

## 수부의 국소진동 노출이 청각에 미치는 영향

울산의대 울산대학교병원 산업의학과

윤재국 · 유철인 · 이지호

— Abstract —

### Effect of Hand Transmitted Vibration on the Auditory System

Jae-Kook Yoon, Cheol-In Yoo, Ji-Ho Lee

*Department of Occupational and Environmental Medicine,  
University of Ulsan, College of Medicine, Ulsan University Hospital*

**Objectives:** This study was undertaken to estimate the effect of hand transmitted vibration exposure for long time period on the auditory system in shipyard grinder workers.

**Methods:** From 2006 to 2009, the study was carried out on 87 grinder workers for hand transmitted vibration exposure group, with 81 welders who were served as the control group. All subjects were male; at baseline, none of the participants had ear disease or diabetes mellitus. Auditory threshold at different frequencies ranged from 0.25 kHz to 8 kHz for both ear was recorded; the following were also collected from the subjects: age, exposure duration, noise exposure level of investigation year, total cholesterol, systolic/diastolic blood pressure, and smoking history.

**Results:** In comparison of two groups, mean of age, exposure duration, noise level, total cholesterol, systolic/diastolic blood pressure, smoking rate were not significantly different between the groups. Auditory thresholds of 0.25, 0.5 kHz frequencies in both ear, 1 kHz frequency in right ear, and 8 kHz frequency in left ear were higher in hand-transmitted vibration exposure group than that in the control group at a statistically significant level. After stratification by age 50 years, there were no significant differences between the two groups in less than 50-years old age group, but auditory threshold of 0.25, 0.5, 1 and 8 kHz frequency were significantly different between the two groups in above 50-years old age group. The differences between two groups ranged from 0.4 dB(HL) to 6.7 dB(HL). Multiple linear regression analysis showed that hand transmitted vibration exposure was significant only in 0.25, 0.5 kHz frequency and the regression coefficients of vibration exposure ranged from 3.826 to 5.028 in those frequencies.

**Conclusions:** The differences of hearing threshold between two groups only in the 50-years old group were possibly owing to changed peripheral vascular system with autonomic nervous system, and significances only in low frequencies such as 0.25, 0.5 kHz probably mean that hand vibration exposure have been transmitted to auditory organ over long term. Collectively, older people can be more susceptible to hearing loss in the presence of hand transmitted vibration exposure and auditory threshold at low frequency may be more affected by the hand transmitted vibration exposure than high frequency.

**Key Words:** Hearing loss, Hand-arm vibration syndrome, Autonomic nervous system, Cochlear, Auditory threshold

## 서 론

현시대의 산업화는 우리에게 많은 문명의 혜택과 풍요로움을 제공해 주었지만 산업화 과정에 기여한 다수의 근로자들은 많은 유해 요인들에 노출되어 왔으며 일부 유해 요인은 감시대상으로 포함되지 않아 그 건강영향이 고려되지 못한 상태로 노출되기도 하였다. 특히 조선업은 선박의 블록 제작 시에 그라인더, 임팩터, 전동드릴 등의 동력 공구를 필연적으로 사용하게 되며 그것으로 인한 국소진동과 소음에 노출되어 왔다. 최근 산업화는 자동화 시스템으로 인간이 직접 자신의 신체를 사용하는 업무가 줄어들며 조선업과 유사한 업종들은 인간의 공구를 통한 수작업으로 이루어져 있어서 인간이 직접 그 작업을 수행하지 않으면 안 되는 공정이 많고 진동 공구의 만성 노출이 불가피한 상황이다.

현재 근로자 건강관리 체계는 그 직종에 따른 유해인자별로 6개월에서 2년에 한 번씩 정해진 검사를 통해 그 결과를 해석하고 필요한 조치를 하도록 하고 있다. 2008년 노동부 보고<sup>1)</sup>에 의하면 특수건강진단 실시자 855,535명 중에 소음 노출자는 525,803명(61.4%), 진동 노출자는 33,759명(3.9%)이었다. 전체 직업병 요 관찰자 109,936명 중 소음성 난청 요 관찰자가 104,282명(94.8%), 진동 장애 요 관찰자는 370명(0.3%)이었으며 전체 직업병 유소견자 3,913명 중 소음성 난청 3,641명(93.0%), 진동 장애 12명(0.3%)으로 나타나 진동 장애는 소수에 불과하지만 소음성 난청은 상당한 부분을 차지한다는 것을 알 수 있다. 하지만 실제 작업 현장에서 보면 많은 수의 근로자들이 동력 공구를 사용하고 있어 소음 노출에 부가된 수부 국소진동에 노출되고 있다.

동력 공구의 사용은 국소진동과 함께 소음을 유발하여 신경세포에 직접적인 기계적 손상, 내이의 혈액순환 이상, 대사활동에 의한 자유기(free radical)로 인해 난청을 유발하고 개인의 감수성 차이, 소음 및 진동의 상승효과(synergic effect)도 관여한다<sup>2)</sup>. 수부 국소진동에 의한 대표적인 건강 영향은 수완진동증후군으로 수부의 국소진동 노출은 간헐적인 세동맥의 수축과 수부의 창백 혹은 청색증을 특징으로 하는 레이노드 현상을 보일 수 있는데 감정적인 스트레스에 의해 악화되고 교감신경계의 증가된 활성화가 관여한다<sup>3,4)</sup>. 국소진동에 의한 이러한 혈관 수축과 수반되는 피부온도의 저하는 교감신경에 의해 매개되고 노출이 되지 않은 부위에도 일어날 수 있다. 즉 동력 공구 사용에 따른 수부의 진동 노출은 소음을 유발하여 청각에 영향을 미치지 않지만 다른 기전을 통해서도 청각 기관에 영향을 줄 수 있다. 수완진동증후군의 신경계 증상에 대한 기전은 신경 자체의 변화에 대한 것일 수 있지만 혈관계 증상은 간헐적인 것으로 보아 혈관 자체의 변

화보다는 활성화된 자율신경계의 변화에 의한 혈관 수축 때문일 것으로 파악되고 있다<sup>5)</sup>.

소음에 의한 청력 손실에 대한 특징은 소음 노출에 대한 인간의 청력 감수성에 있어서 커다란 개인차가 있다는 것이다. 아울러, 노출된 음의 주요 주파수와 그 반 옥타브 대응부위 주파수 영역 및 4 kHz 주파수 부위가 취약한 것으로 와우의 이 주파수대 영역이 음파의 물리적인 충격을 잘 받는다<sup>6)</sup>. 또한 심혈관 질환자들과 당뇨에 의한 미세혈관 장애가 있는 환자들의 난청에서 보듯이 혈류공급에 의해 영향을 받는다<sup>7,9)</sup>. 한편 남자 임업 종사자들의 청력에 대한 소음 감수성 연구에서 창백지가 있는 대상자들의 4 kHz에서의 난청은 창백지가 없는 대상자보다 더 빠르게 진행하였고 이러한 결과는 창백지가 있는 대상자들의 청력이 소음에 더 취약하며 진동에 의한 교감신경계의 활성화 증가가 혈관 수축과 같은 변화를 초래하여 소음 노출에 대한 부가적인 취약성을 유발할 수 있다는 것이다<sup>10)</sup>.

그 동안 소음에 의한 난청과 수부의 국소진동에 의한 건강영향에 대한 많은 연구가 있어 왔지만 수부 국소진동의 만성적인 노출에 의한 청각 영향에 관한 연구는 드물었다. 최근 보고되고 있는 진동 노출에 의한 청각 영향은 두부 수술 시 사용되는 절개 공구에 의한 결과들<sup>11-15)</sup>이어서 만성적인 노출이 아닌 단기간의 노출에 대한 평가이며, 또한 진동을 유발하는 공구도 제조업에서 사용하는 진동 공구와 차이가 있어 그 건강영향에 대한 연구의 관점이 상당히 다를 것으로 생각된다. 따라서 기존에 거의 연구가 없었던 제조업에서의 만성적인 수부의 국소진동 노출이 청각에 미치는 영향을 파악하고 이 두 가지 위험에 동시에 노출되는 근로자들의 건강관리에 대한 필요성과 기초자료의 수집이 요구되고 있는 실정이다.

이 논문에서는 수부의 국소진동 및 소음에 동시에 노출되는 근로자들의 청력과 수부의 국소진동에 노출되지 않지만 같은 장소에서 유사한 수준의 소음에 노출되는 근로자들의 청력을 비교하여 만성적인 수부의 국소진동 노출이 청력 역치에서 어떠한 영향을 미쳤는지를 알아보고 그 결과를 토대로 수부로부터의 국소진동 노출이 청각 기관에 미치는 기전에 대해 추론하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

수부의 국소진동 노출군은 현재 한 조선소에서 수년에서 수십 년간 수부의 국소진동 공구를 사용하며 2006년 1월부터 2009년 12월까지 창백지와 수부 저림 등의 증상을 호소하던 남자 근로자 총 100명을 대상으로 하였다. 이 중 중이 및 고막의 질환이 있었거나 의심되는 6명, 정

신 질환이 있는 1명, 말초 혈액 순환의 이상이 있을 수 있는 당뇨병자 6명 등을 포함하여 13명을 제외한 총 87명을 최종 대상자로 하였다. 대상 근로자의 직업력, 과거력, 수부증상, 진동 수공구의 종류 그리고 일일 수부의 국소진동 노출 시간 등이 수집되었다.

