

# 噪声对糖脂代谢影响的研究进展

杜文静, 顾浩琰, 吴珊

广东药科大学公共卫生学院, 广东 广州 510315



DOI 10.11836/JEOM23037

## 摘要:

噪声污染问题已成为普遍存在的公共卫生问题。噪声暴露对人体健康的危害不容忽视。噪声暴露不仅损害听觉系统,还对非听觉系统有影响。目前,国内外越来越多流行病学研究表表明噪声暴露可能与糖脂代谢紊乱相关。本文主要总结了近年来国内外有关噪声暴露与糖脂代谢紊乱相关的疾病(如2型糖尿病、肥胖、代谢综合征和高脂血症等)关联的流行病学证据;并从目前研究较为清晰的应激源、睡眠障碍以及肠道菌群调节机制介绍噪声暴露对糖脂代谢影响的生物学机制。本文拟通过探讨噪声暴露对糖脂代谢相关疾病的影响,为进一步确定噪声相关危险因素,开展后续相关研究以及制定科学有效的防控措施提供依据。

**关键词:** 噪声;糖脂代谢;不良健康效应;生物学机制

**Research progress on potential effects of noise on glycolipid metabolism** DU Wenjing, GU Haoyan, WU Shan (School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510315, China)

## Abstract:

Noise pollution has become a common public health problem. The harm of noise exposure to human health cannot be ignored. Exposure to noise not only damages the auditory system but also affects the non-auditory system. At present, accumulating domestic and international epidemiological studies have suggested that noise exposure may be related to glycolipid metabolism disturbance. This article summarized recent epidemiological evidence of the association between noise exposure and glucose and lipid metabolism disorders, such as type 2 diabetes, obesity, metabolic syndrome, and hyperlipidaemia. The potential biological mechanisms connecting noise exposure to glucolipid metabolism were also introduced, e.g. noise as a stressor, sleep disorders, and intestinal flora regulation. This study discussed the impacts of noise exposure on glycolipid metabolism related diseases, providing a basis for further identifying noise related risk factors, conducting future related research, and formulating scientific and effective prevention and control measures.

**Keywords:** noise; glycolipid metabolism; adverse health effect; biological mechanism

噪声广泛存在于生产、工作和生活等各种环境中,其污染已被认为是第三大公害,仅次于大气污染和水污染。据统计,全球约10%的人口受到噪声污染,约1.25亿人暴露于道路交通噪声,西欧每年仅因噪声引起的相关疾病造成健康寿命年的损失就高达100万年<sup>[1-3]</sup>。噪声污染对人群的健康危害是多方面的,包括听觉系统和非听觉系统。噪声对糖脂代谢的影响越来越受到人们的重视。流行病学研究表明,长期噪声暴露可能增加糖脂代谢紊乱相关疾病如2型糖尿病、肥胖症、代谢综合征和高脂血症等的风险<sup>[4-6]</sup>。糖脂代谢紊乱相关疾病是一种以葡萄糖和脂质代谢紊乱为特征,受遗传、环境和精神多种因素影响,以神经内分泌失调、胰岛素抵抗、氧化应激、炎症反应、肠道菌群失调为核心病理,以高血糖、高血脂、超重等为主要临床表现的疾病<sup>[7]</sup>。糖脂代谢紊乱相关疾病不仅严重威胁人类的健康,还给国家经济和卫生支出带来了沉重的负担。本文就目前报道的噪声与糖脂代谢关系的流行病学研究进行综述,主要阐述噪声对糖脂代谢紊乱相关疾病的发病风险的影响及其致病机制,并结合目前的研究证据,为减少噪声相关疾病的发生提出建议,也为制定噪声防护措施提供参考依据。

## 基金项目

广东省基础与应用基础研究区域联合基金项目(2019A151110656);广东省医学科学技术研究基金项目(C2022097);2022年国家级大学生创新训练项目(202210573019)

## 作者简介

杜文静(1994—),女,硕士生;  
E-mail: wenjing\_dugdpu@163.com

## 通信作者

吴珊, E-mail: wushan8953@163.com

作者中包含编委会成员 无

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2023-02-11

录用日期 2023-08-15

文章编号 2095-9982(2023)10-1212-06

中图分类号 R12

文献标志码 A

## 引用

杜文静,顾浩琰,吴珊. 噪声对糖脂代谢影响的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(10): 1212-1217.

## 本文链接

[www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM23037](http://www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM23037)

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

WU Shan; E-mail: wushan8953@163.com

Editorial Board Members' authorship No

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2023-02-11

Accepted 2023-08-15

## To cite

DU Wenjing, GU Haoyan, WU Shan. Research progress on potential effects of noise on glycolipid metabolism[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2023, 40(10): 1212-1217.

