

평택시 미군기지 주변 주민의 비행기 소음과 청각학적 평가결과의 관련성

단국대학교 의과대학 산업의학교실, 단국대학교 의과대학 이비인후과학교실¹⁾,
단국대학교 의과대학 예방의학교실²⁾

정종도 · 김현주 · 정재윤¹⁾ · 노상철 · 권호장²⁾

— Abstract —

Relationship of Aircraft-noise and the Result of Audiological Evaluation Among Residents Near U.S. Military Airbases in Pyeongtaek City

Jong-Do Jeong, Hyunjoo Kim, Jae-Yun Jung¹⁾, Sangchul Roh, Ho-Jang Kwon²⁾

Department of Occupational and Environmental Medicine, Dankook University College of Medicine
Department of Otolaryngology, Dankook University College of Medicine¹⁾
Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine²⁾

Objective: To investigate the relationship between aircraft noise and the results of audiological evaluation on tinnitus and hearing loss among residents near United States military air-bases in Pyeongtaek city.

Methods: Residents (n=492) exposed to aircraft noise were selected from eight villages near U.S. military air-bases (K-55 and K-6) in Pyeongtaek city. Residents (n=200) from five villages located at least 10 km away from the air-base were selected for the control group. All participants completed a questionnaire on tinnitus and audiological evaluations included pure tone audiometry (PTA) and distortion product otoacoustic emissions (DPOAE). Statistical analyses involved a general linear model and multiple logistic regression stratified by gender and data was adjusted by age, educational level, stress response index and noise type (i.e. military, agricultural and occupational).

Results: The equivalent noise levels (Leq) in the vicinity of the air-field were 73.4~81.5 dB (A). Tinnitus prevalence was 47.3% and odds ratio (OR) was 2.06 (95% confidence interval (CI): 1.09~3.88) among noise-exposed males. Tinnitus prevalence was 50.8% and OR was 1.97(95% CI: 1.17~3.30) among noise-exposed females. Tinnitus handicap scores among exposed group were significantly higher in functional, emotional, and catastrophic subclasses (p<0.001). PTA revealed hearing thresholds among the exposed group of 0.5 and 1 kHz (male right ear), 0.5 and 1 kHz (female left ear) and 0.5, 1, 2, 3, 4 and 6 kHz on female right ear that were significantly higher than those of the unexposed group. No significant difference in DPOAE was observed among noise-exposed males. However, significant differences were evident for noise-exposed females at 3175 and 4007 Hz. ORs of right female ears 3175 and 4007 Hz were 1.73(95% CI: 1.01~2.99) and 1.78(95% CI: 1.01~3.15). ORs of left female ears at 3175 Hz and 4007 Hz were 1.92(95% CI: 1.10~3.36) and 2.71(95% CI: 1.49~4.91)

Conclusions: Aircraft noise may adversely affect hearing function and tinnitus.

Key Words: Aircraft, Noise, Hearing loss, Tinnitus.

서론

비행장 주변 주민의 건강영향에 관한 앞선 연구들을 살펴보면 비행기 소음에 만성적으로 노출되면 그 결과 학업 수행 능력저하¹⁾, 수면장애²⁾, 성가심³⁾, 정신질환⁴⁾, 고혈압 및 허혈성 심장질환⁵⁾, 난청 및 이명^{6,7)} 등이 발생되는 것으로 알려져 있다. 비행기 소음의 청각학적 영향에 대하여 많은 연구들이 이루어져 왔지만 대부분 난청에 초점을 맞추고 있고, 삶의 질에 영향을 미치는 이명과 같은 건강 문제는 구체적으로 포함하고 있지 못하다.

우리나라에서 비행기 소음의 청각학적 영향평가에 관한 조사 연구는 5차례 있었는데⁶⁻¹⁰⁾, 이 가운데 이명과 관련된성에 대해 조사한 것은 2편 뿐 이었고^{6,7)}, 이들 연구에서 비행기 소음 노출군의 이명 증상 호소율은 대조군보다 유의하게 높았다. 외국의 문헌을 살펴보아도 직업소음과 이명에 관한 연구¹¹⁾는 있었지만 비행기 소음과 이명에 관한 연구는 찾아보기 힘들었다.

한편 비행기 소음과 청력손실의 관련성에 대해서는 상반된 보고가 있다^{9,10)}. 이는 연구대상자의 수의 부족, 비행기 소음을 포함한 다양한 소음 노출 특성의 차이, 노출 집단의 인구학적 특성의 영향을 받았기 때문일 수 있다. 또한 비행기 소음의 영향에 대한 조사는 대개 소송 등이 연관되어 있어 과잉 호소의 가능성이 있으며, 이것이 일관된 연구결과를 보이지 않는 이유 가운데 하나일 가능성도 있다. 따라서 주관적인 의도가 개입되지 않는 객관적인 검사가 필요하다.

난청의 객관적인 검사로는 여러 가지 이음향방사 검사가 있으며, 그 중 변조이음향방사 검사는 주파수 특이적이므로 주파수별 청력손실 유무를 추측할 수 있는 장점이 있어, 청력손실에 대한 연구에 주관적인 의도가 개입되지

않은 상대적으로 객관적인 검사이다.

본 연구는 비행기 소음이 청각에 대한 포괄적인 영향을 파악하기 위하여 비행기 소음에 의한 이명 및 난청과의 관련성을 규명하고자 한다. 구체적으로는 첫째, 비행기 소음과 이명 및 이명 불편감과의 관련성을 규명하고, 둘째, 순음청력검사뿐 아니라 변조이음향방사 검사 결과를 이용하여 비행기 소음의 청력에 관한 영향을 파악하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 조사는 평택시 미군기지 주변 주민들을 대상으로 비행기 소음의 건강영향을 밝히기 위하여 2005년 7월 13일부터 2006년 1월 13일까지 6개월 동안 수행되었다. 평택시에 위치한 두 개의 미군기지(K-55, K-6) 주변의 8개 마을을 노출지역으로, 기지에서 10 Km이상 떨어진 지역의 5개 마을을 대조 지역으로 선정하였으며(Fig. 1), 시행된 주민건강조사 참여율은 노출군이 60.0%, 대조군이 46.4%이었다. 최종 연구대상은 조사 참여자 가운데 노출 지역 거주기간 5년 이상으로 이학적 검사와 고막운동성 검사에서 전음성 난청이 없었던 사람으로 하였고 노출군이 492명, 대조군이 200명이었다. 연구대상의 구체적인 선정 과정과 이후 기술할 소음 측정, 이학적 검사, 고막운동성 검사, 순음청력검사의 구체적인 방법은 이 지역주민을 대상으로 하여 비행기 소음의 여러 건강영향을 종합하여 보고한 김현주 등¹²⁾의 논문에서 자세하게 다루고 있다.

2. 방법

1) 소음의 평가

환경 소음 측정은 마을 간의 소음노출정도를 비교하기 위하여 2005년 12월 19일에 노출지역 8개 마을, 대조지역 2개 마을에 대하여 동시에 주간 8시간을 환경부에서 제시한 소음·진동공정 시험방법에 따라 측정하였다¹³⁾. 비행기소음 측정방법으로는 WECPNL(Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)이 권장되고 있지만 이륙횟수가 일정하지 않고, 군사 보안상 이륙횟수를 파악할 수 없는 군용 비행기의 소음평가에는 적절하지 못하여, 등가소음도(Equivalent Noise Level; 이하 Leq)와 최대소음도(Maximum Noise level; 이하 Lmax)를 사용하였다.