대조군 근로자는 81명이며 용접공 중에 수부의 국소진동 노출군의 나이와 작업환경 측정의 소음 수준을 짝지어 선정하였다. 이들은 그라인더를 취급하는 사상공과 함께 근무하며 시간 가중 평균 소음 수준 84 dB(A) 이상에 노출된 근로자를 선정하였으며 중이, 내이 질환 및 당뇨 질환이 없는 근로자로 구성하였다.

## 2. 연구 방법

### 1) 작업환경측정

소음 노출 수준은 작업자의 작업시간 동안 개인 소음측정기를 이용하여 측정하였으며 근로자의 귀 30 cm 이내에서 마이크로폰(Noise logging dosimeter M-27/28, QUEST, Bensenville, IL, USA and Audio dosimeter MK-3, AMETEK, Paoli, PA, USA)을 설치하여 1일 노출량을 측정하였다. 또한 지역 소음 측정은 적분형 소음계를 사용하여 청감보정회로 “A 특성”, 지시침 동작은 “slow” 상태로 측정하였고 작업자의 이동이 심하거나 소음의 강도가 불규칙적으로 변동하는 경우는 누적소음 노출량 측정기를 사용하여 측정하였다. 근로자의 노출 소음 수준은 연구 시행 해당 연도의 소음 측정 결과 값으로 하였다.

### 2) 청력 검사

전체 대상자들의 청력 역치는 숙련된 청력 검사자가 같은 검사 장소에서 청력계(Diagnostic Audiometer AC 40, Interacoustics, Copenhagen, Denmark and ORBITER 922 version 2, Madsen electronics, Copenhagen, Denmark)를 사용하여 측정하였다. 검사는 방음부스 안에서 시행하며 보정은 년 1회씩 정기 보정과 직원 1인을 대상으로 날마다 생물학적인 보정을 했다. 청력 검사는 양측 귀에서 0.25, 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz에 대해 실시하였고 각 주파수에서 수정 상승법을 이용하여 동일 역치에서 2회 연속 반응이 있는 음압을 역치로 결정했다. 순음 청력 검사는 일시적인 역치이동에 의한 영향을 최소화하기 위해 14시간 이상 소음에 노출되지 않도록 하여 아침 출근과 동시에 검사를 실시했다.

### 3) 혈액 검사 및 혈압 측정

혈액 채취는 전날 오후 10시 이후의 공복상태를 확인한 후 정맥혈 채취를 실시하였으며 총 콜레스테롤을 자동 화

학 분석기를 이용하여 분석하였다.

혈압은 측정된 혈압이 평소 인지한 혈압과 다른 경우 또는 수축기 혈압이 140 mmHg 이상이거나 이완기 혈압이 90 mmHg 이상인 경우는 2분 간격으로 2회 연속 측정하여 평균 혈압을 이용하였다. 전체 대상자는 혈압을 측정하기 전에 5분 이상 앉은 상태에서 안정을 취하도록 하였으며 의자에 앉은 자세에서 상지가 심장 높이가 되도록 탁자 위에 팔을 올려놓은 상태로 측정하였다.

### 4) 자료 분석

수부의 국소진동 노출군과 대조군으로부터 수집한 공통된 자료는 연령, 노출 기간(경력), 노출 소음 수준, 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압, 흡연 상태, 0.25~8 kHz 주파수대의 청력 역치 등이었고 이에 대해 t-검정 및 교차분석을 하였다. 수부의 국소진동 노출자들의 총 노출 시간을 경력(년)과 일일 노출 시간에 따라 계산하고 (일일 노출 시간 · 경력 · 250일) 각 수공구의 종류와 크기에 따른 각 주파수의 청력 역치를 총 노출 시간, 연령, 노출 소음 수준, 수축기 혈압, 총 콜레스테롤 등에 대해 보정하여 ANCOVA를 이용하여 비교 분석하였다. 수부의 국소진동 노출 유무, 연령, 노출 기간(경력), 노출 소음 수준, 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압, 흡연 등이 청력 역치에 어느 정도의 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 각 주파수 별로 다중선형회귀분석을 하였다. 수부의 국소진동 노출 유무에 따른 독립변수는 수부의 국소진동 노출이 없는 대조군은 0, 수부의 국소진동 노출이 있는 경우는 1로 변환하여 분석하였다. 흡연에 대해서는 과거 흡연과 현재 흡연으로 변수를 나누어 과거 흡연의 경우는 현재 흡연이거나 흡연력이 전혀 없으면 0, 과거 흡연자는 1로, 현재 흡연의 경우는 과거 흡연력이 있거나 전혀 흡연력이 없으면 0, 현재 흡연력이 있으면 1로 변환하여 분석하였다. 통계 프로그램은 SPSS version 17.0(SPSS Incorporation, Chicago, IL, USA)을 이용하였고 모든 통계의 유의수준은 0.05, 양측검정으로 하였다.

## 결 과

### 1. 전체 연구 대상자들의 비교

전체 대상자들은 168명으로 평균 연령은 51.3세, 전체적인 범위는 33세에서 58세이었다. 연령대는 30대가 6명(3.6%), 40대가 43명(25.6%), 50대가 119명(70.8%)이었다. 노출 소음 수준은 81.1 dB(A)에서 114.1 dB(A)의 범위였으며 평균 88.9 dB(A)의 소음 수준에 노출되었다. 평균 수축기/이완기 혈압은 124±13.1/75±8.6 mmHg, 평균 총 콜레스테롤은 190±30.7 mg/dl로

전체적인 범위가 넓었고 0.25 kHz~8 kHz까지 측정된 각 주파수에서의 청력 역치의 경우는 다소 변이가 있었지만 평균 청력 역치는 주파수가 올라감에 따라 높아졌다.

전체 수부의 국소진동 노출군과 대조군의 평균을 비교하였다. 연령은 수부의 국소진동 노출군이 평균 51.8세, 대조군이 50.8세로 수부의 국소진동 노출군의 평균 연령이 약간 높았으나 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다. 평균 노출 기간은 수부의 국소진동 노출군이 평균 24.6년, 대조군이 24.8년으로 대조군의 평균 노출 기간이 약간 길었지만 통계적으로 의미 있는 차이는 없었다. 노출 소음 수준에서 수부의 국소진동 노출군의 평균 소음이 88.4 dB(A), 대조군이 89.5 dB(A)로 대조군의 평균 소음이 약간 높았으나 두 군 간의 의미 있는 차이는 보이지 않았다. 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압, 흡연율 등에서도 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 각 주파수에서의 청력 역치에 대한 두 군의 비교에서 그 차이는 가장 작은 차이를 보이는 우측 4 kHz의 0.4 dB(HL)에서 가장 큰 차이를 보이는 좌측 8 kHz의 6.7 dB(HL)까지의 범위에서 모든 주파수의 청력 역치가 수부의 국소진동 노출군에서 높았으며, 좌측과 우측의

0.25 kHz와 0.5 kHz, 우측의 1 kHz 그리고 좌측의 8 kHz에서 두 군 간의 차이가 통계적으로 유의했다 ( $p<0.01$  또는  $p<0.05$ ). 각 주파수에서 두 군 간의 차이

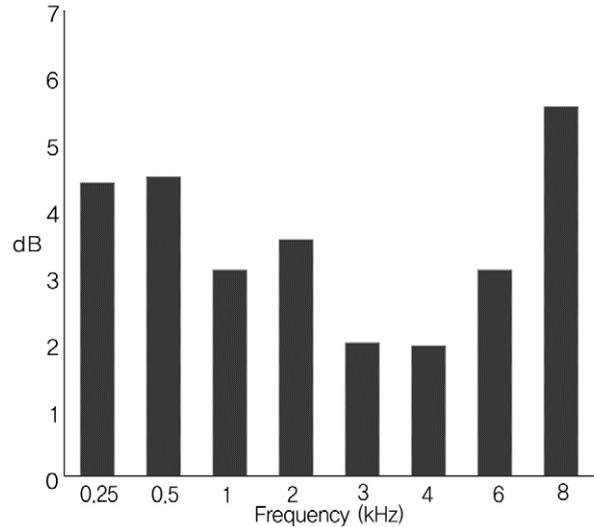


Fig. 1. Differences of hearing threshold level between hand transmitted vibration exposure group and control group (mean of right and left)

Table 1. Comparison between hand transmitted vibration exposure group and control group (mean ± standard deviation)

