

## 심혈관 위험인자의 청력손실에 미치는 영향

단국대학교 의과대학 산업의학교실, 단국대학교 의과대학 이비인후과학교실<sup>1)</sup>,  
단국대학교 의과대학 예방의학교실<sup>2)</sup>, 단국대 의료원 환경보건센터<sup>3)</sup>, 동국대학교 의과대학 내과학교실<sup>4)</sup>

정종도 · 김현주 · 정재윤<sup>1)</sup> · 노상철 · 권호장<sup>2)</sup> · 김은정<sup>3)</sup> · 이무용<sup>4)</sup>

— Abstract —

### Effects of Cardiovascular Risk Factors on Hearing Loss

Jong-Do Jeong, Hyunjoo Kim, Jae-Yun Jung<sup>1)</sup>, Sangchul Roh,  
Ho-Jang Kwon<sup>2)</sup>, Eun-Jung Kim<sup>3)</sup>, Moo-Yong Rhee<sup>4)</sup>

*Department of Occupational and Environmental Medicine, Dankook University College of Medicine*  
*Department of Otolaryngology, Dankook University College of Medicine<sup>1)</sup>*  
*Department of Preventive Medicine, Dankook University College of Medicine<sup>2)</sup>*  
*The Environmental Health Center, Dankook University Medical Center<sup>3)</sup>*  
*Department of Internal Medicine, Dongguk University College of Medicine<sup>4)</sup>*

**Objective:** To investigate the effects of cardiovascular risk factors on hearing loss by vascular damage, such as in atherosclerosis.

**Method:** This study was conducted as a part of a study for the health effects of air-craft noise from 13 July 2005 to 13 January 2006. In this study 810 residents were selected from 13 villages in Pyeongteck City. Participants in this study were stratified by gender. Individuals, who had conductive hearing loss, were excluded from this investigation. Cardiovascular risk factors were divided into medical risk factors (mean arterial pressure (MAP), blood glucose, triglyceride) and behavioral risk factors (smoking, alcohol). The degree of atherosclerosis was determined by aPWV. Pure tone air conduction hearing thresholds were obtained at frequencies of 1000 and 4000 Hz. As for statistic data analysis, multiple linear regression models were used to evaluate the relationship between factors on hearing loss and aortic pulse wave velocity. Structural Equation Modeling was used to analyze the relationship between factors.

**Results:** According to multiple linear regression models among males, age, aircraft noise, aPWV were associated with hearing loss. In females, age and aircraft noise were associated with hearing loss. Thus cardiovascular risk factors were not directly involved in hearing loss. However, cardiovascular risk factors such as alcohol, MAP in males and MAP, blood glucose in females were statistically significant ( $p < 0.05$ ) on aPWV according to multiple linear regression modeling.

According to analysis of structural equation modeling, an indirect relationship was observed between cardiovascular risk factors and hearing loss by atherosclerosis, which was measured by aPWV. In males, medical risk factors were significantly associated with atherosclerosis ( $\beta \pm SE: 0.07 \pm 0.03, p=0.03$ ). Atherosclerosis was also associated with hearing loss ( $\beta \pm SE: 2.01 \pm 0.89, p=0.03$ ). In females, medial risk factors was significantly associated with atherosclerosis ( $\beta \pm SE: 0.08 \pm 0.02, p=0.00$ ), but atherosclerosis was not significantly associated with hearing loss.

**Conclusion:** Although noise exposure is a known major threat to hearing loss, understanding of cardiovascular risk factors associated with hearing loss also take a significant role in preventing hearing

loss. Therefore, scrutinization of the etiologic factors for hearing disability may introduce a detailed strategy to abate the prevalence of hearing loss.

**Key Words :** Hearing loss, Risk factor, Atherosclerosis.

## 서 론

청력장애의 원인은 유전과 같은 선천적 요인과 소음성 난청과 같은 후천적 요인이 있다. 후천적 요인 중 특히 소음성 난청은 소음작업 근로자들의 청력장애의 주요 원인으로 알려져 왔다. 하지만 근로자의 청력손실을 소음만으로 설명할 수 없으며 최근 소음성 난청에 유기용제<sup>1)</sup>, 중금속<sup>2)</sup> 뿐 만 아니라 흡연<sup>3)</sup>, 고혈압<sup>4)</sup>, 당뇨<sup>5)</sup>, 고지혈증<sup>6)</sup> 등의 심혈관 위험인자가 소음성 난청을 악화 시킬 수 있다는 보고가 있다. 심혈관 위험인자는 조절할 수 있는 요인과 조절할 수 없는 요인으로 구성된다. 조절할 수 있는 요인으로 고혈압, 당뇨, 고지혈증, 흡연, 음주, 운동, 비만, 식습관 등이 있고, 조절할 수 없는 요인은 성별, 연령, 가족력 등이 있다.

심혈관질환 및 심혈관 위험인자가 청력저하와 관련성이 있다는 것은 최근 많이 연구되고 있다<sup>7-10)</sup>. 급성심근경색, 뇌졸중, 말초혈관질환 등 심혈관질환과 청력저하가 관련이 있다는 보고<sup>7)</sup>와 고혈압, 당뇨, 고지혈증, 흡연, 알코올 등과 같은 심혈관 위험인자 중 각각 인자와 청력 저하의 직접적인 관련성에 대한 보고가<sup>10)</sup> 있었다. 하지만 심혈관 위험인자들이 혈관장애를 통하여 청력저하에 영향을 미치는 간접적인 경로에 대한 연구는 찾기 어려웠다.

1993년 Gates<sup>7)</sup>이 1,662명의 프레밍햄(Framingham)의 코호트를 대상으로 심혈관질환과 청력손실의 상관성을 보고하면서 심혈관 위험인자가 달팽이관으로 혈액을 공급하는 혈관에 영향을 주어 청력이 저하되는 것으로 추측하였다. 따라서 심혈관 위험인자는 죽상동맥경화와 같은 혈관장애를 통해 청력저하에 영향을 준다고 가정할 수 있다.

한편 죽상동맥경화는 대동맥 맥파속도를 통하여 간접적으로 측정할 수 있다. 대동맥 맥파속도는 비침습적으로 동맥의 경직도를 측정하는 방법으로 죽상동맥경화의 정도를 반영한다고 보고되고 있다<sup>11,12)</sup>.

이에 본 연구는 심혈관 위험인자가 죽상동맥경화를 통하여 청력손실에 영향을 미치는 지를 규명하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

본 연구는 평택시에 위치한 13개 마을 주민을 대상으로

비행기 소음의 건강영향 조사의 일환으로 2005년 7월 13일부터 2006년 1월 13일까지 6개월 동안 수행되었다. 20세 이상 실제 거주인구 1,613명중 917명이 참석하였다. 시행된 주민건강조사 참여율은 56.9%였다. 최종 연구대상자는 조사 참여자 가운데 이학적 검사와 고막운동성 검사에서 전음성 난청이 없었던 810명으로 하였다. 연구대상의 구체적인 선정과정과 소음 측정, 이학적 검사, 고막운동성 검사, 순음청력검사의 구체적인 방법은 이 지역주민을 대상으로 하여 비행기 소음의 여러 건강영향을 종합하여 보고한 김현주 등<sup>13)</sup>의 논문에서 자세하게 다루고 있다.

