

단시간 수동망치작업의 인간공학적 연구

권영국

관동대학교 멀티미디어학부 멀티미디어학과
(2003. 8. 3. 접수 / 2003. 12. 8. 채택)

Ergonomic Study of Manual Hammering Tasks for Short Times

Young-Guk Kwon

Department of Multimedia, School of Multimedia, Kwandong University
(Received August 3, 2003 / Accepted December 8, 2003)

Abstract : The present investigation examined hammering performance, physiological response, perceived exertion, and user preference with regard to hammering in vertical (wall) and horizontal (bench) orientations, and with regard to using two different hammers. Ten male subjects participated in the experiment. The results support previous findings that horizontally oriented hammering is faster than vertically oriented hammering. In addition, the results suggest that hammer differences can affect hammering performance and perceived exertion; although, the exact contributions of specific design characteristics could not be quantitatively determined. However, participants subjectively identified handle design, weight, and mass distribution as critical factors.

Key Words : hammer design, ergonomic evaluation, user preference, critical factors

1. 서론

망치는 작업장에서 가장 널리 사용되는 도구이다. 여러 수공구 연구자들은 수동 공구를 사용하였을 때 작업자세와 공구디자인이 작업수행도와 부상 사고에 영향을 미친다고 주장하였다.

여러 학자들의 현장(field) 조사들에서 밝혀진 것은 작업자세가 망치작업의 수행도에 상당한 영향을 미친다는 것이다. 이것은 잘 제어된 실험실연구에서도 유사한 연구 결과를 나타내었다.

Schoenmarklin과 Marras(1989)의 연구는 수직과 수평 방향에서의 못질작업을 조사하였다. 그들의 연구에서 수평방향에서의 못질작업 수행도는 수직 방향보다 훨씬 좋은 것으로 나타났다. 망치 디자인 문제는 못질작업 수행도와 피실험자의 선호도의 관점에서 조사되어 왔다¹⁾.

Konz와 Street(1984)의 연구는 남자 대학생 60명을 대상으로 0, 10와 15도의 각도로 휘어진 손잡이를 가진 망치로 못을 박는 작업에 대해 조사하였다.

못질작업 수행도의 차이는 통계적으로는 유의하지 않았으나, 피실험자들은 10도 각도로 휘어진 손잡이를 가진 망치를 선호하는 것으로 나타났다. 다른 연구(Krohn과 Konz, 1982)에서도 같은 결과를 나타내었다⁴⁾.

Krohn과 Konz(1982)는 82명의 피실험자(다양한 나이와 성별구분)에게 0, 10, 15, 21, 26, 32도의 각도의 손잡이를 가진 망치 6종류에 대한 실험을 통하여 조사하였다⁴⁾.

Konz와 Granada(1981)의 연구에서는 104명의 피실험자(다양한 나이와 성별구분)에게 짧거나 길게 휘어진 손잡이를 가진 망치를 일반적인 일직선의 망치와 비교하여 실험하였다. 여기서도 피실험자들은 휘어진 손잡이의 망치를 일반 망치보다 선호하였으며, 남자들은 전반적으로 길게 휘어진 손잡이를 가진 망치를 여자들보다 선호하였다²⁾.

1984년의 Konz박사의 연구는 10, 15, 26, 32도 각도의 손잡이의 위쪽 부분이 휘어진 망치 4종류를 가지고 실험하였다. 여기서도 피실험자들은 10도 각도로 휘어진 망치를 선호하였다⁴⁾.

Schoenmarklin과 Marras(1989)의 연구는 휘어진 손잡이들(handles)사이의 선호도에 차이가 없었다고 보고하였으나, 그들의 연구에서는 10도가 빠진, 0, 20과 40도의 각도로 휘어진 망치를 가지고 실험하였기 때문일 것이다¹⁾.

