Soonchunhyang Medical Science 24(2):188-195, December 2018 pISSN: 2233-4289 | eISSN: 2233-4297 SMS

ORIGINAL ARTICLE

일개 제조 사업장 근로자들에서 직업성 소음노출과 혈중지질의 관련성

장은철

순천향대학교 의과대학 천안병원 직업환경의학과

Occupational Noise Exposure and Serum Lipids in Manufacturing Company Workers

Eun Chul Jang

Department of Occupational and Environmental Medicine, Soonchunhyang University Cheonan Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Cheonan, Korea

Objective: The study aimed to examine the relationship between occupational cumulative noise exposure and serum lipids as risk factor of ischemic heart disease.

Methods: Participants (n = 1,175) were workers of the steel product manufacturing factory exposed to more than 85 dB(A) of noise. We collected ambient noise and other materials monitoring data in workplace, laboratory test, and structured-questionnaires. Occupational noise exposure was defined as cumulative noise exposure calculated by duration of exposure and level of exposure. Serum lipids were total cholesterol, triglyceride, low-density lipoprotein (LDL) cholesterol, high-density lipoprotein (HDL) cholesterol, and total cholesterol/HDL cholesterol. We examined the relationship between serum lipids and occupational noise exposure.

Results: In a noise exposure environment, 657 people (56.8%) worked for more than 10 years. Cumulative noise exposure increased significantly as exposure duration and noise level increased. Cumulative noise exposure were related to total cholesterol (P = 0.001), LDL cholesterol (P = 0.002), total cholesterol/HDL cholesterol (P = 0.005) in correlation analysis. We conducted multiple linear regression analysis using the serum lipids and significant variables including cumulative noise exposure. We identified that total cholesterol was significantly related to cumulative noise exposure (β = 0.072).

Conclusion: We propose occupational cumulative noise exposure may be significantly related to total cholesterol.

Keywords: Occupational noise; Cumulative noise exposure; Serum lipids; Total cholesterol

서 론

허혈성 심질환은 전 세계적으로 높은 유병률과 치사율을 가진 중요한 질환이다. 각 나라마다 사회경제적인 직접 혹은 간접비용이 점차 늘어남에 따라 질병예방에 대한 대책이 절실한 상황이다. Heart Disease and Stroke Statistics-2018 update는 미국의 경우 2013–2014년 허혈성 심질환의 직접비용 및 간접비용으로 2,408억 원이 쓰인 것으로 추정했다[1]. 우리나라의 경우 질병부담(disability adjusted life year, person-year)이 허혈성 심질환 667,491, 뇌졸중 813,606으로 심뇌혈관질환의 질병부담은 1,481,097로 손상(845,183)과 5대 악성종양(543,627)을 합한 질병부담보다 많았다[2]. 심혈관질환과 밀접한 혈압, 당뇨, 혈중지질을 관리하기 위해 식이조절, 운동, 금연, 금주, 체중조절 등이 강조되고 있다[3-5]. 혈중지질은 심혈관질환의 위험요인으로 알려져 있다[6-9]. 한편, 직업적

Correspondence to: Eun Chul Jang
Department of Occupational and Environmental Medicine, Soonchunhyang University Cheonan Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, 31 Suncheonhyang 6-gil, Dongnam-gu, Cheonan 31151, Korea
Tel: +82-41-570-3825, Fax: +82-41-570-2464, E-mail: oemdr10@gmail.com
Received: Nov. 11, 2018 / Accepted after revision: Nov. 23, 2018

© 2018 Soonchunhyang Medical Research Institute
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

요인들도 심혈관질환에 영향을 주는 것으로 보고되었다. 특히 이황화탄소, 니트로글리세린, 납 및 일산화탄소 등의 화학물질과 소음, 업무 스트레스, 고열 등의 비화학적 요인이 심혈관질환과 관련이 있다고 보고하였다[10-14]. 이들 중 소음은 환경적 혹은 직업적 노출을 통해 심혈관계에 영향을 미칠 수 있다고 하였다[15,16]. 선행연구들은 소음에 의한 혈압 변화에 대하여 보고하였으나[16-18], 직업적 소음노출과 혈중지질과 관련된 연구는 드문 실정이다. 또한 연구 당시의 소음수준을 이용하여 혈중지질에 대한 영향을 보았으나 과거의 소음노출에 대한 영향은 확인하지 않았다[19]. 과거부터 현재까지 누적된 소음을 정량화하고 심혈관질환의 위험요인 중 하나인 혈중지질과의 관련성을 파악하는 것이 의미가 있을 것으로 생각한다. 이 연구는 직업적으로 소음에 노출되는 근로자들의 누적 소음과 혈중지질의 관련성을 파악하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

대상자는 철강제품 제조업의 생산직 남성 근로자 중 2010년 특수건강진단을 실시한 1,662명이었다. 심혈관질환, 고혈압, 당뇨병 및 이상지질혈증 등의 질환으로 치료를 받고 있거나 건강진단 시 고혈압(수축기 ≥140 mm Hg 혹은 이완기 ≥90 mm Hg)이나 당뇨(공복혈당 ≥126 mg/dL)인 121명을 제외하였다. 또한 작업환경 측정결과에서 85 dB(A) 미만의 소음에 노출되는 근로자 266명과 소음노출력을 확인할 수 없는 근로자 36명을 제외하여 최종 대상자는 1,157명이었다. 이 연구는 2010년 실시한 건강진단 자료를 이용한 것으로 Institutional Review Board와 informed consent 예외사항이다.

