

· 综 述 ·

职业性手臂振动病的研究进展

张彪^{1,2}, 张志虎², 冯统新³, 李双双^{1,2}, 李龙^{1,2}

(1. 济南大学/山东省医学科学院医学与生命科学学院, 山东 济南 250062; 2. 山东省医学科学院/山东省职业卫生与职业病防治研究院, 山东 济南 250062; 3. 陕西未来能源化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

摘要: 职业性手臂振动病 (hand-arm vibration disease, HAVD) 是我国法定职业病, 指长期从事手臂振动作业所引起的以手臂末梢循环或神经功能障碍、骨关节损伤为主的全身性疾病。一般难以治愈, 严重影响生活质量。近年来随着振动工具以及生产方式更新, HAVD 发病特点发生明显改变。本文从 HAVD 临床症状、生化指标改变、损伤分析、诊断指标、治疗技术、治疗效果评价等方面作一概述, 为 HAVD 治疗技术更新与防治规范制定提供参考, 保护职业性手臂振动接触者健康。

关键词: 手臂振动病 (HAVD); 临床症状; 损伤; 治疗

中图分类号: R135.4 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2018)06-0434-05 DOI: 10.13631/j.cnki.zgggryx.2018.06.013

Research progress on occupational hand-arm vibration disease

ZHANG Biao*, ZHANG Zhi-hu, FENG Tong-xin, LI Shuang-shuang, LI Long

(* . School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan and Shandong Provincial Academy of Medical Sciences, Jinan 250062, China)

Abstract: As a legal occupational disease in China, occupational hand-arm vibration disease (HAVD) refers to a systemic disease by long-term arm vibration, characterized by peripheral circulatory or neurological dysfunction of arm, bone joint injuries, generally is difficulty to be cured and severely affects the life quality of patients. Recently, with the updating of vibration tools and production methods, the characteristics of HAVD have significantly changed. This paper would make a brief review on clinical symptoms, biochemical indicators, damage analysis, diagnostic indicators, therapy techniques, assessment of treatment effect, etc. of HAVD, thereby provide some reference for the development of HAVD treatment technology and control regulations, and better protect the occupational arm vibration workers health.

Key words: hand-arm vibration disease (HAVD); clinical symptoms; damage; treatment

职业性手臂振动病 (hand-arm vibration disease, HAVD), 指长期从事手臂振动作业所引起的全身性疾病, 发病部位集中于上肢末端, 主要表现为手部末梢循环或神经功能障碍, 同时还可引起骨关节损伤, 典型症状为发作性白指 (vibration-induced white finger, VWF), 一般难以治愈, 严重影响患者及其家属的生活质量^[1]。根据我国《职业性手臂振动病的诊断》(GBZ 7—2014), 结合末梢循环功能、神经-肌电图检查结果等将其分为 3 级, 当 VWF 累及所有指节甚至全手时, 可导致手部肌肉明显萎缩或呈现“鹰爪样”畸形, 严重影响手部功能。近年来, 振动工具和产生剧烈振动的大型机械应用越来越广泛, 从事振动作业的人员也越来越多, 振动对人体所造成的各种危害及影响越来越受到人们的关注, 其治疗手段也随着发病特征及体征变化而不断更新。本文对 HAVD 临床症状、生化指标改变、损伤分析、手臂振动测量、试验动物模型建立、风险评估、现场调查、常用诊断指标、诊断标准及

治疗技术、治疗效果评价等方面进行归纳与总结。

1 HAVD 临床症状

HAVD 是长期接触手臂振动所引起的以 VWF 为典型症状的职业病, 大多病例报道集中在寒带以及寒温带地区^[2], 我国多数报道来自于北方地区, 但近年来随着振动工具以及生产方式的改变, 南方地区 HAVD 病例频发, 其临床症状起初主要表现为手麻、手僵、手胀、手疼等症状, 夜间尤为明显, 手颤、无力和动作不灵活^[3]; HAVD 进一步发展, 可出现振动性白指和神经-肌电图异常等症状, 其中振动性白指主要表现为手指受冷时出现麻、胀、痛等感觉, 并由灰白转化为苍白, 近端转为远端, 持续数分钟至数十分钟后逐渐变潮红, 直至恢复常色^[4]; X 射线以及 MR 检查主要表现为小囊肿、骨皮质增厚、骨岛样病变、骨质硬化、腕骨缺血性损伤、骨髓水肿、软组织损伤、关节积液等^[5,6]。神经-肌电图异常主要表现为正中神经、尺神经以及桡神经的运动神经和感觉神经传导速度减慢, 动作电位波幅降低, 感觉及运动潜伏时延长等^[7,8]。

