

소음 노출 남성 근로자에서의 청력저하와 혈청 마그네슘의 관련성

순천향대학교 의과대학 산업의학과. 경북대학교 의과대학 예방의학교실¹
제주대학교 의과대학 예방의학교실². 안산제일병원³

박완섭 · 이종영¹ · 정상재 · 유재영 · 최태성 · 홍성철² · 노성찬³

— Abstract —

The Association of the Serum Magnesium with Hearing Loss Among Noise Exposed Male Workers

Wan Seoup Park, Jong Young Lee¹, Sang Jae Jung, Jae Young Yoo,
Tae Sung Choi, Sung Chul Hong², Sung chan No³

*Department of occupational medicine, College of medicine, Soonchunhyang University,
Department of preventive medicine, School of medicine, Kyungpook National University¹,
Department of preventive medicine, School of medicine, Jeju National University², Ansan jeil hospital³*

Objectives : This study was conducted to investigate that the chronic noise exposure is associated with decreased serum magnesium concentrations and evaluate whether decreased serum magnesium is associated with noise induced hearing loss.

Methods : One hundred seventy-eight male workers exposed to noise were selected and classified three groups by the degree of hearing loss. Hearing threshold levels were less than 30 dB at 1,000 Hz or less than 40 dB at 4,000 Hz in group I, more than 30 dB at 1,000 Hz or more than 40 dB at 4,000 Hz and 15 dB and less of pure tone average(PTA : (500 Hz+1,000 Hz+2,000 Hz)/3) in group II, more than 30 dB at 1,000 Hz or more than 40 dB at 4,000 Hz and over 15 dB of PTA in group III.

Results : Serum magnesium concentrations were 2.42 ± 0.26 mg/dl in group I, 2.35 ± 0.23 mg/dl in group II, 2.26 ± 0.24 mg/dl in group III, respectively and significantly different between group I and group III ($p < 0.01$). It was negatively correlated with duration of the noise exposure as correlation coefficient(r) of -0.194 ($p < 0.05$). Analysis of the multiple regression on hearing threshold levels showed that serum magnesium, diastolic blood pressure, duration of the noise exposure were statistically significant at 4,000 Hz ($p < 0.05$). While only age was statistically significant at 1,000 Hz ($p < 0.05$).

Conclusions : These results suggest that chronic noise exposure may induces decrease in serum magnesium concentrations and that its decreased concentration is related with noise induced hearing loss.

Key Words : Noise induced hearing loss, Serum magnesium

〈접수일 : 1999년 7월 26일, 채택일 : 1999년 12월 4일〉

교신저자 : 박 완 섭(Tel : 0546-463-7151) E-mail : wspark@schgm.co.kr

* 이 논문은 1998년도 순천향대학교 지원에 의한 결과임

서 론

우리 나라의 경우 대다수의 근로자가 소음에 노출되어 있으며, 1994년 기준으로 소음 노출 수준이 90 dBA을 초과하는 작업환경에 노출되고 있는 소음 특수건강검진 대상자가 356,153명에 이르고 있고(한국산업안전공단, 1994), 전체 직업병 유소견자 3,069명중 소음성 난청자가 1,746명으로 56.9%를 차지하여, 유해인자 중 가장 많은 유소견률을 보여(노동부, 1995) 청력보존 프로그램 등의 예방관리사업이 정착되지 않는 한, 다수의 근로자가 소음성 난청에 계속 이환 될 수 있음을 말한다.

소음성 난청에 관여하는 인자로서 Niland와 Zenz(1994)는 소음의 강도, 소음 노출 기간, 개인적인 감수성 등을 들고 있으며, 소음의 강도, 노출기간 등에 대해서는 많은 연구가 시행되어 직업병에 대한 관심도 높아졌고, 유소견자 사후관리에도 많은 기여를 하고 있다. 최근 들어 청력저하에 대한 개인적인 감수성 요인에 대한 연구가 새로운 이슈로 대두되어 비교적 활발히 연구되고 있는데, 심혈관계질환 위험요인, 흡연, 혈액점도, 홍채의 색소 침착 정도, 외이도의 형태, 혈액 백혈구 수, 여성의 생리주기, 음주습관, 전해질 및 비타민의 부족 그리고 정신적인 요인 등이 개인적인 감수성 요인으로 알려져 있다(Dixon, 1995). 국내에서 발표된 청력저하에 대한 개인의 감수성에 대한 연구로는 혈액점도(김상우 등, 1997), 흡연(김진석 등, 1998) 등과 청력저하와의 연관성에 대해 정상인을 대상으로 한 연구가 보고되었고, 감각신경성 청력손실에 영향을 미치는 요인에 대한 연구(홍성철 등, 1998)와 심혈관 요인과 청력 역치와의 상관성에 대한 연구(정성필 등, 1998) 등이 있다. 외국의 경우 소음성 난청과 관련된 개인의 감수성에 영향을 미치는 요인들 중 심혈관계질환 위험요인들이 청력저하에 미치는 영향에 대한 연구가 많이 수행되어 고혈압이나 동맥경화증 그리고 고지혈증 등과 청력저하와의 관련성에 대한 많은 연구 결과가 보고되었다(Drettner 등, 1975; Axelsson 등, 1985; Gold 등, 1989; Gates 등, 1993; Fuortes 등, 1995).

한편 Saunders 등(1985)은 소음으로 인한 청력손실의 기전을 첫째, 신경세포에 대한 소음의 직접적인 영향인 기계적 손상(mechanical injury), 둘째, 소

음으로 인한 신경세포의 대사이상으로 인한 대사성 손상(metabolic injury), 셋째, 신경세포의 혈액순환의 손상(vascular injury) 등 세가지로 구별하였는데, 소음으로 인한 청력저하에 관여하는 감수성 요인으로서 체내 전해질 대사의 변화에 관계된 연구들이 몇편 보고되고 있다. 먼저 동물을 대상으로 한 실험에서 소음으로 인한 청력 손실과 마그네슘 대사의 변화가 연관성이 있다는 보고들(Ising 등, 1982; Altura 등, 1992; Vormann과 Günther, 1993)이 있으며, 인간에게 있어서 소음노출로 인한 청력저하에 마그네슘의 부족이 영향을 미친다는 보고(Joachims 등, 1983; Günther 등, 1989; Galland, 1991-1992)가 있다.

마그네슘은 가장 흔한 세포 내 2가 양이온으로 세포 내의 ATP 양을 조절한다. ATP는 모든 대사에 필수적이기 때문에 정상적인 마그네슘의 확보가 생명을 유지시키는데 필수적이다. 그림 1과 같이 만성적인 소음노출, 부적절한 마그네슘의 섭취, 일상적인 생활에서의 스트레스 등으로 인체 내 마그네슘이 부족하면 세포막의 투과성이 증가되어 세포 내로 Ca^{++} 과 K^{+} 의 유입이 많아지고 더불어 에너지 의존성 이온 펌프(Energy-dependent ion pump)의 요구량이 증가되어 세포내의 에너지가 고갈되고 결국 세포가 사망하게 될 것이라는 게 본 연구의 가설이다.

