

소음 노출 근로자의 청력손실에 미치는 심혈관-대사성 질환의 영향

김규상^{1,2*} · 성정민³ · 김은아³

¹서울의료원 직업환경의학과의, ²서울의료원 의학연구소, ³안전보건공단 산업안전보건연구원

Cardiovascular-metabolic Diseases Affecting Hearing loss in Workers Exposed to Noise

KyooSang Kim^{1,2*} · Jungmin Sung³ · Eun-A Kim³

¹Department of Occupational and Environmental Medicine, Seoul Medical Center

²Medical Research Institute, Seoul Medical Center

³Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

ABSTRACT

Objectives: We examined the association of hearing with cardio-metabolic diseases, dyslipidemia, hypertension and diabetes mellitus according to the personal and occupational characteristics of workers exposed to noise.

Methods: The subjects of the study were 237,028 workers who underwent 2, 3, and 4 kHz airway pure tone audiometry in 2015 and who underwent clinical tests to diagnose cardiovascular-metabolic diseases. Cardiovascular-metabolic diseases were defined using reference values for respective items including blood pressure (systolic/diastolic), fasting blood glucose, cholesterol, and triglycerides. The airway pure tone hearing threshold of 2, 3, and 4 kHz, the average threshold of 2-3-4 kHz, and the hearing loss by the average threshold of the primary examination were distinguished.

Results: Workers with cardiovascular-metabolic disease had significantly higher average hearing thresholds and higher rates of hearing loss. Logistic regression analysis, which adjusted for demographic variables of gender and age and occupational variables such as workplace size, industry, and type of work, and cardiovascular-metabolic disease as independent variables, showed that the odds ratio of hypertension to hearing loss in the mid-frequency was 1.239 (95% confidence interval: 1.118-1.374). For hypertension was 1.159 (1.107-1.214) and for diabetes it was 1.166 (1.104-1.230) for hearing loss in the high-frequency. Hearing loss measured by mean hearing was 1.178 (1.105-1.256) for hypertension and 1.181 (1.097-1.271) for diabetes.

Conclusions: Cardiovascular-metabolic diseases in noise-exposed workers are associated with an increased risk of hearing loss and should be accompanied by bio-monitoring of cardiovascular-metabolic diseases in addition to auditory surveillance.

Key words: Cardio-metabolic diseases, diabetes, dyslipidemia, hearing loss, hypertension, metabolic syndrome, noise exposure

I. 서 론

소음 노출 환경은 개선이 이루어지고 있으나 여전히


15% 내외의 노출기준 초과율과 과반의 근로자가 85 dB(A) 이상의 소음에 노출되고 있다(Kim et al, 2020).


소음 인구는 전체 산업에서 291,793개 사업장에서 일하


*Corresponding author: KyooSang Kim, Tel: 02-2276-8667, E-mail: kyoosang@daum.net

156, Sinnae-ro, Jungnang-gu, Seoul 02053

Received: July 11, 2023, Revised: August 3, 2023, Accepted: August 19, 2023

 KyooSang Kim <https://orcid.org/0000-0003-4896-0548>

 Jungmin Sung <https://orcid.org/0000-0002-4519-465X>

 Eun-A Kim <https://orcid.org/0000-0002-8582-234X>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는 2,539,890명이 노출되어 사업장의 15.7%, 종사자의 16.0%가 노출되는 것으로 추정되었다(Kim et al., 2018).

소음 노출에 의한 건강영향은 청력장애(소음성 난청) 뿐 아니라 불쾌감, 대화 방해, 학습장애, 수면장애 및 사회적 행태의 악화 등 일상생활에 영향을 미치며, 고혈압 등 심혈관계 질환과 나아가 정신 건강에도 영향을 미친다. 또한 이와 같은 소음으로 인한 청력장애로 신체적, 정서적, 행동학적, 사회적 기능에 영향을 미친다(Themmann & Masterson, 2019).

청력손실 위험은 주요하게 남성, 고연령, 낮은 학력, 낮은 사회경제적 상태, 흡연 및 직업적 소음 노출 등의 영향을 받는다. 그러나 이러한 요인 외에 고혈압, 당뇨병 등 질병과도 관련이 있다(Agrawal et al., 2009). 난청은 고혈압, 관절염 등과 더불어 발병률이 높은 질환 중 하나로 연령 증가에 따라 난청의 발생 비율이 증가하는 경향을 보인다. 이과적 질환만이 아닌 감염성 질환, 심혈관계 질환, 신장질환, 면역 매개 질환, 내분비/대사 이상 질환 등 일반 전신성 질환이나 다른 신체 부위의 질환도 난청의 선행 원인이 될 수 있다. 특히 노년층에서 유병률이 높은 순환기계 질환은 난청과 관련될 수 있다. 그리고 이러한 질환의 현병력은 소음 노출 여부에 따라 더 큰 청각학적 영향을 미치기도 한다. 당뇨병, 신장질환, 류마티스성 관절염, 고지혈증, 동맥경화증 등 일반 질환이 청각에 미치는 영향은 와우와 청신경, 중추신경계의 다양한 조직병리학적, 생리적, 생화학적, 면역학적 변화에 기인한다(Kim, 2011).

고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증 등 주요 심혈관-대사성 질환(cardio-metabolic diseases)의 위험은 소음 노출과 관련이 있으며(Zaman et al., 2022), 청력손실에 미치는 영향에 대해서도 최근 연구 보고가 많다. 심혈관계 질환은 저음 영역의 난청과 관련되며, 저음 영역의 난청은 혈관선조의 위축을 야기시키는 미세혈행장애 질환과 관련된다. 고혈압과 수축기 혈압은 청력에 영향을 미친다는 보고가 있다(Reed et al., 2019). 그 외 고지혈증과 당뇨병에서도 고음 영역의 감각신경성 난청을 초래한다. 따라서 이와 같은 심혈관계 질환에서 청력과 난청에 대한 주의와 감시, 그리고 증재 관리가 필요하다.

이 연구는 소음 노출 근로자의 특수건강진단 자료를 이용하여 성, 연령 등 개인적 요인, 사업장의 업종, 근무기간, 사업장의 규모 등 직업적 특성, 그리고 소음과

더불어 야간교대작업의 복합노출에 따른 심혈관-대사성 질환의 청력손실과 난청의 영향을 살펴보고자 하였다. 특히 심혈관-대사성 질환으로서 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압 및 당뇨병에 의한 특정 주파수별 청력역치와 평균 청력역치에 따른 난청 중증도의 차이, 그리고 개인적 요인과 업종, 근무기간, 복합 노출 등의 직업적 위험요인 보정 후의 각 개별적인 심혈관-대사성 질환의 증음역, 고음역의 청력과 난청 발생 위험을 보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

이 연구의 분석 자료는 2015년도에 시행한 우리나라의 소음 특수건강진단 자료로서 28,090개 사업장의 637,842명의 자료로 구성되어 있다. 소음 특수건강진단은 1일 8시간 작업 기준으로 85 dB(A) 이상 노출되는 경우 실시한다. 소음 특수건강진단 대상자 중 소음 단독 노출(주간근무) 근로자는 489,166명, 소음에 노출되며 야간작업을 수행하는 복합노출 근로자는 148,582명이었다. 야간작업은 6개월간 밤 12시부터 다음 날 오전 5시까지의 시간을 포함하여 계속되는 작업을 월 평균 4회 이상 또는 6개월간 오후 10시부터 다음 날 오전 6시 사이의 시간 중 작업을 월 평균 60시간 수행하는 근로자이다. 연구 대상인 소음에 노출되는 근로자는 1차 소음 특수건강진단으로 2000, 3000, 4000 Hz 기도 순음청력검사를 실시한다. 최종 분석 대상은 소음 특수건강진단과 야간 또는 일반 건강검진에서 심혈관-대사성 질환인 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압, 당뇨병을 진단할 수 있는 혈압, 혈액검사로서 혈청 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방(트리글리세라이드), 공복혈당 검사를 실시한 237,028명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

소음 노출 근로자의 1차 소음 특수건강진단의 2, 3, 4 kHz의 순음청력검사의 기도 청력역치와 2, 3, 4 kHz의 평균청력을 이용하였다. 2 kHz에서 30 dB 이상인 경우 증음역 난청(mid-frequency hearing loss), 4 kHz에서 40 dB 이상인 경우 고음역 난청(high-frequency hearing loss)으로 정의하였다. 이는 소음 특수건강진단에서 2000 Hz에서 30 dB, 3000 Hz에서 40 dB, 4000 Hz에서 40 dB 이상의 청력손실을 어느 하나라도 보이는

경우에 정밀청력검사(2차)를 실시하는 기준이다. 2000, 3000, 4000 Hz의 기도 순음 평균청력으로 25 dB 이하 정상, 26-40 dB은 경도 난청(mild hearing loss), 41-55 dB은 중도 난청(moderate HL), 56 dB 이상은 중고도 난청(moderate-severe HL)으로 구분하였다. 청력역치는 두 귀 중 나쁜 쪽의 귀의 청력역치를 기준으로 하였다. 난청의 기준은 2, 3, 4 kHz의 평균청력 40 dB 이상으로 정의하였다.