## Link to this article

[www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM23037](http://www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM23037)

## 1 噪声与糖脂代谢紊乱的不良健康效应

### 1.1 噪声与 2 型糖尿病的关系

2 型糖尿病是一种患病率较高,以高血糖为特征的代谢性疾病,以病程漫长、远期并发症复杂多样且难以根治为主要特点。2 型糖尿病的危险因素十分复杂,除遗传、年龄、高能量高脂肪饮食、体力活动不足等传统因素外,环境因素也起到了重要作用<sup>[4,8-10]</sup>。多项荟萃分析表明,长期噪声暴露会增加 2 型糖尿病的患病风险<sup>[11-13]</sup>。目前关于噪声与糖尿病的研究多集中于职业性噪声或交通噪声与 2 型糖尿病的关联。Kim 等<sup>[14]</sup>的 1 项回顾性队列研究发现职业性噪声暴露会使空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)的发生风险增加(HR=1.78, 95%CI: 1.24~2.56)。我国的多项研究也表明,噪声作业工人 FBG 水平明显高于未接噪或接触低噪声的工人<sup>[15-17]</sup>。最新的一项荟萃分析纳入了 8 项高质量的队列研究,涉及 4 989 846 名研究对象和 416 799 例糖尿病病例,其结果表明道路交通噪声可能增加 2 型糖尿病的发病风险,道路交通噪声每增加 10 dB, 2 型糖尿病的发病风险增加 7% (HR=1.70, 95%CI: 1.05~1.10)<sup>[18]</sup>。Sørensen 等<sup>[19]</sup>的一项队列研究表明,长期暴露于道路交通噪声后,研究人群出现葡萄糖耐量减退和胰岛素敏感性下降。另一项随访 8 年的前瞻性队列研究分析了 3 350 名瑞士人的住宅夜间道路交通噪声与糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)变化之间的关系,在调整相关混杂因素[包括年龄、性别、教育程度、社会经济指数、不良生活习惯方式、夜间铁路和飞机噪声、以及身体质量指数(body mass index, BMI)等]后,发现在 1 960 名非运动移动(观察期间家庭地理位置未发生变化)的非糖尿病患者中,道路交通噪声每增加 10 dB, HbA1c 平均水平可增加 0.01%(95%CI: 0.00%~0.03%)<sup>[20]</sup>。Shin 等<sup>[4]</sup>的一项加拿大安大略省人口健康与环境队列研究发现道路交通噪声与 2 型糖尿病发病风险呈正相关,道路交通噪声每增加 10 dB, 2 型糖尿病的发病风险增加 8%(95%CI: 1.07~1.08)。然而, Jørgensen 等<sup>[21]</sup>在一项涉及 28 731 名丹麦 44 岁及以上女护士队列中却并未发现道路交通噪声与糖尿病发病风险相关。目前关于噪声与糖尿病发病风险的相关性尚无统一结论,这可能与不同研究之间的研究设计、噪声暴露评估方法、结局评估方法以及人群特征差异等有关。

### 1.2 噪声与肥胖的关系

肥胖是一种复杂的多病因疾病,其全球患病率逐

年增加<sup>[22]</sup>。目前,噪声被认为是肥胖的危险因素之一<sup>[23]</sup>。一项涉及欧洲 50 万人的观察性研究发现,交通噪声每增加 10 dB, BMI 及其 95%CI 升高 0.14(0.11~0.18) kg·m<sup>-2</sup>, 腰围增加 0.27(0.19~0.35) cm, 肥胖的发病率升高 6%(95%CI: 1.04~1.08), 中心性肥胖的发病率增加 5%(95%CI: 1.04~1.07); 同时还发现暴露于 > 55 dB(A) 道路交通噪声与更高的肥胖和中心性肥胖发病率相关<sup>[5]</sup>。Foraster 等<sup>[24]</sup>的一项横断面研究也发现暴露于道路交通噪声 5 年可能会增加肥胖的风险; 道路交通噪声平均每增加 10 dB, BMI 升高 0.39(0.18~0.59) kg·m<sup>-2</sup>, 腰围增加 0.93(0.37~1.50) cm 以及体脂率升高 0.45%(0.17%~0.73%)。此外,还有研究发现,暴露于不同来源的噪声,肥胖指标的变化程度也不同。道路交通噪声和飞机噪声每增加 10 dB(A), 腰围分别增加 0.04(0.02~0.06) cm·年<sup>-1</sup> 和 0.16(0.14~0.17) cm·年<sup>-1</sup>, 但未发现铁路噪声和腰围增加有关; 而体重增加仅与飞机噪声暴露有关<sup>[25]</sup>。但丹麦的女护士队列研究中未发现道路交通噪声和 BMI 或腰围之间存在相关<sup>[26]</sup>。目前关于噪声暴露和肥胖关系的研究多以横断面研究为主,两者间的因果关联尚有待前瞻性研究来确定。