농업소음의 측정은 추수기인 9월부터 11월까지 연구 대상지역에서 예초기, 콤팩트, 경운기, 트랙터, 농약 분무기 등의 농기계를 사용하는 현장에서 3~4회씩 지시소

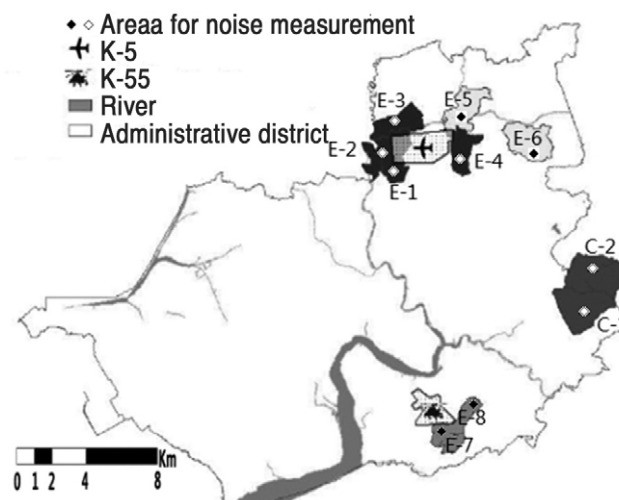


Fig. 1. Areas for environmental noise measurement in Pyeongtaek City.

음계(Sound Level Meter, NL-05, RION CO., LTD., Japan)를 사용하여 소음계의 반응특성은 Slow, 청감보정회로는 "A"로 하여 사용하는 작업자의 귀 위치에서 측정하였다. 측정된 농업소음은 청력저하를 충분히 일으킬 수 있는 정도의 소음으로 농업소음의 유무에 따라 분석하였다.

설문조사에 의해 직업소음 노출과 군대소음 노출에 대해서 파악했는데, 직업소음에 대해서는 설문 1 m 거리에서 대화할 수 없을 정도의 소음이 80~90 dB에 해당한다고 간주하고¹⁴⁾, 이 정도의 소음에 노출 되는 군과 노출되지 않는 군으로 나누어 분석하였다. 군대소음은 군복무경험자에 대하여 노출된 소음의 크기를 주관적으로 4점 척도로 평가하였다.

2) 청력의 평가

비행기소음 노출이 청각기관에 미치는 영향을 평가하기 위하여 이경검사, 고막운동성검사, 순음청력검사, 변조이음향방사 검사 등을 실시하였다. 이경검사와 고막운동성검사는 이비인후과 전공의사가 실시하였다. 순음청력검사는 한국산업안전공단의 정도관리 교육을 받은 두 명의 임상병리사가 실내에서 방음처리가 되어있는 부스(모델명: SA-1200, single wall, Sontek, Korea) 안에서 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz에 대하여 기도 청력검사를 시행하였다. 청력검사의 장소는 비행기소음 노출군, 비노출군 모두 동일 장소에서 시행하였으며 비행기소음의 영향이 가장 적다고 생각하는 지역을 선정하였다. 선정된 장소는 새로이 조성된 신도시 내에 위치해 있으며, 주위 700 m 이내 소음 발생원이 없는 신설 중학교(2005년 개교)였다.

변조이음향방사 검사는 f2를 기준으로 1582, 2003, 3175, 4007 Hz에서 측정하였다. 변조이음향방사 검사는 주파수가 근접한 두 종류의 순음(f2/f1)을 동시에 주면 자극음과 다른 제 3의 주파수 특히 2f1-f2에서 가장 큰 반응을 나타낸다. 청력손상이 있는 위치와 f2주파수와 일치될 보이며 f2주파수를 기준으로 주파수별 청력손상을 알 수 있다. 두 자극음의 강도는 동일하게 70 dB로 주었으며(L1=L2) 주파수 비율을 1.22로 일정하게 유지시켰다(f2/f1=1.22, f1/f2). 변조이음향방사는 일반적으로 청력손실이 10-15 dB를 넘지 않으면 항상 발현하고 50 dB를 넘으면 발현하지 않는다¹⁵⁾. 그 사이에서는 자극음의 강도를 높이면 대부분 발현할 수 있다. 일반적으로 방사음이 평균 배경소음보다 3-4 dB 이상이면 양성반응으로 간주한다. 본 연구에서 배경소음에 대한 변조이음향방사의 차이(sound to noise ratio: 이하 SNR)가 6 dB이상인 경우를 정상청력으로 보고 6 dB미만의 반응을 보인 사람들을 비정상자로 분류하여 분석하였다¹⁶⁾.

3) 이명의 평가

이명은 설문지를 통해 조사하였으며 이명의 유무는 어느 쪽 귀든지 이명이 있다고 응답한 경우로 판단하였다. 이명 불편함에 대한 평가는 Newman 등이 개발한 '이명 불편감설문지' (tinnitus handicap inventory ; 이하 THI)를 성균관대학교에서 한국어로 번역한 한국어판 THI를 이용하였다¹⁷⁾. THI는 25문항으로 이루어져 있는 설문양식으로 이명환자의 감정적(emotional), 기능적(functional), 재앙화적(catastrophic) 영향을 수치화한 것이다. '아니오'는 0점, '가끔'은 1점, '예'는 2점을 주어서 전체 점수가 높을수록 생활에서 이명으로 인한 불편함이 높다고 판단한다.

이명에 영향을 주는 스트레스 정도를 파악하기 위하여 고경봉 등이 개발한 '스트레스 반응 척도'(stress response inventory: SRI)를 이용하였다¹⁸⁾. 스트레스 반응의 심한 정도를 평가하기 위한 자기 보고형 평가 도구로 총 39문항으로 이루어져 있다. 각 문항은 0점에서 4점까지로 평가되는 5점 척도이며, 점수 분포는 0점에서 156점으로 점수가 높을 수록 높은 수준의 스트레스 반응을 의미한다.

4) 자료의 분석

통계분석은 SPSS 15.0K를 사용했으며 비행기소음의 노출특성 및 혼란변수의 성차를 고려하여 성별 층화분석을 하였다. 노출군과 대조군의 인구학적 특성 및 여러 소음 노출특성의 차이를 파악하기 위하여 범주형 변수에 대하여 카이제곱 검정을, 연속형 변수에 대하여 독립 t 검정을 실시하였다. 이명의 유병률에 관한 대응비는 연령, 교육정도, 스트레스 반응척도, 군대소음, 농업소음, 직업소음을 로지스틱 회귀분석을 통하여 보정하여 계산하였다. 변조이음향방사 검사상 비정상률의 대응비는 연령, 교육정도, 군대소음, 농업소음, 직업소음을 로지스틱 회귀분석을 통하여 보정하여 계산하였다. 순음청력검사결과 각 주파수별 청력역치와 이명 불편감 점수의 비교는 일반 선형모형을 사용하였고, 보정한 혼란변수는 앞의 모델과 같다.

결 과

1. 연구대상의 일반적 특성

연구대상의 연령, 교육수준, 거주기간은 남성에서는 노출군과 대조군 사이에 차이가 없었으나, 여성에서는 노출군의 평균 연령이 56.1세로 대조군의 52.6세보다 많았고(p<0.05), 노출군이 상대적으로 교육수준이 낮았으며(p<0.05), 노출군의 평균 거주기간이 34.2년으로 대조군

의 28.2년보다 길었다($p < 0.01$).

농업소음노출은 노출군과 대조군 사이에 차이가 없었으며, 직업소음 노출은 남성에서는 두군 간의 차이가 없었으나 여성에서는 노출군에서 80명(30.2%)으로 대조군의 8명(6.5%)보다 많았다($p < 0.01$).

스트레스 반응척도의 평균은 남성 노출군에서 평균 32.4로 남성 대조군 평균 10.9보다 높았으며, 여성 노출군에서 평균 37.8로 대조군 평균 22.3보다 높아 남녀 모두 노출군에서 유의하게 높았다($p < 0.01$)(Table 1).