연령은 10세 간격으로 29세 이하, 30-39, 40-49, 50세 이상으로 구분하였다. 근무기간은 5년 미만, 5년-10년 미만, 10년-20년 미만, 20년 이상으로 구분하였다. 업종은 표준업종코드의 대분류를 기준으로 높은 소음에 노출되는 광업, 제조업, 건설업, 그리고 기타 업종으로 구분하였다. 대상 근로자가 근무하는 사업장의 규모는 1-49, 50-299, 300-999, 1000인 이상으로 구분하였다. 소음 노출 근로자로서 근무형태는 주간근무(소음 단독 노출), 야간 교대작업(복합 노출)으로 구분하였다.

소음 노출 근로자의 심혈관-대사성 질환은 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압, 당뇨병으로 구분하여 살펴보았다. 관련 주요 임상검사로는 혈압, 혈액검사로서 혈청 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방(트리글리세라이드), 공복혈당 등의 결과를 이용하였다. 대사증후군은 아래의 성인 진단기준을 이용하여 5개의 항목 중 3개 이상에 해당될 경우 대사증후군으로 정의하였다(1. 중심비만: 허리둘레 남자 90cm 이상, 여자는 85cm 이상, 2. 고중성지방혈증: 중성지방이 150 mg/dL 이상, 3. 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-콜레스테롤)이 낮은 경우: 남자 40 mg/dL 미만, 여자 50 mg/dL 미만, 4. 공복혈당이 100 mg/dL 이상, 5. 고혈압: 수축기 혈압 130 mmHg, 또는 이완기혈압이 85 mmHg 이상인 경우). 고혈압은 수축기 혈압 140 mmHg 이상 또는 이완기 혈압 90 mmHg 이상으로 정의하였다. 당뇨병은 공복혈당 126 mg/dL 이상으로 정의하였다.

3. 통계분석

소음/야간 특수건강진단 대상자의 개인의 인구학적, 사업장 특성, 소음 노출기간 및 노출 특성에 따른 1차 2, 3, 및 4 kHz 순음청력검사와 평균청력, 그리고 난청 정도의 차이를 보기 위해 t-test, ANOVA, 교차분석을 실시하였다. 그리고 대사증후군, 고혈압, 당뇨병 등 심혈관-대사성 질환 여부에 따른 각 주파수별 청력역치,

평균청력 및 난청 증증도의 차이를 보기 위해 t-test를 실시하였다. 개인 및 직업적 요인과 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압, 당뇨병 등 각각의 심혈관-대사성 질환을 독립변수로 하여 logistic regression model을 적합하였다. 이와 같은 모형을 이용해서 심혈관-대사성 질환이 청력과 난청에 영향을 미치는 요인들의 효과를 추정하였다. Logistic regression model에서 모든 요인을 동시에 검정하는 다변량 분석을 실시하였으며, 각 요인을 보정한 상태에서 심혈관-대사성 질환의 증음역, 고음역 및 평균청력에 따른 난청 발생 효과는 비차비(odds ratio, OR), 95% 신뢰구간(confidence interval, CI), 그리고 p-value로 제시하였다. 모든 분석은 R version 3.3.2(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)를 이용하였다.

III. 연구 결과

1. 소음 노출 근로자의 청력

소음 노출 근로자의 소음 특수건강진단 1차 순음청력 검사상 2, 3, 4 kHz 각각의 청력역치와 평균청력을 성, 연령의 인구학적 요인과 근무기간, 사업장 규모, 업종 및 근무형태(주간 또는 야간 교대근무)에 따라 차이가 있는지 살펴보았다. 전체 연구 대상자의 청력은 2 kHz 11.56 dB, 3 kHz 14.43 dB, 4 kHz 18.62 dB, 2-3-4 kHz 평균청력은 15.32 dB을 보였다. 주파수별 청력역치는 성, 연령, 근무기간, 사업장 규모, 업종, 근무형태에 따라 유의한 차이를 보였다. 2, 3, 4 kHz의 평균청력은 남성이 15.45 dB로 여성의 14.12 dB보다 높은 청력역치를 보였으며, 근무기간은 5년 미만 13.44 dB, 5~10년 미만 14.12 dB, 10~20년 미만 15.77 dB, 20년 이상 21.44 dB로 근무기간이 길수록 청력역치가 높게 나타났다. 사업장 규모에 따라서는 평균청력이 300~1000인 미만 14.70 dB, 50~300인 미만 15.29 dB, 1,000인 이상 15.37 dB, 50인 미만 16.13 dB의 순으로 나타났으며, 업종별로는 기타 업종 14.00 dB, 제조업 15.47 dB, 건설업 18.88 dB, 광업 21.44 dB의 순으로 나타났다. 근무형태에 따라서는 야간교대 근무자가 15.17 dB, 주간근무자가 15.58 dB의 평균청력을 보였다(Table 1).

평균청력에 따른 정상, 경도, 중도, 중고도 이상의 난청 분포도 성, 연령, 근무기간, 사업장 규모, 업종, 근무형태에 따른 소음 노출과 유의한 차이를 보였다. 전체

Table 1. Comparison of hearing thresholds according to the characteristics of study participants

Variables		N(%)	2 kHz	3 kHz	4 kHz	2-3-4 kHz
			Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Sex	Female	23,359(9.9)	12.77(11.42)***	13.56(10.40)***	14.85(11.64)***	14.12(9.70)***
	Male	213,669(90.1)	11.42(9.19)	14.53(13.37)	19.04(16.64)	15.45(12.05)
Age(years)	<30	38,120(16.1)	8.32(6.60)***	8.42(7.31)***	9.20(8.39)***	8.94(6.87)***
	30~<40	76,002(32.1)	9.45(7.29)	10.34(8.96)	12.90(11.38)	11.27(8.30)
	40~<50	70,870(29.9)	11.74(8.56)	14.99(12.37)	20.46(15.72)	16.24(10.91)
	≥50	52,036(22.0)	16.75(11.51)	24.05(16.58)	31.39(18.64)	24.67(14.13)
Work duration(years)	<5	115,990(48.9)	10.83(8.46)***	12.71(11.61)***	15.59(14.37)***	13.44(10.63)***
	5~<10	37,519(15.8)	10.97(8.95)	13.21(12.37)	16.88(15.23)	14.12(11.23)
	10~<20	43,589(18.4)	11.55(9.04)	14.59(12.91)	19.71(16.25)	15.77(11.59)
	≥20	39,930(16.8)	14.23(10.85)	20.41(16.05)	27.90(18.64)	21.44(13.80)
Business scale(persons)	≥1,000	44,609(18.8)	11.21(9.88)***	14.41(14.21)***	19.04(17.47)***	15.37(12.90)***
	≥300~<1,000	39,993(16.9)	11.19(8.61)	13.82(12.30)	17.80(15.43)	14.70(11.11)
	≥50~<300	119,226(50.3)	11.67(9.01)	14.39(12.72)	18.47(15.84)	15.29(11.49)
	<50	33,196(14.0)	12.06(9.38)	15.32(13.85)	19.60(17.00)	16.13(12.40)
Industry	Other industries	36,630(15.5)	10.74(8.30)***	13.08(11.99)***	16.85(15.37)***	14.00(10.88)***
	Manufacturing	195,119(82.3)	11.64(9.28)	14.58(13.24)	18.83(16.35)	15.47(11.95)
	Construction	5,127(2.2)	14.04(10.17)	18.17(14.69)	23.13(17.73)	18.88(13.22)
	Mining	152(1.0)	14.51(10.73)	20.23(16.55)	27.93(18.23)	21.44(14.36)
Work type	Daytime work	88,913(37.5)	11.28(9.36)***	14.70(13.81)***	19.26(17.00)***	15.58(12.36)***
	Night-shift work	148,115(62.5)	11.72(9.05)	14.27(12.67)	18.24(15.80)	15.17(11.52)
Total		237,028(100)	11.56(9.17)	14.43(13.11)	18.62(16.26)	15.32(11.84)

