

조선소 근로자에서의 국소진동장애 진단방법에 대한 평가

옥포 대우병원 산업의학연구소, 하버드 보건대학원*

주영수 · 최홍렬 · 김미경 · 손 홍 · 전순자 · 조성일* · 김형식

— Abstract —

Evaluation of Health Exams on Local Vibration Illness among Shipyard Workers

Yeong-Su Ju, Hong-Ryul Choi, Mi-Kyong Kim, Hong Sohn,
Sun-Ja Jeon, Sung-Il Cho*, Hyong-Sik Kim

*Occupational Medicine Institute of Okpo Daewoo Hospital, Harvard School of Public Health**

A hand-arm vibration syndrome, local vibration illness, occurs in some workers who use hand held vibration tools. It consists of white fingers, diffusely distributed finger neuropathy, pain in the hand and arm, and a small excess risk of osteoarthritis. This study is aimed to identify effective methods to confirm local vibration illness among various health exams, which are mentioned in worker's special health exam regulation. In addition, this study is aimed to quantitatively assess the daily vibration exposure level as a major determinant of vibration illness.

The subjects, 46 vibration workers, were selected according to the results of the first special health exam about vibration hazards at shipbuilding industry in 1997. They all had experiences of work related blanching of fingers. Fifteen controls, who had no vibration exposure at all, were also recruited to compare their test results with the results of vibration workers. We adopted 1 subjective and 6 objective tests to evaluate the effectiveness and feasibility for confirming local vibration illness. These tests were history taking of subjective symptoms according to the Stockholm classification, checking blood pressure of finger, checking grasp power, checking finger skin temperature, nail-bed pressing test, vibration perceptual threshold test, and skin prick test for pain perception. Among these, checking skin temperature, nail-bed pressing test, and vibration perception test included cold water provocations. We also estimated some vibration exposure levels of hand held vibration tools by using previously published data from one automobile company.

In conclusion, history taking of subjective symptoms according to the Stockholm classification, nail-bed pressing test, and vibration perceptual threshold test were discovered to be effective to diagnose local vibration illness. Furthermore, vibration perceptual

threshold on right fingers showed a dose-response relationship to daily vibration exposure levels. The parameter β was $0.0005(\pm 0.0002)$, and statistically significant by REM (random effects model).

Key Words : Hand-arm vibration syndrome, shipyard worker, random effects model

서 론

산업화와 활발한 생산활동은 진동공구 사용의 급격한 증가를 가져왔다. 착암기를 시초로 수지진동공구가 제작 사용되면서, 1911년에 이탈리아의 Loriga가 햄머공에서 손가락이 창백하게 변하는 현상을 보고하였고(Loriga, 1911), 이어 미국의 Alice Hamilton이 석공의 진동장해에 대한 상세한 연구보고를 하는 등 진동장해에 대한 주변의 관심들이 증가하기 시작하였다(Hamilton, 1918). 이렇게 보고된 증상들은 대개가 손끝이 하얗게 된 후 퍼렇게 변하는 현상과 추위에 예민하게 반응하며 손끝의 감각이 무디어지거나 없어지고 통증을 동반하는 것들로서(Hamilton, 1918), 제2차 세계대전 이후 산업현장에서 취급되는 진동공구의 종류가 더욱 다양해지면서, 또 생산을 늘리기 위하여 작업시간이 연장되면서, 진동작업자들 중 이러한 증상들의 유병 규모가 급격히 증가한 것으로 알려져 있다.

직업적으로 폭로되는 진동은 국소 진동과 전신진동, 두 가지로 나눌 수 있는데, 국소 진동 혹은 수지진동(hand-arm vibration)이란 진동공구 사용 중 손바닥을 통해 손과 팔로 전달되는 진동자극을 말하며, 전신진동이란 서있을 때는 발에, 앉았을 때는 둔부를 통해 머리끝까지 신체 전부로 전달되는 진동자극을 말한다. Tichauer(1967)에 의하면 100Hz 이하의 주파수가 주로 발생하는 진동공구를 사용하는 사람에게는 복부부동, 혈변, 척추추간판탈출증, 요천골통, 미골통, 골관절염 등이 일어나고, 100Hz 이상 250Hz 미만의 진동공구 작업자에게는 상지관절의 섬유조직염, 골관절염 등이 일어나며, 250Hz 이상인 고주파가 주로 발생하는 진동공구에서는 말초순환장애, 말초신경장해를 주 증상으로 하는 레이노드 현상이 주요하다고 하였다. 이들의 장애정도에는 진동강도, 진동수, 진동폭로시간 뿐만 아니라 온도, 공구와 관련된 근육의 지속적 긴장 등

이 그 결정요인들로 알려져 있다.

이중 우리의 관심사인 국소 진동에 의한 건강장해의 경우는 외상성 혈관수축질환(traumatic vasospastic disease), 경련성 빈혈(spastic anemia), 직업성 또는 2차적 레이노드 현상(Raynaud's phenomenon of occupational origin or secondary origin), 진동유발성 창백지(vibration induced white finger, VWF) 등과 같은 여러 명칭으로 불리워져 왔는데, 1983년 런던국제회의에서 수지진동증후군(Hand-Arm Vibration Syndrome, HAVS)이란 용어로 통일되면서, 다음과 같은 요소들, 즉, 혈액순환장애(혈관수축으로 인해 손가락이 창백해지는 현상)가 있거나; 감각 및 운동장애로 인해 손의 감각이 무디어지거나, 손의 상응작용과 민첩함이 감소하거나, 섬세한 일을 못할 정도로 손의 활동이 저조하게 되는 경우; 또는 근골격계 장애(근, 골격 및 관절질환)가 있는 경우로 정의되었다(Pykkö, 1986)

미국의 경우는 대략 150만명 정도의 근로자가 진동공구를 사용하고 있고, 수지진동증후군의 유병률은 직업군에 따라 달라서 매우 넓은 범위(6~100%)의 값을 보이는 것으로 알려져 있으며, 세계 각국의 진동증후군 유병률을 이용하여 그 결정요인을 분석해 본 결과, 진동공구의 사용 연한, 즉 진동폭로시간이 길수록, 진동공구의 가속도가 클수록 진동장해의 유병률이 높은 추세라고 요약하고 있다(CDC, 1989). 일본의 Futatsuka와 Ueno(1986)는 일본 산림청 근로자의 진동유발성 창백지의 유병률과 발생률을 1956년에서 1980년까지 비교검토 하였는데, 유병률의 경우 1960년 이후 증가하다가 1973년에 최고치(28.1%)에 이르렀고, 이후 새 공구의 보급에 따라 1975년도부터 현저히 감소하여 1980년도에는 16.8% 수준인 것으로 보고한 바 있으며, 우리나라의 경우도 노재훈(1981)이 135명의 탄광 착암근로자 중에서 12.6%의 유병률을, 또한 노재훈 등(1988)이 79명의 착암기 사용근로자 중 창백지를

나타낸 근로자가 18명으로 22.8%의 유병률을 보인다고 보고한 바 있다.

우리 나라의 현행 산업안전보건법에서도 진동작업을 하는 근로자에게 다음과 같은 특수건강진단을 하도록 정하고 있는데, 1차 건강진단항목으로는, 작업경력조사 ; 손가락의 창백현상 ; 손가락의 감각이상(통각, 온냉감 또는 촉각), 손가락 및 관절부의 통증 또는 상지의 근력 및 운동장애, 불면증, 이명, 두통, 초조감 또는 손가락 및 뼈관절의 이상변형 등에 관한 자각, 타각적 증상의 과거병력 및 현재증상조사 ; 혈압측정 ; 손톱압박검사(상온에서 수지의 손톱누르기 방법)등이 있으며, 이들 중 보다 정밀한 검사가 필요하다고 판단되는 근로자들에 대하여 다음과 같은 2차 건강진단을 실시하도록 규정하고 있는 데, 여기에는 작업조건조사 ; 통각검사 ; 진동각검사 ; 악력검사 ; 혈액정밀검사(혈색소량, 혈구용적치, 적혈구수, 백혈구백분율, 적혈구 침강속도, 요산 또는 류마티드인자 등) ; 요검사(단백, 요침사검정) ; 필요시 경추 및 주관절 수부 X-선 촬영 ; 수지혈압검사 및 수지피부온도검사 ; 기타 의사가 필요하다고 인정하는 검사 등이 열거되어 있다. 이 중 X-선 촬영이나 생체시료를 이용한 검사들을 제외하고 나머지 항목들을 유형별로 정리해 보면, 혈관계, 신경계, 근골격계에 관한 검사로 나눌 수 있으나, 이들 검사들의 건강진단항목 선정에 대한 과학적 근거나 실행가능성 평가 등과 관련된 기본자료는 조사해 보았으나 확인할 수 없었다. 반면에, 혈액정밀검사나 요검사, X-선 촬영 등은 수지진동증후군과 타 질환과의 감별진단 등 의료-법적인(medico-legal) 문제를 해결하는 이유로 의미가 있는 검사들로서, 실제 수지진동증후군을 진단하는데 의학적으로 필수적인 항목은 아닌데도 검사의 용이성 측면에서 사용되어 왔다.