### 2. 방법

#### 1) 심혈관 위험인자의 측정

혈압은 반자동화 혈압측정기(HEM-907, Omron, Japan)를 사용하여 측정하였다. 검사 대상자는 공복 상태에서 의자에 앉은 자세로 5분간 안정을 취한 후 혈압을 측정하였다. 혈압은 양팔에서 각각 3회 측정하였으며, 3회 측정된 혈압에서 가장 근접한 2회 측정값의 평균을 구하였다. 양팔의 평균값을 비교하여 높은 혈압을 검사 대상자의 기준혈압으로 하였다. 여기서 평균동맥압력(mean arterial pressure: MAP)은 이완기 혈압(diastolic blood pressure)에 맥압(pulse pressure)의 1/3을 더하여 계산하였다<sup>14,15)</sup>.

혈당 및 중성지방측정은 8시간 이상 공복 후, 아침에 항응고제가 없는 튜브(BD vacutainer, Korea)에 채혈한 후, 자동혈액분석기(Modular DP, Roche Diagnostics, Switzerland)로 분석하였다.

흡연력과 음주력은 구조화된 설문지를 이용하여 조사하였으며, 훈련받은 연구원에 의하여 인터뷰를 통해 확인하였다. 음주량 측정은 소주 한 병(360 ml)당 알코올 용량을 72 g으로 환산하고, 맥주 한 병(330 ml)당 알코올 용량을 12 g으로 각각 환산하여, 하루 음주량에 음주 년수를 곱하여 계산하였다<sup>16)</sup>. 흡연의 경우 하루 흡연 갑수에 흡연 년수를 곱하여 계산하였다.

#### 2) 대동맥 맥파속도의 측정

대동맥 맥파속도는 반자동화기기(PP-1000, Hanbyul Meditech, Korea)를 사용하여 측정하였다. 피검자가 침대에 편안하게 누운 상태에서 압전센서(tonometric

sensor)를 좌측 경동맥과 좌측 대퇴동맥에 부착하고 이 센서를 통하여 맥파(pulse wave)를 검출, 기록하였다.

대동맥 맥파속도를 측정하는 원리는 다음과 같다<sup>17)</sup>. 맥파가 동맥에서 전파되는 시간( $\Delta t$ )은 경동맥에서 대퇴동맥까지 맥파가 전파되는 시간으로 구하였다. 맥파가 전파되는 거리( $\Delta d$ )는 검사대상자의 키에서 입력된 공식에 의하여 구하여졌다. 대동맥 맥파속도는 이렇게 구해진 맥파가 전파되는 시간을 맥파가 전파되는 거리로 나누어 구하였다.

### 3) 청력의 측정

순음청력검사는 한국산업안전공단의 정도관리 교육을 받은 두 명의 임상병리사가 시행하였다. 청력검사의 장소는 비행기소음 노출군, 비노출군 모두 동일 장소에서 시행하였으며, 비행기 소음의 영향이 가장 적다고 생각되는 지역을 선정하였다. 선정된 장소는 새로이 조성된 신도시에 위치해 있으며, 주위 700 m 이내 소음 발생원이 없는 곳으로, 신설 중학교(2005년 개교)로 정하였으며, 방음 처리가 되어있는 부스(SA-1200, Single wall, Korea) 안에서 1000, 4000 Hz에 대하여 기도청력검사를 시행하였다. SA-1200의 소음차음 정도는 1000 및 4000 Hz에서 각각 45, 58 dB 정도이다. 실제 국내 특수건강진단에서 사용되고 있는 단일 벽 부스(single wall booth)의 소음차음 정도는 김규상 등<sup>18)</sup>의 연구에 의하면 1000 및 4000 Hz에서 각각  $33.5 \pm 9.6$  dB,  $27.7 \pm 7.2$  dB 정도이다.

### 3. 자료의 분석

통계분석은 SPSS 15.0과 Amos 7.0을 사용하였다.

심혈관 질환의 성별 차이를 고려하여 성별로 층화하여 분석하였다<sup>19)</sup>. 분석에서는 Gates 등<sup>7)</sup>, Agrawal 등<sup>10)</sup>의 연구와 같이 순음청력검사 1000 Hz에서 청력이 나쁜 쪽 귀를 대상으로 하였다. 인구학적 특성의 차이는 연속변수에서 독립 t-검증을, 범주형 변수에서는 카이제곱검증을 하였다.

청력손실에 영향을 미치는 인자는 단변량 분석에서 나이, 비행기 소음, 대동맥 맥파속도, 흡연, 알코올, 혈압, 혈당, 중성지방 등 모두 관련되어 있었다. 대동맥 맥파속도에 영향을 미치는 인자는 단변량 분석에서 나이, 흡연, 알코올, 혈압, 혈당, 중성지방 등이 관련되어 있었으며, 비행기 소음은 대동맥 맥파속도와 관련이 없었다.

심혈관 위험인자는 죽상동맥경화와 같은 혈관장애를 통하여 청력저하에 영향을 준다는 가설을 규명하기 위하여, 심혈관 위험인자와 죽상동맥경화의 지표인 대동맥 맥파속도와 관련성을 단변량 분석에서 관련된 인자를 모두 포함

시켜 다중선형회귀분석을 하였다. 또한 죽상동맥경화와 같은 혈관장애가 청력에 영향을 주는 지를 분석하기 위하여 단변량 분석에서 청력과 관련된 인자를 모두 포함시켜 다중선형회귀분석을 하였다.

각 인자들 간의 경로분석은 Amos 7.0을 사용한 구조방정식을 통하여 분석하였다. 구조방정식의 경로는 단변량 분석에서 관련성이 없었던 비행기 소음과 대동맥 맥파속도를 제외한 관련성이 있었던 경로를 모두 포함시켰다. 구조방정식에서 사용한 잠재변수는 요인분석을 통하여 청력손실(hearing loss), 죽상동맥경화(atherosclerosis), 행동적 위험인자(behavioral factor), 의학적 위험인자(medical risk factor), 소음(noise) 및 노화(aging)의 6가지 잠재변수를 사용하였다. 각각 잠재변수(latent variable)의 관측변수(observable variable)는 청력손실의 경우 1000 Hz 및 4000 Hz의 순음청력검사 결과 2가지 변수를, 죽상동맥경화의 경우 대동맥 맥파속도 단일 변수를, 행동적 위험인자의 경우 음주와 흡연 2가지 변수를, 의학적 위험인자의 경우 혈당, 중성지방, 평균동맥압력 3가지 변수를, 노화(aging)의 경우 연령(age) 단일 변수를, 소음(noise)의 경우 비행기 소음(aircraft noise) 단일 변수를 사용하였다.

