

군용 항공기 이륙소음이 청력, 혈압, 스트레스 및 주관적 인지도에 미치는 영향

한상환¹ · 조수현¹ · 고경심² · 권호장³ · 하미나³ · 주영수¹ · 신명희⁴

서울대학교 의과대학 예방의학교실¹, 단국대학교 의과대학 산부인과학 교실²,
단국대학교 의과대학 예방의학교실³, 삼성서울병원⁴

= Abstract =

The effects of aircraft noise on the hearing loss, blood pressure and response to psychological stress

Sang-Hwan Han¹, Soo-Hun Cho¹, Kyungshim Koh², Ho-Jang Kwon³,
Mina Ha³, Yeong-Su Ju¹, Myung-Hee Shin⁴

Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine¹

Department of Obstetrics and Gynecology, Dankuk University College of Medicine²

Department of Preventive Medicine, Dankuk University College of Medicine³

Samsung Medical Center⁴

In effort to determine whether aircraft noise can have health effects such as hearing loss, hypertension and psychological stress, a total of 111 male professors and administrative officers working a college near a military airport in Korea(exposed group) and a total of 168 males and 112 females matched by age groups(control groups) were analyzed.

Personal noise exposure and indoor and outdoor sound level of jet aircraft noise were measured at the exposed area. And pure tone, air conduction test and measurement of blood pressure were given to the exposed(males) and matched control groups (males and females). BEPSI(Brief Encounter Psychological Instrument) and psychological response to aircraft noise were examined for the exposed group.

The noise dosimetry results revealed time-weighted averages(TWAs) that ranged from 61 to 68 dBA. However the levels encountered during taking off jet airplanes reached 126 dBA for two half minutes time period.

* 이 연구는 '95년도 서울대학교병원 임상연구비(01-95-087) 지원에 의한 결과임

The audiometric test showed that mean values of HTL(hearing threshold level) in exposed group at every frequency(500, 1,000, 2,000, 4,000, and 8,000 Hz were much lower than them of male and female control groups. And in old age groups, interaction of age and noise was observed at 8,000 Hz in both ears($p < 0.05$).

Conclusively, aircraft noise does not appear to induce hearing loss directly in high frequency, but may decreased hearing threshold level by interaction of aging process and noise exposure.

However, difference of mean values of exposed and control groups on blood pressure was not significantly.

In psychological test, annoyance was the most severe psychological response to noise in exposed group, but mean value of BEPSI was not correlated with job duration in exposed group.

Key words : aircraft noise; blood pressure; interaction; NIHL; presbycusis; psychological response

서 론

항공기 이착륙으로 인한 소음과 관련된 연구는 근로자를 대상으로 실시한 소음의 건강 영향에 대한 연구에 비해서 그 수가 한정되어 있는 편이다. 최근 항공기 소음에 의한 건강영향을 살피는 연구의 특성을 살펴보면 청력손실에 대한 연구는 물론 체내 내분비계 변화에 따른 고혈압 유병률의 증가와 정신심리학적 증상에 관련된 연구가 주종을 이루고 있다. 그러나 항공기 소음 폭로지역의 소음 강도와 빈도가 다를 뿐 아니라 연구대상의 특성(공항 근무자 또는 지역주민)에 따라 폭로되는 수준이 다르므로 일관된 결과를 산출하고 있지 못한 실정이다. 더군다나 항공기 소음이 청력손실을 일으킨다고 주장한 연구(Tubbs, 1991; Chen, Chiang, Chen SS, 1992)에서도 청력손실의 유무를 판단하고, 그 현상을 기술하였을 뿐, 청력손실의 양상 및 기전에 대해서는 아직 그 논란이 많다고 할 수 있다.

한편 소음에 노출되면 교감신경계가 항진되어, 부신피질자극호르몬에 의해 혈관 내의 epinephrine과 norepinephrine의 분비가 증가하여, 말초혈관이 수축하면서 일시적으로 혈압이 상승된다(Kryter and Poza, 1980). 그러나 장시간 또는 반복적인 소음폭로가 만성

적인 고혈압을 유발하는 지에 대해서는, 아직 명확한 결론을 내리지 못한 상태이다.

항공기 소음과 정신심리학적 변화와의 관계에 대한 연구도 최근 들어 주 관심분야의 하나인데, 소음에 폭로될 경우 주관적인 성가심(annoying)이나 짜증 등의 심리적 반응을 보이는 것으로 보고되고 있다. IPOS(1987)는 거리소음에는 53.1%가 항공기 소음에는 37.7%가 소음에 의한 거부반응을 나타냈다고 보고한 바 있다. 이상과 같이 항공기 소음에 의한 건강영향은 아직 논란이 많은 부분이라 할 수 있다. 따라서 이러한 필요성에 따라 본 연구는 항공기 소음에 의한 청력손실수준, 수축기 및 이완기 혈압, 일반생활사건의 스트레스와 심리적 영향 등의 건강 영향을 파악하기 위한 목적으로 시도되었다.

