

职业性噪声暴露对石油工人甲襞微循环的影响

韩冬柏¹, 刘晓宇², 李娜¹, 许春杰³, 郭春月³, 尹素凤¹, 武建辉¹, 胡泊¹

1. 华北理工大学公共卫生学院, 河北 唐山 063210
2. 华北理工大学附属开滦医院呼吸内科, 河北 唐山 063000
3. 首都医科大学公共卫生学院, 北京 100000

摘要：

[背景] 在我国，噪声是石油工人作业场所中存在的主要职业有害因素之一，长期接触可能会引发微循环功能障碍，进而引发多种心脑血管疾病。

[目的] 探讨职业性噪声暴露对石油工人甲襞微循环的影响。

[方法] 以2018年5—10月某石油企业参加职业健康体检的工人为研究对象，共1104名石油工人纳入本次调查，涉及的岗位有注水岗、外输岗、井下作业岗、电气焊岗、加热岗和化验岗等。通过面对面询问的方式进行问卷调查，内容包括：性别、年龄、文化程度等社会人口学资料，吸烟、饮酒和体育锻炼等生活行为习惯，工龄、倒班和噪声接触史等职业因素。测量调查对象身高、体重。由经过培训的研究员采集甲襞微循环图像和视频数据，采用双人盲法诊断甲襞微循环障碍；根据是否连续暴露于噪声[每天8h或每周40h噪声暴露等效声级 ≥ 80 dB (A)] 1年及以上者判定石油工人是否接触噪声。采用多因素logistic回归模型分析职业性噪声暴露对石油工人甲襞微循环的影响。

[结果] 1104名石油工人年龄范围为19~64岁，男性占66.2%。石油工人甲襞微循环障碍发生率为33.8%，噪声组甲襞微循环障碍发生率(42.4%)高于对照组(21.4%) ($P < 0.001$)。不同性别、年龄、体重指数(BMI)、吸烟、饮酒、体育锻炼、工龄和倒班的石油工人甲襞微循环障碍发生率不同 ($P < 0.05$)，其中，男性、BMI ≥ 28.0 kg·m⁻²、吸烟、饮酒、无体育锻炼和倒班的石油工人甲襞微循环障碍发生率高于各自的参照组，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。工龄20~30年的石油工人甲襞微循环障碍发生率最低(28.1%)。调整性别、年龄、BMI、吸烟、饮酒、体育锻炼和倒班后，多因素logistic回归结果显示：接触噪声的石油工人甲襞微循环障碍发生的风险是不接触噪声的2.50倍(95%CI为1.86~3.36)。

[结论] 噪声可能是石油工人甲襞微循环障碍的重要危险因素。

关键词： 甲襞微循环；微循环障碍；职业性噪声暴露；石油工人

Effect of occupational noise exposure on nailfold microcirculation of petroleum workers HAN Dong-bai¹, LIU Xiao-yu², LI Na¹, XU Chun-jie³, GUO Chun-yue³, YIN Su-feng¹, WU Jian-hui¹, HU Bo¹ (1.School of Public Health, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063210, China; 2.Department of Respiratory Medicine, Kailuan Hospital, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063000, China; 3.School of Public Health, Capital Medical University, Beijing 100000, China)

Abstract:

[Background] In China, noise is one of the major occupational harmful factors in the workplace of petroleum workers, and long-term exposure to noise can cause microcirculation disorder and further several cardiovascular diseases.

[Objective] This study explores the effects of occupational noise exposure on nailfold microcirculation in petroleum workers.

[Methods] A total of 1104 petroleum workers who received annual occupational health examination of a petroleum company from May to October 2018 were enrolled for this study. The workstations of the petroleum workers included water injection, external transport, underground operation, electrical welding, heating, and laboratory. Socio-demographic characteristics (such as sex, age, and education level), lifestyle behaviors (such as smoking, drinking, physical exercise), and occupational factors (such as seniority, shift work, and history of noise exposure) were collected through a questionnaire survey interviewed face-to-face. Height and body weight were also

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19833

组稿专家

陈青松(广东药科大学公共卫生学院),
E-mail: qingsongchen@aliyun.com

基金项目

国家科技部重点研发资助项目
(2016YFC0900605); 河北省自然科学基金
项目(H201629042)

作者简介

韩冬柏(1989—),男,硕士生;
E-mail: 13383271632@163.com

通信作者

胡泊, E-mail: lxy_hb007@126.com

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-12-04

录用日期 2020-03-01

文章编号 2095-9982(2020)04-0348-06

中图分类号 R181.3+1

文献标志码 A

► 引用

韩冬柏, 刘晓宇, 李娜, 等. 职业性噪声暴露对石油工人甲襞微循环的影响[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(4): 348-353.

