

작업장 누적소음 노출과 혈압과의 관련성

서울대학교 의과대학 예방의학교실 및 의학연구원 환경의학연구소,
한국보건사회연구원 보건의료연구소¹⁾, 거제병원 산업의학연구소²⁾

이상윤 · 김재용¹⁾ · 임형준 · 윤기정 · 최홍렬²⁾ · 고상백²⁾ · 강대희 · 조수현

— Abstract —

The Association of Workplace Cumulative Noise Exposure and Blood Pressure

Sang-Yun Lee, Jai-Young Kim¹⁾, Hyoungjune Im, Kijung Yoon, Hongryul Choi²⁾, Sangbaek Koh²⁾, Daehee Kang, Soo-Hun Cho

Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine, Institute of Environmental Medicine, Seoul National University Medical Research Center, Department of Health Research, Korea Institute for Health and Social Affairs¹⁾, Institute of Occupational Medicine, Koje Hospital²⁾

Objectives : The association of workplace cumulative noise exposure and blood pressure was investigated in this study using cross-sectional design.

Methods : The study population comprised 852 manufacturing male workers of whom occupational health examination data, questionnaire and personnel records were available. Workplace ambient noise monitoring data was used for calculating individual cumulative noise exposure level. Mean of each systolic and diastolic blood pressure of occupational health examination data was used for individual systolic and diastolic blood pressure level. Possible confounding variables including family history of hypertension, smoking habit, alcohol drinking habit were collected by questionnaire. On the basis of job location and duration of work at the location, a cumulative time-weighted average noise level was calculated for each workers. According to this cumulative noise exposure level, each study subject was categorized as low noise exposure group, moderate noise exposure group, high noise exposure group, very high noise exposure group. Among noise exposure groups, mean of systolic and diastolic blood pressure was compared after adjusting possible confounding variables such as age, body mass index, serum cholesterol level, family history of hypertension, smoking history, alcohol drinking habit.

Results : After adjusting possible confounding variables, noise exposure group was significant explanatory variables for both systolic and diastolic blood pressure, and mean of both systolic and diastolic blood pressure of very high exposure group was higher than that of low exposure group.

Conclusions : These findings suggested that the high cumulative noise exposure might elevate the blood pressure.

Key Words : Cumulative noise exposure, Blood pressure, Cross-sectional study.

〈접수일 : 2001년 3월 25일, 채택일 : 2001년 6월 1일〉

교신저자 : 이 상 윤(Tel : 02-740-8339) E-mail : ilich@snu.ac.kr

서 론

소음은 일찍이 WHO에 의하여 고혈압을 일으킬 수 있는 위험인자로 알려졌음에도 불구하고, 고혈압과 직업성 소음 노출과의 관계에 대해서는 아직까지 확정적인 결론이 나있지 못한 상태이다(Fogari et al., 1994). 그간 작업장 소음과 혈압과의 관련에 대해 적지 않은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 확정적인 결론을 내리지 못하고 있는 이유는 이전의 연구들이 방법론적으로 몇 가지 한계들을 가지고 있기 때문이다. 첫째, 대부분의 연구들이 단면 연구의 형태로 이루어졌고, 둘째, 작업장 소음과 혈압과의 관련성을 파악하는데 필수적인 교란요인들에 대한 고려가 부족한 경우가 있으며, 셋째, 노출 평가가 정량적인 형태로 이루어지지 못한 점 등이다(김춘배 등, 2000).

1990년대 들어 이루어진 연구에서는 교란요인에 대한 보정이 어느 정도 이루어지고 있으나, 노출평가 부분은 여전히 난제로 남아 있다. 소음 노출을 현재 직무의 노출 수준에 따라 고소음노출군과 저소음노출군의 이분변수로 나누어 분석한 경우가 대부분이고(Talbott et al., 1985; Wu et al., 1987; Lang et al., 1992; Fogari et al., 1994; 차봉석 등, 1997), 최근에도 과거로부터 현재까지 작업장의 소음 노출 수준이 그리 변하지 않았다는 가정 하에 현재의 직무에 따른 소음 노출을 측정하여 이를 정량적으로 반영하는 추세이다(Talbott et al., 1999). 그러나 이분변수로 분석한 경우에는 소음과 혈압과의 양반응 관계를 평가하기 힘들다는 단점이 있고, 현재의 노출 수준으로 누적노출 수준을 평가한 경우에는 과거의 직무 변동에 의한 노출 수준을 반영하지 못한다는 단점이 있다. 이에 몇몇 연구들(김종화 등, 1987; Talbott et al., 1990; 하명화와 김두희, 1991; Hirai et al., 1991; Sokas et al., 1995; 김복연 등 1996)에서는 과거의 노출 수준을 반영할 수 있는 지표로서 청력 역치 수준의 상승을 이용하기도 하였는데 이 또한 많은 문제점을 내포하고 있다. 첫째, 청력 역치의 상승은 과거의 소음노출 수준을 반영하는데 있어 민감도가 떨어지고, 둘째, 소음에 의한 청력 역치의 상승과 다른 원인에 의한 상승을 구별하기 힘들어 특이도가 떨어지고, 셋째 높은 혈압 자체가 청력 역치의 상승을 가져올 가능성이 있으며, 넷째 청력 역