N: Number of samples, SD: Standard deviation

***: <.001, **: <.05

연구 대상자의 평균청력에 따른 정상은 204,344명(86.2%), 경도 난청은 22,575명(9.5%), 중도 난청은 7,300(3.1%), 중고도 난청 이상은 2,809명(1.2%)이었다. 남성 근로자는 정상 청력 182,916명(98.3%), 경도 난청 21,021(9.8%), 중도 난청 7,044명(3.3%), 중고도 난청 이상이 2,688명(1.3%)으로 여성 근로자의 정상 청력 21,428명(91.7%), 경도 난청 1,554명(6.7%), 중도 난청 256명(1.1%), 중고도 난청 이상 121명(0.5%)에 비해 난청자가 유의하게 많았다. 그리고 연령이 많을수록, 근무기간이 길수록 난청자가 유의하게 많았다. 사업장 규모, 업종 및 근무형태에 따른 난청도 주파수별 청력역치와 같은 유의한 차이를 보였다(Table 2).

2. 심혈관-대사성 질환에 따른 청력역치와 난청

연구 대상자인 소음 노출 근로자의 심혈관-대사성 질환

환인 대사증후군, 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증에 따른 소음 특수건강진단 1차 순음청력검사상 2, 3, 4 kHz의 각각의 청력역치와 평균 청력역치의 차이가 있는지 살펴보았다. 전체 연구 대상자의 대사증후군은 42,496명(17.9%), 고혈압은 16,450명(6.9%), 당뇨병은 11,079명(4.7%), 이상지질혈증은 고콜레스테롤혈증 20,432명(8.6%), 고중성지방혈증 42,560명(18.0%), 저-저밀도 콜레스테롤혈증 14,179명(6.0%), 저-고밀도콜레스테롤혈증 27,642명(11.7%)이었다. 심혈관-대사성 질환이 있는 근로자의 2, 3, 4 kHz의 각각의 청력역치와 2-3-4 kHz의 평균청력은 심혈관-대사성 질환이 없는 근로자에 비해 유의하게 높은 청력역치를 보였다. 2, 3, 4 kHz의 평균청력은 대사증후군을 보이는 근로자 17.07 dB, 대사증후군이 없는 근로자 14.94 dB, 고혈압이 있는 근로자 18.30 dB, 고혈압이 없는 근로자

15.10 dB, 당뇨병이 있는 근로자 20.33 dB, 당뇨병이 없는 근로자 15.08 dB, 고콜레스테롤혈증이 있는 근로자 15.97 dB, 고콜레스테롤혈증이 없는 근로자 15.26 dB, 고중성지방혈증이 있는 근로자 16.23 dB, 고중성

지방혈증이 없는 근로자 15.12 dB로 심혈관-대사성 질환이 있는 근로자에서 유의하게 높은 평균 청력역치를 보였다(Table 3).

평균청력에 따른 정상, 경도, 중도, 중고도 이상의 난청

Table 2. Comparison of the degree of hearing loss according to the characteristics of study participants

Variables		Normal	Mild HL	Moderate HL	Moderate - severe HL	p-value
		N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	
Sex	Female	21,428(91.7)	1,554(6.7)	256(1.1)	121(0.5)	.000
	Male	182,916(85.6)	21,021(9.8)	7,044(3.3)	2,688(1.3)	
Age(years)	<30	37,459(98.3)	550(1.4)	56(0.1)	55(0.1)	.000
	30~<40	72,698(95.7)	2651(3.5)	439(0.6)	214(0.3)	
	40~<50	61,236(86.4)	7,148(10.1)	1,854(2.6)	632(0.9)	
	≥50	32,951(63.3)	12,226(23.5)	4,951(9.5)	1,908(3.7)	
Work duration(years)	<5	104,935(90.5)	7,802(6.7)	2,336(2.0)	917(0.8)	.000
	5~<10	33,245(88.6)	3,036(8.1)	896(2.4)	342(0.9)	
	10~<20	37,481(86.0)	4,342(10.0)	1,298(3.0)	468(1.1)	
	≥20	28,683(71.8)	7,395(18.5)	2,770(6.9)	1,082(2.7)	
Business scale(persons)	≥1,000	37,897(84.9)	4,259(9.5)	1,699(3.8)	756(1.7)	.000
	≥300~<1,000	35,125(87.8)	3,586(9.0)	952(2.4)	330(0.8)	
	≥50~<300	103,437(86.8)	11,212(9.4)	3,336(2.8)	1,241(1.0)	
	<50	27,885(84.0)	3,518(10.6)	1,313(4.0)	482(1.5)	
Industry	Other industries	32556(88.9)	2,873(7.8)	889(2.4)	312(0.9)	.000
	Manufacturing	167,709(86.0)	18,877(9.7)	6,147(3.2)	2,386(1.2)	
	Construction	3,969(77.4)	803(15.7)	249(4.9)	106(2.1)	
	Mining	110(72.4)	22(14.5)	15(9.9)	5(3.3)	
Work type	Daytime work	75,464(84.9)	8,829(9.9)	3,355(3.8)	1,265(1.4)	.000
	Night-shift work	128,880(87.0)	13,746(9.3)	3,945(2.7)	1,544(1.0)	
Total		204,344(86.2)	22,575(9.5)	7,300(3.1)	2,809(1.2)	

N: Number of samples, HL: Hearing loss

Normal: Average airway pure-tone hearing thresholds less than 25 dB at 2000, 3000, and 4000 Hz, Mild HL: 26-40 dB, Moderate HL: 41-55 dB, Moderate-severe HL: ≥56 dB

Table 3. Comparison of hearing thresholds according to cardiovascular-metabolic diseases

Variables		N(%)	2 kHz	3 kHz	4 kHz	2-3-4 kHz
			Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Metabolic syndrome	No	194,528(82.1)	11.35(9.11)***	14.07(12.91)***	18.06(16.01)***	14.94(11.69)***
	Yes	42,496(17.9)	12.47(9.40)	16.07(13.87)	21.20(17.14)	17.07(12.37)
Hypertension	No	220,574(93.1)	11.43(9.05)***	14.21(12.94)***	18.31(16.08)***	15.10(11.69)***
	Yes	16,450(6.9)	13.17(10.50)	17.33(14.99)	22.83(18.07)	18.30(13.36)
Diabetes	No	225,949(95.3)	11.42(9.09)***	14.19(12.94)***	18.28(16.07)***	15.08(11.70)***
	Yes	11,079(4.7)	14.30(10.28)	19.42(15.45)	25.65(18.49)	20.33(13.52)

Table 3. Continued

Variables		N(%)	2 kHz	3 kHz	4 kHz	2–3–4 kHz
			Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)	Mean(SD)
Dyslipidemia						
Total cholesterol	<240mg/dL	216,596(91.4)	11.54(9.19)***	14.39(13.11)***	18.51(16.24)***	15.26(11.85)***
	≥240mg/dL	20,432(8.6)	11.73(8.92)	14.87(13.15)	19.87(16.52)	15.97(11.75)
Triglyceride	<200mg/dL	194,468(82.0)	11.46(9.21)***	14.26(13.07)***	18.31(16.19)***	15.12(11.84)***
	≥200mg/dL	42,560(18.0)	11.97(8.96)	15.20(13.29)	20.08(16.52)	16.23(11.83)
LDL-cholesterol	<160mg/dL	222,845(94.0)	11.56(9.18)	14.40(13.10)***	18.55(16.24)***	15.29(11.84)***
	≥160mg/dL	14,179(6.0)	11.56(9.03)	14.85(13.31)	19.76(16.65)	15.87(11.90)
HDL-cholesterol	≥40mg/dL	209,193(88.3)	11.51(9.18)***	14.33(13.06)***	18.45(16.20)***	15.21(11.81)***
	<40mg/dL	27,642(11.7)	11.91(9.10)	15.21(13.49)	19.95(16.71)	16.17(12.05)
Total		237,028(100)	11.56(9.17)	14.43(13.11)	18.62(16.26)	15.32(11.84)

N: Number of samples, SD: Standard deviation

***: <.001, *: <.05

2-3-4 kHz: Average airway pure-tone hearing thresholds at 2000, 3000, and 4000 Hz

Hypertension was defined as systolic blood pressure ≥140 mmHg, or diastolic blood pressure ≥90 mmHg.

