모형에 대한 F 검정에 의미가 있음을 알 수 있으며, 각 인자에 대한 결과 또한 의미가 있었다. 이는 필기기구와 축경 각각에 따라서 필기속도가 달라지며, 이들의 상호작용 효과도 있음을 알 수 있었다. 더욱이 필기기구에 따라서 평균의 차이가 있는지에 대한 Duncan's multiple range test를 실시한 결과, ballpoint pen, felt-tip pen, sharp-pencil, pencil 및 fountain pen의 평균이 각각 7.66, 7.9, 8.12, 8.22, 8.42로 평균필기속도에 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 2. 평균근전도적분비에 대한 분산분석

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	58	11.922	0.206		
BLOCK(SUBJECT)	4	0.002	0.0006	48.38	0.0001
DEVICE	4	8.386	2.096	0.15	0.9616
DIAMETER	10	2.177	0.218	493.44	0.0001
DEVICE×DIAMETER	40	1.357	0.034	51.24	0.0001
Error	216	0.918	0.004	7.08	0.0001
Corrected Total	274	12.840			

둘째, 표 2의 평균근전도적분비에 대한 분산분석을 통해 볼 때, 평균필기속도에 대한 분산분석에서와 같이 전체모형에 대한 F 검정에 의미가 있었지만, 각 인자에 있어서 피실험자에 의한 효과는 유의하지 않게 나타났다. 따라서, 이를 블록으로 처리하고 필기기구와 축경에 따른 평균근전도적분비를 검토하였다. 필기기구와 축경에 따라 평균근전도적분비에 차이가 나타났으며, 이들의 상호작용 효과도 있음을 알 수 있었다. 그리고 Duncan's multiple range test의 결

과에서는 fountain pen, sharp-pencil, felt-tip pen, pencil 및 ballpoint pen의 평균이 각각 0.55, 0.69, 0.75, 0.77, 1.08로 felt-tip pen과 pencil 사이에는 서로 평균의 차이가 없고, 나머지 필기 기구 사이에는 차이가 있는 것으로 나타났다.

따라서, 필기속도와 필기피로감에 미치는 다섯 가지 필기기구의 유의함이 입증되었으며, 여기서 특히 관심을 이끄는 사항은 이의 결과가 필기기구의 축경에 따라서도 유의한 결과가 나온다는 것이다. 뿐만 아니라 필기기구와 축경간의 상호작용에 따른 유의성으로 인하여 축경별 필기기구의 수행성능에 유의성이 존재한다는 것을 알 수 있었다. 이는 필기기구를 설계할 때, 축경의 고려를 신중히 해야함을 밝히는 중요한 단서가 되었다.

3. 결론

본 연구는 필기기구의 인간공학적 설계를 위한 필기성능평가에 대해 다루었다. 필기기구를 설계하기 위한 여러 요소 중에서 가장 중요하고도 사용자에게 사용의 편의성과 함께 근육의 피로를 경감시키는데 주요 요소인 축경을 중심으로 실험적 성능평가를 실시하였다.

필기기구의 대상으로 선정한 다섯 가지 ballpoint pen, felt-tip pen, pencil, fountain pen 및 sharp-pencil에 대하여 축경을 변화시켜가면서 필기속도와 필기피로감을 조사하였다. 실험결과 필기속도에 대해서는 ballpoint pen이 가장 속도가 빨랐으며 felt-tip pen, sharp-pencil, pencil, fountain pen의 순서로 나타났다. 또한, 필기피로감을 보기 위해 근전도실험을 실시한 결과 피로감에서는 fountain pen이 가장 덜 피로하였으며, 다음으로 sharp-pencil, felt-tip pen, pencil, ballpoint pen의 순서였다. 더욱이 필기속도와 필기피로감의 척도를 가지고 축경별 필기기구를 조사해 본 결과 ballpoint pen에서는 9.5mm, felt-tip pen에서는 8.1mm, pencil에서는 7.5mm, 그리고 fountain pen에서는 9.1mm, sharp-pencil에서는 8.2mm에서 작업수행성능이 우수한 것으로 판명되었다.