2. 조사지역의 소음 노출 수준

비행기소음 노출지역의 등가소음도(L_{eq})는 73.4~81.5

dB(A)이었고, 최대소음도(L_{max})는 99.4~114.5 dB(A)이었다. 대조지역의 등가소음도는 52.6~54.0 dB(A)이었고, 최대소음도는 72.9~76.3 dB(A)이었다(Table 2).

농업소음 측정결과, 추수 중에 주로 사용하는 콤바인의 경우는 사용하는 모델과 신형, 구형에 따라 소음의 크기가 달라지나 81.7~95.5 dB(A)의 측정치를 보였으며, 과수농가에서 사용하는 농약 분무기는 신형의 경우 운전실이 밀폐되어 있는 제품도 있으나, 본 측정에서는 대부분이 사용하고 있는 개방된 농약 분무기를 측정하여 85.3~93.5 dB(A)를 보였다. 주로 운송에 많이 사용하는 경운기와 트랙터는 82.0~91.0 dB(A)를 보였으며, 제초기인 예초기의 경우는 80.0~82.0 dB(A)의 수치를 보였다.

Table 1. Characteristics of population

Characteristics	Male (n=303)		P	Female (n=389)		P
	Control (n=76)	Exposed (n=227)		Control (n=124)	Exposed (n=265)	
Age, n(%)						
<40	9(11.8)	53(23.3)	0.107 [†]	24(19.4)	32(12.1)	0.134 [†]
40~49	10(13.2)	32(14.1)		18(14.5)	48(18.1)	
50~59	25(32.9)	46(20.3)		34(27.4)	56(21.1)	
60~69	21(27.6)	62(27.3)		35(28.2)	94(35.5)	
≥70	11(14.5)	34(15.0)		13(10.5)	35(13.2)	
Mean±SD(year)	55.4±14.4	52.7±15.6	0.178*	52.6±15.2	56.1±13.1	0.017*
Educational level						
Never	5(6.6)	8(3.6)	0.081 [†]	8(6.5)	32(12.2)	0.012 [†]
Elementary	12(15.8)	64(28.6)		45(36.6)	124(47.1)	
Middle	18(23.7)	36(16.1)		23(18.7)	44(16.7)	
High	22(28.9)	75(33.5)		32(26.0)	50(19.0)	
College	19(25.0)	41(18.3)		15(12.2)	13(4.9)	
Residential period, n (%)						
<20	21(27.6)	31(13.7)	0.013 [†]	40(32.3)	47(17.7)	0.004 [†]
20~29	11(14.5)	44(19.4)		32(25.8)	60(22.6)	
30~39	5(6.6)	36(15.9)		20(16.1)	56(21.1)	
≥40	39(51.3)	116(51.1)		32(25.8)	102(38.5)	
Mean±SD (year)	38.1±23.5	41.2±19.5	0.311*	28.2±19.6	34.2±16.4	0.002*
Military noise, n (%)						
No	34(44.7)	121(53.8)	0.234 [†]	-	-	
Mild	25(32.9)	75(33.3)		-	-	
Moderate	9(11.8)	16(7.1)		-	-	
Severe	8(10.5)	13(5.8)		-	-	
Agricultural noise, n (%)						
Yes	45(59.2)	127(55.9)	0.359 [†]	60(48.4)	129(48.7)	0.522 [†]
No	31(40.8)	100(44.1)		64(51.6)	136(51.3)	
Occupational noise, n (%)						
Yes	8(10.5)	39(17.2)	0.112 [†]	8(6.5)	80(30.2)	0.000 [†]
No	68(89.5)	188(82.8)		116(93.5)	185(69.8)	
SRI [‡] total score (mean±SD)	10.9±13.1	32.4±29.4	0.000	22.3±24.1	37.8±32.4	0.000

*: p-value by t-test, [†]: p-values by Chi-square test, [‡]: stress response index

3. 이명의 증상 호소율 및 대응비

이명의 증상 호소율은 남성에 있어서는 대조군 27.6%, 노출군 47.3%이었고, 연령, 교육정도, 스트레스 반응척도, 군대소음, 직업소음, 농업소음을 로지스틱 회귀분석으로 보정한 노출군의 대조군에 대한 대응비는 2.06(95%

CI: 1.09~3.88)이었다. 여성의 이명 증상 호소율은 대조군이 28.5% 노출군 50.8%이며 연령, 교육정도, 스트레스 반응척도, 군대소음, 직업소음, 농업소음을 로지스틱 회귀분석으로 보정한 대조군에 대한 노출군의 대응비는 1.97(95% CI: 1.17~3.30)이었다(Table 3).

Table 2. Environmental noise levels

Classification	Leq(dB)*	Lmax(dB)†
Control		
C-1	52.6	72.9
C-2	54.0	76.3
Exposed		
E-1	77.7	109.4
E-2	78.7	110.6
E-3	80.3	107.3
E-4	81.5	114.5
E-5	73.4	105.6
E-6	67.7	108.1
E-7	79.3	99.4
E-8	78.5	99.9

*: Leq, equivalent sound level, †: Lmax, maximum sound level

4. 이명 불편감의 영역별 점수

연령, 교육정도, 스트레스 반응척도, 군대소음, 농업 및 직업소음을 일반선형모델로 보정한 이명 불편감의 구체적 영역별 점수의 평균과 표준편차는 다음과 같다. 남성에서 기능적 영역 점수는 노출군이 10.3±0.6, 대조군이 2.7±1.6이었고, 정서적 영역 점수는 각각 8.5±0.5, 2.1±1.3이었고, 재앙적 영역 점수는 각각 4.4±0.3, 1.3±0.8이었다. 여성에서 기능적 영역 점수는 노출군이 11.1±0.6, 대조군이 4.7±1.2이었고, 정서적 영역 점수는 각각 9.1±0.5, 3.4±1.0이었고, 재앙적 영역점수는 각각 4.6±0.3, 1.7±0.6 로 양성 모두 노출군의 이명 불편감점수가 대조군에 비해 현저하게 높았다(p<0.01)(Fig. 2).

Table 3. Prevalences of tinnitus, odds ratios and 95% confidence intervals

		n	Prevalence n(%)	OR*	95% CI†
Male (n=303)	Exposed	224	106(47.3)	2.06	1.09~3.88
	Unexposed	76	21(27.6)	1.00	
Female (n=389)	Exposed	262	133(50.8)	1.97	1.17~3.30
	Unexposed	123	35(28.5)	1.00	

*OR: odds ratio, Adjusted for age, education, stress response index, military noise, agriculture and occupational noise by logistic regression model, † CI: confidence interval

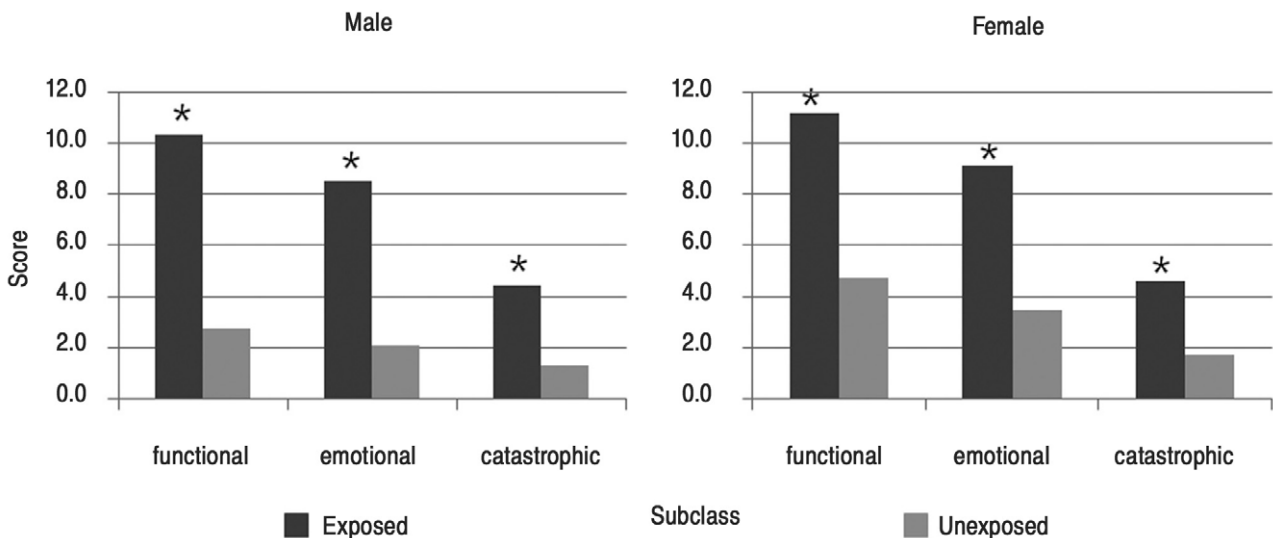


Fig. 2. Tinnitus handicap inventory scores, according to subclasses.