► 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19833

Funding

This study was funded.

Correspondence to

HU Bo, E-mail: lxy_hb007@126.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2019-12-04

Accepted 2020-03-01

► To cite

HAN Dong-bai, LIU Xiao-yu, LI Na, et al. Effect of occupational noise exposure on nailfold microcirculation of petroleum workers[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(4): 348-353.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19833

measured. Nailfold microcirculation images and videos were recorded by trained researchers, and two independent physicians provided blinded diagnostic evaluations on nailfold microcirculation. The petroleum workers were divided into a noise group and a control group based on whether they were continuously exposed to noise for 1 year or more [8 h per day or 40 h per week equivalent sound pressure level ≥ 80 dB (A)]. A multi-factor logistic regression model was used to analyze the effect of occupational noise exposure on nailfold microcirculation in the petroleum workers.

[Results] Of the 1 104 participants, the range of age was 19-64 years, and most were male (66.2%). The prevalence rate of nailfold microcirculation disorder in the petroleum workers was 33.8%. The prevalence rate of nailfold microcirculation disorder was higher in the noise group than in the control group (42.4% vs 21.4%, $P < 0.001$). The prevalence rates of nailfold microcirculation disorder were different among the petroleum workers of different sex, age, body mass index (BMI), smoking, drinking, physical exercise, seniority, and shift work groups ($P < 0.05$). The prevalence rates of nailfold microcirculation disorder were higher in male, BMI ≥ 28.0 kg·m⁻², smoking, drinking, non-physical exercise, and shift work groups than in their respective reference groups ($P < 0.05$). The prevalence rate of nailfold microcirculation disorder was the lowest in the group of 20-30 years of working age (28.1%). After adjusting for sex, age, BMI, smoking, drinking, physical exercise, and shift work, the multi-factor logistic regression results showed that the OR (95% CI) of nailfold microcirculation disorder was 2.50 (1.86-3.36) for those with noise exposure versus those without.

[Conclusion] Noise may be an important risk factor of nailfold microcirculation disorder of petroleum workers.

Keywords: nailfold microcirculation; microcirculation disorder; occupational noise exposure; petroleum workers

石油是我国重要的战略能源,从事石油作业的多个岗位(注水岗、外输岗和井下作业岗)存在职业性噪声暴露。世界卫生组织(World Health Organization, WHO)报道,在高收入的西欧国家,每年因噪声损失的伤残调整寿命年(disability adjusted life year, DALY)为100万年^[1]。研究发现,噪声除了损伤听觉系统外,还与心血管疾病、代谢系统疾病、睡眠障碍和心理压力等密切相关^[2-5]。噪声、倒班是石油生产过程中主要的职业有害因素,长期接触可能会引发微循环功能障碍,进而引发高血压等多种心脑血管疾病^[6-8]。

微循环是微动脉和微静脉之间的血液循环,对机体的能量代谢和组织器官功能的调节起重要作用^[9]。微循环常见的测量部位有甲襞、球结膜、手指背部皮肤等^[10-14]。甲襞微循环的测量具有简单、快速、无创等优点,已广泛应用于微循环的检测。研究表明,微循环障碍是多种因素长期作用形成的微血管病变,并且伴随心脑血管疾病发生发展的整个过程,与靶器官的损害程度以及预后密切相关^[6, 15],微循环障碍也往往在疾病发生的早期出现,甚至在疾病尚未出现任何症状之前,微循环就已经出现了不同程度的功能障碍或者结构障碍^[16-19]。由此可见,对微循环障碍的早期控制,有利于心血管疾病的预防。

因此,本研究以某石油企业职工为研究对象,探讨职业性噪声暴露对石油工人甲襞微循环的影响,为减少石油工人甲襞微循环障碍的发生提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究以某石油企业2018年5—10月参加职业健