Diabetes was defined as fasting glucose ≥126 mg/dl.

Table 4. Comparison of hearing loss according to cardiovascular-metabolic diseases

Variables		Normal	Mild HL	Moderate HL	Moderate -severe HL	p-value
		N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	
Metabolic syndrome	No	169,261(87.0)	17,478(9.0)	5,614(2.9)	2,179(1.1)	.000
	Yes	35,083(82.6)	5,097(12.0)	1,686(4.0)	630(1.5)	
Hypertension	No	191,318(86.7)	20,296(9.2)	6,460(2.9)	2,504(1.1)	.000
	Yes	13,026(79.2)	2,279(13.9)	840(5.1)	305(1.9)	
Diabetes	No	196,115(86.8)	20,674(9.1)	6,612(2.9)	2,548(1.1)	.000
	Yes	8,229(74.3)	1,901(17.2)	688(6.2)	261(2.4)	
Dyslipidemia						
Total cholesterol	<240 mg/dL	186,943(86.3)	2,044(9.4)	6,638(3.1)	2,567(1.2)	.000
	≥240 mg/dL	17,401(85.2)	2,127(10.4)	662(3.2)	242(1.2)	
Triglyceride	<200 mg/dL	168,341(86.6)	17,991(9.3)	5,858(3.0)	2,278(1.2)	.000
	≥200 mg/dL	36,003(84.6)	4,584(10.8)	1,442(3.4)	531(1.2)	
LDL-cholesterol	<160 mg/dL	192,270(86.3)	21,103(9.5)	6,831(3.1)	2,645(1.2)	.001
	≥160 mg/dL	12,074(85.2)	1,472(10.4)	469(3.3)	164(1.2)	
HDL-cholesterol	≥40 mg/dL	180,799(86.4)	19,648(9.4)	6,311(3.0)	2,435(1.2)	.000
	<40 mg/dL	23,380(84.6)	2,909(10.5)	980(3.5)	373(1.3)	
Total		204,344(86.2)	22,575(9.5)	7,300(3.1)	2,809(1.2)	

N: Number of samples

Hypertension was defined as systolic blood pressure ≥140 mmHg, or diastolic blood pressure ≥90 mmHg.

Diabetes was defined as fasting glucose ≥126 mg/dl.

분포도 심혈관-대사성 질환 여부에 따라 유의한 차이를 보였다. 대사증후군이 있는 근로자의 평균청력으로 정상 청력 35,083명(82.6%), 대사증후군이 없는 근로자는

로자는 정상 청력 169,261명(87.0%)이었으며, 고혈압이 있는 근로자는 13,026명(79.2%), 고혈압이 없는 근로자는 191,318명(86.7%), 당뇨병이 있는 근로자는

Table 5. Effects of frequency characteristics on hearing loss according to cardiovascular-metabolic diseases

		Mid-freq HL							
		Univariate			Multivariate				
					Model 1		Model 2		
		OR	95% CI	<i>p</i>	OR	95% CI	<i>p</i>	OR	95% CI
Metabolic syndrome	No	1		.000	1		.217	1	
	Yes	1.368	1.268-1.475		1.050	.972-1.134		1.053	.958-1.156
Hypertension	No	1		.000	1		.000	1	
	Yes	1.785	1.615-1.972		1.251	1.130-1.385		1.239	1.118-1.374
Diabetes	No	1		.000	1		.013	1	
	Yes	2.077	1.858-2.322		1.155	1.031-1.294		1.118	.989-1.263
Dyslipidemia	No	1		.125	1		.046	1	
	Yes	1.055	.985-1.131		.931	.868-.999		.901	.832-.975

		High-freq HL							
		Univariate			Multivariate				
					Model 1		Model 2		
		OR	95% CI	<i>p</i>	OR	95% CI	<i>p</i>	OR	95% CI
Metabolic syndrome	No	1		.000	1		.080	1	
	Yes	1.416	1.374-1.460		1.030	.997-1.064		.981	.944-1.021
Hypertension	No	1		.000	1		.000	1	
	Yes	1.714	1.643-1.787		1.164	1.112-1.219		1.159	1.107-1.214
Diabetes	No	1		.000	1		.000	1	
	Yes	2.186	2.085-2.292		1.167	1.109-1.228		1.166	1.104-1.230
Dyslipidemia	No	1		.000	1		.618	1	
	Yes	1.226	1.194-1.259		1.007	.979-1.037		1.003	.971-1.036

		Hearing loss							
		Univariate			Multivariate				
					Model 1		Model 2		
		OR	95% CI	<i>p</i>	OR	95% CI	<i>p</i>	OR	95% CI
Metabolic syndrome	No	1		.000	1		.328	1	
	Yes	1.398	1.337-1.462		1.024	.977-1.073		.988	.934-1.046
Hypertension	No	1		.000	1		.000	1	
	Yes	1.762	1.659-1.871		1.183	1.111-1.260		1.178	1.105-1.256
Diabetes	No	1		.000	1		.000	1	
	Yes	2.242	2.100-2.395		1.182	1.103-1.266		1.181	1.097-1.271
Dyslipidemia	No	1		.000	1		.152	1	
	Yes	1.155	1.110-1.203		.970	.930-1.011		.962	.918-1.009

Definition of abbreviations: Mid-freq HL = Hearing loss at middle frequency, High-freq HL = Hearing loss at high frequency, HL = Hearing loss of pure-tone average at 2, 3, and 4 kHz

Hearing loss: pure-tone threshold of 40 dB or greater at 2 kHz in worse ear(mid-freq HL), at 4 kHz in worse ear(high-freq HL), and pure-tone average at 2, 3, and 4 kHz in worse ear.

aModel I : Adjusted for sex, age, work duration, business scale, industry and work type.

bModel II : Further adjusted for cardio-metabolic diseases.

8,229명(74.3%), 당뇨병이 없는 근로자는 196,115명(86.8%)이 정상 청력을 보여 심혈관-대사성 질환이 있는 군에서 유의하게 높은 난청율을 보였다. 총콜레스테롤, 중성지방, 저밀도/고밀도 콜레스테롤 수치로 본 이상지질혈증도 비슷한 결과를 보였다(Table 4).

청력손실(난청)을 종속변수로 한 심혈관-대사성 질환 각각의 단변량 로지스틱 회귀분석에서는 중음역(2 kHz)의 청력손실과 이상지질혈증과의 관련만 제외하고 모든 심혈관-대사성 질환이 유의한 차이를 보였다. 즉, 심혈관-대사성 질환군이 더 높은 난청 유병률을 보였다. 그리고 심혈관-대사성 질환의 개별 질환에 성, 연령의 인구학적 변인과 근무기간, 사업장 규모, 업종 및 근무형태의 직업적 변인을 보정한 모델 1, 모델 1에 심혈관-대사성 질환을 모두 보정한 모델 2의 다변량 로지스틱 회귀분석 결과에서는 중간음역(2 kHz)의 청력손실은 Model 1에서 고혈압과 당뇨병, Model 2에서 고혈압, 그리고 고음역(4 kHz)과 평균청력(2-3-4 kHz) 손실로 본 난청에서 Model 1과 2에서 모두 고혈압과 당뇨병의 비차비가 유의한 차이를 보였다. Model 2에 의한 중음역의 청력손실에 대한 고혈압의 비차비는 1.239 (95% 신뢰구간: 1.118-1.374), 고음역의 청력손실에 대해서는 고혈압의 비차비가 1.159(1.107-1.214), 당뇨병은 1.166(1.104-1.230)이었으며, 평균청력으로 살펴본 난청에 대해서는 고혈압이 1.178(1.105-1.256), 당뇨병이 1.181(1.097-1.271)을 보였다(Table 5).

IV. 고 찰

이 연구에서 소음 노출 근로자의 사회인구학적 특성, 직업적 특성, 야간 교대작업 및 심혈관-대사성 질환(cardio-metabolic diseases)인 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압 및 당뇨병의 청력손실과의 관련성을 보고자 하였다.