치의 상승은 역설적으로 이후에 소음에의 노출을 감소시킬 수 있다는 점 등이다(Kristensen, 1989).

이러한 문제점을 해결하기 위해 Talbott 등(1999)은 근로자들의 작업부서 전환을 고려한 누적소음노출지표를 개발하여 개개인의 누적소음노출과 혈압과의 양반응 관계를 고찰하였다. 이에 본 연구에서는 이들이 개발한 누적소음노출지표를 이용, 상대적으로 정확한 노출 평가에 근거하여 가능한 교란변수들을 통제할 가운데 누적소음 노출과 혈압과의 관련성을 살펴보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

일개 금속산업 제조업체에 근무하는 남성 근로자 중 1997년 및 1998년 건강진단 자료, 회사 인사기록 자료, 그리고 설문자료가 모두 갖추어진 852명을 분석 대상으로 하였다.

2. 연구자료 및 방법

1) 건강진단 자료

1997년에 수행된 건강진단 자료를 통하여 수축기 혈압, 이완기 혈압, 키, 몸무게, 혈중 콜레스테롤값, 1000 Hz 및 4000 Hz 영역의 순음 청력 손실에 대한 정보를 얻었다. 한편 같은 작업장 근로자들을 대상으로 1998년에 실시된 건강진단 자료를 통하여 수축기 혈압 및 이완기 혈압에 대한 정보를 얻었다. 그리하여 각 근로자의 수축기 혈압은 1997년과 1998년 2년간의 수축기 혈압의 평균을 이용하였고, 이완기 혈압 역시 1997년과 1998년 2년간의 이완기 혈압의 평균을 이용하였다.

2) 설문 조사

1998년 8월 19일부터 30일까지 해당 제조업체 근로자 중 무작위로 추출된 22개 부서 근로자들을 대상으로 자기기입식 설문지를 이용하여 흡연 여부 및 흡연량, 알코올 섭취량, 고혈압의 가족력 및 과거력 여부, 소음 보호구 착용 여부, 고혈압 치료 여부, 소음에 노출될 기회가 있는 취미 소유 여부, 인구학적 변수에 대하여 설문 조사를 시행하였다.

Table 1. General characteristics of the study subjects

Characteristics	No.	(%)
Age group in year		
20-29	223	(26.2)
30-39	279	(32.7)
40-49	295	(34.6)
50-59	55	(6.5)
Smoking habit		
ever	664	(78.5)
never	182	(21.5)
Smoking amount of smokers(pack · year)*		
1-10	276	(41.8)
11-20	259	(39.2)
21-30	98	(14.8)
31-	28	(4.2)
Alcohol drinking(frequency)†		
seldom	119	(14.1)
1-2/month	277	(32.7)
1-2/week	366	(43.2)
3-4/week	67	(7.9)
daily	18	(2.1)
Cholesterol(mg/dl)		
≤ 240	763	(89.5)
> 240	89	(10.5)
Body mass index		
≤ 25	709	(83.2)
> 25	143	(16.8)
Family history of hypertension‡		
yes	125	(14.9)
no	712	(85.1)

*: Number of missing data=6, †: Number of missing data=5,

‡: Number of missing data=15

3) 작업환경 측정 자료

해당 제조업체를 대상으로 1997년에 시행한 작업환경 측정 상의 소음 측정 자료를 이용하였다.

4) 시간가중누적소음노출값의 추정

Talbott 등(1999)이 제안한 방법에 따라 시간가중평균소음노출값(이하 평균소음노출값: Leq)과 시간가중누적소음노출값(이하 누적소음노출값: EXPc)을 구하고 이를 개개인의 누적소음 노출 지표로 이용하였다.