康检查的工人为研究对象。纳入标准:该企业注水岗、外输岗、井下作业岗、电气焊岗、加热岗和化验岗等在职职工,自愿接受甲襞微循环检测;工龄 ≥ 1 年。本研究经华北理工大学医学伦理委员会审核批准(编号:18040),所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 健康评估检查 根据文献调研及有关专家的建议,修订自制的健康评估调查表,由经过统一培训的华北理工大学研究生采取面对面的方式进行健康评估调查,内容包括:①社会人口学特征,如性别、年龄、民族、婚姻状况、文化程度和家庭月收入、家庭人口数等;②生活习惯,如吸烟、饮酒和体育锻炼等;③职业史,如入职日期、工作岗位、职业性噪声暴露、工种变动和倒班等。采用身高体质量仪(北京海富达科技有限公司,中国)测量调查者的身高和体重。

1.2.2 甲襞微循环测量 采用XW880型微循环观察仪(合肥健能光学仪器有限责任公司,中国),由经过培训的研究员在甲襞微循环检查室采集受检者的左手无名指甲襞的图像和视频资料。根据保存的图像和视频资料,采用双人盲法确定最终结果。测定指标包括甲襞微循环的形态指标(管袢数、血管长度、管袢宽度、畸形管袢数、丛生)、流态指标(流速、红细胞聚集)、袢周指标(微出血、乳头下静脉丛)。根据欧洲风湿病防治联合会甲襞微循环诊断标准,甲襞微循环正常的定义为:毛细血管呈发夹型并行排列,线性微循环密度大于6~8个毛细血管/mm;毛细血管长度在200 μ m和500 μ m之间;毛细血管宽度小于20 μ m;毛细血管畸形数量比例 $< 10\%$;流速较快;无出血现象、无红细胞聚集现象^[20-21]。甲襞微循环障碍主要表

现为：微循环密度下降，血流减慢，毛细血管畸形（管袢交叉，呈菜花状），出现红细胞聚集现象，有出血现象等，出现上述任何一项均定义为甲襞微循环障碍。

1.2.3 噪声的测定 委托具有职业病危害因素检测资质的公司测定石油工人工作场所噪声情况，并报告各工作岗位噪声暴露情况，其中注水岗、外输岗和井下作业岗为接触噪声重点岗位。根据 GBZ/T 229.4—2012《工作场所职业病危害作业分级 第4部分：噪声作业定义》，噪声指作业场所存在有损听力、有害健康或有其他危害的声音，且每天8h或每周40h噪声暴露等效声级 ≥ 80 dB (A)，本研究中连续暴露于噪声1年及以上者判定为噪声暴露。

1.2.4 其他指标的定义 吸烟是指每天至少吸烟1支，连续吸烟半年及以上；饮酒是指每周至少饮酒2次，每次饮白酒量 ≥ 50 g，连续饮用时间 ≥ 1 年；体育锻炼是指平均每周有氧运动 ≥ 3 次，每次 ≥ 30 min；体重指数 (body mass index, BMI) = 体重 / 身高² (kg·m⁻²)，BMI判断标准：BMI < 24.0 为正常， $24.0 \leq \text{BMI} < 28.0$ 为超重，BMI ≥ 28.0 为肥胖^[22]；倒班是指调查对象从参加工作到被调查时为止，曾经或现在倒班（持续）时间 ≥ 1 年以上者。

1.3 质量控制

多次与研究对象所在单位的体检医院沟通协调，调查现场每天由医院工作人员负责宣传、讲解和引导，对所有的现场问卷调查人员均进行统一的岗前培训。健康评估检查表采用问卷扫描系统采集入库，并对数据进行双人盲法录入，即同一份数据由两人录入完成，若出现不一致，将进行第三次校对。石油工人工作场所的噪声检测委托具有职业病危害因素检测资质的公司承担，确保检测结果的准确性。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。正态计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 描述；计数资料用率或构成比表示，采用 χ^2 检验；剔除卡方检验无统计学意义的变量后，考虑变量之间的共线性，所有多分类变量均设置哑变量，以第一组作为参照标准，然后采用多因素 logistic 回归模型分析职业性噪声暴露和甲襞微循环障碍的关系。自变量引入标准为 $P \leq 0.05$ ，检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 石油工人的一般情况

本次共调查石油工人 1 612 人，剔除资料不全者

508 人，最终共纳入 1 104 人，年龄范围为 19~64 岁，已婚者占 93.8%，高中或中专及以上文化程度者占 87.5%，家庭人均月收入在 2 000 元及以上者占 59.3%，BMI ≥ 24.0 kg·m⁻² 者占 63.4%，有心血管疾病家族史者占 39.9%。石油工人甲襞微循环障碍发生率为 33.8%。