먼저, 성인에 있어서 마그네슘의 정상적인 일일 섭취량은 36~48 mg인데 주로 신선한 야채, 곡물류(穀物類), 견과류(堅果類), 두류(豆類) 등 식물성 식품에 풍부하게 함유되어 있고 육류, 어류 등 동물성 식품에는 소량만이 함유되어 있다(Knochel, 1998). 산업이 발전하고 생활이 풍요해 질수록 사람들의 식생활 형태는 식물성 식품보다는 동물성 식품을 많이 섭취함으로써 균형 잡힌 식생활이 깨어지고, 식품가공 기술 또한 식품에 함유된 마그네슘 함량을 크게 감소시켰으며 지난 수십년간 마그네슘 함유 인공비료의 사용으로 인하여 토양뿐만 아니라 식물의 마그네슘 함량이 현저히 감소하게 되었다. 이러한 여러 가지 복합적인 요인들로 인해 산업사회를 살아가는 인류로 하여금 충분한 마그네슘의 공급을 제한 받게 되어 인체의 칼로리 당 마그네슘 섭취량은 감소되는 상황이 되고 있다(Ising, 1985).

다음으로 인체는 소음과 사회 심리적 스트레스에 노출될 때 아드레날린과 노르아드레날린 같은 스트

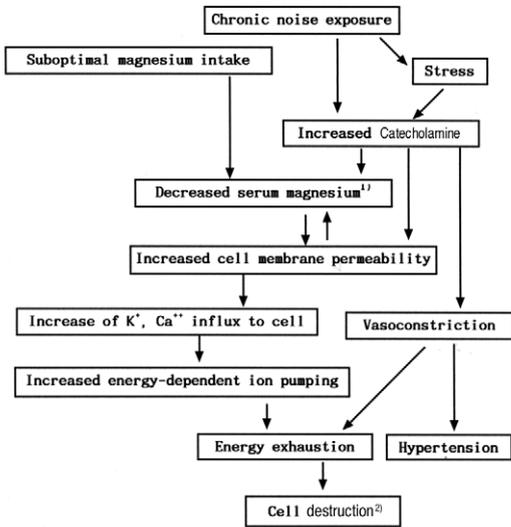


Fig. 1. Biochemical mechanisms of the hair cells destruction due to Magnesium deficiency

- 1) Chronic noise exposure, suboptimal magnesium intake and stress may induce decrease in serum concentration of the magnesium.
- 2) Magnesium deficiency may increase cell membrane permeability of K⁺ and Ca⁺⁺ and then, may cause energy depletion and irreversible damage to the hair cells.

레스 호르몬인 카테콜라민 분비가 증가된다. 이에 대한 결과로서 세포막의 투과성이 증가되고 세포 외액의 마그네슘이 감소한다(Günther 등, 1989). 본 연구는 소음성 난청에 있어서 체내 전해질의 하나인 혈청 마그네슘의 부족과 청력저하와의 관련성을 밝혀보고자 시도되었는데 이는 Saunders 등(1985)이 제안한 두 번째 기전에 기초하여 가설을 설정하였고 가설 모형은 그림 1과 같다. 연구 목적은 장기간의 소음 노출과 혈청 마그네슘 농도와와의 상관 및 혈청 마그네슘과 청력저하와의 관련을 밝혀보고자 한다. 아울러 주파수별 청력저하의 감수성 요인들에 대해 알아보려고 한다.

대상 및 방법

1. 대상자 선정

작업환경 측정결과 작업장 소음이 90 dBA 이상에 노출된 남자근로자 299명중에서 중이염 등 귀의 질

환력이 있는 자, 고혈압, 당뇨병 등 전신질환의 병력이 있는 자, 여러 유해인자에 동시에 노출되는 자, 군대에서의 소음 노출력이 있는 자 등 121명을 제외한 178명을 연구 대상으로 선정하였고 이들을 세 그룹으로 분류하였다.

연구대상자 178명중에서 주파수 1,000 Hz에서 30 dB미만 혹은 주파수 4,000 Hz에서 40 dB미만의 청력 역치를 보인 대상자가 65명(Group I)이었고, 주파수 1,000 Hz에서 30 dB이상 혹은 주파수 4,000 Hz에서 40 dB이상인 대상자가 113명이었다. 이 113명을 3분법으로 15 dB이하인 그룹과 15 dB초과인 그룹으로 청력저하의 정도를 분류하였다. 15 dB이하인 군이 59명(Group II)이었고 15 dB초과인 그룹이 54명(Group III)이었다.

2. 자료 수집

1) 설문조사

연구대상자들에게 연령, 흡연, 교육수준, 경제적 상태, 일상생활중의 스트레스 정도, 식생활 습관 등 일반적인 사항과 소음 직업력, 군대에서의 소음 노출력, 그 외 소음과 관련된 내용, 과거 병력 등에 대한 구조화된 설문지를 작성하게 하였다. 대상자들의 흡연 유무는 적어도 6개월 이상 흡연한 경험이 있거나 혹은 지금까지 총 20갑(400개피) 이상 흡연한 자에 대해서 과거흡연, 현재흡연, 비흡연 등으로 대답하게 하였고 교육 수준 및 경제적 상태에 대해서는 각각 국졸, 중졸, 고졸, 전문대졸, 대졸이상과 상, 중상, 중, 중하, 하 등 5개 항목으로 물었다. 대상자들의 일상생활중의 스트레스 수준은 5분항으로 구성된 BEPSI(Brief Encounter Psychosocial Instrument, 이하 BEPSI)를 측정하여 배중면 등(1994)이 산출한 근거에 따라 스트레스 정도를 점수화 하였다. 마그네슘이 많이 함유된 음식은 푸른 채소류(상치, 배추 등), 견과류(호도, 밤 등), 콩류(된장 등) 등 3항목으로 나누어 일주일간의 섭취정도를 각각 Likert 4점 척도로 구성하여 측정하고 이를 점수화 하였다. 연구대상자들의 소음 노출력은 과거 소음에 노출된 직업들과 그 근무 연수를 연대별로 기술하게 하고 의사 진찰 시에 다시 확인하여 모두 합산하여 개월 수로 계산하였다. 그 외 작업중의 청력보호구 착용유무에 대해서는 항상 착용, 가끔 착용, 전혀 착용하지 않음 등으로 대답하게 하였으며, 군에서의

소음 노출 여부에 대해서는 지속적으로 소음에 노출 될 병과, 즉 소총 사격 선수였는지, 포병, 통신병, 중 화기 취급, 비행장에서의 근무, 해군인 경우 기관실에서 근무 등에 대해 물었다. 소음 이외에 대상자들의 청력저하에 영향을 줄 수 있는 고혈압, 당뇨병 등 기 왕의 질환 및 약물 복용 등에 대해 조사하였다.

2) 신체계측 및 혈액 검사

설문지를 작성한 대상자들에게 혈압, 키, 체중 등을 측정하고 콜레스테롤, 헤모글로빈, 혈당, 마그네슘 등을 측정하기 위하여 정맥혈을 채혈하였다. 마그네슘농도 측정은 채혈된 혈액 중 5ml를 혈청 분리하여 냉동 보관하였다가 검사자의 오차를 줄이기 위하여 모든 대상자들의 혈청이 수집된 2개월 뒤에 동시에 측정하였다. 측정은 생화학자동분석기(Olympus, AU5200)를 사용하여 마그네슘 발색 액에 의해 발색된 반응물을 비색 정량 하였다. 시약은 일본 다이찌 화학제약사의 MG 시약 키트를 사용하였다. 일부 용혈된 혈액은 대상에서 제외시켰다.