2 生化指标改变

长期手臂振动除诱导骨关节损伤和神经-肌电图改变外, 还可导致血清生化指标如血清内皮素 (ET)、一氧化氮 (NO)、去甲肾上腺素、免疫球蛋白 (Ig) 等改变。林立等^[9]

收稿日期: 2018-05-15; 修回日期: 2018-06-20

基金项目: 山东省自然科学基金 (三院联合基金项目 ZR2016YL016)

作者简介: 张彪 (1994—), 男, 硕士研究生, 主要从事劳动卫生与环境卫生学研究。

通信作者: 张志虎, 研究员, 从事劳动卫生环境卫生学研究, E-mail: 6804918@qq.com。

发现 64 名不同工龄煤矿掘进工血管舒缩状态异常,ET 浓度升高、NO 浓度降低。陈念光等^[10]发现打磨工 HAVD 患者 IgA、IgM、IgG 水平明显降低,说明长期职业性手臂振动接触者体内 Ig 水平构成和免疫状态改变。郎丽等^[11]发现长期接触手臂振动导致末梢微血管炎性损伤,外周血单核-巨噬细胞等免疫细胞肿瘤坏死因子(TNF- α)基因启动子甲基化水平异常升高,促使 TNF- α 等炎性因子分泌,HAVD 患者外周血中 TNF- α 水平明显升高。为模拟操作工人长期接触手臂振动所引起的 HAVD,于永胜等^[12]以家兔为研究对象建立 HAVD 实验动物模型,发现不同时间及强度接振组动物血清 IL-8 浓度降低、血浆血栓素素 B₂ (TXB₂) 升高, TXB₂ 为血栓素 A₂ 的水解产物。当局部振动导致末梢血管收缩、痉挛、内皮细胞损伤时, TXB₂ 浓度升高,进而促使血小板聚集导致血栓形成以及血液黏稠度增加,IL-8 浓度降低,末梢血管再生能力降低。血清素(5-HT)为重要的神经递质,研究发现 HAVD 患者外周血中 5-HT 浓度明显升高,其通过 NF- κ B 级联反应,在手臂振动所引起的局部炎症反应以及血管内皮细胞、平滑肌细胞损伤中发挥重要作用^[13]。可溶性血栓调节蛋白(TM)作为血管内皮损伤时所释放的降解产物,血浆水平改变可反映血管内皮细胞损伤程度,当长期接触手臂振动导致末梢血管内皮损伤时,血浆细胞间黏附分子(ICAM)以及 TM 浓度明显升高,血液黏度增加,外周循环血流速度减慢,易导致血管损伤^[14]。