*: p-value<0.001, p-value adjusted for age, education, stress response index, military noise, agricultural and occupational noise by general linear model

5. 청력검사결과

연령, 교육정도, 군대소음, 농업 및 직업소음을 일반선형모델로 보정한 각 주파수별 청력역치는 우측 귀 0.5 kHz에서 남성 노출군이 평균 24.4±1.0 dB, 남성 대조군이 평균 19.6±1.7 dB이었고(p=0.016), 1 kHz에서 각각 24.2±1.0 dB, 19.8±1.7 dB(p=0.028)로 노출군에서 통계적으로 유의하게 높은 청력역치를 보였으나 우측 귀의 다른 주파수 대역과 좌측 귀의 전 주파수 영역에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

여성의 각 주파수별 청력역치는 좌측 귀 0.5 kHz에서 노출군이 평균 26.5±1.1 dB, 대조군이 21.1±1.6 dB 이었고(p=0.008), 1 kHz에서 각각 25.5±1.0 dB, 21.1±1.5 dB로(p=0.022) 노출군의 청력역치가 통계적으로 유의하게 높았다.

여성 우측 귀의 청력역치는 0.5 kHz에서 노출군이 26.3±1.0 dB, 대조군이 20.4±1.6 dB이었고, 1 kHz에서 각각 24.6±1.0 dB, 20.1±1.5 dB, 2 kHz에서 각각 25.6±1.0 dB, 21.7±1.5 dB, 3 kHz에서 각각

29.5±1.0 dB, 25.7±1.5 dB, 4 kHz에서 각각 31.2±1.1 dB, 26.6±1.7 dB, 6 kHz에서 각각 43.8±1.2 dB, 38.3±1.7 dB로 8kHz를 제외한 전 주파수에서 노출군의 청력역치가 통계적으로 유의하게 높았다 (p<0.05)(Fig. 3).

변조이음향방사 검사의 비정상률은 남성에서는 두 군간의 유의한 차이가 없었으며, 여성에서 변조이음향방사 검사의 비정상률은 좌측 귀 3175 Hz 영역에서 대조군 42.6%, 노출군 64.1%이며, 우측 귀 3175 Hz 영역에서 대조군 45.0%, 노출군 64.1%이었으며, 좌측 귀 4007 Hz 영역에서 대조군 60.6%, 노출군 72.5%이며, 우측 귀 4007 Hz 영역에서 대조군 54.7%, 노출군 76.6%로 유의한 차이가 있었다. 그리고 여성에서 연령, 교육정도, 군대소음, 농업소음 및 직업소음을 보정한 변조이음향방사 검사의 비정상률 대응비는 좌측 귀 3175, 4007 Hz 영역에서 각각 1.92(95% CI: 1.10~3.36), 2.71(95% CI: 1.49~4.91), 우측 귀 3175, 4007 Hz 영역에서 각각 1.73(95% CI: 1.01~2.99), 1.78(95% CI: 1.01~3.15)의 대응비를 보였다(Table 4).

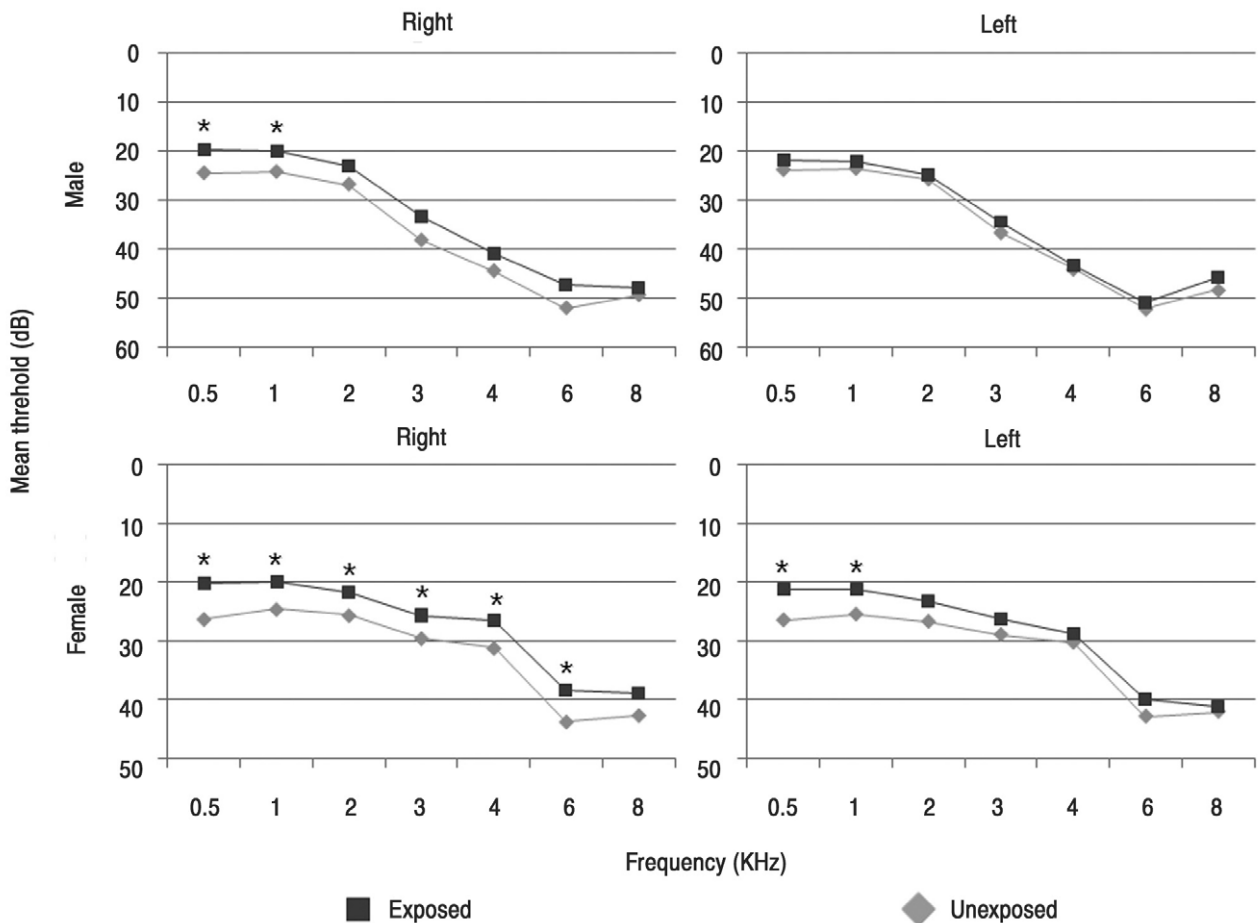


Fig. 3. Mean decibels in pure tone audiometry.