不同年龄、性别、BMI 的石油工人甲襞微循环障碍发生率不全相同。男性工人甲襞微循环障碍发生率为 38.2%，高于女性 (25.2%， $P < 0.001$)；随着 BMI 的增加，甲襞微循环障碍的发生率呈上升趋势 ($\chi^2_{趋势} = 6.280$, $P = 0.012$)；40~50 岁的石油工人甲襞微循环障碍发生率最低 (28.4%)。见表 1。

表 1 不同个体特征的石油工人甲襞微循环障碍发生率
Table 1 The prevalence rates of nailfold microcirculation disorder in petroleum workers with different characteristics

分组 Group	调查 人数 Number	构成比/% Proportion	甲襞微循环障碍 Nailfold microcirculation disorder		χ^2	P
			人数 Number	率/% Rate		
性别 (Sex)					18.560	<0.001
男 (Male)	731	66.2	279	38.2		
女 (Female)	373	33.8	94	25.2		
年龄 / 岁 (Age/years)					18.016	<0.001
<30	74	6.7	32	43.2		
30~	160	14.5	67	41.9		
40~	602	54.5	171	28.4		
50~	268	24.3	103	38.4		
婚姻状况 (Marital status)					4.470	0.107
未婚 (Single)	42	3.8	14	33.3		
已婚 (Married)	1035	93.8	335	34.3		
其他 (Others)	27	2.4	4	14.8		
文化程度 (Education level)					2.710	0.258
初中及以下 Middle school and below	138	12.5	49	35.5		
高中或中专 High school/secondary technical school	440	39.9	136	30.9		
大专及以上 College and above	526	47.6	188	35.7		
家庭人均月收入 / 元 Family monthly income per capita/yuan					1.938	0.379
<2 000	449	40.7	141	31.4		
2 000~	495	44.8	176	35.6		
3 000~	160	14.5	56	35.0		
体重指数 / kg·m ⁻² Body mass index					6.342	0.042
<24.0	404	36.6	121	30.0		
24.0~	444	40.2	151	34.0		
28.0~	256	23.2	101	39.5		
心血管疾病家族史 Family history of cardiovascular diseases					0.607	0.436
无 (No)	663	60.1	230	34.7		
有 (Yes)	441	39.9	143	32.4		
合计 (Total)	1 104	100.0	373	33.8	—	—

2.2 不同生活行为方式的影响

不同吸烟、饮酒、体育锻炼分组的石油工人甲襞微循环障碍的发生率均不同。吸烟的石油工人甲襞微循环障碍发生率为38.2%，高于不吸烟的石油工人(30.7%)，差异有统计学意义($P < 0.01$)；饮酒的石油工人甲襞微循环障碍发生率为39.0%，高于不饮酒的石油工人(31.0%)，差异有统计学意义($P < 0.01$)；有体育锻炼的石油工人甲襞微循环障碍发生率低于没有体育锻炼者(30.8%、36.9%， $P < 0.05$)。见表2。

表2 不同生活行为方式的石油工人甲襞微循环障碍发生率
Table 2 The prevalence rates of nailfold microcirculation disorder in petroleum workers with different lifestyle behaviors

分组 Group	调查 人数 Number	构成比/% Proportion	甲襞微循环障碍 Nailfold microcirculation disorder		χ^2	P
			人数 Number	率/% Rate		
			吸烟 (Smoking) 6.846 0.009			
否 (No)	646	58.5	198	30.7		
是 (Yes)	458	41.5	175	38.2		
饮酒 (Drinking) 7.256 0.007						
否 (No)	714	64.7	221	31.0		
是 (Yes)	390	35.3	151	39.0		
体育锻炼 (Physical exercise) 4.624 0.032						
否 (No)	539	48.8	199	36.9		
是 (Yes)	565	51.2	174	30.8		

2.3 职业性噪声、倒班和工龄的影响

不同噪声暴露、倒班、工龄的石油工人甲襞微循环障碍的发生率均不同。暴露噪声的石油工人甲襞微循环障碍发生率高于不暴露者(42.4%、21.4%， $P < 0.001$)；倒班的石油工人甲襞微循环障碍发生率高于不倒班者(38.5%、27.3%， $P < 0.001$)；工龄20~30年的石油工人甲襞微循环障碍发生率最低(28.1%)。见表3。