연구대상 및 연구방법

인근 군비행장의 전투기의 이륙소음에 폭로되는 경기도 수원시 권선구 소재 서울대학교 수원캠퍼스를 항공기 이륙소음 폭로지역으로 하였으며, 폭로지역인 서울대학교 농업생명과학 및 수의과대학에 재직 중인 교직원을 폭로군으로 하며, 성(性)이 청력에 미치는 영향을 배제하기 위하여 폭로군은 남성으로 제한하고,

연령은 30세 이상으로 하였다. 한편 소음에 의한 청력 손실과 연령증가에 따른 자연적인 청력손실의 효과를 분석하기 위하여 포병근무력이 있는 경우와 중이염 등의 이질환, 이도 외상, 전도성 난청, 단측성 청력손실을 보이는 경우는 연구대상에서 제외하였다. 대조군은 서울시 강남구 일원동에 소재하고 있는 삼성서울병원에서 건강진단을 실시한 사람을 대조군으로 선정하였으며, 성(性)에 따른 영향을 배제하기 위하여 남성 대조군과 여성 대조군을 구분하였다. 대조군의 대표성을 보장하기 위하여 1개월 동안 건강검진을 실시한 1,189 명을 5세 간격으로 연령별 성별로 층화한 뒤, 무작위추출법(stratified randomization)으로 폭로군에 대하여 남성 대조군의 경우 1:1.5, 여성 대조군의 경우 1:1의 비율로 대조군을 선정하였다.

항공기에 의한 소음은 장시간 동안 연속적으로 발생하는 것이 아니므로, 개인별 소음폭로 수준 뿐 아니라 항공기 이륙시의 환경소음을 측정하였다. 개인별 소음수준은 dosimeter(Larson Davis Laboratories Model 700 Dosimeter and Sound Level Meter, USA)를 폭로군 3인에게 부착하여 측정하였으며, 환경소음은 실내와 실외를 구분하여 실외 2곳과 실내 2곳에서 Larson Davis Laboratories Model 700 Dosimeter and Sound Level Meter를 이용하여 측정하였다. 순음청력 검사는 폭로군의 경우 서울시 종로구 연건동 소재 서울대학교병원 이비인후과 난청실에서, 대조군의 경우 서울시 강남구 일원동 소재 삼성의료원 건강의학센터 청력검사실에서, 전문검사자에 의해 ANSI(American National Standard Institute) 기준에 따라 실시하였다. 서로 다른 기관에서 청력검사를 실시하는 것에 따른 편견을 줄이기 위하여 동일한 기종의 검사기를 사용하였으며, 숙련된 검사자가 '상향법(ascending method)'에 따라 청력검사를 실시하였다. 순음청력검사는 전 주파수의 효과를 분석하기 위하여 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz, 4,000 Hz, 8,000 Hz에서 좌우 측의 기도청력(air conduction)을 측정하였으며, 양측 귀에 현저한 청력 차이를 보일 경우 골전도 검사(bone conduction)를 실시하였다.

연구대상자의 수축기 및 이완기 혈압은 20 분 이상 안정을 취한 뒤 누운 자세에서 측정하였으며, 각 측정값의 마지막 단위(단 단위)의 수까지 기록하도록 하였다. 한편 혈압에 영향을 주는 다른 요인을 보정하기 위하여 신장, 체중 등을 측정하였으며, 폭로군의 당해 연도 일반건강진단결과와 대조군의 건강진단결과에서 혈중 콜레스테롤치를 참고하였다.

본 연구에서는 1988년 Frank와 Zyzanski가 개발한 BEPSI(Brief Encounter Psychological Instrument)를 한국어로 번안한 설문서(배종면 등, 1992)를 사용하였다. 스트레스를 간편하게 측정하고자 개발된 BEPSI는 생활변화에 대한 내적 반응의 정도를 측정하는 방법으로, 1개의 개방형 질문과 5개의 폐쇄형 질문으로 구성되어 있다. 분석은 문항의 점수를 합한 뒤, 응답한 항목수로 나누어 스트레스 랭을 평가하였다. 연구대상이 직접 기입하는 방식(Visual Analog Scale, VAS)으로 "소음에 대한 주관적 인지도"를 평가하였으며, "시끄럽다(noisy)", "성가시다(annoying)", "짜증이 난다(irritated)", "능률이 떨어진다(not efficient)", "수업이나 업무가 중단된다(disturbed)" 등 총 6가지 항목에 대하여 측정하였으며, 수집된 자료는 각 연구대상이 기입한 인지정도를 "아주 심하다"를 100%로, "전혀 그렇지 않다"를 0%로 환산한 백분율의 평균과 표준편차를 구하여 분석하였다.

군 경력(포병근무), 외상, 중이염, 등 다른 원인에 의한 청력손실이 분명한 경우와, 청력검사결과 양측 귀의 청력차이가 큰 경우, 전음성 난청, 완전한 난청(聾) 등은 분석에서 제외하였다. 청력검사결과 분석은 각 주파수 별 폭로군과 남성, 여성 대조군의 청력역치의 평균을 비교하였으며, 이들을 연령군별로 층화한 뒤, 각 군에서의 청력역치를 비교 분석하였다. 또한 폭로력에 따른 영향을 파악하기 위하여 근무기간에 따른 분석을 시도하였으며, 성, 연령, 근무기간 등이 미치는 영향을 종합적으로 분석하기 위하여 일반 선형모델을 이용한 중회귀분석을 실시하였다. 한편 두 군간의 수축기혈압과 이완기혈압을 비교 분석한 뒤, 연령, 성, 폭로유무, 혈중 콜레스테롤 수준, 신체질량

지수(BMI) 등을 독립변수로 하여, 중회귀분석을 실시하여 두 군간의 혈압을 비교하였다. 또한 폭로군에서 측정된 스트레스 및 소음에 대한 주관적 인지도를 근무기간, 연령별로 분석하고, 교수직과 행정직원을 구분하여 각각의 측정값을 비교 분석하였다. Foxpro ver. 2.5를 이용하여 수집된 자료를 입력하였으며, 수집된 자료는 SAS(Statistical Analytic System) ver. 6.04를 이용하여 분석하였다.