심혈관-대사성 질환에서 청력손실과의 관련성은 대사증후군과 이상지질혈증에서는 뚜렷하지 않고, 고혈압과 당뇨병에서 중음역과 고음역의 청력손실 및 난청에 모두 유의하게 높은 비차비의 위험을 보여주고 있다. 소음 노출 근로자는 난청과 이명뿐만 아니라 심혈관-대사성 질환 발생의 위험이 높아 청각학적 감시와 더불어 심혈관-대사성 질환에 대한 바이오-모니터링이 수반되어야 할 것으로 보인다. 소음은 성가심, 스트레스, 수면 장애 및 인지기능 장애와 관련이 있는 것으로 밝혀졌으

며, 또한 역학연구에 따르면 환경 소음은 고혈압, 심근경색, 허혈성 심장질환, 심부전 및 뇌졸중과 같은 심혈관 질환의 발생률 증가와 관련이 있다(Munzel et al., 2018). 소음에 의한 심혈관, 대사 및 정신질환의 기전은 소음반응 모델에 의해 잘 정의되며 시상하부-뇌하수체-부신 축과 교감 신경계를 포함하는 신경 활성화로 스트레스 호르몬과 산화스트레스로 인한 염증 및 혈관 손상과 관련된다(Hahad et al., 2019; Daiber et al., 2020). 물론 이 연구는 소음 노출근로자의 특수건강진단 자료를 이용한 단면연구로서 소음에 의한 심혈관-대사성 질환의 위험을 규명한 연구가 아니라 심혈관-대사성 질환의 청력영향을 살펴본 것이다.

청력손실은 유전적 원인, 이(귀)질환, 노화, 소음 등의 원인에 의해 발생한다. 또한 난청은 직접적인 귀 질환 이외에도 여러 질병과도 관련이 있다. Gong et al.(2018)의 60세 이상을 대상으로 한 연구에서 25 dB 이상의 난청 유병률은 58.85%이었는 데, 연령과 성별은 다변량 분석에서 청력손실과 가장 밀접한 관련이 있는 요인이었으며, 귀 질환, 당뇨병, 고혈압, 죽상동맥 경화증, 소음 노출 및 이독성 약물이 청력손실과 유의한 상관관계가 있었다. 귀 질환 및 소음 노출이 가장 큰 영향을 미치는 요인이었다(OR = 2.83 [95% CI : 2.43-3.29]; OR = 2.59 [95% CI : 1.80-3.72])(Gong et al., 2018). 로테르담 연구에서는 난청이 연령, 교육, 수축기 혈압, 당뇨병, 체질량 지수, 흡연 및 알코올 소비와 관련이 있었다. 남성과 여성 사이처럼 저음역 및 고음역의 청력손실에 대한 서로 다른 연관성은 연령 관련 청력손실(age-related hearing loss)의 다른 기전을 시사하고 있다(Rigters et al., 2016). McKee et al.(2018)의 연구에서는 청력손실이 심혈관 질환(OR 1.48; 1.33-1.66), 당뇨병(OR 1.16; 1.03-1.31), 고혈압(OR 1.29; 1.17-1.43), 뇌졸중(OR 1.39; 1.12-1.66)과 관절염(OR 1.41; 1.27-1.57), 암(OR 1.35; 1.21-1.5) 및 폐기종(OR 1.41; 1.14-1.74)과도 독립적으로 관련이 있었다(McKee et al., 2018).

우리나라의 국민건강영양조사 자료를 이용한 연구에서도 청력손실(저/중 주파수 및 고주파 경도 청력장애)은 연령, 성, 흡연, 음주, 교육, 직업적 소음 노출, 비만, 고혈압, 당뇨병, 콜레스테롤, eGFR(<60mL/min/1.73m²)을 공변량으로서 분석한 결과에서 연령, 흡연, 교육, 고혈압, eGFR이 관련이 있었다. 고음역의 경도 청력장애는 남성, 당뇨병 및 총 콜레스테롤의 증가와 양의 상관

관계가 있었다(Hong et al., 2015). 따라서 이와 같은 심혈관 위험요인이 있는 경우 청각장애를 일으킬 위험이 있음을 보여주고 있다.

대사증후군, 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증 등 심혈관-대사성 질환의 청력손실과 관련한 이 연구에서는 고혈압과 당뇨병은 청력손실에 유의한 영향을 미치며 난청의 중증도에 따른 용량-반응관계를 뚜렷하게 보이고 있다. 그러나 대사증후군과 관련 지질검사의 기준값에 따른 이상지질혈증에 있어서는 기존 연구와 달리 이와 같은 유의한 관련성이 나타나지 않아 추후 연구가 필요하다.

실제 대사증후군의 난청과의 관련에 대해서는 논란은 있지만 영향을 미친다는 보고가 최근에 많다. 대사증후군의 청력과의 영향은 청력역치를 높이고(Shim et al., 2019), 난청과 관련이 크다. 대사증후군은 특히 돌발성 난청 발생 위험이 높고(Chien et al., 2015; Jung et al., 2018), 편평형의 청력도를 보이며 심도의 난청으로 예후가 좋지 않아 주의를 요한다(Shi et al., 2019). 중국 인구집단을 대상으로 한 단면연구에서 대사증후군의 난청 비차비가 1.11, 대사증후군의 주 요소인 중심 비만은 1.07, 고혈당증(hyperglycemia)은 1.12를 보였으며 낮은 HDL-콜레스테롤은 중등도/고도 난청의 비차비가 1.21로 높게 나타나 관련이 있음을 보고하고 있다(Han et al., 2018). 직업적인 운전기사를 대상으로 한 연구에서 청력 정상군과 감각신경성 난청군에서 대사증후군과의 관련성, 그리고 난청군에서 청각도의 양상에 따른 소음성 난청군과의 관련성도 보고하고 있다(Aghazadeh-Attari et al., 2017). 연령, 건강 상태 및 흡연과 같은 잠재적인 혼란을 보정한 후, 대사증후군을 갖는 집단이 보다 높은 청력역치가 보이며, 특히 저주파 청력역치는 복부 비만, 고혈압, 고 중성지방 및 낮은 고밀도 지단백질 콜레스테롤(HDL-C)과 같은 대사증후군의 개별 성분과 관련이 있었다(Sun et al., 2015). 이에 대사증후군의 집합(cluster)보다 주요소인 중성지방과 고밀도-콜레스테롤 개별 성분으로 청력과의 관련을 살펴보는 것이 의의가 있다고 보고 있다(Jung et al., 2019). 대사증후군을 갖는 여성의 5년 추적조사에서 연령 관련 청력손실이 고음역(2000 Hz 이상)에서 더 진행됨을 보고하고 있다(Kim et al., 2017). 대사증후군 또는 중성지방과 다른 요소(혈압, 혈당 등)와의 결합에 따른 노인성 난청과의 관련성도 보고하고 있다(Zhao et al., 2015). 반면에 대사증후군 자체는 청각장애에 대한 독립적인 위험요인이 아니고, 개별 대사

성분들 중에서 증가된 공복혈당만이 독립적으로 관련되었다는 보고도 있다(Lee et al., 2016).

청각장애와 제2형 당뇨병은 높은 유병율을 보이는 질환인데, 제2형 당뇨병은 많은 인구 기반 연구에서 더 높은 청각장애의 가능성과 연관되어 있다. 병태생리학적 연구에 따르면 당뇨병 환자는 고주파에서 청각장애에 걸리기 쉽다. 당뇨병과 청각장애 사이의 연관성에 대한 제안된 기전은 달팽이관 미세혈관 병증 및 청각신경 병증에 대한 고혈당증 및 산화 스트레스에 기인한다(Helzner & Contrera, 2016). 청년 및 중년 남성과 여성에 대한 대규모 코호트 연구에서 당뇨병은 양측 난청 발생과 관련이 있으며, 당뇨병 환자는 미래에 청력손실 위험이 중등도로 증가함을 예측할 수 있다(Kim et al., 2017). 5년의 평균 추적기간 동안 높은 당화혈색소(HbA1c)는 고주파 청각장애와 관련이 있다. 비흡연자에서 HbA1c \geq 8.0%는 고주파 청각장애와 관련이 있으며, HbA1c 5.0%-5.4%와 비교하여 남성의 1.46(1.10-1.94) 및 여성 2.15(1.13-4.10)로 고주파 청각장애와 관련이 있었다(Nagahama et al., 2018). 청력손실이 있는 당뇨병 환자는 고혈당 및 고혈압, 망막병증, 신장병증 및 신경병증과 같은 다른 위험 요소를 가질 가능성이 높다(Bener et al., 2017).

