

噪声暴露对认知功能影响的研究

丘春琴^{1,2},黄展荣²,唐臻臻²,彭 璐²

(1.浙江中医药大学医学技术与信息工程学院,杭州 310000;2. 广西医科大学第二附属医院,南宁 530007)



彭璐,广西医科大学第二附属医院耳鼻咽喉头颈外科主任医师,硕士研究生导师。现任中国医药教育学会眩晕专业委员会常务委员、中国研究型医院学会神经再生与修复专业委员会委员、中国医师协会耳鼻咽喉头颈外科分会耳内组委员、中国医药教育协会规范化诊疗广西基地副主任、中国听力医学发展基金会听力健康医疗服务专委会委员、广西中西医结合学会眩晕分会副主任委员。主持及参与2项国家级科研项目、6项自治区级和厅级科研项目,发表SCI和中文核心期刊论文10余篇。获广西科学技术进步奖二等奖1项。参编专业书籍1部。获广西医科大学教师教学创新大赛三等奖,被评选为广西医科大学第二附属医院“十佳青年医师”。

摘要 噪声是我们日常生活中最常见的环境有害危险因素之一,长期暴露于噪声环境中不仅有可能造成听力损失,更为严重的是,它还可能对认知功能造成负面影响。噪声暴露对认知功能的影响涉及多个方面,包括注意力、记忆力、学习工作能力下降等。噪声还会引起机体的应激反应,导致应激激素水平升高,因而可能对大脑结构和功能产生不利影响。此外,噪声暴露还可能导致海马体损害,海马体是大脑中负责记忆和学习的重要区域,其受损会直接影响认知功能。噪声暴露还会引发氧化应激和炎症反应,这些生物过程进一步损害大脑细胞,导致认知功能的下降。

关键词 噪声暴露;认知障碍;噪声

中图分类号:R764.45 文献标志码:A 文章编号:1005-930X(2024)10-1413-05

DOI:10.16190/j.cnki.45-1211/r.2024.10.015

Study on the impact of noise exposure on cognitive function

QIU Chunqin^{1,2}, HUANG Zhanrong², TANG Zhenzhen², PENG Lu². (1. School of Medical Technology and Information Engineering, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310000, China; 2. The Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530007, China)

Abstract Noise, as one of the most common harmful environmental factors in our daily lives, can lead to hearing loss with prolonged exposure. More seriously, it can negatively affect cognitive function. The impact of noise exposure on cognitive abilities involves several aspects, including but not limited to reduced attention, memory, and learning and working capacity. Noise can trigger stress responses in the body, leading to elevated levels of stress hormones, which may adversely affect brain structure and function. Additionally, noise exposure may cause damage to the hippocampus, an important area of the brain responsible for memory and learning, and its damage can directly impair cognitive function. Noise exposure also induces oxidative stress and inflammatory responses, which can further damage brain cells, leading to a decline in cognitive abilities.

Keywords noise exposure; cognitive impairment; noise

[基金项目] 广西自然科学基金资助项目(No.2023GXNSFBA26110)

[通信作者] 彭璐,E-mail:36325226@qq.com

[收稿日期] 2024-08-12

随着社会现代化进程的不断推进,交通运输、工业和日常活动等产生的各种噪声广泛地影响着人们的生活。广义上地,噪声是指任何不需要的、令人不快或有害的声音,通常噪声是由多种声源混合而成,并且在特定环境下干扰正常活动、休息或交流。噪声可以来源于自然界、人类活动。自然界的噪声包括雷声、风声等自然现象,而人类活动产生的噪声则更加多样化,包括交通噪声、工业噪声、建筑噪声以及娱乐场所或聚会中的高音量,长期暴露于噪声环境中可能会对人的社交能力、认知能力和心理健康造成负面影响^[1]。噪声暴露已经成为仅次于空气污染的重要环境问题之一,噪声暴露对机体的影响也逐渐引起关注,特别是噪声暴露与认知障碍之间的关系成为研究热点。本文综述了近年来关于噪声暴露对认知功能影响的研究进展,重点探讨了噪声暴露可能引发认知障碍的潜在机制。