이에 본 연구에서는 앞서 언급된 외국의 유병률과, 과거에 연구된 우리 나라 일부 직종의 유병률로부터, 아직까지는 정확히 알려져 있지 않으나 실제로 상당히 많은 근로자들이 진동으로 인한 건강장애 때문에 건강한 노동과 생활을 영위하고 있지 못할 것이라는 가정을 갖고, 상기한 특수건강진단 항목 중에서 실제로 어떤 항목들이 실행가능(feasible)하고 현재의 장애상태를 잘 평가하는지를 밝혀냄으로써, 진동에 의한 건강장애를 효과적이고 효율적으로 예방하는데 기여하고자 하였다. 아울러, 진동폭로수준과 진동작업기간 등이

진동장애의 가장 중요한 결정요인으로 알려져 있으므로, 앞서 말한 목적에 덧붙여서 이들 결정요인들과 여가서 평가하고자 하는 검진결과들과의 연관성에 대한 정량적인 평가도 추가해 보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상 선정

경상남도의 모 조선소에 근무하고 있는 1997년도 진동관련 특수건강진단 대상 근로자 355명중에서 특수건강진단 당시 검진 의사의 문진에 대해 '현재 진동공구를 사용하고 있으며, 지금까지 진동작업과정이나 작업 후에 수지창백 증상이 있었다'고 응답한 대상자 46명을 진동작업군(vibration workers)으로, 이와 동시에 진동업무와 전혀 관련이 없는, 병원 직원을 포함하여 사무직 근로자 15명을 비교군(controls)으로 선정하여 연구를 진행하였다. 성별을 제한하여 연구대상자를 결정하지는 않았으나, 사업장의 특성상 진동작업군은 모두 남자들로 구성되었고, 이에 따라 비교군도 남자로 한정하였다.

2. 건강 상태 평가

이들에게 적용된 체크리스트는 현재 수행하고 있는 작업의 내용, 작업력에 대한 문진(진동작업내용, 진동작업기간, 하루 중 진동작업시간, 사용하는 진동공구의 종류), 대상자의 혈관계 및 신경계 자각증상 여부, 과거의 질병여부(수부의 근골격계 질환, 수부외상여부 등), 검사당시 흡연여부 그리고 6가지 이학적 검사항목(수지혈압검사, 악력검사, 수지피부온도검사, 손톱압박검사, 진동감각검사, 통각검사) 등으로 구성되었다. 이 여섯 가지 이학적 검사항목들은 특수건강진단 정밀검사(2차 건강진단) 항목들로서, 이들 중에서 4가지 항목(수지피부온도검사, 손톱압박검사, 진동감각검사, 통각검사)에 한해서는 상온(20℃~21℃)에서 먼저 측정한 후, 5℃(±0.5)의 찬물에 10분 동안 냉각부하 하여 그 중 대상자가 가장 불편을 호소하는 한 손가락에 한하여 추가로 3회(찬물에서 뺀 후 즉시, 5분 후, 10분 후) 반복하여 측정하였다(상온에서는 제2, 3, 4 수지를 모두 측정하였으나, 냉각부하 후에는 가장 불편을 호소하는 손가락 하나, 혹은 차이를 모르는 경우에는 제3 수지 하나씩을 검사하였다 : 냉각부하시 피검자들은

모두가 상당히 고통스러워 하였다).

자각증상에 대한 정보는 의사인 검사자가 피검자에게 문진과 진찰을 통해 직접 얻은 병력을 토대로 스톡홀름 분류를 원용하여 범주화함으로써 구하였다 (Table 1, 2) (Gemne et al, 1987).

수지피부온도는 Infrared Tympanic Thermometer (Genius, model 3000A, U.S.A.)를 이용하여 손가락 끝의 피부온도를 측정하였고, 수지혈압은 Digital Blood Pressure Monitor (OMRON, model HEM-812F, Japan)를 이용하여 각 손가락을 근위지 위치까지 삽입하여 수축기 및 이완기 혈압을 측정하였고, 진동감각검사는 Beltone Audiometer (Beltone, model 112, U.S.A.)의 골도측정기를 이용하여 250Hz와 500Hz에서 상향식으로 손끝에서 느끼는 진동감각인지역치(이후, 진동감각역치로 표기)를 측정하였으며(이종영 등, 1993; 이종영 등, 1994), 손톱압박검사는 검사자가 피검자의 손톱을 10초간 압박한 후 떼면서 스톱워치를 이용하여 손톱색깔이 회복되는데까지 걸리는 시간을 100분의 1초 수준까지 측정하였고, 통각검사는 23G의 주사바늘을 이용하여 피검자의 각 손가락 중수골 배부 피부

부위를 가볍게 자극하여 피검자 느끼는 통증여부를 전완부 피부의 통증과 비교하면서 검사하였으며(대한 산업보건협회, 1993), 악력은 Grip Strength Dynamometer (TAKEI, model T.K.K. 5101, Japan)를 이용하여 두 번에 걸쳐 순간악력을 측정하여 그 중 큰 값을 분석에 사용하였다.

문진 및 임상진찰을 시행하는데, 의사 1명과 간호사 1명이 피검자 1인당 대략 40분~1시간 정도의 시간을 소요하였다.

3. 폭로 평가

본 연구에서는 김선술과 백남원(1996)에 의해 측정된 다른 사업장 진동공구들의 '주파수-가중 진동수준' 값을 본 연구대상자들의 진동공구 특성으로 원용하는 방법으로 간접적이거나 폭로평가에 사용되는 기본자료를 대신하고자 하였던 데, 이들 진동공구들의 무게, 회전수(rpm), 그리고 작업대상물의 조건(규격) 등을 충분히 고려하여, 본 연구대상 사업장에서 사용하고 있는 가장 대표적인 그라인더, 임팩트렌치, 치핑해머와 같은 진동공구들의 특성값들을 결정하였다.

진동폭로를 정량화하는 과정에는 ISO 5349에서

Table 1. Stockholm workshop scale for classification of cold-induced Raynaud's phenomenon in the Hand-Arm Vibration Syndrome*

| Stage | Grade | Description |
|-------|-------------|--|
| 0 | - | No attacks |
| 1 | Mild | Occasional attacks affecting only the tips of one or more fingers |
| 2 | Moderate | Occasional attacks affecting distal and middle (rarely also proximal) phalanges of one or more fingers |
| 3 | Severe | Frequent attacks affecting all phalanges of most fingers |
| 4 | Very severe | As in stage 3, with trophic skin changes in the finger tips |

* The staging is made separately for each hand. In the evaluation of the subject, the grade of the disorder is indicated by the stages of both hands and the number of affected fingers on each hand. Example: "2L(2)/1R(1)", "-/3R(4)" etc.

Table 2. Stockholm workshop scale for classification of sensori-neural affects of the Hand-Arm Vibration Syndrome*

| Stage | Symptoms |
|-------|---|
| 0 SN | Exposed to vibration but no symptoms |
| 1 SN | Intermittent numbness, with or without tingling |
| 2 SN | Intermittent or persistent numbness, reduced sensory perception |
| 3 SN | Intermittent or persistent numbness, reduced tactile discrimination and/or manipulative dexterity |

* The sensori-neural stage to be established for each hand.