3 HAVD 损伤分析

掘进工、打磨工等工人长期暴露于局部剧烈振动,手臂末梢血管、神经系统出现明显功能障碍,如指端血管收缩、痉挛以及感觉、运动神经障碍等^[15,16]。通过对国内外研究总结分析^[17-20],发现振动性血管损伤主要是由于血管内皮活性物质、炎症因子、细胞因子以及信号分子间相互作用所介导,当局部振动促使手指末梢血管受到机械刺激时,局部交感神经功能亢进、副交感神经被抑制,去甲肾上腺素水平升高,手指末梢血管舒张异常,处于明显收缩状态,血液动力学发生改变导致局部微循环缺血、缺氧,血管内皮素、血管紧张素 II 水平升高,NO 水平降低;而白三烯 B₄、血栓素 A₂ 以及前列腺环素 I₂ 作为花生四烯酸经过氧化酶作用所形成的强效炎症因子,当局部振动破坏血管内皮细胞时,内膜下胶原沉积,血小板聚集活化并促使血管收缩,白三烯 B₄、血栓素 A₂ 水平升高,前列腺环素 I₂ 水平降低,说明在振动性血管损伤过程中伴有炎症反应。在局部剧烈振动促使细胞间黏附分子在白细胞、内皮细胞以及上皮细胞表达水平升高时,白细胞与内皮细胞间相互黏附,促使微循环血流减慢,参与血管损伤;环磷酸腺苷(cAMP)和环磷酸鸟苷(cGMP)作为体内重要的信号分子,cAMP 通过蛋白激酶 A 促使平滑肌兴奋、血管收缩,cGMP 作用与其完全相反,当局部振动导致末梢血管损伤时,降钙素相关基因肽(CGRP)浓度降低,腺苷酸环化酶活力降低进而导致 cAMP 水平升高,cGMP 水平降低,NO 合成酶活力下降,NO 水平降低。Matloub 等^[21]在大鼠尾部接振试验中发现,振动导致大鼠尾部轴突髓鞘变薄、破裂,继而促使轴索、轴浆损伤,大鼠尾部皮肤痛觉减退。徐树礼^[22]、

聂继池等^[23]则认为局部振动导致末梢植物神经功能紊乱,交感神经功能亢进,迷走神经被抑制,从而促使手指小动脉收缩、痉挛以及腕部组织缺血缺氧,除此之外手臂周围神经脱髓鞘、神经-肌肉传导异常以及神经兴奋性降低,进一步导致感觉神经传导减慢,动作电位波幅降低,潜伏时间延长。

4 手臂振动测量以及实验动物模型建立

为准确测定工作场所手臂振动水平,我国颁布了《工作场所物理因素测量 第 9 部分:手臂振动》(GBZ/T 189.9—2007)。针对手臂振动测量以及评价工作中出现的相关问题,肖斌等^[24]提出,凡是接触振动的手都应进行手臂振动测量,其中针对冲击式或变化较大的振动,选取 1~3 个整数倍周期采用积分方式取平均值决定测量值;而对于稳定振动,通过测量 5 s 内平均读数决定测量值。对于评价指标,其认为应以 3 个轴向振动的 8 h 频率计权振动加速度平方和的均方根为依据,通过计算日接触量,根据我国手臂振动限值(5 m/s²)进行暴露评估判定。

成熟的实验动物模型建立,为生物标志物早期识别、发病机制研究以及防治干预措施制定提供了参考依据。国内外 HAVD 实验动物模型建立一直处于不断摸索中,其中林立等^[25]以家兔为研究对象,由于“接振限量”设定是 HAVD 实验动物模型建立的关键,为反映剂量-反应关系,其设置高、中、低接振强度(表 1),连续接振 1~2 个月,部分家兔出现神经-肌电图改变、血清生化指标改变、脂质过氧化以及骨骼肌损伤等。Raju 等^[26]以雄性 SD 大鼠为研究对象,将大鼠置于无振动平台上,其尾部以束缚带轻轻固定于振动冲击平台(防止其弯曲,并使其第 5 尾椎完全贴附于振动冲击平台),将扇形金属冲击平台与铆钉锤以 2 根 40 N 压力压缩的蹦极绳相连接(以触发冲击锤循环),以频率为 100 m/s²连续接振 12 min,为防止噪声与振动的联合损伤作用,在整个接振过程中将大鼠尾部、冲击平台以及铆钉锤置于声音还原箱中以控制噪声水平低于 85 dB。初次接振 12 min 后,大鼠尾部出现痛觉敏感、有髓神经轴突破坏、神经末梢分裂以及巨噬细胞脱颗粒等损伤;连续接振 2 周后,大鼠尾部痛觉减退、皮肤神经末梢消失。

表 1 试验动物模型的振动参量

组别	接振频率	加速度	接振时间	4 h 等能量频率计权	噪声水平
	(Hz)	(m/s ²)	(h/d)	加速度(m/s ²)	[dB(A)]
高接振强度组	125	68.6	0.5	3.03	74.4
中接振强度组	125	98.0	1.0	6.13	74.8
低接振强度组	125	196.0	1.0	12.25	78.6
对照组	—	—	—	—	72.8

