

만성 항공기 소음 노출과 아동의 지속주의력과 연속수행능력 및 인지기능

임명호¹⁾ · 박영현¹⁾ · 이우철¹⁾ · 백기청¹⁾ · 김현우¹⁾
김현주²⁾ · 노상철²⁾ · 김혜영³⁾ · 권호장⁴⁾

단국대학교 의과대학 정신과학교실,¹⁾ 산업의학교실,²⁾
서울대학교 치과대학 치학연구소,³⁾ 단국대학교 의과대학 예방의학교실⁴⁾

Chronic Aircraft Noise Exposure and Sustained Attention, Continuous Performance and Cognition in Children

Myung Ho Lim, M.D.¹⁾, Young Hyun Park, M.D.¹⁾, Woo Chul Lee, M.D.¹⁾,
Ki Chung Paik, M.D.¹⁾, Hyun Woo Kim, M.D.¹⁾, Hyun Joo Kim, M.D.²⁾,
Sang Chul Rho, M.D.²⁾, Hae Young Kim, D.D.S.³⁾ and Ho Jang Kwon, M.D.⁴⁾

¹⁾Department of Psychiatry, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Korea

²⁾Department of Occupational Medicine, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Korea

³⁾Dental Research Institute, Seoul National University, Seoul, Korea

⁴⁾Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Korea

Objectives : This study was focused on the influence of chronic aircraft noise exposure on children's continuous performance, intelligence and reading skill.

Methods : We enrolled 586 children in 4-6th grade of 7 primary schools near air base in Korea. Continuous performance was measured using the computerized ADS program. We analyzed 477-512 children on the visual continuous performance test, auditory continuous performance test, intelligence test, and reading and the vocabulary test. Intelligence was measured using vocabulary, digit span, block design, and digit symbol tests of K-WISC-III.

Results : The commission error and variability deviation of auditory continuous performance test and reading test were significantly higher among children in schools with the helicopter noise and the fighting plane noise compared to children in the low noised schools.

Conclusion : There was a possibility that chronic aircraft noise exposure was associated with impairment of the school performance. The result of our study also shows chronic aircraft noise was associated with reading ability.

KEY WORDS : Chronic Aircraft Noise · Continuous Performance · Cognitive Function · Reading · Vocabulary · Children.

서 론

환경이 아동의 건강과 발달에 미치는 영향을 이해하는 것

접수완료 : 2007년 5월 20일 / 심사완료 : 2007년 7월 9일

Address for correspondence : Myung Ho Lim, M.D., Department of Psychiatry,
College of Medicine, Dankook University, 16 San Anseo-dong, Cheonan 330-
715, Korea

Tel : +82.41-550-3945, Fax : +82.41-561-3007

E-mail : paperose@dku.edu

이 연구는 2006년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

은 건강한 삶을 유지하고 질병을 예방하는데 중요하다.¹⁾ 대기오염 및 납 등의 중금속이 인간에 미치는 유해 효과는 잘 알려져 있지만, 소음 노출에 대한 유해 효과는 그동안 별다른 관심을 받지 못하였다.^{2,3)} 소음 노출이 신체적으로는 청력 상실 및 고혈압과 같은 심혈관계 질환을 유발할 수 있다는 사실이 여러 연구에 의해 보고된 바 있지만 소음에 의한 심리적인 유해성에 관한 연구는 상대적으로 매우 적었고 또한 주로 성인을 대상으로 한 연구였다.¹⁾ 그러므로 소음노출과 아동의 인지, 정서, 행동 등에 대한 연관성 연구는 매우 적었다.¹⁾ 아동에 대한 체계적인 연구가 적은 이유는 첫째, 정신상태 및

능력에 대한 평가를 체계적으로 수행할 수 있는 방법이 성인 연구에 비해 비교적 최근에 이루어졌고 둘째, 피험자의 연령이 어려서 자신의 내적 상태를 정확하게 보고할 만한 인지적 성숙이 이루어지지 않아 자기보고를 신뢰하기 어렵고 셋째, 노출기간이나 시기 등에 따라 상호작용 효과가 발생하는 등의 결과 해석이 더욱 어려웠기 때문이다.¹⁾

아동은 성인에 비해 이해력과 관련된 인지능력이 떨어지고 예상되는 스트레스 유발요인에 대한 대응전략도 부족하다. 게다가 아동은 신체적, 정신적으로 지속적으로 발달과정에 있으므로 소음과 같은 환경적 스트레스 요인으로 인해 보다 장기적이고 비가역적인 부정적 결과를 초래할 수 있다.⁴⁾ 현재까지 연구된 바에 따르면 소음은 초기 아동기의 발달과 교육, 학습수행 능력과 건강에 장기적인 영향을 미친다. 소음의 효과는 특히 학동기 아동의 학습에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 학습 환경이 지속적으로 소음에 노출될 경우 읽기능력을 비롯한 언어능력의 저하를 보이는 경우가 많고, 주의집중력이 떨어지며, 부산스럽고 산만한 행동을 보일 가능성이 높다는 연구결과가 보고되었다.¹⁾ 비행장 주변의 학교에 다니는 아동들의 읽기능력과 청각자극변별능력을 측정함으로써 비행기 소음이 아동의 학업성취 등에 영향을 미칠 수 있다는 사실이 제시되기도 하였다.⁵⁾ 또한 Bronzaft와 MacCathy는 비행장주변에 거주하는 아동들이 학습과제에서의 수행이 떨어진다고 보고하였다.⁶⁾ Green 등은 비행장 소음에 노출된 아동들은 읽기능력이 떨어진다는 사실을 발견하였는데 이 때 소음의 정도와 읽기능력 저하의 정도는 선형관계를 보였으며, 가장 시끄러운 학교의 학생 3.6%는 가장 조용한 학교 학생들보다 한 학년정도 낮은 수행을 보였다.⁷⁾ Lukas 등도 소음에 노출된 아이들의 읽기 점수는 대조군에 비해 낮다고 하였으나 살고 있는 지역이 조용할 경우에는 학교에서의 소음이 주는 부정적인 효과는 다소 감소를 보인다고 보고하였다.⁸⁾ 최근 Stansfeld 등은 3개의 국제비행장 주변지역의 초등학교 2,844명을 대상으로 한 연구에서 5dB 정도의 비행기 소음노출의 차이가 2개월 정도의 읽기능력 감소와 선형적으로 비례한다고 보고하였다. 또한 비행기 소음은 주로 읽기 이해능력과 인식에서 영향을 주며 이에 비해서 도로 소음은 개념 회상과 정보 회상 등의 기억기능에 영향을 주는 것으로 보고하였다.⁹⁾