3) 청력검사

청력검사는 외부 소음이 차단된 방음 실에서 순음 오디오메타(Glaxon, GSI10)를 이용하여 청력검사 정도관리에 합격한 전문요원에 의해서 실시되었다. 대상자들은 16시간 휴식한 상태에서 먼저 전체 대상자들에게 주파수 1,000 Hz 및 4,000 Hz에서 기도 청력 역치를 측정하였고, 측정된 청력 역치가 양측 귀에서 각각 30 dB 혹은 40 dB 이상인 대상자들에게는 의사의 면담과 이경 검사 등을 통하여 소음에 의한 신경성 난청이 의심되는 자에 대해서 2차로 주파수 500, 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 8,000 Hz에서 기도 및 골도 청력 역치를 측정하였다. 이들에 대해서는 순음청력검사 자체의 신뢰도를 확보하고 대상자들의 기능성 난청(functional hearing loss)을 배제하기 위하여 추가적으로 어음 청취 역치 검사(Speech Reception Threshold test, 이하 SRT)와 어음 명료도 검사(Speech Discrimination Test, 이하 SD)를 실시하였다. 일반적으로 어음 청취 역치와 PTAs는 거의 일치하며 대개 10 dB 이내의 차이를 보인다. 만약 15 dB 이상의 차이를 보인다면 검사 자체의 신뢰도가 없거나 대상자들의 기능성 난청(functional hearing loss)을 의심할 수 있기 때문이다. 그룹 2, 3에서의 PTAs와 SRT 값은

5 dB이내의 차이를 보여 청력검사의 신뢰도가 확보되었고 기능성 난청은 대상자에 포함되지 않은 것으로 판단할 수 있다.

4) 의사 면담 및 진찰

설문지 작성, 신체계측, 채혈, 청력검사를 마친 대상자들의 설문지 작성에서의 누락부분을 보충하고 이경검사 등 청력과 관련된 진찰을 수행하였고 과거 질환 여부를 확인하였다.

3. 자료 분석

전체 대상자 299명중에서 중이염등 귀의 질환력이 있는 자, 고혈압, 당뇨병 등 전신질환의 병력이 있는 자, 여러 유해인자에 동시에 노출되는 자, 군대에서의 소음 노출력이 있는 자, 혈액이 용혈된 자 등 연구대상에 부적합한 121명을 제외하고 178명을 분석하였다. 대상자들에게서 수집된 자료 중에서 명목척도(Nominal scale) 및 서열척도(Ordinal scale)로 수집된 흡연, 교육수준, 경제적 상태, 청력보호구 착용, 군에서의 소음노출 등이 그룹간에 차이가 있는지를 보기 위하여 카이 제곱 검정(Chi-square Test)을 실시하였고, 구간척도(Interval scale)로 측정된 연령, 소음 노출력, 신체계측 결과, 혈액검사 결과, 청력검사결과, 스트레스 수준, 마그네슘 섭취정도 등의 그룹간 차이를 보기 위해서는 Student t-검정(Student t Test, 이하 t-Test)과 분산분석(Analysis of Variance, 이하 ANOVA)을 실시하였다.

주파수별로 청력저하와 관련된 감수성 요인들을 밝히기 위하여 주파수 1,000 Hz와 4,000 Hz의 기도 청력 역치를 종속변수로, 단순분석에서 그룹간 차이가 있는 변수인 연령, 폭로기간, 확장기 혈압, 혈청 마그네슘과 기존 연구에서 관련이 있었던 혈당, 콜레스테롤, 혈구 용적치 등을 독립변수로 다중 회귀분석(Multiple regression)을 실시하였다. 변수 선택은 독립변수를 모두 모델에 포함시키는 방식을 채택하였다. 상기 모든 통계기법은 SPSS 7.5 윈도우 버전을 이용하여 실시하였다.

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Group I (N=65)	Group II (N=59)	Group III (N=54)	Total (N=178)
Age(years)*	31.25±7.72	36.20±6.42	38.13±9.58	34.98±8.44
Marital status				
Married	44(67.7 †)	50(84.7)	43(79.6)	137(77.0)
Unmarried	21(32.3)	9(15.3)	11(20.4)	41(23.0)
Socioeconomic Staus*				
High	-	-	-	-
High middle	1(1.8)	5(10.2)	2(5.0)	8(5.5)
Middle	21(37.5)	27(55.1)	23(57.5)	71(49.0)
Low middle	22(39.3)	14(28.6)	13(32.5)	49(33.8)
Low	12(21.4)	3(6.1)	2(5.0)	17(11.7)
Education*				
Elementary	4(6.3)	-	4(7.8)	8(4.8)
Middle	5(7.9)	5(9.4)	6(11.8)	16(9.6)
High	41(65.1)	42(79.2)	38(74.5)	121(72.5)
College	5(7.9)	6(11.3)	2(3.9)	13(7.8)
University	8(12.7)	-	1(2.0)	9(5.4)

* : p<0.05

† : Number in parenthesis indicates percentage

결 과

1. 연구 대상자들의 일반적인 특성

Table 1은 연구 대상자들의 일반적인 특성을 나타내고 있다. 연령은 평균 34.98±8.44세였고, 청력저하가 심한 그룹일수록 연령이 증가하고 있으며 세 그룹간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 전체의 77%가 기혼자였고, 사회경제적 수준에 대해서는 49%가 중등도라고 대답하였으며 고졸이 72.5%로 다수를 차지하였다.

2. 청력검사 결과

연구 대상자들의 청력검사결과를 Table 2에 나타나 있다. 주파수 1,000 Hz에서의 좌, 우의 기도 청력 역치의 평균은 제 1그룹이 각각 10.15±5.45, 11.15±8.28 dB이고 제 2그룹이 10.59±3.84, 10.68±4.50 dB이며 제 3그룹은 21.11±11.68, 22.11±12.00 dB로 그룹간 차이가 있는데 그룹 1, 2간에는 큰 차이가 없고 그룹 3과 차이가 크게 나타났다(p<0.05). 주파수 4,000 Hz에서의 좌, 우의 기도 청력 역치의 평

균은 제 1 그룹이 각각 18.98±18.61, 19.36±15.40 dB이고 제 2 그룹이 58.81±15.10, 60.59±12.29 dB이며 제 3 그룹은 60.00±17.80, 61.67±16.60 dB로 역시 그룹간 차이가 있고, 주파수 1,000 Hz에서와는 달리 그룹 2, 3간에는 큰 차이가 없고 그룹 1과 차이가 크게 나타났다(p<0.05).

그룹 2에서의 좌, 우 PTA는 각각 10.90±3.12 dB와 11.58±3.35 dB이고 그룹 3에서는 좌, 우 각각 23.98±12.43 dB와 23.92±11.32 dB로 두 그룹간 차이가 있었다(p<0.05). 어음 청취 역치(SRT)는 그룹 2에서 좌, 우 각각 14.86±1.84 dB와 15.05±1.78 dB이고 그룹 3에서는 23.00±8.70 dB와 24.21±13.76 dB로 두 그룹간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 어음 명료도(SD)는 2 그룹은 좌, 우 모두 100%이었고, 3 그룹은 좌, 우 모두 96 %이었다.