2. 직업적 노출 조사

철강제품을 제조하는 20여 개의 공정으로 이루어진 사업장으로 다양한 직업적 유해물질에 노출되고 있는데, 공정별 차이는 있지만 소음, 분진, 중금속, 특정화학물질, 일산화탄소, 유기화합물 등에 노출되어 있었다. 각 유해물질은 작업환경측정실시규정(고시 제2003-62호)에 의해 측정하였다. 소음측정은 작업자의 상의 옷깃에 누적 노출량 측정기를 달아 개인 노출량을 측정하였다. 문진을 통하여 과거 소음노출을 확인하여 소음노출이 있었던 근무기간 및 작업공정, 청력보호구 착용 유무도 조사하였다.

3 직업적 소음노출

소음노출에 대한 평가는 첫째, 현재 소음노출수준, 둘째, 소음노출력(총 소음노출기간), 셋째, 과거 노출수준과 노출기간을 고려한 누적 소음노출값을 고려할 수 있다. 본 연구에서는 Talbott 등[20]이 제안한 누적 소음노출값을 노출지표로 이용하고자 하였으며, 다음과 같은 방식으로 구하였다.

1) 평균 소음노출값

평균 소음노출값은 근무한 공정의 소음노출수준과 기간으로 연간 평균값을 반영한 것을 의미한다.

$$\text{Leq(dBA)} = 16.61 \times \text{Log}_{10}\left(\sum_{i=1}^{n} T_i \times 10^{Li/16\cdot\sigma\cdot\sigma 1}/T\right) \text{dB(A)}$$

Leq (equivalent noise level): 시간가중평균소음노출값(dBA)

T_i: 특정 소음노출 근무부서에서의 근무시간(년)

T: 소음노출 근무부서에서의 총 근무시간(Σ, 년)

Li: 특정 근무부서의 소음수준(dBA)

2) 누적 소음노출값

시간에 종속적인 누적 소음노출값을 아래와 같이 구하였다. 노출기간을 보정된 작업시간으로 사용하였는데 이는 해직된 시간, 근무를 하지 않은 시간을 작업시간에서 제외한 개념이다. 식에서 16.61값은 교환율(exchange rate) 5 dB를 $\log_{10}2$로 나눈 값으로 교환율은 5 dB로 계산을 하였다.

$$\text{누적 소음노출값(dBA)} = \text{Leq} + 16.61 \times \text{Log}_{10}\,(T/T0)\text{dB(A)}$$

T0: 1년

이 사업장의 신규자 및 기존 근로자 대부분이 입사 후 처음 배정받은 공정에서 현재까지 근무를 하고 있었다. 근무기간은 지금까지 근무했던 공정의 근무기간으로, 소음수준은 현재 공정에서 측정된 수준으로 대입하였다. 이직 근로자들도 비슷한 업종, 공정에서 근무하여 근무기간과 소음수준을 기존 근로자들과 동일하게 적용하였다.

3) 직업적 소음노출

누적 소음노출값이 직업적 소음노출로 적합한지 확인하기 위해 청력손상과의 관련성을 조사하였다. 대상자의 연령을 Korean Industrial Standards (KS) I International Organization for Standardization (ISO) 7029:2003으로 보정한 후의 청력손상 여부와 누적 소음노출값은 통계적으로 유의하였다(상관계수 = 0.273). 따라서 이 연구에서는 직업적 소음노출은 누적 소음노출값으로 정의하였다.

4. 개인적 특성과 일반 및 특수건강진단

대상자는 검사 1주일 전에 받은 자기기입식 설문지를 작성했다. 의사 진찰 시 연령, 과거/현병력, 가족력, 흡연, 음주 및 운동(격렬한 운동, 중간 정도 운동, 걷는 운동)을 확인하였다. 신체계측, 혈압(수축기/이완기), 8시간 공복 후 혈중지질, 혈당 등을 측정하였고, 혈중

카르복시헤모글로빈은 작업종료 후 15분 내에 정맥혈에서 측정하였다. 청력은 작업종료 후 14시간이 지나서 배경 소음을 차단한 청력부스에서 검사하였고, 청력이상자는 2차 정밀검사를 실시하였다.

5. 청력손실의 정의

1차, 2차 순음청력검사, 중이검사를 후 소음노출에 의한 각 주파수별 청력 역치를 KS I ISO 7029:2003으로 연령 보정하고 청력손실을 확인하였다. 청력손실의 정의는 다음과 같다: (1) 소음노출의 과거력; (2) 다른 원인(군대, 취미생활, 음악감상 등)에 의한 청력손실 배제; (3) 3,000 Hz, 4,000 Hz에서 40 dB 이상의 청력 역치 손실.