소음노출이 단지 청력 등의 신체적 건강에만 영향을 미치는 것이 아니라 정신건강이나 작업 등에 미치는 이차적인 영향이 크고, 또한 발달과정상에 있는 아동의 인지, 정서, 행동 등에 미치는 영향에 대한 연구가 미흡하다는 사실은 앞으로 이 같은 연구의 필요성을 반영하는 것이라 할 수 있다. 본 연구에서는 저자는 항공기 소음에 만성적으로 노출된 아동들

이 그렇지 않은 대조군 아동에 비해서 첫째, 주의력, 충동성 등의 연속수행능력 평가 둘째, 지능 등의 인지기능 셋째, 읽기 및 어휘기능에서 문제 정도를 유의하게 나타낼 수 있는지의 여부를 알아보려고 하였다.

방 법

1. 연구대상

본 연구는 2005년 9월 9일부터 10월 10일까지 ○○시에 소재하고 있는 7개 초등학교의 4~6학년 아동을 586명을 대상으로 하였고 그 중 전투기 비행장 근처에 소재하는 3개 초등학교 아동 329명(전투기 노출군), 헬기 비행장 근처에 소재하는 2개 초등학교 아동 99명(헬기 노출군)과 비행장에서 멀고 소음이 적은 지역에 소재하는 2개 초등학교 아동 158명(대조군)을 비교하였다. 본 연구조사에서는 헬기 소음 노출군과 전투기 소음 노출군을 구분하여 비교하였는데 이는 지역적으로 헬기 비행장과 전투기 비행장이 구분되어서 이용되고 있었고, 헬기의 소음이 전투기에 비해서 정지 비행 등의 특성으로 인하여 한 특정 지역에서 지속적인 소음 노출이 발생한다고 생각되어 구분하여 비교하였다. 선정된 아동들에 대하여 인구조사학적 정보 및 건강행태 등의 내용이 포함된 설문 조사와 주의력결핍과잉행동장애 평가척도, 아동의 지능검사 등이 수행되었는데, 일부 설문 응답의 부분적 누락이 있어서 각 부분의 총 대상자수가 최소 477명에서 최대 586명으로 서로 다르게 나타났다. 특히 읽기 및 어휘평가는 전투기 노출군과 대조군 중 3개 학교의 477명의 학생만을 대상으로 수행하였다.

2. 연구방법

1) 소음측정

지역 소음을 측정하기 위하여 소음측정 예비조사를 2005년 11월 14일 실시하였으며, 측정은 2005년 11월 17일부터 2005년 12월 15일까지 실시하였다. 측정은 일주일 가운데 학생이 학교에 머무르는 주중 시간인 오전 9시부터 16시까지 소음을 측정하였다.

본 연구에서는 비행기 소음이 연속적으로 발생하지 않고 불규칙한 변동소음이라는 점을 고려하여 등가소음(Leq or Ld/n)으로 보완측정을 하였다. 측정점은 옥외측정을 원칙으로 하였으며, 지면 또는 바닥면에서 1.2~1.5m 높이로 하여, 측정위치를 정점으로 한 원추형 상부공간내에는 측정치에 영향을 줄 수 있는 장애물이 없는 장소를 선정하였다. 사용된 소음측정기는 KSC-1502에 정한 보통소음계 또는 동등이상의 성능을 가진 것으로 누적소음측정기(Larson Davis

SparkTM 706/703, Noise Dosimeter, USA)를 사용하였다.

2) 역학 질문지

아동의 기본 설문문항으로 성별, 연령, 학년, 현거주지 및 학교에서의 소음노출 정도, 과거 전학 여부 등에 관한 문항으로 이루어져 있다. 또한 아동 부모에 대한 설문 문항으로는 부모 직업, 학력수준, 과거 이사 및 전학 등에 관한 설문으로 이루어져 있다.

3) 주의력결핍과잉행동장애 평가척도

(1) 단축형 코너스 평가척도(Abbreviated Conners' Rating Scale-Revised)

소아 주의력결핍과잉행동장애의 주요 증상을 평가 및 판별하기 위하여 Conners가 개발한 Conners' Rating Scale을 Goyette 등이 10문항으로 단축하여 고안하였으며, 오경자가 국내의 소아에서 신뢰도 등을 산출하였다.¹⁰⁾ 부모 혹은 교사가 아동의 행동을 4점 척도로 표현하여 행동 증상이 전혀 없으면 0점, 약간 있으면 1점, 상당히 있으면 2점, 아주 심한 경우는 3점으로 평가하게 되어 있다. 점수의 범위는 0~30점이며 부모 평가치는 16점, 교사 평가치는 17점 이상일 경우 주의력 결핍과잉행동장애로 의심할 수 있다.