## 결 과

### 1. 연구대상의 일반적 특성

연구대상자는 총 810명으로 남성군 354명, 여성군 456명이었다. 연령, 평균동맥압, 혈당, 중성지방, 1000 Hz 청력역치는 두 군 간의 차이가 없었다. 항공기 소음노출은 남성군에서 263명(74.3%)로 여성군에서 307명(67.3%)보다 더 많았으며( $p < 0.05$ ), 대동맥 맥파속도는 남성군에서  $8.3 \pm 1.2$  m/s로 여성군에서  $7.7 \pm 1.0$  m/s보다 더 빨랐다( $p < 0.001$ ). 흡연은 남성군에서  $18.1 \pm 22.9$  pack-years, 여성군에서  $1.3 \pm 6.9$  pack-years로 남성군에서 더 많았다( $p < 0.001$ ). 음주는 남성군에서  $867.4 \pm 1900.2$  g/day-years, 여성군에서  $26.6 \pm 105.4$  g/day-years로 남성군에서 더 많았다( $p < 0.001$ ). 4000 Hz의 청력역치는 남성군에서  $48.4 \pm 28.0$  dB이었으며 여성군에서는  $36.1 \pm 25.7$  dB로 남성군에서 더 높았다( $p < 0.001$ )(Table 1).

### 2. 청력손실과 관련된 인자에 대한 다중선형회귀 분석

남성군에서 1000 Hz의 청력손실과 관련된 인자는 나이, 비행기소음, 대동맥 맥파속도 등이 통계적으로 유의

한 연관성이 있었으며(p<0.05). 평균동맥압은 청력손실과 음의 방향의 연관성을 보였다(p<0.05). 그 외 흡연, 음주, 혈당, 중성지방 등은 통계적으로 유의한 관련성이 없었다. 4000 Hz의 청력손실과 관련된 인자는 연령뿐이

었고(p<0.05). 평균동맥압은 청력손실과 음의 방향으로 통계적으로 유의한 연관성이 있었다. 여성군에서 1000 Hz의 청력손실과 유의한 관련성이 있는 인자는 연령, 비행기 소음이었으며, 4000 Hz의 청력손실과 관련된 인자

**Table 1.** Characteristics of study subjects

	Male (n=354)	Femalep (n=456)	unit: M±SD P
Age* (yrs)			
20~29	36(10.2)	26( 5.7)	0.141 <sup>†</sup>
30~39	28( 7.9)	33( 7.2)	
40~49	43(12.1)	67(14.7)	
50~59	71(20.1)	90(19.7)	
60~69	84(23.7)	130(28.5)	
70≤	92(26.0)	110(24.1)	
M±SD	56.5±16.6	57.9±15.2	0.197 <sup>‡</sup>
Aircraft-noise*			
Yes	263(74.3)	307(67.3)	0.036 <sup>‡</sup>
No	91(25.7)	149(32.7)	
Aortic pulse wave velocity (m/sec)	8.3±1.2	7.7±1.0	0.000 <sup>‡</sup>
Smoke (pack-year)	18.1±22.9	1.3±6.9	0.000 <sup>‡</sup>
Alcohol (g/day-years)	867.4±1900.2	26.6±105.4	0.000 <sup>‡</sup>
Mean arterial pressure (mmHg)	98.6±12.0	96.8±13.3	0.051 <sup>‡</sup>
Glucose (mg/dl)	94.1±23.7	95.0±23.2	0.573 <sup>‡</sup>
Triglyceride (mg/dl)	160.5±136.9	144.2±95.5	0.057 <sup>‡</sup>
Hearing threshold (dB)			
1000 Hz	29.0±19.9	30.6±21.6	0.287 <sup>‡</sup>
4000 Hz	48.4±28.0	36.1±25.7	0.000 <sup>‡</sup>

\* : unit, No.(%), † : chi-square test, ‡ : by t-test

**Table 2.** Factors related to hearing loss on 1000 Hz and 4000 Hz by multiple linear regression analysis

	1000 Hz				4000 Hz			
	Unstandardized $\beta$	SE	Standardized $\beta$	p	Unstandardized $\beta$	SE	Standardized $\beta$	p
Male (n=354)								
Age	0.47	0.07	0.38	0.00	1.00	0.09	0.57	0.00
Aircraft noise	5.26	2.31	0.12	0.02	4.04	2.93	0.06	0.17
aPWV*	2.26	0.97	0.14	0.02	2.09	1.23	0.09	0.09
Smoke	0.02	0.05	0.02	0.67	0.01	0.06	0.01	0.86
Alcohol	0.00	0.00	-0.01	0.83	0.00	0.00	-0.01	0.83
MAP <sup>†</sup>	-0.17	0.08	-0.10	0.04	-0.29	0.11	-0.12	0.01
Glucose	0.04	0.04	0.04	0.39	0.08	0.05	0.07	0.13
Triglyceride	-0.01	0.01	-0.06	0.24	-0.01	0.01	-0.06	0.17
Female (n=456)								
Age	0.69	0.08	0.45	0.00	1.04	0.08	0.58	0.00
Aircraft noise	6.29	2.05	0.14	0.00	3.82	2.25	0.07	0.09
aPWV	-0.96	1.10	-0.04	0.38	-0.29	1.20	-0.01	0.81
Smoke	-0.01	0.13	0.00	0.93	0.10	0.14	0.03	0.51
Alcohol	-0.01	0.01	-0.07	0.13	-0.01	0.01	-0.05	0.20
MAP	0.00	0.08	0.00	0.98	-0.03	0.09	-0.02	0.72
Glucose	0.01	0.04	0.01	0.87	0.01	0.05	0.01	0.77
Triglyceride	0.01	0.01	0.04	0.41	0.00	0.01	0.01	0.83

\*: aortic pulse wave velocity, †: mean arterial pressure

는 연령이었다( $p < 0.05$ ) (Table 2).

### 3. 대동맥 맥파속도와 관련된 인자에 대한 다중선형회귀 분석

남성군에서 대동맥 맥파속도와 통계적으로 유의한 연관성이 관찰된 인자는 연령, 음주, 평균동맥압이었고 ( $p < 0.05$ ), 그 외 흡연, 혈당, 중성지방 등은 의미가 없었다. 여성군에서 연령, 평균동맥압, 혈당 등에서 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되었다( $p < 0.05$ ). 그 외 흡연, 음주, 중성지방 등은 의미가 없었다 (Table 3).