5 HAVD 风险评估

职业性手臂振动接触风险评估是预防和控制 HAVD 的关键环节。刘茁等^[27]介绍了评估的主要内容和程序,首先对振动接触工人所处工作场所、生产设备以及劳动过程进行职业卫生学调查,确定超标的振动源以及风险控制所实施的技术或措施,收集包括振动参数和暴露程序相关内容(振动水平、

类型、持续时间、日操作次数、限值、暴露时间延长以及个体敏感性风险等)等资料;其次,针对振动限值超标原因,采取相关保护和预防措施,减少接触,防止再次超标。在整个风险评估过程中主要包括 3 类不同分析,首先针对现场职业卫生学调查结果,对振动活动基本状况进行分析,确定是否存在职业性手臂振动接触的风险;其次,对振动产生设备进行基本振动强度分析,以评估从第三方所收集数据引起的暴露风险;最后,使用特定测量设备进行现场测量,从而对振动暴露进行具体定量评估分析。

6 HAVD 现场调查

我国手臂振动接触工人人数一直居高不下,为准确评估振动接触者 HAVD 患病风险,国内外常常针对金属加工、家具、电子以及制造业等行业进行现场职业卫生调查。沈欢喜等^[28]对某电子企业进行现场职业卫生学调查,发现虽然该企业电动起子操作工等工种 HAVD 患病风险低于 10%,但未对员工进行任何培训,员工对振动危害一无所知,缺乏振动防护措施。王燕^[29]在调查某发动机公司 HAVD 患病风险时,发现不同频段振动对末梢周围神经影响不同,虽然绝大多数工种 4 h 等能量频率计加速度 [ahw (4)] 明显超过我国振动职业接触限值 (5 m/s^2),但由于接振时间较短,作业环境温度较高,HAVD 患病风险相对较低。郑创亮等^[30]对某高尔夫球杆生产企业 93 例 HAVD 患者进行调查分析发现,细磨、粗磨、抛光等作业岗位 ahw (4) 明显超过接触限值,基于 3 类工种工龄长、工作效率高、接振剂量高等特点,该企业短时间内出现了大量 HAVD 诊断病例。

7 HAVD 常用诊断指标

国内常根据长期接触手臂振动职业史以及手指末梢循环、神经功能障碍、骨关节损伤等具体临床表现,结合皮肤温度测量、冷水复温试验、振动与痛觉阈值测定、白指诱发试验、神经-肌电图检查等结果进行 HAVD 诊断。但近年来随着我国振动工具以及工作方式更新,HAVD 发病表现已有所改变,原先诊断指标与检查方式暴露出缺点与不足。例如,手指皮肤冷水复温试验作为反映末梢循环的敏感指标,常用于早期 HAVD 筛查,但研究发现由于个体差异(手指等部位皮肤温度除受环境影响外,主要由机体血液循环所决定)以及生活习惯等不同,接振时间与手指冷水复温率并未呈现良好直线相关关系^[30]。张凯等^[31]发现,手麻、手痛、手胀等症状发生与接振时间密切相关,但并不同时出现,当接振时间 > 3 000 h 时,手痛、手胀等症状发生率明显升高。司徒洁等^[32]以 197 例振动作业工人为研究对象,在排除原发性雷诺病后发现作业工人出现以正中神经远端感觉功能轻度损伤为主的神经障碍,肌电图呈现腕管综合征的电生理特点,根据我国 HAVD 诊断标准,认为神经-肌电图在一定程度上有助于 HAVD 手部周围神经损伤的定性判断,但是对于 HAVD 诊断及分级判定的意义有限,因为振动作业工人手臂神经损伤程度与工龄以及白指严重程度并不一致。杨蓓等^[33]对 154 名金矿矿工进行 3 组冷水复温试验 ($10^\circ\text{C}/10 \text{ min}$ 、 $15^\circ\text{C}/5 \text{ min}$ 、 $12^\circ\text{C}/5 \text{ min}$),分析 3 种条件对 HAVD 的最佳判定效果,结果显示,GBZ 7—