(2) DuPaul 주의력결핍과잉행동장애 평가척도(DuPaul Attention-deficit hyperactivity disorder Rating Scale, ADHD-RS)

DuPaul 주의력결핍과잉행동장애 평가척도는 주의력결핍과잉행동장애의 진단을 위하여 DSM-IV 진단기준을 부모와 교사가 평가할 수 있도록 변환하여 고안되었다. 18문항으로 이루어져 있으며 각 문항은 0점부터 3점까지 채점할 수 있어 총점은 0~54점까지이다. 홀수문항은 부주의를 평가할 수 있도록 되어 있고, 짝수문항은 과잉행동/충동성을 평가할 수 있도록 만들어져 있다. 김영신 등에 의하여 국내 표준화가 이루어져 있으며, 부모용은 19점 이상, 교사용은 17점 이상인 경우 주의력결핍과잉행동장애를 의심할 수 있다.¹¹⁾

4) 연속수행능력평가(Computerized attention-deficit hyperactivity disorder diagnostic system program)

Attention-deficit hyperactivity disorder Diagnostic System(ADS)는 국내에서 가장 널리 쓰이고 있는 연속수행 검사 중 하나이다. 1999년에 신민섭과 홍강의 등에 의하여 개발되고 표준화되었으며, 시각검사와 청각검사로 나누어져 있다.¹²⁾ 전반적인 주의력을 평가할 수 있으며, 세부적인 평가 지표로는 누락오류, 오경보 오류, 정반응시간의 평균, 정반응시간의 표준편차, 민감도, 반응기준 등이다. 누락오류, 오경보

오류, 정반응시간의 표준편차 상에서 70 이상의 점수가 나타나는 경우에는 일차적으로 경계 수준 혹은 지속적 주의력의 저하를 나타내며, 임상적으로는 주의력결핍과잉행동장애를 의심해 볼 수 있다.¹²⁾

5) 한국판 아동용 Wechsler 개인지능검사(Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children-III, K-WISC-III)

Wechsler가 개발한 아동용 지능검사(Wechsler Intelligence Scale for Children, WISC)는 1949년에 제작되었고, 국내에서는 광금주 등이 K-WISC-III로 표준화하였다.¹³⁾ 본 연구에서 시행된 K-WISC-III의 소검사는 언어성 소검사 6개 중 '어휘'와 '숫자', 동작성 소검사 7개 중 '토막짜기'와 '기호쓰기'이다. '어휘'와 '토막짜기' 소검사는 각각 언어성 지능과 동작성 지능을 대표할 수 있는 소검사로서 전체 지능과의 상관성이 높다. '어휘' 소검사는 전체 지능과 가장 높은 상관관계를 가지고 있어 일반지능을 나타내는 지표가 되며, 학습능력과 언어적 지식의 정도, 일반개념의 범위를 측정할 수 있다. 또한 초기 교육환경의 영향을 반영한다는 점에서 노출군과 대조군 사이의 학습 환경의 영향, 학업의 성취 상의 시사점도 고려될 수 있다. '토막짜기' 소검사는 지각 구성능력과 공간적 표상능력, 시각-운동 협응능력 등을 주로 측정하는 소검사로 아동의 동작성 기능을 대표할 수 있다. '어휘' - '토막짜기' 단축검사는 전체 지능지수와 높은 상관관계를 보이며 반복 신뢰도 역시 매우 높은 수준이다.^{14,15)} '숫자' 소검사는 일반지능검사에도 포함되어 있는 것으로 아동의 단기기억의 범위를 평가하는 데 유용하다. '기호쓰기' 소검사는 모방능력을 측정하는 검사로서 학습, 개념형성, 예측, 계획 수립과 같은 고차적인 능력을 요구하지 않으며, 환경적인 요인에 의한 영향을 평가하는데 유용하다. '숫자' 과제가 청각적인 자극에 대하여 주의를 기울이는 능력을 반영한다면 '기호쓰기'는 시각적 자극에 대하여 주의능력을 반영하는 것으로 알려져 있다. 각각의 심리검사는 심리학과 석사과정 중인 4명의 검사자가 시행하였다. 검사자들은 각 학교를 방문하여 검사자와 아동간에 1대1로 검사를 진행하였다.

6) 읽기 및 어휘 평가

읽기는 문자에 대한 해독인 글자 해독과 글의 의미 파악을 말하는 독해로 나누어진다. 글자 해독이란 단어를 구어로 바꾸는 과정을 뜻하며, 독해는 자신의 선행지식을 글에서 제시되는 정보와 합치면서 의미를 형성해 가는 과정을 뜻한다.¹⁶⁾ 읽기 이해에 영향을 주는 요인으로는 글자해독 및 읽기 유창성, 부족한 선행지식, 읽기 이해 모니터링의 결함, 어휘력 부족 등을 들 수 있다. 이러한 요인 중 어휘력은 학년이 올라가

면서 중요성이 더욱 강조되는데, 어휘 수준은 크게 세 가지 수준으로 나눌 수 있다: a) 관련 지식: 구체적인 정의 및 단일 맥락에서 단어 학습, b) 이해 지식: 문장 내 단어의 의미 파악 및 단어 사용, 단어를 분류 상위·하위 개념과 관련하여 분류, 단어의 다양한 의미 이해, c) 생성 지식: 단어의 정의를 자신의 말로 바꾸어 표현, 자신의 선행지식과 관련, 여러 맥락에 단어 의미 적용. 본 연구에서는 읽기 이해와 어휘력을 측정할 수 있는 다음의 두 가지 검사 도구를 사용하였다.

(1) 한국교육과정평가원 국어 읽기 진단·배치검사

학생의 전반적인 읽기능력을 측정하기 위하여 한국교육과정평가원에서 개발한 '기초학력부진학생 진단·배치검사'를 사용하였다. 진단·배치검사는 한국교육과정평가원에서 수행한 연구결과를 토대로 하여 세 가지 영역의 총 20종의 검사를 개발하였다: a) 국어 기초학습(4종), b) 국어읽기(4종), 수학(12종). 본 연구에서 '국어읽기' 검사를 사용하였으며, 이 검사는 초등학교 3학년에서 6학년 학생용 각 1종씩 총 4종으로 구성되어 있다. '국어읽기'는 읽기 이해와 어휘를 측정하는 7문항을 통해 학생의 기본적인 읽기 수준을 평가할 수 있도록 개발되었다. 본 연구에 참여한 학생들은 해당학년의 검사(읽기 II, 난이도 상)와 이전 학년 검사(읽기 I, 난이도 하)를 합하여 총 14문항(각 문항 당 1점)을 답하였으며, 검사는 30분 동안 집단검사로 실시하였다. 국어읽기 진단·배치검사에서 난이도 상/하 검사는 각각 7점 만점이다.