연구결과

본 연구의 제외기준인 군경력 등의 과거력, 질병, 외상 등에 의한 청력손실 11명을 제외한 후 최종적으로 포함된 연구대상은 폭로군 총 122명 중 111명(남성)이었으며, 이에 대하여 무작위방법으로 추출된 대조군은 남성 168명, 여성 112명이었다(Table 1). 한편 폭로군의 근무기간별 분포는 20년 이하의 근무자가 61명으로 전체의 54.9%를 기록하였다(Table 2).

1일 측정된 환경소음의 경우 실외에서 최고 126 dBA를 기록하였으며, 총 측정횟수 17회중 8회(47.1%)에서 100 dBA를 초과하였으며, 5회가 90 dBA를 초과하였다(Table 3). 한편 개인별 소음폭로 수준은 최대 소음의 경우 모두 100 dBA를 초과하였으나 미국 OSHA 방법에 따른 평균소음수준은 측정대상 3명 모두 60 dBA ~ 70 dBA를 기록하였다(Table 4).

전체 연구대상의 순음청력검사 결과에서(Table 5) 양측 귀의 청력검사 결과는 차이를 보이고 있지 않으며, 전반적으로 남성 폭로군에서 청력 역치가 가장 높고, 남성 대조군, 여성 대조군 순으로 청력손실정도가 큰 것으로 분석되었다(Table 5). 한편 남성 폭로군과 남성 대조군의 비교에서 500 Hz를 제외한 전 주파수 영역에서 폭로군의 청력손실이 더 높은 결과를 보였으나, 8,000 Hz에서만 통계적으로 유의한 차이(p<0.05)를 보였다(Table 5). 여성 대조군의 경우는 250 및 500 Hz를 제외한 전 주파수 범위에서 폭로군 및 남성 대조군 보다 낮은 역치값을 보였으며(p<0.05), 특히 좌

Table 1. Age and sex distribution of exposed and control groups in this study

Age groups	Exposed		Control	
	Male	Female	Male	Female
30 - 34 yr	5		8	5
35 - 39	15		22	15
40 - 44	19		30	19
45 - 49	19		29	19
50 - 54	23		35	23
55 - 59	21		31	21
60 - 64	9		13	10
Total	111		168	112

Table 2. Age and tenure distribution of the exposed group in this study

Age groups	Tenure(yr)					
	1-9yr	10-19yr	20-29yr	30-39yr	40-45yr	Total
30 - 39 yr	10	14	0	0	0	24
40 - 49	7	17	9	1	0	34
50 - 59	2	10	17	15	0	44
60 - 65	0	1	0	7	1	9
Total	19	42	26	23	1	111

Table 3. Environmental noise level by aircraft noise in exposed area

Measurement area	Time	Noise Level (dBA)	Measurement area	Time	Noise Level (dBA)
Near the student center(outdoor)	09:59:45 - 10:02:30	100.0	Restaurant (indoor)	12:00: - 13:00(one time)	113.0
	10:35:45 - 10:37:20	104.5			
	11:58:55 - 12:00:10	107.5			
Lecture building (outdoor)	13:26:00 - 13:28:30	126.0	Library building (indoor)	10:01:50 - 10:02:50	95.0
	13:35:10 - 13:37:01	114.5		10:16:45 - 10:17:45	93.0
	13:38:50 - 13:40:55	116.0		11:00:02 - 11:01:08	92.0
	13:44:00 - 13:46:10	119.5		12:00:01 - 12:01:06	93.0
	14:26:10 - 14:27:16	95.0			

Table 4. Individual noise levels(dBA) by dosimeter

	Person 1	Person 2	Person 3
L(OSHA)	66.5	61.8	67.8
L(Max.)	113.5	111.5	118.5
L(Min.)	41.5	40.0	42.0

Table 5. Mean value of hearing threshold level(dB) for total study subjects

	Right ear					Left ear				
	500(Hz)	1,000	2,000	4,000	8,000	500	1,000	2,000	4,000	8,000
Exposed(male) (n=111)	10.4	14.1	14.0	23.0	38.0	11.6	12.7	12.3	24.2	35.8
Control(male) (n=168)	11.7	13.5	12.8	22.8	29.8	12.4	12.3	13.3	21.7	29.7
Control(female) (n=112)	12.9	12.4	11.4	12.2	24.6	11.6	10.8	11.1	13.5	25.0

Table 6. Mean value of hearing threshold level(dB) for 35 - 44 age groups

		Right ear					Left ear				
		500(Hz)	1,000	2,000	4,000	8,000	500	1,000	2,000	4,000	8,000
35-39 yrs	Exposed(male) (n=15)	9.7	14.0	10.7	20.7	32.7	13.0	10.0	10.6	18.3	23.7
	Control(male) (n=22)	16.2	15.2	13.8	23.3	27.1	14.8	13.8	13.8	19.0	21.0
	Control(female) (n=15)	9.2	10.0	7.1	8.2	11.1	7.8	7.8	7.5	10.0	11.1
40-44 yrs	Exposed(male) (n=19)	8.9	12.1	12.1	20.8	25.5	8.7	8.7	8.9	23.4	24.7
	Control(male) (n=30)	10.8	11.3	10.6	21.3	25.3	9.5	9.8	11.3	21.5	25.0
	Control(female) (n=19)	12.1	10.8	9.4	11.0	16.8	11.0	7.6	5.8	8.7	15.0

우측 모두 4,000 Hz와 8,000 Hz에서 폭로군 및 남성 대조군과 큰 차이를 보였다.