제시한 일일 진동폭로량(daily vibration exposure) 계산법을 이용하였다(ISO, 1986). 이는 기본적으로 진동폭로를 하루 4-시간 기준(4-hour daily vibration exposure)으로 계산하고 있는데, 일일 진동폭로량 계산에는 주파수-가중 진동수준(frequency-weighted vibration level)과 하루중 폭로시간(daily exposure time, in hour)에 대한 정보가 필요하다. 계산식은 다음 (식 1)과 같다.

$$A(4) = a_w \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (\text{식 1})$$

$A(4)$ = daily vibration exposure

a_w = frequency-weighted vibration level measured on the tool

T = daily exposure time (in hours)

T_0 = reference time of 4 hours

만약에, 근로자가 2개이상의 진동공구를 사용하고 있다면, 총 일일 진동폭로량은 다음 (식2)처럼 각각의 진동공구별 진동폭로량을 계산한 후, (식 3)과 같이 총 일일 진동폭로량(total daily vibration exposure)을 산출할 수 있다.

$$A_i(4) = a_{w_i} \cdot \sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \quad (\text{식 2})$$

$$A(4) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_i(4)^2} \quad (\text{식 3})$$

$A_i(4)$ = daily vibration exposure for tool i

$A(4)$ = total daily vibration exposure

a_w = frequency-weighted vibration level measured on the tool i

T_i = daily exposure time (in hours) for tool i

T_0 = reference time of 4 hours

4. 통계 분석

먼저, 과거에 외상을 입은 적 있다고 응답한 손가락의 검사결과들은 연구결과에バイアスを 줄 수 있어서 분석에서 모두 제외하였다. 우선 단변수 분석을 통하여 변수의 분포 등을 살펴보고, 분석가정에 적합한 변수를 만들기 위하여 적절한 변형(log-

log transformation)을 통해 새로운 변수를 생성하였으며, 이후 상관분석(Spearman, Pearson), 평균치검정(Student t-test, Wilcoxon rank sum test), 분산분석(1-way ANOVA), 카이스퀘어검정(Fisher's exact test 포함)을 적용하여 기본적인 분석을 수행하였다. 이중 수치피부온도, 손톱압박검사, 진동감각검사의 경우는 동일한 손가락을 시간의 흐름에 따라 반복해서 3회 측정(찬물에서 땀 후 즉시, 5분 후, 10분 후)한 측정값(연속변수)을 가지고 있으므로, 이 기저 측정치를 포함하여 4회 반복측정된 측정값들 내부의 자기상관성(auto-correlation)을 고려하여 REM(random effects model)을 적용한 이차적인 분석도 수행하였다.

연구결과

1. 진동공구별 특성

다음 Table 3은 김선술과 백남원(1996)에 의해 측정된 모 사업장의 진동공구 중에서, 본 연구대상자들이 사용하는 진동공구에 상응한다고 가정한 진동공구 종류별 특성값들이다. 그 다음에 보여주는 Table 4는 현재 본 연구대상 조선소에서 사용되고 있는 진동공구별 무게, 회전수(rpm)를 보여주는 표로서, 결국 이 두 Table로 부터 본 연구의 폭로 평가에 이용된 진동공구(특성)들이 현재의 조선소내 진동공구(특성)를 적절히 대표함을 알 수 있다.

2. 진동작업군과 비교군의 일반적 특성 비교 및 진동작업군내 작업관련 특성 분석

진동장해와 관련하여 진동외에 가장 중요하다고 알려져 있는 변수인 연령의 경우 평균 38.29세, 36.37세로서, 흡연력(평균 8.11갑·년, 9.36갑·년)과 더불어 두 군간에 차이가 없었다(Table 5). 진동작업군에 한정하여 작업관련 특성들을 살펴보면, 근로자 1인당 진동작업기간이 평균 11.96년이고, 일일평균 진동폭로 수준은 31.37m/s², 하루 중 진동작업시간은 평균 3.56시간, 그리고 작업자 한사람 당 사용하는 진동공구의 수는 평균 1.39개인 것으로 조사되었다(Table 6). 또한, 이들을 작업구분별로 살펴보면, 취부작업(용접전처리 작업, 이하 취부라 함)이 16명으로 가장 많았고, 용접이 15명, 도장이 6명, 배관설치가 3명 등으로 확인되었으며

(Table 7), 진동공구별 사용자수로는 복수응답 결과, 7인치 그라인더 사용자가 가장 많았고(27명), 이후 4인치 그라인더(18명), 치핑햄머(10명)의 순이었다(Table 8).

3. 진동작업군과 비교군간의 자각증상 비교와 작업 종류별 진동작업특성 분석

혈관계와 감각신경계 증상 모두에서 진동작업군이 비교군에 비하여 유병률(stage 1이상인 경우를 증상

이 있는 것으로 판단함)이 유의하게 높았으며, 이는 좌·우측 손 모두에서 동일하게 관찰되었다. 또한 좌·우측간의 증상호소율의 차이를 확인하기 위하여 진동작업군만을 대상으로 분석하여 본 결과, 감각신경계 증상호소율이 우측 손이 좌측보다 1.56배 높음을 확인할 수 있었다(Table 9).

분류표상에서 수지이상증상이 있는 것으로 확인된 사람은 진동작업 대상자 46명중에서 31명(67.39%)으로서, 증상이 나타나기 시작한 시점은 작업개시

Table 3. Characteristics of prototypal tools, being used in calculating individual daily vibration exposure levels

| Type of tool | Weight (kg) | Free running speed (rpm) | Main frequency (Hz) | Frequency-weighted vibration level(m/s ²) | | | Total* (m/s ²) |
|--------------------|-------------|--------------------------|---------------------|---|-------|-------|----------------------------|
| | | | | X | Y | Z | |
| Grinder (Dag 100s) | 1.5 | 8,000 | 200 | 18.35 | 24.19 | 23.10 | 38.15 |
| Impact wrench | 2.16 | 4,500 | 63 | 11.55 | 6.96 | 10.29 | 16.95 |
| chipping hammer | 1.8 | 3,600 | 40 | 14.76 | 16.56 | 14.76 | 26.65 |
| calking hammer | 0.83 | 6,000 | 400 | 7.28 | 6.49 | 7.28 | 12.17 |

* : Total frequency-weighted vibration level = a_w

Table 4. Characteristics of vibration tools, being used by shipyard workers, presently

| Type | Weight (kg) | Free running speed (rpm) |
|--------------------------------|-------------|--------------------------|
| Grinder | 0.64 | 22,000 |
| 1 inch | 1.5~1.6 | 8,800~12,700 |
| 4 inch | 2.3~2.7 | 6,000~7,600 |
| 7 inch | 0.8~17.0 | 3,500~8,500 |
| Impact wrench (bolt:6~43mm) | 1.0 | 5,000 |
| Chipping hammer (φ19~22mm) | - 0.83 - | - 6,000 - |
| Etc (calking hammer, spray...) | | |

Table 5. General characteristics of vibration workers and controls

| Variables | Vibration workers (n=46) | Controls (n=15) |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|
| | Mean±SD | Mean±SD |
| Age(yr) | 38.29±7.45 | 36.37±10.02 |
| Smoking history(pack year) | 8.11±7.24 | 9.36±8.58 |

: there are no statistically significant differences between two groups.

후 평균 9.13년인 것으로 분석되었다(Table 9).

진동작업군중 가장 주요한 업종으로 알려져 있는 취부, 용접, 도장, 3개의 직종에 한정해서 작업종류 별로 진동작업특성을 분석해 본 결과, 총 진동작업 기간과 작업시작 후 수지이상증상 발현시기까지의 기간에서는 특별한 차이가 관찰되지 않았으나, 일일 평균 진동폭로 수준과 하루 중 진동작업시간에서 도장작업이 다른 두 개의 작업에 비하여 유의하게 높은 측정치를 보였다(Table 10).