그러나 한편으로 여기서 간과해서는 안될 것은 본 연구의 결과는 필기기구의 인간공학적 설계라는 고려사항 중에서 하나의 실험적 결과이며, 가정에서도 언급한 바와 같이 필기기구를 설계하는데 필요한 요소라는 것이 축경 하나만을 말하는 것은 아니라는 것이다. 필기기구의 크기, 재질, 형태, 색상 등 많은 고려해야할 요소가 있으며, 더욱이 날로 심화되고 있는 소비자들의 기호변화는 감성적 필기기구에 호소하는 요인의 다변화를 의미하고 있다. 즉, 남녀별, 연령별, 용도별 등 그 사용하는 각 경우마다에 선호하는 필기기구의 설계요인이 다르다. 심지어 문화적, 정서적으로 자신의 느낌에 맞는 필기기구를 선택하는 경우가 점점 증대하고 있는 시점에서 제품개발과정에서의 소비자의 의사결정의 기준을 잘 이해하는 것이 무엇보다도 중요한 것이다[13].

따라서, 본 연구의 결과는 생산자에게 사무작업에 있어서 가장 근본적인 필기기구의 설계에 일부이거나 사용자 위주의 필기기구에 대한 설계요소의 인식을 주지시킬 수가 있었다. 또한, 인간공학적 설계지침으로서의 축경별 필기기구의 설계에 대한 길잡이로서의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Smith, K. U. and Murphy, T. J., "Sensory Feedback Mechanisms of Handwriting Motions and Their Neurogeometric Bases", In V. E. Harrick(Ed), *New Horizons for Research in Handwriting*, Maddison, University of Wisconsin Press, 1963.

- [2] Smith, K. U., Human Factors in Penmanship and the Design of Writing Instruments, *A Special Report to the Research Division of the Parker Pen Company*, Behavioral Cybernetics Laboratory, University of Wisconsin, 1966.
- [3] Smith, K. U. and Smith, M. F., *Cybernetic Principals of Learning and Educational Design*, New York, Holt, Rinehart, and Winston, 1966.
- [4] Kao, H. S., Knutson, R., and Smith, K. U., Human Factors Analysis of Handwriting and Pen Design, *A Special Report to the Research Division of the Parker Pen Company*, Behavioral Cybernetics Laboratory, University of Wisconsin, 1966.
- [5] Smith, K. U., Kao, H. S., and Knutson, R., Experiment on the Effectiveness of Design of Curved and Straight Penpoints, *A Special Report to the Research Division of the Parker Pen Company*, Behavioral Cybernetics Laboratory, University of Wisconsin, 1967.
- [6] Kao, H. S., Smith, K. U., and Knutson, R., "An Experimental Cybernetic Analysis of Handwriting and Penpoint Design." *Ergonomics*, 12(3), 453-458, 1969.
- [7] Kao, H. S. R., "Human Factors in Penpoint Design," *Proceedings of the 17th Annual Convention of the Human Factors Society* (pp.16-18), Washington D. C., 1973.
- [8] Kao, H. S. R., "Human Factors Design of Writing Instruments for Children: the Effects of Pen Size Variations," *Proceedings of the 18th Annual Convention of the Human Factors Society* (pp.15-17), Huntsville, Alabama, 1974.
- [9] Kao, "An Analysis of User Preference toward Handwriting Instruments," *Perceptual and Motor Skill*, 43, 522, 1976.
- [10] Kao, "Ergonomics in Penpoint Design," *Acta Psychologica Taiwanica*, 18, 49-52, 1977.
- [11] Kao, "Differential Effects of Writing Instruments on Handwriting Performance," *Acta Psychologica Taiwanica*, 21, 9-13, 1979.
- [12] 한국표준과학연구원, 한국인 인체측정 데이터 관리 시스템, 1992.
- [13] Dolan, R. J., *Managing the New Product Development Process : Cases and Notes*, Addison-Wesley Publishing Co., Inc., 1993.