연령별로 구분하여 청력 역치를 비교할 경우에는 저 연령층의 경우 (35세-44세)에는 남성 폭로군과 남성 대조군의 청력 역치가 비슷한 반면 여성 대조군이 상대적으로 낮은 청력역치값을 보여 여성의 청력수준이 높음을 보여주었으며 특히 그 차이는 고주파수로 갈수록 크게 나타났다(Table 6). 한편 연령이 증가할수록(45세 - 64세) 세 군 간의 차이는 감소하였으며, 고주파수 영역에서도 남 녀 대조군의 차이는 감소하였으나 남성 폭로군의 청력 손실치가 증가함을 보여주었다(Table 7).

남성 폭로군과 남 녀 대조군 사이에 가장 큰 차이를 보인 고주파수 영역인 4,000 Hz와 8,000 Hz에서의 청력손실에 영향을 미치는 변수를 찾아보기 위하여 다

중회귀분석을 실시하였다. 연령, 성, 폭로여부를 독립 변수로 하여 분석을 시도하였는데, 폭로의 지표는 근무기간을 사용하였다. 4,000 Hz에서는 성 및 연령이 청력역치에 영향을 주는 주요 변수로 확인되었고 폭로에 의한 영향은 확인할 수 없었으며, 8,000 Hz에서는 성과 연령은 물론 항공기 이륙소음에의 폭로가 연령과의 상호작용(interaction)을 통하여 청력역치에 영향을 주는 것으로 분석되었다(Table 8). 또한 연령 증가에 민감한 8,000 Hz의 청력손실 기전을 평가하기 위하여 50세 이상을 대상으로 다중회귀분석을 실시하였을 때에는 전체 연구대상에 대한 분석에서와 마찬가지로 마찬가지로 근무기간과 연령이 상호작용(interaction)을 통하여 청력역치에 영향을 주는 것으로 확인되었다(Table 9). 따라서 위의 다중회귀분석을 통하여 항공기 소음에 의한 청력손실은 소음 자체가 직

Table 7. Mean value of hearing threshold level(dB) for 45 - 64 age groups

		Right ear					Left ear				
		500(Hz)	1,000	2,000	4,000	8,000	500	1,000	2,000	4,000	8,000
45-49 yrs	Exposed(male) (n=19)	12.1	17.3	15.2	24.2	36.3	15.2	13.9	11.8	26.8	34.9
	Control(male) (n=29)	11.7	13.3	12.4	24.3	32.4	10.4	11.2	10.0	22.8	29.4
	Control(female) (n=19)	12.2	11.6	10.8	9.4	23.3	11.1	12.2	10.5	12.2	24.3
50-54 yrs	Exposed(male) (n=23)	9.6	12.4	13.7	24.8	40.2	10.2	10.7	13.3	27.2	41.5
	Control(male) (n=35)	12.3	13.7	12.7	21.8	30.8	12.2	12.5	12.3	23.7	31.4
	Control(female) (n=23)	13.6	13.0	12.5	12.7	21.3	11.9	11.2	12.5	13.6	23.4
55-59 yrs	Exposed(male) (n=21)	11.4	14.3	15.9	23.3	51.6	10.2	12.6	14.5	27.4	46.9
	Control(male) (n=31)	13.1	13.8	14.7	23.4	34.1	15.2	13.3	17.4	25.3	38.1
	Control(female) (n=21)	15.0	15.2	14.8	15.9	33.9	13.6	12.7	14.7	20.7	35.0
60-64 yrs	Exposed(male) (n=9)	13.3	19.4	19.4	31.6	50.0	16.1	17.7	16.7	21.6	51.1
	Control(male) (n=13)	14.2	15.4	16.2	28.5	40.4	17.3	16.5	20.7	31.1	40.0
	Control(female) (n=10)	16.0	15.0	16.0	17.5	46.0	16.0	16.0	19.0	19.0	43.0

Table 8. Multiple linear regression analysis of mean value of hearing threshold shift for total study subjects at 4,000 Hz and 8,000 Hz

Variables	Right ear		Left ear	
	parameter estimates	(p-value)	parameter estimates	(p-value)
8,000 Hz	Age	14.35(< 0.05)	15.89(< 0.05)	
	Sex	8.24(< 0.05)	7.24(< 0.05)	
	Exposure*	0.23(0.48)	0.49(0.53)	
	Age × exposure*	0.53(< 0.05)	0.38(0.07)	
4,000 Hz	Age	3.99(< 0.05)	4.10(< 0.05)	
	Sex	11.25(< 0.05)	9.11(< 0.05)	
	Exposure*	0.05(0.45)	0.28(0.23)	

* Hearing level of noise exposure changes logarithmically(Corso 1980), so exposure duration was transformed logarithmically.

Table 9. Multiple linear regression analysis of mean value of hearing threshold shift for study subjects more than 50 years old(n=186) at 8,000 Hz

Variables	Right ear		Left ear	
	parameter estimates	(p-value)	parameter estimates	(p-value)
Age	15.43	< 0.05	16.81	< 0.05
Sex	7.52	< 0.05	6.40	< 0.05
exposure duration*	0.34	0.45	0.82	0.41
Age × exposure duration*	0.58	< 0.05	0.41	< 0.05

* Hearing level of noise exposure changes logarithmically(Corso 1980), so exposure duration was transformed logarithmically.

접적으로 영향을 주기보다는 연령 증가에 따른 청력 손실과의 상호작용을 통하여 발현하는 것으로 관찰되었다.