6. 혈중지질

허혈성 심질환의 위험요인으로 혈중지질은 총 콜레스테롤, 중성지방, high-density lipoprotein (HDL) 콜레스테롤, low-density lipoprotein (LDL) 콜레스테롤 및 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤로 정의하였다.

7. 분석방법

수집된 자료는 전산입력 후 윈도우용 IBM SPSS ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용해 분석하였으며, 유의수준 5%에서 검정이 이루어졌다. 연구대상자들의 직업적 특성에 따른 누적 소음노출값의 비교는 Student t-test, one-way analysis of variance (ANOVA)를 이용하였다. 혈중지질과 관련이 있는 변수들의 비교를 위해 Student t-test, one-way ANOVA를 이용하였다. 연령, 신체계측, 생물학적 노출지표 및 누적 소음노출값은 상관분석을 시행하였다. 통계적으로 유의한 변수들의 독립적인 영향력을 확인하기 위하여 다중회귀분석을 시행하였다.

결 과

1. 개인적, 직업적 특성

Table 1은 연구대상자의 개인적, 직업적 특성이다. 연령은 30대 552명(47.7%), 40대 434명(37.5%), 50대 이상 171명(14.8%) 순이었다. 164명(14.2%)이 심혈관계 질환의 가족력이 있었다. 현재 흡연은 558

Table 1. Characteristics, work environments and cumulative noise exposures of study subjects

Characteristic	Subject (n=1,157)	Cumulative noise exposures (dB[A])
Age (yr)		
30–39	552 (47.7)	
40–49	434 (37.5)	
≥50	171 (14.8)	
Family history of cardiovascular diseases		
No	993 (85.8)	
Yes	164 (14.2)	
Cigarette smoking		
Non-smoker	299 (25.8)	
Ex-smoker	300 (26.0)	
Smoker	558 (48.2)	
Alcohol drinking		
No	285 (24.6)	
1–2/wk	663 (57.3)	
≥3/wk	209 (18.1)	
Physical activity[a]		
No	924 (79.9)	
Yes	233 (20.1)	
Work duration of present company (yr)[b]		
<5	698 (60.3)	104.9±8.7
5–9	207 (17.9)	108.0±5.1
10–14	90 (7.8)	112.0±4.3
15–19	117 (10.1)	112.2±5.0
≥20	45 (3.9)	114.5±4.5
Duration of noise exposure (yr)[b]		
<5	242 (20.9)	98.1±6.3
5–9	258 (22.3)	105.6±4.8
10–14	190 (16.4)	108.1±6.5
15–19	196 (17.0)	111.3±5.4
≥20	271 (23.4)	112.8±7.0
Intensity of noise exposure (dB[A])[b]		
85–89	416 (36.0)	103.1±7.5
90–94	318 (27.4)	106.9±7.4
>95	423 (36.6)	111.2±7.0
Use of ear protector		
No	303 (26.2)	107.0±8.4
Yes	854 (73.8)	107.2±7.9
Hearing status[b]		
Normal	1,001 (86.5)	106.4±8.1
Hearing loss	156 (13.5)	111.5±6.5
Heat exposure[b]		
No	670 (57.9)	105.4±8.0
Yes	487 (42.1)	109.5±7.5
Carbon monoxide exposure		
No	972 (84.0)	107.1±7.9
Yes	185 (16.0)	107.3±8.9
Lead exposure		
No	1 (0.1)	109.8±0
Yes	1,156 (99.9)	107.1±8.0

Values are presented as number (%) or mean±standard deviation.
[a]Intensive activity ≥3 times/wk or moderate activity ≥5 times/wk. [b]P<0.05 by Student t-test, one-way analysis of variance.

명(48.2%)이 하고 있었다. 주 1–2회의 음주는 663명(57.3%), 주 3회 이상 음주는 209명(18.1%)이었다. 233명(20.1%)이 주 5회 이상의 중간 정도 운동 혹은 3회 이상의 격렬한 운동을 하고 있었다. 현재 사업장의 근무기간이 5년 미만은 698명(60.3%)으로 가장 많았고, 5–9년 207명(17.9%), 15–19년 117명(10.1%) 순이었다. 10년 이상의 소음에 노출된 대상자는 657명(56.8%)이었고, 이 중 20년 이상 소음에 노출된 경우가 271명(23.4%)이었다. 현재 95 dB(A) 이상 소음에 노출되는 대상자는 423명(36.6%)이었고, 85–89 dB(A) 416명(36.0%), 90 dB–94 dB(A) 318명(27.4%) 순이었다. 854명(73.8%)이 청력보호구를 착용하고 있었고, 소음에 의한 난청자는 156명(13.5%)이었다. 고온 노출은 487명(42.1%), 일산화탄소 노출은 185명(16.0%)이었다. 1명을 제외한 모든 근로자들이 납을 취급하는 공정에서 근무하였다.