1 噪声暴露影响认知能力的可能因素

1.1 心理健康状态 部分学者认为,相关职业人群的认知方式与心理健康状态密不可分^[2]。噪声是一种常见的职业性危害因素^[3],长期暴露于噪声环境中可能会对职业人群的身心健康产生负面影响,尤其噪声暴露强度是影响职业人群心理健康最重要的因素之一。随着噪声暴露时间和强度的不断增加,职业人群可能会经历一系列负面影响。这些影响不仅包括情绪波动的频率和幅度增加,还可能表现为意志力的显著减弱,导致在工作和生活中的决策能力和执行力下降。此外,长期暴露在高强度噪声环境中,还可能对行为和神经功能产生深远的影响。这些变化可能包括注意力难以集中、记忆力减退以及反应时间延长等^[4-6]。刘秀梅等^[7]在使用90项症状清单(symptom checklist 90, SCL-90)量表从强迫症状、对人际关系敏感、抑郁症状、敌对情绪等9个方面对心理健康状态进行评分,发现长期暴露于生产性噪声也可能导致疲劳加重、失眠问题加剧,甚至对工作能力造成长期影响。这种持续的压力和不适可能使人对人际关系更加敏感,情绪波动更加明显。此外,噪声暴露会增加人的脑力负荷,从而扰乱大脑兴奋以及抑制过程的调节,引起神经衰弱症,导致负面情绪不断增长,甚至出现精神病性状况。

1.2 听觉系统 世界卫生组织报告显示,噪声暴露是导致听力损失的主要因素之一。噪声暴露会引

起听力的暂时性阈移或永久性听力下降,从而导致噪声性听力损失^[8]。暴露于强度更大、频率更高且持续时间更长的噪声,可能会对耳蜗毛细胞造成不可逆转的损伤,其中耳蜗内毛细胞和螺旋神经节神经元之间的突触连接处受到损害越严重,神经纤维向大脑传输听觉信息的能力越差,从而存在听力损失的风险^[9-10]。噪声暴露早期主要累及高频听力,随着时间的推移,听力损失累及频率范围逐渐扩大,听力损失程度也会逐渐加重。Regal等^[11]通过纯音测听评估听力损失程度,并采用简易精神状态检查表(mini-mental state examination, MMSE)和蒙特利尔认知评估量表(montreal cognitive assessment, MoCA)衡量认知功能,发现听力损失导致的注意力不集中会加剧谵妄或痴呆症引起的认知衰退,并且听力损失越严重,认知功能受损越明显,包括注意力、记忆、语言、执行能力等^[12-13]。Patel等^[14]研究了强噪声暴露对6月龄大鼠听力和海马体依赖的(即空间学习和记忆,通过Morris水迷宫评估)和纹状体依赖的(即视觉运动联想学习,通过操作条件反射任务评估)认知功能的影响,结果显示强噪声暴露不仅会导致听力损失,还会引发与年龄相关的空间学习障碍,然而它对视觉运动联想学习并未产生影响。此外,成年早期若经历噪声暴露,也可能对后期的认知功能产生长远影响。

1.3 噪声暴露的时间和强度 噪声暴露的时间长短和强度可对个体的认知能力产生显著影响。急性和慢性噪声暴露均有可能导致认知能力下降。研究发现,短期噪声暴露可能会影响人们的工作效率、注意力,在需要快速反应的认知活动中,导致其反应时间延长,还可能对短时记忆产生负面影响,而长期的噪声暴露同样会导致个体反应速度减慢,烦恼程度加重,并且可能导致作业人员产生认知疲劳,使其学习能力受到损害^[15-17]。中、高强度的长期噪声暴露均可显著降低空间学习记忆行为能力,特别是在空间参考记忆方面的影响尤为突出^[18]。Ke等^[19]通过脑电图(EEG)评估噪声对认知状态(注意力、压力和心理负荷)的影响,发现中等强度噪声对注意力、压力、反应时间产生的负面影响更大,甚至高于高强度噪声,这可能提示在特定环境中,中等强度噪声由于其持续性和不可预测性,以至于对大脑的稳定性造成更大的破坏。景国勋等^[20]研究了噪声环境对作业人员心理的显著影响,具体量化了噪声等级和噪声暴露时间对作业人员心理状态的影