### 1.3 噪声与高脂血症的关系

高脂血症又称血脂异常,是一种由多因素引发的全身脂代谢紊乱性疾病,其主要表现为血液总胆固醇、甘油三酯以及低密度脂蛋白胆固醇水平高,或高密度脂蛋白胆固醇水平低<sup>[27]</sup>。大量研究表明噪声暴露可能导致血脂代谢紊乱<sup>[28-30]</sup>。英国一项涉及 370 000 人的横断面研究<sup>[28]</sup>结果显示,道路交通噪声每增加 10 dB, 甘油三酯浓度约增加 0.014 mmol·L<sup>-1</sup>。Cai 等<sup>[29]</sup>分析了大型欧洲人群队列数据,发现长期暴露于道路交通噪声与较高水平的甘油三酯以及高密度脂蛋白胆固醇相关。一项关于职业性噪声暴露工人的研究表明,长期噪声接触的工人总胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平均高于非噪声作业工人<sup>[30]</sup>。Mehrdad 等<sup>[31]</sup>发现,暴露在 80 dB(A) 以上噪声水平的工人,血液总胆固醇和甘油三酯水平更高,患血脂异常的风险也明显增加。此外,噪声对血脂的影响可能具有长期累积效应,一项涉及 492 名职业性噪声暴露工人和 664 名非接噪工人的横断面研究表明,暴露在 75~85 dB(A) 职业性噪声环境下,经过调整相关混杂因素后噪声暴露年限与血脂异常存在非线性关联,平均噪声暴露年限 11~24.5 年的工人患血脂异常的风险高于未暴露的工人,且工人暴露于职业噪声 13.5 年时其患血脂异常的风险最高<sup>[32]</sup>。然而,一项涉及 508 名参

与者的横断面研究却未发现噪声暴露与血脂水平变化有关联<sup>[33]</sup>。目前,关注噪声和高脂血症关系的研究较少,两者间的关系需进一步探究。

#### 1.4 噪声与代谢综合征的关系

代谢综合征(metabolic syndrome, MetS)是指多种代谢危险因素聚集于同一患者的现象,包括肥胖、血脂异常、高血压和高血糖等<sup>[34]</sup>。既往研究证实,职业噪声接触人群 MetS 发病率明显高于普通人群,提示职业性噪声暴露可能增加职业人群 MetS 发病风险<sup>[6]</sup>。一项涉及 60 727 名韩国人的回顾性队列研究结果发现,职业噪声暴露人群的 MetS 发病风险为 1.36(95%CI: 1.19~1.57),但未发现职业噪声暴露与腹部肥胖相关<sup>[35]</sup>。另外一项涉及 42 509 名中国台湾人的队列研究表明,交通噪声暴露与 MetS 的发病风险增加有关,且噪声暴露强度越大,患高甘油三酯血症、腹部肥胖和高血糖的风险越高<sup>[36]</sup>。Yu 等<sup>[37]</sup>在一项涉及 1 608 名墨西哥裔美国人的前瞻性队列研究中表明,在单一交通噪声暴露模型中,24 h 噪声水平每增加 11.6 dB,代谢综合征的发病风险为 1.17(95%CI: 1.01~1.35),高血压、高血糖、高甘油三酯和低高密度脂蛋白胆固醇的发生率则增加约 10%;同时该研究还表明,当 24 h 噪声水平和夜间噪声水平分别高于 65 dB 和 55 dB 时,噪声水平与代谢综合征、高血压、高血糖、高甘油三酯血症和低高密度脂蛋白胆固醇的发生率呈正相关。然而,一项涉及 3 080 名德国人的横断面研究中却未观察到道路交通噪声和 MetS 之间存在关联(OR=1.06, 95%CI: 0.96~1.17)<sup>[38]</sup>。目前关于噪声和 MetS 的相关研究仍有限,两者间的因果关系尚待确认。

## 2 噪声致糖脂代谢紊乱的影响因素

噪声暴露导致的糖脂代谢紊乱可能与噪声暴露强度、噪声类型、暴露时长、性别和年龄等多种因素相关。一项涉及 914 607 人的加拿大队列研究表明,当暴露于强度约 58.6~63.6 dB(A) 的道路交通噪声环境时,患糖尿病的风险增加 8%(HR=1.08, 95%CI: 1.06~1.09);当暴露强度 > 68.6 dB(A) 时,糖尿病的发病风险增加 12%(HR=1.12, 95%CI: 1.10~1.13)<sup>[4]</sup>。另一项关于交通噪声与腰围关系的队列研究发现,在更高的噪声暴露强度下,腰围增加更明显<sup>[25]</sup>。然而,当暴露于道路交通、铁路和飞机等不同来源的噪声时,即使噪声强度相似,其导致的 BMI、体重和腰围增加量以及糖尿病、肥胖等疾病的发病风险也不完全相同<sup>[25-26, 39-40]</sup>。出现上述现象的原因可能是由于人群接触噪声的时

长不同。有证据表明,人群接触噪声的时间越长,患糖尿病的风险可能越高: Sørensen 等<sup>[49]</sup>分析了丹麦饮食、癌症和健康队列数据,发现在调整了年龄、BMI、腰围、受教育程度、空气污染和生活方式等混杂因素后,道路交通噪声每增加 10 dB,在短期接触(1 年)道路交通噪声的人群中糖尿病发病风险增加 8%(95%CI: 1.02~1.14),而在长期接触(5 年)道路交通噪声的人群中则上升到 11%(95%CI: 1.05~1.18)。此外,Shin 等<sup>[4]</sup>还对性别和年龄进行了分层分析,发现暴露于道路交通噪声的女性(HR=1.10, 95%CI: 1.09~1.11)患糖尿病的风险高于男性(HR=1.06, 95%CI: 1.04~1.07);年龄 < 60 岁的人群(HR=1.10, 95%CI: 1.09~1.11)患糖尿病的风险高于 75 岁以上人群(HR=1.06, 95%CI: 1.04~1.08)。因此,在研究噪声与糖脂代谢紊乱关系时需考虑更多可能的影响因素。