2. 직업적 특성과 누적 소음노출값

직업적 특성에 따른 누적 소음노출값의 비교는 Table 1과 같다. 현 사업장 근무기간이 20년 이상의 소음 누적노출값은 평균±표준편차가 114.5±4.5 dB(A)으로 가장 높았다. 소음노출기간이 길수록, 노출 소음수준이 높을수록 소음 누적노출값이 의미 있게 증가하였다($P<0.05$). 청력보호구 착용 여부, 일산화탄소 노출 여부와 납 노출 여부에 따른 차이는 없었다. 청력손상이 있는 경우 111.5±6.5 dB(A)으로 정상인 경우보다 높은 소음 누적노출값을 보였고, 고온 작업 시 소음 누적노출값은 109.8±7.5 dB(A)이었다.

3. 혈중지질과 관련 요인

Table 2는 혈중지질과 관련된 개인적 특성, 직업성 특성과 비교이다. 가족력 유무가 혈중지질의 차이를 보이지 않았다. 현재 흡연을 하는 경우 중성지방($P<0.001$), HDL 콜레스테롤($P=0.001$), 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤($P=0.002$)이 의미 있게 높았다. 음주횟수는 중성지방($P=0.028$), HDL 콜레스테롤($P<0.001$), 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤($P<0.001$)과 관련이 있었고, 신체활동은 중성지방($P=0.001$), 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤($P=0.031$)과

Table 2. Comparison of serum lipids by personal characteristics and work environment

Variable	Total cholesterol	Triglyceride	HDL cholesterol	LDL cholesterol	Total/HDL cholesterol
Family history of CVDs	0.408	0.549	0.481	0.362	0.438
No	195.4±33.7	140.6±89.4	51.3±11.4	105.8±18.3	4.0±1.1
Yes	197.8±32.3	145.2±98.4	50.7±10.2	107.2±17.7	4.0±1.0
Cigarette smoking	0.482	<0.001[a]	0.001[a]	0.797	0.002[a]
Non-smoking	193.7±34.7	124.1±87.9	51.6±10.2	105.6±19.0	3.9±1.0
Ex-smoking	196.5±31.7	134.5±83.3	53.1±12.1	106.6±17.7	3.9±1.0
Current smoking	196.5±33.8	154.1±94.2	50.1±11.1	105.9±18.2	4.1±1.1
Alcohol drinking	0.635	0.028[a]	<0.001[a]	0.989	<0.001[a]
No	194.3±33.8	129.2±68.9	48.1±9.7	105.9±18.9	4.2±1.1
1–2/wk	196.0±33.8	144.0±96.2	51.7±11.7	106.1±18.0	3.9±1.1
≥3/wk	197.0±32.3	141.2±90.7	54.1±10.6	106.0±18.1	3.8±0.9
Physical activity	0.603	0.001[a]	0.861	0.110	0.031[a]
No	195.5±34.3	145.9±94.3	50.8±11.1	105.7±18.6	4.0±1.1
Yes	196.8±30.3	122.8±72.1	52.8±11.7	107.1±16.8	3.9±1.0
Use of ear protector	0.511	0.120	0.811	0.405	0.804
No	199.0±32.2	139.9±74.6	50.2±11.0	107.6±18.0	4.2±1.1
Yes	196.5±34.4	154.7±91.2	49.9±11.4	105.9±18.6	4.1±1.1
Hearing status	0.187	0.376	0.480	0.241	0.138
Normal	195.3±33.2	140.3±90.1	51.3±11.1	105.8±18.1	4.0±1.0
Hearing loss	199.1±35.4	147.2±91.1	50.6±11.6	107.6±19.3	4.1±1.1
Heat exposure	0.118	0.164	0.517	0.228	0.856
No	197.1±33.6	144.4±91.9	51.4±11.3	106.6±18.4	4.0±1.0
Yes	193.96±33.3	136.9±89.0	51.0±11.1	105.3±18.0	4.0±1.1
Carbon monoxide	0.178	0.684	0.185	0.342	0.062
No	195.2±33.6	140.8±87.3	51.4±11.4	105.8±18.4	4.0±1.0
Yes	198.8±33.1	143.7±107.0	50.2±10.0	107.2±17.7	4.1±1.1

Values are presented as number (%) or mean±standard deviation.
HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein; CVD, cardiovascular disease.
[a]P-value <0.05 by Student t-test, one-way analysis of variance.

통계적으로 유의하였다. 직업적 요인들 중 보호구착용 여부, 청력손실 여부, 고열 작업 여부, 일산화탄소 노출 여부는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다.

Table 3은 혈중지질과 관련 요인들의 상관분석결과이다. 연령은 혈중지질 중 중성지방을 제외하고 유의한 결과를 보였다. 체질량지수와 허리둘레는 모든 혈중지질과 관련이 있었다. 직업적 요인들의 경우 누적 소음노출값은 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤, 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤과 통계적으로 유의하였으나 중성지방, HDL 콜레스테롤과는 관련성이 없었다. 혈중 카르복시헤모글로빈은 중성지방과 통계적으로 유의하였고, 혈중 납 농도는 LDL 콜레스테롤과 유의하였다.