2014 所规定的 $10^\circ\text{C}/10 \text{ min}$ 冷水复温条件特异度较高,误诊率较低,避免了扩大诊断现象的发生。然而在实际冷水复温试验过程中,受试者由于不能承受低水温所导致的疼痛感而常中断试验,但 $15^\circ\text{C}/5 \text{ min}$ 条件灵敏度最高,能够尽可能筛选出阳性病例,从更为有利保护工人角度,且 15°C 的温度更贴近人体自然温度,避免了水温过低所带来的强烈刺激感,易于推广与施行。

8 HAVD 诊断标准、治疗技术及效果评价

HAVD 在我国不同地区发病率以及具体表现不断变化,因此我国在《职业性手臂振动病诊断标准》(GBZ 7—2002)基础上进行了修订。取消“观察对象”,将轻度 HAVD 设为诊断起点,同时明确规定连续从事手臂振动作业 1 年作为诊断 HAVD 职业接触水平起点,周围神经功能损伤、手臂末梢循环障碍、骨关节-肌肉损伤为主要判定依据,增加并明确规范了手部皮肤温度测量以及白指诱发试验、冷水复温试验相关内容及方法。由于以痛觉及振动觉阈值作为主观检查方法,结果判定只能依靠患者主观倾诉,因此在本次修订中删除了指端振动觉和痛觉阈值的检查方法^[34,35]。

针对 HAVD 中手臂末梢微循环障碍、骨关节损伤以及神经功能障碍等不同临床症状,在叮嘱患者保暖、严防冻伤、避免劳累等注意事项后,大多采用改善微循环、高压氧治疗、传统中医治疗、营养神经、物理疗法以及对症支持等综合治疗。目前我国大多选择小牛血去蛋白提取物、丹参、银杏酮酯滴丸、盐酸占替诺片等药物不断改善手臂末梢微循环障碍。高压氧治疗以纯氧加压至 0.2 MPa,稳压后以纯氧 (40 min) / 空气 (10~15 min) / 纯氧 (40 min) 为一循环,1 次/d,10 d 为一个疗程,连续治疗 3~4 个疗程,通过增加血氧分压,缓解受损末梢神经纤维缺氧状态,促进神经纤维生长以及神经胶质细胞增生,利于神经髓鞘修复,并以降低血液黏稠度的方式改善 HAVD 患者手臂末梢微循环障碍。营养神经通常给予 B 族维生素、肌酐、甲钴胺、维生素 E、谷维素、鼠神经生长因子等药物,促进神经因子增殖以及受损神经修复。对于传统中医治疗(以三 B 针对双侧手三里进行交替穴位注射、刺络放血、艾灸或中药熏洗治疗)以及物理疗法(以手足少阳、手足阳明经穴为主,给予红外线、低频脉冲、电针、针刺、按摩或经骨伤治疗仪治疗),则是以局部刺激促使神经增长因子增殖,降低 Ca^{2+} 内流及其负效应,增强神经纤维修复能力,提高受损周围神经传导速度,不断改善神经功能障碍。

目前国内对于 HAVD 的治疗效果不断提高,王静宇^[36]在此基础上通过选择少阳穴、阳明经穴针灸以及骨伤治疗仪综合治疗,随访 1 年发现患者 HAVD 症状明显缓解,证明中西医结合治疗可有效改善 HAVD 临床症状,利于手指末梢微循环以及神经功能障碍恢复。王艳艳等^[37]在传统中西医结合治疗的基础上,将 108 例 HAVD 患者分为高压氧结合中医治疗(HBO)以及中医常规治疗组,结果显示两组 HAVD 临床症状改善,与常规治疗组相比较,HBO 组感觉、运动神经传导速度、运动神经远端潜伏期以及手麻、手胀、手痛等症

状明显改善,证明高压氧结合中西医结合治疗有助于 HAVD 末梢微循环、神经功能障碍缓解。钦卓辉等^[38]采用三 B 针穴位注射、艾灸、中药熏洗、高压氧、以及丹参、神经节苷脂静脉注射改变微循环等综合治疗,60 例轻度 HAVD 患者早期神经生理学障碍明显改善,正中神经、尺神经运动传导远端潜伏期延长、感觉神经传导速度减慢。