한편 연구대상 세 군 간의 혈압 비교에서 수축기 혈압은 세 군 간의 차이를 보이지 않았으며, 이완기 혈압의 경우 여성 대조군의 혈압이 낮음을 관찰할 수 있었다(Table 10).

수축기혈압과 이완기혈압을 종속변수로 하여 연령, 성, 폭로유무, 혈중 콜레스테롤 수준, 신체질량지수 등의 독립변수에 대한 다중회귀분석을 실시한 결과 연령, 성, 신체질량지수 등이 유의한 차이를 보이는 것(p<0.05)으로 나타났으며, 폭로유무(p=0.32) 및 혈

중 콜레스테롤 수준은 영향을 미치는 않는 것으로 분석되었다(Table 11). 한편 수축기 혈압 160 mmHg 이상이거나, 이완기 혈압 95 mmHg 이상을 고혈압으로 정의하였을 경우 오히려 남성 대조군 및 여성 대조군에서 고혈압의 유병률이 높음을 알 수 있다(Table 12).

BEPSI로 측정한 생활스트레스는 1.69로 배종면 등(1992)이 의과대학생을 대상으로 측정한 값(1.93)보다 더 낮은 값을 보였으며, 소음에 대한 주관적 인지도는 “시끄럽다(noisy)”, “성가시다(annoying)”, “수업이나 업무가 중단된다(disturbed)”는 호소가 가장 높았고(90.5%), 두 집단 모두 “시끄럽다(noisy)”와 “성가시다(annoying)” 항목의 호소율이 높았다(Table 14).

본 연구는 항공기 소음이 인체에 미치는 건강영향을 살펴보고자 시도되었다. 폭로군의 폭로력은 폭로지역에 근무여부와 근무기간을 통하여 반정량적 분석을 실시하였으며, 결과변수로 청력수준의 경우 각 주파수별 청력손실수준과, 수축기 및 이완기 혈압, 일반생활사건의 스트레스량을 측정하는 BEPSI랑과 소음에 대한 주관적 인지도를 VAS(visual analog scale)로 측정하였다.

연구대상 선정 과정에서 순수한 연령과 소음에 의한 효과를 평가하기 위하여 순음청력검사와 설문조사 등을 통하여 전도성 난청소견을 보이거나 균경력 등의 과거력, 이도 외상, 중이염 등 다른 원인으로 인한 청력손실 가능성이 있는 경우는 연구대상에서 제외하였다. 본 연구에서는 균경력을 제외하고, 폭로군과 대조군의 소음 폭로력에 대한 구체적인 정보를 가지고 있지 않았으나, 대학의 교직원과 사회경제적 수준이 높다고 볼 수 있는 서울시 강남지역의 3차 의료기관에서 종합건강진단을 받은 사람들의 사회적 소음 폭로 수준이 동일하다는 가정에서 연구는 시작되었다. 즉 본 연구에서는 이(耳)질환이나 우리 나라에서 소음폭로의 주요 원인인 균경력 등 심각하게 청력수준이 저하되는 경우를 제외기준으로 설정하였기 때문에, 일반적인 사회적 소음 폭로는 유사할 것이라는 판단이었다. 더군다나 연구의 결과가 폭로군의 연령을 보정하였을 때, 폭로군의 청력이 고주파수 영역에서 더 낮은 것으로 관찰되었기 때문에, 설령 대조군이 소음에 폭로된 집단이라면 연구의 결과를 더욱 보수적으로 해석할 수 있어, 본 연구의 가설을 더욱 지지하게 되는 것이라 할 수 있다.

정보수집과정에서 발생할 수 있는 비뚤림(bias)에 대해서는 이미 많은 연구가 이루어진 상태인데, 폭로군과 대조군에 서로 비슷한 수준으로 폭로에 관한 정보가 오분류(misclassification)될 가능성이 있을 경우에는 이를 'nondifferential bias'라 하며, 이러한 경우에는 항상 연구결과가 '귀무가설 방향으로(toward the null)'으로 흐르게 된다는 것이다(Copeland 등 1977; Checkoway 등 1989). 본 연구에서도 항공기 이륙소음

에 대한 폭로를 제외한다면, 기타 다른 소음에의 폭로 가능성은 폭로군 및 대조군 모두에 해당된다고 할 수 있으므로 nondifferential bias의 가능성을 배제할 수는 없다. 그러나 이러한 비뚤림의 영향이 본 연구의 결론인 고주파수 영역에서 항공기 이륙소음에 폭로될 경우, 고주파수 영역에서 연령과의 상호작용을 통하여 청력 저하가 나타난다는 결과의 방향을 바꾸지는 못한다는 것이다. 오히려 정보비뚤림에 의하여 연구결과가 귀무가설 방향으로 흐르게 되므로 정보비뚤림이 배제되었다면, 오히려 연구결과를 더욱 강하게 지지하는 연구결과를 예상할 수 있다.

또한 본 연구의 폭로군 여성의 수가 적어 연구계획 당시 여성 폭로군을 제외하였으며, 대조군의 경우 사회적 소음 폭로 수준을 고려하여 남자와 여자를 구분하여 선정하였다. 한편 대조군을 건강진단을 실시한 전원으로 하지않고 연령 및 성별 층화 후 무작위추출로 선택한 것은 폭로군에 비하여 대조군의 수가 많을 경우 두 집단간의 분산의 차이로 통계적 분석에 어려움이 따르므로, 두 비교집단의 규모를 비슷하게 하기 위하여 무작위추출법으로 대조군의 규모를 축소하였다.