2.4 职业性噪声暴露与甲襞微循环障碍的多因素 logistic 回归分析

以是否有职业性噪声暴露为自变量，是否发生甲襞微循环障碍作为应变量(甲襞微循环正常=1，甲襞微循环障碍=2)，在控制了性别、年龄、BMI、吸烟、饮酒、倒班、体育锻炼后，多因素 logistic 回归分析结果显示：接触噪声的石油工人甲襞微循环障碍的发生风险是不接触噪声的2.50倍，95%CI为1.86~3.36。见表4。

表3 职业性噪声、倒班、工龄与石油工人甲襞微循环障碍发生的单因素分析

Table 3 The univariate analysis on the relationships of nailfold microcirculation disorder with occupational noise exposure, shift work, and seniority in petroleum workers

变量 Variable	调查 人数 Number	构成比/% Proportion	甲襞微循环障碍 Nailfold microcirculation disorder		χ^2	P
			人数 Number	率/% Rate		
			噪声暴露 (Noise exposure) 52.575 <0.001			
否 (No)	453	41.0	97	21.4		
是 (Yes)	651	59.0	276	42.4		
倒班 (Shift work) 15.067 <0.001						
否 (No)	462	41.8	126	27.3		
是 (Yes)	642	58.2	247	38.5		
工龄 / 年 (Seniority/years) 18.123 0.001						
<5	74	6.7	26	35.1		
5~	86	7.8	41	47.7		
10~	139	12.6	54	38.8		
20~	520	47.1	146	28.1		
30~	285	25.8	106	37.2		

表4 职业性噪声暴露与石油工人甲襞微循环障碍发生的多因素 logistic 回归分析

Table 4 The multi-factor logistic regression analysis on the relationship between occupational noise exposure and nailfold microcirculation disorder in petroleum workers

变量 (Variable)	OR	95% CI
性别 (Sex)	男 (Male)	1.00
	女 (Female)	0.77 0.53~1.11
年龄 / 岁 (Age/years)	<30	1.00
	30~	0.80 0.45~1.43
	40~	0.56 0.36~0.95
	50~	0.66 0.38~1.14
体重指数 / kg·m ⁻² (Body mass index)	<24.0	1.00
	24.0~	1.09 0.80~1.48
	28.0~	1.30 0.91~1.85
吸烟 (Smoking)	否 (No)	1.00
	是 (Yes)	1.08 0.78~1.51
饮酒 (Drinking)	否 (No)	1.00
	是 (Yes)	1.09 0.79~1.50
倒班 (Shift work)	否 (No)	1.00
	是 (Yes)	1.20 0.91~1.60
体育锻炼 (Physical exercise)	否 (No)	1.00
	是 (Yes)	0.69 0.53~0.90
噪声暴露 (Noise exposure)	否 (No)	1.00
	是 (Yes)	2.50 1.86~3.36

3 讨论

研究表明，噪声产生的生理和心理功能障碍已被列为第三大流行病，仅次于癌症和循环系统疾病等慢性疾病^[23]，尤其是在发展中国家，职业性噪声暴露严

重影响人们的身心健康与生产安全。目前国外关于噪声的研究结局多为心血管疾病(冠心病、中风、高血压等)、炎性反应、血管内皮功能损伤(微循环障碍的重要基础)等,尚缺乏噪声与微循环障碍的人群研究^[24-27]。微循环障碍以微血管病变为基础,与心血管疾病的发生发展密切相关,因此,有理由认为本次研究结果与国外的研究结果是一致的。国内关于职业性噪声与微循环障碍的人群研究也较少,并且样本量小,研究结果具有一定的局限性。比如,于晓平等^[28]研究职业性噪声暴露对165例石油工人球结膜微循环的影响,认为职业性噪声暴露对球结膜微循环障碍的发生没有影响,而刘俊国^[8]研究职业性噪声暴露对50例输油工人球结膜微循环的影响,认为职业性噪声暴露可以引发球结膜微循环障碍;袁宗信等^[7]研究职业性噪声暴露对78例输油泵站工人甲襞微循环的影响,认为职业性噪声暴露可以引发甲襞微循环障碍。本次研究发现接触职业性噪声的石油工人甲襞微循环障碍发生率高于不接触噪声者(42.4%、21.4%, $P<0.001$)。噪声引发微循环障碍的可能机制是:噪声通过刺激中枢神经系统,导致大脑皮层兴奋抑制功能失调,皮层下运动中枢失衡,肾上腺素活性增加,进而刺激去甲肾上腺素释放而引起血压升高,通过压力的刺激造成血管内皮功能障碍,从而引发微循环功能障碍^[29]。