4. 건강진단항목간 상관분석

다음은 문진을 통해서 확인된 '가장 불편한' 손가락(특히 불편함을 호소하지 않는 경우는 3번째 손

가락)의 측정값들로 만든 상관분석행렬로서, 각 검사항목간의 상관성을 확인해 본 결과, 동일한 검사 방법들간의 유의한 좌·우측 수지간의 상관성을 제

Table 6. Work related histories of vibration workers

| Variables | Vibration workers (n=46) |
|---|-----------------------------|
| | Mean±SD |
| Duration of vibration work (yr) | 11.96±4.90 |
| Daily vibration exposure level (4-hour, m/s ²) | 31.37±14.86 |
| Hours of vibration work per day | 3.56±2.41 |
| Number of using vibration tools per worker | 1.39±0.68 |

Table 7. Number of workers according to job categories

| Job | Number of workers(n=46) |
|-------------------------|----------------------------|
| Pre welding preparation | 16 |
| Welding | 15 |
| Painting | 6 |
| Piping | 3 |
| Grinding | 1 |
| Blasting | 2 |
| Etc | 3 |

Table 8. Number of users, according to vibration tools

| Type | Number of workers using vibration tools(n=46) | |
|--------------------------------|--|----|
| Grinder | 1 inch | 1 |
| | 4 inch | 18 |
| | 7 inch | 27 |
| Impact wrench | | 3 |
| Chipping hammer | | 10 |
| Etc (calking hammer, spray...) | | 5 |

Table 9. Vascular and sensori-neural symptoms on fingers by groups

| Stage | Vibration workers* (n=46) | | Controls (n=15) | |
|----------------------|------------------------------|-------------|--------------------|-----------|
| | Left (%) | Right (%)** | Left (%) | Right (%) |
| 0 | 34 (73.9) | 32 (69.6) | 15 | 15 |
| Vascular | 1 : mild | 6 (13.0) | 7 (15.2) | 0 |
| | 2 : moderate | 5 (10.9) | 6 (13.0) | 0 |
| | 3 : severe | 1 (2.2) | 1 (2.2) | 0 |
| | 4 : very severe | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 |
| Sensori -neural** | 0 SN | 29 (63.0) | 19 (41.3) | 15 |
| | 1 SN | 15 (32.6) | 24 (52.2) | 0 |
| | 2 SN | 2 (4.3) | 3 (6.5) | 0 |
| | 3 SN | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 |

* : p < 0.05, by Fisher's exact test (comparing stage 0 to others between two groups, in all combinations)

** : only sensori-neural symptoms of right hands are more common (RR=1.56, p < 0.05, comparing stage 0 to others, by chi-square test) than left, within vibration workers

cf. Onset of symptoms after beginning the work (yr) : 9.13±4.13 among 31 vibration workers

Table 10. Comparisons of onset of symptom, daily vibration exposure level, and duration of vibration work among three major jobs

| Variables | Pre-welding preparation (n=16) | Welding (n=15) | Painting (n= 6) |
|---|-----------------------------------|-------------------|--------------------|
| | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD |
| Duration of vibration work (yr) | 10.38±5.32 | 14.18±4.14 | 11.54±6.02 |
| Daily vibration exposure level(4-hour, m/s ²) | 31.77±12.48 | 26.99±9.32 | 50.97±19.03* |
| Hours of vibration work per day (hr) | 3.05±1.93 | 1.86±1.00 | 7.00±0.89* |
| Onset of symptoms after beginning the work (yr) | 7.60±4.60 | 10.78±4.74 | 10.20±3.03 |

* : painting job has significantly higher daily vibration exposure level and hours of work per day than others (p < 0.05, by 1-way ANOVA with Duncan comparison between three jobs).

외하면, 혈관계 자각증상과 감각신경계 자각증상간의 유의한 상관성($r=0.41\sim0.70$)이, 그리고 좌측의 수축기 혈압과 혈관계 자각증상 및 감각신경계 자각증상간의 유의한 상관성($r=-0.28\sim-0.36$)이, '손톱압박검사나 진동감각검사결과'와 '자각증상들이나 수지피부온도검사결과' 간에 유의한 상관성이 또한 확인되었으며, '이들 손톱압박검사와 진동감각검사자신들' 간에도 유의한 상관성이 확인되었다. 통증각각의 경우는 특히 우측에서 자각증상들과 수지피부온도검사결과와의 유의한 상관성($r=0.23\sim0.30$)이 확인되고 있다. 여기서 주의할 부분은 자각증상검사와, 손톱압박검사, 진동감각검사, 그리고 수지피부온도검사들 서로간의 '유의한 상관성'으로서 그 상관계수는 그리 크지 않으나($|r|=0.2\sim0.4$), 일관되게 나타나고 있는 부분이다(Table 11).

5. 진동작업군과 비교군간의 건강진단항목별 특성 비교

다음 Table 12은 진동작업군과 비교군간에 동일한 손가락(혹은, 손)의 측정치를 서로 비교한 결과이다. 특기할 만한 부분은 냉각부하전 일부 혹은 전체 손가락 기저측정값들의 비교에서 손톱압박검사와 진동감각검사값들이 일관되게 유의한 차이 혹은 경계성의 유의한 차이를 나타내는 점이고, 이에 비하여 수지혈압, 수지피부온도, 악력 등은 일반적으로 유의한 차이를 보여주지 못하다고 있다는 점이다. 물론, 냉각부하후 측정된 측정값들의 대부분은 유의한 차이를 보여주고 있지 못하지만, 이들은 이러한 단편적인 방식으로 분석하는 것보다는 경시적 자료

분석 방법(longitudinal data analysis)으로 접근하는 것이 보다 정확하기 때문에 차후에 REM으로 그 차이를 다시 한번 확인해 보았다(Table 12). 통각검사는 냉각부하전에도 두 군간에 차이가 없었고, 냉각부하후 통각인지수준이 달라진 경우를 case로 해서 다시 분석해도 이 역시 유의한 차이가 없었다(Table 13).

6. 반복측정된 건강진단항목에 대한 경시적 자료 분석(두 군간의 비교)

반복측정된 자료로는 수지피부온도검사, 손톱압박검사, 진동감각검사결과가 있으며, 이들은 기저자료(0 min data)와 10분동안의 냉각부하 직후에 측정된 값(10 min data), 냉각부하종료후 5분경과시점에 측정된 값(15 min data), 냉각부하종료후 10분경과시점에 측정된 값(20 min data)으로 구성되어 있다. REM(random effects model)을 이용하여 분석한 결과, 수지피부온도검사에서는 어떠한 유의한 차이도 확인되지 않았으나, 손톱압박검사와 진동감각검사의 경우는 진동작업군과 비교군간에 모두 유의한 차이가 확인되었고(우측 손톱압박검사만 경계성 정도로 유의함), 그 중에서 우측 손톱압박검사의 경우는 연령과도 유의한 연관성이, 우측 진동감각검사의 경우는 일일 진동폭로수준값과 유의한 연관성이 추가로 확인되었다. 우측 진동감각역치를 로-로그로 변형하여 모델링 하였을 때, 일일 진동폭로수준의 β 값은 $0.0005(\pm 0.0002)$ 이었으며, 절편은 $1.3561(\pm 0.0085)$ 이었다(Table 14).