## 3 噪声致糖脂代谢紊乱的生物学作用机制

### 3.1 噪声作为应激源影响糖脂代谢

噪声作为一种环境应激源,可使交感神经兴奋,激活下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴,干扰机体代谢反应,如糖皮质激素(包括儿茶酚胺和皮质醇)产生过度、葡萄糖耐量受损及胰岛素抵抗等,增加糖尿病的患病风险<sup>[41-42]</sup>。此外,皮质醇分泌增加能促进外周脂肪分解,使得循环游离脂肪酸(free fat acid, FFA)水平升高,进一步促使内脏脂肪累积<sup>[43]</sup>。过多的 FFA 易发生  $\beta$  氧化产生大量的活性氧(reactive oxygen species, ROS)<sup>[44]</sup>。ROS 除了促进氧化应激外,还能通过炎症信号通路激活蛋白激酶 C、c-Jun 氨基末端激酶(c-Jun N-terminal kinase, JNK)阻碍胰岛素受体(insulin receptor, IR)后的信号转导通路引起胰岛素抵抗<sup>[45]</sup>。Morakinyo 等<sup>[46]</sup>的动物研究也表明,噪声暴露 28 d(95 dB, 4 h·d<sup>-1</sup>)的大鼠血清总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平明显升高,出现明显胰岛素抵抗现象,且血液皮质醇水平升高。Liu 等<sup>[47]</sup>将 ICR 小鼠连续 10 d、20 d 暴露于 95 dB 噪声环境下(4 h·d<sup>-1</sup>),发现 95 dB 噪声暴露所致的小鼠胰岛素抵抗可能与骨骼肌胰岛素信号通路钝化有关,表现为胰岛素磷酸化蛋白激酶 B(protein kinase B, AKT) 的能力减弱,致使 AKT 活性降低以及细胞表面易化葡萄糖转运蛋白 4 易位活性降低。因此,噪声作为应激源可能通过引起神经功能紊乱、氧化应激反应和炎症反应,破坏机体的糖脂代谢稳态。

### 3.2 噪声引起睡眠障碍影响糖脂代谢

睡眠是一种生理状态,保持其完整性对生命体恢

复正常状态极其重要。从长远来看,睡眠过程中断或时长减少对机体都有害,因为慢性睡眠剥夺会导致明显的疲劳,严重降低生活质量<sup>[48]</sup>。环境因素对睡眠的影响比较大,尤其夜间噪声,当峰值噪声水平 $\geq 55$  dB时会引起夜间觉醒,而峰值噪声水平在45~55 dB之间则可观察到正常睡眠序列受到干扰,因此WHO明确建议夜间卧室最大噪声水平( $L_{A-max}$ )为45 dB,建议同期平均噪声水平(夜间8 h的综合噪声水平: $L_{night}$ )为30 dB<sup>[48]</sup>。噪声通过干扰正常睡眠,造成机体的生物节律紊乱,刺激交感神经系统,促进皮质醇分泌,降低瘦素水平,抑制 $\beta$ 细胞合成和胰岛素分泌<sup>[49]</sup>。此外,人群干预试验发现在夜间睡眠期间,通过床两侧的扬声器发出的不同频率(500~2000 Hz)和强度的噪声来抑制健康年轻成年人的慢波睡眠,可导致成年人胰岛素敏感性显著降低,且日间葡萄糖耐量减退及患糖尿病的风险增加<sup>[50]</sup>,说明由噪声暴露所致的慢波睡眠减少可能与葡萄糖耐量减退、胰岛素敏感性下降有关<sup>[51]</sup>。研究发现,短期白天和夜间噪声暴露均可通过抑制小鼠肝脏核心生物钟基因 *CLOCK* 和 *BMAL1* 的表达,降低 AKT 在 S473 位点的磷酸化来抑制 AKT 的活性,导致磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶 1 表达过度,抑制脂质代谢基因 *Srebp1c* 和 *Ppara* 表达,引起小鼠糖脂代谢紊乱<sup>[52]</sup>。此外,睡眠在调节内分泌功能和代谢方面具有重要作用,睡眠不足或睡眠质量差可进一步影响食欲相关激素的调节,导致瘦素降低和生长素释放肽升高,从而增加饥饿感和食欲,增加肥胖和糖尿病的风险<sup>[53]</sup>。