本次研究结果显示:不同年龄、性别、工龄、BMI、吸烟、饮酒、倒班、体育锻炼的石油工人甲襞微循环障碍的发生率不同。随着BMI的增加,甲襞微循环障碍发生率呈上升趋势($P<0.05$),提示肥胖是甲襞微循环障碍发生的重要影响因素。在一定范围内随着年龄和工龄的增加,甲襞微循环障碍的发生率反而降低,可能的原因是:①选择偏倚。本次甲襞微循环项目检查是自愿参加,并未纳入所有体检职工,有一部分职工是下夜班后过来体检,情绪不稳定,有时会选择弃检此项目。②健康工人效应。参与研究的石油工人上岗前和工作期间均参与过职业健康体检,用人单位对不适合噪声作业的人群做过岗位调整。多因素logistic回归分析认为,体育锻炼是甲襞微循环障碍的保护因素,提示适当的体育锻炼可以增强石油工人身体素质,使其可以承受一定程度的职业性噪声,可以考虑通过增加体育锻炼降低甲襞微循环障碍的发生风险。

本次研究初步探讨了职业性噪声暴露与甲襞微

循环障碍发生的关系,认为职业性噪声暴露是甲襞微循环障碍发生可能的危险因素,但本次研究属于横断面研究,尚不能确定职业性噪声暴露与甲襞微循环障碍的因果关系。研究中也尚未考虑职业性噪声暴露的持续时间,后续研究应继续收集石油工人噪声暴露的数据。此外,本研究仅考虑了心血管疾病家族史,未考虑血压、血糖、血脂等因素对甲襞微循环障碍的影响,也未考虑石油工人工作环境中的其他职业有害因素(高温、电焊烟尘)联合暴露对甲襞微循环障碍的影响。因此,今后需要采用队列研究并考虑控制影响甲襞微循环障碍的其他因素,进一步明确噪声暴露与甲襞微循环障碍的关系,从而为石油工人甲襞微循环障碍的预防控制提供更多的科学依据。

参考文献

- [1] JAFARI MJ, KHOSROWABADI R, KHODAKARIM S, et al. The effects of combined exposure to noise and heat on human salivary cortisol and blood pressure [J]. *Int J Occup Saf Ergon*, 2019, 25 (7) : 1-9.
- [2] FORASTER M, EZE IC, SCHAFFNER E, et al. Exposure to road, railway, and aircraft noise and arterial stiffness in the SAPALDIA study: annual average noise levels and temporal noise characteristics [J]. *Environ Health Persp*, 2017, 125 (9) : 097004-097011.
- [3] JOHANNES H, FRANK PS, OMAR H, et al. Acute exposure to nocturnal train noise induces endothelial dysfunction and pro-thromboinflammatory changes of the plasma proteome in healthy subjects [J]. *Basic Res Cardiol*, 2019, 114 (6) : 46-57.
- [4] WEIHOFEN VM, HEGEWALD J, EULER U, et al. Aircraft noise and the risk of stroke [J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2019, 116 : 237-244.
- [5] ELISE VK, MARIBEL C, GÖRAN P, et al. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15 (2) : 379-437.
- [6] 徐妙珍, 孙占梅. 接触噪声工人的甲襞微循环观察 [J]. *中国公共卫生学报*, 1991, 10 (05) : 316.
- [7] 袁宗信, 刘俊国. 噪声作业工人甲襞微循环观察78例 [J]. *医学理论与实践*, 1991, 4 (02) : 21-22.
- [8] 刘俊国. 噪声作业人员球结膜微循环观察 [J]. *中华劳动*