(1) 평균소음노출값의 추정

평균소음노출값은 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 사용하는 시간가중평균값(Time-weighted average; TWA)과 비슷한 개념으로 대수적으로 가중치를 부여한 평균값이다. 따라서 작업장의 인사기록을 통하여 입사 때부터 현재까지 연구대상자의 근무 부서와 각각의 근무 부서에서 근무한 기간에 대한 정보를 바탕으로 다음과 같은 수식에 의해 평균소음노출값을 구하였다. 이때 이 작업장의 소음 수준은 과거에 비해 그리 개선되지 않았다는 전제 아래, 1997년에 수행한 소음 측정 자료에 의한 소음

Table 2. Means of blood pressure among noise exposure groups

	Low exposure (N=225)	Moderate exposure (N=214)	High exposure (N=225)	Very high exposure (N=160)	p-value
SBP(mmHg)	123.8±8.7 [†]	124.2±11.5 [†]	122.9±10.6 [†]	126.1±11.2	0.06
DBP(mmHg)	78.5±7.0	81.2± 7.8 [†]	79.3± 7.4 [†]	81.4± 7.4	0.0001*

*: Statistically significant by ANOVA test.

†: Means are not significantly different by Tukey's studentized range test.

수준을 그대로 과거의 소음 수준으로 대응하여 평균 소음노출값(Leq)을 구하였다.

$$Leq = 16.61 \times \log_{10} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Ti \times 10^{Li/16.61})}{T} \right] \text{ dBA}$$

Leq = 시간가중평균소음노출값(dBA)

Ti = 특정 소음노출 근무 부서에서의 근무시간(년)

T = 소음노출 근무 부서에서의 총 근무기간(Σ, 년)

Li = 특정 근무부서의 소음 수준(dBA)

평균소음노출값은 특정 근로자가 근무한 근무 부서의 소음 수준과 근무기간을 함께 고려하여 연간 평균값을 구한 것으로, 현재까지의 근무기간 동안 연간 노출된 소음의 평균 수준을 반영한다.

(2) 누적소음노출값의 추정

위의 평균소음노출값과 각 근로자의 근무기간을 이용하여 근무기간에 가중치를 둔 누적소음노출값을 다음과 같은 식에 의하여 구하였다(Talbott et al., 1999).

$$EXPc = Leq + 16.61 \times \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ dBA}$$

T₀ = 1 년

여기서 상수인 16.61은 교환율(exchange rate)을 Log₁₀ 2로 나누어준 값으로서 이는 이 식에서 교환율을 5 dBA로 책정하였다는 것을 의미한다.

5) 소음노출군의 분류

근로자의 평균소음노출값과 근무기간을 고려하여 추정한 누적소음노출값의 분포 상 사분위수에 따라 전체 연구대상군을 저소음노출군(EXPc ≤ 102 dBA), 중등도소음노출군(102 dBA < EXPc ≤ 107 dBA), 고소음노출군(107 dBA < EXPc ≤ 110 dBA), 과다소음노출군(EXPc > 110 dBA)으로 구분하였다.

6) 분석

전체 연구대상군에서 현재 항고혈압 제재를 복용하고 있거나 과거에 복용한 경험이 있는 이들을 제외한 상태에서 네 소음노출군 사이의 수축기 및 이완기 혈압 분포의 차이를 분산분석을 이용하여 검정하였다. 또한 비만도지수, 혈중 콜레스테롤값, 고혈압의 가족력, 음주력 등 가능한 교란변수의 영향을 통제하고 난 이후에도 소음노출군에 따라 수축기 및 이완기 혈압의 분포에 유의한 차이가 있는지를 SAS 6.12 상의 GLM 모델을 이용하여 분석하였다.

결 과

전체 연구대상 집단 852명의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 연령군별 구조를 보면 30대, 40대가 전체의 3분의 2 정도를 차지했다. 전체의 78.5 % (664명)가 흡연자였으며, 흡연자의 흡연량은 10갑·년 이하인 경우가 41.8 % (276명)로 제일 많았다. 술은 일주일에 1-2번 마신다는 사람들이 43.2 %이었다. 혈중 콜레스테롤값이 240mg/dl를 초과하는 사람들은 10.5 %이었고, 비만도지수가 25를 초과하는 사람들은 16.8 %이었다. 고혈압의 가족력이 있는 사람들은 14.9 %이었다.