(2) 어휘력검사

학생의 어휘력을 알아보기 위하여 국내외 선행연구를 바탕으로 두가지 하위유형으로 구성된 어휘력 검사를 개발하여 실시하였다: a) 반대말검사, b) 유추검사. 이 두 검사는 측정하고자 하는 목표 어휘수준에 있어 차이가 나는데, 반대말 검사는 관련지식 수준(난이도 하)을 측정하는 것을 목표로 하며, 유추 검사(난이도 상)는 이해 지식을 측정하는 것을 목표로 한다.^{17,18,19)} 어휘력검사 개발에 있어 서상규 등이 정리한 5,000개의 기본어휘와 김광해의 1, 2등급 어휘를 참조하

였으며, 반대말 검사는 총 25문항(각 문항 당 1점)과 유사어 검사는 총 20문항(각 문항 당 1점)으로 구성하였다.^{20,21)} 두 검사는 주관식으로 제시되었으며, 학생들은 20분 동안 집단 검사로 실시하였다. 학생은 우선 예시 문항을 보고 이해한 후, 본 문항을 응답하였다. 반대말 검사의 예시 문항은 '낮의 반대말은 밤입니다'이고 본 문항은 '위-()'이며, 유추검사의 예시 문항은 '강아지-견다, 새-날다'이고 본 문항은 '소년-소녀, 남자-()'이다.

3. 통계 분석

자료는 한글판 SPSS 12.0을 이용하여 처리하였으며, 통계분석에는 필요에 따라 역학설문 평가에는 교차분석을 시행하였고, 단축형 코너스 평가척도, ADHD-RS에는 교차분석, 부학력에 따른 층화분석을 함께 시행하였으며, 전산화 ADS 검사, K-WISC-III, 읽기 및 어휘능력 평가에는 연령, 성, 부모학력, 경제수준에 따른 보정을 시행한 공분산분석(ANCOVA)이 사용되었으며, 세 군 간에 유의한 차이가 나타나는 경우에는 사후검정을 함께 시행하였다. 각각 p 값이 .05 미만인 경우를 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결 과

1. 소음수준 평가

대조지역과 헬기 및 전투기 비행장 주변의 초등학교 7개교를 소음을 측정된 결과는(Table 1)과 같다. 대조군에서는 A 초등학교가 Lmax 80.2dB(A), B 초등학교가 Lmax 78.8 dB(A)이었다. 전투기 비행장 주변의 학교 중 E 초등학교가 Lmax 92.2dB(A)로 가장 높았고 다음으로 D 초등학교는 Lmax 89.9dB(A), C 초등학교는 Lmax 84.1dB(A)순이었으나, 평균에서는 D 초등학교가 Lmax 83.8dB(A)로 가장 높았다. 헬기 비행장 주변의 초등학교인 F 초등학교 Lmax 87.4dB(A)보다 G 초등학교가 Lmax 90.0dB(A)로 높았으나, 주중 평균에서는 G 초등학교의 Lmax 86.0dB(A)보다

Table 1. Noise amount analysis at primary schools

Group	Primary school	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Total (Mean)
		11/29	11/30	12/1	12/2	
Control group	A school		73.8		80.2	80.2(77.0)
	B school	74.4	70.3		78.8	78.8(74.5)
Fighter aircraft noise group	C school	73.9	84.1	80.7		84.1(79.6)
	D school	89.9	81.6	79.9		89.9(83.8)
	E school	67.8		82.0	92.2	92.2(80.7)
Helicopter aircraft noise group	F school	87.4	86.2		87.2	87.4(86.9)
	G school	88.1	90.0		80.0	90.0(86.0)

Noise Amount Unit : Lmax (The maximum sound level)

F 초등학교가 Lmax 86.9dB(A) 약간 높았다. 이러한 피크들의 크기 및 순서의 차이는 비행기의 이륙과 착륙이 피크 분석 시간대마다 다르게 나타나고 있다.

2. 역학설문지 평가

Table 2는 역학적 설문지에 빠짐없이 응답한 대상자인 586명에 대해서 일반적 특성을 기술하였다. 이중에서 남자는 302명(51.5%), 여자는 284명(48.5%)이었고 노출군과 성별군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 아동의 연령은 9세에서 13세 사이였고, 평균 연령은 10.6세였으며, 세 군의 노출군으로 나누어진 집단에서 대조군에 비해서 헬기 및 전투기 소음 노출군이 유의한 차이를 나타내었다.

3. 주의력결핍과잉행동장애 평가

총 586명이 검사를 수행하였으나 역학적 설문지를 누락

한 아동 28명은 결과분석에서 제외하였으며 558명의 분석치를 제시하였다(Table 3). 본 연구조사자는 종속변인에 영향을 줄 수 있는 교란 변인에 따라 교차분석을 각각 시행하였고, 아버지의 학력에 따른 층화분석을 결과치에 대하여 각각 시행하였으나 종속변인에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4. 연속수행능력 평가

ADS로 수행되었던 연속수행능력평가는 총 554명의 아동이 수행하였으나 역학 설문지를 응답하지 않았던 아동을 제외하고 결과적으로는 시각 연속수행능력평가에서는 484명, 청각 연속수행능력평가에서는 512명으로 결과자료를 제시하였다. 연령, 성, 부모학력, 경제수준에 따른 보정을 시행한 공분산분석을 시행한 결과로서 시각검사에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 청각검사에서는 오경보 오류, 변이성에서 각각 세 군 간에 유의한 차이를 나타내었다(Table 4).