**Table 3.** Factors related to aortic pulse wave velocity by multiple linear regression analysis

	Unstandardized		Standardized	p
	$\beta$	SE	$\beta$	
<b>Male (n=233)</b>				
Age	0.03	0.00	0.46	0.00
Smoking	0.00	0.00	0.02	0.76
Alcohol	0.00	0.00	0.10	0.04
MAP*	0.01	0.00	0.15	0.00
Glucose	0.00	0.00	0.02	0.62
Triglyceride	0.00	0.00	0.03	0.48
<b>Female (n=577)</b>				
Age	0.02	0.00	0.23	0.00
Smoking	0.01	0.01	0.07	0.09
Alcohol	0.00	0.00	-0.04	0.34
MAP	0.02	0.00	0.28	0.00
Glucose	0.00	0.00	0.12	0.01
Triglyceride	0.00	0.00	0.02	0.62

\*: mean arterial pressure

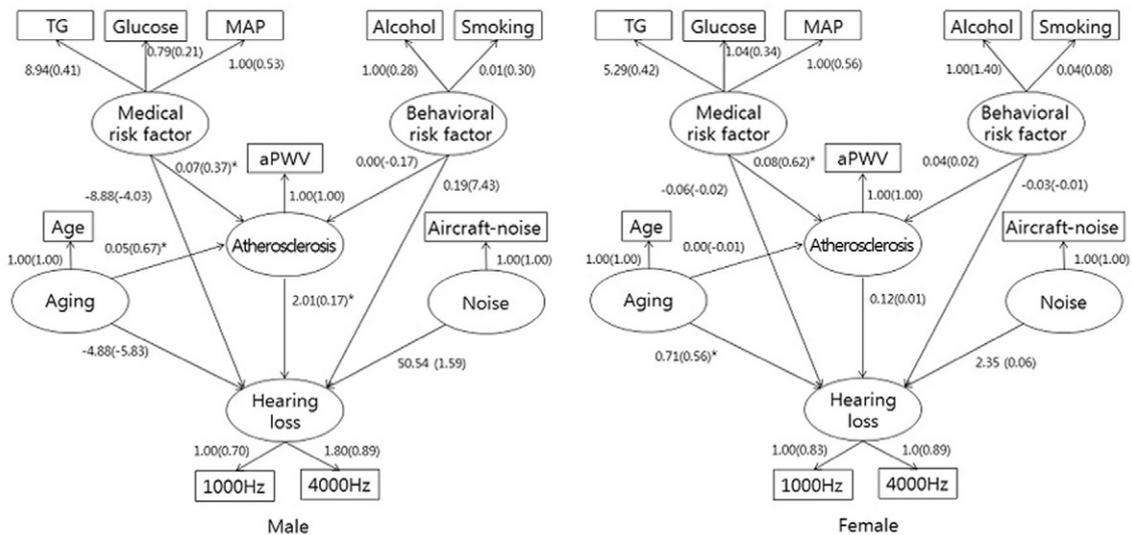
### 4. 심혈관 위험인자의 청력손실에 관한 영향: 구조방정식을 이용한 경로분석

남성군에서 구조방정식에 의한 경로분석에서는 의학적 위험인자의 죽상동맥경화에 대한 영향( $\beta \pm SE$ :  $0.07 \pm 0.03$ ,  $p = 0.03$ )은 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되었으며, 죽상동맥경화의 청력손실에 대한 영향( $\beta \pm SE$ :  $2.01 \pm 0.89$ ,  $p = 0.03$ ) 또한 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되었다. 하지만 의학적 위험인자의 청력에 대한 직접적인 영향은 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되지 않았다. 따라서 의학적 위험인자는 죽상동맥경화를 통하여 청력에 영향을 미치는 것을 보여준다. 연령의 죽상동맥경화에 대한 영향( $\beta \pm SE$ :  $0.05 \pm 0.02$ ,  $p = 0.01$ )은 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되었으나, 청력에 대한 영향은 통계적으로 유의한 연관성이 없었다. 소음 또한 청력손실에 대한 영향은 통계적으로 유의한 연관성이 없었다.

여성군에서 구조방정식에 의한 경로분석에서는 의학적 위험인자의 죽상동맥경화에 대한 영향( $\beta \pm SE$ :  $0.08 \pm 0.02$ ,  $p = 0.00$ )은 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되었으나, 죽상동맥경화의 청력에 대한 영향은 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되지 않았다. 연령의 청력손실에 대한 영향은 통계적으로 유의한 연관성이 있었으나( $\beta \pm SE$ :  $0.71 \pm 0.09$ ,  $p = 0.00$ ), 동맥경화에는 유의한 연관성이 없었다. 의학적 위험인자, 행동적 위험인자, 소음의 청력에 대한 직접적인 영향 또한 통계적으로 유의한 연관성이 관찰되지 않았다 (Fig. 1).

## 고찰

본 연구에서, 청력손실에 관련된 인자들의 다중선형회



**Fig. 1.** Regression weights and standardized regression weights (in parenthesis) on path by structural equation modeling, \*:  $p < 0.05$ , Abbreviation: TG=triglyceride, MAP=mean arterial pressure, aPWV=aortic pulse wave velocity.

귀 분석한 결과, 연령, 소음, 대동맥 맥파속도 등이 청력 손실에 관련되어 있었으며, 평균동맥압, 혈당, 중성지방 그리고 알코올 등은 통계적으로 의미 있는 연관성을 보여주지 못하고 있다. 하지만 대동맥 맥파속도에 관련된 인자를 다중선형회귀 분석한 결과, 알코올, 평균동맥압, 혈당 등이 대동맥 맥파속도에 통계적으로 의미 있는 관련성이 있었다. 이러한 다중선형회귀 분석의 결과로 볼 때, 심혈관 위험인자의 청력손실에 대한 직접적인 연관성은 잘 나타나지 않았으나, 심혈관 위험인자의 죽상동맥경화를 통한 청력손실에 대한 간접적인 연관성은 어느 정도 잘 보여주고 있었다.

하지만 다중선형회귀 분석에서 청력에 대한 평균동맥압의 영향을 보면, 청력손실에 음의 방향으로 통계적 의미가 있게 관련되어 있다. 현재까지 혈압이 직접적으로 청력에 영향을 주는지, 혈압이 죽상동맥경화와 같은 심혈관 질환을 통하여 간접적으로 영향을 주는 지는 밝혀져 있지 않다. 앞선 연구에서 심혈관 위험인자로 인한 질병과 청력의 연관성을 많이 보여주고 있다<sup>7-10)</sup>. 또한 혈압과 청력이 관련이 있다고 한 연구도 혈압에 의한 2차적인 죽상동맥경화와 같은 변성을 혼란변수로 고려한 연구가 아니기 때문에 혈압이 자체로 청력손실을 유발하는 것인지, 죽상동맥경화와 같은 2차적인 변성을 통하여 영향을 미치는 지는 잘 알려져 있지 않다<sup>4)</sup>. 연령에 따른 청력손실과 혈압의 연관성을 보여주는 Rosenhall 등<sup>20)</sup>의 연구에서도 확실적인 결론을 내리지 못하고 있다. 오히려 혈압보다는 혈압에 의한 심혈관 질환과 관련이 있을 것으로 추측하고 있다.