*: p-value <0.05, p-value was adjusted for age, education, military, agricultural and occupational noise by general linear model

Table 4. Prevalences of hearing loss by distortion product otoacoustic emissions, odds ratios and 95% confidence intervals

	Frequency	Unexposed		Exposed		OR*	95% CI
		n	Prevalence n(%)	n	Prevalence n(%)		
Male (n=303)							
Right	1582Hz	62	31(50.0)	183	74(40.4)	0.68	0.36~1.30
	2003Hz	65	36(55.4)	204	93(45.6)	0.68	0.37~1.24
	3175Hz	61	39(63.9)	195	118(60.5)	1.02	0.51~2.05
	4007Hz	55	46(83.6)	176	137(77.8)	0.74	0.29~1.91
Left	1582Hz	62	29(46.8)	184	76(41.3)	0.72	0.37~1.39
	2003Hz	67	30(44.8)	202	91(45.0)	1.10	0.61~2.00
	3175Hz	64	49(76.6)	190	126(66.3)	0.62	0.29~1.33
	4007Hz	58	50(86.2)	169	133(78.7)	0.52	0.19~1.41
Female (n=389)							
Right	1582Hz	96	43(44.8)	194	107(55.2)	1.27	0.72~2.21
	2003Hz	108	37(34.3)	222	96(43.2)	1.27	0.76~2.21
	3175Hz	108	46(42.6)	228	140(64.1)	1.73	1.01~2.99
	4007Hz	104	63(60.6)	211	153(72.5)	1.78	1.01~3.15
Left	1582Hz	98	42(42.9)	206	106(51.5)	1.12	0.64~1.93
	2003Hz	106	37(34.9)	232	108(46.6)	1.35	0.81~2.25
	3175Hz	109	49(45.0)	234	150(64.1)	1.92	1.10~3.36
	4007Hz	106	58(54.7)	222	170(76.6)	2.71	1.49~4.91

*: adjusted for age, education, military noise, agricultural and occupational noise by logistic regression model

고찰

본 연구에서 미군기지 비행장 주변의 환경소음의 수준은 노출지역에서 등가소음도(Leq)는 73.4~81.5 dB(A) 이었고, 최고소음도(Lmax)는 99.4~114.5 dB(A)로 나타났다. 국내의 비행장 주변의 환경소음에 대한 보고를 살펴보면 조성일 등⁶⁾은 군비행기 사격장 주변을 옮겨가며 측정된 값이 80.3~107.5 dB(A)정도라 하였고, 이경중 등¹⁰⁾은 주야등가소음수준(Ld/n) 70.9~74.0 dB범위의 수준으로 보고하였다. 외국에서는 Chen 등¹⁹⁾의 민간비행장 주변에서 주야등가소음수준(Ld/n) 75~86.8 dB로 보고하였다. 주야등가소음수준(Ld/n)은 등가소음도(Leq)와 산출방식은 동일하지만 다른 점은 야간 10시에서 오전 7시 사이에 측정된 소음수준에 모두 10 dB이 가산되는 소음수준이다. 본 연구의 노출군의 소음수준은 Leq로 측정이 되어 있는 점을 감안하여 위의 연구 결과와 비교 해보면, 이경중 등¹⁰⁾의 연구에서 보다 높은 소음수준을 보이며 Chen 등¹⁹⁾의 민간 비행장 주변 소음보다는 조금 낮다.

환경소음의 청력에 대한 영향으로 24시간 기준으로 볼 때 청력손실이 발생할 수 있는 소음 수준은 대개 70 dB로 보고되고 있어²⁰⁾, 본 연구의 노출지역의 소음정도는 이명 및 난청과 같은 청각학적 증상에 영향을 미치기에 충분한 정도의 소음이라 볼 수 있다.

이명은 난청, 현기증과 더불어 중요한 청각 증상의 하나로서 외부의 음원 없이 소리를 느끼는 상태를 말한다.

이명은 크게 청각기관 주위의 기관에서 기원된 이명과 감각신경성 이명으로 분류할 수 있다. 전자의 경우는 청각기관 주위의 혈관, 근육, 이관 등에서 발생하는 객관적 이명이며 감각신경성 이명은 외부음향 없이 나타나는 주관적인 이명이다. 감각신경성 이명은 협의의 이명으로 흔히 '이명'이라 할 경우 이것을 지칭한다. 대부분의 이명은 소음노출, 노화, salicylates, aminoglycoside계 항생제, quinine, 또는 cisplatin 등의 약물과 관련이 있다^{21, 22)}. 이러한 이외상인자(ototraumatic agent)는 와우구조(cochlear structure)를 파괴하여 내이 기능 이상을 일으켜 와우로부터의 신호가 감소하게 된다. 이러한 신호의 감소는 중추신경계의 흥분성을 증가시켜 외부음향 없이 이명을 일으킨다²³⁾. 이명의 발생의 방아쇠(trigger)는 와우에 있다는 점에서는 전 세계적으로 동의하고 있으며²⁴⁾, 따라서 이명의 발생은 소음성난청의 발생기전과 동일하게 와우손상으로 유래한다고 볼 수 있다. 또한 전병훈²⁵⁾은 대학병원에 내원한 625명 이명환자를 대상으로 하여 27%정도가 소음성 난청에 의한 것으로 보고하고 있어 이명이 소음성 난청과 깊이 연관된 문제임을 보여준다.

그리고 스트레스 또한 이명과 많은 관련이 있으며, 이는 스트레스에 의한 직접적인 이명에 대한 영향²⁶⁾과 소음에 의한 스트레스로 인한 영향²⁷⁾이 관여되어 있는 것으로 밝혀지고 있다. 따라서 소음에 의한 스트레스뿐만 아니라 여러 다른 원인에 의한 스트레스 또한 이명을 일으킬 수 있으며, 기존 이명을 악화시킬 수도 있다. 이러한 스트레스의 이명에 대한 영향을 고려하여 본 연구에서 이명의

원인 인자로 스트레스의 영향을 줄이기 위하여 스트레스 반응척도를 계산하여 로지스틱회귀 분석을 통하여 보정하였다.

소음의 청력에 대한 영향에 있어서 등가소음도를 많이 이용한다. 하지만 소음의 스트레스에 대한 영향에 있어서는 등가소음도만으로 나타내기 부족하여 최대소음도를 같이 사용하였다. Spreng 등²⁶⁾은 소음에 의한 수면 방해 연구에서, 소음에 의한 스트레스는 등가소음도(Leq) 보다 최대소음도(Lmax)의 영향을 많이 받고 스트레스에 의한 호르몬 분비 또한 최대 소음도(Lmax)의 영향을 많이 받는다고 보고하고 있다.

우리나라 이명의 유병률에 관한 대표성 있는 자료는 없지만, 구정완 등²⁰⁾의 사무직 근로자와 대학생을 대상으로 한 연구에서는 과거 이명 및 현재 이명을 포함하여 이명의 유병률을 10.5%로 보고하고 있으며, 김규상 등³⁰⁾은 중소규모 조선업체 종사 근로자의 과거 이명 및 현재 이명을 포함하여 이명의 유병률을 보면 19.1%로 보고하고 있다. 한편 Palmer 등¹¹⁾은 직업소음과 관련된 연구에서 1년 중 지속적인 이명의 유병률은 남성 6%, 여성 3%이라 하였고, 10년이상 직업적 소음에 노출된 35세 이상의 성인은 소음작업을 전혀 하지 않은 사람과 비교해 볼 때 이명 유병률이 남성 2.6배, 여성 1.9배 높다고 보고하고 있다.