手臂振动作为工作场所常见的职业危害因素,长期接触可导致 HAVD 发生。本文在介绍 HAVD 临床症状的基础上,对其生化指标改变以及手指末梢血管、神经系统损伤进行分析,结合手臂振动测量、实验动物模型建立、风险评估、现场调查等为 HAVD 损伤机制探讨与防治策略提供参考;并通过介绍常用诊断指标,结合 HAVD 现行诊断标准以及治疗技术、治疗效果评价等,为 HAVD 诊断方式与治疗技术更新提供依据,以更好地保护职业性手臂振动接触工人的健康。

参考文献:

- [1] 林立,张强,张春之.我国手臂振动病防治研究中存在的几个问题[J].中国工业医学杂志,2004,17(2):107-108.
- [2] Buhaug K, Moen BE, Irgens A. Upper limb disability in Norwegian workers with hand-arm vibration syndrome [J]. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 2014, 9 (1): 1-7.
- [3] Handford M, Lepine K, Boccia K, et al. Hand-arm vibration syndrome: Workers' experience with functional impairment and disability [J]. Journal of Hand Therapy, 2017, 30 (4): 491-499.
- [4] 王海兰.振动对健康的影响及手臂振动病[J].现代职业安全,2014(1):112-113.
- [5] 郑和林.手臂振动病的 X 射线及 MR 表现[J].内蒙古中医药,2014,33(30):85-86.
- [6] 刘贵喜,郭卫军,熊刘珊,等.职业性手臂振动病骨关节 X 射线片分析[J].中国职业医学,2013,40(2):115-117.
- [7] 林立.手臂振动对神经功能影响的研究进展[J].济宁医学院学报,2013,36(5):309-312.
- [8] 王林.振动性神经病的国内研究概况[J].中国工业医学杂志,2004,17(1):61-62.
- [9] 林立,隋桂英,聂继池,等.手传振动对煤矿掘进工血浆内皮素、一氧化氮浓度的影响[J].工业卫生与职业病,2001,27(2):107-109.
- [10] 陈念光,刘晓勇,陈铿铨,等.手传振动对打磨工人免疫球蛋白的影响[J].中国热带医学,2015,15(2):167-169.
- [11] 郎丽,李文,夏丽华,等.手臂振动病病人血中肿瘤坏死因子测定及其临床意义探讨[J].职业卫生与应急救援,2012,30(4):180-182.
- [12] 于永胜,林立,张春之,等.局部接触振动家兔血清某些指标变化的实验研究[J].中国职业医学,2007,34(2):110-111.
- [13] Chen Q, Lang L, Xiao B, et al. HTR1B gene variants associate with the susceptibility of Raynauds' phenomenon in workers exposed hand-arm vibration [J]. Clinical Hemorheology and Microcirculation, 2016, 63 (4): 335-347.
- [14] Kao DS, Yan JG, Zhang L, et al. Serological tests for diagnosis and staging of hand-arm vibration syndrome (HAVS) [J]. Hand, 2008, 3 (2): 129-134.
- [15] Krajnak K, Waugh S, Johnson C, et al. Vibration disrupts vascular function in a model of metabolic syndrome [J]. Industrial Health, 2009, 47 (5): 533-542.
- [16] Loffredo MA, Yan JG, Kao D, et al. Persistent reduction of conduction velocity and myelinated axon damage in vibrated rat tail nerves [J]. Muscle & Nerve, 2009, 39 (6): 770-775.
- [17] 林立,张春之,高波.振动性血管功能损伤的研究进展[J].中国职业医学,2006,33(6):464-466.
- [18] 于永胜,林立.振动性血管损伤生化机制的研究进展[J].中华劳动卫生职业病杂志,2006,24(8):498-501.
- [19] Laskar SM, Iwamoto M, Nakamoto M, et al. Heart rate variation and urinary catecholamine excretion in response to acute psychological stress in hand-arm vibration syndrome patients [J]. J Occup Health, 2004, 46 (2): 125-131.
- [20] Thakor AS, Giussani DA. Role of nitric oxide in mediating in vivo vascular responses to calcitonin gene-related peptide in essential and peripheral circulations in the fetus [J]. Circulation, 2005, 112 (16): 2510-2516.
- [21] Matloub HS, Yan JG, Kolachalam RB, et al. Neuropathological changes in vibration injury: an experimental study [J]. Microsurgery, 2005, 25 (1): 71.
- [22] 徐树礼.振动对神经系统危害性的研究综述[J].体育研究与教育,2012,27(3):97-101.
- [23] 聂继池,孙志贤,赵方,等.振动作业工人正中神经损伤对手臂功能的影响[J].中国行为医学科学,1999,8(3):66-67.
- [24] 肖斌,温薇,徐国勇,等.工作场所手臂振动测量与评价存在的问题及建议[J].中华劳动卫生职业病杂志,2014,32(4):315-316.
- [25] 林立,张春之,张强,等.手臂振动病动物模型建立过程中存在的几个问题[J].环境与职业医学,2005,22(1):83-84.
- [26] Raju SG, Rogness O, Persson M, et al. Vibration from a riveting hammer causes severe nerve damage in the rat tail model [J]. Muscle & Nerve, 2011, 44 (5): 795-804.
- [27] 刘苗,宁康,尚德高,等.职业性手臂振动暴露的风险评估方法[A].第二届海峡两岸职业卫生学术交流研讨会论文集[C].2011:145-150.
- [28] 沈欢喜,施健,杜成,等.某企业电动起子操作工手臂振动病现场调查及评估[J].职业卫生与应急救援,2013,31(5):258-259.
- [29] 王燕.某发动机公司手臂振动危害调查[J].中国工业医学杂志,2013,26(5):375-377.
- [30] 郑创亮,许丹,曹献磅,等.某高尔夫球杆生产企业 93 例职业性手臂振动病调查报告[J].职业卫生与应急救援,2015,33(4):252-256.
- [31] 张凯,林立,许萍,等.振动作业工人早期症状及诊断指标的探讨[J].济宁医学院学报,2006,29(4):7-9.
- [32] 司徒洁,林春梅,钦卓辉,等.197 例振动作业工人周围神经功能损害特点观察[J].中华劳动卫生职业病杂志,2016,34(12):931-934.
- [33] 杨蓓,陈青松,战波,等.手臂振动病的 3 种冷水复温试验评价法比较[J].中华劳动卫生职业病杂志,2017,35(8):602-604.