Konz와 Street(1984)는 손잡이(grip), 둘레(circumference)변화, (망치머리에 대한) 손가락의 위치, 균형점(balance point)들도 손잡이(handle) 디자인에 중요한 고려 사항들이라고 주장하였다²⁾.

이 연구의 주된 목적은 2종류의 망치에 대해 수직과 수평방향에 대한 망치작업의 수행도, 생리학적 반응과 피실험자들의 주관적 선호도를 평가하기 위한 것이다.

망치의 종류와 망치작업의 방향에 상당한 영향이 있을 것으로 가정하고 조사를 시작하였다.

2. 실험 방법과 절차

2.1. 피실험자

피실험자는 근육 및 신경계통에 질환 및 부상을 경험한 적이 없는 성인 남성 10명으로 구성하였다. 선정된 피실험자가 실험을 수행하기 전, 각각의 인체특성을 측정하고, 실험내용과 실험기기 및 측정방법을 사전에 설명하여 실험에 대한 이해도를 높이고, 실험실시에 따른 심리적 부담감을 해소시킨 후 실험을 수행하였다. 피실험자들의 나이는 23.2 ± 1.6 살, 신장은 177.7 ± 6.0 cm, 체중은 73.1 ± 9.8 kg이다.

2.2. 실험 기기

망치 작업의 실험을 하기전에 각 피실험자의 정적 근력을 손잡이식 다이내모미터(hand held dynamometer)에 의하여 측정하였다. 마치 피실험자들이 지면과 수직으로 망치질을 하는 것처럼, 피실험자들에게 서 있는 자세에서 테이블에 양 앞팔을 편평하게(flat) 놓고, 다이내모미터를 쥐고 최대한 힘을 주도록 하였다. 망치작업 실험을 하기전에 이러한 측정을 3번 반복하였으며, 반복간에 2분간의 휴식시간을 주었다. 전체 소요시간은 약 1시간이었다.

2.3. 실험 절차

피실험자들은 개인적 신상기록을 작성하고, 체감력(perceived exertion)들과 같은 어려운 용어나 망치작업과 관련된 질문들을 이해하고 익숙해지도록 충분한 시간을 주었다.



Fig. 1. Hammers used in the experiment

시장에서 상업적으로 볼 수 있는 두 종류의 망치(작업용과 가정용)를 가지고, 피실험자들에게 수직과 수평방향에서 망치작업을 하도록 하였다.

피실험자들에게 940g짜리의 부드러운 고무 손잡이를 가지고 있는 약간 무거운 작업용 망치와 780g짜리의 딱딱한 나무 손잡이를 가지고 있는 가정용 망치(standard hammer) 두 종류를 사용하도록 하였다(Fig. 1참조).

실험에 익숙해지기 위한 예비작업으로, 피실험자들은 9cm의 높이로 미리 작업해 둔 10×0.4 cm의 못 100개를 30×10 cm 소나무 널빤지(planks)에 망치작업해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 소나무 널빤지는 10cm의 간격으로 세워 두었다.

수직방향의 널빤지의 마지막 줄의 못은 각 피실험자가 발뒤꿈치(heels)를 들지 않고도 망치작업을 할 수 있도록 하고, 피실험자의 팔을 최대한 들어 망치질할 수 있는 높이로 미리 작업을 해 두었다.

수평방향의 널빤지는 피실험자의 무릎높이(knuckle height)에서 똑바로 서서 망치질할 수 있는 높이로 미리 작업을 해 두었다. 수평방향의 널빤지의 마지막 줄의 못은 피실험자가 최대한 팔꿈치가 펴질 수 있는 높이로 미리 작업을 해 두었다.

망치의 종류와 망치작업의 방향은 각 피실험자에게 불규칙(random)하게 배정하였다. 각 피실험자는 4번의 실험(2종류의 망치와 두 방향의 망치작업)을 수행하였다.