响,发现噪声强度等级和暴露时间对作业人员的注意力均有显著影响,并且噪声暴露会降低作业人员的注意力集中程度,当暴露噪声等级低于95 dB时,噪声等级是主要影响因素;当暴露噪声等级高于95 dB时,暴露时间是影响注意力的主要因素。Astuti等^[21]基于EEG信号,研究了噪声强度与注意力、压力认知之间的关系。在65 dB的噪声环境下,个体的注意力最佳且处于放松状态。然而,随着噪声强度的增加,认知功能逐渐受到干扰。例如,连续噪音在80 dB时开始对注意力产生显著干扰,而间歇噪音在85 dB时对参与者的认知功能影响最大。长时间暴露于高噪音环境会增加认知负荷。机制上,噪音通过改变脑电波中beta和alpha频段的活动,影响注意力、应激反应和认知负荷,反映了神经生理学的复杂交互作用。

1.4 心脑血管系统 部分学者认为噪声暴露与心血管状态关系密切。研究表明,噪声暴露对心血管系统的影响主要体现在血压、血脂和心电图等方面^[22],噪声不仅会通过损伤内脏神经和运动中枢的功能而影响血脂代谢的功能,而且会提高高血压的发病率。高血压也是引起脑血管病的危险因素之一。高血压病患者往往因为其血压升高而导致脑血管内皮细胞受损,诱发动脉粥样硬化,血管平滑肌增厚,管腔狭窄,导致血管阻力增加,随后脑组织血流不畅,长期的缺血状态会损伤脑组织,继而造成认知功能下降^[23]。大梗死、微小梗死、小动脉硬化、髓鞘丢失、腔隙性梗死、脑淀粉样血管病和血管周围间隙扩张等病理学研究可以用来预测血管性认知障碍^[24]。噪声暴露可能增加心脑血管疾病的发生风险,并导致不同程度的认知障碍。未来的研究应进一步深入分析噪声暴露的具体机制和影响路径,以更好地理解其对心脑血管健康及认知功能的潜在威胁。

2 噪声暴露影响认知能力的可能机制

噪声暴露对认知能力的影响,实际上是一个错综复杂的过程,它不仅涉及人体的生理反应,更深刻地触及了心理层面的机制,进而影响认知功能。

2.1 应激激素水平 噪声作为一种慢性应激源,噪声的等级越大,越有可能让动物产生更强的唤醒和相关的生理应激反应活动。杏仁核不仅与噪声暴露所致应激的内在机制有关,同时也是大脑处理听觉信息的部位之一。杏仁核被广泛认为是情绪调

节的核心区域。它与恐惧、愤怒和快乐等情绪的产生和表达密切相关,同时在记忆、学习和认知功能中扮演着重要角色。噪声暴露时,来自听觉皮层和听觉丘脑的声音信息通过突触传递到外侧杏仁核,外侧杏仁核在接收到声音刺激后,将信号传送到中央杏仁核并进行输出,然后经下丘脑—垂体—肾上腺轴释放激素,使机体对应激环境作出反应^[25]。动物在应激反应后产生的应急激素主要由肾上腺皮质释放的皮质酮和皮质醇、肾上腺髓质释放的去甲肾上腺素和肾上腺素等组成^[26]。研究发现,增加噪声暴露的强度会使得脑组织额叶皮质、海马、丘脑、纹状体、伏隔核、杏仁核中热休克蛋白70(heatshock-protein 70, Hsp-70)和即刻应激基因c-fos的表达水平升高,表明噪声暴露造成脑组织细胞内c-fos、Hsp-70大量合成释放,造成脑组织细胞功能的紊乱和损伤^[27]。此外,俞发荣等^[28]研究发现,长时间的噪声刺激使得动物体内去甲肾上腺素水平升高,而噪声暴露导致脑组织器官损伤的主要因素是去甲肾上腺素,脑源性神经营养因子和酪氨酸激酶受体B在保护神经元方面发挥着重要作用,可在一定程度上改善神经元的病理状态。那顺得力格尔等^[29]在研究噪声暴露和家鸽粪便皮质酮的关系中发现,噪声干扰会导致家鸽粪便中皮质酮水平升高,当持续噪声刺激一段时间后,皮质酮会恢复到初始水平,这与分泌应激激素所导致的负反馈调节有关。