Characteristics	Vibration (n=87)	Control (n=81)	Total
Age (year)	51.8±4.9	50.8±4.7	51.3±4.8(33.0~58.0)*
Exposure duration (year)	24.6±4.7	24.8±3.5	24.6±4.2(8.0~31.0)
Noise level [dB(A)]	88.4±2.6	89.5±4.7	88.9±3.8(81.1~114.1)
Total cholesterol (mg/dl)	191.1±29.0	190.0±32.6	190.6±30.7(81~271)
Systolic BP (mmHg)	124.6±13.2	124.8±13.1	124.7±13.1(100~174)
Diastolic BP (mmHg)	76.1±8.4	75.8±8.8	75.9± 8.6(60~96)
Smoking rate (%)	44.8	33.3	39.3
Past smoking rate (%)	19.5	30.9	25.0
0.25 kHz HL (dB)	Left	16.8±9.3 <sup>†</sup>	14.8±10.0(5~85)
	Right	18.7±12.1 <sup>†</sup>	16.4±11.2(5~80)
0.5 kHz HL (dB)	Left	16.0±9.6 <sup>†</sup>	14.1±10.3(5~85)
	Right	17.4±11.7 <sup>†</sup>	14.9±10.9(5~80)
1 kHz HL (dB)	Left	19.6±12.5	18.5±12.9(5~100)
	Right	20.1±13.5 <sup>†</sup>	18.2±12.8(5~90)
2 kHz HL(dB)	Left	28.6±15.1	27.3±16.1(5~95)
	Right	27.4±15.4	25.3±15.8(5~90)
3 kHz HL (dB)	Left	44.8±17.2	44.0±17.2(5~90)
	Right	41.6±16.7	40.5±17.7(5~90)
4 kHz HL (dB)	Left	53.9±13.9	53.1±14.4(5~95)
	Right	51.0±16.3	50.8±16.5(10~95)
6 kHz HL (dB)	Left	56.6±18.0	55.3±19.1(10~105)
	Right	56.4±18.7	54.7±20.3(15~105)
8 kHz HL (dB)	Left	57.1±19.9 <sup>†</sup>	53.9±20.5(10~105)
	Right	55.6±20.5	51.0±23.3

\*(minimum value~maximum value).

<sup>†</sup> $p<0.01$ , <sup>‡</sup> $p<0.05$  : calculated by t-test.

HL: Hearing level.

에 대한 좌측과 우측의 평균을 Fig. 1에 도식화하였다 (Table 1, Fig. 1).

2. 연구 대상자들의 연령대별 비교

50세를 기준으로 50세 미만 그룹과 50대 그룹으로 나누어 두 군을 비교하였다. 전체 대상자 중 50세 미만은 49명(29.2%), 50대는 119명(70.8%)이었다.

50세 미만 그룹에서 평균 연령은 수부의 국소진동 노출군이 45.1세, 대조군이 46.3세로 대조군의 평균 연령이 약간 높았으나 통계적으로 유의하지 않았으며 평균 노출 기간은 수부의 국소진동 노출군이 21.0년, 대조군이 22.3년으로 대조군의 평균 노출 기간이 더 길었지만 역시 통계적인 의미는 없었다. 평균 소음 수준은 수부의 국소진동 노출군이 평균 89.1 dB(A), 대조군이 88.8 dB(A)로 수부의 국소진동 노출군의 평균 소음이 더 높았지만 통계적으로 유의하지 않았다. 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압, 흡연율 및 과거 흡연율 등에서도 두 군 간에 통계적으로 의미가 있는 차이는 없었다. 각 주파

수에서의 청력 역치를 보면 좌측 1, 2, 3, 4, 6 kHz에서의 청력 역치는 1.5 dB(A)~4.7 dB(HL)의 차이로 대조군의 역치가 더 높았으며 0.25, 0.5, 8 kHz의 좌측과 우측, 그리고 1, 2, 3, 4, 6 kHz에서는 우측의 청력 역치가 0.1 dB(HL)~6.2 dB(HL)의 차이로 수부의 국소진동 노출군에서 더 높았다. 그러나 그러한 차이는 모두 통계적으로 유의하지 않았다.

50대 그룹에서 평균 연령은 수부의 국소진동 노출군이 54.0세, 대조군이 53.5세로 수부의 국소진동 노출군에서 약간 높았으나 통계적인 차이는 없었으며, 평균 노출 기간은 수부의 국소진동 노출군이 25.4년, 대조군이 26.1년으로 대조군의 평균 노출 기간이 더 길었지만 통계적으로 유의하지 않았다. 노출 소음 수준은 수부의 국소진동 노출군이 평균 88.2 dB(A), 대조군이 평균 89.9 dB(A)로 대조군의 평균 소음이 더 높았고 통계적으로 유의했다( $p<0.05$ ). 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압 등은 두 군 간에 약간의 차이가 있었지만 통계적인 의미는 없었으며 흡연율은 수부의 국소진동 노출군이 43.9%, 대조군이 22.6%로 수부의 국소진동 노출군의

**Table 2.** Comparison between hand transmitted vibration exposure group and control group by age group (mean±standard deviation)

Characteristics	Less than 50(n=49)		50s(n=119)		
	Vibration(n=21)	Control(n=28)	Vibration(n=66)	Control(n=53)	
Age (year)	45.1±4.9	46.3±3.3	54.0±2.2	53.5±2.5	
Exposure duration (year)	21.0±6.4	22.3±3.9	25.4±3.4	26.1±2.5	
Noise level [dB(A)]	89.1±3.0	88.8±3.6	88.2±2.5*	89.9±5.1*	
Total cholesterol (mg/dl)	187.8±30.6	188.6±35.4	192.2±28.6	190.7±31.4	
Systolic BP (mmHg)	126.5±11.8	124.1±13.7	123.9±13.7	125.2±12.9	
Diastolic BP (mmHg)	74.6±7.8	73.7±10.4	76.5±8.6	76.9±7.7	
Smoking rate (%)	47.6	53.6	43.9 <sup>†</sup>	22.6 <sup>†</sup>	
Past smoking rate (%)	28.6	25.0	16.7 <sup>†</sup>	34.0 <sup>†</sup>	
0.25 kHz HL (dB)	Left	16.2±9.1	13.8±15.1	17.0±9.4 <sup>†</sup>	12.1±6.7 <sup>†</sup>
	Right	17.4±9.8	14.3±13.7	19.1±12.8 <sup>†</sup>	13.9±6.6 <sup>†</sup>
0.5 kHz HL (dB)	Left	15.7±9.0	12.0±15.6	16.1±9.9*	12.1±6.8*
	Right	17.1±8.7	11.4±13.0	17.4±12.6*	12.7±6.8*
1 kHz HL (dB)	Left	17.4±10.2	18.9±19.2	20.3±13.2	16.5±8.7
	Right	17.9±10.4	15.7±16.4	20.8±14.3*	16.4±8.5*
2 kHz HL (dB)	Left	24.5±11.0	26.4±22.1	30.0±16.0	25.5±14.1
	Right	22.6±11.8	21.4±18.4	28.9±16.1	24.0±14.9
3 kHz HL (dB)	Left	37.6±16.7	42.3±19.6	47.1±16.8	43.7±16.3
	Right	36.4±16.1	36.3±20.9	43.3±16.7	40.8±17.4
4 kHz HL (dB)	Left	49.8±16.8	52.3±15.4	55.2±12.7	52.4±14.9
	Right	47.9±20.8	47.9±19.8	52.0±14.6	52.1±15.0
6 kHz HL (dB)	Left	49.8±20.6	53.4±21.0	58.8±16.7	54.3±20.1
	Right	54.1±24.0	48.2±22.9	57.2±16.9	55.2±21.2
8 kHz HL (dB)	Left	50.0±23.2	47.7±22.8	59.4±18.3*	51.9±19.4*
	Right	50.7±23.2	44.5±25.4	57.1±19.5	54.3±21.6

\* $p<0.05$ , <sup>†</sup> $p<0.01$ : calculated by t-test.

<sup>‡</sup> $p<0.05$ : calculated by chi-square test.

HL: Hearing level.

**Table 3.** Comparisons of adjusted hearing threshold among hand vibration exposure group according to hand-transmitted vibration tool (mean ± standard error)

Frequency		Hand vibration exposed workers (n=83)			
		4 inch* (n=39)	4 with 7 inch (n=11)	7 inch* (n=29)	Others† (n=4)
0.25 kHz HL (dB)	Left	16.4 ± 1.6	18.7 ± 2.9	17.3 ± 1.8	19.1 ± 4.9
	Right	19.8 ± 2.0	15.9 ± 3.8	19.2 ± 2.3	19.3 ± 6.4
0.5 kHz HL (dB)	Left	15.7 ± 1.6	16.4 ± 3.0	17.1 ± 1.9	20.2 ± 5.0
	Right	18.1 ± 2.0	14.6 ± 3.7	18.3 ± 2.3	19.0 ± 6.2
1 kHz HL (dB)	Left	18.3 ± 2.0	17.7 ± 3.8	22.4 ± 2.3	22.3 ± 6.3
	Right	19.7 ± 2.2	17.9 ± 4.2	22.0 ± 2.6	22.6 ± 7.1
2 kHz HL (dB)	Left †	24.3 ± 2.3	30.8 ± 4.3	34.6 ± 2.7	23.6 ± 7.3
	Right	25.9 ± 2.5	25.0 ± 4.7	30.6 ± 2.9	29.2 ± 7.9
3 kHz HL (dB)	Left †	40.4 ± 2.5	46.9 ± 4.7	51.3 ± 2.9	39.7 ± 7.8
	Right‡	37.8 ± 2.6	43.0 ± 5.0	46.2 ± 3.1	44.8 ± 8.3
4 kHz HL (dB)	Left	51.4 ± 2.2	58.9 ± 4.1	57.0 ± 2.5	45.7 ± 6.9
	Right	49.6 ± 2.7	54.0 ± 5.1	52.1 ± 3.1	50.1 ± 8.5
6 kHz HL (dB)	Left	55.8 ± 2.8	62.0 ± 5.2	58.0 ± 3.2	47.7 ± 8.7
	Right	58.8 ± 3.1	56.9 ± 5.9	53.8 ± 3.6	58.3 ± 9.8
8 kHz HL (dB)	Left	56.4 ± 3.0	59.2 ± 5.6	58.6 ± 3.4	55.8 ± 9.3
	Right	57.8 ± 3.3	54.9 ± 6.3	54.3 ± 3.9	53.2 ± 10.5

The value of results were estimated mean and standard error adjusted by age, exposure year, noise exposure level, systolic blood pressure, total cholesterol using general linear model (GLM) and missing data were excluded.