전체 연구대상군 중 현재 항고혈압 제재를 복용하고 있거나 과거에 복용한 경험이 있는 이들을 제외한 상태에서, 누적소음노출값이 다른 네 군에서 수축기 혈압과 이완기 혈압 분포에 유의한 차이가 있는지를 분산분석을 이용하여 검정한 결과, 수축기 혈압은 경계영역의 유의성(p=0.06)을 가진 차이를 보였고, 이완기 혈압은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p=0.0001). 한편 이에 대하여 다중 비교를 수행하였을 때, 수축기 혈압은 저소음노출군, 중등도소음노출군, 고소음노출

Table 3. Distribution of several characteristics among noise exposure groups

Characteristics	Low exposure		Moderate exposure		High exposure		Very high exposure		p-value
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	
Age group in year									
20-29	184	(81.8)	26	(12.2)	7	(3.1)	3	(1.9)	0.001*
30-39	25	(11.1)	84	(39.3)	94	(41.8)	67	(41.9)	
40-49	14	(6.2)	86	(40.2)	108	(48.0)	78	(48.8)	
50-59	2	(0.9)	18	(8.4)	16	(7.1)	12	(7.5)	
Smoking amount(pack · year)									
Nonsmoker	43	(19.1)	61	(28.5)	42	(18.7)	35	(21.9)	0.001*
1-10	143	(63.6)	47	(22.0)	54	(24.0)	26	(16.3)	
11-20	43	(14.2)	63	(29.4)	85	(37.8)	74	(46.3)	
21-30	6	(2.7)	34	(15.9)	31	(13.8)	21	(13.1)	
31-	1	(0.4)	9	(4.2)	13	(5.8)	4	(2.5)	
Alcohol drinking(frequency)									
seldom	20	(9.0)	33	(15.5)	38	(17.0)	27	(17.0)	0.009*
1-2/month	94	(42.2)	70	(32.9)	64	(28.6)	42	(26.4)	
1-2/week	89	(39.9)	85	(39.9)	102	(45.5)	74	(46.5)	
3-4/week	20	(30.8)	19	(8.9)	16	(7.1)	10	(6.3)	
daily	0	(0)	6	(2.8)	4	(1.8)	6	(3.8)	
Cholesterol(mg/dl)									
≤ 240	210	(93.3)	183	(85.5)	202	(89.8)	144	(90.0)	0.06
> 240	15	(6.7)	31	(14.5)	23	(10.2)	16	(10.0)	
Body mass index									
≤ 25	196	(87.1)	170	(79.4)	190	(84.4)	131	(81.9)	0.16
> 25	29	(12.9)	44	(20.6)	35	(15.6)	29	(18.1)	
Family history of hypertension									
yes	40	(18.0)	33	(15.8)	25	(11.7)	14	(8.8)	0.04*
no	182	(82.0)	176	(84.2)	197	(88.7)	145	(91.2)	

* : Statistically significant by χ^2 test

군의 평균은 서로 차이가 없었으나 이들의 평균과 과다소음노출군의 평균은 유의하게 차이가 있었고, 이완기 혈압은 중등도소음노출군과 고소음노출군의 평균은 서로 차이가 없었고, 이들과 저소음노출군, 과다소음노출군의 평균과는 유의한 차이가 있었다(by Tukey's studentized range test, Table 2).

한편, 각 소음노출군별로 노출 수준과 혈압에 영향을 끼칠 수 있는 여러 변수들의 분포를 비교해 본 결과, 나이, 흡연량, 음주습관의 분포가 네 개의 소음노출군에서 유의한 차이가 있었다(p<0.01, Table 3). 그밖에 고혈압의 가족력 유무가 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p=0.04), 혈중 콜레스테롤값은 경계 영역의 유의한 차이를 보였으나(p=0.06), 비만도지수

에 따른 과체중 여부는 각 군별로 차이가 없었다(p=0.16, Table 3).

각 소음노출군 사이에 분포의 차이가 있는 음주 빈도, 고콜레스테롤혈증 여부, 고혈압의 가족력 유무 등과 생물학적으로 혈압과 관련이 있다고 알려진 과체중 여부 등을 보정한 상태에서도 각 소음노출군간에 혈압 분포의 유의한 차이가 있는지를 검정하기 위하여 위의 변수들로 일반 선형 모델을 구축하였다. 분석 결과, 수축기 혈압의 유의한 설명변수로는 과체중 여부, 고혈압의 가족력 여부, 음주 빈도, 소음노출군 등이 선정되었고, 전체 모델의 설명력은 8.4 %이었다. 이완기 혈압의 경우는 과체중 여부, 고혈압의 가족력 여부, 소음노출군 등이 공통적으로 의미 있는 설명변