3. 연구 대상자들의 소음 노출 관련 특성 및 흡연력

Table 3은 연구 대상자들의 소음노출과 관련된 특성과 흡연력을 나타내고 있다. 지금까지 소음에 노출된 기간은 제 1그룹이 86개월(7년), 제 2그룹이 133개월(11년), 제 3그룹이 144개월(12년)로 세 그

Table 2. Audiometric profiles of subjects

(Air conduction hearing threshold : dB)				
Variables	Group I (N=65)	Group II (N=59)	Group III (N=54)	Total (N=178)
1,000 Hz*				
Left	10.15± 5.45	10.59± 3.84	21.11±11.68	13.62± 9.00
Right	11.15± 8.28	10.68± 4.50	22.11±12.00	14.02± 9.83
4,000 Hz*				
Left	18.98±18.61	58.81±15.10	60.00±17.80	45.52±25.75
Right	19.36±15.40	60.59±12.29	61.67±16.60	47.27±25.43
PTA*				
Left		10.90± 3.12	23.98±12.43	17.15±11.01
Right		11.58± 3.35	23.92±11.32	17.48±10.24
SRT*				
Left		14.86± 1.84	23.00± 8.70	18.06± 6.88
Right		15.05± 1.78	24.21±13.76	18.65± 9.76
SD(%)*				
Left		100	96.23±14.15	98.52± 8.99
Right		100	96.34±13.63	98.56± 8.66

* : p<0.05

† : PTA : Pure Tone Average : (500+1,000+2,000Hz)/3

Group I : Hearing threshold levels were less than 30 dB at 1,000 Hz or less than 40 dB at 4,000 Hz

Group II : Hearing threshold levels were more than 30 dB at 1,000 Hz or more than 40 dB at 4,000 Hz and 15 dB and less of PTA

Group III : Hearing threshold levels were more than 30 dB at 1,000 Hz or more than 40 dB at 4,000 Hz and over 15 dB of PTA

Table 3. Noise exposure duration, ear protecting and smoking status of subjects

Variables	Group I (N=65)	Group II (N=59)	Group III (N=54)	Total (N=178)
Exposure duration* (months)	86.40±63.76	133.90±70.03	144.09±80.52	119.90±75.53
Ear protector				
Always	23(46.9†)	13(26.0)	19(38.8)	55(37.2)
Occasionally	9(18.4)	7(14.0)	9(18.4)	25(16.9)
Never	17(34.7)	30(60.0)	21(42.9)	68(45.9)
Smoking status				
Nonsmoker	17(26.2)	11(18.6)	9(16.0)	37(20.8)
Exsmoker	5(7.7)	5(8.5)	4(7.4)	14(7.9)
Smoker	43(66.2)	43(72.9)	41(75.9)	127(71.3)

* : p<0.05

† : Number in parenthesis indicates percentage

Table 4. Anthropometric and blood profiles of subjects

Variables	Group I (N=65)	Group II (N=59)	Group III (N=54)	Total (N=178)
Height(cm)	168.25± 5.41	169.88± 5.9	168.30± 6.41	168.80± 5.94
Weight(kg)	62.32±10.82	65.58± 8.05	64.20± 7.42	63.97± 9.05
BMI	21.99± 3.59	22.72± 2.46	22.67± 2.46	22.44± 2.95
Systolic BP(mmHg)	115.54±12.12	119.49±14.19	117.04±12.23	117.30±12.91
Diastolic BP(mmHg)*	70.46± 8.37	77.03± 8.62	76.67± 8.47	74.52± 8.98
Hematocrit(%)	45.46± 2.88	45.25± 3.25	44.25± 2.67	45.03± 2.98
Hemoglobin(g/dl)	15.15± 0.96	15.09± 1.08	14.75± 0.89	15.01± 0.99
Glucose(mg/dl)	96.02±19.96	94.61± 9.44	95.35±17.31	95.35±16.22
Cholesterol(mg/dl)	174.57±28.74	184.98±36.04	182.56±34.01	180.44±33.04

* : p<0.05

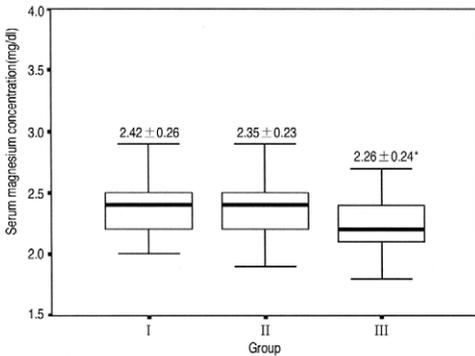


Fig. 2. Serum magnesium concentrations of subjects among study groups

* : p<0.05

롭간에 차이가 있으며(p < 0.01), 대상자의 45.9%는 전혀 청력 보호구를 착용하지 않는 것으로 조사되었고 세 그룹간에 청력 보호구 착용여부는 차이가 없었다. 비흡연자는 20.8%로 나머지 약 80%는 흡연경험이 있었고 대상자의 71.3%가 현재도 흡연을 하고 있었다. 세 그룹간에 흡연력은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

4. 신체계측 및 혈액검사 결과

연구 대상자들의 키는 평균 168.80±5.94 cm, 몸무게 63.97±9.05 kg, BMI 22.44±2.95로 세 그룹간에 모두 차이가 없었다. 수축기 혈압은 평균 117.30±12.91 mmHg이었으며 세 그룹간에 차이가

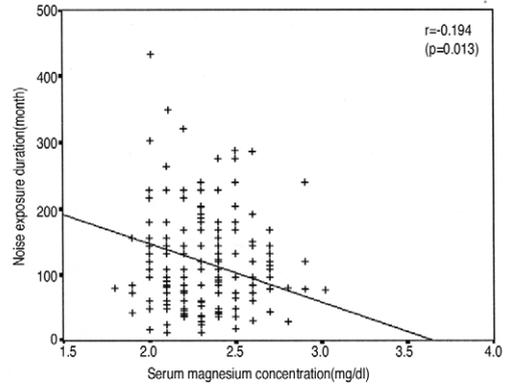


Fig. 3. Scatter diagram of serum magnesium concentration and noise exposure duration

없었고, 확장기 혈압은 평균 74.52±8.98 mmHg로 세 그룹간에 통계적으로 유의한 차이가 있었는데 이런 차이는 제 1그룹의 혈압이 나머지 그룹의 혈압보다 낮게 나타났다(p<0.05). 혈액 검사 소견 중 헤모글로빈, 혈당, 콜레스테롤 등은 모두 정상 범위이며 그룹간에 차이가 없었다(Table 4). 대상자들의 혈청 마그네슘 농도는 전체 평균이 2.35±0.25 mg/dl이었으며 그룹별로는 제 1 그룹이 2.42±0.26 mg/dl, 제 2그룹이 2.35±0.23 mg/dl, 제 3 그룹에서 2.26±0.24 mg/dl로 세 그룹간에 차이가 있었고, 그 차이는 그룹 1, 2와 그룹 3과의 차이로 인한 것이었으며(p<0.01), 청력저하의 정도가 심할수록 마그네슘의 농도는 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 2).

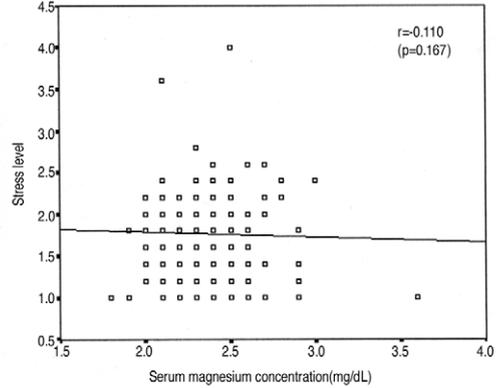
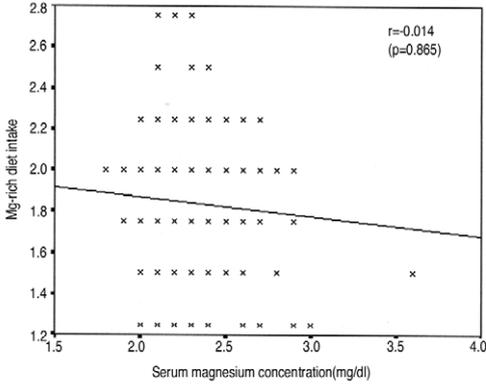


Fig. 4. Scatter diagram of serum magnesium concentration and magnesium intake

Fig. 5. Scatter diagram of serum magnesium concentration and stress level

Table 5. Multiple regression on the air conductive hearing threshold level at 1,000 Hz.