\*Average acceleration of 4 inch grinder was 4.4 m/s<sup>2</sup>, 1.9 m/s<sup>2</sup>, and 7 inch grinder was 13.2 m/s<sup>2</sup>, 2.7 m/s<sup>2</sup>, †Hammer or impact wrench, ‡p<0.01 by post hoc comparison of GLM(7 inch > 4 inch), §p<0.05 by post hoc comparison of GLM(7 inch > 4 inch).

**Table 4.** Multiple regression analysis of hearing threshold level (dB) for variables according to frequencies (left ear)

Variables		0.25 kHz	0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
Vibration exposure	β	4.010	3.826	1.776	3.261	2.022	0.948	1.949	6.007
	Sβ	0.210	0.187	0.069	0.101	0.059	0.033	0.051	0.149
	S.E.	1.578	1.628	2.080	2.545	2.664	2.259	3.048	3.170
	p	<0.05	<0.05	0.394	0.202	0.449	0.675	0.523	0.057
Age	β	0.142	0.177	0.352	0.000	0.217	0.388	0.712	0.769
	Sβ	0.069	0.083	0.132	0.000	0.061	0.130	0.179	0.181
	S.E.	0.217	0.224	0.286	0.350	0.366	0.311	0.419	0.436
	p	0.514	0.429	0.220	0.999	0.555	0.214	0.092	0.080
Exposure duration	β	0.227	0.230	0.141	0.848	1.066	0.599	0.296	0.444
	Sβ	0.095	0.093	0.046	0.219	0.258	0.174	0.065	0.091
	S.E.	0.253	0.261	0.333	0.408	0.427	0.362	0.488	0.508
	p	0.371	0.379	0.673	<0.05	<0.05	0.100	0.545	0.383
Noise level	β	-0.132	-0.091	-0.096	-0.309	-0.303	-0.445	-0.224	-0.524
	Sβ	-0.050	-0.033	-0.028	-0.072	-0.066	-0.117	-0.044	-0.097
	S.E.	0.206	0.213	0.272	0.333	0.348	0.295	0.399	0.415
	p	0.522	0.670	0.724	0.354	0.385	0.134	0.575	0.208
Current smoking	β	1.776	1.713	1.170	-3.303	-1.546	3.113	4.745	1.612
	Sβ	0.087	0.082	0.045	-0.100	-0.044	0.106	0.121	0.039
	S.E.	1.836	1.895	2.420	2.962	3.100	2.629	3.547	3.689
	p	0.335	0.367	0.630	0.266	0.619	0.238	0.183	0.663
Past smoking	β	3.117	2.512	0.769	0.241	3.429	4.004	6.055	6.909
	Sβ	0.136	0.106	0.026	0.006	0.086	0.121	0.137	0.147
	S.E.	2.019	2.083	2.661	3.256	3.407	2.890	3.899	4.055
	p	0.124	0.230	0.773	0.941	0.316	0.168	0.122	0.090
Total cholesterol	β	0.004	0.009	0.014	-0.015	0.000	0.002	-0.013	0.011
	Sβ	0.013	0.028	0.033	-0.029	0.000	0.005	-0.021	0.016
	S.E.	0.025	0.026	0.033	0.041	0.043	0.036	0.049	0.051
	p	0.867	0.722	0.680	0.709	0.997	0.946	0.788	0.830

β: Regression coefficient, Sβ: standardized regression coefficient, S.E.: standard error.

흡연율이 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 각 주파수에서의 청력 역치를 보면 50세 미만과 달리, 우측 4 kHz를 제외한 모든 주파수에서 수부의 국소진동 노출군의 청력 역치가 높았으며 그 차이는 2.0 dB(HL)~7.5 dB(HL)의 범위이었고 대조군의 청력 역치가 더 높은 우측 4 kHz의 차이는 0.1 dB(HL)이었다. 0.25 kHz와 0.5 kHz의 좌측 및 우측 모두 그 차이가 통계적으로 유의했으며 우측 1 kHz와 좌측 8 kHz의 차이가 통계적으로 유의했다(각각  $p<0.01$  또는  $p<0.05$ ) (Table 2).

### 3. 진동 수공구에 따른 청력 역치의 비교

수부의 국소진동 노출자들의 진동 수공구에 따른 각 주파수에서의 청력 역치를 비교하기 위해 전체 수부의 국소진동 노출자 87명 중 4명의 결측을 제외한 83명(95.4%)의 진동 수공구 자료를 통해 총 진동 노출 시간, 연령, 노출 소음 수준, 수축기 혈압, 총 콜레스테롤 등에 대해 보정하여 비교하였다. 전반적으로 4인치 그라인더를 사용하는 근로자들보다 7인치 그라인더를 사용하는 근로자들

의 청력 역치가 더 높았으며 그 차이는 2 kHz의 좌측과 3 kHz의 좌측 및 우측에서 통계적으로 유의했다( $p<0.05$  또는  $p<0.01$ ). 그러나 4인치와 7인치를 함께 사용하는 근로자들 및 기타 공구를 사용하는 근로자들에 대해서는 그 차이의 통계적인 유의성이 없었다(Table 3).

### 4. 진동 노출 유무 및 여러 변수들이 청력 역치에 미치는 영향

수부의 국소진동 노출 유무 및 다른 여러 변수들이 청력 역치에 미치는 영향의 정도를 알아보기 위해 다중선형 회귀분석을 시행한 결과는 다음과 같다. 수부의 국소진동 노출이 청력 역치에 미치는 영향은 좌측 0.25 kHz, 0.5 kHz에서의 회귀계수 4.010, 3.826, 그리고 우측 0.25 kHz, 0.5 kHz에서의 회귀계수 4.684, 5.028만 통계적으로 유의한 수준이었고 다른 주파수에서는 유의하지 않았다. 연령에 의한 영향은 모든 주파수에서 통계적으로 유의하지 않았다. 노출 기간은 좌측에서 2 kHz의 회귀계수 0.848, 3 kHz의 회귀계수 1.066 등이 통계적으로

**Table 5.** Multiple regression analysis of hearing threshold level (dB) for variables according to frequencies (right ear)

Variables		0.25 kHz	0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
Vibration exposure	$\beta$	4.684	5.028	3.790	4.602	3.233	0.403	2.980	4.885
	$S\beta$	0.210	0.231	0.149	0.146	0.092	0.012	0.073	0.111
	S.E.	1.776	1.715	2.044	2.495	2.780	2.623	3.272	3.457
	p	<0.01	<0.01	0.066	0.067	0.247	0.878	0.364	0.160
Age	$\beta$	0.216	0.155	0.259	-0.035	-0.220	0.061	0.539	0.878
	$S\beta$	0.093	0.069	0.098	-0.011	-0.060	0.018	0.141	0.193
	S.E.	0.244	0.236	0.281	0.343	0.382	0.361	0.450	0.476
	p	0.377	0.511	0.358	0.919	0.566	0.865	0.190	0.067
Exposure duration	$\beta$	0.139	0.258	0.276	0.965	1.314	0.791	0.027	0.267
	$S\beta$	0.052	0.099	0.090	0.254	0.310	0.200	0.005	0.051
	S.E.	0.284	0.275	0.327	0.400	0.445	0.420	0.524	0.554
	p	0.627	0.349	0.400	<0.05	<0.01	0.061	0.960	0.631
Noise level	$\beta$	0.041	0.037	0.079	-0.194	0.151	0.253	0.370	0.474
	$S\beta$	0.014	0.013	0.023	-0.046	0.032	0.058	0.069	0.081
	S.E.	0.232	0.224	0.267	0.326	0.364	0.343	0.428	0.452
	p	0.861	0.868	0.767	0.553	0.678	0.461	0.388	0.296
Current smoking	$\beta$	2.133	2.728	0.524	-0.730	-0.457	2.082	4.076	0.935
	$S\beta$	0.093	0.123	0.020	-0.023	-0.013	0.062	0.098	0.021
	S.E.	2.067	1.996	2.379	2.904	3.235	3.052	3.808	4.023
	p	0.304	0.174	0.826	0.802	0.888	0.496	0.286	0.816
Past smoking	$\beta$	3.334	2.505	0.287	-0.341	-1.811	-2.101	0.044	5.461
	$S\beta$	0.129	0.100	0.010	-0.009	-0.045	-0.055	0.001	0.108
	S.E.	2.272	2.194	2.615	3.192	3.556	3.355	4.186	4.423
	p	0.144	0.255	0.913	0.915	0.611	0.532	0.992	0.219
Total cholesterol	$\beta$	-0.002	0.008	0.009	0.007	0.003	0.047	0.033	0.022
	$S\beta$	-0.005	0.023	0.022	0.013	0.006	0.088	0.049	0.030
	S.E.	0.028	0.027	0.033	0.040	0.044	0.042	0.052	0.055
	p	0.944	0.768	0.777	0.862	0.941	0.260	0.535	0.695

$\beta$  : Regression coefficient,  $S\beta$  : standardized regression coefficient, S.E.: standard error.