2.4. 실험 변수

2.4.1. 작업 내용

작업내용(4종류)은 망치작업시 사용되는 수평방향과 수직방향 자세 두 가지와 작업용과 가정용 망치의 종류 2가지에 의해 구분하였다.

2.4.2. 측정 변수

본 실험에서는 실험조건에 주어진 작업자세와 망치의 종류에 따라, 평균심박수, 작업후의 그림 근력(N), 작업완성시간(s)과 똑바르게 망치질한 못의 수를 측정하였다. 또한 실험종료 후 각 실험에 대한 주관적 평가를 위해 Borg의 10점 척도를 이용하였다.

3. 실험결과

3.1. 작업 수행도 (Task Performance)

위에서 설명한 실험에서 망치작업을 마친 피실험자들은 수평방향에서의 망치작업은 첫 번째 줄, 마지막 줄과 전체 줄에 대한 망치작업 모두가 수직방향보다는 통계적으로 훨씬 더 빠른 것으로 나타났다.

망치의 종류에 대해서는 첫 번째 줄과 전체 줄에 대한 망치작업은 무겁고 부드러운 손잡이를 가진 망치가 통계적으로 훨씬 더 빠른 것으로 나타났다. 마지막 줄에 대한 망치작업 시간은 망치의 종류에 의해 통계적으로 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

정확도(똑바르게 망치질한 못의 수)는 망치작업하는 방향이나 망치의 종류에 의해 통계적으로 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

3.2. 생리학적 반응

1시간의 망치작업의 실험 뒤에, 표 1과 2에 제시한 바와 같이, 평균 심장박동수는 망치의 작업방향이나 망치의 종류에 의해 통계적으로 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 즉, 이 모의실험에서는 생리학적으로 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

하지만 작업완성시간은 작업방향에 대해 유의한 차이(Table 1참조)가 있었으며, 망치종류에 대해서도 유의한 차이(Table 2참조)를 나타내었다.

망치작업후의 그림 근력은 망치의 작업방향(Table 1)에서는 통계적으로 유의하지 않았으나, 망치종류(Table 2)에는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 즉, 망치종류는 작업에 영향을 미친다는 것을 의미한다.

3.3. 주관적 반응

피실험자들의 어깨부위 체감력(perceived exertion)은 망치종류와 작업방향에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Mean values in the hammering orientations

변수	작업방향	Mean*	S.D.	Range
평균심박수 [bpm]	수평방향 a	130.8	21.7	75.4-164.4
	수직방향 a	137.8	20.1	106.4-170.2
작업 후 그림 근력[N]	수평방향 a	278.1	61.7	157.0-358.1
	수직방향 a	268.1	77.5	137.3-412.0
작업완성시간 [s]	수평방향 a	1085.2	612.7	552.0-3000.0
	수직방향 b	1761.6	778.3	797.0-3109.0
똑바르게 친 못의 수	수평방향 a	92.0	7.3	69.0-100
	수직방향 a	92.0	6.2	75.0-100

* a와 b는 $p \leq 0.05$ 에서 유의한 차이가 있으며, a와 a는 차이가 없다.

Table 2. Mean values for work-use and home-use hammers

변수	망치종류	Mean*	S.D.	Range
평균심박수 [bpm]	작업용 a	135.4	23.4	75.4-170.2
	가정용 a	133.6	18.7	106.4-168.6
작업 후 그림 근력[N]	작업용 a	282.5	63.7	137.3-358.1
	가정용 b	263.7	75.0	152.1-412.0
작업완성시간 [s]	작업용 a	1280.4	708.3	552.0-2770
	가정용 b	1566.3	823.0	580.0-3109
똑바르게 친 못의 수	작업용 a	93.2	7.3	69.0-100
	가정용 a	90.9	6.0	75.0-100

* a와 b는 $p \leq 0.05$ 에서 유의한 차이가 있으며, a와 a는 차이가 없다.