Variables	Left ear			Right ear		
	B	Standard Error	β	B	Standard Error	β
Intercept	0.833	16.094		21.116	17.776	
Age(years)	0.362	0.126	0.328*	0.315	0.139	0.262*
Smoking status(0, 1, 2) [†]	-0.132	0.921	-0.012	0.665	1.017	0.053
Exposure duration(months)	-9.351E-03	0.014	-0.076	-1.897E-02	0.015	-0.142
Diastolic BP(mmHg)	0.137	0.083	0.133	8.827E-02	0.091	0.078
Hematocrit(%)	-6.082E-02	0.261	-0.019	-0.569	0.288	-0.163
Cholesterol(mg/dl)	1.849E-02	0.022	0.066	4.076E-02	0.025	0.134
Glucose(mg/dl)	-3.835E-03	0.044	-0.007	-3.331E-03	0.049	-0.005
Serum Mg(mg/dl)	-3.740	2.884	-0.102	-2.355	3.185	-0.059
Adjusted R ²		0.069			0.046	
Model p value		0.013			0.045	

* : p<0.05

[†] 0 : nonsmoker, 1 : exsmoker, 2 : smoker

5. 혈청 마그네슘과 소음 노출력, 식이 및 스트레스와의 관련성

Fig. 3에서 보는 바와 같이 소음에 노출된 기간과 혈청 마그네슘의 농도는 상관관계수 $r=0.194$ 로 소음에 노출된 기간이 길수록 혈청 마그네슘의 농도는 낮아지는 경향이 있었으며 통계적으로 유의하였고($p=0.013$), 마그네슘이 많이 함유된 음식의 섭취정도 및 스트레스 수준과 혈청 마그네슘 농도와의 관련성은 역시 부의 상관으로 상관관계수는 각각 $r=-0.014$ 와 -0.110 으로 모

두 통계적으로는 유의하지 않았다(Fig. 4, 5).

6. 주파수별 청력저하에 대한 감수성 요인 ; 다중 회귀분석 결과

Table 5는 주파수 1,000 Hz에서의 청력저하와 관련된 감수성 요인들에 대한 다중회귀분석 결과를 보여주고 있다. 주파수 1,000 Hz에서는 연령만이 좌, 우측 귀 모두에서 유의한 변수로 선정되었으며 ($p<0.05$) 연령이 증가할수록 청력저하가 심해지는

Table 6. Multiple regression on the air conductive hearing threshold level at 4,000 Hz.

Variables	Left ear			Right ear		
	B	Standard Error	β	B	Standard Error	β
Intercept	5.153	42.189		7.552	42.137	
Age(years)	0.183	0.332	0.062	0.519	0.331	0.176
Smoking status(0, 1, 2) [†]	-1.594	2.414	-0.051	-0.355	2.411	-0.011
Exposure duration(months)	8.923E-0	0.037	0.268*	6.940E-02	0.037	0.211*
Diastolic BP(mmHg)	0.704	0.217	0.247*	0.518	0.216	0.194*
Hematocrit(%)	0.173	0.686	0.020	0.231	0.685	0.027
Cholesterol(mg/dl)	8.874E-02	0.059	0.115	8.418E-02	0.059	0.111
Glucose(mg/dl)	1.338E-02	0.177	0.009	-9.819E-02	0.117	-0.064
Serum Mg(mg/dl)	-21.539	7.411	-0.219*	-17.180	7.402	-2.321*
Adjusted R ²	0.187			0.169		
Model p value	0.001			0.001		

* : p<0.05

[†] 0 : nonsmoker, 1 : exsmoker, 2 : smoker

경향을 보였다. 한편, Table 6은 주파수 4,000 Hz에서의 청력저하와 관련된 감수성 요인들에 대한 다중회귀분석 결과를 보여주고 있는데 확장기 혈압, 소음 노출기간, 혈청 마그네슘 등이 청력저하에 대한 감수성 요인으로 선정되었고(p<0.05), 확장기 혈압이 높을수록, 노출기간이 길수록, 혈청 마그네슘 농도가 낮을수록 청력저하가 심한 것으로 나타났다. Table 5와 Table 6에서 보는 바와 같이 모델의 설명력은 주파수 4,000 Hz에서 1,000 Hz에서 보다 좌, 우측 모두에서 높게 나타났다.

고 찰

본 연구에서는 Saunders 등(1985)이 소음성 난청 기전으로 분류한 신경세포의 대사 이상에 초점을 두고 혈청 마그네슘의 부족으로 인한 유모 세포의 생화학적 대사 이상으로 소음성 난청이 악화될 수 있는지를 밝히고자 하였다. 음파가 외림프액을 통해 파동운동을 하면서 내림프액을 진동시키면 유모세포가 탈분극되어 K⁺이온이 유모 세포 내로 유입되고 이어서 Ca²⁺ 채널이 활성화되어 Ca²⁺이 세포 내로 유입된다. 세포 내에 Ca²⁺이온이 증가하면 K⁺이온이 다시 세포 외로 방출되어 유모 세포막이 재분극 되며 이러한 과정을 통하여 음의 에너지가 전기에너지가 되어 청신

경을 통해서 뇌에 전달되어 음을 감지하게 된다. 한편, 정상적인 세포막의 투과성은 2가 양이온인 Ca²⁺과 Mg²⁺의 세포 외액의 농도에 달려있고, 세포 사멸의 일반적인 병리생화학적 기전은 세포 내 Ca²⁺이온 농도의 증가와 세포 외액의 Mg²⁺이온 농도의 감소로 Na⁺와 K⁺의 세포막 투과성이 증가되어 결국 세포의 에너지가 고갈되어 사망하게 된다(Günther, 1989).

본 연구에서 선정된 연구대상자들은 소음에 노출된 기간이 평균 10년 정도 되었는데 이렇게 장기적으로 소음에 노출되고 있는 여성 근로자들이 부족하여 본 연구는 남자 근로자만을 대상으로 수행되었다. 과거에는 남자가 여자보다 소음으로 인한 청력저하에 더 감수성이 있다는 보고들이 있었으나, 최근의 대부분의 연구에서는 성별이 감수성 요인이 아니라는 사실을 밝히고 있는데(Dixon, 1995), 이는 여자가 남자보다 선천적으로 감수성이 낮은 것이 아니라 남자보다 상대적으로 소음에 노출되는 정도가 덜하다는 것을 대변해 주고 있다. 이러한 사실에 근거하여 남자만을 대상으로 청력저하의 감수성 요인들을 밝히는 것이 무리가 없고 또한 혈청 마그네슘의 부족이 청력저하에 대한 악화 인자로 작용하는 지의 여부를 규명하는데도 무리가 없을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 소음에 장기적으로 노출되는 근로자를 세 그룹으로 분류하였는데 첫 번째 분류 기준

은 소음노출로 인한 C5-dip현상의 유무였는데 이렇게 분류한 이유는 회화영역을 벗어난 고 주파수에서의 청력저하의 유무에 따른 혈청 마그네슘의 변화를 보기 위함 이였고, 실제로 본 연구에서 채택한 기준은 산업 안전 보건법의 소음 특수 검진 2차 선별기준인 주파수 1,000 Hz와 4,000 Hz에서의 기도 청력 역치인 30 dB와 40 dB를 사용하였다. 두 번째 사용한 기준은 회화영역에서의 청력저하의 정도 즉, 청력저하가 있는 군과 없는 군을 구분하기 위함이었다. 이는 혈청 마그네슘이 저 주파수에서의 청력저하에 미치는 영향을 보고자 함이었다. 두 번째 분류 기준을 본 연구에서는 청력장애의 정도를 평가하는 기준 중의 하나인 1964년에 제정된 ISO 기준에 따라 주파수 500, 1,000, 2,000 Hz의 기도 청력 역치를 산술 평균한 값(Pure Tone Averages, PTAs)이 15 dB이하인 그룹과 15 dB초과 그룹으로 분류하였는데, 원래 ISO 기준에서는 PTAs가 26 dB이하를 정상 그룹, 26 dB초과를 난청 그룹으로 분류하고 있다. 본 연구에서 청력저하 정도를 구분하기 위하여 15 dB를 임의로 사용한 이유는 본 연구 대상자들의 PTAs가 27 dB를 초과하는 경우가 거의 없었기 때문이다.