2.2 海马体组织损害 噪声暴露相关认知障碍可能与海马体的病变有关,这可能会导致记忆力和认知能力恶化。Fabiola等^[30]研究显示,早期噪声暴露可使老年性聋小鼠海马体神经元树突棘密度降低,海马体中突触前蛋白synaptophysin、突触后蛋白PSD-95和钙/钙调素依赖性蛋白激酶Ⅱ(Ca²⁺/calmodulin-dependent protein kinase Ⅱ, CAMK Ⅱ)表达水平也显著降低。同时,海马体中突触素及谷氨酰胺受体pGluA1Ser845的磷酸化水平也显著下降,工作记忆性能下降,证明了噪声暴露通过影响中枢神经系统引起认知行为障碍。也有学者认为,噪声水平与轻度认知障碍(mild cognitive impairment, MCI)、阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)、认知表现和认知衰降率存在相关关系。在动物实验中,噪声暴露促进了海马组织中淀粉样β蛋白的产生,而且噪声暴露后大鼠海马区和前额叶皮质中过度磷酸化的tau和神经原纤维缠结增加,这也是AD的神经病理特征之一^[31-32]。此外,在探讨听觉相关

认知障碍的发病机制时,多位学者认同各种听力下降最终导致海马体功能受限的观点,这一机制可能与噪声暴露引起认知障碍具有相似之处。

2.3 氧化应激和炎症作用 噪声暴露增加了脉管系统和大脑(主要是额叶皮层)的氧化应激^[33]。增加促炎因子可以通过破坏血脑屏障,引发中枢神经系统的炎症反应。付一鸣等^[34]发现,小鼠在噪声暴露后可上调海马组织中炎症因子白细胞介素(interleukin, IL)-6、IL-18 及炎症小体复合物 NLRP3、M1型小胶质细胞标志物诱导型一氧化氮合成酶(inducible nitric oxide synthase, iNOS)表达。此外,噪声暴露小鼠海马组织氧化物歧化酶活性增加,还原型谷胱甘肽含量下降,表明小鼠神经元出现氧化损伤。以上研究提示小鼠认知功能减退以及海马组织炎症的发生与长期睡眠噪声暴露具有一定的相关性。有研究首次证实,飞机噪声会增加大脑的氧化应激,这至少部分是由神经元型一氧化氮合酶(neuronal nitric oxide synthase, nNOS)解耦和NADPH氧化酶2型(NADPH oxidase type 2, Nox2)介导的,这些因素共同导致了神经炎症,表现为星形胶质细胞的显著活化^[35]。同时,该研究首次提供了Nox2在噪声诱导的脑和血管损伤中发挥重要作用的证据,支持Nox2的缺失能够使噪声引起的内皮功能障碍、高血糖及血浆丙二醛、3-硝基酪氨酸、IL-6水平和血管超氧化物生成恢复正常。下一代测序(next-generation sequencing, NGS)在主动脉、肾脏、心脏和大脑中揭示的不利基因调控,可能是噪声诱发的心血管和脑损伤的关键机制。过度氧化应激被认为是认知障碍、学习和记忆能力迟缓的潜在因素。