본 연구결과 청력과 죽상동맥경화에 영향을 주는 모든 관계를 동시에 고려한 구조 방정식에서는 의학적 위험인자의 청력에 대한 직접적인 영향보다는 죽상동맥경화를 통하여 청력에 영향을 미치는 경로가 통계적으로 유의하게 관찰되고 있다. 따라서 심혈관 위험인자가 청력손실에 영향을 미치는 기전은 죽상동맥경화와 같은 2차적인 변성을 통하여 간접적으로 영향을 줄 것이라 추측된다. 이러한 심혈관 위험인자의 청력에 대한 영향이 직접적인 것인지, 간접적으로 영향을 주는 것인지는 심혈관질환이라는 변수를 보정한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 구조 방정식에서 모델이 자료를 잘 반영하고 있는 지를 살펴보면, 모델의 적합도 지수 CFI 와 RMSEA는 남성군에서 각각 0.976, 0.036이며 여성군에서 각각 0.979, 0.036로 모델이 자료의 결과를 잘 반영한다고 볼 수 있다. 참고로, 모델의 적합도 지수 CFI 는 0.95이상, RMSEA는 0.05이하 시 모델이 적합하다고 판단한다.

구조 방정식에서 남녀 모두에서 의학적 위험인자의 대동맥 맥파속도에 대한 영향을 잘 보여 주고 있으나 대동

맥 맥파속도의 청력에 대한 영향은 남성군에서만 유의하며 여성군에서는 유의하지 않게 나타나고 있다. 이러한 점은 여성군에 있어서 죽상동맥경화의 정도가 남성군보다 덜 하여 청력에 대한 영향을 잘 보여주지 못하고 있다고 추측되며, 여성호르몬 에스트로젠은 혈관을 보호하는 효과가 있다<sup>19)</sup>.

소음은 청력에 영향을 주는 것으로 잘 알려져 있으나 이러한 점들이 잘 나타나지 않는 것은 본 구조방정식에서 저주파와 고주파를 통합한 청력과의 관계를 모형으로 나타내었기 때문일 것으로 추측된다. 실제로 각각의 주파수 별로 보았을 때는 소음과 청력이 관련되어 있었고, 특히 고주파가 아니라 저주파에 영향을 미치고 있다. 이러한 이유는 본 연구대상의 연령이 남성에서 56.5±16.6세이며, 여성에서는 57.9±15.2세로 높은 집단이라는 특성과 관련이 있을 것으로 생각한다. 소음성 난청은 고주파에서 시작하여 저주파로 진행하며 어느 정도 진행을 하면 대개 멈추는 것으로 되어 있다. 또한 낮은 연령에서는 퇴행성 변화가 심하지 않아 소음성 난청을 잘 보여주나, 높은 연령에서는 고주파에서 진행한 소음성 난청의 역치 저하가 멈추고 저주파로 진행하여 퇴행성변화와 겹쳐지기 때문에 저주파에서 소음의 영향이 더 잘 나타난다고 추측된다.

본 자료를 이용하여 비행기 소음과 청각학적 평가 결과의 관련성에 대한 연구<sup>21)</sup>를 살펴보면 남성 우측 귀 500, 1000 Hz, 여성 좌측 귀 500, 1000 Hz, 여성 우측 귀 500, 1000, 2000, 4000, 6000 Hz에서 유의한 청력역치의 차이가 있었다. 비행기 소음의 청력손실에 관한 다른 연구를 살펴보면, 한상환 등<sup>22)</sup>은 비행기소음과 청력손실의 관련성이 명확하지 않다고 보고하였다. 이경중 등<sup>23)</sup>은 저음영역(500, 1000, 2000 Hz의 평균), 4000 Hz, 고음영역(6000, 8000 Hz의 평균) 모두에서 유의한 차이를 보였다. 또한 조성일 등<sup>24)</sup>은 미공군사격장 주변 주민을 대상으로 500, 1000, 2000, 4000 Hz의 평균청력역치는 유의한 차이를 보이지 않았으나 회화영역의 장애를 나타내는 3분법에 따른 난청(500, 1000, 2000 Hz의 평균)의 유병률은 폭로군에서 24.0%, 비폭로군에서 13.4%로 유의한 차이를 보였으며 노출군과 대조군의 대응비는 2.03으로 보고 하였다.

청력손실과 심혈관 위험인자에 대한 국내의 연구를 살펴보면 정성필 등<sup>25)</sup>은 한 대학병원에서 종합검진을 한 3,827명을 대상으로 수축기 혈압, 이완기 혈압, 총콜레스테롤, 저밀도지단백콜레스테롤, 중성지방질, 죽상동맥경화지수(총콜레스테롤/고밀도지단백콜레스테롤)등이 청력역치를 증가시키는 것으로 보고하였다. Gates 등<sup>7)</sup>은 프래밍햄 코호트 자료의 단면분석에서 관상동맥질환(coronary heart disease), 뇌졸중(stroke), 간헐적 파행(intermittent claudication) 등의 심혈관 질환의 발

생과 청력손실의 상관성을 보여주고 있으나, 혈압, 총콜레스테롤, 중성지방, 당뇨, 흡연 등의 심혈관 위험인자와 청력손실의 상관성은 보여주지 못하였다. 하지만 Gates 등은 이러한 이유는 청력손실에 영향을 주는 다른 인자들의 효과 때문에 가려져 나타나지 않았을 것으로 추측하였다. Torre 등<sup>8)</sup>은 남녀 1,501명을 대상으로 이음향방사검사를 통하여 급성심근경색의 과거력이 있는 여자에서 달팽이관의 장애가 2배정도 많다고 하였다. 하지만 급성심근경색이 있는 남자에서는 이러한 관련성이 없었다고 보고하였다. Agrawal 등<sup>10)</sup>은 미국 국립건강영양조사에 참석한 5,742명을 대상으로 각 주파수별 25 dB 이상의 청력손실에 대하여 난청 유병률의 증가는 나이와 행동요인(흡연), 심혈관 위험인자(고혈압, 당뇨 등), 소음의 합수로 증가한다고 보고하였다. 즉 위험인자가 많아질수록 난청 유병률은 증가한다고 보고 하였다.

그리고 심혈관 질환과 청력손실의 관련성이 없다는 문헌을 살펴보면, Drettner 등<sup>26)</sup>은 1,000명의 50대 남자를 대상으로 한 연구에서 수축기 혈압, 이완기 혈압, 콜레스테롤, 흡연 등의 심혈관 위험인자와 청력저하는 관계가 없다고 보고하고 있다. 하지만 본 연구에서 전음성 난청자 238명을 제외한 뒤 소음 노출군과 비노출군, 흡연군과 비흡연군으로 층화하여 분석한 결과, 비소음 노출군 우측 귀의 청력저하와 흡연은 관련이 있다고 보고하여 심혈관 위험인자의 청력저하 가능성을 일부 제시하였다. Parving 등<sup>27)</sup>은 코펜하겐 남성연구(Copenhagen male study)에서 3,387명의 남자들을 10년간 추적 검사에서 청력문제와 고혈압, 협심증, 과거 심근경색 등은 관련이 없다고 하였다. 하지만 이 연구는 실제 청력을 측정하는 것이 아니라 설문조사에 의해 자가 청력손실을 판단하였으며, 여기에서 의사에 의해 진단받은 간헐적 파행(intermittent claudication)은 청력저하와 상관성을 보이고 있어 심혈관 질환과 청력저하의 관련성을 보여주고 있다. Karamitsos 등<sup>28)</sup>은 30명의 허혈성 심질환자와 심질환이 없는 대조군을 설정하여 순음청력검사 및 청성뇌간반응(auditory brainstem response) 검사를 하였다. 여기에서 두 군 간의 순음청력검사상 청력역치의 차이가 없다고 하였지만, 청성뇌간반응 검사에 있어서는 차이가 있는 것으로 보고하였다.

