doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.26.044

噪声和高温对机体健康影响的复合效应 *

王艳军 王明科 丁 猛 王晓花 周宏元

（海军医学研究所 上海 200433）

摘要: 当今社会随着经济和科技的发展,多种有害职业因素往往共同存在于同一岗位。复合因素对机体健康影响的相互作用包括四种情况:协同作用、相加作用、拮抗作用和无关作用。噪声和高温作为有害的职业因素常存在于同一岗位,那么噪声复合高温对机体健康会产生怎样的影响,这两种环境因素是否存在复合效应?文献报道不一。噪声和高温联合对听觉系统、心血管系统、神经系统的影响可能表现为协同、相加、拮抗和无关作用,对呼吸系统的影响表现为拮抗作用,目前,研究结果不一致主要原因是实验条件和暴露方法的不一致。我们认为将来的研究热点集中在噪声和高温联合产生复合效应的条件及剂量反应关系研究、机制及防治措施研究,噪声和高温联合对其他系统如消化、免疫系统是否存在复合效应也值得深入研究。

关键词: 噪声;高温;复合效应

中图分类号: TB53,R135,R594.1,R598 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6273(2014)26-5176-04

Health Effects of Combined Exposure to Noise and High Temperature*

WANG Yan-jun, WANG Ming-ke, DING Meng, WANG Xiao-hua, ZHOU Hong-yuan

(Naval Medical Research Institute, Shanghai, 200433, China)

ABSTRACT: With the development of modern industries and technologies, various kinds of harmful occupational factors often exist in one duty. Four major outcomes are included in health effects of combined factors: a synergetic effect, an additive effect, an antagonistic effect and no interactive effect. Noise and high temperature often exist in the same environment as harmful occupational factors. What are the combined effects of noise and high temperature? Are there any interactions such as synergistic, additive, antagonistic or negligible effects on health between noise and high temperature? The answers were different in literature. Synergistic, additive, antagonistic or negligible effects on auditory system, cardiovascular system and nervous system were all reported, and negligible effects on respiratory system were reported when co-exposure to noise and high temperature. At the present time, different findings were resulted by various experimental and exposure methodological inadequacies. Our viewpoints are that further research will focus on the specified conditions and dose-response relationships in which noise and high temperature have interactions, the mechanisms and potential interventions of their combined effects, interactive effects of noise and high temperature on other systems such as digestive system and immune system, etc.

Key words: Noise; High temperature; Combined effects

Chinese Library Classification(CLC): TB53,R135,R594.1,R598 Document code: A

Article ID: 1673-6273(2014)26-5176-04

前言

现代社会多种有害职业因素常共同存在于同一岗位。复合因素对机体的相互作用存在四种情况:协同作用、相加作用、拮抗作用和无关作用[1]。噪声和高温是常见的有害职业因素,噪声对机体的听觉、视觉、心血管系统、神经内分泌系统、生殖系统、免疫系统、心理行为、睡眠等均会产生影响[2],高温对机体的体温调节、水盐代谢和心血管系统、消化系统、呼吸功能和能量代谢、神经内分泌系统、泌尿系统、免疫系统等也会产生影响[3],但噪声和高温这两种环境因素联合暴露对机体健康的影响是协同、相加、拮抗还是无关作用?其研究结果将对噪声和高温的防治具有指导意义。最近该领域也发展较快,但尚未有及时的综述性论文发表。本文主要就噪声和高温联合对机体健康的影响作一综述。

1 噪声和高温联合对听觉系统的影响

1.1 高温对噪声引起听力损伤的协同或相加作用

听觉器官是噪声特异性损伤靶器官,噪声可导致高频和语频听力损失,随接触水平增加,听力损失危险性也增加,且存在剂量效应关系[4]。高温本身对人体语言听阈和高频听阈并没有影响,但大量研究证明高温和噪声联合对听力影响具有协同或相加作用,高温不仅能加重噪声对人耳高频听阈损害,还能提高人耳语频听阈, 而降低温度可减轻噪声对人耳听力的损伤[5,6]。研究发现,单纯高温不影响噪声引起的听阈位移,但噪声和高温联合比单纯噪声暴露引起的听力损伤更严重,噪声引起的暂时性听阈位移(Temporary threshold shift, TTS)主要依赖于暴