청력순음검사와 혈압 측정을 두 개의 다른 의료기관(서울대학교병원과 삼성의료원)에서 실시하였기 때문에 측정과정에서 systemic bias가 개입되었을 가능성을 배제할 수는 없다. 그러나 두 병원의 청력검사 장비가 동일하고, ANSI 기준에 따라 숙련된 청력검사자에 의해 검사가 이루어졌으며, 혈압측정은 충분한 휴식을 취한 뒤 수동 혈압기로 끝자리(단 단위)까지 측정하였으므로 bias의 영향을 상당히 줄였을 것으로 판단된다. 특히 분석결과에서 systemic bias에 의한 영향을 받았다면 전 주파수 영역에서 동일한 방향으로 영향을 미쳐야 하는데, 본 연구의 결과는 주파수별로 비교군간에 서로 상이한 결과를 보이고 있어 역시 systemic bias에 의한 영향이 적었을 것임을 예측할 수 있다.

한편 청력 및 혈압에 매우 주요한 영향을 미치는 것으로 알려진 교란변수인 성(性)과 연령의 영향을 배제

하기 위하여 폭로군의 경우 남성만을 연구대상으로 제한하였고, 대조군은 남성과 여성을 각각 분리하여 선정된 뒤 연령군에 따라 빈도 짝짓기(frequency matching)를 실시하였으므로 위의 교란변수에 의한 영향은 보정되었다고 판단할 수 있다. 사회경제적 수준의 경우는 청력에 영향을 미친다고 볼 수 없을 뿐 아니라, 폭로군의 경우 직업이 교수 또는 사무직이고 대조군은 서울시 강남지역에 소재하고 있는 3차 의료기관의 건강진단 실시자에서 추출하였으므로 비슷한 사회경제적 수준이라고 볼 수 있어서 사회경제적인 차이에 의한 영향도 배제되었을 것으로 판단된다. 사회활동 내용에 따라 청력손실 수준이 달라질 수는 있는데 (sociocusicus), 두 군 모두 사회경제적 수준이 높은 집단이어서 소음에 폭로될 기회는 유사한 집단으로 생각되므로 두 군간에 비교성(comparability)은 매우 높다고 할 수 있다.

한편 국내에서 정상인 남성 1,617 명을 대상으로 정상인의 청력역치를 제시한 바 있는데(원종욱, 안연순, 노재훈, 1995), 본 연구에서 측정된 남성 대조군 168 명의 청력검사 결과와 비교하여 보았다(Table 4. 1). 두 연구 사이에서 각 주파수별, 연령별로 대개 5 dB 이내의 차이를 보이고 있으며, 전반적으로 본 연구에서 측정된 값이 원종욱(1995) 등의 연구보다 높은 청력역치값을 보인 것을 알 수 있다.

일반적으로 항공기 소음은 간헐적(intermittent)으로 불규칙하게 폭로되는 특성을 가지고 있다. 간헐적 소음은 '동일에너지효과(equal energy principle)' 때문에 연속음에 비하여 상대적으로 작은 양의 청력손실을 유발한다는 것은 이미 잘 알려져 있다(Ward, 1991). 130 dB 정도의 고소음에 불규칙적으로 폭로되는 항공기 정비사에서도 영구적인 소음성 난청을 유발하지 않는다는 연구결과가 제출되기도 하였다(Sataloff, 1953; Kopra 1957; Ward 1957). 그러나 간헐적 소음에 수년간 폭로되는 경우 저주파수에는 영향을 미치지 않으나 고주파수에서는 청력손실을 유발할 수 있다는 연구가 1980년대에 발표되었는데, 일반적으로 소음성 난청은 고주파수에서 시작하여 저주파수 영역

까지 청력손실 범위가 증가하나 간헐적 소음에서는 장기간 폭로 후에도 고주파수 영역에서 청력손실을 유발한다는 것이다(Sataloff, 1984). Sataloff는 앞의 연구에서 간헐적 소음에 의한 청력손실은 곧 회복될 수 있으므로 고주파수 영역에서만 청력손실이 국한된다고 주장하였다(1984). 그러나 노인성 난청(presbycusis) 역시 고주파수 영역으로 갈수록 손실치가 증가하는 것으로 알려져 있어(Rosenhall and Pederson, 1995), Sataloff가 제시한 고주파수에서의 청력손실이 소음에 의한 효과인지, 아니면 연령 증가에 따른 효과인지를 구분하는 것은 매우 어려운 문제라 할 수 있으므로 폭로대상자의 근무기간만을 고려하고 주요변수인 연령 요소를 고려하지 않음으로써 설명력의 한계를 가진다는 것이 연구자의 판단이다. 본 연구에서는 비교군간의 청력차이가 가청주파수 영역(500-2,000 Hz)에서는 나타나지 않고, 4,000 Hz와 8,000 Hz 등 고주파수 영역에서만 관찰되었으며, 그 효과는 폭로자체 보다는 폭로지표로 사용된 근무기간과 연령의 상호작용(interaction)에 의한 것으로 관찰되었다.