제1형 당뇨병(T1D)은 혈관 손상과 신경병증을 유발하는데, 청각기능에 대한 T1D의 영향에 대한 증거를 평가하기 위한 체계적인 검토와 메타분석 결과 T1D 환자는 대조군에 비해 청각장애의 유병률이 상당히 높았다. 이러한 손상은 다른 미세혈관 질환과 비교될 수 있다(Mujica-Mota et al., 2018). 2017년 메타분석 연구에서도 제1형 당뇨병은 경증 및 중임상 난청 발생 위험 증가 사이에 관계가 있음을 보여주고 있다(Teng et al., 2017). 201년의 메타분석에서도 비 당뇨병 환자와 비교하여 당뇨병 환자의 청각장애의 유병률이 연령에 관계없이 일관된 것으로 제안하고 있다(Horikawa et al., 2013).

그러나 청력역치 및 언어역치 결과는 당뇨병이 없는 군보다 당뇨병이 있는 군에서 현저히 나뉘었으나, 연령, 성별 및 고혈압의 존재를 보정한 후 당뇨병 유무에 관계없이 유의한 차이가 발견되지 않은 연구 결과도 있다(Samelli et al., 2017). 최초 청력역치와 이후 3-4년 후의 평균 연간 증가 역치를 비교(각 연구 그룹 및 각각의 대조군)할 때, 당뇨병군은 각 주파수별 유의한 차이가 없는 것으로 관찰되고, 동맥 고혈압 군의 경우, 4

kHz에서 유의한 차이가 관찰되고, 당뇨병 및 전신 동맥 고혈압 군의 경우, 500 Hz, 2k Hz, 3 kHz 및 8 kHz의 주파수에서 유의미한 차이가 관찰되었다. 전신 동맥 고혈압 군은 다른 군과 비교했을 때 청력손실이 가장 크게 나타났으며, 이는 세 가지 연구 조건 중에서 고혈압이 청력에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보인다(Rolim et al., 2018).

고혈압은 달팽이관에서 발생하는 병태생리학적 과정의 근본적인 위험요인 중 하나이다. 이러한 과정을 설명하는 몇 가지 메커니즘, 주로 나트륨 이뇨 호르몬의 해로운 작용으로 인한 내이 칼륨 재순환 과정의 방해 및 달팽이관 산소 분압 감소와 같은 동물 모델에서 설명된다. 인간에서 고혈압은 감각신경성 고음역의 청력손실과 관련되는 현재의 증거는 연령과 다른 동반되는 질병으로 관상동맥 질환, 당뇨병, 비만, 고지혈증, 그리고 흡연 및 소음 노출과 같은 위험요인에 의해 혼란스러울 수 있다(Przewoźny et al., 2015).

고혈압과 청력역치의 증가 사이에는 상당한 연관성이 존재하는 것으로 관찰된다. 청력역치의 증가는 2등급 고혈압 환자 사이에서 실질적으로 더 높았다(Wang et al., 2018a). 수년간의 직업 소음 노출과 양측성의 고음역 청력손실은 수축기 및 이완기 혈압 증가와 크게 관련이 있다. 이러한 관련성은 남성에게 유의하였으며, 수년간의 직업 소음 노출이 증가함에 따라 고혈압의 위험이 점차 증가한다. 양측성의 고음 청력손실과 고혈압 사이의 용량-반응 관계는 남성과 여성 모두에서 발견되었다(Wang et al., 2018b). 직업 소음 노출은 혈압 수준 및 고혈압 위험과 양의 관련이 있다(Kuang et al., 2019). 고혈압 및 작업 관련 소음 노출 근로자의 청력손실을 줄이려면 효율적이고 실용 가능한 조치가 필요하다.

Dongfeng-Tongji 코호트 연구에서 청력손실과 고혈압의 연관성을 평가한 결과 직업적 소음 노출이 없는 참가자와 비교했을 때, 특히 남성에서 고혈압 위험이 1.16으로 높았으며, 그리고 양측 청력손실이 있는 군에서 고혈압이 1.39로 높아 관련이 있었다. 메타분석에서 직업 소음 노출과 고혈압의 연관성에 대한 비차비(OR)는 1.25(95% CI = 1.10-1.42)이었다. 작업 소음 노출에 대한 지표를 바탕으로 한 단면연구 및 메타분석에서 작업 소음 노출이 고혈압 위험 증가의 잠재적 위험요인으로 확인되었다(Wang et al., 2018).

또한 현재의 고혈압은 미래의 청력손실과 관련이 있

다. 1987-1989년의 수축기 혈압의 변화에 따라 2013년에 25년간의 경시적 종단 추적연구 결과에서 중년기의 혈압이 노년기의 청력손실과 관련이 있음을 보고하고 있다(Reed et al., 2019).

당뇨병 및 고혈압 관련 노인이 다른 그룹과 비교하여 더 큰 청각장애를 보였으며, 이는 두 만성 질환이 청각에 대해 상승적인 효과를 시사하는 것으로 밝혀졌다(Rolim et al., 2015).

일반적인 관상동맥성심장질환(coronary heart disease, CHD)의 위험은 난청 수준이 증가함에 따라 점차 증가한다. 정상적인 청력과 비교할 때 경증 및 중등도 이상의 청력손실이 있는 사람은 저주파에서 각각 19% 및 20%, 고주파에서 33% 및 41%의 높은 CHD 위험을 보였다. 저주파 영역에선 여성, 과체중, 업무상 소음에 노출되고 고혈당, 고혈압 또는 이상지질혈증이 있는 피험자 사이에서 연관성이 더 분명하고, 고혈당은 고음역과의 연관성이 분명하게 나타났다. 반면에 과체중, 고혈당증, 고혈압 또는 이상지질혈증이 있는 중등도 이상의 청력손실은 CHD에 공동 영향(joint effect)을 미쳤다. 또한, CHD 관련 생체지표(biomarker)의 대다수는 청력손실 수준이 증가함에 따라 악화되었다. 청력손실과 CHD 유병률 사이에 용량-반응 관계가 있을 수 있으며, 연관성은 CHD 관련 생체지표에 의해 부분적으로 설명될 수 있다(Fang et al., 2018).

심혈관 질환(cardio-vascular diseases, CVD)은 청력역치와 가장 높은 연관성을 보였으며 모든 주파수에서 청력손실과 단어인식 점수가 낮게 나타났다. 청력손실은 여성보다 남성의 CVD 위험요인과 더 밀접한 관련이 있었다. 노년층의 연구에서 심혈관 위험인자와 질병은 청력 악화와 관련이 있다(Wattamwar et al., 2018).

근로자의 유해요인 노출과 관련한 건강진단 자료를 이용한 표적기관의 건강영향에 대한 심층적인 연구는 많이 이루어지지 않았다. 그리고 근로자 개인의 사회적 구학적 요인, 흡연/음주 등 건강행태, 질병력과 직업/작업 및 노출에 대한 정보가 제한되어 있으며, 근로자 건강진단 검사항목별 검사가 노출 요인에 따라 제한되고 누락된 경우가 많다. 또한 건강진단이 1차와 2차검사로 구분되어 1차 검사에서 이상인 자에 대해서만 2차 검사를 실시하는 문제로 2차 검사자료의 활용에 제한이 있다.

이 연구는 대규모의 소음 노출 근로자의 건강진단 자료를 이용하였지만, 대사증후군, 이상지질혈증, 고혈압,

당뇨병 등 심혈관-대사성 질환을 진단할 수 있는 임상 검사와 난청을 판단할 수 있는 청력검사를 수행한 근로자로 제한하였다. 건강진단 DB의 정보 제약으로 성, 연령의 개인적 요인과 종사 근로자의 업종, 노출기간, 사업장의 규모 등 직업적 위험요인에 한하여 살펴보았다. 노출 요인은 특수건강진단을 시행한 근로자 대상으로서 소음 노출군과 소음 노출군으로 야간작업을 병행한 복합 노출군으로 구분하였다.