Table 2. Demographic variables of subjects by exposure groups (N=586)

	Control group (N=158)	Helicopter aircraft noise group (N=99)	Fighter aircraft noise group (N=329)	p
Age (Mean±S.D)	10.78±0.97	10.34±0.88	10.57±0.94	.001*
Sex	Male	75(47.5)	177(53.8)	.414†
	Female	83(52.5)	49(49.5)	

These data represent mean±standard deviation and number (percent). * : Statistical value by ANOVA test, † : Statistical value by chi-square test

Table 3. Scores of DuPaul attention-deficit hyperactivity disorder rating scales by exposure groups (N=558)

	Control group (N=156)	Helicopter aircraft noise group (N=92)	Fighter aircraft noise group (N=310)	p*
DuPaul>19	12(8.1)	9(10.6)	47(15.9)	.054
DuPaul-inattention>10	21(13.9)	16(17.8)	69(22.5)	.085
DuPaul-Impulsivity>10	6(3.9)	7(7.7)	30(9.7)	.093
Conners>16	7(4.5)	10(10.9)	19(6.1)	.134

These data represent number(percent). DuPaul : DuPaul ADHD Rating Scale, Conners : Abbreviated Conners Parent-Teacher Rating Scale, * : Statistical value by chi-square test

Table 4. Scores of continuous performance test by exposure groups (N=484)

	Control group ¹	Helicopter aircraft noise group ²	Fighter aircraft noise group ³	p
Visual (N=484)	N=141	N=94	N=249	
Omission error	47.32± 9.21	47.89± 7.83	48.10± 8.84	.909
Commission error	49.23±11.51	52.86±11.43	52.56±11.21	.104
Response time	39.38±10.75	42.32±10.93	38.65±10.45	.056
Variability	44.55± 8.80	46.80± 9.66	46.20± 9.81	.552
Auditory (N=512)	N=133	N=95	N=284	
Omission error	57.19±20.78	62.24±27.80	67.02±26.08	.110
Commission error	61.14±24.65	67.88±30.70	75.62±35.08	.023*
Response time	47.83±15.46	49.40±16.62	45.35±20.66	.208
Variability	52.64±12.07	60.60±20.62	57.42±17.65	.001†

ANCOVA test was performed after age, sex, academic level of father, and socioeconomic status were corrected. * : 1, 2<3, † : 1 < 2, 3

Table 5. Scores of Intelligence test by exposure groups (N=490)

	Control group (N=131)	Helicopter aircraft noise group (N=96)	Fighter aircraft noise group (N=263)	p
Digit symbol	9.11±2.66	7.97±3.04	8.21±2.85	.135
Digit span	10.53±2.57	9.39±3.19	9.81±2.75	.055
Block design	9.82±2.79	8.54±3.23	9.11±3.08	.070
Vocabulary	10.95±3.15	9.75±3.14	9.92±3.44	.381

ANCOVA test was performed after age, sex, academic level of father, and socioeconomic status were corrected

Table 6. Scores of reading and vocabulary test (N=477)

Variables	Control group (n=138)	Fighter aircraft noise group (n=339)	p	
Reading test	Low difficulty	6.0±0.1	5.4±0.08	<.001
	High difficulty	5.7±0.1	4.8±0.09	<.001
	Total	11.7±0.2	10.3± 0.1	<.001
Vocabulary test	Synonym	12.1±0.3	11.4± 0.2	.112
	Antonym	12.0±0.3	11.6± 0.2	.339
	Total	24.2±0.6	23.1± 0.4	.154

ANCOVA test was performed after age, sex, academic level of father, and socioeconomic status were corrected

5. 지능평가

지능검사를 수행한 아동 수는 569명이었으나, 이 중에서 역학 설문지 내용이 누락되었던 아동 79명을 분석 자료에서 제외하였고 결과에는 490명만을 제시하였다. 아동의 지능평가에서는 연령, 성, 부모학력, 경제수준에 따른 보정을 시행한 공분산분석을 시행한 결과로서 세 군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 5).

6. 읽기 및 어휘능력평가

읽기 평가 및 어휘능력 평가는 헬기소음 노출군에 대해서는 검사를 시행하지 못하였다. 평가에 참여한 아동은 앞서의 검사와는 달리 3개 학교만이 시행되었으며, 477명이 역학적 설문지 응답과 함께 읽기 및 어휘평가가 수행되었다. 국어 읽기, 진단·배치 검사에서는 두 군 간에 평균비교를 시행하였는데 읽기능력은 난이도 하, 상, 총점 모두에서 대조군과 전투기 소음노출군 간에 유의한 차이를 나타내었고, 어휘검사에서는 총점에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 6).

고 찰

소음노출과 소아의 정신건강과의 연관성에 대한 연구는 1970년대부터 소규모의 실험실적인 연구가 이루어지기 시작하였으나, 종속변인에 영향을 줄 수 있는 교란 변인들의 통제에 대한 접근을 하면서 방법적으로 잘 고안되어진 연구가 시작된 것은 최근의 1990년대부터라고 하겠다.²²⁾

소음노출과 아동 행동문제와의 연관성에 관한 선행연구는 매우 드물다. Cohen 등²²⁾은 지속적인 소음에 노출되는 아동들이 부산하고 산만한 행동을 보일 가능성에 대해서 기술한

바 있으나 외국의 대단위 연구에서 이러한 내용을 확인한 경우는 아직 없었다. 국내연구에서 조선미는 단축형 코너스 주의력결핍과잉행동장애 평가척도를 이용하여 총점을 비교하였으며, 부모가 평정한 측정치에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 교사가 평가한 측정치에서는 유의한 차이가 나타난다고 보고하였다.²³⁾ 본 연구조사에서는 보호자에 의해서 자가 보고된 단축형 코너스 평가척도 및 Dupaul 주의력결핍과잉행동장애 평가척도 점수에서는 세 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았는데, 컴퓨터를 이용한 지속적 주의력 검사에서는 유의한 차이를 나타내었다.

Haines 등은 서부 런던학교 연구에서 소음노출이 내재화 증상 혹은 우울과 불안과 같은 감정장애보다는 과다행동과 더욱 연관이 있음을 보고하였는데, 이는 과거 Cohen 등이 제안한 가설과 일치한다.²⁴⁾ 즉 소음노출이 각성수준을 변화시키게 되며 이때문에 과다행동이 나타나게 되고 만성적인 상황이 지속됨에 따라서 과다행동도 만성화된다는 것이다. Yerkes 등이 제시한 것처럼 각성수준과 수행·학습능력은 역 U 형태로 나타나므로 초기에 각성수준이 높아질 때에는 수행·학습능력이 높아지지만 각성수준이 더욱 높아져서 지나치게 되면 수행·학습능력은 오히려 감소된다는 것이다. 소음노출도 이와 같은 가설을 제안 할 수 있겠다. 즉 초기의 소음노출은 각성수준을 증가시키고 이에 따른 수행·학습 능력도 다소 상승할 수 있겠지만 만성화된 소음노출이 이루어지면 각성수준도 지나치게 높아지게 되므로 이때문에 오히려 수행·학습능력도 감소된다는 것이다. 과거의 연구결과들은 소음에 노출된 기간과 수행능력간의 유의한 연관이 있다는 점에 비교적 일치된 소견을 보이고 있으나, 구체적인 기