Table 11. Correlation matrix of test methods, Spearman correlation coeff. (p-value) (n=61)

| | VSL | VSR | SNL | SNR | SPL | SPR | DPL | DPR | STL | STR | RPL | RPR | VBL | VBR | PNL | PNR |
|-----|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| VSL | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | | | | | | | |
| VSR | 0.7927 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | | | | | | |
| SNL | 0.7041 (0.0001) | 0.5289 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | | | | | |
| SNR | 0.4109 (0.0011) | 0.5975 (0.0001) | 0.5192 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | | | | |
| SPL | -0.2763 (0.0328) | -0.1899 (0.1461) | -0.3631 (0.0044) | -0.0744 (0.5719) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | | | |
| SPR | -0.0358 (0.7859) | -0.0306 (0.8147) | -0.0385 (0.7704) | 0.0406 (0.7558) | 0.3160 (0.0139) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | | |
| DPL | -0.1010 (0.4427) | 0.0363 (0.7834) | -0.2137 (0.1012) | -0.0290 (0.8257) | 0.5940 (0.0001) | 0.0903 (0.4924) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | | |
| DPR | -0.0202 (0.8781) | 0.0991 (0.4475) | -0.0317 (0.8098) | 0.1174 (0.3674) | 0.2641 (0.0415) | 0.6473 (0.0001) | 0.2708 (0.0364) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | | |
| STL | 0.0411 (0.7550) | -0.0404 (0.7593) | 0.1257 (0.3384) | -0.0387 (0.7691) | -0.0860 (0.5134) | 0.1214 (0.3553) | -0.2652 (0.0406) | -0.1262 (0.3367) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | | |
| STR | -0.0450 (0.7330) | -0.1072 (0.4109) | 0.0423 (0.7486) | -0.1637 (0.2074) | -0.0839 (0.5239) | 0.1530 (0.2392) | -0.2445 (0.0597) | -0.1549 (0.2333) | 0.8337 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) | | | | | | |
| RPL | 0.2397 (0.0651) | 0.3392 (0.0080) | 0.2388 (0.0662) | 0.2322 (0.0742) | -0.2201 (0.0911) | -0.0402 (0.7603) | 0.0783 (0.5523) | 0.0512 (0.6979) | -0.3137 (0.0146) | -0.2956 (0.0219) | 1.0000 (0.0000) | | | | | |
| RPR | 0.2115 (0.1048) | 0.2693 (0.0358) | 0.2425 (0.0619) | 0.2224 (0.0849) | -0.1801 (0.1686) | -0.1453 (0.2639) | -0.0191 (0.8849) | -0.0100 (0.9392) | -0.3767 (0.0030) | -0.4613 (0.0062) | 0.6594 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) | | | | |
| VBL | 0.1723 (0.1881) | 0.1909 (0.1440) | 0.1362 (0.2996) | 0.2626 (0.0427) | -0.1438 (0.2731) | -0.0882 (0.5030) | 0.2133 (0.1019) | 0.0196 (0.8820) | -0.2116 (0.1046) | -0.3400 (0.0079) | 0.1800 (0.1687) | 0.2304 (0.0766) | 1.0000 (0.0000) | | | |
| VBR | 0.3095 (0.0161) | 0.2415 (0.0608) | 0.2385 (0.0665) | 0.2408 (0.0615) | -0.1167 (0.3748) | -0.1508 (0.2459) | 0.1409 (0.2829) | -0.0709 (0.5872) | -0.1550 (0.2371) | -0.2574 (0.0482) | 0.2959 (0.0217) | 0.2451 (0.0569) | 0.7583 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) | | |
| PNL | 0.1007 (0.4439) | 0.0898 (0.4951) | 0.1302 (0.3213) | 0.1094 (0.4055) | -0.0106 (0.9359) | 0.0983 (0.4551) | -0.2167 (0.0963) | -0.0867 (0.5101) | 0.0587 (0.6558) | 0.0019 (0.9884) | -0.1155 (0.3795) | 0.0289 (0.8266) | 0.1446 (0.2703) | 0.0116 (0.9301) | 1.0000 (0.0000) | |
| PNR | 0.2384 (0.0666) | 0.1921 (0.1380) | 0.3007 (0.0196) | 0.0474 (0.7165) | 0.0595 (0.6519) | 0.1250 (0.3371) | -0.1525 (0.2447) | -0.0856 (0.5120) | 0.2406 (0.0640) | 0.2277 (0.0775) | -0.0703 (0.5936) | -0.1259 (0.3338) | 0.0773 (0.5570) | 0.1164 (0.3717) | 0.7199 (0.0001) | 1.0000 (0.0000) |

- 1) abbreviation : VSL(Vascular Symptom, Lt), SNR(Sensori-Neural symptom, Rt), SPL(Systolic Pressure, Lt), DPR(Diastolic Pressure, Rt), STL(Skin Temp., Lt), RPR(Recovery time of nail-bed Press test, Rt), VBL(ViBration perceptional threshold, Lt), PNR(PaiN perception test, Rt)
- 2) this matrix is made of test results on one finger before cold water provoking ; the most inconvenient finger, otherwise 3rd finger.
- 3) bold cell : statistically significant ($p < 0.05$)
- 4) shade cell : statistically significant or borderline significant between different methods

Table 12. Comparisons of test methods between vibration workers and controls(n=61)

| Variables | Vibration workers(n=46) | | | | | | Controls(n=15) | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | Left (Mean,SD) | | | Right (Mean,SD) | | | Left (Mean,SD) | | | Right (Mean,SD) | | |
| | 2nd | 3rd | 4th | 2nd | 3rd | 4th | 2nd | 3rd | 4th | 2nd | 3rd | 4th |
| Systolic pressure [†] | 121.39 (13.18) | 127.51 (13.74) | 131.31 (18.29) | 128.86 (13.53) | 131.78 (11.86) | 131.16 (15.40) | 127.93 (13.59) | 126.07 (10.75) | 125.67 (14.06) | 122.93 (10.25) | 126.86 (9.86) | 130.00 (10.11) |
| Diastolic pressure [†] | 72.87* (15.76) | 81.51 (14.28) | 84.47 (17.56) | 80.72 (13.28) | 83.22 (9.66) | 81.33 (16.51) | 82.33* (12.26) | 80.13 (12.57) | 86.67 (11.20) | 76.93 (14.39) | 86.21 (8.49) | 83.27 (14.75) |
| Grasp power [†] | | 39.34 (5.89) | | | 40.65 [‡] (6.01) | | | 41.97 (5.12) | | | 44.04 [‡] (6.79) | |
| Skin temperature(O) [§] | 32.23 (2.55) | 32.31 (2.75) | 32.30 (2.84) | 32.87 (2.79) | 32.94 (3.04) | 32.86 (3.30) | 31.41 (3.01) | 31.63 (3.35) | 31.58 (3.53) | 32.02 (3.16) | 31.94 (3.82) | 32.07 (4.14) |
| Skin temperature(I) [§] | | 17.73 (2.68) | | | 17.97 (2.94) | | | 17.85 (4.12) | | | 18.01 (3.56) | |
| Skin temperature(II) [§] | | 22.96 (4.23) | | | 23.53 (4.15) | | | 23.69 (5.15) | | | 23.90 (4.60) | |
| Skin temperature(III) [§] | | 24.63 (4.75) | | | 25.40 (4.79) | | | 26.01 (5.61) | | | 26.20 (5.38) | |
| Nail-bed press test(O) [§] | 1.58* (0.58) | 1.53* (0.78) | 1.46* (0.96) | 1.58 (1.27) | 1.41 (1.00) | 1.44 (1.16) | 1.11* (0.27) | 1.15* (0.30) | 1.06* (0.29) | 1.14 (0.32) | 1.22 (0.44) | 1.15 (0.43) |
| Nail-bed press test(I) [§] | | 4.07 [‡] (8.83) | | | 6.20 (14.62) | | | 1.74 [‡] (0.68) | | | 1.75 (0.72) | |
| Nail-bed press test(II) [§] | | 2.95 [‡] (7.21) | | | 3.55 (9.38) | | | 1.37 [‡] (0.64) | | | 1.47 (0.88) | |
| Nail-bed press test(III) [§] | | 1.91 (2.71) | | | 2.85 (7.38) | | | 1.18 (0.51) | | | 1.30 (0.79) | |
| Vibration perceptual threshold(250Hz) [§] | 29.11 (4.96) | 30.73 [‡] (6.76) | 31.20 [‡] (7.36) | 30.37 (5.64) | 32.85 [‡] (9.49) | 32.89* (8.83) | 27.20 (6.01) | 26.53 [‡] (4.90) | 27.07 [‡] (5.19) | 28.21 (5.24) | 27.71 [‡] (5.59) | 27.13* (5.90) |
| Vibration perceptual threshold(500Hz)(O) [†] | 45.93 (6.50) | 47.40 [‡] (8.20) | 48.64* (7.95) | 47.93 [‡] (7.49) | 48.41 [‡] (7.65) | 49.60* (7.96) | 43.00 (7.54) | 43.20 [‡] (6.03) | 43.07* (6.37) | 44.14 [‡] (5.76) | 44.50 [‡] (7.51) | 43.40* (6.77) |
| Vibration perceptual threshold(500Hz)(I) [†] | | 60.46 (6.47) | | | 60.15 (7.32) | | | 56.20 (9.50) | | | 56.73 (9.15) | |
| Vibration perceptual threshold(500Hz)(II) [†] | | 57.39 [‡] (7.81) | | | 57.50 (7.76) | | | 52.53 [‡] (9.33) | | | 54.33 (9.43) | |
| Vibration perceptual threshold(500Hz)(III) [†] | | 54.89 [‡] (9.27) | | | 56.33* (8.62) | | | 49.33 [‡] (10.10) | | | 50.60* (9.05) | |