만성적으로 소음에 노출된 근로자를 대상으로 실시한 본 연구에서는 소음에 노출되지 않은 정상인에서 청력저하의 감수성 요인으로 밝혀진 변수들 중에서 단순 분석을 실시한 결과 연령과 이완기 혈압이 그룹별로 즉, 청력저하 정도에 따라 차이가 있는 것으로 나타났으며, 콜레스테롤, 흡연, 혈당, 혈색소 등은 차이가 없었다. 주파수별로 기도 청력 역치에 대한 이들 변수들의 영향을 보기 위해 실시한 다중 회귀분석에서는 1,000 Hz에서는 연령이, 4,000 Hz에서는 소음 노출력, 이완기 혈압, 혈청 마그네슘이 기도청력에 유의한 변수로 선정되었다.

연령은 청력저하의 중요한 감수성 요인으로 본 연구 대상자들은 평균 35세 정도로 비교적 젊은 연령이었는데, 단순분석에서의 그룹간의 차이는 주로 제 1 그룹과 제 2, 제 3그룹과의 차이였다. 즉, 소음 노출로 인한 C5-dip 현상이 있는 그룹과 없는 그룹간에 연령 차이가 많이 나는 것으로 나타났고, 주파수 별로 기도 청력 역치를 종속변수로 청력저하와 관련된 감수성요인들에 대해 실시된 다중 회귀분석에서는 주파수 1,000 Hz에서는 연령이 기도 청력 역치에 유의

한 변수로 채택되지만 주파수 4,000 Hz에서는 유의한 변수로 채택되지 않았다. 즉, 본 연구 결과를 통해서 연령은 회화영역을 대표하는 주파수인 1,000 Hz에서는 연령이 증가할수록 청력저하가 심해지는 경향이 있지만 4,000 Hz에서는 청력저하에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Dixon(1995)은 노인성 난청은 소음성 난청과 마찬가지로 먼저 고 주파수에서 청력저하가 나타남을 증명하였고 병리조직학적으로 50세 이상에서 유모세포의 퇴행이 일어난다고 하였는데, 본 연구에서의 결과는 아마도 대상자들의 연령이 30대로 젊기 때문일 것으로 생각된다.

흡연 유무는 그룹간에 차이가 없는 것으로 나타났지만 청력저하가 심할수록 흡연하는 비율은 증가하는 경향이 나타났는데 기존 문헌을 고찰해 보면 흡연과 청력저하와의 관련성에 대해서는 아직 논란이 많다. 흡연이 청력저하와 관련이 있다는 보고들(Tomas, 1981; Barone 등, 1987; Virokannas와 Anttonen, 1995; Cocchiarella, 1995; 김진석 등, 1998)과 없다는 보고들(Bobin과 Gondra, 1976; Chung 등, 1982; Dengerink 등, 1982; Dixon, 1995; 정성필 등, 1998)이 계속 나오고 있기 때문에 향후 전향성 코호트 연구를 통해 더 밝혀 보아야 할 것으로 판단된다.

혈액 점도의 증가가 내이로의 혈액순환에 장애를 일으켜 만성 미로성 허혈을 일으킬 수 있다는 지적이 있으며(Rubinsten 등, 1988), 한편, 생체 내의 혈액 점도는 여러 인자가 작용하지만 혈구 용적치가 정상 성인의 혈액 점도의 67~84 %를 반영하고 있어서(de Simone 등, 1990) 혈구 용적치와 청력저하와의 관련성에 대한 연구들(Browning 등, 1986; Gatehouse 등, 1989; Hildesheimer 등, 1990; 김상우 등, 1997; 김진석 등, 1998; 홍성철 등, 1998)이 국내외에서 수행되었고 이들 연구에서는 청력저하와 혈액점도 사이에 관련성이 있는 것으로 나타났으나 소음에 노출되는 근로자를 대상으로 실시한 본 연구에서는 의미가 없는 것으로 나타나 그 정확한 기전을 알 수는 없었다.

혈압과 신경성 난청과의 관계에 대한 기존의 많은 연구들은 다양한 결과를 보여주고 있는데 Andren 등(1982)은 혈압과 난청이 관련이 있다고 보고하였으나 그 기전을 밝히지 못하였고 Borg(1982)와 McCormic 등(1982)은 동물실험에서 혈압이 노화

로 인한 청력손실을 악화시킨다고 보고하였다. 1988년 Pyykko 등은 비록 혈압이 난청과 유의한 관련성은 없었지만 혈압강하제 복용 유무와 감각신경성 난청이 서로 관련성이 있는 것으로 보아 혈압이 감각신경성 난청의 발생에 위험 인자로 기여한다고 하였다. 1995년 Fuortes 등은 코호트 연구를 통하여 수축기 혈압이 청력감소와 관련이 있으며 이는 소음 노출과 고혈압이 소음성 난청의 발생에 영향을 미친다고 시사하였다. 그 외 다른 연구에서는 혈압과 소음성 난청이 유의한 관련성이 없는 것으로 보고되었다(Kent, 1986; Gold, 1989). 이러한 결과들을 종합해 보면 혈압이 청력손실에 영향을 미치는지는 확실하지 않으나 고주파 영역에서는 어느 정도 관련성이 있는 것으로 보이는데 본 연구의 결과도 이와 동일하게 나타났다.

지질대사와 청력과의 연관성에 대해서 많은 연구들이 수행되었고 그 가능성을 언급하였다. 고 콜레스테롤이 청력기능의 장애를 유발하는가에 대한 실험연구들이 수행되었고(McCormick, 1972; Morizono와 Paparella, 1978; Morizono와 Sikora 1982; Tami, 1985) 이들 연구에서 그 관련성이 입증되었다. 특히 McCormick(1972)과 Tami(1985)는 소음성 난청에서 콜레스테롤이 혈관 변화를 일으켜 청력감소에 영향을 미친다고 시사하였다. 혈청 콜레스테롤이 낮은 인구집단의 청력이 더 좋다는 증거들도 있으며(Rosen 등, 1964; Rosen 등, 1970; Rosen과 Olin, 1965), Pillsbury(1986)는 초기의 청력손실은 콜레스테롤의 증가 또는 광상동맥질환과 잠재적 관련성이 존재한다고 시사하였다. 한편, Rosen과 Olin(1965), Cunningham과 Goetzinger(1974)의 연구에서는 고지혈증과 고주파수 영역에서의 청력손실과의 관련성을 시사하였으나 본 연구에서는 유의한 변수로 채택되지 않았다.