간에 대해서는 여러 가지 의견들이 있다. Cohen 등은 비행장의 소음에 노출된 학교 아동 연구에서 처음 2년 정도의 소음 노출은 대조군에 비해서 오히려 높은 주의력 상승을 보이지만, 4년 정도의 소음노출에서는 주의력이 대조군에 비해서 낮거나 동일하다는 연구결과를 제시한 바 있다.²⁾ Haines 등은 영국 히드로 비행장 연구조사에서 8~11세의 학교 아동 275명을 대상으로 읽기 이해, 지속된 주의력, 성가심 등을 평가하였으며 1년 뒤 다시 같은 내용을 추적 관찰하였는데, 여전히 소음노출군과 대조군 사이에 유의한 차이를 관찰하였다.²⁴⁾ 본 연구에서 전산화 연속수행능력평가의 청각검사에서도 과도 오류, 변이성에서 노출군과 대조군 사이에 유의한 차이가 관찰되었는데 특히 시각검사에서보다 청각검사에서 유의한 오류의 차이가 나타난 것은 소음이 시각주의력 보다는 청각주의력에서 보다 큰 영향을 미치고 있음을 추정할 수 있다. 과거 선행연구에서는 청각주의력에 대해서 세분화된 선택적 이상소견을 보고한 바 없었기 때문에 본 연구에서의 청각주의력의 과도오류와 변이성의 이상 소견은 처음으로 보고되는 것으로 생각된다. 시각주의력에 비해서 청각주의력이 선택적으로 손상된 것은 검사당시의 소음노출에 의한 일시적인 결과라고 보기는 어려우며 장기적인 소음노출로 인하여 취약한 청각주의력이 시각주의력에 우선하여 나타난 것으로 추정된다.

본 연구조사에서 인지적 상태를 평가하기 위한 지능평가에서는 연령, 부모학력을 보정한 경우에는 기호쓰기, 토막, 숫자에서 유의한 차이가 나타났지만, 연령, 성, 부모학력, 경제적 수준을 보정한 공분산 분석결과에서는 유의한 차이가 나타나지 않아서 경제상태 등의 가정적 요인이 주된 교란변인으로 작용하고 있음을 추정하게 한다. 지능평가의 소검사 중 장기기억력을 반영하는 어휘점수가 본 연구조사에서는 노출군과 대조군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 과거 뮌헨 비행장의 연구에서 노출군이 장기기억력에서 유의한 손상이 있었다는 결과와는 다른 결과이다. 그러나 어휘평가는 상기의 능력 이외에도 추상적 사고력, 학습능력, 언어적 표현능력 등을 반영하는 지표이기도 하며, 또한 가정에서의 문화적 기회, 흥미, 독서량, 초기 환경의 풍부함, 그리고 학교학습 등의 요인에 의해 영향을 받기도 한다.²⁵⁾ 그러므로 이러한 요인들을 고려한 보다 정확한 평가가 이후의 연구에 있어야 할 것으로 보인다. 본 연구의 전산화 연속수행능력평가에서 노출군의 지속적 수행능력 감소소견이 나타났는데 이는 과거 선행 연구인 Stansfeld 등의 연구에서 만성 비행기 소음노출군과 대조군 사이에 지속적인 집중력 등에는 유의한 차이를 보이지 않았던 것과는 다른 결과이다.⁹⁾ 본 연구는 선행 연구와 지속적인 집중력을 평가하는 방법이 다

르기는 하지만, 연구조사에서 시행한 전산화 연속수행능력평가가 국내외적으로 객관성이 있는 표준화검사이므로 충분히 의미가 있는 결과라고 할 수 있을 것이다. 외국의 대표적인 연구에서 개인 지능을 평가한 연구는 없었다. 대규모 연구일수록 개인의 지능을 평가하는 데에는 많은 시간과 경제적인 어려움이 따르게 되므로 개인적인 인지능력을 평가하는 데에는 설문지를 이용한 경우가 대부분이었다. 최근 국내에서 개인적인 지능을 단축형으로 평가한 연구가 있었다.²³⁾ 조선미는 비행기 소음노출에 대한 선행연구에서 숫자쓰기와 기호쓰기에서는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 시각적 그림찾기검사에서는 노출군과 대조군 사이에 유의한 차이가 있음을 보고하였다. 그리고 이러한 결과에 대하여 소음노출에 대한 주의력의 폭이 제한되면서 숫자쓰기나 기호쓰기와 같은 단순하고 수동적인 검사항목은 차이를 보이지 않았지만 시각적 그림찾기와 같은 복잡하고 보다 능동적인 탐색을 요하는 검사항목은 유의한 차이를 보였다고 설명하였다.²³⁾ 본 연구에서는 숫자쓰기와 기호쓰기와 같은 과제에서도 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Haines 등²⁴⁾은 런던의 히드로 비행장 주변에 있는 10개 학교의 학생 451명을 대상으로 소음과 인지수행능력을 연구조사 하였는데, 저수준의 읽기 평가에서는 유의한 차이가 없었지만, 고수준의 읽기 평가에서는 수행능력 저하됨을 관찰하였다. Evans 등²⁾의 뮌헨 비행장 연구에서는 비행기 소음노출군에서 고수준의 읽기능력 및 언어 수용력에서 유의한 손상이 있었고 비행기 소음에 노출된 기간이 2년 이상이었다는 경우에서 읽기능력에서 더욱 유의한 손상이 있었다. Stansfeld 등은 2002년경에 스키폴(네델란드), 바라자(스페인), 히드로(영국) 비행장의 인접지역에 있는 89개의 초등학교에서 9~10세의 아동 2,844명을 대상으로 조사한 대단위 연구를 시행하였으며 만성 비행기 소음노출군에서 대조군에 비해 읽기 이해에서 유의한 차이를 나타내었다고 보고하였다.⁹⁾ 이에 반해서 도로교통 소음노출군에서는 읽기 이해에서 유의한 차이를 나타내지 않았다고 하였다. Evans와 Maxwell 등은 이러한 결과에 대해서 만성소음에 노출되면 청각적 구분능력과 언어 지각이 감소하게 되어 결과적으로 읽기능력이 감소하게 된다고 설명한 바 있다.²⁾ 본 연구조사에서는 소음노출과 아동의 읽기능력은 연관이 있는 것으로 나타났으며 소음노출과 어휘능력은 연관이 없는 것으로 나타났다. 이러한 두 가지의 유사한 결과는 과거의 선행연구와 비교적 일치하는 결과이다. 그러나 본 연구조사에서는 고수준의 읽기능력 뿐만 아니라 저수준의 읽기능력에서도 저하된 소견을 보였으며 이는 만성화된 소음노출이 본 연구조사에 많았던 점 등이 좀 더 심각한 결과를 나타내게 된 것으로 추정된다. 소음