4. 혈중지질과 관련 요인들의 다중선형회귀분석

이 연구에서 혈중지질 성분과 통계적으로 유의한 변수들과 선행연구들이 제시한 위험요인을 변수로 하여 실시한 다중회귀분석결과는 Table 4와 같다. 직업적 요인들은 단변량분석에서 통계적 유의성을 보인 혈중지질 성분들의 다변량분석모형에 포함되었다. 누적 소음노출값은 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤, 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤, 혈중 카르복시헤모글로빈은 중성지방, 혈중 납은 LDL 콜레스테롤의 분석모형에 포함되었다. 혈중 카르복시헤모글로빈과 혈중 납 농도는 통계적인 유의성을 보였던 지질 성분의 분석모형에만 포함되었고, 단변량에서 의미가 없었던 성분들의 분석모형에서 제외되었다.

총 콜레스테롤은 누적 소음노출값(β = 0.072), 연령(β = 0.141), 허리둘레(β = 0.262)와 유의한 결과를 보였다. 가족력, 흡연, 음주, 운동은 통계적으로 유의하지 않았다. 중성지방은 혈중 카르복시헤모글로빈(β = 0.160), 적절한 신체활동(β = -0.154), 허리둘레(β = 0.318)와 관련이 있었다. HDL 콜레스테롤은 연령(β = -0.075), 주 1–2회 음주(β = 0.188), 주 3회 이상 음주(β = 0.239), 현재 흡연(β = -0.108), 허리둘레(β = -0.293)와 통계적으로 유의하였다. LDL 콜레스테롤

Table 3. Correlation between serum lipids and variables (coefficient)

Variable	Total cholesterol	Triglyceride	HDL cholesterol	LDL cholesterol	Total/HDL cholesterol
Age	0.161[a]	0.051	-0.074[a]	0.145[a]	0.170[a]
Body mass index	0.277[a]	0.268[a]	-0.273[a]	0.268[a]	0.390[a]
Waist circumference	0.273[a]	0.291[a]	-0.293[a]	0.259[a]	0.403[a]
Cumulative noise exposure	0.150[a]	0.023	-0.017	0.093[a]	0.127[a]
Blood carboxyhemoglobin	0.089	0.155[a]	0.036	0.077	0.053
Blood lead concentration	0.033	0.019	0.019	0.059[a]	-0.004

HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein.
[a]P < 0.05 by Pearson's correlation.

Table 4. Multiple linear regression of serum lipid and variables

Variable	Total cholesterol		Triglyceride		HDL cholesterol		LDL cholesterol		Total cholesterol/HDL cholesterol	
	β	P-value	β	P-value	β	P-value	β	P-value	β	P-value
Cumulative noise exposure	0.072	0.043	-	-	-	-	0.017	0.156	0.065	0.057
Blood carboxyhemoglobin	-	-	0.160	0.024	-	-	-	-	-	-
Blood lead concentration	-	-	-	-	-	-	0.066	0.021	-	-
Age	0.141	< 0.001	-0.003	0.964	-0.075	0.007	0.116	0.001	0.173	< 0.001
Family history of cardiovascular diseases	0.015	0.319	-0.097	0.167	-0.010	0.705	0.016	0.580	0.009	0.327
Smoking										
Ex-smoking	-0.006	0.699	0.023	0.993	0.034	0.324	-0.013	0.704	-0.018	0.580
Current smoking	0.019	0.583	0.128	0.848	-0.108	0.002	-0.011	0.749	0.118	< 0.001
Alcohol drinking										
1–2/wk	0.010	0.302	0.065	0.421	0.188	< 0.001	-0.008	0.823	-0.146	< 0.001
≥ 3/wk	0.021	0.134	0.041	0.232	0.239	< 0.001	-0.005	0.890	-0.193	< 0.001
Physical activity	0.008	0.867	-0.154	0.029	0.068	0.013	0.019	0.494	-0.052	0.047
Waist circumference	0.262	< 0.001	0.318	< 0.001	-0.293	< 0.001	0.256	< 0.001	0.395	< 0.001

Variables included in model are as follows: age, family history of cardiovascular diseases, alcohol drinking, cigarette smoking, physical activity, waist circumference, cumulative noise exposure (total cholesterol, LDL cholesterol, total cholesterol/HDL cholesterol), blood carboxyhemoglobin (triglyceride), and blood lead concentration (LDL cholesterol).
HDL, high-density lipoprotein; LDL, low-density lipoprotein.

은 혈중 납 농도(β = 0.066), 연령(β = 0.116), 허리둘레(β = 0.256)와 관련이 있었다. 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤와 의미가 있는 변수들은 연령(β = 0.173), 주 1–2회 음주(β = -0.146), 주 3회 이상 음주(β = -0.193), 현재 흡연(β = 0.118), 적절한 신체활동(β = -0.052), 허리둘레(β = 0.395)였다.