이 연구는 전국적인 소음 노출 근로자의 심혈관-대사성 질환의 임상검사 기반 연구로서 중요한 의의가 있다. 첫째로, 야간작업 특수건강진단 도입에 따른 소음과 복합노출의 영향을 살펴본 연구이며, 둘째로, 성, 연령 등의 인구학적 요인과 근무기간, 업종 등 직업적 위험의 청력 영향을 살펴볼 수 있었으며, 셋째로, 개인적 요인과 직업적 위험을 보정한 상태에서 심혈관-대사성 질환의 중음역과 고음역 및 평균청력, 그리고 청력역치 정도에 따른 난청 중증도와와의 관련을 규명하였다는 점이다. 특히 심혈관-대사성 질환으로서 고혈압과 당뇨병의 청력 영향을 보여주고 있다.

일반적으로 주간작업자보다 야간교대작업자에서 여러 건강상의 영향을 보여주며, 특히 야간 소음 노출로 인한 심혈관 질환의 영향은 항공소음 등 교통소음의 건강영향 측면에 다수 보고되고 있다. 그러나 본 연구에서는 소음 노출 근로자로서 근무형태가 오히려 주간작업자가 야간교대작업자보다 높은 3, 4 kHz 청력역치, 평균청력 및 난청자 수를 보여주고 있다. 근무형태에 따른 소음 노출 정도를 구분하여 적용하지 못한 한계와 더불어 근무형태에 따른 작업방식이 다를 수 있어 향후 이 차이를 규명할 필요가 있다. 이 연구의 대상을 보면, 소음 노출 특수건강진단 대상은 주간근로자가 야간작업 근로자보다 3배 이상 많으나 조사 분석대상은 심혈관 질환 지표 검사의 제한 때문에 주간근로자의 경우 18%만이 조사 분석대상에 포함되었다.

이 연구는 코호트 연구가 아닌 소음 특수건강진단 자료를 이용한 단면연구로서 심혈관-대사성 질환의 청력 및 난청과의 관련을 살펴본 연구로 여러 가지 분명한 한계를 가지고 있다. 첫째로, 일반인구집단 또는 소음 비노출 근로자와 비교하지 못하였으며, 둘째로, 성, 연령을 제외한 교육, 사회경제적 상태, 흡연 및 음주 등 건강행태, 그리고 다른 질병력과 군 경력 등 일반적인 개인 위험을 포괄하지 못하였으며, 셋째로, 소음 노출 근로자의 개인 소음 노출수준과 누적 노출량을 평가하

여 보지 못하였으며, 넷째로, 분석에 이용한 2, 3, 4 kHz 순음 기도 청력역치로 제한되어 청각도의 형태, 난청의 유형 등에 따른 분석을 할 수 없었다. 또한 심혈관-대사성 질환과 관련 있는 야간근로에 대한 정량적 노출 평가를 하지 못하였다. 향후 이러한 문제에 대해 추가 조사와 분석이 수행되어야 할 것이다. 이는 소음 특수건강진단 자료만이 아닌 소음 등 제반 환경노출 수준을 알 수 있는 작업환경측정 자료와 일반건강검진, 건강보험 수진 자료 등과 연계되어 소음 노출, 심혈관 질환, 청력손실 및 난청과의 상호관계 및 영향의 정도를 구체적으로 살펴볼 수 있을 것이다.

이 연구에서 심혈관-대사성 질환과 난청과의 관련성은 다른 연구 결과처럼 나타나며 심혈관-대사성 질환이 높은 청력역치와 난청을 유발하는 위험으로 추정되어 이 연구 대상인 소음 노출 근로자에 대해 청각학적 감시와 더불어 심혈관-대사성 질환에 대한 바이오-모니터링이 수반되어야 할 것으로 보인다.

V. 결 론

소음 특수건강진단을 실시한 근로자를 대상으로 성, 연령 등의 인구학적 요인과 근무기간, 사업장 규모, 업종 및 근무형태(주간 또는 야간 교대근무), 그리고 임상검사인 혈압(수축기/확장기), 공복혈당, 콜레스테롤, 트릴글리세라이드 등 각 항목의 기준치를 이용하여 정의한 대사증후군, 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증 등의 심혈관-대사성 질환에 따른 주파수별 청력, 평균청력 및 난청의 중증도를 살펴보았다. 주파수별 청력(2, 3, 4 kHz의 각각의 청력역치 및 2-3-4 kHz 평균청력)과 평균 청력역치에 따른 난청의 중증도에 따른 난청 유병율은 남성은 여성에 비해, 연령과 근무기간이 증가할수록 유의하게 높았으며, 사업체의 규모와 업종에 따라서도 유의한 차이를 보였다.

심혈관-대사성 질환이 있는 근로자에서 유의하게 높은 평균 청력역치와 난청의 중증도를 보이며 높은 난청율을 보였다. 청력손실(난청)을 종속변수로 성, 연령의 인구학적 변인과 근무기간, 사업장 규모, 업종 및 근무형태의 직업적 변인 및 심혈관-대사성 질환을 보정한 로지스틱 회귀분석 결과 중음역(2 kHz)의 청력손실에 대한 고혈압의 비차비는 1.239(95% 신뢰구간: 1.118-1.374), 고음역(4 kHz)의 청력손실에 대해서는 고혈압의 비차비가 1.159(1.107-1.214), 당뇨병은 1.166

(1.104-1.230)이었으며, 평균청력(2-3-4 kHz)으로 살펴본 난청에 대해서는 고혈압이 1.178(1.105-1.256), 당뇨병이 1.181(1.097-1.271)을 보였다.

이 연구 결과 심혈관 질환(고혈압, 당뇨병)의 청력과 난청에 미치는 영향은 유의하게 높게 나타났다. 이 연구는 소음 작업환경 노출에 따른 청력, 난청 및 심혈관 질환의 임상검사 분석을 통해 유해인자 노출이 건강에 미치는 영향의 정확한 파악과 건강관리를 위한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 유해요인 복합노출로 인한 표적기관 건강장애와 다른 신체계통에 미치는 건강 영향에 대한 예방 대책의 제시와 함께 근로자 코호트의 장기추적을 통해 위험인자의 정확한 구명으로 과학적 예방사업을 수행하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

References

- Aghazadeh-Attari J, Mansorian B, Mirza-Aghazadeh-Attari M, Ahmadzadeh J, Mohebbi I. Association between metabolic syndrome and sensorineural hearing loss: a cross-sectional study of 11,114 participants. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2017; 10:459-465. doi: 10.2147/DMSO.S150893.
- 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. doi: 10.1097/MAO.0b013e318192483c.
- Bener A, Al-Hamaq AOAA, Abdulhadi K, Salahaldin AH, Gansan L. Interaction between diabetes mellitus and hypertension on risk of hearing loss in highly endogamous population. *Diabetes Metab Syndr*. 2017;11 Suppl 1:S45-S51. doi: 10.1016/j.dsx.2016.09.004.
- Chien CY, Tai SY, Wang LF, Hsi E, Chang NC et al. Metabolic Syndrome Increases the Risk of Sudden Sensorineural Hearing Loss in Taiwan: A Case-Control Study. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2015;153(1):105-11. doi: 10.1177/0194599815575713.
- Daiber A, Kröller-Schön S, Oelze M, Hahad O, Li H et al. Oxidative stress and inflammation contribute to traffic noise-induced vascular and cerebral dysfunction via uncoupling of nitric oxide synthases. *Redox Biol*. 2020;34:101506. doi: 10.1016/j.redox.2020.101506.
- Fang Q, Wang Z, Zhan Y, Li D, Zhang K et al. Hearing loss is associated with increased CHD risk and unfavorable CHD-related biomarkers in the Dongfeng-Tongji cohort. *Atherosclerosis*. 2018;271:70-76. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.01.048.
- Gong R, Hu X, Gong C, Long M, Han R et al. Hearing loss prevalence and risk factors among older adults in China. *Int J Audiol*. 2018;57(5): 354-359. doi: 10.1080/14992027.2017.1423404.
- Hahad O, Prochaska JH, Daiber A, Muenzel T. Environmental Noise-Induced Effects on Stress Hormones, Oxidative Stress, and Vascular Dysfunction: Key Factors in the Relationship between Cerebrocardiovascular and Psychological Disorders. *Oxid Med Cell Longev*. 2019;2019:4623109. doi: 10.1155/2019/4623109.
- Han X, Wang Z, Wang J, Li Y, Hu H et al. Metabolic syndrome is associated with hearing loss among a middle-aged and older Chinese population: a cross-sectional study. *Ann Med*. 2018;50(7):587-595. doi: 10.1080/07853890.2018.1469786.
- Helzner EP, Contrera KJ. Type 2 Diabetes and Hearing Impairment. *Curr Diab Rep*. 2016;16(1):3. doi: 10.1007/s11892-015-0696-0.
- Hong JW, Jeon JH, Ku CR, Noh JH, Yoo HJ et al. The prevalence and factors associated with hearing impairment in the Korean adults: the 2010-2012 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (observational study). *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(10):e611. doi: 10.1097/MD.0000000000000611.
- Horikawa C, Kodama S, Tanaka S, Fujihara K, Hirasawa R et al. Diabetes and risk of hearing impairment in adults: a meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(1): 51-8. doi: 10.1210/jc.2012-2119.
- Kim KS. Systemic diseases and hearing loss. *Audiology*. 2011;7:1-9.
- Kim KS, Sung J, Kim EA. Noise exposure levels of workplaces exposed to noise and rate of exceedance of exposure limit. *J Korean Soc Occup Environ Hyg*. 2020;30(2):185-195. <https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2020.30.2.185>.
- Kim MB, Zhang Y, Chang Y, Ryu S, Choi Y et al. Diabetes mellitus and the incidence of hearing loss: a cohort study. *Int J Epidemiol*. 2017;46(2):717-726. doi: 10.1093/ije/dyw243.
- Kim SW, Yang YH, Baek YJ, Chung T, Ryu HW et al. Estimated exposure population to hazardous workplace noise among Korean workers. *J Korean*