Table 4. Parameter estimates of several variables in general linear model

Variables	Systolic			Diastolic		
	β	S.E	P	β	S.E	P
Body mass index(BMI)						
≤ 25	reference	-	-	reference	-	-
> 25	6.0	0.96	0.0001*	4.2	0.82	0.0001*
Cholesterol(mg/dl)						
≤ 240	reference	-	-	reference	-	-
> 240	0.83	1.2	0.47	0.65	0.82	0.43
Family history of hypertension						
no	reference	-	-	reference	-	-
yes	3.0	1.0	0.004*	2.2	0.73	0.003*
Alcohol drinking(frequency)						
seldom	reference	-	-	reference	-	-
1-2/month	0.17	1.1	0.88	0.14	0.79	0.86
1-2/week	2.2	1.1	0.04*	1.2	0.76	0.12
3-4/week	2.4	1.6	0.11	1.9	1.1	0.08
daily	0.48	2.7	0.86	2.3	1.9	0.22
Cumulative noise exposure group						
low	reference	-	-	reference	-	-
moderate	0.018	0.97	0.99	2.3	0.69	0.007*
high	-1.1	0.95	0.26	0.70	0.68	0.30
very high	2.1	1.1	0.045*	2.7	0.75	0.003*

Notes: For systolic blood pressure, $R^2=0.084$ and $p=0.0001$; for diastolic blood pressure, $R^2=0.096$ and $p=0.0001$ in general linear model.

β : parameter estimate, S.E: standard error, *: Statistically significant by t-test($p(0.05)$).

수로 선정되었고, 전체 모델의 설명력은 9.6 %이었다(Table 4).

한편, 모델 내에서 다른 유의한 변수들을 보정한 상태에서 각 소음노출군의 변화에 따른 평균 혈압의 변화에 어떠한 경향이 있는지를 평가하기 위하여 각 소음노출군별로 계수 추정값을 계산한 결과(Table 4), 수축기 혈압의 경우 여러 교란변수들을 보정한 이후에도 저소음노출군에 비해 과다소음노출군의 평균 혈압이 2.1 mmHg 상승한 것으로 분석되었고, 이는 통계적으로 유의하였다($\beta=2.1, p=0.045$). 이완기 혈압의 경우 역시 저소음노출군에 비해 과다소음노출군의 평균 혈압이 2.7 mmHg 상승하였고, 이는 통계적으로 유의하였다($\beta=2.7, p=0.003$).

고 찰

소음에 의하여 혈압이 높아지는 생리적 기전은 아

직 명확하게 밝혀져 있지 않다. 일반적으로 소음에 급성 노출되면 교감신경이 자극되어 말초 혈관의 저항을 높임으로 말미암아 혈압을 상승시키는 것으로 알려져 있다. 동물 실험에 의하면, 소음에 반복적으로 노출되면 말초 혈관의 구조적 변화를 촉진시켜 고혈압 수준으로까지 영구적으로 혈압이 높아지는 것으로 알려져 있는데, 사람의 경우에도 그러할 가능성이 있는 것으로 생각되고 있다(Fogari et al., 1994).

본 연구 결과에 의하면 여러 가능한 교란변수들을 통제한 이후에도 저소음노출군에 비해 과다소음노출군의 경우 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 통계적으로 유의하게 높았다. 그런데 이완기 혈압의 경우 저소음노출군에 비해 중등도소음노출군의 혈압이 통계적으로 유의하게 높았지만 고소음노출군의 경우는 통계적으로 의미가 없었고, 수축기 혈압의 경우 중등도소음노출군과 고소음노출군 둘 다 통계적으로 유의한 혈압 상승이 관찰되지 않았다. 이는 소음에 의한 혈

압의 변화에 역치가 있을 가능성을 시사하고 있는데, 이러한 역치가 수축기 혈압과 이완기 혈압이 다를 가능성을 시사하고 있다. 즉 이완기 혈압은 보다 적은 누적소음에의 노출에도 변화할 가능성이 있음을 보여준다고 하겠다. Talbott 등(1999)의 연구에서도 이러한 역치가 있을 가능성을 시사한 바 있다. 한편 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 고소음노출군에서는 유의한 변화를 보이지 않았는데, 이는 고소음노출군에 포함되어 있는 근로자들이 중등도소음노출군에 비해 근무기간은 적으나 소음노출값은 큰 이들로 구성되어 누적소음노출값이 높게 계산된 집단임을 고려할 때, 누적소음노출값이 크더라도 소음 노출 기간이 적으면 이는 혈압에 영향을 끼치지 않는 것으로 생각될 수 있다. 이는 Lang 등(1992)의 연구 결과와 일치하는 소견이다.

