

단시간 수동망치작업의 인간공학적 연구



권영국 교수

관동대학교 멀티미디어학부 멀티미디어학과

1. 서론

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

여러 학자들의 현장(Field) 조사에서 밝혀진 것은 작업자세가 망치작업의 수행도에 상당한 영향을 미친다는 것이다. 이것은 잘 제어된 실험실 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다.

Schoenmarklin과 Marras(1989)의 연구는 수직과 수평 방향에서의 못질 작업을 조사하였다. 그들의 연구에서 수평방향에서의 못질작업 수행도는 수직방향에서의 수행도보다 훨씬 좋은 것으로 나타났다. 망치디자인 문제는 못질작업 수행도와 피실험자의 선호도 관점에서 조사되어왔다.

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

작업 수행도의 차이가 통계적으로는 유의하지 않았으나, 피실험자들은 10도 각도로 휘어진 손잡이를 가진 망치를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 다른 연구(Krohn과 Konz, 1982)에서도 같은 결과를 나타내었다.

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

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 선호하였다.

1986년의 Konz박사의 연구는 10, 15, 26, 32도 각도의 손잡이 위쪽 부분이 휘어진 망치 4종류를 가지고 실험하였다. 여기서도 피실험자들은 10도 각도로 휘어진 망치를 선호한 것으로 나타났다.

Schoenmarklin과 Marras(1989)의 연구는 휘어진 손잡이들(Handles)사이의 선호도에 차이가 없었다고 보고하였는데 이는 10도가 빠진 0, 20과 40도의 각도로 휘어진 망치를 가지고 실험했기 때문일 것으로 추측된다.

Konz와 Street(1984)는 손잡이(Grip), 둘레(Circumference)변화, (망치머리에 대한)손가락의 위치, 균형점(Balance Point)들도 손잡이(Handle)디자인에 중요한 고려 사항들이라고 주장하였다.

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. 망치 피실험자들이 지면과 수직으로 망치질을 하는 것처럼, 피실험자들에게 서있는 자세에서 테이블에 양 앞팔을 편평하게 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 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. (Fig1. 참조)

실험에 익숙해지기 위한 예비작업으로, 피실험자들은 9cm의 높이로 미리 작업해 둔 10×0.4 cm의 못 100개를 30 cm \times 10 cm의 소나무 널판지 (Planks)에 망치작업을 해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 소나무 널판지는 10cm의 간격으로 세워 두었다.

수직방향 널판지의 마지막 줄 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 널판지는 피실험자의 무릎높이 (Knuckle Height)에서 똑바로 서서 망치질할 수 있는 높이로 미리 작업을 해 두었다. 수평방향 널판지의 마지막 줄 못은 피실험자가 최대한 팔꿈치가 펴질 수 있는 높이로 미리 작업을 해 두었다.

망치의 종류와 망치작업의 방향은 각 피실험자에게 불규칙 (Random)하게 배정하였다. 각 피실험자는 4번

의 실험(2종류의 망치와 두 방향의 망치작업)을 수행하였다.

24 실험 변수

24.1 작업 내용

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

24.2 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 첫번째 줄, 마지막 줄과 전체 줄에 대한 망치작업 모두가 수직방향보다는 통계적으로 훨씬 더 빠른 것으로 나타났다.

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

또한, 정확도(똑바르게 망치질한 못의 수) 역시 망치 작업하는 방향이나 망치의 종류에 의해 통계적으로 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

3.2 생리학적 반응

1시간의 망치작업 실험 뒤에 Table 1과 2에 제시한 바와 같이, 평균 심박박동수는 망치의 작업방향이나 망치의 종류에 의해 통계적으로 크게 영향을 받지 않

는 것으로 나타났다. 즉, 모의실험에서는 생리학적으로 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

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

3.3. 주관적 반응

피 실험자들의 어깨부위 체감력(Perceived Exertion)은 망치종류와 작업방향에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Mean values in the hammering orientations

*a와 b는 $p \leq 0.05$ 에서 유의한 차이가 있으며 a와 a는 차

변수	작업방향	Mean*	SD	Range
평균심박수	수평방향a	130.8	21.7	75.4~164.4
Table 1. Mean values for work-use and home-use	수직방향b	127.1	21.7	75.4~164.4
작업 후 hammering 근력 N	수평방향a	278.1	61.7	157.0~358.1
	수직방향a	268.1	77.5	137.3~412.0
작업완성 시간 S	수평방향a	1085.2	612.7	552.0~3000.0
	수직방향b	1761.6	778.3	797.0~3109.0
똑바르게 친 못의 수	수평방향a	92	7.3	69~100
	수직방향a	92	6.2	75~100

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

변수	망치종류	Mean*	SD	Range
평균 힘박수 (pm for hammer type)	작업용a	133.4	23.4	73.4~170.2
	가정용b	106.4	10.6	41~168.6
작업 후 그림 근력 N	작업용a	282.5	63.7	137.3~358.1
	가정용b	263.7	75.0	152.1~412.0
작업완성 시간 s	작업용a	1280.4	708.3	552.0~2770
	가정용b	1566.3	823.0	580.0~3109
똑바르게 친 못의 수	작업용a	93.2	7.3	69.0~100
	가정용a	90.9	6.0	75.0~100