- Soc Occup Environ Hyg. 2018;28(4):416-424. <https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2018.28.4.416>.
- Kim TS, Kim EH, Chung JW. The Association Between Age-Related Hearing Impairment and Metabolic Syndrome in Korean Women: 5-Year Follow-Up Observational Study. *Metab Syndr Relat Disord*. 2017;15(5):240-245. doi: 10.1089/met.2016.0153.
- Jung DJ, Han KD, Cho YS, Rhee CS, Lee KY. Association of metabolic syndrome with the incidence of hearing loss: A national population-based study. *PLoS One*. 2019 Jul 26;14(7):e0220370. doi: 10.1371/journal.pone.0220370.
- Jung SY, Shim HS, Hah YM, Kim SH, Yeo SG. Association of Metabolic Syndrome With Sudden Sensorineural Hearing Loss. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018;144(4):308-314. doi: 10.1001/jamaoto.2017.3144.
- Kuang D, Yu YY, Tu C. Bilateral high-frequency hearing loss is associated with elevated blood pressure and increased hypertension risk in occupational noise exposed workers. *PLoS One*. 2019;14(9):e0222135. doi: 10.1371/journal.pone.0222135.
- Lee HY, Choi YJ, Choi HJ, Choi MS, Chang DS et al. Metabolic Syndrome Is not an Independent Risk Factor for Hearing Impairment. *J Nutr Health Aging*. 2016;20(8):816-824. doi: 10.1007/s12603-015-0647-0.
- McKee MM, Stransky ML, Reichard A. Hearing loss and associated medical conditions among individuals 65 years and older. *Disabil Health J*. 2018;11(1):122-125. doi: 10.1016/j.dhjo.2017.05.007.
- Mujica-Mota MA, Patel N, Saliba I. Hearing loss in type 1 diabetes: Are we facing another microvascular disease? A meta-analysis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2018;113:38-45. doi: 10.1016/j.ijporl.2018.07.005.
- Münzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A et al. Environmental Noise and the Cardiovascular System. *J Am Coll Cardiol*. 2018;13: 71(6):688-697. doi: 10.1016/j.jacc.2017.12.015.
- Nagahama S, Kashino I, Hu H, Nanri A, Kurotani K et al. Haemoglobin A1c and hearing impairment: longitudinal analysis using a large occupational health check-up data of Japan. *BMJ Open*. 2018 Sep 17;8(9):e023220. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023220.
- Przewoźny T, Gójska-Grymajło A, Kwarciany M, Gąsecki D, Narkiewicz K. Hypertension and cochlear hearing loss. *Blood Press*. 2015;24(4):199-205. doi: 10.3109/08037051.2015.1049466.
- Reed NS, Huddle MG, Betz J, Power MC, Pankow JS et al. Association of Midlife Hypertension with Late-Life Hearing Loss. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019;161(6):996-1003. doi: 10.1177/0194599819868145.
- Rigters SC, Metselaar M, Wieringa MH, Baatenburg de Jong RJ, Hofman A et al. Contributing Determinants to Hearing Loss in Elderly Men and Women: Results from the Population-Based Rotterdam Study. *Audiol Neurotol*. 2016;21 Suppl 1:10-15. doi: 10.1159/000448348.
- Rolim LP, Rabelo CM, Lobo IF, Moreira RR, Samelli AG. Interaction between diabetes mellitus and hypertension on hearing of elderly. *Codas*. 2015; 27(5):428-32. doi: 10.1590/2317-1782/20152014101.
- Rolim LP, Samelli AG, Moreira RR, Matas CG, Santos IS et al. Effects of diabetes mellitus and systemic arterial hypertension on elderly patients' hearing. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2018; 84(6):754-763. doi: 10.1016/j.bjorl.2017.08.014.
- Samelli AG, Santos IS, Moreira RR, Rabelo CM, Rolim LP et al. Diabetes mellitus and sensorineural hearing loss: is there an association? Baseline of the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). *Clinics (Sao Paulo)*. 2017;72(1): 5-10. doi: 10.6061/clinics/2017(01)02.
- Shi DZ, Zou SC, Ai WB. Clinical characteristics and prognostic analysis of sudden sensorineural hearing loss with metabolic syndrome. *Lin Chung Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2019;33(1):63-66. doi: 10.13201/j.issn.1001-1781.2019.01.013.
- Shim HS, Shin HJ, Kim MG, Kim JS, Jung SY et al. Metabolic syndrome is associated with hearing disturbance. *Acta Otolaryngol*. 2019;139(1):42-47. doi: 10.1080/00016489.2018.1539515.
- Sun YS, Fang WH, Kao TW, Yang HF, Peng TC et al. Components of Metabolic Syndrome as Risk Factors for Hearing Threshold Shifts. *PLoS One*. 2015;10(8): e0134388. doi: 10.1371/journal.pone.0134388.
- Teng ZP, Tian R, Xing FL, Tang H, Xu JJ et al. An association of type 1 diabetes mellitus with auditory dysfunction: A systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*. 2017;127(7):1689-1697. doi: 10.1002/lary.26346.
- Themann CL, Masterson EA. Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *J Acoust Soc Am*. 2019;146(5):3879. doi: 10.1121/1.5134465.
- Wang B, Han L, Dai S, Li X, Cai W et al. Hearing Loss

- Characteristics of Workers with Hypertension Exposed to Occupational Noise: A Cross-Sectional Study of 270,033 Participants. *Biomed Res Int*. 2018a;2018:8541638. doi: 10.1155/2018/8541638.
- Wang D, Zhou M, Li W, Kong W, Wang Z et al. Occupational noise exposure and hypertension: the Dongfeng-Tongji Cohort Study. *J Am Soc Hypertens*. 2018b; 12(2):71-79.e5. doi: 10.1016/j.jash.2017.11.001.
- Wattamwar K, Qian ZJ, Otter J, Leskowitz MJ, Caruana FF et al. Association of Cardiovascular Comorbidities With Hearing Loss in the Older Old. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018;144(7):623-629. doi: 10.1001/jamaoto.2018. 0643.
- Zaman M, Muslim M, Jehangir A. Environmental noise-induced cardiovascular, metabolic and mental health disorders: a brief review. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;29(51):76485-76500. doi: 10.1007/s11356-022-22351-y.
- Zhao J, Zhang M, Li Y, Zhang J, Wang N et al. Association between metabolic syndrome and its components with presbycusis. *Wei Sheng Yan Jiu*. 2015;44(4): 538-548.

<저자정보>

김규상(전문의, 주임과장/소장), 성정민(과장), 김은아(원장)