* : $p < 0.05$, in same fingers between two groups, § : $0.05 \leq p < 0.10$, in same fingers between two groups,

† : tested by student's t-test, ¶ : tested by wilcoxon rank sum test

(O) : before immersing into cold water, that is, baseline(0min) data

(I) : immediately measured data after drawing out of cold water, that is, 10min data

(II) : elapsing 5min after drawing out of cold water, that is, 15min data

(III) : elapsing 10min after drawing out of cold water, that is, 20min data

cf. vibration perceptual threshold at 250Hz has just baseline data, because these thresholds at 250Hz increased too high to detect ($>60\text{dB}$) among over half of subjects, after cold water provoking.

Table 13. Number of cases with decreased pain-perception threshold and altered threshold level between before and after cold water provoking

| Variables | Vibration workers(n=46) | | | | | | | Controls(n=15) | | | | | |
|---|-------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|----------------------------|---------------|----------------|--------------|--------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| | Hand | Left (%) | | | Right (%) | | | Left (%) | | | Right (%) | | |
| | Finger | 2nd | 3rd | 4th | 2nd | 3rd | 4th | 2nd | 3rd | 4th | 2nd | 3rd | 4th |
| Decreased pain-perception threshold cases (baseline) | | 20 (43.48) | 22 (48.89) | 21 (46.67) | 25 ¹ (54.35) | 29 ¹ (63.04) | 23 (51.11) | 4 (26.64) | 5 (33.33) | 6 (40.00) | 4 ¹ (28.57) | 5 ¹ (35.71) | 6 (40.00) |
| Altered pain-perception threshold between before and after cold water provoking | | 6 (13.33) | | | 3 (6.52) | | | 3 (20.00) | | | 2 (13.33) | | |

§ : 0.05 ≤ p < 0.10, in same fingers between two groups.

고 찰

진동에 의한 건강장해를 정확하게 평가하기 위해서는 측정당시의 기후조건, 특히 기온에 대한 충분한 고려가 필요하며, 혈관수축과 관계해서 흡연의 영향 또한 잘 알려져 있기 때문에 연구대상자들의 흡연에 대한 적절한 사전통제도 필요하다. 본 연구는 겨울(1~2월)에 수행되었으나, 측정 시작전에 연구대상자들이 이미 실내(20~21℃)에서 30분이상 적응하였고, 게다가 본 조선소가 위치한 남부지방의 겨울 기온이 대부분 영상의 매우 따뜻한 상태였으므로, 바깥 기온이 제반 검사의 결과에 거의 영향을 미치지 못하였을 것으로 판단되며, 또한 전체 대상자들이 최소한 30분 이상 흡연하지 않은 상태에서 검사를 시행하였으므로 흡연에 의한 급성 영향 또한 최소화되었을 것으로 생각된다.

진동작업군의 작업분류에 따른 검진항목별 측정치 비교에서 도장작업이 취부나 용접작업보다 일일 진동폭로수준이 더 큰 것을 알 수 있었으나, 본 연구에 포함된 진동작업군중에서 배관설치나 사상(그라인딩), 블라스팅과 같은 높은 진동폭로작업으로 알려져 있는 작업자들이 소수였기 때문에 그들을 포함한 비교분석이 수행되지 못해 실제로 어떤 작업에서 가장 진동폭로가 심한지 충분한 설명을 할 수 없었다.

진단항목별 측정과정에서, 수지피부온도가 15℃ 미만일 경우, 본 연구에서 사용한 체온계로는 온도를 감지하지 못하여, 실제로 10분간의 냉각부하 직후(10 min data)에 쟤 자료들 중에서 좌수지중 10개, 우수

지중 12개의 수지피부온도를 14.9℃로 처리·입력하였으며, 그 중에서도 1명은 냉각부하 종료후 10분(20 min data)이 경과하여도 전혀 수지피부온도의 상승이 없어서 모든 측정치를 14.9℃로 처리하였다. 진동감각의 경우도 이와 비슷하여, 250Hz의 경우는 냉각부하 직후 250Hz 진동감각역치의 측정한계인 60dB을 넘는 선까지 상승한 경우가 전체 대상자 61명중에서 33명에 달하여 이 변수 자체를 결국 분석에서 완전히 제외시켜 버렸고, 500Hz의 경우만 측정한계인 65dB을 넘는 사람이 10분간의 냉각부하 직후 14명에서(10 min data), 냉각부하 종료후 10분이 경과된 다음 7명으로 줄어들어(20 min data), 이들을 66dB이라는 동일한 값으로 모두 처리하여 분석에 이용할 수 있었다. 전반적으로 이들과처럼 측정한계를 넘는 경우에 부여한 대표값들은 실제 참값들보다 정상감각수준 쪽으로 처리되어 있어, 혹시 이러한 정보오류로 인하여 발생할 수 있는 바이아스는 연구 결과를 두 군간에 차이가 없는 방향(toward null)으로 편위시킬 수 있을 것으로 추정할 수 있었다.

본 연구에서와 같이 동일한 대상에 대하여 반복하여 측정할 결과 값이 있는 경우는 이 측정치들이 서로 자기상관성(autocorrelation)을 가지고 있으므로 이에 알맞는 분석을 하여야 한다. 기존에는 repeated measures of ANOVA 방법으로 분석하였으나, 이는 결측치가 있는 record를 분석에서 제외하거나 개별 측정값들의 영향(개별 record 들의 기울기와 절편)을 모델에 반영하지 못하므로 다소간의 한계가 있어왔음이 사실이다. 이에 본 연구에서는 이러한 한계를 극복할 수 있는 분석방법인 REM(random effects model)

Table 14. Longitudinal data analysis on skin temperature, nail-bed press test, and vibration perceptual threshold between vibration workers and controls, by using REM(random effects model)