* 基金项目:总后勤部重点科研项目(BHJ12J004);中国博士后科学基金资助项目(2013M542529)

作者简介:王艳军(1972-),男,硕士,副研究员,主要研究方向:舰艇卫生,电话:021-81883191,E-mail: wangyanjun19@sina.com

(收稿日期:2014-03-31 接受日期:2014-04-28)

露的噪声强度,高温和工作量可加重噪声引起的 TTS,其恢复时间取决于最初的听力损伤程度[7]。高温与噪声联合对听力的损伤在语频和高频声段效应也不一样。通过现场检测生产彩色显象管某合资企业噪声和人员听力损伤情况,发现同时接触噪声和高温人员听力损伤人数明显高于单纯接触噪声人员,但两组听力损失程度无明显差异,两组听损耳数均大量集中在高频段,其中高频轻度听损最多[8]。而另一项研究发现,某石化厂单纯噪声、噪声合并高温、噪声合并硫化氢暴露的 3 组工人均出现噪声性听力损伤且听力损伤程度存在差别,语频声段的损伤上更明显,噪声合并硫化氢组语频听力损伤最严重,噪声合并高温组次之,单纯噪声组损伤最轻[9]。

以上研究说明,噪声和高温对听力损伤具有协同或相加作用。机制主要包括两个方面:一方面噪声引起耳蜗螺旋器毛细胞代谢增高,耗氧量增大,暴露于 90～110 dB 噪声初期,耳蜗血流增加可代偿毛细胞代谢增高需要,但随暴露时间延长或强度增强,可引起耳蜗外侧壁血管内自由基如反应性活性氧 ROS 等形成,进而产生血管收缩物如前列腺素 8-iso-PGF2a,引起耳蜗缺血,而耳蜗缺血又会导致形成更多的 ROS,ROS 又可促进 8-iso-PGF2a 产生,使缺血进一步加重,形成一个正反馈环[10]。当耳蜗血流失去代偿能力,内耳循环就会发生障碍,缺血缺氧引起听阈上升。另一方面,高温可使机体全身加热,增高中心血液温度,增加热敏感的下丘脑神经元发放冲动,导致外周血管扩张,皮肤血流量增加,减少耳蜗血流,加剧噪声引起的听力损伤[11]。噪声与高温联合最先损伤高频听阈的可能原因是耳蜗可被看成一个共振器,在基底膜上不同声频有相应的共振部位,高频声波对应的是耳蜗底部的基底膜,而基底膜较窄,宽度仅为 0.04 mm,供血差,是天然的脆弱部位[12]。通过检测噪声环境(90～110 dBA)下每天工作 8 小时人员的听阈改变情况,发现工作时限 10 年内的只有 12 500、14 000 和 16 000 Hz 频率受影响,20 年内的 2 000、4 000 Hz 受到了影响,超过 20 年工作年限时 250、500 和 1 000 Hz 受到影响,扩展高频听力测验比常规听力测验更适合于早期发现职业性听力损伤[13]。

1.2 高温对噪声引起听力损伤的无关作用

大部分文献证明噪声和高温联合对听力的影响具有协同或相加作用,但也有文献发现噪声和高温对听力损伤的复合效应为无关效应[14-16]。这些结果与其他文献的调查结果(高温与噪声联合可提高高频及语频听阈)不同,分析原因可能是各文献高温场所级别不同所致,具体可见表 1。

表 1 噪声和高温联合对听觉系统影响的复合效应与高温场所级别的关系

Table 1 The relationships of combined heat and noise effects on auditory system and high temperature level