고 찰

Virkkunen 등[21]은 2,332명을 9년 동안 추적관찰하여 간헐적 소음과 연속 소음에 동시에 노출되면 다른 위험요인들을 통제하여도 심혈관질환의 상대위험도가 1.46 (95% 신뢰구간, 1.06–2.02)임을 제시하였다. 5,753명 대상의 핀란드 연구에서 75 dB(A) 미만 소음에 대한 75–85 dB(A) 소음의 심혈관질환 상대위험도는 1.15 (95% 신뢰구간, 1.01–1.31)이었고, 직무스트레스가 높은 군에서 75 dB(A) 이상의 소음에 노출되면 상대위험도가 1.80 (95% 신뢰구간, 1.19–2.73)이었다[22]. 소음에 의해 난청, 수면장애, 소통방해 등의 불쾌감과 시상하부-뇌하수체-부신 축의 활성화, 전신적인 염증반응, 혈전 형성, 자율신경계의 불균형을 특징으로 하는 스트레스 반응이 동시에 일어난다. 이러한 반응이 지속되면 혈관체계에 기능부전을 초래하여 심혈관질환이 발생한다고 주장하였다[15,23,24]. 동물실험결과 급성 사회 심리적 스트레스가 지질 과산화를 일으켜 염증반응이 유발되었다고 제시하였다[25].

이 연구에서 누적 소음노출값은 다른 요인들을 보정한 다중회귀분석에서 콜레스테롤과 관련이 있었다(β = 0.072). 여자 14명과 남자 11명을 대상으로 한 비행 소음과 혈중지질연구에서 3초간의 105 dB(A) 노출 전후에 총 콜레스테롤이 증가하고 중성지방이 감소함을 보고하였다[26]. 생산직 근로자 남자 1,455명과 여자 624명을 대상으로 여름/겨울에 소음을 측정하였다. 80 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 경우 45세 미만 남자 군에서 총 콜레스테롤(P = 0.001), 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤(P = 0.03)이 의미 있는 증가를 보였다[27]. 선행연구들과 이 연구결과를 볼 때 만성적인 소음노출지표인 누적 소음노출값이 혈중지질 변화와 관련이 있는 것으로 생각된다.

Mehrdad 등[28]의 연구에서 연령, 체질량지수, 흡연, 근무시간 등을 변수들을 보정하였을 때 1년간 90 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 근로자들이 80 dB(A) 이하의 소음에 노출되는 근로자보다 중성지방이 높았다. 79.9 dB(A) 수준의 소음에 노출되는 442명을 대상으로 한 연구에서 다른 변수들을 보정하면 소음과 혈중지질은 연관성은 없어, 심혈관질환은 다른 위험요인들과 관련이 있을 것이라고 하였다[19]. 기존 연구에서 직업적 소음노출과 혈중지질의 연구에 다른 결과들이 보여, 추가연구들을 통해 관련성을 분석해야 할 것으로 보인다.

연구대상 사업장에는 철강제품을 제조하는 사업장으로 다양한 중금속, 유기화합물을 취급하고 다양한 수준의 소음에 노출되는 작업이 산재해 있다. 심혈관질환에 영향을 미치는 사업장 소음수준이 알려져 있지 않아 연구 시 소음노출기준을 정하기 어려웠다. 청력손실이 특수건강진단 소음기준인 85 dB(A) 이상에서 발생할 수 있다는 점을 고려하여 85 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 근로자들로 연구를 진행하였다. 환경적 소음노출의 경우 65–70 dB(A)의 교통 소음수준에서 심혈관계 질환의 위험이 1.1–1.5배 높아진다고 하였다[29]. Passchier-Vermeer와 Passchier [30]는 24시간 동안 70 dB(A)의 환경적 소음에 노출되는 것은 8시간 85 dB(A)의 직업적 노출과 비슷하다고 하였다. 산업장의 법적인 노출기준이 90 dB(A)임을 감안할 때 대상자의 54.0%가 상당한 수준의 소음에 노출되고 있다고 볼 수 있다. 청력보호구를 착용하여 소리를 감쇄시킬 수 있지만 20.4%의 대상자가 착용을 하지 않거나 간헐적으로 착용하고 있어 보건학적으로 관리가 필요한 실정이다.

직업적 소음노출은 Talbott 등[20]이 개발한 공식으로 계산된 누적 소음노출값으로 정의하였다. 누적 소음노출값은 과거 소음노출수준과 노출기간을 합하여 평균 노출값을 구한 뒤 노출시간에 따른 대수적 노출값을 더하게 된다. 연구시점의 소음수준을 노출로 정하여 심혈관질환과의 관련 연구들의 제한점을 고려하여[19,31,32], 한 시점의 소음수준보다 과거부터 노출되어 온 소음의 양이 장기적으로 내분비계에 더 부정적인 영향을 줄 수 있다고 가정하여 누적 소음노출값을 사용하게 되었다. 누적 소음노출값은 Table 1과 같이 노출수준과 노출강도에 따라 증가하였고, 청력손실 있는 경우가 정상의 경우보다 누적 소음노출값이 의미 있게 높았다. 이는 노출기간이 길거나 노출수준이 높을 경우 청력손실과 같은 직접적인 신체영향이 발생할 수 있다는 것을 보여준 것으로 생각한다. 상관분석에서 의미가 있었던 LDL 콜레스테롤, 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤은 다중회귀분석에서 의미가 없었다. 소음누적평가는 이전 공정의 소음수준을 현재 측정값을 동일하게 적용하였고, 과거 근무했던 공정을 대상자들의 기억에 의존하여 분류하게 되어 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 이후 누적 소음을 객관적으로 확인할 수 있는 개인의 근무이력 및 근무 당시의 소음수준으로 정량화한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