| Variables ^a | Solution for fixed effects | | | | Tests of fixed effects |
|---|----------------------------|----------|-----------|---------------------|------------------------|
| | Effect | Estimate | Std error | P-value | P-value |
| LN [LN(skin temp., left one finger)] | Intercept | 1.1576 | 0.0112 | 0.0001 | 0.8799 |
| | Gr | -0.0020 | 0.0129 | 0.8799 | |
| LN [LN(skin temp., right one finger)] | Intercept | 1.1592 | 0.0115 | 0.0001 | 0.9794 |
| | Gr | 0.0003 | 0.0132 | 0.9794 | |
| LN [LN(recovery time of nail-bed press test, left one finger)] | Intercept | 0.2056 | 0.0458 | 0.0001 | 0.0028* |
| | Gr | 0.1611 | 0.0528 | 0.0028 | |
| LN [LN(recovery time of nail-bed press test, right one finger)] | Intercept | 0.1972 | 0.0559 | 0.0008 | 0.0613 [‡] |
| | Gr | 0.1216 | 0.0644 | 0.0613 | |
| | Intercept | -0.5019 | 0.1803 | 0.0079 | 0.0180* |
| | Age | 0.0111 | 0.0046 | 0.0180 | |
| Gr | -0.3667 | 0.1351 | 0.0088 | 0.0967 [‡] | |
| Age | -0.1072 | 0.0641 | 0.0967 | | |
| LN [LN(vibration perceptual threshold, left one finger)] | Gr | 0.0076 | 0.0034 | 0.0285 | 0.0285* |
| | Intercept | 1.3504 | 0.0069 | 0.0001 | 0.0072* |
| Gr | 0.0218 | 0.0080 | 0.0072 | | |
| LN [LN(vibration perceptual threshold, right one finger)] | Intercept | 1.3544 | 0.0066 | 0.0001 | 0.0127* |
| | Gr | 0.0194 | 0.0077 | 0.0127 | |
| | Intercept | 1.3414 | 0.0190 | 0.0001 | 0.0841 [‡] |
| | Age | 0.0009 | 0.0005 | 0.0841 | |
| LN [LN(vibration perceptual threshold, right one finger)] | Intercept | 1.3561 | 0.0085 | 0.0001 | 0.0271* |
| | AT | 0.0005 | 0.0002 | 0.0271 | |
| LN [LN(vibration perceptual threshold, right one finger)] | Intercept | 1.3487 | 0.0162 | 0.0001 | 0.0195* |
| | Gr | -0.0181 | 0.0077 | 0.0195 | |
| | Gr | 0.0007 | 0.0004 | 0.1113 | 0.1113 |
| | Age | 0.0007 | 0.0004 | 0.1113 | |
| LN [LN(vibration perceptual threshold, right one finger)] | Intercept | 1.3204 | 0.0198 | 0.0001 | 0.0376* |
| | AT | 0.0005 | 0.0002 | 0.0376 | |
| | Age | 0.0008 | 0.0005 | 0.1205 | |

* : $p < 0.05$, by REM(random effects model)

‡ : $0.05 \leq p < 0.10$, by REM(random effects model).

¶ : these variables have 4 repeated data(baseline, 10min data, 15min data, 20min data) on one finger per hand by individual, and have been log-log transformed to normalize.

Gr : vibration workers = 0, controls = 1

Age : age in year

AT : daily vibration exposure level(4-hour, m/s^2)

Table 15. Various ergonomic factors affecting HAVS

| Job design | Workstation design | Tool design | Task factors | Individual factors | Environmental factors |
|---|--|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Work-rest patterns -duration -frequency | <ul style="list-style-type: none"> • Working heights • Reach requirements • Adjustability • Ability to change posture • Jigs to support and move workpieces | <ul style="list-style-type: none"> • Handle design -type of grip -grip surface -size of handle -material of handle -shape of handle • Trigger/switch arrangement | <ul style="list-style-type: none"> • Postures • Grip forces • Push forces • Workpiece's characteristics | <ul style="list-style-type: none"> • Height • Handedness • Strength • Skill • Susceptibility | <ul style="list-style-type: none"> • Air temperature • Noise • PPE |

을 이용하여 본 반복측정된 자료를 분석하였다.

본 연구에서 측정된 진단항목중에서 손톱압박검사와 통각검사 등은 검사자와 피검자의 주관적인 판단에 따라 그 정보가 수집되므로 다소간의 오류의 소지가 있다. 그럼에도 불구하고 다른 객관적 측정값들과의 상관분석, 평균치분석, 경시적 자료분석 등의 결과를 보면 그렇듯 주관적이고 조악한 방법이라도 실제 진동관련 건강영향의 경향을 판단하는데는 별다른 문제가 없는 것을 확인할 수 있었다.

또한, 진동과 관련된 제 검사, 특히 수지피부온도나 진동각, 통각 검사 등은 피부의 두께 등도 고려하여 평가하여야 하나, 그러하지 못한 점이 연구의 제한점 중에 하나이다.

일일 진동폭로수준은 총 진동작업기간과 더불어 진동장해의 가장 중요한 결정요인으로 알려져 있으나, 아쉽게도 본 연구에서는 우측 진동감각역치와 유의한 양의 양-반응관계만이 확인되었을 뿐, 다른 측정항목들(좌측 진동감각역치, 양측 수지피부온도, 양측 손톱압박검사결과)과는 연관성을 확인할 수 없었다(총 진동작업기간은 어떤 측정항목들과도 유의한 관련성이 없었다). 이렇게 편측 수지와 연관성이 관찰되는 이유는, 아마도 우측 수지가 진동작업에 의하여 보다 많이 손상을 입었기 때문인 것으로 생각된다. 어쨌든, 로그-로그로 변형한 우측 진동감각역치와의 β 값은 $0.0005 (\pm 0.0002)$ 로서 그 유의한 연관성을 볼 수 있었으며, 이로부터 본 연구에서도 역시 진동폭로수준이 진동장해(정확하게는, 진동감각역치상승)의 주요한 결정요인임을 다시 한번 추론할 수 있었다.

만약에, 본 연구에서 사용된 진동공구중 한 가지를 한 명의 작업자가 하루에 4시간씩 사용한다고 가정하고 (식 4)를 이용하면, 진동수준을 최소값 ($12.17m/sec^2$)으로 계산할 때 사용자중에서 10%가 수지혈관장해(창백지 등)를 보이는데 까지는 2.47년이, 50%가 이상을 보이는 데는 5.52년의 잠복기가 필요하고, 진동수준을 최고값($38.15m/sec^2$)으로 계산할 경우 10%는 0.79년이, 50%는 1.76년의 잠복기가 필요함을 추정할 수 있다. 실제로 본 연구에서 산출한 개인별 진동폭로수준(4시간 기준)은 평균이 $31.37m/sec^2 (\pm 14.86)$ 로서 10%의 수지혈관장해(창백지 등) 유병률을 보이는데 까지는 0.96년이, 50%의 유병률을 보이는 데는 2.14년의 잠복기가 필요한 것으로 계산될 수 있다(ISO, 1986).

$$C = \left[\frac{(a_w) \times T_f}{95} \right]^2 \times 100 \quad (\text{식 4})$$

C : the percentile of exposed persons expected to show vascular disorder

a_w : the frequency-weighted energy equivalent acceleration for the period of 4hr, in m/s^2

T_f : the exposure time before finger blanching in years

이를 실제 본 연구대상자들의 평균 진동작업기간인 11.96년(± 4.90)과 단순 대비해 본다면, 아마도 본 연구에 참여한 진동작업자들 거의 대다수에서 수지에 혈관장해(창백지 등)가 있어야 할 것으로 추정

할 수 있겠으나, 이는 개인별로 폭로수준의 정확한 정량적 평가와 진동폭로 저감을 위한 방진장갑 등 보호구 착용과 같은 여러 요인들의 영향을 충분히 고려하지 못한 추정치이므로, 이에 대한 보다 정확한 평가를 위해서, 실제 작업현장에서 사용되는 개인별 진동공구의 진동특성을 근로자 수지부위에서 직접 측정하고, 하루 중 개인별 진동작업 시간에 대한 정확한 평가를 수행하며, 방진장갑 등 개인별 유병상황에 영향을 줄 수 있는 요인들을 면밀히 고려하는 접근이 반드시 수행되어야 할 것으로 생각된다.

‘하루 중 진동작업시간’을 측정하는데는 두 가지 방법이 있는데, 첫째는 실제 진동공구를 직접 다루는 시간을 관찰하여 측정하는 방법이고, 둘째는 진동공구를 사용하는 근로자에게 하루 중 진동작업시간이 얼마나 되는지 물어보는 방법이다. 본 연구는 이 중에서 두 번째 방법을 사용하였으며, 대개 이런 경우는 전체작업시간 중에서 진동작업이 어느 정도의 분율을 차지하는가와 같은 방식으로 주관적인 응답을 유도하게 되므로 ‘하루 중 실제 진동폭로시간’에 비하여 근로자가 응답한 폭로시간이 일반적으로 과대하게 추정되는 오류를 범할 소지가 있다. 또한, 여러 개의 진동공구를 동시에 사용하는 경우에도 각각의 진동공구별로 응답한 ‘하루중 진동작업시간’보다는, 실제로는 다소 적은 시간동안만을 사용하고 있을 것으로 추정되기도 한다.