흡연과 청력손실의 연구에서는 Gates 등<sup>7)</sup>의 프레밍햄 연구에서 흡연과 청력손실의 관계를 밝히지는 못하였고, Brant 등<sup>9)</sup>의 볼티모어 종단적 노화연구(Baltimore longitudinal study of aging)에서도 531명의 백인 중산층을 대상으로 흡연과 청력손실의 관계를 밝히지 못하였다. 하지만 Cruickshanks 등<sup>3)</sup>의 3,758명을 대상으로 한 대규모 코호트 연구에서 흡연자는 그렇지 않은 사람보다 청력저하가 1.69배(95% CI 1.31-2.17) 많다고 보고

하였다.

음주와 청력손실의 관계는 Rosenhall 등<sup>29)</sup>이 종단적 코호트 연구(longitudinal cohort study)에서 만성 알코올남용이 청력저하와 관계가 있다고 보고하고 있다. 하지만 Helzner 등<sup>30)</sup>과 Franssen 등<sup>31)</sup>은 적당한 음주는 청력저하를 보호하는 효과가 있다고 보고하고 있다.

혈관이 각종 위험인자들의 영향을 받아 손상을 받게 되면, 초기에는 기능상의 이상이 오고, 이어 구조적 이상이 진행하게 되어 혈관의 경직도는 점차 심해지게 된다<sup>32)</sup>. 즉, 혈관경직도는 혈관 손상을 종합적으로 반영한다고 본다. 따라서 위험인자들이 무증상의 혈관 손상의 단계를 지나, 심혈관질환을 발병하게 되는 과정을 혈관경직도를 계측함으로써 추적할 수 있다<sup>32-34)</sup>. 실제로 임상에서 혈관경직도의 지표인 대동맥 맥파속도는 심혈관질환의 이환 및 사망을 예지할 수 있는 독립된 지표라고 보고되고 있다<sup>35)</sup>. 또한 전통적인 위험인자들과는 다르게 혈관 손상의 정도를 나타내기 때문에 혈관 장애의 지표로도 인지되고 있다<sup>34)</sup>. 그리고 맥파속도는 혈관의 손상유무 또는 정도를 반영함으로써 죽상동맥경화를 추정하는 지표로 사용될 수 있다<sup>11,12)</sup>.

심혈관 위험인자와 대동맥 맥파속도의 관계에 대한 국내 논문을 살펴보면 공정옥<sup>36)</sup> 등이 일부 제조업체 납자 근로자 234명을 대상으로 혈압, 혈당, 총콜레스테롤, 직업적 긴장 등이 맥파속도에 영향을 미친다고 보고하고 있다. 이수화 등<sup>37)</sup>은 건강검진센터에 내원한 성인들 중 임의 선택한 305명을 대상으로 나이, 성별, 공복혈당, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 평균혈압, 맥압, 총콜레스테롤, 저밀도지단백 등이 유의한 상관관계를 보인다고 하였다.

그리고 최근 심혈관 위험인자와 혈관장애로 인한 청력저하의 관련성을 보는 몇몇 연구가 있었다. Pillsbury는<sup>38)</sup> 총 콜레스테롤의 증가가 미세혈관장애를 통해서 청력에 영향을 미친다고 보고하고 있고, Schknecht와 Gacek은<sup>39)</sup> 측두골 표본으로 연구를 하여 청력저하를 4가지로 분류 하였으며, 전 주파수에서 고르게 청력이 저하 되는 편평형의 청력손실(flat loss on PTA)은 병리학적으로 달팽이관으로 혈액을 공급하는 혈관의 위축(stria vascularis atrophy)과 관련되어 있다고 보고하였다. 즉, 심혈관 위험인자가 내이의 달팽이관으로 혈액을 공급하는 혈관에 장애를 주어 청력이 저하되는 것으로 보고하였다. Liew 등<sup>40)</sup>은 1,511명을 대상으로 한 단면연구에서, 심혈관 위험인자와 관련된 변화인 망막의 미세혈관 이상과 청력저하는 상당히 관련성이 있다고(adjusted OR, 2.10; 95% CI 1.09-4.06, p=0.002) 보고 하여 심혈관 위험인들이 동맥혈관의 장애를 통하여 청력손실과 관련이 있음을 보여 주었다. 그리고 Agrawal 등<sup>10)</sup>은 미국 건강영양조사에 참여한 3,527명을 대상으로 하여 청력손실의 원인인

자에 대한 역학적 연구에서 흡연 및 당뇨 등의 심혈관 위험인자에 의한 청력손상이 편평형의 청력손실(flat loss on PTA)을 보이며, 심혈관 위험인자와 소음은 청력손실에 상승효과가 있다고 보고하면서, 이러한 이유는 심혈관 위험인자가 달팽이관의 미세혈관 장애를 통하여 청력손실에 취약성을 증가시키기 때문일 것이라 하였다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 단면연구에 의한 역학조사를 바탕으로 한 연구로 인과관계에 대해서는 추론적일 수밖에 없다. 따라서 심혈관 위험인자가 죽상동맥경화를 통하여 청력저하를 일으키는 지에 대한 인과관계는 코호트 연구로 확인할 필요가 있다. 하지만 논리적으로, 청력저하가 죽상동맥경화의 위험인자가 될 수 없고, 죽상동맥경화가 심혈관 위험인자의 원인이 될 수는 없다. 둘째, 심혈관 위험인자에 의한 혈관변성을 청력에 직접적인 영향을 줄 수 있는 달팽이관으로 혈액을 공급하는 혈관에 대한 것이 아니라, 대동맥의 동맥경직도를 반영하는 경동맥-대퇴동맥간 맥파속도를 사용하였다. 하지만 달팽이관으로 혈액을 공급하는 혈관에 대한 맥파속도 측정은 현실적으로 어려우며, 대동맥 맥파속도는 심혈관질환 뿐만 아니라 뇌의 작은 혈관의 질병과 관련되어 있다는 보고<sup>41)</sup>가 있다. 셋째, 심혈관 위험인자와 대동맥 맥파속도의 관련성에 있어서 고혈압, 당뇨, 고지혈증 등의 치료여부를 고려하지 않았다. 예를 들면, 고혈압 환자에 있어서 죽상동맥경화가 상당히 진행되었다 하더라도 치료에 의해 혈압 자체는 낮게 측정 될 수 있는 점을 감안하여야 한다. 하지만 이러한 점은 심혈관 위험인자와 대동맥 맥파속도의 상관성을 과소평가하게 된다.