그러나 이러한 결과의 해석에 있어 몇 가지 주의할 점이 있다. 먼저 개인별 소음노출값을 추정하는 것과 관련된 문제이다. 본 연구에서는 Talbott 등(1999)이 사용한 누적소음노출값을 이용하되, 소음 측정 부서의 수를 늘리고, 부서 이동에 대한 정보는 회사의 인사기록을 통해 얻음으로써 보다 자세하고 보다 정확한 노출 평가를 실시하였다. 실제 분석 과정에서 324 곳에서의 작업환경 측정 값 중 동일한 작업반에 대해 측정한 값 및 본 연구의 대상 근로자가 속해 있지 않은 근무 부서에 대한 측정값 등을 제외한 총 245개 근무 부서의 작업환경 측정값이 분석에 사용되었다.

그러나 본 연구에서 사용한 누적소음노출값이 상대적으로 정확하고 타당한 노출 평가를 가능하도록 하여줌에도 불구하고, 이 역시 과거의 부서별 소음 수준을 현재의 부서별 소음 수준으로 대체하여 계산, 평가한다는 문제점이 있다. 대부분의 부서가 과거의 소음 수준이 현재의 소음 수준보다 더 높았을 것으로 예상할 수 있기에 본 연구에 의해 산출된 누적소음노출값은 실제의 노출보다 과소평가되었을 여지가 있다. 그렇지만, 그러한 과소평가가 모든 대상군에게 비선택적으로 일어난다면 이는 혈압과의 관계를 평가하는데 특별히 비뚤린 결과를 낳지는 않는다. 그런데, 근무기간이 오래될수록, 과거의 부서 소음수준이 더 높을수록, 결과적으로 현재의 노출 수준으로 계산한 누적소음노출값이 높은 군일수록, 실제의 누적노출보다 누적소음노출값이 과소평가될 가능성이 많게 되어 혈압과 누적소음노출값과의 관련성을 분석할 때 그 관련

도가 낮아지는 방향으로 비뚤린 결과를 초래할 수 있다. 또한 혈압은 나이와 깊은 관련을 갖고, 나이는 근무년수와 또한 깊은 관련을 갖기에 혈압이 높은 이들에 상대적으로 근무기간이 더 긴 근로자들이 포함되게 되어 혈압이 높은 근로자들의 누적소음노출값이 실제보다 과소평가됨으로써 소음과 고혈압 유병과의 관련성을 희석시키는 방향으로 비뚤림이 작용하였을 가능성이 있다. 실제로 본 연구대상에서 근무기간이 5년 이하인 군과 5년 이상인 군으로 나누어 각각의 군에서 누적소음노출군에 따른 혈압의 차이를 평가해보았을 때, 근무 기간이 5년 이상인 군에서는 관련성이 희석되었다. 그러나 이와 같이 과거의 소음 수준을 현재의 소음 수준으로 평가함으로써 발생할 수 있는 비뚤림의 여지는 모두 누적소음노출값과 혈압과의 관련성을 낮추는 방향으로 작용됨에도 불구하고, 본 연구에서 누적소음노출값과 고혈압 유병과의 관련성이 유의하게 관찰된 것은 실제로는 보다 더 큰 관련성이 있을 가능성을 시사한다.

그러나 소음노출값을 작업 환경 측정 자료로 이용한 것에 의한 문제도 있을 수 있다. 일반적으로 작업 환경 측정에 의한 노출의 평균은 실제 노출의 평균보다 높게 평가되는 경향이 있다. 이러한 경향이 모든 노출군에 일정한 비율로 작용한다면 결과의 해석에 영향을 주지 않겠지만, 그러한 것을 밝혀내기란 쉽지 않다(Checkoway et al., 1989). 또한 본 연구에서는 소음노출값을 각각 저소음노출군, 중등도소음노출군, 고소음노출군, 과다소음노출군으로 범주화하여 노출 평가를 시행하였는데, 연속변수를 범주화함으로써 발생할 수 있는 문제가 생길 수 있다(Stewart & Herrick, 1991).