Table 3. Perceived exertion for arm, shoulder, and back for hammer type(Borg scale from 0 to 10)

신체부분	망치종류	Mean	S.D.
Arm (앞팔)	작업용 a	7.3	2.1
	가정용 a	7.4	1.8
Shoulder (어깨)	작업용 a	3.7	2.0
	가정용 b	4.8	2.1
Back (척추)	작업용 a	2.1	1.3
	가정용 a	2.5	1.5

* a와 b는 $p \leq 0.05$ 에서 유의한 차이가 있으며, a와 a는 차이가 없다.

망치의 종류에 대한 어깨의 체감력은 무겁고 손잡이가 부드러운 작업용 망치가 가정용 망치보다 통계적으로 낮은 값을 나타내었다. 그러나, 앞팔과 척추부위의 체감력은 망치의 종류에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3참조).

앞팔과 척추(back)부위의 체감력은 망치의 작업방향에 대해서도 통계적으로 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Table 4참조).

Table 3과 4에 나타난 바와 같이, 망치의 작업방향에서의 작업용과 가정용 망치에 대한 체감력은 앞팔과 척추에서는 통계적으로 유의한 차이가 발견되지 않았지만, 전반적으로 가벼운 가정용 망치가 선호되었다.

Table 4. Perceived exertion on arm, shoulder, and back for task orientation and hammer type

신체부분	작업방향	작업용 망치		가정용 망치	
		Mean*	S.D.	Mean*	S.D.
Arm (앞팔)	작업용 a	7.0	1.6	7.0	1.8
	가정용 a	7.5	2.5	7.8	1.8
Shoulder (어깨)	작업용 a	3.4	1.9	4.3	1.2
	가정용 b	4.1	2.2	5.3	2.7
Back (척추)	작업용 a	2.0	1.0	2.5	1.1
	가정용 b	2.2	1.5	2.5	1.9

* a와 b는 $p \leq 0.05$ 에서 유의한 차이가 있으며, a와 a는 차이가 없다.

Table 5. Preference ratings for hammer type

망치	S.D.	Mean*	S.D.
작업용 (940g)	a 6.2	6.0	6.4
가정용 (780g)	b 2.4	3.3	1.5

* a와 b는 $p \leq 0.05$ 에서 유의한 차이가 있다.

Table 5에서는 작업방향에서는 작업용 망치의 선호도가 가정용 망치보다 더 높았다. 따라서, 피실험자들의 망치에 대한 선호도 평가는 무겁고 부드러운(soft) 손잡이를 가진 작업용 망치를 더 선호하는 것으로 나타났다.

3.4. 주관적 평가

실험전에 전달한 Borg의 10점 척도 평가지를 실험종료 후 피실험자가 직접 체크하도록 한다. 각 피실험자가 기입한 평가지를 2가지 작업자세와 2가지의 망치종류에 따라 분석한 결과는 Table 3에서 Table 5까지에 제시되어 있다.

어깨부위의 체감력은 망치의 종류와 작업방향에 따라 다르다는 것을 알 수 있다.

하지만, 앞팔과 척추부위는 망치의 종류와 작업방향에 따라 피실험자의 체감력에 차이가 없음을 보여주고 있다.

피실험자들은 손잡이 디자인, 망치의 무게와 무게배분도 망치 선호도의 중요 요소로 지적하였다.

4. 결론 및 토의

망치작업은 무겁고 부드러운 손잡이를 가진 작업용 망치가 통계적으로 훨씬 더 빠른 것으로 나타났다. 완성시간에 대한 망치작업 수행도는 Marras (1988a)의 선행연구와 동일한 수평방향이 더 나은

것으로 나타났다.

10명의 남성 피실험자를 사용하여 수직(벽) 방향과 수평방향(벤취)에 대한 망치작업의 수행능력, 생리학적 반응, 체감력, 사용자의 선호도 등을 조사한 결과는 수직방향 망치작업보다는 수평방향 망치작업이 보다 빠르다는 과거의 연구결과를 뒷받침하고 있다.