그동안 청력손실의 원인에 대한 연구는 많았지만 심혈관 위험인자와 청력손실의 관계에 대하여 심혈관 위험인자가 어떻게 청력손실에 영향을 주는지 그 기전에 관한 연구는 찾아보기 어렵다. 그러므로 대동맥 맥파속도의 측정을 통하여, 심혈관 위험인자가 죽상동맥경화를 통하여 청력손실에 영향을 준다는 기전을 제시하였다는 것이 본 연구의 의의라 할 수 있다. 앞으로 청력손실의 더 철저한 예방을 위하여 청력손실의 잘 알려진 원인인자인 소음뿐만 아니라 심혈관 위험인자를 고려한 중재가 필요하다고 생각된다.

요 약

**목적:** 죽상동맥경화의 정도를 간접적으로 알 수 있는 대동맥 맥파속도를 측정하여, 심혈관 위험인자가 죽상동맥경화를 통하여 청력손실에 영향을 미치는 지를 파악하고자 하였다.

**방법:** 본 연구는 평택시에 위치한 13개 마을 20세 이상 성인을 대상으로, 비행기 소음의 건강영향 조사의 일환으

로 2005년 7월 13일부터 2006년 1월 13일까지 6개월 동안 수행되었다. 연구대상자는 전도성 난청자와 순음청력검사에 협조가 불가능한 경우를 제외하고 총 810명에 대하여 분석하였다. 죽상동맥경화는 성별에 따라 차이가 있으므로 연구 대상자들을 성별로 층화하여 분석하였다.

심혈관 위험인자로서 혈압은 평균동맥압을 사용하였으며 그 외 혈당, 중성지방, 흡연력, 음주력을 측정하였고, 동맥경화증의 정도는 대동맥 맥파속도를 통하여 간접적으로 측정하였다. 청력검사는 1000 Hz, 4000 Hz에 대해서 기도청력을 측정하였다. 자료의 분석은 다중선형회귀 분석을 통하여 청력손실에 관련된 인자와 대동맥 맥파속도에 관련된 인자를 분석하였고, 각 인자들 간의 청력손실에 영향을 미치는 경로는 구조방정식을 통하여 분석하였다.

**결과:** 청력손실에 영향을 미치는 인자는 남성군에서 1000 Hz의 청력손실과 관련된 인자는 나이, 비행기소음, 대동맥 맥파속도 등이며(p<0.05), 4000 Hz에서는 연령이 통계적으로 의미가 있었다(p<0.05). 여성군에서 1000 Hz의 청력손실과 관련된 인자는 연령, 비행기소음이었으며, 4000 Hz의 청력손실과 관련된 인자는 연령이 통계적으로 의미가 있었다.

대동맥 맥파속도에 영향을 미치는 인자는 남성군에서 연령, 음주, 평균동맥압이 통계적으로 의미가 있었으며(p<0.05), 여성군에서 연령, 평균동맥압, 혈당 등이 통계적으로 의미가 있었다(p<0.05).

구조방정식에 의한 경로 분석을 보면, 남성군에서 의학적 위험인자의 죽상동맥경화에 대한 영향( $\beta \pm SE$ : 0.07 ± 0.03, p=0.03)은 통계적으로 유의하였으며, 죽상동맥경화의 청력손실에 대한 영향( $\beta \pm SE$ : 2.01 ± 0.89, p=0.03) 또한 통계적으로 유의하였다. 하지만 의학적 위험인자의 청력에 대한 직접적인 영향은 통계적으로 유의하지 않았다. 따라서 의학적 위험인자는 죽상동맥경화를 통하여 청력에 영향을 미치는 것을 보여준다. 하지만 여성군에서는 의학적 위험인자의 죽상동맥경화에 대한 영향( $\beta \pm SE$ : 0.08 ± 0.02, p=0.00)은 통계적으로 유의하였으나, 죽상동맥경화의 청력에 대한 영향은 통계적으로 유의하지 않았다.

**결론:** 심혈관 위험인자는 청력에 대한 직접적인 관련성이 없었으나, 죽상동맥경화를 통한 간접적인 관련성은 확인할 수 있었다. 이로서 심혈관 위험인자에 의한 청력손실은 대동맥 맥파속도로 측정된 죽상동맥경화와 간접적인 관련 가능성을 제시하였다. 따라서 청력손실의 더 철저한 예방을 위하여 청력손실의 잘 알려진 원인 인자인 소음뿐만 아니라 심혈관 위험인자를 고려한 중재가 필요하다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) Hodgkinson L, Prasher D. Effects of industrial solvents on hearing and balance: a review. *Noise Health* 2006;8(32): 114-33.
- 2) Gobba F. Sensory perception: an overlooked target of occupational exposure to metals. *Bioinorg Chem Appl* 2003;1(2):199-214.
- 3) Cruickshanks KJ, Klein R, Klein BE, Wiley TL, Nondahl DM, Tweed TS. Cigarette smoking and hearing loss: the epidemiology of hearing loss study. *JAMA* 1998;279(21): 1715-9.
- 4) de Moraes Marchiori LL, de Almeida Rego Filho E, Matsuo T. Hypertension as a factor associated with hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol* 2006;72(4):533-40.
- 5) Bainbridge KE, Hoffman HJ, Cowie CC. Diabetes and hearing impairment in the united states: audiometric evidence from the national health and nutrition examination survey, 1999 to 2004. *Ann Intern Med* 2008;149(1):1-10.
- 6) Evans MB, Tonini R, Shop CD, Oqhalai JS, Jerqer JF, Insull W jr, Browell WE. Dyslipidemia and auditory function. *Otol Neurotol* 2006;27(5):609-14.
- 7) 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(2):156-61.
- 8) Torre P 3rd, Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R, Nondahl DM. The association between cardiovascular disease and cochlear function in older adults. *J Speech Lang Hear Res* 2005;48(2):473-81.
- 9) Brant LJ, Gordon-Salant S, Pearson JD, Klein LL, Morrell CH, Metter EJ, Fozard JL. Risk factors related to age-associated hearing loss in the speech frequencies. *J Am Acad Audiol* 1996;7(3):152-60.
- 10) Agrawal Y, Platz EA, Niparko JK. Risk factors for hearing loss in US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2002. *Otol Neurotol* 2009;30(2):139-45.
- 11) Kubo T, Miyata M, Minagoe S, Setoyama S, Maruyama I, Tei C. A simple oscillometric technique for determining new indices of arterial distensibility. *Hypertens Res* 2002;25(3):351-8.
- 12) van Popele NM, Grobbee DE, Bots ML, Asmar R, Topouchian J, Reneman RS, Hoeks AP, van der Kuip DA, Hofman A, Witteman JC. Association between arterial stiffness and atherosclerosis: the Rotterdam Study. *Stroke* 2001;32(2):454-60.
- 13) Kim HJ, Roh SC, Kwon HJ, Paik KC, Rhee MY, Jeong JY, Lim MH, Koo MJ, Kim CH, Kim HY, Lim JH, Kim DH. Study on the health status of the residents near military airbases in Pyeongtaek city. *J Prev Med Public Health* 2008;41(5):307-14. (Korean)
- 14) Safar ME, Boudier HS. Vascular development, pulse pressure, and the mechanisms of hypertension. *Hypertension* 2005;46(1):205-9.
- 15) Zheng L, Sun Z, Li J, Zhang R, Zhang X, Liu S, Li J, Xu C, Hu D, Sun Y. Pulse pressure and mean arterial pressure in relation to ischemic stroke among patients with uncontrolled hypertension in rural areas of China. *Stroke* 2008;39(7):1932-7.
- 16) Kim HJ, Yang JW, Han BG, Lee MK, Kim JS, Yoo JM, Han ST, Choi JW, Kim MS, Choi SO. Clinical characteristics of alcoholic ketoacidosis in patients with chronic alcohol ingestion. *Korean J Nephrol* 2006;25(6):923-31. (Korean)
- 17) Hirata K, Kawakami M, O'Rourke MF. Pulse wave analysis and pulse wave velocity: a review of blood pressure interpretation 100 years after Korotkov. *Circ J* 2006;70(10):1231-9.
- 18) Kim KS, Choi YH, Won YL, Kang SK. Ambient noise levels in the audiometric test rooms used for special periodic health examination. *Korean J Occup Environ Med* 2004;16(3):316-28. (Korean)
- 19) Farhat MY, Lavigne MC, Ramwell PW. The vascular protective effects of estrogen. *FASEB J* 1996;10:615-624.
- 20) Rosenhall U, Sundh V. Age-related hearing loss and blood pressure. *Noise Health* 2006;8(31):88-94.
- 21) Jeong JD, Kim HJ, Jung JY, Roh SC, Kwon HJ. Relationship of aircraft-noise and the result of audiological evaluation among residents near U.S. military airbases in pyeongtaek city. *Korean J Occup Environ Med* 2009;21(2):154-64. (Korean)
- 22) 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 respose to psychological stress. *Korean J Prev Med* 1997;30(2):356-68. (Korean)
- 23) Lee KJ, Park JB, Jang JY, Cho SM, Lee SW, Kim JG, Lee SY, Kwak JJ, Chung HK. Heath effects of aircraft noise on residents living near an airport. *Korean J Occup Environ Med* 1999;11(4):534-45. (Korean)
- 24) 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 Epidemiol* 1990;12(2):153-64. (Korean)
- 25) Jung SP, Kim SY, Lee TY, Cho YC, Lee DB. The correlation of cardiovascular risk factors and hearing loss. *Korean J Occup Environ Med* 1998;10(2):189-202. (Korean)
- 26) Drettner B, Hedstrand H, Klockhoff I, Svedberg A. Cardiovascular risk factors and hearing loss. A study of 1,000 fifty-year-old men. *Acta Otolaryngol* 1975;79(5-6):366-71.
- 27) Parving A, Hein HO, Suadicani P, Ostri B, Gyntelberg F.