연구 가설에서 혈청 마그네슘 농도와 관련된 인자들로서 만성적인 소음 노출, 마그네슘의 섭취 정도, 스트레스 등을 설정하였고 그 중에서 만성적인 소음 노출이 가장 유의한 변수로 선정되었는데 이는 혈청 마그네슘의 농도와 장기적인 소음노출이 연관성이 있음을 시사한다고 말할 수 있다. 혈청 마그네슘은 단순분석에서 세 그룹간에 차이가 있으며 청력저하가 심할수록 혈청 마그네슘이 낮아지는 경향을 보였고 세 그룹간에 차이가 있는 즉, 청력저하와 관련이 있

는 변수들을 통제하기 위해 주파수별로 청력 역치에 대한 회귀분석을 실시한 결과에서는 주파수 4,000 Hz에서 유의한 변수로 선정되었다. 1989년 Günther 등이 Guinea pigs를 이용한 실험연구에서는 마그네슘 함량이 다른 음용수를 먹인 세 군에서의 청력 역치를 조사한 결과 마그네슘 함량이 적을수록 청력 역치가 크고, 95 dBA의 소음을 10일간 노출한 뒤 측정된 외 림프액에서의 마그네슘 농도는 청력 역치와 음의 상관관계를 보였다. 24명의 조종사를 대상으로 한 연구에서는 혈청 마그네슘의 농도와 청력 역치가 음의 상관을 보여 본 연구 결과와 일치하였다. 전체적으로 대상자의 혈청 마그네슘은 정상범위를 보였는데 이는 마그네슘이 세포 내의 ATP 양을 조절하고 ATP는 모든 대사에 필수적이기 때문에 정상적인 마그네슘의 확보가 생명을 유지시키는데 필수적이기 때문이다. 본 연구 결과로써 만성적인 소음에의 노출이 혈청 마그네슘의 감소와 관련성이 있음과 이러한 혈청 마그네슘의 감소가 소음 노출로 인한 청력저하에 일부 영향을 줄 수 있다는 사실을 시사한다고 말할 수 있다.

본 연구가 가지는 제한점으로는 첫째, 연구 수행상의 어려움으로 인해 모든 대상자에게서 주파수별 청력 역치를 측정하여 연구 대상자들을 완전히 배타적으로 분리하지 못해서 청력검사의 신뢰도를 온전히 확보하지 못한 것이다. 다음으로 단면 연구가 가지는 한계점이 두 번째 제한점으로 들 수 있다. 즉, 선후가 명백한 인과 관계를 확보하지 못하고 만성적인 소음 노출과 혈청 마그네슘 농도와의 상관성을 확인하고 또한 혈청 마그네슘과 청력저하의 관련성을 확인하는데 그친 점이다. 마지막으로 지금까지의 연구에서 내이 외임파액의 마그네슘 농도가 소음성 난청의 감수성 요인으로 중요함을 시사하고 있는데 본 연구는 사람을 대상으로 실시했기 때문에 혈청 마그네슘을 그 대리로 측정한 것이다. 향후 이 분야에 많은 연구가 진행되어 상기한 제한점들을 극복하고 진전된 연구들이 나올 것으로 기대한다.

본 연구는 소음성 난청에 있어서 체내 전해질의 영향을 밝히는 노력의 시발점이 될 수 있다는 데에 의의를 둘 수 있으며, 향후 전향성 코호트 연구를 수행하여 유전자 수준에서부터 전해질, 비타민 등과 생활습관에서의 인자 등 소음 노출로 인한 청력저하에 감수성 있는 요인들을 더 밝혀냄으로써 소음노

출 근로자들의 청력보존 프로그램에 상당 부분 이바지 할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

목적 : 본 연구는 소음에 노출된 남자 근로자를 대상으로 장기간 소음 폭로가 혈청 마그네슘의 농도와 관련이 있는지를 검정하고 이러한 혈청 마그네슘의 농도가 또한 청력저하와 관련이 있는지를 파악하기 위하여 수행되었다.

방법 : 소음에 노출되는 178명의 연구대상자를 청력저하의 정도에 따라 세 그룹으로 분류하고, 구조화된 설문, 신체계측, 혈액검사 등으로 청력저하에 대한 감수성 요인과 혈청 마그네슘 등을 수집하고 측정하였으며, 대상자들의 청력 역치를 측정하기 위하여 청력검사를 실시하였다.

결과 : 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 청력저하에 관련된 개인의 감수성 인자라고 알려진 변수인 흡연유무, 나이, 혈압, 헤마토크리트, 콜레스테롤, 혈당 중에서 나이, 이완기 혈압이 단순분석에서 세 그룹간에 차이가 있었고($p < 0.05$), 혈청 마그네슘의 농도 또한 세 그룹간에 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$) 청력저하가 심할수록 혈청 마그네슘 농도는 낮아지는 경향을 보였다. 둘째, 그룹간의 소음 노출력은 차이가 있었지만($p < 0.05$) 청력보호구 착용상태에는 유의한 차이가 없었다. 셋째, 혈청 마그네슘 농도에 영향을 줄 수 있는 변수인 소음 노출 기간, 마그네슘 함량이 많은 음식의 섭취정도, 스트레스 수준 중에서 소음 노출 기간이 혈청 마그네슘 농도와 유의한 상관관계를 보였고($p < 0.05$) 노출기간이 길수록 마그네슘의 혈청 농도는 낮아지는 경향을 나타내었다. 넷째, 주파수 별로 청력저하와 관련된 감수성 요인들에 대한 다중회귀분석 결과 주파수 1,000 Hz에서는 연령이 좌, 우측 귀 모두에서 유의한 변수로 채택되었으며($p < 0.05$), 연령이 증가할수록 청력저하가 심해지는 경향을 보였고, 주파수 4,000 Hz에서는 확장기 혈압, 소음 노출 기간, 혈청 마그네슘 등이 청력저하에 대한 감수성 요인으로 채택되었으며($p < 0.05$), 이완기 혈압이 높을수록, 소음노출 기간이 길수록, 혈청 마그네슘의 농도가 낮을수록 청력저하가 심해지는 것으로 나타났다.

결론 : 상기 결과를 종합해 볼 때 혈청 마그네슘의 농도의 저하는 만성적 소음 노출과 상관이 있고, 혈청 마그네슘의 감소는 주로 고주파수인 4,000 Hz에서의 청력저하와 관련이 있는 것으로 볼 수 있다.