앞에서도 언급한 바와 같이, 각 진동공구의 특성을 실측하여 ‘주파수-가중 진동수준’을 계산하고, 이를 ‘일일 진동폭로량’ 추정 과정에 반영해야 하나, 직접적인 폭로평가가 사업장내에서 이루어지지 못하여 기존의 다른 연구(김선술과 백남원, 1996)를 통해 측정된 타 사업장의 일부 진동공구의 ‘진동수-가중 가속도’ 값을 본 연구대상자들의 진동공구 특성으로 원용하였기 때문에, 이 과정에서도 다소간의 오차가 발생할 수 있었을 것으로 생각된다. 그러나 향후 연구에서는 이렇듯 현장에서 사용하고 있는 진동공구별 특성(진동수, 가속도 등)에 대한 직접적인 평가를 포함하여, 다음과 같은 다양한 인체 공학적 요인들에 대한 심도 깊은 연구가 병행되어야 할 것이다(Table 15).

본 연구자가 사업장 방문(walk-through survey)을 통하여 확인한 바로는, 생산성 향상을 위하여 사업장 주도로 혹은 근로자들이 작업과정에서 불편하다

는 이유로, 진동공구의 안전장치등을 제거하는 일들이 흔히 있고, 이로 인해 처음에 공구를 디자인 하면서 의도했던 수준의 진동보다, 과도하게 진동위험 혹은 안전사고의 위험에 노출되고 있음을 확인할 수 있었는데, 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 작업형태에 맞는 진동공구의 공학적 개선과 작업과정에 대한 밀착된 안전보건관리, 방진장갑 등 개인 보호구의 개발 및 착용, 그리고 고위험군에 대한 적절한 일-휴식 패턴(work-rest pattern)적용과 같은 작업관리 시스템 도입이 병행되어야 할 것으로 생각한다.

본 연구에서 평가하고자 했던 건강진단항목들은, 문진에 의한 자각증상평가, 수지혈압검사, 악력검사, 수지피부온도검사, 손톱압박검사, 진동감각검사, 통증검사 등이다. 본 연구결과는 이들 중에서 다행히도 그 현실적 적용가능성이 매우 높은 ‘문진에 의한 자각증상평가’와 ‘손톱압박검사’, 그리고 ‘진동감각검사’가 유용함을 확인하고 있다(또한, 이러한 결과들은 냉각부하검사 전·후에서 별다른 차이를 보이지 않고 있으므로, 아마도 냉각부하라는 어려운 과정도 향후 건강진단과정에 포함시키지 않아도 좋을 것으로 생각된다). 만약에 이 중에서 보다 객관적이고 정확한 장해평가를 위하여 자원을 투입한다면 진동감각검사를 위한 보다 정밀한 측정기구의 도입 등이 먼저 추진되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 진동장해와 관련하여 특수건강진단 정밀검사(2차 건강진단)항목으로 선정된 것들 중에서 실제로 어떤 항목들이 실행가능하고 현재의 장해상태를 잘 평가하는지를 밝혀내고자 수행되었다.

1. 먼저 진동장해와 관련이 있을 것으로 생각되는 주요한 변수인 연령과 흡연력을 비교하였는데, 진동작업군(n=46)과 비교군(n=15)군간에는 유의한 차이가 없었다.

2. 증상 분류표를 이용하여 수지에 이상증상이 있는 것으로 확인된 사람은 진동작업군 46명중 31명(67.39%)으로서, 증상이 나타나기 시작한 시점은 작업개시후 평균 9.13년인 것으로 분석되었다.

3. 혈관계와 감각신경계 자각증상 모두에서 진동작업군이 비교군에 비하여 증상 유병률이 유의하게 높았으며, 감각신경계 증상 유병률만 보았을 때, 우

측손이 좌측손보다 1.56배 높게 나타났다.

4. 건강진단항목간의 상관분석을 시행한 결과, '자각증상들' 간에 유의한 상관성 ($r = 0.41 \sim 0.70$) 이 확인되었고, '손톱압박검사나 진동감각검사결과' 와 '자각증상들이나 수지피부온도검사결과' 간에 유의한 상관성이 또한 확인되었으며, '이 손톱압박검사와 진동감각검사결과 자신들' 간에도 유의한 상관성이 확인되었다.

5. 반복측정된 자료로는 수지피부온도검사, 손톱압박검사, 진동감각검사결과들이 있으며, 이들은 기저자료를 포함해서 4회에 걸쳐 측정된 값으로 구성되었다. 기저 자료내에서의 분석과 경시적 자료 분석결과 모두에서, 수지피부온도검사에서는 어떠한 유의한 차이도 확인되지 않았으나, 손톱압박검사와 진동감각검사에서는 진동작업군과 비교군간에 유의한 차이가 확인되었다.

6. 일일 진동폭로수준이 우측 진동감각역치와 유의한 양의 양-반응관계를 보여주었다. 로그-로그로 변형한 우측 진동감각역치와의 β 값은 $0.0005(\pm 0.0002)$ 이었으며, 이 결과로부터 진동폭로수준은 역시 진동장해(정확하게는, 진동감각역치상승)의 주요한 결정요인임을 다시 한번 확인할 수 있었다.

결론적으로, '문진에 의한 자각증상평가'와 '손톱압박검사', 그리고 '진동감각검사'가 진동작업으로 인한 건강장해를 평가하는데 유용한 항목임을 확인하였다. 또한, 냉각부하검사는 검사 전·후간의 검사 결과들에 의미 있는 차이가 없는 것으로 보아 건강진단과정에 포함시키지 않아도 좋을 것으로 판단된다. 또한, 진동폭로수준은 진동장해의 주요한 결정요인임을 본 연구결과를 통해서 정량적으로 확인하였다.

감사의 글

본 연구 진행에 물심양면으로 도움을 주신 옥포대우병원 산업의학연구소의 박형식 팀장님과 직원 여러분, 단국의대 산부인과의 고정심 선생님, 영국 Heath and Safety Laboratory의 Dr. Paul Pitts, 삼성전자의 김선술 선생님, 그리고 대우조선 노동조합에 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

* 진동장해 체크리스트와 진단 프로토콜이 필요하신 분은 저자에게 요청하십시오.

인용문헌

김선술, 백남원. 자동차 조립공정에서 공기압력식 진동공구의 국소진동평가. 한국산업위생학회지 1996;6(1):1-16.

노재훈. 일부지역 탄광 착암 근로자의 진동증후군 유병률. 예방의학회지 1981;14(1):75-80.

노재훈, 문영한, 신동천, 차봉석, 조수남. 진동공구 사용 근로자의 피부온도 변화. 예방의학회지 1988;21(2):357-364.

대한산업보건협회. 최종연구보고서, -진동-. 1993.

이종영, 박완섭, 김영한, 김두희. 진동감지역치 측정을 위한 골전도진동기의 주파수선정. 대한산업의학회지 1994;6(1):17-25.

이종영, 신동훈, 이승훈, 이무식, 서석권, 김창윤. 청력계의 골도진동기를 이용한 진동감각역치 측정. 대한산업의학회지 1993;5(2):244-249.

CDC. Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hand-arm vibration. Cincinnati, Ohio: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, DHHS publication. (NIOSH), 1989;89-106.

Futatsuka M, Ueno T. A follow-up study of vibration-induced white finger due to chain-saw operation. Scandinavian J Work Environ Health 1986;12:304-306

Gemne G, Pyykkö I, Taylor W, Pelmeur PL. The Stockholm Workshop Scale for the Classification of Cold-Induced Raynaud's Phenomenon in the Hand-Arm Vibration Syndrome (revision of the Taylor-Pelmeur Scale). Scand J Work Environ Health 1987;13:275-283

Hamilton A. A study of spastic anemia in the hand of stonecutters. Bull. No. 236, U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 1918.

International Organization for Standardization. Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand transmitted vibration (ISO/DIS 5349). Switzerland: International Organization for Standardization, 1986.

Loriga G. Il lavoro con i martelli pneumatici. Boll Inspett Lav 1911;2:35.

Pyykkö I. Clinical aspects of the hand-arm vibration syndrome. A review. Scandinavian J Work Environ Health 1986;12:439-447

Tichauer ER. Ergonomics ; The state of the art. Am Ind Hyg Ass J 1967;28(4):51-59