- [34] 陈嘉斌, 陈青松, 王建新, 等. 《职业性手臂振动病的诊断》标准修订说明 [J]. 中国职业医学, 2015, 42 (2): 212-216.
- [35] GBZ 7—2014, 职业性手臂振动病的诊断 [S].
- [36] 王静宇. 中西医结合治疗手臂振动病 70 例临床研究 [J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2016, 4 (21): 136-137.
- [37] 王艳艳, 郎丽, 樊春月, 等. 高压氧治疗职业性手臂振动病的疗效分析 [J]. 职业卫生与应急救援, 2016, 34 (3): 179-182.
- [38] 钦卓辉, 司徒洁, 李智民, 等. 综合治疗对职业性轻度手臂振动病患者神经电生理的影响 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2017, 20 (10): 16-19.

噪声致听力损失机制的研究进展

陈雅丽, 胡伟江

(中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050)

摘要: 噪声致听力损失 (NIHL) 是感音神经性聋最常见的形式之一。过去几十年, NIHL 的研究一直专注于感音毛细胞的损伤导致听阈升高, 而由于常规听力检查方法无法发现, 听神经损失导致的隐性听力损失未引起重视。本文从耳蜗毛细胞的损伤、听神经突触病变和髓鞘病变三个方面来阐述 NIHL 的机制, 为相应的临床防治研究提供线索。

关键词: 噪声致听力损失 (NIHL); 隐性听力损失; 毛细胞损伤; 突触病变; 髓鞘病变

中图分类号: TB53 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2018)06-0438-03 DOI: 10.13631/j.cnki.zgggxyx.2018.06.014