### 3.3 噪声介导肠道菌群紊乱影响糖脂代谢

近年来,多数研究证实肠道菌群的改变与糖脂代谢紊乱紧密相关<sup>[54-55]</sup>。肠道菌群与宿主相互作用,通过影响宿主的能量代谢平衡、慢性炎症、免疫力和进食行为来引起或加重宿主的代谢紊乱,而这又反过来加剧了肠道菌群的紊乱<sup>[56-58]</sup>。噪声暴露可改变肠道菌群的构成,破坏葡萄糖和脂质代谢稳态<sup>[55,59]</sup>,但肠道菌群在其中的作用机制尚未完全阐明,且目前仍缺乏关于噪声暴露对人类肠道菌群影响的相关研究<sup>[59]</sup>。白噪声是指在较宽的频率范围内,各等带宽的频带所含的噪声能量相等的噪声<sup>[60]</sup>。在动物研究中发现,亚慢性(98 dB 白噪声 15 d)、慢性(30 d)噪声干预均可使小鼠全身炎症反应增强和肠道菌群改变,部分有益菌如疣微菌门(*verrucomicrobia*)和阿克曼氏菌(*akkermansia*)丰度降低,糖耐量减退<sup>[54]</sup>。而暴露于100 dB 白噪声 30 d ( $4 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ )后,大鼠的血糖和皮质醇水平升高,肝脏的胰岛素敏感性降低,肠道菌群组成显著改变,变形菌门

(*proteobacteria*)的相对丰度增加和放线菌门(*actinobacteria*)的相对丰度降低,罗氏菌(*roseburia spp.*)相对丰度升高,而有益菌栖粪杆菌(*faecalibacterium spp.*)的相对丰度降低,可能与体重增加和葡萄糖耐受不良有关<sup>[55]</sup>。此外,噪声作为环境应激源已被证实可使肠道紧密连接蛋白的表达下调<sup>[61]</sup>,增加肠道通透性<sup>[62]</sup>,使肠道菌群及其代谢产物如内毒素(lipopolysaccharide, LPS)从肠道经血液转移到肠外组织,诱发各类细胞因子及炎症介质的释放,引起机体代谢改变和脏器的炎症反应,进而导致代谢性紊乱疾病如胰岛素抵抗和肥胖等的发生<sup>[63-64]</sup>。因此,慢性噪声暴露可通过直接或间接的方式来调控肠道菌群-宿主炎症稳态,引发葡萄糖和脂质代谢调节的持续异常。

## 4 总结与展望

大量的流行病学研究表明,不同类型的噪声(如职业性噪声、道路交通噪声、飞机噪声、铁路噪声等)的长期暴露均可引起2型糖尿病、肥胖症、代谢综合征和高脂血症等糖脂代谢性疾病,对人群健康构成巨大威胁<sup>[4-6]</sup>。这些结果提示为减少噪声暴露对人群健康的影响,政府应加强生态环境噪声管控和噪声相关疾病预防策略实施等政策力度;相关企业和公共娱乐场所等应积极采取降噪措施,如使用隔声、吸声等技术降低噪声强度,并对噪声超标场所进行整改;疾病预防控制中心、社区卫生服务中心等卫生医疗机构应加强群众个体防护知识宣传教育力度,强化个人防护意识。

本综述也存在一些局限性,首先,噪声来源多种多样,现有的研究主要包括了交通噪声(如道路交通、铁路、飞机)和职业性噪声,本综述未对不同类型的噪声源对糖脂代谢的影响进行比较分析,无法判断哪种噪声源的影响更大;其次,多种环境暴露因素如交通噪声和空气污染物(包括室内和室外污染物)均可能是糖脂代谢性疾病的危险因素。但目前关于各种环境暴露因素对糖脂代谢性疾病共同影响的流行病学证据有限,在本综述中无法进一步讨论各类环境暴露因素与噪声的相互作用。此外,由于交通噪声和职业性噪声暴露水平有多种评估方法且没有统一的标准,在本综述中无法进行详细讨论。

在未来的研究中,应开展环境混杂因素如空气污染物暴露和噪声暴露对糖脂代谢性疾病风险的共同作用及其潜在机制研究;并采用经验证的最先进的暴露评估方法来模拟个体噪声暴露水平;另外,还需进一步开展大样本人群的前瞻性流行病学调查,掌握噪

声暴露人群糖脂代谢相关疾病的发生发展动态,为预防噪声暴露导致的糖脂代谢紊乱相关疾病提供科学依据。此外,有必要开展更多高质量的相关动物实验,以深入探讨噪声暴露对糖脂代谢的影响及其作用机制,不仅可以增加该研究领域的研究基础和丰富发病机制的理论,还有助于发现防治噪声所致糖脂代谢性疾病的新靶点,对降低人群糖脂代谢性疾病的发病风险具有深远的意义。噪声暴露与糖脂代谢紊乱相关疾病联系紧密,但关于噪声致糖脂代谢紊乱的相关影响因素(如噪声暴露强度、噪声类型、暴露时长以及性别、年龄等)尚未完全明确,在未来的相关研究中也应考虑将这些影响因素纳入,以进一步明确其在噪声与结局关联中的作用。