- Epidemiology of hearing disorders. Some factors affecting hearing. The Copenhagen Male Study. *Scand Audiol* 1993;22(2):101-7.
- 28) Karamitsos DG, Kounis NG, Zavras GM, Kitrou MP, Goudevenos JA, Papadaki PJ, Koutsojannis CM. Brainstem auditory evoked potentials in patients with ischemic heart disease. *Laryngoscope* 1996;106(1 Pt 1):54-7.
- 29) Rosenhall U, Sixt E, Sundh V, Svanborg A. Correlations between presbycusis and extrinsic noxious factors. *Audiology* 1993;32(4):234-43.
- 30) Helzner EP, Cauley JA, Pratt SR, Wisniewski SR, Zmuda JM, Talbott EO, de Rekeneire N, Harris TB, Rubin SM, Simonsick EM, Tyllavsky FA, Newman AB. Race and sex differences in age-related hearing loss: the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc* 2005;53(12):2119-27.
- 31) Fransen E, Topsakal V, Hendrickx JJ, Van Laer L, Huyghe JR, Van Eyken E, Lemkens N, Hannula S, Mäki-Torkko E, Jensen M, Demeester K, Tropitzsch A, Bonaconsa A, Mazzoli M, Espeso A, Verbruggen K, Huyghe J, Huygen PL, Kunst S, Manninen M, Diaz-Lacava A, Steffens M, Wienker TF, Pyykkö I, Cremers CW, Kremer H, Dhooge I, Stephens D, Orzan E, Pfister M, Bille M, Parving A, Sorri M, Van de Heyning P, Van Camp G. Occupational noise, smoking, and a high body mass index are risk factors for age-related hearing impairment and moderate alcohol consumption is protective: a European population-based multicenter study. *J Assoc Res Otolaryngol* 2008;9(3):264-76.
- 32) Cohn JN, Duprez DA, Grandits GA. Arterial elasticity as part of a comprehensive assessment of cardiovascular risk and drug treatment. *Hypertension* 2005;46(1):217-20.
- 33) Dijk JM, van der Graaf Y, Grobbee DE, Banga JD, Bots ML; SMART Study Group. Increased arterial stiffness is independently related to cerebrovascular disease and aneurysms of the abdominal aorta: the Second Manifestations of Arterial Disease (SMART) Study. *Stroke* 2004;35(7):1642-6.
- 34) Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, Pannier B, Vlachopoulos C, Wilkinson I, Struijker-Boudier H. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J* 2006;27(21):2588-605.
- 35) Boutouyrie P, Tropeano AI, Asmar R, Gautier I, Benetos A, Lacolley P, Laurent S. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. *Hypertension* 2002;39(1):10-5.
- 36) Kong JO, Koh SB, Chang SJ, Cha BS, Chung HK, Choi HR, Jung-Choi JH, Jeon SJ. Relationship between job stress and pulse wave velocity as a cardiovascular risk factor. *Korean J Occup Environ Med* 2004;16(4):450-8. (Korean)
- 37) Lee SH, Shin JH, Kang EY, Lee YJ, Jung SY, Yoo KD, Song SW, Baek SH. The clinical significance of aortic pulse wave velocity in Korean adults. *J Korean Acad Fam Med* 2006;27(10):782-8. (Korean)
- 38) Pillsbury HC. Hypertension, hyperlipoproteinemia, chronic noise exposure: is there synergism in cochlear pathology? *Laryngoscope* 1986;96(10):1112-38.
- 39) Schuknecht HF, Gacek MR. Cochlear pathology in presbycusis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;102:1-16.
- 40) Liew G, Wong TY, Mitchell P, Newall P, Smith W, Wang JJ. Retinal microvascular abnormalities and age-related hearing loss: the Blue Mountains hearing study. *Ear Hear* 2007;28(3):394-401.
- 41) Henskens LH, Kroon AA, van Oostenbrugge RJ, Gronenschild EH, Fuss-Lejeune MM, Hofman PA, Lodder J, de Leeuw PW. Increased aortic pulse wave velocity is associated with silent cerebral small-vessel disease in hypertensive patients. *Hypertension* 2008;52(6):1120-6.