비록 특정 디자인 특성의 정확한 기여를 정량적으로 결정할 수는 없지만, 연구결과는 선행연구와 유사하게 망치의 종류가 망치작업의 수행능력과 체감력(perceived exertion)에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

수평방향의 망치작업은 모든 망치작업에서의 완성시간이 수직방향의 망치작업보다 통계적으로 더 빠른 것으로 나타났다.

망치 종류는 첫 번째 줄과 전체 줄의 완성시간, 어깨에 대한 체감력과 망치 선호도 평가(무겁고 가벼운 손잡이의 작업용 망치 선호)에서 차이가 있는 것으로 나타났다.

추후 연구로 개선된 인간공학적인 각도망치와 이 논문에서 사용된 일반망치와의 비교연구와 피실험자들이 지적한 요소중 손잡이 디자인과 논문심사자가 지적한 숙련도를 기존의 문헌연구와 대조해보는 작업을 미래연구로 계획하고 있다.

감사의 글 : 이 연구는 한국대학교육협의회(대학교협)의 연구비 지원을 받아서 부산대학교 산업공학과 교류교수로 근무중 수행된 연구과제입니다.

참고문헌

- 1) G. A. V. Borg, "A Category Scale with Ratio Properties for Intermodel and Inter-Individual Comparisons", in : Psychological Judgment and the Process of Perception, H. G. Geissler and P. Petzold (Eds.), VEB Deutscher Verlag, Berlin, 1982.
- 2) S. Konz and M. Granada, "Evaluation of Bent Hammer Handles", Proceedings of the Human Factors Society-25th Annual Meeting, 1981.
- 3) S. Konz and B. Street, "Bent Hammer Handles Performances and Preference", Proceedings of the Human Factors Society-28th Annual Meeting, pp. 438~440, 1984.

- 4) S. Konz, "Bent Hammer Handles", *Human Factors*, Vol. 28, pp. 317~323, 1984.
- 5) K. H. E. Kroemer, "Cumulative Trauma Disorders : Their Recognition and Ergonomics Measures to Avoid Them", *Applied Ergonomics*, Vol. 20, No. 4, pp. 274~280, 1989.
- 6) R. Krohn and S. Konz, "Bent Hammer Handles", *Proceedings of the Human Factors Society - 26th Annual Meeting*, pp. 413~417, 1982.
- 7) W. S. Marras, T. G. Bobick, and S. A. Lavender, T. H. Rockwell, and R. L. Lundquist, "Risks of Hand Tool Injury in U.S. Underground Mining from 1978 through 1983 Part I : Coal Mining", *Journal of Safety Research*, Vol. 19, pp. 71~85, 1988a.
- 8) Marras, W. S., Bobick, T. G., Lavender, S. A., Rockwell, T. H. And Lundquist, R. L. "Risks of Hand Tool Injury in U.S. Underground Mining from 1978 through 1983 Part II : Coal, Mining", *Journal of Safety Research*, Vol. 19, pp. 115~124, 1988b.
- 9) M. Mattila, W. Karwowski, and M. Vikki, "Analysis of Working Postures in Hammering Tasks at Building Construction Sites using the Computerized OWAS Method", *Applied Ergonomics*, Vol. 24, No. 6, pp. 405~412, 1993.
- 10) S. W. Meagher, "Hand Tools : Cumulative Trauma Disorders Caused by Improper Use of Design Elements", in W. Karwowski (ed.) *Trends in Ergonomics/Human Factors*, Vol. III, Elsevier, Amsterdam, pp. 581~587, 1986.
- 11) R. W. Schoenmarklin and W. S. Marras, "Effects of Handle Angle and Work Orientation on Hammering II. Muscle Fatigue and Subjective Ratings of Body Discomfort", *Human Factors*, Vol. 31, pp. 413~420, 1989.