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

신체부분	망치	Mean*	SD
Arm (앞팔)	수평방향a	7.0	1.6
	수직방향a	7.5	2.5
Shoulder	수평방향a	3.4	1.9
	수직방향a	5.3	2.7
Back (척추)	수평방향a	2.0	1.0
	수직방향a	2.5	1.1

이 부분에서는 작업용 망치가 가정용 망치보다 통계적으로 앞팔과 어깨의 체감력은 낮을 것으로 예상되었다. 그러나, 앞팔과 척추부위의 체감력은 망치의 종류에 대해서 통계적으로 유의한 차이가 없었음을 보 나타났다 (Table 3 참조)

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

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

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

신체부분	작업방향	작업용 망치 가정용 망치			
		Mean*	SD	Mean*	SD
Arm (앞팔)	수평방향a	7.0	1.6	7.0	1.8
	수직방향a	7.5	2.5	7.8	1.8
Shoulder	수평방향a	3.4	1.9	4.3	1.2
	수직방향a	5.3	2.7	5.3	2.7
Back (척추)	수평방향a	2.0	1.0	2.5	1.1
	수직방향a	2.5	1.1	2.5	1.1

Table 5에 저와 같이 작업방향에서는 작업용 망치의 선호도가 가정용 망치보다 더 높았다. 따라서, 피실험자들의 망치에 대한 선호도 평가는 무겁고 부드러운 손잡이를 가진 작업용 망치를 더 선호하는 것으로 나타났다.

망치	Overall* rating	수평 작업방향	수직 작업방향
작업용 (40) 전달한 Borg의 10점 척도 평가지를 실험 결과 총 78명의 피실험자 24명 집 체크하였다. 각 피실험자가 기입한 평가지를 2가지 작업자세와 2가지의 망치종류에 따라 분석한 결과는 Table 3에서 Table 5까지 제시되어 있다.	6.2	6.0	6.4

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

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

피실험자들은 손잡이 디자인, 망치의 무게와 무게

배분도 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(책)방향과 수평방향(벤취)에 대한 망치작업의 수행능력, 생리학 적 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 유사 하게 망치의 종류가 망치작업의 수행능력과 체감력 (Perceived Exertion)에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

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

망치 종류는 첫번째 줄과 전체 줄의 완성시간, 어깨에 대한 체감력과 망치 선호도 평가에서 차이가 있는 것으로 나타났다.

추후 연구로 개선된 인간공학 적 각도망치와 이 논문에서 사용된 일반망치와의 비교연구와 피실험자들이 지적한 요소 중 손잡이 디자인과 논문심사자가 지적한 숙련도를 이 결과를 기존의 문헌연구와 대조해 보는 작업을 미래 연구로 계획하고 있다.

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, 1989b.
 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.

<수공구 종류에 따른 안전 사용 방법>

- (가) 드라이버 : 드라이버를 사용하여 구멍을 뚫거나, 드라이버를 지렛대 등으로 사용하면 핸들이 부서 지거나 구부러지고 끝이 무디어진다. 끝이 무디어진 드라이버를 원래 사용 목적인 나사를 조이거나 푸는데 사용할 경우 무리한 힘이 가해지게 되고 나사 머리의 홈에서 드라이버가 미끄러져서 손을 다치게 된다.
- (나) 망치 : 망치는 형태와 크기가 다양하므로 사용 목적에 알맞은 것을 선택해야 한다.
- (다) 칼 : 칼의 날은 항상 날카롭게 갈아서 사용하며, 사용 중에 실수로 미끄러졌을 경우 다치지 않도록 하기 위해 몸의 반대쪽으로 칼날이 향하도록 사용하여야 한다.
- (라) 스패너 : 스패너는 볼트에 맞는 표준형 스패너를 사용해야 하며, 특히 필요할 때만 긴 자루의 스패너를 사용한다. 자체 제작의 스패너를 사용하거나 파이프를 자루에 꽂아서 사용해서는 안 된다.
- (마) 줄 : 자루를 붙여서 사용한다. 충격을 주면 부러져서 사고를 일으킬 수 있으므로 주의해야 한다.
- (바) 펜치, 집게 : 볼트를 회전시키는데 잘못 사용함으로써 볼트 머리를 망가뜨려 스패너의 사용을 불가능하게 하는 경우가 많다.
- (사) 쇠톱 : 톱날을 틀에 장치하고 2-3회 사용한 다음, 재조정을 하여 작업에 착수한다.
- (아) 방폭용 공구 : 폭발성 가스나 증기가 있는 곳에서 작업할 때에는 불꽃이 생기지 않는 공구를 사용해야 한다. 이것은 베륙 등의 비철 금속으로 만든 것으로, 물건에 부딪쳐도 비교적 불꽃이 생기기 어려운 것이다.