### 参考文献

- [1] SOLTANZADEH A, EBRAHIMI H, FALLAHI M, et al. Noise induced hearing loss in Iran: (1997-2012): systematic review article[J]. *Iran J Public Health*, 2014, 43(12): 1605-1615.
- [2] United Nations (2018). World urbanization prospects[M]. New York: United Nations, 2019.
- [3] DAIBER A, KRÖLLER-SCHÖN S, FRENIS K, et al. Environmental noise induces the release of stress hormones and inflammatory signaling molecules leading to oxidative stress and vascular dysfunction-signatures of the internal exposome[J]. *BioFactors*, 2019, 45(4): 495-506.
- [4] SHIN S, BAI L, OIAMO TH, et al. Association between road traffic noise and incidence of diabetes mellitus and hypertension in Toronto, Canada: a population-based cohort study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(6): e013021.
- [5] CAI Y, ZIJLEMA WL, SØRGJERD EP, et al. Impact of road traffic noise on obesity measures: observational study of three European cohorts[J]. *Environ Res*, 2020, 191: 110013.
- [6] 蒋斌, 郭集军, 郑玲玲, 等. 职业性噪声接触与代谢综合征关系分析[J]. *中国职业医学*, 2017, 44(4): 518-520.
- JIANG B, GUO JJ, ZHENG LL, et al. Correlation between occupational noise exposure and metabolic syndrome[J]. *Chin Occup Med*, 2017, 44(4): 518-520.
- [7] 郭姣, 肖雪, 荣向路, 等. 糖脂代谢病与精准医学[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2017, 19(1): 50-54.
- GUO J, XIAO X, RONG XL, et al. Glucolipid metabolic disease and precision medicine[J]. *Mod Tradit Chin Med Mater Med-World Sci Technol*, 2017, 19(1): 50-54.
- [8] FANELLI SM, KELLY OJ, KROK-SCHOEN JL, et al. Low protein intakes and poor diet quality associate with functional limitations in US adults with diabetes: a 2005-2016 NHANES analysis[J]. *Nutrients*, 2021, 13(8): 2582.
- [9] LIM J, LEE JA, CHO HJ. Association of alcohol drinking patterns with presence of impaired fasting glucose and diabetes mellitus among South Korean adults[J]. *J Epidemiol*, 2018, 28(3): 117-124.
- [10] REPRESAS-CARRERA F, COUSO-VIANA S, MÉNDEZ-LÓPEZ F, et al. Effectiveness of a multicomponent intervention in primary care that addresses patients with diabetes mellitus with two or more unhealthy habits, such as diet, physical activity or smoking: multicenter randomized cluster trial (EIRA study)[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(11): 5788.
- [11] SAKHVIDI MJZ, SAKHVIDI FZ, MEHRPARVAR A H, et al. Association between noise exposure and diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Environ Res*, 2018, 166: 647-657.
- [12] WANG H, SUN D, WANG B, et al. Association between noise exposure and diabetes: meta-analysis[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2020, 27(29): 36085-36090.
- [13] DZHAMBOV AM. Long-term noise exposure and the risk for type 2 diabetes: a meta-analysis[J]. *Noise Health*, 2015, 17(74): 23-33.
- [14] KIM S, YUN B, LEE S, et al. Occupational noise exposure and incidence of high fasting blood glucose: a 3-year, multicenter, retrospective study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(17): 9388.
- [15] 蒋永军, 莫莲, 吕榜军, 等. 噪声对铁路机车司机听力、血压和血糖的影响[J]. *工业卫生与职业病*, 2015, 41(3): 184-187.
- JIANG YJ, MO L, LV BJ, et al. Effect of noise on the hearing, blood pressure, blood glucose of locomotive drivers[J]. *Ind Health Occup Dis*, 2015, 41(3): 184-187.
- [16] 赵立娜, 戴超, 成丽娟, 等. 噪声暴露对某国有大型煤矿工人血糖和血脂水平的影响[J]. *实用预防医学*, 2018, 25(8): 902-904.
- ZHAO LN, DAI C, CHENG LJ, et al. Impact of noise exposure on blood glucose and blood lipid levels of miners in a large state-owned coal mining enterprise[J]. *Pract Prev Med*, 2018, 25(8): 902-904.
- [17] 赵颖慧. 密云县高温噪声环境对作业工人血糖和血脂水平的影响[J]. *职业与健康*, 2015, 31(1): 32-34.
- ZHAO YH. Influence of noise and high temperature environment on blood glucose and blood lipid levels of workers in Miyun County[J]. *Occup Health*, 2015, 31(1): 32-34.
- [18] WU S, DU W, ZHONG X, et al. The association between road traffic noise and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of cohort studies[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2023, 30(14): 39568-39585.
- [19] SØRENSEN M, ANDERSEN ZJ, NORDSBORG RB, et al. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study[J]. *Environ Health Perspect*, 2013, 121(2): 217-222.
- [20] EZE IC, IMBODEN M, FORASTER M, et al. Exposure to night-time traffic noise, melatonin-regulating gene variants and change in glycemia in adults[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(12): 1492.
- [21] JØRGENSEN JT, BRÄUNER EV, BACKALARZ C, et al. Long-term exposure to road traffic noise and incidence of diabetes in the Danish nurse cohort[J]. *Environ Health Perspect*, 2019, 127(5): 57006.
- [22] LING C, RÖNN T. Epigenetics in human obesity and type 2 diabetes[J]. *Cell Metab*, 2019, 29(5): 1028-1044.
- [23] KHEIRANDISH A, MEHRPARVAR A, ABOU-BAKRE A, et al. Association between long-term occupational noise exposure and obesity[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2022, 29(14): 20176-20185.
- [24] FORASTER M, EZE IC, VIENNEAU D, et al. Long-term exposure to transportation noise and its association with adiposity markers and development of obesity[J]. *Environ Int*, 2018, 121(Pt 1): 879-889.
- [25] PYKO A, ERIKSSON C, LIND T, et al. Long-term exposure to transportation noise in relation to development of obesity—a cohort study[J]. *Environ Health Perspect*, 2017, 125(11): 117005.
- [26] CRAMER J, JØRGENSEN JT, SØRENSEN M, et al. Road traffic noise and markers of adiposity in the Danish nurse cohort: a cross-sectional study[J]. *Environ Res*, 2019, 172: 502-510.
- [27] YANG L, LI Z, SONG Y, et al. Study on urine metabolic profiling and pathogenesis of hyperlipidemia[J]. *Clin Chim Acta*, 2019, 495: 365-373.
- [28] KUPCIKOVA Z, FECHT D, RAMAKRISHNAN R, et al. Road traffic noise and cardiovascular disease risk factors in UK Biobank[J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(21): 2072-2084.
- [29] CAI Y, HANSELL A L, BLANGIARDO M, et al. Long-term exposure to road traffic noise, ambient air pollution, and cardiovascular risk factors in the