3 小结与展望

综上所述,噪声暴露与认知障碍密切相关,可影响心理健康状态、听觉功能和心脑血管健康等。噪声可能通过应激激素水平变化、海马体神经元损伤、氧化应激和炎症反应等机制对认知功能产生不良影响,可能表现为注意力分散、记忆力减退、学习能力受损、反应时间延长、信息处理速度减慢等。未来可能还需要进一步探讨噪声暴露对认知功能和听觉系统影响的生物学机制,尤其是噪声引起的神经损伤和炎症反应的具体过程,同时噪声暴露影响研究需要多学科的合作,加强心理学、神经科学、环境科学和公共卫生等领域的跨学科研究,共同推动噪声对健康影响的综合研究和防治策略的制定。

参考文献:

- [1] 陈红,杨军,张青.噪声接触工人966名听力体检情况分析[J].基层医学论坛,2024,28(4): 1-3.
- [2] CERLETTI P, EZE I C, SCHAFFNER E, et al. The independent association of source-specific transportation noise exposure, noise annoyance and noise sensitivity with health-related quality of life[J]. Environment international, 2020, 143: 105960.
- [3] DZHAMBOV A M, LERCHER P. Road traffic noise exposure and depression/anxiety: an updated systematic review and meta-analysis[J]. International journal of environmental research and public health, 2019, 16(21): 4134.
- [4] FUKS K B, WEINMAYR G, BASAGAÑA X, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and traffic noise and incident hypertension in seven cohorts of the european study of cohorts for air pollution effects (ESCAPE)[J]. European heart journal, 2017, 38(13):983-990.
- [5] MAROIS A, MARSH J E, VACHON F. Is auditory distraction by changing-state and deviant sounds underpinned by the same mechanism? Evidence from pupillometry[J]. Biological psychology, 2019, 141: 64-74.
- [6] 李云霞,袁素娥,李辉.医院噪声对护理人员的职业危害及管理对策[J].护理学杂志,2018,33(16): 95-98.
- [7] 刘秀梅,向定涛,张阳,等.我国职业噪声暴露与心理健康关系的meta分析[J].职业与健康,2024,40(4): 528-531.
- [8] BASNER M, BABISCH W, DAVIS A, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health[J]. Lancet, 2014, 383(9925): 1325-1332.
- [9] 姜凌宵,林莹.噪声暴露对听觉系统的影响研究进展[J].中国听力语言康复科学杂志,2023,21(4): 399-402.
- [10] 王晓艳.噪声性隐性听力损失发病机制及防治的研究现状与思考[J].现代医学与健康研究电子杂志,2024,8(4): 138-141.
- [11] REGAL P J, LANGE P. Is hearing impairment by audimetry as much a cognitive score as cognitive domain batteries? [J]. European geriatric medicine, 2020, 11(6): 995-1001.
- [12] DAWES P. Hearing interventions to prevent dementia[J]. Hno, 2019, 67(3): 165-171.
- [13] GUERREIRO M J S, VAN GERVEN W M. Disregarding hearing loss leads to overestimation of age-related cognitive decline[J]. Neurobiology of aging, 2017, 56: 180-189.
- [14] PATEL S V, DECARLO C M, BOOK S A, et al. Noise exposure in early adulthood causes age-dependent and brain