비행기소음에 의한 이명 증상 호소율을 보면, 비행장 주변 1 km 이내 20세 이상 여성 주민을 대상으로 한 김지용 등⁷⁾의 연구에서 비행기소음 노출군은 72.0%, 대조군은 26.3%의 이명 증상 호소율을 보이고 있다. 조성일 등⁶⁾의 연구에서는 군 비행기 사격장주변 주민의 이명 증상 호소율이 노출군은 80.5%, 대조군은 21.5%이었다. 본 연구에서는 이명 증상 호소율은 남성 노출군 47.3%, 대조군 27.6%이며 여성 노출군 50.8%, 대조군 28.5%이며, 대응비는 비행기소음 노출군이 대조군보다 남성이 2.06배, 여성이 1.97배 높았는데, 이는 Palmer 등¹¹⁾의 연구결과와 비슷한 대응비를 보인다. 한편 비행기소음에 의한 이명의 유병률은 직업소음에 의한 이명보다 높은 유병률을 나타내고 있는데, 이는 연구 집단의 인구학적 특성 때문일 수도 있고, 실제 비행기소음과 직업소음 노출의 특성의 차이에 의한 것일 수도 있으며, 추후 연구가 필요하다고 본다.

그런데 이명은 일상생활의 지장을 초래하기도 하고 우울증의 원인이 되기도 하고 심지어 몇몇 경우에 있어서는 자살에 이르는 예³¹⁾도 있다. 본 연구에서 이명은 유병률이 높을 뿐만 아니라 이로 인한 생활의 불편감 또한 노출군이 대조군의 이명자보다 정서적 측면, 기능적 측면, 재양적 측면 모두에서 상당히 높게 나타난다.

이러한 이명의 검사결과 해석 시 주의해야 할 점은, 첫째, 본 연구의 이명에 대한 조사에서 실제 약물사용이나

병원입원 경력 등 이명의 원인이 될 수 있는 변수의 조절이 잘 되지 않은 점을 감안해야 한다. 둘째, 이명의 검사는 설문지를 통한 주관적인 검사로 객관적인 검사가 부족한 점이 있다. 하지만 이명의 객관적인 조사는 현실적으로 어렵다. 다만, 신뢰도와 타당도가 검증된 이명불편감 설문지를 사용하였고¹⁷⁾, 다른 연구자들의 보고와 비교해 볼 때 비슷한 유병 대응비를 보이므로 어느 정도 기존의 지식에 부합한다고 할 수 있다.

군 비행장 전투기 소음에 대한 연구를 보면 한상환 등⁹⁾은 비행기 소음과 청력손실의 관련성이 명확하게 나타나지 않았다고 보고하고 있다. 그리고 이경중 등¹⁰⁾은 저음영역(500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz의 평균), 4000 Hz, 고음영역(6000 Hz, 8000 Hz의 평균) 모두에서 유의한 차이를 보였다. 또한 조성일 등⁶⁾은 미공군사격장 주변 남녀주민을 대상으로 순음 청력검사상 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz의 평균청력역치는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 회화영역의 장애를 나타내는 3분법에 따른 난청(500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz 순음청력역치 평균)의 유병률은 폭로군에서 24.0%, 비폭로 군에서 13.4%로 유의한 차이를 보였으며 노출군과 대조군의 대응비는 2.03으로 보고하였다.

본 연구의 순음청력검사 결과는 조성일 등⁶⁾의 연구결과와 유사하게 회화영역의 저주파부위 500, 1000, 2000 Hz에서 노출군과 대조군 사이의 차이를 잘 보이고 있다.

민간 비행기에 대한 연구로 Wu 등³²⁾은 타이완의 국제공항 근처의 학교 학생들, 고노출군 193명, 저노출군 49명, 총 242명을 대상으로 비행기소음이 학생들의 청력에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. Chen 등¹⁹⁾은 타이완의 카오슝(Kaohsiung)공항 주변 주민, 노출군 83명, 대조군 92명, 총 175명을 대상으로 순음청력 검사 및 뇌간유발전이를 통하여 비행기소음이 청력손실에 미치는 영향이 명확하다고 보고 하였다. 이러한 비행기소음의 난청에 대한 결과가 일관성이 없는 이유는 연구 대상자수, 인구학적 특성, 소음 노출의 특성 때문으로 보인다. 국내외의 비행기소음과 난청과의 관련성이 있었던 연구는 상대적으로 많은 연구대상자를 포함한 경우⁶⁾, 지역거주민을 포함한 경우^{6,8,10,19)}, 혹은 여성이 포함된 경우⁷⁾이었다. 관련성이 없었던 연구는 상대적으로 적은 표본수⁹⁾, 소음노출이 상대적으로 적게 평가 될 수 있는 학생을 대상으로 한 경우³²⁾, 지역거주민이 아니라 직장인을 대상으로 한 경우⁹⁾, 남성만을 대상으로 한 경우⁹⁾였다.

이상의 문제점을 극복하기 위하여 본 연구는 다음과 같은 노력을 하였다. 첫째, 국내의 이전 연구보다 더 큰 연구대상자를 조사하였다. 둘째, 거주기간을 5년 이상, 연령 20세 이상 남녀주민을 대상으로 하였고, 성별차이를 없애기 위해 성별층화 분석을 하였다. 셋째, 소음노출 특

성을 고려하여 비행기소음뿐만 아니라 군대소음, 직업소음, 농업소음을 혼란변수로 보정하였다.

연구 결과, 순음청력검사에서 남성보다 여성 노출군에서 비행기소음에 의한 소음성 난청을 잘 보여주고 있다. 이는 남성보다 여성 노출군에서 좀 더 비행기소음의 영향을 잘 보여주고 있으며 이러한 결과는 남성보다 여성에서 혼란변수의 영향이 적기 때문으로 생각한다³³⁾. 난청은 소음뿐만 아니라 흡연, 수축기 혈압, 약물사용 및 콜레스테롤 등의 여러 가지 변수가 영향을 미친다³⁴⁾. 이런 여러 가지 계산되지 않은 혼란변수가 남성에서 여성보다 더 많았다³⁵⁾. 그리고 남성은 여성보다 직업 및 농업소음에 대한 노출이 상대적으로 많아서 노출군과 대조군사이의 청력손실의 차이가 없었을 가능성이 있다. 물론 이러한 요인들을 통계적으로 보정하고자 하였지만, 여전히 잠재하는 혼란변수의 효과를 완전히 배제할 수는 없었다. 이에 비해 여성은 직업 및 농업소음에 대한 노출이 남성에 비해 적어 비행기소음에 의한 난청을 더 잘 나타낸다고 볼 수 있다.

한편 비행기소음과 청력과의 관계에 있어서 소송 등으로 인한 주관적인 영향을 없애기 위해 객관적인 검사의 보완이 필요하다. 소음성 난청의 객관적인 검사로는 와우의 기능을 평가하는 이음향방사(otoacoustic emission) 검사가 있다³⁶⁾. 1978년 Kemp³⁷⁾에 의해 처음 기술된 이음향방사는 외유모세포가 정상일 때만 나타나며 50 dB 이상의 감각신경성 난청이 있을 때는 나타나지 않는다. 이음향방사 검사는 측정이 빠르고 객관적이며 비침습적인 검사 방법이기 때문에 신생아 청력검사³⁸⁾, 소음성 난청³⁹⁾, 메니에르병⁴⁰⁾ 및 난청의 감별진단⁴¹⁾ 등에 이용되고 있다. 특히 변조이음향방사 검사는 검사방법이 간단하고 주파수 특이성을 가지므로 국소적 와우기능을 평가할 수 있어 임상적인 유용성이 높게 평가되고 있다³⁸⁾. 또한 변조이음향방사 검사는 순음청력검사가 정상이라도 내이 기능의 손상이 있을시 초기에 비정상 값을 나타낸다⁴²⁾.