- HUNT and lifelines cohorts[J]. *Eur Heart J*, 2017, 38(29): 2290-2296.
- [30] 池浩芳, 路浚齐, 曾文锋, 等. 噪声暴露对某汽车灯具生产公司员工血糖和血脂水平的影响[J]. *职业卫生与应急救援*, 2020, 38(4): 369-372.
- CHI H F, LU J Q, ZENG W F, et al. Effects of noise exposure on blood glucose and lipid levels of workers in an automotive lighting company[J]. *Occup Health Emerg Rescue*, 2020, 38(4): 369-372.
- [31] MEHRDAD R, BAHABAD AM, MOGHADDAM AN. Relationship between exposure to industrial noise and serum lipid profile[J]. *Acta Med Iran*, 2011, 49(11): 725-729.
- [32] ZHANG K, JIANG F, LUO H, et al. Occupational noise exposure and the prevalence of dyslipidemia in a cross-sectional study[J]. *BMC Public Health*, 2021, 21(1): 1258.
- [33] ARLIEN-SØBORG MC, SCHMEDES AS, STOKHOLM ZA, et al. Ambient and at-the-ear occupational noise exposure and serum lipid levels[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2016, 89(7): 1087-1093.
- [34] OH JI, YIM HW. Association between rotating night shift work and metabolic syndrome in Korean workers: differences between 8-hour and 12-hour rotating shift work[J]. *Ind Health*, 2018, 56(1): 40-48.
- [35] KIM G, KIM H, YUN B, et al. Association of occupational noise exposure and incidence of metabolic syndrome in a retrospective cohort study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(4): 2209.
- [36] HUANG T, CHAN TC, HUANG YJ, et al. The association between noise exposure and metabolic syndrome: a longitudinal cohort study in Taiwan[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(12): 4236.
- [37] YU Y, PAUL K, ARAH OA, et al. Air pollution, noise exposure, and metabolic syndrome - a cohort study in elderly Mexican-Americans in Sacramento area[J]. *Environ Int*, 2020, 134: 105269.
- [38] VOSS S, SCHNEIDER A, HUTH C, et al. Long-term exposure to air pollution, road traffic noise, residential greenness, and prevalent and incident metabolic syndrome: Results from the population-based KORA F4/FF4 cohort in Augsburg, Germany[J]. *Environ Int*, 2021, 147: 106364.
- [39] EZE IC, FORASTER M, SCHAFFNER E, et al. Long-term exposure to transportation noise and air pollution in relation to incident diabetes in the SAPALDIA study[J]. *Int J Epidemiol*, 2017, 46(4): 1115-1125.
- [40] ROSWALL N, RAASCHOU-NIELSEN O, JENSEN SS, et al. Long-term exposure to residential railway and road traffic noise and risk for diabetes in a Danish cohort[J]. *Environ Res*, 2018, 160: 292-297.
- [41] RECIO A, LINARES C, BANEGAS JR, et al. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms[J]. *Environ Res*, 2016, 146: 359-370.
- [42] AICH P, POTTER AA, GRIEBEL PJ. Modern approaches to understanding stress and disease susceptibility: a review with special emphasis on respiratory disease[J]. *Int J Gen Med*, 2009, 2: 19-32.
- [43] L'ALLEMAND D, PENHOAT A, LEBRETHON MC, et al. Insulin-like growth factors enhance steroidogenic enzyme and corticotropin receptor messenger ribonucleic acid levels and corticotropin steroidogenic responsiveness in cultured human adrenocortical cells[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 1996, 81(11): 3892-3897.
- [44] GARG R, GUPTA AP, KATEKAR R, et al. Pancreastatin inhibitor PSTi8 prevents free fatty acid-induced oxidative stress and insulin resistance by modulating JNK pathway: *in vitro* and *in vivo* findings[J]. *Life Sci*, 2022, 289: 120221.
- [45] LIU P, SHI L, CANG X, et al. CtBP2 ameliorates palmitate-induced insulin resistance in HepG2 cells through ROS mediated JNK pathway[J]. *Gen Comp Endocrinol*, 2017, 247: 66-73.