노출군을 헬기 노출군과 전투기 노출군으로 구분하였는데, Du-Paul 주의력결핍과잉행동장애 평가척도, 전산화 연속수행능력평가, 읽기 및 어휘 평가 등의 대부분의 결과에서 헬기군이 전투기 노출군에 비해서 심각한 영향을 보이고 있었다. 이러한 결과는 전투기 노출지역에 비해서 헬기 노출군이 소음의 최고 점은 작지만 지속적인 소음에 노출됨으로서 차후 대책에 있어서 더욱 소음 방지를 위한 노력이 필요함을 알 수 있다. 본 연구의 제한점으로는 다음과 같은 점들을 생각해 볼 수 있다.

첫째, 단면조사 연구이므로 소음에 만성적으로 노출된 결과적 상황만을 평가할 수밖에 없었다는 점이다. 급성적인 노출과 만성적인 노출 상황에 대해서 전향적인 연구가 이루어진다면 소음이 정신건강에 미치는 영향을 좀 더 분명하게 이해할 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구에서는 소음의 영향이 급성인지 만성인지 구분하기는 어려웠는데, 그 이유는 검사를 수행하는 동안 검사장소에서 노출된 실내외의 소음의 정도를 알 수 없었기 때문이다. 그러나 검사장소의 소음환경을 고려한 선행의 연구결과, 학업수행에 영향을 주는 것은 급성이 아닌 만성적인 소음 노출이라는 사실을 강하게 시사한 바 있다.⁴⁾ 따라서 만성적인 소음의 영향을 평가한 본 연구의 결과는 소음의 영향이 아동에게 미치는 효과를 잘 나타낼 것으로 보인다. 아동은 원치 않는 소음에 노출될 때 초기에는 소음을 듣지 않으려고 하는 적응노력을 하게 되는데 이 시기에는 오히려 주의력과 청각적인 감별능력이 항진되기도 한다. 그러나 소음노출 기간이 점점 더 길어지게 되면 소음을 듣지 않으려는 방어가 과다하게 일반화되어서 모든 음에 대한 무분별한 청각적 감별이 어려워지는 상태에 이르게 되며, 이때문에 언어 이해능력도 감소되어진다.⁹⁾ 그러나 지속적 주의력이 소음에 의해서 영향 받지 않는다고 하는 선행 연구보고도 있어서 아직까지는 논란이 많다.

둘째, 본 연구에서는 사회경제적 요소로 부모의 학력과 직업, 그리고 가정소득을 포함하였는데 이는 개인적인 수준의 요소만을 담고 있으나, 다니는 학교 자체의 사회경제적 요소-예를 들어 정부의 보조를 받는 학생이나 특수교육을 필요로 하는 학생의 비율이 어느 정도인지-등이 고려되지 않았다. Haines 등은 런던의 히드로 공항주변의 학교를 대상으로 한 연구에서 소음의 노출정도와 양적인 연관성을 나타내어서 수학능력시험의 읽기와 수학점수가 감소함을 보였으나, 이 결과는 학교의 사회경제적 요소와 개인의 사회경제적 요소를 모두 포함하여 다수준 모델분석을 시행한 결과는 통계적으로 유의하지 않게 됨을 보인바 있다.²⁴⁾ 이는 결국 소음 노출과 사회경제적 요소는 서로 밀접하게 연관되고 결합되어 학업수행에 영향을 미친다는 것을 말해주며, 결국 학교의 사회경제적 요소를 충분히 고려하지 않은 것이 본 연구의 제

한점이 될 수 있다고 할 수 있다.²⁴⁾ 다만 본 연구조사는 시행된 지역의 특성상, 연구에 포함된 모든 초등학교가 같은 언어적 문화적 환경에 속해 있으며, 모두 공립학교로서 비교적 학교간의 사회경제적요소의 차이가 적은 것이 본 연구가 외국의 선행연구에 비해서 다른 점이라고 할 수 있다.

셋째, ○○시의 지역적 특색도 본 연구가 전국 아동의 대표집단으로 보기에는 무리가 있다. ○○시는 인구 40만의 중소 도시에 속해 있으며, 최근 급증하는 유입인구로 인하여 특히 젊은 부부층 및 어린 아동이 늘고 있는 전형적인 신생도시이다. 인구가 점차로 줄고 있는 농어촌 지역이나, 중장년층 부부가 많은 다른 도시의 경우가 함께 연구되어서 비교될 수 있도록 하여야 할 것이다.

넷째, 종속변인에 영향을 주는 교란 변인에 대한 요소로서 아동 부모의 임신 중 소음노출 상태, 아동의 조산아 혹은 저체중출산아 상태, 총 노출기간 등을 고려해볼 수 있는데 본 연구조사에서는 연령, 성, 부모 학력, 경제적 수준에 따라서만 보정을 하였다라는 점이다.