본 연구의 변조이음향방사 검사 결과는 소음에 민감한 고주파영역 3175, 4007 Hz에서 차이를 잘 보이고 있다. 이는 변조이음향방사 검사가 저주파 영역보다 고주파 영역에서 정상 비정상치를 더 잘 구분하기 때문인 것으로 추측된다. Gorga 등은 변조이음향방사 검사에서 고주파 영역의 청력손실을 더 정확히 구별한다고 보고하고 있다⁴³⁾. 그리고 본 연구의 변조이음향방사 검사 결과는 청력의 역치가 아니라 정상 비정상치의 이분법적인 판단만을 하기 때문에 순음청력검사의 결과와 비교 해석시 주의가 필요한 부분이다. 실제 변조이음향방사 검사를 통한 역치의 측정은 변조이음향방사검사의 입출력 결과를 이용해야하지만, 검사상의 어려움과 시간이 많이 걸린다는 제한점이 있어 측정하지 못하였다.

또한, 변조이음향방사 검사에서 고도의 청력손실이 있는 경우, 방사음이 나타나지 않거나 배경잡음에 가려지며 이는 분석에 포함되지 않고 주파수마다 그 정도가 다르다. 청력저하를 가장 잘 나타내는 4007 Hz에서 여성 오른쪽 귀를 예를 들어 보면, 분석에 포함된 수는 노출군 211(82.7%), 대조군 104(85.2%)이다. 따라서 본 연구에서 고도의 청력손실이 있는 경우 변조이음향방사 검사가 포함되지 않았고, 이들은 대부분 노출군에 속하기 때문에 변조이음향방사 검사 결과는 실제보다 저평가되었을 가능성을 염두에 두고 해석해야 한다.

본 연구에 있어서 제한점은 첫째, 본 연구는 단면연구로 인과관계는 추론적일 수밖에 없다는 점이다. 앞으로 추적조사연구를 통해 인과관계를 규명하는 것이 필요하다. 둘째, 이 조사는 기존 국내연구에 비해 상대적으로 높은 참여율을 나타내고 있지만 선택편견의 문제를 완전히 해결할 수는 없었다. 연구 대상의 수검률은 노출지역에서는 60%이었고 대조 지역에서는 46%였다. 성별 비수검자의 연령의 평균은 남성에서 노출군 43.9±9.3세, 대조군 40.9±9.2세로 두 군 간의 차이가 나며(p<0.01) 여성에 있어서는 노출군 40.9세, 대조군 39.9세로 두 군 간의 유의한 차이가 없었다. 대조군의 상대적으로 낮은 수검률은 건강문제를 가지고 있어 관심이 더 많은 집단이 선택적으로 참여했을 가능성을 시사한다. 셋째, 소송 등으로 순음청력검사 및 이명 설문에 있어서 과잉보고의 가능성이 있다. 그러나 이것은 현 단계에서 극복 가능한 제한점이 아니며, 순음청력검사결과에 변조이음향방사 검사의 보완으로 과잉호소의 가능성을 줄이려 하였다. 넷째, 인구학적 특성에서 여성 노출군이 대조군에 비해 상대적으로 직업소음이 더 많았다. 통계적으로 보정하였지만 향후 좀 더 엄격한 대조군의 선택이 필요하다.

이러한 제한점에도 불구하고 수 십 년간 군 기지의 비행기소음에 노출된 집단에서 이명과 이명 불편감이 대조군보다 유의하게 높았고, 순음청력검사에서도 남녀 모두에서 청력저하가 통계적으로 유의하게 있었다. 그리고 변조이음향방사 검사에서는 여성에서만 비행기 소음에 노출된 집단이 대조군보다 통계적으로 유의하게 비정상률이 높았다. 따라서 본 연구결과로부터 비행기소음이 이명과 난청 등 삶의 질에 영향을 미치는 건강문제를 유발할 가능성을 확인할 수 있었다. 이러한 문제를 예방하기 위하여 비행기소음에 대한 적절한 통제대책이 수립되어야 하며, 향후 비행장 주변 주민 건강보호 및 예방에 이러한 비행기소음의 청각에 대한 영향을 충분히 고려하여야 하겠다.

요 약

목적: 비행기소음이 청각에 대한 포괄적인 영향을 파악

하기 위하여 이명 및 난청과의 관련성을 규명하고자 한다. 또한 변조이음향방사 검사를 통해 비행기소음의 난청에 대한 영향을 객관적으로 파악하고자 하였다.

방법: 연구 대상지역은 평택시에 위치한 두 개의 미군기지(K-55, K-6) 주변 8개 마을로 선정하였고 대조지역은 비행장에서 10 km 이상 떨어진 5개 마을이었다. 연구대상은 전도성 난청자와 순음청력검사에 협조가 불가능한 경우를 제외하고 노출군 492명, 대조군 200명이었다. 환경소음은 2005년 12월 9일, 노출지역 8개, 대조지역 2개 마을을 동시에 주간 8시간 측정하였다. 구조화된 설문지를 통해 이명 여부와 그 불편감을 조사하였고, 이명 불편감은 구조화된 '이명 불편감 설문지'를 통해 파악한 뒤 감정적, 기능적, 재앙화적 측면에서의 점수를 합산하여 산출하였다. 청력평가를 위해 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz에 대하여 순음청력검사와 1582, 2003, 3175, 4007 Hz에 대하여 변조이음향방사 검사를 시행하였다. 비행기소음의 노출특성 및 혼란변수의 성차를 고려하여 성별층화분석을 했고, 연속변수는 일반선형모델(general linear model)을 사용하여, 범주형 변수는 로지스틱 회귀분석을 사용하여 분석하였으며, 보정한 혼란변수는 연령, 교육정도, 스트레스 반응척도, 군대소음, 농업소음, 직업소음이었다.

결과: 이명 증상 호소율은 남성에서 노출군 47.3%, 대조군 27.6%이었고, 여성에서 노출군 50.8%, 대조군 28.5%이었으며, 그 대응비는 남성에서 2.06(95% CI: 1.09~3.88), 여성에서 1.97(95% CI: 1.17~3.30)이었다. 이명 불편감 영역별 점수는 남녀 모두에서 감정적, 기능적, 재앙화적 측면에서 노출군이 비노출군보다 유의하게 높았다($p < 0.001$). 순음청력검사결과 남성에서는 우측 귀 0.5, 1 kHz에서, 여성에서는 좌측 귀 0.5, 1 kHz와 우측 귀 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 kHz 주파수 영역에서 노출군의 청력역치가 대조군보다 유의하게 높았다($p < 0.05$). 변조이음향방사 검사결과, 남성에서는 두 군간에 비정상률의 차이가 없었으나, 여성의 비정상률은 좌측 귀 3175, 4007 kHz 영역에서 각각 1.92(95% CI: 1.10~3.36), 2.71 (95% CI: 1.49~4.91), 우측 귀 각각 1.73(95% CI: 1.01~2.99), 1.78(95% CI: 1.01~3.15)의 대응비를 보였다.