- region-specific impairments in cognitive function[J]. *Frontiers in neuroscience*, 2022, 16: 1001686.
- [15] 高慧,吴大蔚,刘志刚,等. 88 dBA 噪声短期暴露对绩效及烦扰程度影响的研究[J]. 载人航天, 2015, 21(6): 623-627.
- [16] 李远飞,国耀宇,胡松林,等. 噪声敏感性对短期噪声暴露效应影响的研究[J]. 载人航天, 2021, 27(2): 175-181.
- [17] 李晓. 南极科考设施室内声环境舒适度研究[J]. 绿色建筑, 2024, 16(3): 104-107.
- [18] 崔博. 噪声暴露对认知功能的影响及其海马机制研究[D]. 北京:中国人民解放军军事医学科学院,2010.
- [19] KE J, DU J, LUO X. The effect of noise content and level on cognitive performance measured by electroencephalography (EEG)[J]. *Automation in construction*, 2021, 130: 103836.
- [20] 景国勋,王远声,郭绍帅,等. 短期噪声暴露对作业人员注意力的影响研究[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2019, 38(2): 8-13.
- [21] ASTUTI R D, SUHARDI B, LAKSONO P W, et al. Investigating the relationship between noise exposure and human cognitive performance: attention, stress, and mental workload based on eeg signals using power spectrum density[J]. *Applied sciences-basel*, 2024, 14(7): 2699.
- [22] 刘涛,王淼,祝洪凯,等. 职业性噪声暴露对健康影响的研究进展[J]. 公共卫生与预防医学, 2023, 34(6): 127-131.
- [23] 韩芸峰,来璇,杨军,等. 代谢综合征与血管性认知障碍关系的研究进展[J]. 中华脑血管病杂志, 2020, 14(4): 234-237.
- [24] VINCIGUERRA L, LANZA G, PUGLISI V, et al. Update on the neurobiology of vascular cognitive impairment: from lab to clinic[J]. *International journal of molecular sciences*, 2020, 21(8): 2977.
- [25] 徐晓君,钱佩谊,刘昀,等. 噪声暴露与应激激素水平研究进展[J]. 中国医学科学院学报, 2023, 45(3): 519-525.
- [26] KIGHT C R, SWADDLE J P. How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review[J]. *Ecology letters*, 2011, 14(10): 1052-1061.
- [27] 陈望军. 噪声污染对大鼠神经内分泌系统的影响[D]. 兰州:甘肃政法学院, 2020.
- [28] 俞发荣,李建军,YU X,等. 干预措施对噪声污染大鼠脑组织基因表达及去甲肾上腺素水平的影响[J]. 生态科学, 2019, 38(3): 189-194.
- [29] 那顺得力格尔,刘刚,龚明昊,等. 煤气炮噪声暴露对家鸽粪便皮质酮变化的影响[J]. 动物学杂志, 2019, 54(2): 181-188.
- [30] PACIELLO F, PISANI A, RINAUDO M, et al. Noise-induced auditory damage affects hippocampus causing memory deficits in a model of early age-related hearing loss[J]. *Neurobiology of disease*, 2023, 178: 106024.
- [31] WEUVÉ J, D'SOUZA J, BECK T, et al. Long-term community noise exposure in relation to dementia, cognition, and cognitive decline in older adults[J]. *Alzheimer's & dementia: The journal of the alzheimer's association*, 2021, 17(3): 525-533.
- [32] CUI B, LI K, GAI Z, et al. Chronic noise exposure acts cumulatively to exacerbate alzheimer's disease-like amyloid- β pathology and neuroinflammation in the rat hippocampus[J]. *Scientific reports*, 2015, 5: 12943.
- [33] MÜNZEL T, SØRENSEN M, SCHMIDT F, et al. The adverse effects of environmental noise exposure on oxidative stress and cardiovascular risk[J]. *Antioxidants & redox signaling*, 2018, 28(9): 873-908.
- [34] 付一鸣,张鑫垚,余晓俊,等. 长期睡眠期噪声暴露对小鼠认知功能的影响及生物钟相关机制[J]. 环境与职业医学, 2024, 41(2): 119-124, 132.
- [35] KRÖLLER-SCHÖN S, DAIBER A, STEVEN S, et al. Crucial role for Nox2 and sleep deprivation in aircraft noise-induced vascular and cerebral oxidative stress, inflammation, and gene regulation[J]. *European heart journal*, 2018, 39(38): 3528-3539.

本文引用格式:

丘春琴,黄展荣,唐臻臻,等.噪声暴露对认知功能影响的研究[J].广西医科大学学报, 2024, 41(10): 1413-1417.
DOI:10.16190/j.cnki.45-1211/r.2024.10.015
QIU C Q, HUANG Z R, TANG Z Z, et al. Study on the impact of noise exposure on cognitive function[J]. *Journal of Guangxi medical university*, 2024, 41(10): 1413-1417.DOI:10.16190/j.cnki.45-1211/r.2024.10.015