의미가 있었으며, 우측에서는 2 kHz의 회귀계수 0.965, 3 kHz에서의 회귀계수 1.314 등이 통계적으로 유의했다. 노출 소음 수준, 흡연, 총 콜레스테롤 등은 통계적으로 의미 있는 영향이 없었다. 각 변수들의 영향력 크기를 파악하기 위해 표준화 회귀계수도 함께 비교하였다 (Table 4, 5).

## 고 찰

동력 수공구는 조선업을 비롯해 많은 제조업에서 사용되고 있다. 수부의 국소진동 노출에 관한 연구를 보면 과거에는 임업과 광업이 발달해 전기톱과 착암기의 사용이 빈번하여 이를 사용한 근로자들의 연구가 있었고<sup>3,10,16)</sup> 임업과 조선업을 비교한 연구<sup>17)</sup>가 있었으며 최근 조선업에서의 수완진동 증후군에 관한 연구<sup>18)</sup>는 있었으나 조선업에서 직종에 따라 비교한 연구는 드물었다. 본 연구는 어렵지 않게 볼 수 있는 직종에 따라 청력 역치를 비교한 연구이지만 그 비교 조건이 수년에서 수십 년 동안의 만성적인 수부의 국소진동 노출이라는 점에서 기존의 연구들과 다른 특징이 있다. 또한 진동 노출의 청각 영향에 관한 기존의 연구들은 동물 실험<sup>11,12)</sup>이었거나 전기톱을 사용하는 같은 직종을 대상으로<sup>3,4)</sup> 하였기 때문에 인간의 반응과 차이가 있을 수 있거나 수부의 국소진동 노출을 정량적으로 측정하지 않으면 그 진동 노출에 대한 영향을 평가하기 어려웠다.

조선업의 업무적 특성상 강판을 절단하고 소조립, 중조립, 대조립 등을 거쳐 대형 선박을 완성하는데, 조립과정은 용접과 사상, 배관, 취부 등의 다양한 업무를 일제히 하게 되어있다. 즉 이들 일련의 업무는 독립된 것이 아니고 팀으로 활동하거나 동시 다발적으로 수행하게 되어 있어 각 근로자들의 직종은 다르지만 유해한 환경에는 동시에 노출되는 경우가 많다. 동력 수공구 사용자는 공구와의 접촉면에서 발생하는 진동과 소음에 동시에 노출되며 직접 사용하지 않는 동일 장소의 근로자는 발생된 소음에만 노출된다. 지금까지 청력 저하를 유발하는 다양한 유해 요인 중 동력 수공구에 의한 진동의 부가적 영향을 다룬 국내 문헌은 없었으며 이에 대한 근로자의 건강관리를 위해 외국 문헌에 의존해야 하는 실정이다. 따라서 본 연구는 국내에서 진동 수공구를 가장 많이 사용한다고 할 수 있는 사업장에서 대상자를 선정하여 수부의 국소진동 노출에 의한 청각 영향을 알아보고 그 결과를 토대로 수부의 국소진동에 노출되는 근로자의 건강관리에 부가적인 토대를 마련하고자 했다. 한편, 진동 노출이 청력에 미치는 영향은 두 가지로 설명할 수 있는데, 첫째는 소음 및 청각 기관의 진동과 같은 수부 국소진동의 직접적인 영향이며, 둘째는 진동에 의한 교감신경계 활성화와 같은 간

접적인 영향이다.

저자들은 우선적으로 수부의 국소진동이 두부로 전달되어 그 진동에 의해 와우에 손상을 유발할 가능성에 대해 검토하였는데, 두개골의 진동은 와우에 TNF(Tumor Necrosis Factor)- $\alpha$ , TNF-R(Receptor)1, TNF-R2, VEGF(Vascular Endothelium Growth Factor), VEGF-R2 등의 표현을 유발시켜 세포자멸(apoptosis), 항-세포자멸, 회복과정을 통해 와우의 손상과 치유에 기여를 할 수 있다<sup>19)</sup>. 중이 및 측두부 수술 시 절개에 사용되는 전기톱은 와우 주변에서 진동을 전달시키는데 기니 피그를 이용한 실험에서 진동의 강도에 따라 청력 역치가 증가함을 보였고<sup>11)</sup> 그 진동이 고주파에서 더 잘 전달되고 청력의 저하가 대부분 가역적이었다<sup>12)</sup>. 하지만 와우에 전달된 진동 노출이 항상 청력 손상을 일으킨다고 볼 수는 없다. 50세의 경미로 청신경 제거술 후에는 반대측 귀의 청력 손상 발생이 없었고<sup>13)</sup> 40세의 드릴을 이용한 유돌기 수술 후 청력 손상이 없었으며<sup>14)</sup>, 유돌기 수술을 받은 62명의 환자를 대상으로 조사한 결과 14명의 환자에서 수술을 받은 반대측 귀에는 난청이 없었던 결과<sup>15)</sup> 등을 볼 때 수술하는 단시간 동안 두부의 진동에 의한 비가역적 청력 손상은 발생하지 않을 수도 있고 발생하더라도 그 정도가 크지 않을 것으로 생각된다. 또한 수부의 국소진동이 손목, 주관절, 상완 부위를 거치면서 감소된다는 결과<sup>20)</sup>를 볼 때 수부의 진동 노출이 와우까지 전달될 기회는 많지 않을 것으로 추정된다.

다음으로 소음 자체와 수부의 진동 노출에 의한 자율신경 활성을 거쳐 혈류 공급의 저하가 와우를 손상시켰을 가능성이인데, 일반적으로 청력 역치에 가장 많은 영향을 미치는 변수는 연령과 작업 시 노출되는 소음의 수준이다<sup>21)</sup>. 소음 자체적인 원인으로 본다면 수부의 국소진동 공구를 사용하는 근로자의 소음이 그 주변에서 작업하는 근로자의 소음보다 크다는 것인데 본 연구의 작업환경 측정에서 소음 수준은 각 개인 표본 방식으로 측정된 것이 대부분이었으므로 각 개인의 노출 수준을 잘 나타낸다. 두 집단의 평균 소음 수준을 보면 수부의 국소진동 노출군이 평균 88.4 dB(A), 대조군이 89.5 dB(A)로 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 오히려 대조군의 평균 소음이 더 높았다. 50세를 기준으로 연령대를 나누어 비교한 평균 소음 수준도 유의한 차이가 없거나, 차이가 있더라도 대조군의 평균 소음이 더 큰 것은 수부의 국소진동 노출군의 청력 역치가 더 높았다는 사실에서 소음에 의한 교란을 감소시키는 영향을 줄 수 있다. 그러므로 대조군보다 청력 역치가 상승된 수부의 국소진동 노출군의 부가된 와우 손상은 소음 자체적인 것이 원인이 아닐 수 있다. 또한 수부의 국소진동 노출군과 대조군의 작업은 선박의 블록을 만드는 것으로 같은 장소, 같은 환경이고, 공장 내