결론: 연구결과 수십 년간 군 기지의 비행기소음에 노출된 집단에서 이명과 이명 불편감이 대조군보다 유의하게 높았다. 순음청력검사는 노출군이 대조군보다 통계적으로 유의한 청력저하를 보였다. 변조이음향방사 검사는 여성 노출군에서만 대조군보다 통계적으로 유의한 비정상률을 보였다. 이로부터 비행기소음이 이명과 난청 등 삶의 질에 영향을 미치는 건강문제를 유발할 가능성을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Clark C, Martin R, van Kempen E, Alfred T, Head J, Davies HW, Haines MM, Lopes Barrio I, Matheson M, Stansfeld SA. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project. *Am J Epidemiol* 2006;163(1):27-37.
- 2) Franssen EA, van Wiechen CM, Nagelkerke NJ, Lebret E. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occup Environ Med* 2004;61(5):405-13.
- 3) van Wiechen CM. Aircraft noise exposure from schiphol airport: a relation with complainants. *Noise Health* 2003;5(17):23-34.
- 4) Hardoy MC, Carta MG, Marci AR, Carbone F, Cadeddu M, Kovess V, Dell'Osso L, Carpiniello B. Exposure to aircraft noise and risk of psychiatric disorders: the Elmas survey-aircraft noise and psychiatric disorders. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 2005;40(1):24-6.
- 5) Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk: updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise Health* 2006;8(30):1-29.
- 6) Cho SI, Kim JS, Lim HS, Cheong HK, Choi BS. A study on the effect of noise exposure to the health of a population. *Korean J of Epidemiol* 1990;12(2):153-64. (Korean)
- 7) Kim JY, Yoo JH, Lee JK. A study on the influence of noise exposure to the health of a population. *J Korean Acad Fam Med* 1989;10(11):1-9. (Korean)
- 8) Ju YS, Kwon YJ. Health states of Residents near by US military camps. *Korean J Aerosp Environ Med* 2004;14(4):126-34. (Korean)
- 9) Han SH, Cho SH, Koh KS, Kwon HJ, Ha MH, Ju YS, Shin MH. The effects of aircraft noise on the hearing loss, blood pressure and response to psychological stress. *Korean J Prev Med* 1997;30(2):356-68. (Korean)
- 10) Lee KJ, Park JB, Jang JY, Cho SM, Lee SW, Kim JG, Lee SY, Kwak JJ, Chung HK. Health effects of aircraft noise on residents living near an airport. *Korean J Occup Environ Med* 1999;11(4):534-45. (Korean)
- 11) Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE, Davis A, Pannett B, Coggon D. Occupational exposure to noise and the attributable burden of hearing difficulties in Great Britain. *Occup Environ Med* 2002;59(9):634-39.
- 12) Kim HJ, Roh SC, Kwon HJ, Paik KC, Rhee MY, Jeong JY, Lim MH, KooMJ, Kim CH, Kim HY, Lim JH, Kim DH. Study on the health status of the residents near military airbases in Pyeontaek city. *J Prev Med Public Health* 2008;41(5):307-14. (Korean)
- 13) Ministry of Environment. The Method of Test for Noise

- and Vibration Process (A bulletin from Ministry of Environment 2003-221). Ministry of Environment. Gwacheon. 2003. (Korean)
- 14) Kock S, Andersen T, Kolstad HA, Kofoed-Nielsen B, Wiesler F, Bonde JP. Surveillance of noise exposure in the Danish workplace: a baseline survey. *Occup Environ Med* 2004;61(10):838-43.
 - 15) Gorga MP, Neely ST, Ohlrich B, Hoover B, Redner J, Peters J. From laboratory to clinic: a large scale study of distortion product otoacoustic emissions in ears with normal hearing and ears with hearing loss. *Ear Hear* 1997;18(6):440-55.
 - 16) Gorga MP, Neely ST, Dorn PA. Distortion product otoacoustic emission test performance for a priori criteria and for multifrequency audiometric standards. *Ear Hear* 1999;20(4):345-62.
 - 17) Kim JH, Lee SY, Kim CH, Lim SL, Shin JN, Chung WH, Yu BH, Hong SH. Reliability and validity of a Korean adaptation of the tinnitus handicap inventory. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2002;45(4):328-34. (Korean)
 - 18) Koh KB, Park JK, Kim CH, Cho S. Development of the stress response inventory and its application in clinical practice. *Psychosom Med* 2001;63(4):668-78.
 - 19) Chen TJ, Chen SS, Hsieh PY, Chiang HC. Auditory effects of aircraft noise on people living near an airport. *Arch Environ Health* 1997;57(1):45-50.
 - 20) Passchier-Vermerr W, Passchier WF. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect* 2000;108(1):123-31.
 - 21) Sindhusake D, Golding M, Wigney D, Newall P, Jakobsen K, Mitchell P. Factors predicting severity of tinnitus: a population-based assessment. *J Am Acad Audiol* 2004;15(4):269-80.
 - 22) Crummer RW, Hassan GA. Diagnostic approach to tinnitus. *Am Fam Physician* 2004;69(1):120-6.
 - 23) Baguley DM. Mechanisms of tinnitus. *Br Med Bull* 2002;63:195-212.
 - 24) Saunders JC. The role of central nervous system plasticity in tinnitus. *J Commun Disord* 2007;40(4):313-34.
 - 25) Jun BH. Tinnitus. *J. Korean Med Assoc* 2002;45(7):895-904. (Korean)
 - 26) Sahley TL, Nodar RH. A biochemical model of peripheral tinnitus. *Hear Res* 2001;152(1-2):43-54.
 - 27) Al-Mana D, Ceranic B, Djahanbakhch O, Luxon M. Hormones and the auditory system: a review of physiology and pathology. *Neuroscience* 2008;153(4):881-900.
 - 28) Spreng M. Noise induced nocturnal cortisol secretion and tolerable overhead flights. *Noise Health* 2004;6(22):35-47.
 - 29) Koo JW, Lee WC, Kim HW, Choi BC, Oh MH, Park CY. Prevalence of tinnitus and Hearing thresholds of a non-noise-exposed population with and without tinnitus. *Korean J Occup Environ Med* 1999;11(3):323-31. (Korean)
 - 30) Kim KS, Chung HK. Characteristics and affecting factors of tinnitus in noise exposed workers. *Korean J Occup Environ Med* 2002;14(4):436-47. (Korean)
 - 31) Lewis JE, Stephens SD, McKenna L. Tinnitus and suicide. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1994;19(1):50-4.
 - 32) Wu TN, Lai JS, Shen CY, Yu TS, Chang PY. Aircraft noise, hearing ability, and annoyance. *Arch Environ Health* 1995;50(6):452-6.
 - 33) Henderson D, Subramaniam M, Boettcher FA. Individual susceptibility to noise-induced hearing loss: an old topic revisited. *Ear Hear*. 1993;14(3):152-68.
 - 34) Toppila E, Pyykkö I, Starck J, Kaksonen R, Ishizaki H. Individual risk factors in the development of noise-induced hearing loss. *Noise Health* 2000;2(8):59-70.
 - 35) Mills JH, Going JA. Review of environmental factors affecting hearing. *Environ Health Perspect* 1982;44:119-27.
 - 36) Frolenkov GI, Belyantseva IA, Kurc M, Mastroianni MA, Kachar B. Cochlear outer hair cell electromotility can provide force for both low and high intensity distortion product otoacoustic emissions. *Hear Res* 1998;126(1-2):67-74.
 - 37) Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 1978;64(5):1386-91.
 - 38) Kim DY, Kim SS, Kim CH, Kim SC. Neonatal hearing screening in a neonatal intensive care unit using distortion product otoacoustic emissions. *Korean J of Pediatr* 2006;49(5):507-12. (Korean)
 - 39) Oh SY, Lee WC. The predictive study for hearing loss using distortion product otoacoustic emission in mild noise-induced hearing loss. *Korean J Occup Environ Med* 2003;15(3):290-8. (Korean)
 - 40) Ahn JH, Goh EK, Oh SJ, Kong SK, Lee IW, Cheon KM. Change of otoacoustic emission in early stage of Meniere's disease. *J Korean Balance Soc* 2006;5(1):15-20. (Korean)
 - 41) Sliwinska-Kowalska M, Kotylo P. Otoacoustic emissions in industrial hearing loss assessment. *Noise Health* 2001;3(12):75-84.
 - 42) Marshall L, Lapsley Miller JA, Heller LM. Distortion-product otoacoustic emissions as a screening tool for noise-induced hearing loss. *Noise Health* 2001;3(12):43-60.
 - 43) Gorga MP, Neely ST, Bergman B, Beauchaine KL, Kaminski JR, Peters J, Jesteadt W. Otoacoustic emissions from normal-hearing and hearing-impaired subjects: Distortion product responses. *J Acoust Soc Am* 1993;93(4):2050-60.