Research progress on mechanisms of noise-induced hearing loss

CHEN Ya-li, HU Wei-jiang

(National Institute of Occupational Health and Poison Control, China CDC, Beijing 100050, China)

Abstract: Noise-induced hearing loss (NIHL) is one of the most common forms of sensorineural deafness. For decades, research on noise-induced hearing loss has focused on auditory threshold elevation caused by sensory hair cell damage, but this kind of hidden hearing loss is very hard to be noticed by normal audiometric examination and frequently ignored. This review would expound the mechanism of hearing loss from three aspects: hair cell damage, acoustic synaptopathy and acoustic myelinopathy, and expect it could provide some reference for further research and efficient treatment on noise-induced hearing loss.

Key words: noise-induced hearing loss (NIHL); hidden hearing loss; hair cell damage; synaptopathy; myelinopathy

过度暴露于噪声是听力损失最常见的原因。WHO 的最新数据显示, 全球有 3.6 亿人患有听力损失, 成人中约 22% 的听力损失疾病可归因于职业噪声暴露^[1]。噪声致听力损失 (noise-induced hearing loss, NIHL) 是工业化国家的主要职业健康风险, 也是感音神经性听力障碍最常见的形式之一。我国的职业病报告数据显示, 噪声聋已成为第二大职业病^[2]。

短期高强度的噪声暴露会导致耳鸣和暂时性听阈位移 (短暂的感音神经性听力损失, 脱离噪声 24~48 h 恢复), 如果这种暴露长期重复, 没有间隔时间进行恢复, 久而久之就会演变为永久性听阈位移, 表现为听阈值不可逆转地增高^[3]。近几十年来, NIHL 的研究主要专注于感音毛细胞的损伤与听阈值的升高。动物研究结果显示, 当毛细胞和听阈值均恢复正常时, 噪声暴露仍会导致耳蜗神经元变性, 同时出现大面积的带状突触损伤, 并迅速恶化为突触病变, 造成隐性听力损失^[4,5]。隐性听力损失表现为常规纯音听力测试听阈正常,

但存在一定程度的阈上听觉感知缺陷, 如嘈杂环境中言语分辨能力下降等^[5]。过度暴露于噪声也可导致听神经髓鞘病变^[6], 使电信号从毛细胞到听觉皮层的传递速度明显减慢, 延缓听觉感知, 降低在嘈杂环境下对听觉刺激的理解^[7]。本文对 NIHL 机制的研究进展作一个较为全面的概述, 为 NIHL 临床治疗提供参考依据。

1 毛细胞的损伤致听阈值升高

NIHL 是感音神经性聋最常见的形式之一, 由内耳损伤引起, 在很大程度上是可以预防的。内耳的耳蜗毛细胞将机械振动转化为电信号, 这些信号通过谷氨酸突触传递到耳蜗感觉神经纤维。人类耳蜗只含有 15 000 个毛细胞和 40 000 条神经纤维, 一旦破坏便无法再生^[8]。NIHL 的永久性听阈位移病理特征是毛细胞的损失, 即大量基底外毛细胞的损失、有限的内毛细胞的损失。研究表明^[9], 过度噪声暴露损害毛细胞后会导致听阈值升高, 且内耳毛细胞损伤以及听阈值升高的程度与噪声暴露的强度和持续时间有关^[10]。

目前, 关于毛细胞损伤机制的研究主要包括以下几方面。过度噪声暴露后, 耳蜗毛细胞急需能量而进行更多的有氧呼吸, 导致活性氧自由基 (ROS) 在局部大量蓄积, 如果 ROS 未被中和, 将诱发毛细胞的凋亡和坏死, 最终导致听力损失^[11]。在噪声暴露后的 7~10 d, ROS 蔓延到 Corti 器的底端,

收稿日期: 2018-04-13; 修回日期: 2018-06-10

基金项目: 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所职业健康风险评估与国家职业卫生标准制定项目 (编号: 131031109000150003)

作者简介: 陈雅丽 (1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 职业流行病学与职业健康风险评估。

通信作者: 胡伟江, 硕士, 副研究员, 研究方向: 职业流行病学与职业健康风险评估, E-mail: hwj0107@sina.com。