부에서의 작업은 소음원과 거리의 거리에 있어 몇 미터의 차이가 날 수 있지만 크지 않은 한정된 공간에서의 소음은 그 울림과 반사 및 회절로 인해 소음원과 거리의 거리가 크게 영향을 받지 않는다. 대상자들의 장기간 동안의 누적 노출을 모두 반영할 수 없었고, 실외와 실내 작업 비율을 정확히 알 수는 없었지만 소음 측정 방법 및 조건이 행정적인 의무사항이고 대상자들 대부분이 입사 후 같은 직종에 근무해왔으므로 작업환경은 거의 변동이 없었을 것이다. 한편 소음 노출수준은 청력보존 프로그램의 도입 및 관리방안 강화 등에 의해 전체적으로 거의 동일하게 과거보다 다소 저감되었을 가능성이 있다. 회귀분석에서 노출 소음 수준과 청력 역치와의 관련성이 없었던 결과는 그 누적 노출의 영향이 모두 반영되지 않고 연령대가 다양하지 않은 제한점도 있지만 소음에 의한 청력 손상이 주로 초기 10~15년 사이에 나타나며 후기에는 연령에 의한 영향이 주를 이루기 때문인 것으로 사료된다. 향후 전향적 연구를 통하여 소음노출에 대한 평가를 정량적 개인측정방법으로 보다 정밀하게 적용할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4 kHz에서의 청력 역치와 연령, 소음 노출, 수축기 및 이완기 혈압, 진동 유발성 창백지의 유무, 흡연, 귀덮개 사용 유무 등의 다양한 영향에 대한 평가에서 연령이 가장 주요 위험 요인이었고 난청의 15.4%를 설명했으며, 창백지의 유무는 두 번째 주요 요인으로 감각 신경성 난청의 5.2%를 설명했고 증가된 이완기 혈압은 4.1%를 설명했다<sup>22)</sup>. 본 연구 자료의 회귀분석에서 청력 역치에 미치는 각 변수들의 영향력을 회귀계수와 통계적인 유의성 측면으로 본다면 0.25, 0.5 kHz의 저주파수에서는 수부의 국소진동 노출 유무의 회귀계수가 가장 크고 유의했으며, 2, 3, 4 kHz의 주파수에서는 노출 기간이 가장 크고 유의했고, 6, 8 kHz에서는 특별히 유의했던 회귀계수는 없었지만 연령의 영향이 큰 것으로 나타났다. 여기서 유추해볼 수 있는 사실은 0.25 및 0.5 kHz와 같은 저주파수에서의 청력은 수부의 국소진동 노출의 영향을 많이 받고, 2~4 kHz 주파수에서의 청력은 소음에 노출된 기간의 영향을 많이 받으며, 6, 8 kHz와 같은 고주파수에서의 청력은 연령의 영향을 많이 받을 수 있다는 것이다. 연령 증가는 노화를 의미하며 혈류장애와 더불어 대사를 저해하여 스트레스 인자를 증가시키고 스트레스 후 조직의 치유를 감소시키는 등의 작용을 말한다. 청각 체계에서 이러한 작용은 노화와 관련된 취약성을 증가시킬 수 있고 특히 고주파 영역에서 그 취약성이 더 심하다. 청력과 노화에 대한 한 동물 실험<sup>23)</sup>에서 108 dB(A)인 고강도 소음에 45분간의 노출 영향을 젊은 생쥐, 고령의 생쥐, 그리고 젊지만 조기 노인성 난청이 있는 생쥐 등 세 그룹에 대해 시험하였다. 노출에 따른 역치 전이와 유모세포 소실이 정상 생쥐에서 연령에 따라 증가하였다.

조기 노인성 난청을 보인 생쥐는 혈관성 병리와 관련이 있었고 정상 생쥐보다 난청에 대한 감수성이 증가됨을 보였다. 즉 노화는 소음성 난청에 대한 감수성을 증가시키고 난청이 혈류와 관련이 있다는 것을 시사한다. 이렇듯 청력 역치는 연령을 가장 민감하게 반영하고 유사한 수준의 소음에서 연령이 그 취약성을 가중시키므로 우리는 수부의 국소진동 노출군의 연령과 작업 환경 측정의 소음 수준을 파악한 후 이에 짝짓기 될 수 있는 대상자를 선정하여 연령대별로 대상자 수를 어느 정도 일치 시켰고 연령에 의한 교란을 최소화하기 위해 연령대로 나누어 청력 역치를 비교하였다. 본 연구에서 연령이 청력 역치에 미치는 영향은 6, 8 kHz의 고주파에서 현저했으며 0.25, 0.5, 1, 2, kHz 등의 저주파수 청력에는 영향이 미미한 것으로 보이므로 청력에 대한 연령의 영향은 청력의 고주파수 부분에서 큰 의미가 있어 보인다. 하지만 청력에 가장 큰 영향력이 있다<sup>21, 22)</sup>고 알려진 연령의 영향이 회귀분석에서 전반적으로 유의성이 없었던 것은 대상자들의 연령이 다양하게 분포하지 않았기 때문으로 해석된다. 또한 소음 노출 기간에 가장 영향을 많이 받는 주파수는 2, 3, 4 kHz의 청력 역치이므로 4 kHz 주변의 청력이 소음 노출에 가장 취약하다는 기존의 사실<sup>6)</sup>을 다시 한 번 확인했다.

우리의 연구 결과는 수부의 국소진동 노출이 0.25, 0.5 kHz와 같은 저주파수 청력 역치에 미치는 영향을 의심하게 한다. 회귀분석에서 0.25, 0.5 kHz와 같은 저주파수에 대한 수부의 국소진동 노출 유무의 회귀계수는 그 값이 다른 변수들보다 컸고 통계적인 유의성도 있었다. 수부의 국소진동 노출군과 대조군의 각 주파수에서의 청력 역치 비교를 보면 대조군보다 수부의 국소진동 노출군의 역치가 모든 주파수에서 높았지만 그 통계적인 유의성이 주로 0.25, 0.5 kHz에서 의미가 있었다. 이것은 수부의 국소진동 노출이 0.25, 0.5 kHz와 같은 저주파수 청력에 주로 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사한다. Bochnia 등<sup>24)</sup>의 동물 실험 연구에서 진동 노출에 의한 청력 기관의 손상이 저주파수 청력 역치에서 더 크게 나타난 것은 우리의 결과와 관련성이 크다. 그들의 실험은 진동을 청각 기관에 직접 노출시킨 것이었으므로 앞에서 언급했듯이 수부의 국소진동 노출의 청각 기관까지의 전달이 많지는 않았지만 어느 정도 전달되어 누적된 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 따라서 수부의 국소진동 노출자들의 청각에 대한 건강 영향 평가는 저주파수에 대한 검사를 포함하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

한편, 수부의 국소진동 노출로부터 와우에 전달된 진동 가속도는 각 근로자들의 작업 습관에 의해 차이가 날 수 있지만 그 주요 요인은 진동 수공구 자체에서 발생된 가속도이다. 본 연구의 수부 국소진동 노출자들은 대부분

그라인더 취급자로 이번 연구 대상 사업장의 그라인더는 그 크기에 따라 크게 4인치와 7인치로 구분되는데, 4인치의 진동 가속도는 공회전 시 평균적으로 약  $4.4 \text{ m/s}^2$ , 작업 시 약  $1.9 \text{ m/s}^2$ 이며, 7인치는 공회전 시 평균적으로 약  $13.2 \text{ m/s}^2$ , 작업 시 약  $2.7 \text{ m/s}^2$ 의 진동 가속도를 발생시킨다<sup>25)</sup>. 이러한 차이에 대한 영향을 알아보기 위한 수부의 국소진동 노출자들의 각 진동 공구에 따른 청력 역치 비교에서 전반적으로 7인치 그라인더 사용 근로자들이 4인치 그라인더 사용 근로자들보다 높은 청력 역치를 보였고 2, 3 kHz에서는 다른 변수들을 보정한 후 통계적으로 유의하게 높았다. 이것은 수부의 국소진동 노출이 와우에 전달되었다는 또 다른 증거일 수도 있다. 하지만 그라인더 종류에 대한 누적 노출량을 반영하지 않고 단면 연구를 수행했던 것과 그라인더의 크기에 따라 발생하는 소음 수준에 대한 영향을 반영하지 못했던 것 등은 제한점이기도 하다. 비교분석과 선형회귀분석에서 우리가 관찰한 저주파수 청력 역치의 차이를 보이지 못한 것은 이러한 제한점의 결과일 수 있다. 이러한 결과를 토대로 향후에 그라인더에 따른 소음 수준을 알아보고 수부의 국소진동 노출자들의 신체 각 부위에서의 진동 전달 정도를 측정하여 청각을 포함한 건강 영향을 알아본다면 수부의 국소진동 노출이 인체에 미치는 영향에 대해 좀 더 정확히 알 수 있는 좋은 연구가 될 것으로 사료된다.