- [46] MORAKINYO AO, SAMUEL TA, AWOBAJO FO, et al. Adverse effects of noise stress on glucose homeostasis and insulin resistance in sprague-dawley rats[J]. *Heliyon*, 2019, 5(12): e03004.
- [47] LIU L, WANG F, LU H, et al. Effects of noise exposure on systemic and tissue-level markers of glucose homeostasis and insulin resistance in male mice[J]. *Environ Health Perspect*, 2016, 124(9): 1390-1398.
- [48] MUZET A. Environmental noise, sleep and health[J]. *Sleep Med Rev*, 2007, 11(2): 135-142.
- [49] SPIEGEL K, TASALI E, LEPROULT R, et al. Effects of poor and short sleep on glucose metabolism and obesity risk[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2009, 5(5): 253-261.
- [50] TASALI E, LEPROULT R, EHRMANN DA, et al. Slow-wave sleep and the risk of type 2 diabetes in humans[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2008, 105(3): 1044-1049.
- [51] BUXTON OM, PAVLOVA M, REID EW, et al. Sleep restriction for 1 week reduces insulin sensitivity in healthy men[J]. *Diabetes*, 2010, 59(9): 2126-2133.
- [52] 杜文静, 吴芷丹, 钟祥彬, 等. 短期昼夜噪声暴露对小鼠糖脂代谢的影响及机制研究[J]. *现代预防医学*, 2022, 49(20): 3678-3684.
- DU W J, WU Z D, ZHONG X B, et al. Effects and mechanism of short-term day and night noise exposure on glucose and lipid metabolism in mice[J]. *Mod Prev Med*, 2022, 49(20): 3678-3684.
- [53] SPIEGEL K, TASALI E, PENEV P, et al. Brief communication: sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite[J]. *Ann Intern Med*, 2004, 141(11): 846-850.
- [54] 吴芷丹, 吴珊, 罗心越, 等. 噪声对小鼠血糖、炎症因子及肠道菌群的影响[J]. *现代预防医学*, 2022, 49(6): 1016-1021,1065.
- WU Z D, WU S, LUO X Y, et al. Effects of noise on blood glucose, inflammatory factors and intestinal flora of mice[J]. *Mod Prev Med*, 2022, 49(6): 1016-1021,1065.
- [55] CUI B, GAI Z, SHE X, et al. Effects of chronic noise on glucose metabolism and gut microbiota-host inflammatory homeostasis in rats[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 36693.
- [56] LYNCH SV, PEDERSEN O. The human intestinal microbiome in health and disease[J]. *N Engl J Med*, 2016, 375(24): 2369-2379.
- [57] GILBERT JA, BLASER MJ, CAPORASO JG, et al. Current understanding of the human microbiome[J]. *Nat Med*, 2018, 24(4): 392-400.
- [58] BOUTER KE, VAN RAALTE D H, GROENA K, et al. Role of the gut microbiome in the pathogenesis of obesity and obesity-related metabolic dysfunction[J]. *Gastroenterology*, 2017, 152(7): 1671-1678.
- [59] KARL JP, HATCH AM, ARCIDIACONO SM, et al. Effects of psychological, environmental and physical stressors on the gut microbiota[J]. *Front Microbiol*, 2018, 9: 2013.
- [60] KUCUKOGLU S, AYTEKIN A, CELEBIOGLU A, et al. Effect of white noise in relieving vaccination pain in premature infants[J]. *Pain Manag Nurs*, 2016, 17(6): 392-400.
- [61] CUI B, SU D, LI W, et al. Effects of chronic noise exposure on the microbiome-gut-brain axis in senescence-accelerated prone mice: implications for Alzheimer's disease[J]. *J Neuroinflammation*, 2018, 15(1): 190.
- [62] BIJLSMA P B, VAN RAAIJ MT M, DOBBE CJ G, et al. Subchronic mild noise stress increases HRP permeability in rat small intestine *in vitro*[J]. *Physiol Behav*, 2001, 73(1/2): 43-49.
- [63] CEPPO F, JAGER J, BERTHOU F, et al. Implication of MAP kinases in obesity-induced inflammation and insulin resistance[J]. *Biol Aujourd'hui*, 2014, 208(2): 97-107.
- [64] GHOSHAL S, WITTA J, ZHONG J, et al. Chylomicrons promote intestinal absorption of lipopolysaccharides[J]. *J Lipid Res*, 2009, 50(1): 90-97.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 刘燕, 丁瑾瑜)