선행연구들을 통해서 알려진 심혈관질환의 위험요인들인 허리둘레, 신체활동, 흡연, 음주 등이 이 연구에서도 유의한 결과들을 보였다. 허리둘레는 콜레스테롤(β = 0.262), 중성지방(β = 0.318), HDL 콜레스테롤(β = -0.293), LDL 콜레스테롤(β = 0.256) 및 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤(β = 0.395)로 유의한 관련성을 보였다. 체질량지수도 선행연구에서 혈중지질의 위험요인 중 하나로 간주하고 있고, 이 연구에서도 혈중지질과 관련성이 있었다. 그러나 체질량지수와 허리둘레의 상관성이 높고(상관계수 = 0.847), 공차한계가 0.259로 다중공선성의 우려가 있어 허리둘레를 이용하여 분석하였다.

혈중지질 성분 중 일부와 통계적으로 의미가 있었던 직업적 특성은 혈중 카르복시헤모글로빈과 혈중 납 농도였다(Table 4). 혈중 카르복시헤모글로빈은 중성지방(β = 0.160)과 통계적 유의성을 보였다. 일산화탄소에 노출되는 근로자들(185명)의 혈중 카르복시헤모글로빈의 평균은 4.0% ± 1.3%로 비흡연자에 비해 높았으나, 특수건강진단의 직업적 노출기준인 10%보다는 낮았다. 흡연자와 비흡연자의 차이는 없었고, 흡연 유무가 HDL 콜레스테롤과 총 콜레스테롤/HDL 콜레스테롤와 관련이 있었고, 중성지방과는 관련이 없었다. 이후 추가분석을 통해 관련성을 확인해야 할 것으로 보인다. 혈중 납 농도는 LDL 콜레스테롤을 증가시키는 요인으로 유의한 결과를 보였다(β = 0.066). 배터리 재생공장 근로자 497명을 대상으로 한 연구에서 혈중 납 농도와 LDL 콜레스테롤과 관련이 없다고 하였다[33]. 그러나 National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002 자료에서 미국 청소년들의 혈중 납 농도는 연령, 성별, 인종, 허리둘레, 혈중 코티닌, 신체활동을 보정한 상태에서 LDL 콜레스테롤과 관련성을 보였다[34]. 추후 혈중지질과 혈중 납의 관련성을 조사하는 전향적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

이 연구는 몇 가지의 제한점을 갖고 있다. 첫째, 건강진단 자료를 이용한 단면연구로서 인과관계를 밝힐 수 없었다. 둘째, 연구설계 단계에서 출생체중, 영양, 불쾌감을 포함한 신경정신학적 문제, 직무스트레스, 교대근무에 따른 야간근무와 수면장애 등 심혈관질환에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인들을 고려하지 못했다. 셋째, 힘든 철강 제조업무에 적응할 수 있는 근로자들에 의한 건강 근로자 효과도 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

그러나 이 연구는 특수건강진단 및 작업환경 측정자료를 활용하여 직업적 소음노출과 심혈관질환의 위험요인인 혈중지질의 관련성을 확인한 데 의의가 있다. 또한 현재 노출수준이나 노출기간만이 아니라 누적 소음노출값을 만성적인 소음노출로 정하여 관련성을 평가한 것도 의미가 있다. 일정 수준 이상의 소음에 장시간 노출되는 근로자의 소음 저감을 위한 작업환경 관리, 개인보호 및 건강증진을 위한 생활습관 개선을 통한 사업장의 심혈관계 질환의 예방대책을 수립하는 데 기초자료가 될 것으로 생각한다.