수부의 국소진동 노출에 의한 부가된 와우 손상이 활성화된 교감신경으로 매개된 혈류 장애에 의한 것이라는 가설이 있을 수 있다. 응답자 8,193명을 대상으로 연령과 소음부서 경력을 보정한 후 창백지가 있는 사람들에게서 난청이 2배가량 많았다는 것<sup>26)</sup>은 창백지를 유발한 기전과 난청을 유발한 기전 사이의 어떤 관련성이 있음을 시사한다. 일반적으로 창백지를 유발하는 주 기전은 교감신경계에 의한 혈관 수축이라고 알려져 있다. 전기톱을 사용하는 근로자들 중 창백지가 있는 근로자들은 창백지가 없는 근로자들보다 평균 10 dB(HL)정도 청력저하가 더 심했으며 심박동 변이 지표(Heart Rate Variation index)가 소음 노출자들에게서 유의하게 감소한 것<sup>4,11)</sup>은 소음과 진동이 자율신경계와 관련이 있다는 것을 말한다. 또한 심근 경색이 있는 여성의 난청 발생이 심근 경색이 없는 여성에 비해 2배 정도 많았던 것<sup>9)</sup>과 당뇨가 있는 사람들에게 감각신경성 난청이 더 많았던 것<sup>27)</sup> 등은 와우의 혈류 시스템과 난청의 밀접한 관계를 말한다. 이러한 점들로 볼 때 수부의 국소진동에 의한 자율신경계의 활성화, 그 중에서 교감신경계의 활성화는 수부를 포함한 혈관계통에 영향을 주어 혈류 공급을 억제하고 각 장기들의 기능 저하를 유발할 수 있을 것으로 보인다. 이것은 수완진동 증후군에서 피부 혈관이 수축하고 창백지가 나타나는 것과 같이 자율신경계통에 의해 혈관이 수축하는 기전과 일

치하는 것이다<sup>28)</sup>. 별목공들에서 4 kHz 청력 역치에 대한 연구는 창백지가 있는 별목공이 창백지가 없는 별목공보다 약 10 dB정도 더 큰 역치 이동을 보였다<sup>3)</sup>. 우리의 결과는 대상자 전체적인 비교를 통해 수부의 국소진동 노출군과 대조군 간의 청력 역치에서 0.4 dB(HL)에서 6.7 dB(HL)정도의 차이를 보였지만 4 kHz 청력 역치에서 두 군 간의 차이가 미미했고 주로 0.25, 0.5 kHz와 같은 저주파수에서 그 차이가 유의했던 것은 기존의 연구와 차이를 보인다. 또한 연령대를 나누었을 때 50세 미만에서는 청력 역치가 대조군이 높은 경우도 있고 수부의 국소진동 노출군이 높은 경우도 있었지만 50대 연령군에서는 우측 4 kHz를 제외한 모든 주파수의 청력 역치에서 수부의 국소진동 노출군이 높았고, 주로 0.25, 0.5 kHz와 같은 저주파수에서 통계적으로 유의했다는 것은 주목할 만하다. 일반적으로 청력 역치는 연령이 많아지면서 그 감수성이 커지고<sup>11,23)</sup> 누적 소음 노출 연수가 많아지면 역치 상승이 커진다고 한다. 본 연구의 결과는 연령과 누적 노출에 대한 반영이 어느 정도 되었지만 50대에서만 유의했던 차이를 설명할 수 있는 기존의 연구는 없었다. 우리는 기존의 연구들<sup>4,11,26)</sup>에서 수부의 국소진동 노출에 의한 부가적인 청력 역치 상승을 확인했지만 이러한 결과를 바탕으로 그 가능한 기전이 활성화된 교감신경에 의한 혈류 장애라는 가설<sup>29)</sup>에 무게를 둘 수 있겠다. 그 이유는 앞서 언급했던 내용에 더해 우리가 발견한 50대에서만 유의했던 청력 역치의 현저한 차이가 노화에 의한 혈관계 및 신경계의 퇴행이 소음 노출 및 수부의 국소진동에 의한 교감신경계 활성화와 혈류 장애에 취약할 수 있는 조건이 되기 때문이다. 즉 50대처럼 나이가 든 사람이 노화로 인해 혈관계와 신경계가 취약한 상태에서 국소진동 노출에 의해 와우의 혈류 장애가 더 많이 진행되어 손상되었거나 장기간의 병합 노출로 인해 신경계, 혈관계의 노화가 더 빨리 진행되었을 수 있다. 그러므로 수부의 국소진동 공구를 사용하는 근로자의 업무 적합성 평가 시 50세 이상의 근로자를 배제하거나 업무 전환하는 조치를 권고할 수도 있을 것이다.

한편 수부의 국소진동 노출군과 대조군의 흡연을 비교에서 수부의 국소진동 노출군의 흡연율이 대조군에 비해 유의하게 높았다. 흡연은 청력 저하에 기여할 수 있지만<sup>7)</sup> 대상자들의 흡연량에 대한 자세한 자료를 포함하지 않았고 비흡연, 과거 흡연, 현재 흡연으로만 나누어 그 영향에 대한 정확한 평가가 이루어지지 않은 점은 본 연구의 제한점 중 하나이다. 하지만 회귀분석에서 흡연 유무가 각 주파수의 청력 역치에 미치는 영향이 미미했고 과거 흡연율은 오히려 대조군에서 더 높았으므로 두 군 간의 흡연율 차이가 미치는 영향은 거의 없을 것으로 추정된다.

우리는 선형회귀분석에서 수축기/이완기 혈압을 제외하

였다. 이완기 혈압은 난청의 4.1%를 설명했다는 연구 결과<sup>26)</sup>가 있지만, 만성적인 소음 노출이 혈압을 상승시키는 작용이 있고<sup>30)</sup> 소음 노출과 혈압의 종속관계가 불분명하며 전체 대상자 중 11명의 항고혈압제 복용자의 영향을 고려할 수 없었으므로 수축기/이완기 혈압이 청력 역치에 미치는 영향에 대해서는 다른 형태의 디자인을 통해 향후에 연구해봐야 할 과제로 생각된다.

한편 청각 보호구에 대한 결과가 없다는 것도 본 연구에서 제한점의 하나로 볼 수 있지만, 전체 대상자 168명 중 94명(56.0%)에게 보호구 착용에 대한 설문조사를 한 결과, 보호구를 입사 때부터 착용했다고 답변한 사람이 수부의 국소진동 노출군에서 33.3%, 대조군에서 42.1%이었으며 1990년을 전후에서 특정시기부터 착용했다고 답변한 사람이 수부의 국소진동 노출군에서 66.7%, 대조군에서 57.9%로 두 군 간의 보호구 착용 시기에 있어서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 착용 습관에 대해서는 항상 착용한다고 답변한 사람이 수부의 국소진동 노출군에서 82.4%, 대조군에서 92.2%이었으며 대체로 착용한다고 답변한 사람이 수부의 국소진동 노출군에서 17.6%, 대조군에서 5.2%로 두 군 간의 보호구 착용 습관도 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 청각 보호구에 대한 영향은 두 군이 같은 조건이라고 할 수 있다 (결과에는 제시되지 않음).

임업종사자, 조선업, 제지공장 등에서 소음성 난청과 다양한 요인들과의 관련성을 분석한 연구<sup>21)</sup>가 있었는데 연령, 작업장 소음 수준이 유의한 관련성이 있었고 청력 수준의 2 dB정도를 설명할 수 있었다. 또한 수축기 혈압, 흡연, 콜레스테롤, 진통제의 사용 등은 4 kHz 청력의 36%를 설명했다. 우리 연구에서 전체 수부의 국소진동 노출군과 대조군의 청력 역치 차이로 추론하면 수부의 국소진동 노출은 0.25~8 kHz의 주파수에서 청력 역치의 0.4 dB(HL)~6.7 dB(HL)정도, 통계적으로 유의했던 0.25, 0.5, 1, 8 kHz 주파수에서는 2.2 dB(HL)~6.7 dB(HL)정도 역치 상승에 기여했다고 할 수 있다. 또한 수부의 국소진동 노출 유무에 따라 통계적으로 의미가 있었던 회귀계수로 진동 노출이 청력에 기여한 정도를 추론하면 주로 0.25 kHz와 0.5 kHz 같은 저주파수에서 3.8 dB(HL)~5.0 dB(HL)정도의 청력 역치 상승에 기여했다고 볼 수 있다.

결론적으로, 우리의 연구는 50세 이상 고령의 근로자들이 수부의 국소진동 노출 시 난청에 더 취약할 수 있다는 것과 수부의 국소진동 노출이 주로 청각 기관의 저주파수 청력에 영향을 미친다는 것을 파악하였다. 또한 그 기전은 저주파수 청력의 저하를 통해 진동 노출이 수부를 거쳐 와우에 전달된 효과일 가능성이 있다는 것과 고령의 근로자에서 보이는 취약성을 통해 활성화된 고감신경계에

의한 와우의 혈류 장애일 가능성이 있다. 수부의 국소진동 노출자들의 소음성 난청에서 국소진동 노출이 기여하는 역치 상승의 정도는 주로 저주파수에서 2.2 dB(HL)~6.7 dB(HL), 또는 3.8 dB(HL)~5.0 dB(HL)정도로 나타났다.

## 요 약

**목적:** 수부의 국소진동과 소음에 동시에 노출되는 근로자들의 청력과 수부의 국소진동에 노출되지 않지만 같은 장소에서 유사한 수준의 소음에 노출되는 근로자들의 청력을 비교하여 수부의 국소진동 노출이 청각에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보고자 한다.