소음과 혈압과의 관련을 연구함에 있어 또 하나 문제가 되는 것은 혈압 측정의 오류와 관련된 것이다. 혈압은 측정 상의 오차가 상대적으로 큰 편이기에 고혈압 진단의 경우, 측정 전에 충분한 휴식을 가진 후 5분 간격으로 두 번 측정하여 그 평균 혈압값을 사용할 것을 권장하고 있으며, 또한 충분한 시간을 두고 연속적으로 두 번 이상 측정한 혈압이 일정 기준 이상을 넘을 경우, 이를 고혈압으로 진단할 것을 권유하고 있다(Isselbacher et al., 1994). 또한 작업장의 소음과의 관련성을 연구하는 경우, 소음에의 급성 노출에 의한 혈압 상승을 배제하기 위하여 근무 후 충분한 휴식기간을 가진 뒤 다시 작업장에서 근무하기 전 혈

압을 측정함이 바람직하다. 본 연구에서의 혈압값은 일회 측정하여 기록한 측정값이기에 측정오차의 개입 가능성이 적지 않다고 할 수 있다. 본 연구에서는 그러한 측정오차로 인한 영향을 극복하기 위하여 두 시기에 측정한 혈압의 평균값을 이용하였다. 일반적으로 측정오차는 비선형적으로 발생하기에 측정오차가 클수록 소음과 혈압간의 관계가 희석되는 방향으로 연구 결과가 비뚤릴 수 있다.

또한 일반적으로 혈압 측정값을 기록할 때 5 mmHg 단위로 기록하는 경향이 많기에 측정오차와 더불어 측정값의 정밀도가 문제될 수 있다. 소음 노출에 의한 혈압의 변화는 통상 평균 5 mmHg 내외의 작은 차이일 것이 예상되므로(Green et al., 1991), 소음노출로 인한 혈압 상승의 효과가 측정오차 범위에 포함되어버리는 결과를 낳게되어 실제로는 존재하는 관련성을 발견하지 못할 수도 있다. 본 연구에서는 연구 대상수를 늘림으로써 통계적 가설 검정력을 향상시켜 그러한 문제점을 해결하려 하였으나, 측정오차 및 정밀도의 문제로 말미암아 누적소음노출값과 혈압과의 관련성이 희석되는 방향으로 연구의 결과가 비뚤렸을 가능성에 대해 배제할 수는 없다. 누적소음노출값으로 구분한 소음노출군별 평균 혈압값의 비교에서 과다소음노출군의 경우는 교란변수의 영향을 통제 한 후에도 수축기 혈압 및 이완기 혈압의 평균이 저소음노출군의 경우보다 모두 의미 있게 높았으나 다른 소음노출군에서는 그러한 경향이 관찰되지 않았다. 이는 역치 효과일 수도 있겠으나, 실제로 과다소음노출군의 혈압만이 증가한 것이라기보다는 앞서 언급한 혈압 측정 상의 오차로 말미암아 누적소음노출 수준의 상대적으로 적은 변화량에 따른 혈압의 미세 변화를 발견하지 못했을 가능성도 있다.

본 연구는 가능한 교란변수들을 최대한 통제한 상태에서 소음 노출을 과거의 노출까지를 고려하여 반정량적으로 평가한 상태에서 혈압과의 관련성을 본 것으로 이전 연구의 한계를 일정 정도 극복하기는 하였으나, 다른 연구와 마찬가지로 단면 연구로서의 한계를 가지고 있다. 그러므로 만성 소음 노출과 혈압과의 관계를 보다 확실히 규명하기 위해서는 소음 노출 평가의 정확한 정량화, 혈압 측정값의 정확성 증대 등과 더불어 분석적 연구 방법이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

목 적 : 작업장에서의 누적소음노출값과 혈압의 변화 사이의 관계를 관찰하기 위한 단면 연구를 시행하였다.

방 법 : 소음발생 제조업체의 남성근로자 중 건강진단 자료, 설문지 자료, 인사기록이 모두 갖추어진 852명을 연구대상으로 하였다. 작업장 소음측정값은 324개 지점에서 측정된 작업환경 측정 보고서 값을 사용하였고, 혈압은 건강진단시 측정한 수축기 혈압과 이완기 혈압 각각의 평균을 이용하였다. 가능한 교란변수들을 건강진단시 설문조사를 통하여 조사하였다. 근로자의 근무기간과 근무했던 작업부서의 소음노출값을 이용하여 누적소음노출값을 추정하였고, 이에 따라 전체 연구대상 근로자를 저소음노출군, 중등도소음노출군, 고소음노출군, 과다소음노출군으로 구분하였다. 누적소음노출값으로 구분한 소음노출군 사이에 평균 수축기 혈압 및 이완기 혈압의 차이가 있는지를 나이, 비만도지수, 혈중 콜레스테롤값, 고혈압의 가족력, 흡연력, 음주력 등의 가능한 교란변수들의 영향을 통제한 상태에서 비교하였다.