REFERENCES

1. Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, et al. Heart disease and stroke statistics-2018 update: a report from the American Heart Association. Circulation 2018;137:e67-e492.
2. Kim JY, Jo HS, Lee TJ. Main diseases and health behaviors analysis in Koreans. In: Korea Institute for Health and Social Affairs, editor. 2001 Korea national health and nutrition survey in-depth analysis result. Sejong: Korea Institute for Health and Social Affairs; 2003. p. 445-58.
3. Burke GL, Bertoni AG, Shea S, Tracy R, Watson KE, Blumenthal RS, et al. The impact of obesity on cardiovascular disease risk factors and subclinical vascular disease: the multi-ethnic study of atherosclerosis. Arch Intern Med 2008;168:928-35.
4. Lachman S, Boekholdt SM, Luben RN, Sharp SJ, Brage S, Khaw KT, et al. Impact of physical activity on the risk of cardiovascular disease in middle-aged and older adults: EPIC Norfolk prospective population study. Eur J Prev Cardiol 2018;25:200-8.
5. Dehghan M, Mente A, Rangarajan S, Sheridan P, Mohan V, Iqbal R, et al. Association of dairy intake with cardiovascular disease and mortality in 21 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study. Lancet 2018;392:2288-97.
6. Hokanson JE, Austin MA. Plasma triglyceride level is a risk factor for cardiovascular disease independent of high-density lipoprotein cholesterol level: a meta-analysis of population-based prospective studies. J Cardiovasc Risk 1996;3:213-9.
7. Sugiyama D, Turin TC, Afzal AR, Rumana N, Wanatabe M, Higashiyama A, et al. The serum high LDL cholesterol levels and lifetime risk of coronary heart disease in a Japanese general population: Suita Study. Atherosclerosis 2018;32(Suppl):77.
8. Nam BH, Kannel WB, D'Agostino RB. Search for an optimal atherogenic lipid risk profile: from the Framingham Study. Am J Cardiol 2006;97:372-5.
9. Patani S, Nayak M, Sharma R. Ischemic heart disease: role of total cholesterol: HDLC ratio as an important indicator compared to LDLC. Int J Biochem Biotechnol 2018;14:13-7.
10. Olsen O, Kristensen TS. Impact of work environment on cardiovascular diseases in Denmark. J Epidemiol Community Health 1991;45:4-9.
11. Vanhoorne M, de Bacquer D, de Backer G. Epidemiological study of the cardiovascular effects of carbon disulphide. Int J Epidemiol 1992;21:745-52.
12. Reeve G, Bloom T, Rinsky R. Cardiovascular disease among nitroglycerin-exposed workers. Am J Epidemiol 1983;118:418.
13. Hertz-Picciotto I, Croft J. Review of the relation between blood lead and blood pressure. Epidemiol Rev 1993;15:352-73.
14. Herbert R, Schechter C, Smith DA, Phillips R, Diamond J, Carroll S, et al. Occupational coronary heart disease among bridge and tunnel officers. Arch Environ Health 2000;55:152-63.
15. Munzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sorensen M. Environmental noise and the cardiovascular system. J Am Coll Cardiol 2018;71:688-97.
16. Gan WQ, Mannino DM. Occupational noise exposure, bilateral high-frequency hearing loss, and blood pressure. J Occup Environ Med 2018;60:462-8.
17. Wang D, Zhou M, Li W, Kong W, Wang Z, Guo Y, et al. Occupational noise exposure and hypertension: the Dongfeng-Tongji Cohort Study. J Am Soc Hypertens 2018;12:71-9.
18. Liu CS, Young LH, Yu TY, Bao BY, Chang TY. Occupational noise frequencies and the incidence of hypertension in a retrospective cohort study. Am J Epidemiol 2016;184:120-8.
19. Arlien-Soborg MC, Schmedes AS, Stokholm ZA, Grynderup MB, Bonde JP, Jensen CS, et al. Ambient and at-the-ear occupational noise exposure and serum lipid levels. Int Arch Occup Environ Health 2016;89:1087-93.
20. Talbott EO, Gibson LB, Burks A, Engberg R, McHugh KP. Evidence for a dose-response relationship between occupational noise and blood pressure. Arch Environ Health 1999;54:71-8.
21. Virkkunen H, Harma M, Kauppinen T, Tenkanen L. The triad of shift work, occupational noise, and physical workload and risk of coronary heart disease. Occup Environ Med 2006;63:378-86.
22. Eriksson HP, Andersson E, Schioler L, Soderberg M, Sjostrom M, Rosengren A, et al. Longitudinal study of occupational noise exposure and joint effects with job strain and risk for coronary heart disease and stroke in Swedish men. BMJ Open 2018;8:e019160.
23. Babisch W. Updated exposure-response relationship between road traffic

noise and coronary heart diseases: a meta-analysis. Noise Health 2014; 16:1-9.
24. Recio A, Linares C, Banegas JR, Diaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms. Environ Res 2016;146:359-70.
25. Kovacs P, Juranek I, Stankovicova T, Svec P. Lipid peroxidation during acute stress. Pharmazie 1996;51:51-3.
26. Marth E, Gallasch E, Fueger GF, Mose JR. Aircraft noise: changes in biochemical parameters. Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg B 1988;185:498-508.
27. Melamed S, Froom P, Kristal-Boneh E, Gofer D, Ribak J. Industrial noise exposure, noise annoyance, and serum lipid levels in blue-collar workers: the CORDIS Study. Arch Environ Health 1997;52:292-8.
28. Mehrdad R, Bahabad AM, Moghaddam AN. Relationship between exposure to industrial noise and serum lipid profile. Acta Med Iran 2011; 49:725-9.
29. Babisch W. Traffic noise and cardiovascular disease: epidemiological review and synthesis. Noise Health 2000;2:9-32.
30. Passchier-Vermeer W, Passchier WF. Noise exposure and public health. Environ Health Perspect 2000;108 Suppl 1:123-31.
31. Talbott E, Helmkamp J, Matthews K, Kuller L, Cottington E, Redmond G. Occupational noise exposure, noise-induced hearing loss, and the epidemiology of high blood pressure. Am J Epidemiol 1985;121:501-14.
32. Fogari R, Zoppi A, Vanasia A, Marasi G, Villa G. Occupational noise exposure and blood pressure. J Hypertens 1994;12:475-9.
33. Ghiasvand M, Aghakhani K, Salimi A, Kumar R. Ischemic heart disease risk factors in lead exposed workers: research study. J Occup Med Toxicol 2013;8:11.
34. Xu C, Shu Y, Fu Z, Hu Y, Mo X. Associations between lead concentrations and cardiovascular risk factors in U.S. adolescents. Sci Rep 2017;7:9121.