연령과 소음의 청력에 대한 상호작용의 효과는 지금까지 이 분야에서 매우 관심 있는 주제라고 할 수 있다. 여러 연구자들이 동물실험을 통하여 상호작용에 대한 정성적 분석을 시도한 바 있는데, 연령에 따라 청력수준이 감소하는 생쥐(mice)인 C57BL/6J와 청력변화가 없는 CBA/Ca를 연령 짝짓기 한 후 동일한 소음에 폭로시켰을 때, C57BL/6J가 더 소음에 민감한 것으로 보고된 바 있으며(Shone G, Altschuler RA, Miller JM 등, 1991), 동일한 생쥐를 가지고 소음과 연령의 효과를 모델링한 연구에서는 연령과 소음의 복합 효과는 초기에는 단순히 부가적으로 작용하며, 나중에는 "block like interaction"을 보이게 되어, 초기에는 두 군간에 유의한 차이를 보이다가, 생쥐의 연령이 증가할수록 두 군간의 차이가 감소하였다고 보고하였다(Li, 1992a).

한편 최근 Li(1992b)가 실시한 동물실험은 연령과 소음의 상호작용의 발현양상을 시사해주는 것이라 할 수 있는데, 그는 유전적 소인에 따른 연령과 소음의

상호작용 가능성을 제시하였다. C57BL/J와 CBA/Ca를 이용하여 동일한 소음에 폭로시킨 뒤, 두 생쥐군 사이의 청력손실 수준을 평가하였는데, 고주파수 영역에서 유전적으로 노인성 난청에 민감한 생쥐가 더 높은 청력손실을 보였다는 것이며, 저자는 이 논문에서 연령과 소음에 의한 청력손실이 유전적 소인에 의해 영향 받는다고 주장하였다. 이러한 주장은 사람에게서도 유전적 소인이 청력손실에 작용할 가능성을 시사하는 것이므로 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다. 반면 연령과 소음에 영향받는 병리학적 부위가 다르다는 이유로 상호작용의 가능성을 부정적으로 평가하는 연구 결과도 또한 제시되어 있다. 즉 소음은 주로 outer hair cell 부위에 영향을 미치는 반면, 연령에 의한 효과는 hair cell을 포함하여 stria vascularis, spiral ganglion 등에 나타나므로 상호 작용 가능성이 적다는 것이다(Boettcher FA, Gratton MA, Schmiedt RA, 1995). 연령과 소음의 청력에 대한 상호작용을 정량적으로 분석하기 위한 시도가 역학자료의 분석을 통하여 이루어졌는데, Corso(1980)는 연령의 변화에 따라 소음과 연령의 효과가 서로 다르게 작용한다는 “variable ratio” 개념에 근거하여 “restrictive additive model”을 제시한 바 있다. 여기에서 그는 두 요소의 “interaction”이 없다는 차원에서 “additive”란 개념을 사용하였다. Dr. Corso의 주장에 따를 경우, 직업적으로 소음에 폭로되는 군과 대조군을 설정하여 청력수준을 비교하면 저연령층에서는 그 차이가 크지만 연령이 증가할 수록 그 차이는 감소하게 된다(Rosenhall 등, 1990). 한편 Bies와 Hansen(1990) 역시 연령과 소음은 독립적으로 작용하므로 상호 부가적(additive)인 효과를 가지고 있다고 주장하였다.

본 연구에서는 8,000 Hz에서 연령이 증가할 수록 비교집단 간의 차이가 증가한 것으로 분석되었으며, 연령과 소음의 효과가 “additive”하지 않고 “multiplicative”한 것으로 관찰되었다. 그러나 본 연구는 간헐적으로 발생하는 항공기 소음을 폭로원으로 설정하였기 때문에, 직업적 소음에 근거하여 개발된 청력손실의 모델이 본 연구에 직접적으로 적용될 수 없다는 것

이연구자의 판단이며, 본 연구의 결과에 따라 간헐적으로 발생하는 항공기 소음에 의한 청력손실은 소음의 직접적인 효과보다는 소음과 연령의 상호작용을 통하여 고주파수 영역에서 청력손실이 발생할 가능성을 시사하는 것이라고 할 수 있다.

소음에 노출되면 교감신경계가 항진되어, 부신피질 자극호르몬에 의해 혈관 내의 epinephrine과 norepinephrine의 분비 증가와 이에 따른 말초혈관수축으로 일시적으로 혈압이 상승한다(Kryter and Poza, 1980). 그러나 장시간의 반복적인 소음폭로가 만성적인 고혈압을 유발하는 지에 대해서는 아직도 논란이 되고 있다. 90-100 dB(A)의 비교적 높은 음압을 적용했는데도 유의한 혈압상승이 없다는 보고들도 있으며, 수축기 및 이완기 혈압의 상승을 보여준 연구가(Ising 등, 1980) 있는가 하면, 이완기 혈압의 상승만을 보고한 연구(Andren 등, 1980)도 있다. 소음폭로 보다는 이로 인한 청력손실 여부가 혈압상승 및 고혈압 유병률에 차이가 보이는 지에 대한 연구결과에 의하면, Johnson and Hansson(1977)은 심한 청력손실을 보이는 군(3,000, 4,000, 6,000 Hz)에서 정상군(모든 음역에서 20 dB 이하의 청력손실)보다 고혈압의 유병률이 높다고 하였으나, Hedstrand 등(1977)과 Takata 등(1977)은 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. 한편 국내의 연구로는 김종화와 이충렬(1987)은 고소음작업장과 저소음작업장 근로자 사이에 고혈압 유병률에는 차이가 없었으나 청력손실의 정도와 이완기 혈압과 유의한 관계를 보였다고 보고한 바 있다. 한편 저소음 부서와 고소음부서간에 수축기 및 이완기 혈압상승의 유의한 차이를 보이지 않았다는 보고도 있다(하명화와 김두희, 1991).