**방법:** 수부의 국소진동 노출군은 현재 한 조선소에서 수년에서 수십 년간 수부의 국소진동 동력 공구를 사용하며 2006년부터 2009년까지 창백지와 수부 저림 등의 증상을 호소하는 근로자 87명을 최종 대상으로 하였다. 대조군 근로자는 81명이며 용접공 중에 수부의 국소진동 노출군의 나이와 작업환경 측정의 소음 수준을 짝지어 선정하였다. 용접공 중 대상자 선정 기준은 그라인더를 취급하는 사상공과 함께 근무하며 시간 가중 평균 소음 수준 84 dB(A)이상 노출된 근로자로 중이, 내이 질환 및 당뇨 질환이 없는 근로자로 구성하였다. 수부의 국소진동 노출군과 대조군의 각 변수들과 0.25~8 kHz 청력 역치 등의 평균을 t-검정을 이용하여 비교하였다. 수부의 국소진동 노출, 연령, 노출 기간, 노출 소음 수준, 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압 등이 청력 역치에 어느 정도의 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 각 주파수 별로 다중 선형회귀분석을 하였다.

**결과:** 연령, 평균 노출 기간, 소음 수준, 총 콜레스테롤, 수축기/이완기 혈압, 흡연율 등에서도 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 각 주파수에서의 청력 역치에 대한 두 군의 비교에서 그 차이는 가장 작은 차이를 보이는 우측 4 kHz의 0.4 dB(HL)에서 가장 큰 차이를 보이는 좌측 6.7 dB(HL)까지의 범위에서 모든 주파수의 청력 역치가 수부의 국소진동 노출군에서 높았으며 좌, 우측 0.25 kHz와 0.5 kHz, 우측 1 kHz 그리고 좌측 8 kHz에서 두 군 간의 차이가 통계적으로 의미가 있었다( $p < 0.01$  또는  $p < 0.05$ ). 다중선형회귀분석에서 수부의 국소진동 노출이 청력 역치에 미치는 영향은 좌측 0.25 kHz, 0.5 kHz에서의 회귀계수 4.010, 3.826, 그리고 우측 0.25 kHz, 0.5 kHz에서의 회귀계수 4.684, 5.028만 통계적으로 유의한 수준이었고 다른 주파수에서는 유의하지 않았다. 연령에 의한 영향은 모든 주파수에서 통계적으로 유의하지 않았다. 노출 기간은 좌측에서 2 kHz의 회귀계수 0.848, 3 kHz의 회귀계수 1.066 등이

통계적으로 의미가 있었으며, 우측에서는 2 kHz의 회귀 계수 0.965, 3 kHz에서의 회귀계수 1.314 등이 통계적으로 유의했다.

**결론:** 우리의 연구는 50세 이상 고령의 근로자들이 수부의 국소진동 노출 시 난청에 더 취약할 수 있다는 것과 수부의 국소진동 노출이 주로 청각 기관의 저주파수 청력에 영향을 미친다는 것을 파악하였다. 또한 그 기전은 저주파수 청력의 저하를 통해 진동 노출이 수부를 거쳐 와우에 전달된 효과일 가능성이 있다는 것과 고령의 근로자에서 보이는 취약성을 통해 활성화된 교감신경계에 의한 와우의 혈류 장애일 가능성이 있다. 수부의 국소진동 노출자들의 소음성 난청에서 국소진동 노출이 기여하는 청력 역치 상승의 정도는 주로 저주파수에서 2.2 dB(HL)~6.7 dB(HL), 또는 3.8 dB(HL)~5.0 dB(HL) 정도로 나타났다.

### 참 고 문 헌

- 1) Korean Ministry of Labor. The results of Korean worker's health examination in 2008. Available: [http://www.moel.go.kr/view.jsp?cate=3&sec=2&mode=view&smenu=3&bbs\\_cd=105&state=A&seq=1267175475869](http://www.moel.go.kr/view.jsp?cate=3&sec=2&mode=view&smenu=3&bbs_cd=105&state=A&seq=1267175475869) [cited 28 October 2010]. (Korean)
- 2) Miyakita T, Miura H, Futatsuka M. Noise-induced hearing loss in relation to vibration-induced white finger in chain-saw workers. *Scand J Work Environ Health* 1987;13:32-6.
- 3) Pyykko I, Starck J, Farkkila M, Hoikkala M, Korhonen O, Nurminen M. Hand-arm vibration in the aetiology of hearing loss in lumberjacks. *Br J Ind Med* 1981;38:281-9.
- 4) Farkkila M, Pyykko I, Heinonen E. Vibration stress and the autonomic nervous system. *Kurume Med J* 1990;37 Suppl:S53-60.
- 5) Sakakibara H, Yamada S. Vibration syndrome and autonomic nervous system. *Cent Eur J Public Health* 1995;3 Suppl:11-4.
- 6) Hinchcliffe R. Occupational noise-induced hearing loss. *Proc R Soc Med* 1967;60:1111-7.
- 7) Daniel E. Noise and hearing loss: a review. *J Sch Health* 2007;77:225-31.
- 8) Torre P, 3rd, Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R, Nondahl DM. The association between cardiovascular disease and cochlear function in older adults. *J Speech Lang Hear Res* 2005;48:473-81.
- 9) Diaz de Leon-Morales LV, Jauregui-Renaud K, Garay-Sevilla ME, Hernandez-Prado J, Malacara-Hernandez JM. Auditory impairment in patients with type 2 diabetes mellitus. *Arch Med Res* 2005;36:507-10.
- 10) Iki M, Kurumatani N, Moriyama T, Ogata A. Vibration-induced white finger and auditory susceptibility to noise exposure. *Kurume Med J* 1990;37 Suppl:S33-44.
- 11) Zou J, Bretlau P, Pyykko I, Starck J, Toppila E. Sensorineural hearing loss after vibration: an animal model for evaluating prevention and treatment inner ear hearing loss. *Acta Otolaryngol* 2001;121:143-8.
- 12) Sutinen P, Zou J, Hunter LL, Toppila E, Pyykko I. Vibration-induced hearing loss: mechanical and physiological aspects. *Otol Neurotol* 2007;28:171-7.
- 13) Tos M, Trojaborg N, Thomsen J. The contralateral ear after translabyrinthine removal of acoustic neuromas: is there a drill-noise generated hearing loss? *J Laryngol Otol* 1989;103:845-9.
- 14) Urquhart AC, McIntosh WA, Bodenstern NP. Drill-generated sensorineural hearing loss following mastoid surgery. *Laryngoscope* 1992;102:689-92.
- 15) Man A, Winerman I. Does drill noise during mastoid surgery affect the contralateral ear? *Am J Otol* 1985;6:334-5.
- 16) Pyykko I, Farkkila M, Inaba R, Starck J, Pekkarinen J. Effect of hand-arm vibration on inner ear and cardiac functions in man. *Nagoya J Med Sci* 1994;57 Suppl:113-9.
- 17) Starck J, Jussi P, Ilmari P. Physical characteristics of vibration in relation to vibration-induced white finger. *Am Ind Hyg Assoc J* 1990;51:179-84.
- 18) Yoo C, Lee JH, Lee CR, Kim Y, Lee H, Choi Kim YW, Chae CH, Kim H, Koh SB, Kim E, Lee LJ, Lee K. Occupational hand-arm vibration syndrome in Korea. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78:363-8.
- 19) Zou J, Pyykko I, Sutinen P, Toppila E. Vibration induced hearing loss in guinea pig cochlea: expression of TNF-alpha and VEGF. *Hear Res* 2005;202:13-20.
- 20) Pyykko I, Farkkila M, Toivanen J, Korhonen O, Hyvarinen J. Transmission of vibration in the hand-arm system with special reference to changes in compression force and acceleration. *Scand J Work Environ Health* 1976;2:87-95.
- 21) Toppila E, Pyykko II, Starck J, Kaksonen R, Ishizaki H. Individual risk factors in the development of noise-induced hearing loss. *Noise Health* 2000;2:59-70.
- 22) Pyykko I, Pekkarinen J, Starck J. Sensory-neural hearing loss during combined noise and vibration exposure. An analysis of risk factors. *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59:439-54.
- 23) Miller JM, Dolan DF, Raphael Y, Altschuler RA. Interactive effects of aging with noise induced hearing loss. *Scand Audiol Suppl* 1998;48:53-61.
- 24) Bochnia M, Morgenroth K, Dziewiszek W, Kassner J. Experimental vibratory damage of the inner ear. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2005;262:307-13.
- 25) Lee JM, Park JH. Measurement and assessment of hand-arm vibration due to grinders. Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference, Chungju, Chungcheongbuk-do, Korea. Nov. 2003;1032-7. (Korean)
- 26) Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE, Pannett B, Cooper C, Coggon D. Raynaud's phenomenon, vibration induced white finger, and difficulties in hearing. *Occup*

- Environ Med 2002;59:640-2.
- 27) Kakarlapudi V, Sawyer R, Staecker H. The effect of diabetes on sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol* 2003;24:382-6.
- 28) Pyykko I, Gemne G. Pathophysiological aspects of peripheral circulatory disorders in the vibration syndrome. *Scand J Work Environ Health* 1987;13:313-6.
- 29) Gemne G. Pathophysiology of white fingers in workers using hand-held vibrating tools. *Nagoya J Med Sci* 1994;57 Suppl:87-97.
- 30) Lee JH, Kang W, Yaang SR, Choy N, Lee CR. Cohort study for the effect of chronic noise exposure on blood pressure among male workers in Busan, Korea. *Am J Ind Med* 2009;52(6): 509-517.