결 과 : 가능한 교란변수들을 보정한 상태에서 저소음노출군에서 과다소음노출군으로 갈수록 수축기 혈압 및 이완기 혈압의 증가가 있는지를 관찰하기 위해 일반선형모델을 이용하여 분석하였을 때, 수축기 혈압 및 이완기 혈압 모두 소음노출군이 혈압 변화의 유의한 설명변수였고, 수축기 혈압 및 이완기 혈압 모두 저소음노출군에 비해 과다소음노출군이 각각 2.1 mmHg, 2.7 mmHg 만큼 높았다.

결 론 : 이는 만성적으로 누적된 고소음에의 노출로 인하여 혈압 상승의 가능성이 있음을 시사한다.

참고문헌

- 김복연, 김천태, 이중정, 박홍진, 김창윤, 강복수. 만성적 소음폭로가 근로자의 혈압에 미치는 영향. 대한산업의학회지 1996;8(1):43-58.
- 김종화, 이충렬. 소음성 청력손실이 혈압에 미치는 영향에 관한 조사 연구. 예방의학회지 1987;20(2):205-213.
- 김춘배, 고상백, 김재용, 차봉석, 최홍렬 등. 만성적 소음노출과 혈압의 상관성에 관한 메타분석. 예방의학회지 2000;33(3):343-8.

- 차봉석, 고상백, 장세진, 박종구, 강명근, 고상열. 일부 생산직 근로자의 소음과 사회심리적 요인이 혈압에 미치는 영향. *대한산업의학회지* 1997;9(2):244-257.
- 하명화, 김두희. 제강소 장기 근로자의 소음 노출 및 청력 손실과 혈압과의 관계에 관한 연구. *예방의학회지* 1991;24(4):496-505.
- Checkoway H, Pearce N, Crawford-Brown DJ. *Research methods in occupational epidemiology*. New York : Oxford university press, 1989.
- Fogari R, Zoppi A, Vanasia A, Marasi G, Villa G. Occupational noise exposure and blood pressure. *J Hypertens* 1994;12(4):475-9.
- Green MS, Schwartz K, Harari G, Najenson T. Industrial noise exposure and ambulatory blood pressure and heart rate. *J Occup Med* 1991;33(8):879-883.
- Hirai A, Takata M, Milkawa M, Yasumoto K, Lida H et al.. Prolonged exposure to industrial noise causes hearing loss but not high blood pressure: a study of 2124 factory laborers in Japan. *J Hypertension* 1991;9:1069-1073.
- Isselbacher K. et al. *Harrison's Principles of internal medicine*, thirteen edition. Mcgraw-Hill, Inc. 1994.
- Kristensen T. Cardiovascular disease and the work environment. *Scand J Work Environ Health* 1989;15:165-179.
- Lang T, Fouriaud C, Jacquinet-Salord M. Length of occupation noise exposure and blood pressure. *Int Arch Occup Environ Health* 1992; 63: 369-372.
- Sokas RK, Monassa MAA, Gomes J, Anderson JAD, Achuthan KK et al.. Noise-induced hearing loss, nationality, and blood pressure. *Am J Ind Med* 1995;28:281-8.
- Stewart PA, Herrick RF. Issues in performing retrospective exposure assessment. *Appl Occup Environ Hyg* 1991;6(6):421-7.
- Talbott EO, Helmkamp J, Matthews KA, et al. Occupational noise exposure, noise-induced hearing loss, and the epidemiology of high blood pressure. *Am J Epidemiol* 1985;121(4):501-14.
- Talbott EO, Findlay RC, Kuller LH, Lenker LA, Matthews KA et al.. Noise-induced hearing loss: A possible marker for high blood pressure in older noise-exposed populations. *J Occup Med* 1990;32(8):690-7.
- Talbott EO, Gibson LB, Burks A, Engberg R, McHugh KP et al. Evidence for a dose-response relationship between occupational noise and blood pressure. *Arch Environ Health* 1999;54(2):71-8.
- Wu TN, Ko YC, CHang PY. Study of noise exposure and high blood pressure in shipyard workers. *Am J Industrial Med* 1987;2:431-38.