본 연구에서도 유의한 혈압의 차이를 보이지는 못하였다. 그러나 대조군으로 선정된 집단이 건강진단에 참여한 집단이므로 일반적으로 건강에 관심이 많은 집단이라고 할 수 있는데, 연구결과에서 제시된 것처럼 폭로집단보다 남 녀 대조군의 고혈압 유소견자의 비율이 높음은 이를 시사하는 소견이라 하겠다. 따라서 이러한 영향이 귀무가설 방향의 관찰을 유도하였

을 가능성을 완전히 배제할 수는 없을 것으로 판단된다.

한편 폭로군 대상의 스트레스 측정에서 일반생활사건의 경우 근무기간에 따른 차이를 보이지 않았으며, 항공기 소음에 대하여 “성가시다(annoying)”라는 반응을 보인다는 기존의 연구결과(Bjorkman, 1992; de-Jong-RG, 1993; Reijneveld, 1994)와 동일하게 본 연구에서도 소음에 대한 주관적 인지도에서는 “시끄럽다(noisy)”와 “성가시다(annoying)”에 대한 항목이 다른 항목에 비하여 근무자들이 주로 호소하는 심리적 양상으로 분석되었으며, 더 나아가 항공기 소음이 수면을 방해하고 정신질환을 유발한다는 보고(Stanfeld, 1992; Vallet M. and Vallet I, 1993; Reijneveld, 1994; Horne 1994)가 있는데, 심리적 스트레스 뿐 아니라 정신적 장애 등을 포함한 포괄적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

배종면, 정은경, 유태우, 허봉렬, 외래용 스트레스량 측정도구 개발연구. 가정의학회지 1992;13(10):809-820.

하명화, 김두희, 제강소 장기근무자의 소음노출 및 청력손실과 혈압과의 관계에 관한 연구. 예방의학회지 1991;24(4):496-506.

Andren L, Hnasson L, Bjorkman M, Jonsson A. Noise as a contributory factor in the development of elevated arterial pressure. *Acta Med Scand* 1980;213:31-35.

Bies DA, Hansen CH. An alternative mathematical description of the relationship between noise exposure and hearing loss. *J Acoustic Soc Am* 1990;88:2743-2754.

Bjorkman M, Ahrlin U, Rylander R. Aircraft noise annoyance and average versus maximum noise levels. *Arch Environ Health* 1992;47(5):326-329.

Boettcher FA, Gratton MA, Schmiedt RA. Effects of noise and age on the auditory system. *Occupational medicine:State of the Art Review* 1995;10(3):577-591.

Checkoway H, Pearce N, Crawford-Brown DJ. Re-

search methods in occupational epidemiology. New York, Oxford. Oxford University Press 1989; pp 80-81.

Chen TJ, Chiang HC, Chen SS. Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of airport employees. *Journal of occupational medicine* 1992;34-6:613-19.

Copeland KT, Checkoway H, McMical AJ, et al. Bias due to misclassification in the estimation of relative risk. *Am J Epidemiol* 1977;105:488-495.

Corso JF. Correction factor in noise-induced hearing loss:a quantitative model. *Audiology* 1980; 19:221-232.

de-Jong-RG. Review:Extraaural health effects of aircraft noise. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg* 1993;88:250-270.

Horne JA, Pankhurst FL, Reyner LA, Reyner LA, Diamond ID. A field of sleep disturbance: effects of aircraft noise and other factors on 5,742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample. *Sleep* 1994;17(2):146-159.

Kopra LL. Hearing loss among Air Force flight-line personnel. *J Acoust Soc Am* 1957;29:1277-1283.

Li HS. Genetic influences on susceptibility of the auditory system to aging and environmental factors. *Scand Audiol Suppl* 1992b; 36:1-39.

Li HS. Influence of genotype and age on acute acoustic trauma and recovery in CBA/Ca and C57BL/6 J mice. *Acta Otolaryngol Stockh* 1992a;112(6):956-67.

Reijneveld SA. The impact of the Amsterdam aircraft disaster on reported annoyance by air craft noise and on psychiatric disorders. *Int J Epedemiol* 1994; 23(2):333-340.

Rosenhall ULF, Pedersen KE, Svanborg A. Presbycusis and noise-induced hearing loss. *Ear Hear* 1990;11(4):257-263.

Rosenhall ULF, Pedersen KE. Presbycusis and occupational hearing loss. *Occupational Medicine:State of the Art Review* 1995;10(3):593-607.

Sataloff J, Sataloff RT, Menduke H, Yerg R, Gore RP. Hearing loss and intermittent noise exposure. *Journal of occupational medicine* 1984; 26-9:649-56.

Sataloff J. Effects of prolonged exposure to intense

- noise on hearing acuity. *Arch Otolaryngol* 1953;58:62-80.
- Stansfeld SA. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol Med Monogr suppl* 1992;22:1-44.
- Shone G, Altschuler RA, Miller JM, Nuttall AL. The effect of noise exposure on the aging ear. *Hear Res* 1991;56(1-2):173-178.
- Tubbs RL. Occupational noise exposure and hearing loss in fire fighters assigned to airport fire stations. *Am Ind Hyg Assoc J* 1991;52(9):372-378.
- Vallet M, Vallet I. Night aircraft noise index and sleep research results. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg* 1993;88:408-415.
- Ward WD. Hearing of naval aircraft maintenance personnel. *J Acoust Soc Am* 1957;29:1289-1301.
- Ward WD. Noise-induced hearing damage. In Pararella MM, Shumrick DA, Gluckman JL, Meyerholl WL. *Otolaryngology* 3rd ed. W. B. Saunders company Philadelphia/London/Tokyo 1991;pp 1639-1652.
-