본 연구조사는 소아청소년정신과의 임상에서 가장 많이 사용되고 있는 표준 검사 및 척도를 이용하였으며 대단위 연구에서는 시행하기 어려웠던 개별적인 인지기능평가 및 집중력 등의 수행 능력을 평가하였다. 대부분의 시간을 학교에서 지내는 학생이라는 특성으로 인하여 학교에서의 평가가 필요하였고 이러한 평가가 아동의 거주지에서의 영향을 배제할 수는 없었기에 본 연구결과가 지역아동을 대표한다고 보기에 어려움이 있다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 표준화된 전산화 평가 및 지능평가, 그리고 평가척도에서 얻은 본 연구 결과는 추후의 연구와 연구결과를 비교하는 데에 있어서 충분히 이용 가능한 자료가 될 것으로 기대한다. 한편 충분히 많은 수의 인원을 대상으로 하고, 개별적인 개인의 소인에 따르는 변인을 고려할 수 있으며, 단면적 연구가 아닌 전향적으로 시간의 특성에 따라서 연구결과를 살펴볼 수 있는 추후 연구를 기대한다.

결 론

만성적인 소음노출은 초기 아동기의 발달과 교육, 학습 수행능력과 건강에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다. 본 연구는 만성적인 항공기 소음 노출과 아동의 주의력, 연속수행능력, 지능, 읽기 및 어휘능력 등과 연관성을 알아보고자 하였다. 연속수행능력평가에서는 청각검사의 과도요류 및 변이성에서 두 소음 노출군이 대조군에 비해 유의한 차이를 보였으며, 지능평가 및 어휘검사에서는 유의한 차이를 나타내지 않았고, 읽기검사에서 소음 노출군이 대조군에 비해

유의한 차이를 보였다. 만성적인 항공기 소음에 노출된 아동에서 지속주의력 및 연속수행능력의 저하가 나타났으며, 이러한 결과는 만성적인 소음노출이 아동의 학교 수행능력과 연관성이 있는 것으로 추정할 수 있다. 또한 읽기검사에서도 연관성을 나타내었으나, 이러한 결과는 추후 방법적인 개선을 보완한 대단위의 연구결과가 필요할 것으로 보인다.

중심 단어 : 만성 항공기 소음 · 연속수행능력 · 인지능력 · 읽기 · 어휘 · 소아.

References

- 1) Stansfeld SA, Haines MM, Burr M, Berry B, Lercher P. A review of environmental noise and mental health. *Noise Health* 2000;2:1-8.
- 2) Schwartz J. Air pollution and children's health. *Pediatrics* 2004; 113 (suppl4):1037-1043.
- 3) Bellinger DC. Lead. *Pediatrics* 2004;113 (suppl4):1016-1022.
- 4) Evans GW, Kielwer W, Martin J. The role of the physical environment in the health and well-being of children. In: Schroeder HE, editor. *New direction in health psychology assessment. Series in applied psychology: social issues and questions.* New York: Hemisphere Publishing Corporation;1991. p.127-157.
- 5) Evans GW, Lepore SJ. Nonauditory effects of noise on children: a critical review. *Child Environ* 1993;10:31-51.
- 6) Bronzaft A, McCarthy D. The effects of elevated train noise on reading ability. *Environ Behav* 1975;7:517-528.
- 7) Green KB, Pasternack BS, Shore RE. Effects of aircraft noise on reading ability of school-age children. *Arch Environ Health* 1982;37:24-31.
- 8) Lukas JS, Dobbs ME, Kryter KD. Disturbance of human sleep by subsonic jet aircraft and simulated sonic booms. *NASA report NO. CR-1780.*1971.
- 9) Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrío I, Fischer P, Ohrstrom E, et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 2005; 365:1942-1949.
- 10) Oh KJ, Lee H. Assessment of ADHD with Abbreviated Conners Rating Scale. *Kor J Clin Psychol* 1989;8:135-142.
- 11) Kim YS, So YK, Noh JS, Choi NK, Kim SJ, Koh YJ. Normative data on the Korean ADHD Rating Scales (K-ARS) for parent and teacher. *Kor J Neuropsychiatr Assoc* 2003;42:352-359.
- 12) Shin MS, Cho SC, Chun SY, Hong KE. A study of the development and standardization of ADHD diagnostic system. *J Kor Acad Child Adolesc Psychiatry* 2000;11:91-99.
- 13) Kwak KJ, Park HW, Kim CT. A pilot study for the standardization of Korean WISC-III. *Kor J Clin Psychol* 2001;14:43-59.
- 14) Silverstein AB. An appraisal of three criteria for evaluating the usefulness of WAIS-R short forms. *J Clin Psychol* 1985;41:676-680.
- 15) Shin MS. Diagnostic evaluation for child psychopathology by Wechsler Intelligence test. 1st ed. Seoul: Hakjisa;2005. p.93-102.
- 16) Williams JP. Improving the comprehension of disabled readers. *Ann Dyslexia* 1998;68:213-238.
- 17) Woodcock RW. *Woodcock Reading Mastery Test-Revised.* Circle Pines, MN:AGS;1998.
- 18) Kim MK. Study of the reliability and development of diagnostic tool in reading disorder [dissertation]. Seoul: Yonsei Univ.;1998.
- 19) Lee NM, Yoon JR. Study of the characteristics and development of diagnostic tool in learning disorder children. Seoul: Korean Education Development Institute;1990.
- 20) Seo SK. Development of dictionary on basic vocabulary meaning frequency at the grade for Korean language education. Seoul: Ministry of Culture and Tourism;2000.
- 21) Kim KH. Vocabulary at the grade for Korean language education. Seoul: Pakijung;2003.
- 22) Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D, Kelly S. Aircraft noise and children: longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise abatement. *J Pers Soc Psychol* 1981;40:331-345.
- 23) Cho SM. Cognitive, behavioral, physiological effect of aircraft noise on children [dissertation]. Seoul: Korea Univ.;2000.
- 24) Haines MM, Stansfeld SA, Job RF, Berglund B, Head J. A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *Int J Epidemiol* 2001;30: 839-845.
- 25) Shin MS, Kim HM. Neuropsychology in neurodevelopment. *J Kor Acad Child Adolesc Psychiatry* 2005;16:33-46.