- 卫生职业病杂志, 1996, 14 (06) : 52.
- [9] LEVY B, AMBROSIO G, PRIES A, et al. Microcirculation in hypertension : a new target for treatment [J]. *Circulation*, 2001, 104 (6) : 735-740.
- [10] TRIANTAFYLLOU A, ANYFANTI P, PYRPASOPOULOU A, et al. Capillary rarefaction as an index for the microvascular assessment of hypertensive patients [J]. *Curr Hypertens Rep*, 2015, 17 (5) : 33-40.
- [11] EMRANI Z, KARBALAIE A, FATEMI A, et al. Capillary density : An important parameter in nailfold capillaroscopy [J]. *Microvasc Res*, 2017, 109 : 7-18.
- [12] INGEGNOLI F, GUALTIEROTTI R, LUBATTI C, et al. Nailfold capillary patterns in healthy subjects : a real issue in capillaroscopy [J]. *Microvasc Res*, 2013, 90 : 90-105.
- [13] BOSCH AJ, HARAZNY JM, KISTNER I, et al. Retinal capillary rarefaction in patients with untreated mild-moderate hypertension [J]. *BMC Cardiovasc Disor*, 2017, 17 (1) : 300-310.
- [14] DEBBABI H, UZAN L, MOURAD JJ, et al. Increased skin capillary density in treated essential hypertensive patients [J]. *Am J Hypertens*, 2006, 19 (5) : 477-483.
- [15] 李璐含, 仇红刚. 高血压血液微循环功能障碍及其机制研究进展 [J]. *微循环学杂志*, 2019, 29 (03) : 64-68, 74.
- [16] EDUARDO T, ANDREA L, Andrea MM, et al. Microcirculation and cardiovascular diseases [J]. *Arq Bras Cardiol*, 2018, 111 (2) : 120-121.
- [17] WANG Y, LIU J, WANG W, et al. Lifetime risk of stroke in young-aged and middle-aged Chinese population : the Chinese multi-provincial cohort study [J]. *J Hypertens*, 2016, 34 (12) : 2434-2440.
- [18] AUGUSTO PS, LUDHMILA AH, CAN I. Microcirculation in cardiovascular diseases [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, 33 (12) : 3458-3468.
- [19] 庞宗然, 苏晓慧, 刘祖涵, 等. 微循环障碍与糖尿病及其并发症关系 [J]. *时珍国医国药*, 2011, 22 (04) : 988-989.
- [20] SMITH V, BEECKMAN S, HERRICK AL, et al. An EULAR study group pilot study on reliability of simple capillaroscopic definitions to describe capillary morphology in rheumatic diseases [J]. *Rheumatology*, 2016, 55 (3) : 883-890.
- [21] SMITH V, THEVISSSEN K, TROMBETTA AC, et al. Nailfold capillaroscopy and clinical applications in systemic sclerosis [J]. *Microcirculation*, 2016, 23 (5) : 364-372.
- [22] 中华人民共和国卫生部疾病控制司. 中国成人超重和肥胖症预防控制指南 [M]. 北京 : 人民卫生出版社, 2006 : 2-3.
- [23] ZHOU F, SHRESTHA A, MAI S, et al. Relationship between occupational noise exposure and hypertension : A cross-sectional study in steel factories [J]. *Am J Ind Med*, 2019, 62 (11) : 961-968.
- [24] MÜNDEL T, GORI T, BABISCH W, et al. Cardiovascular effects of environmental noise exposure [J]. *European Heart Journal*, 2014, 35 (13) : 829-836.
- [25] MÜNDEL T, DAIBER A, STEVEN S, et al. Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation : mechanistic insight from studies in mice [J]. *European Heart Journal*, 2017, 38 (37) : 2838-2849.
- [26] MÜNDEL T, SCHMIDT FP, STEVEN S, et al. Environmental Noise and the Cardiovascular System [J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2018, 71 (6) : 688-697.
- [27] SCHMIDT FP, BASNER M, Kroger G, et al. Effect of nighttime aircraft noise exposure on endothelial function and stress hormone release in healthy adults [J]. *European Heart Journal*, 2013, 34 (45) : 3508-3514.
- [28] 于晓平, 夏敏, 王素仁. 165例噪音工人球结膜微循环观察 [J]. *中国病理生理杂志*, 1992, 8 (5) : 500-501.
- [29] 高雪娟, 范红敏, 丛龙学, 等. 接触噪声、高温和倒班与男性钢铁工人正常高值血压发生和高血压患病的关系 [J]. *环境与职业医学*, 2017, 34 (9) : 765-771.

(英文编辑 : 汪源 ; 编辑 : 陈姣 ; 校对 : 王晓宇)