참고문헌

- 김상우, 이종영, 박완섭, 우극현 . 정상 성인남자에 있어서 기도 청력 역치와 혈액점도와의 연관성에 관한 연구. 예방의학회지 1997;30(3):623-629.
- 김진석, 예민혜, 천병렬, 우극현, 강윤식 등. 성인남성에서 흡연이 기도 청력 역치에 미치는 영향. 예방의학회지 1998;31(2):285-292.
- 노동부 . '94년 근로자 건강진단 실시결과분석. 1995.
- 배종면, 안윤옥, 박병주 . 대학생 흡연량과 스트레스와의 관련성. 예방의학회지 1994;27(1):1-10.
- 정성필, 김수영, 이태용, 조영채, 이동배 . 심혈관 위험요인과 청력 역치의 상관성. 대한산업의학회지 1998;10(2):189-202.
- 한국산업안전공단. '93 제조업체 작업환경실태조사. 1994.
- 홍성철, 배성욱, 이종영 . 감각신경성 청력손실에 영향을 미치는 제 요인에 관한 연구. 예방의학회지 1998;31(2):249-264.
- Altura BM, Altura BT, Gebrewold A, Ising H, Günther T . Noise induced hypertension and Magnesium at rats : relationship to microcirculation and calcium. J Appl Physiol 1992; 72(1):194-202.
- Andren K, Hansson L, Bjorkman M, Jonsson A . Noise as a contributory factor in the development of elevated arterial pressure. Acta Med Scand 1980;207:493-498.
- Axelsson A, Lindgren F . Is there relationship between hypercholesterolemia and noise-induced hearing loss. Acta Otolaryngol(stockh) 1985; 100:379-386.
- Barone JA, Peters JM, Garabrant DH, Bernstein L, Krebsbach R . Smoking as a risk factor in noise induced hearing loss. J Occup Med 1987; 29(9):741-745.
- Bobin RP, Gondra MI . Effect of nicotine on cochlear function and noise induced hair cell loss. Ann Otol 1976;85:247-254.
- Borg E . Noise induced hearing loss in normotensive and spontaneously hypertensive rats. Hearing Res 1982;8:117.
- Browning GG, Gatehouse S, Lowe GDO . Blood viscosity as a factor in sensorineuronal hearing impairment. The Lancet 1986;18:121-123.
- Chung DY, Willson GN, Gannon RP, et al .

- Individual susceptibility to noise : In Hamernik RP, Handeson D, Salvi R(eds) : *New perspectives on noise induced hearing loss*. New York. Raven Press, 1982, pp. 511-519.
- Cochiarella LA, Sharp DS, Persky VW . Hearing threshold shifts, white cell count and smoking status in working man. *Occup Med* 1995; 45(4):179-185.
- Cunningham DR, Goetzinger CP . Extra high frequency hearing loss and hyperlipidemia. *Audiology* 1974;13:470-485.
- de Simone G, Devereux RB, Chien S, et al . Relation of blood viscosity to demographic and physiologic variables and to cardiovascular risk factors in apparently normal adults. *Circulation* 1990; 81(1):107-117.
- Dengerink HA, Lindgren FL, Axelsson A . The interaction of smoking and noise in temporary threshold shift. *Acta Otolaryngol* 1982;112:932-938.
- Dixon WW . Endogenous factors related to susceptibility to damage from noise : *Occupational medicine, state of art review*, Vol 10, No. 3. Philadelphia, Henley & Belfus Inc, 1995, pp. 561-575.
- Drettner B, Hedstrand H, Klockhoff I, et al . Cardiovascular risk factors and hearing loss. *Acta Otolaryngol(stockh)* 1975;79:366-371.
- Fuortes LJ, Tang S, Pomrehn P, Anderson C . Prospective evaluation of association between hearing sensitivity and selected cardiovascular risk factors. *Am J Ind Med* 1995;28(2):275-280.
- Galland L . Magnesium, stress and neuropsychiatric disorders. *Magnes Trace Element* 1991-1992;10(2-4):287-301.
- Gatehouse S, Gallacher JEJ, Lowe GDO, et al . Blood viscosity and hearing levels in the caerphilly collaborative heart disease study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1989 ; 115 : 1227-1230
- Gates GA, Cobb JL, D'Agostino RB, Wolf PA . The relation of hearing in the elderly to the presence of cardiovascular disease and cardiovascular risk factors. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;119:156-161.
- Gold S, Haran I, Attias J, Shapira A . Biochemical and cardiovascular measures in subjects with noise-induced hearing loss. *J Occup Med* 1989; 31(11):933-937.
- Güther T, Ising H, Joachims Z . Biochemical mechanism affecting susceptibility to noise-induced hearing loss. *Am J Otol* 1989;10(1):36-41.
- Hildesheimer M, Fani Bloch MA, Muchnik C, et al . Blood viscosity and sensorineural hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990;116:820-823.
- Ising H . Noise : Leading cause of stress. In : Kaplan A, Wenzel E (eds). *Health promotion in the working World*. Springer, Verlag, 1985, pp. 59-63.
- Ising H, Handrock M, Günther T, Fischer R, Dombrowski M . Increased noise trauma in Guinea pigs through magnesium deficiency. *Arch Otorhinolaryngol* 1982;236(2):139-146.
- Joachims Z, Babisch W, Ising H, Günther T, Handbrock M . Dependence of noise-induced hearing loss upon perilymph magnesium concentration. *J Acoust Soc Am* 1983;74(1):104-108.
- Kent SJ . Analysis of the potential exposure between noise induced hearing loss and cardiovascular disease in USAF air crew members. *Aviat Space Environ Med* 1986;57:348-361.
- Knochel JP . Disorders of magnesium metabolism. In : Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ, Wilson JD, Martin JB, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL (eds), *Harrison's principles of internal medicine*. Int Edt : McGraw-Hill, 1998, pp. 2263-2266
- McCormic JG, Harris DT, Hartley CB, Lassiter RBH . Spontaneous genetic hypertension in the rat and its relationship to reduced cochlear potentials : Implications for preservation of human hearing. *Prec Natl Acad Sci, USA*, 1982;79:2668.
- McCormick RM . Cochlear potentials of the pigeon : Relationships to age, serum cholesterol and arteriosclerosis. *J Acoust Soc Am*, 52:143-146, 1972.
- Morizono T, Paparella M . Hypercholesterolemia and auditory dysfunction. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1978;87:804-814.
- Morizono T, Sikora MA . Experimental hypercholesterolemia and auditory functions in the chin chilla. *Otolaryngol Heaad Neck Surg* 1982;90:814-818.
- Niland J, Zenz C . Occupational hearing loss, noise, and hearing conservation. In : Zenz C, Dickerson OB, Harvath EP (eds), *Occupational medicine*. St. Louise : Mosby, 1994, pp. 258-296
- Pillsbury HC . Hypertension, hyperlipoproteinemia, chronic noise exposure : Is there synergism en cochlear pathology? *Laryngoscope* 1986;96:1113-1138.

- Pyykko I, Starck J, Pekkarinen J, Farkkila M . Serum cholesterol and triglyceride in the etiology of sensori-neural hearing loss. In : Vertigo, Nausea, Tinnitus and Hypoacusia in Metabolic Disorders. Amsterdam : Elsevier Science Publishers BV, 1988, p. 335
- Rosen S, Olin P. Hearing loss and coronary heart disease. Arch Otolaryngol 1965;82:232-243.
- Rosen S, Olin P, Rosen HV . Dietary prevention of hearing loss. Acta Otolaryngol 1970;70:242-247.
- Rosen S, Piester K, L-Mofty A, Rosen HV . Relationship of hearing loss to coronary artery disease. Trans Am Acad 1964;68:433-444.
- Rubinstein M, Hildesheimer M, Muchnik C . Chronic labyrinthine ischemia. J Laryngol Otol 1988;102:496-499.
- Saunders JC, Dear SP, Schneider ME . The anatomical consequences of acoustic injury : a review and tutorial. J Acoustic Soc Am 1985;78:833-860.
- Tami TA . Effects of noise exposure and hypercholesterolemia on auditory function in the New Zealand white rabbit. Otolaryngology 1985;93:235-239.
- Thomas GB, William CE, Hoyer NG . Some non-auditory correlates of the hearing threshold levels of an aviation noise exposed population. Aviat Space Environ Med 1981;9:531-536.
- Virokannas H, Anttonen H . Dose-response relationship between impairment of hearing acuity in workers exposed to noise. Scand Audiol 1995;24(4):211-216.
- Vormann J, Günther T . Influence of magnesium on drug- and noise-induced inner ear damage. animal studies. Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg 1993;88:491-502.