Study	High temperature level	Combined effects
Li Heng et al [6]	Level Ⅳ	Synergistic effects
Zhao Nan et al [11]	Level Ⅳ	Synergistic effects
Li Bin et al [14]	Unknown	No interactive effects
Wang Ling et al [15]	Level Ⅰ	No interactive effects
Guo Lian-xia et al[16]	Level Ⅰ	No interactive effects

1.3 高温对噪声引起听力损伤的保护或拮抗作用

目前也有高温对噪声引起的听力损伤起保护作用的报道。这些研究认为,预先暴露于亚致死剂量的应激因子如非创伤性噪声、高温等可对后续更大的噪声性听力损伤具有保护作用,机制尚不十分明确,可能与高温引起的耳蜗热休克蛋白表达及抗氧化能力增加有关[17]。通过对大鼠预先 34 ℃热处理 30 天后再噪声 113 dB SPL 暴露 3 天(12 小时 / 天),检测听功能指标听神经脑干诱发反应 (Auditory nerve brainstem evoked responses, ABR)和畸变产物耳声发射(Distortion product otoacoustic emissions, DPOAEs),发现预先热处理对后续的噪声引起的听力损伤起到了保护作用[18]。通过将热的生理盐水局部注射到豚鼠中耳腔造成局部高温,可诱导热休克蛋白 Hsp70、Hsp90 和 Hsp27 表达,抑制噪声引起的 Corti 器毛细胞死亡及听功能损伤。此外,热休克基因转录因子 (Heat shock transcription factor 1, HSF1) 敲除小鼠比野生型小鼠在噪声环境下的毛细胞死亡更多,听力损伤更严重,恢复也更慢,说明 HSF1 对噪声引起的耳蜗损伤具有保护作用,且对噪声环境下耳蜗功能的恢复也很重要[19,20]。小鼠预先全身热处理(肛温 41.5 ℃, 15 min),6～96 小时后再噪声暴露(8～16 kHz, 100 dB SPL) 2 小时,一周后评价内耳功能,可发现预先没有热处理组永久性听阈位移(Permanent threshold shifts, PTS) 大约 40 dB,预先热处理 6 小时后再噪声暴露组 PTS 减少到 10 dB,这种保护作用在热处理后超过 24 小时再噪声暴露就会消失,可能与热处理引起耳蜗 Hsp70、Hsp27 增加有关 [21]。研究发现,高温处理可使小鼠外毛细胞 Young's modulus 3 小时后增加,12 小时开始减少,48 小时恢复到高温前水平,与外毛细胞稳定性有关的纤丝状肌动蛋白(Filamentous actin, F-actin) 3 小时后增加,12 小时到达峰值,24 小时开始减少,48～96 小时恢复到高温前水平,DPOAEs 在高温暴露后也增加[17]。还有研究发现小鼠 F-actin 在高温处理后 6～24 小时增加,特别是在膜状板增加最多,从而使耳蜗静纤毛锚定性增加,高温预处理保护了后续的噪声性听力损伤,而通常认为与 DPOAEs 有关的 Prestin 蛋白却没有变化,说明高温引起 DPOAEs 增加可能是通过与 Prestin 无关的其他途径[22]。近来研究发现,除 HSF1 可诱导热休克蛋白表达,HSF1 外的信号途径和转录调节子也参与噪声诱导的耳蜗热休克蛋白表达[23]。但这些研究均为高温预处理后再进行噪声暴露,尚未见高温和噪声同时暴露下高温对噪声引起的听力损伤起保护作用的报道。这些结果表明,现实工作中进入噪声环境前可采取预先暴露在一定强度的高温环境的措施,以减少后续噪声暴露引起的听力损伤。

2 噪声和高温联合对心血管系统的影响

噪声与高温均可对心血管系统产生影响,但是否存在复合效应?通过对某钢厂工人心血管系统疾病的调查与分析,发现高温、噪声、噪声与高温联合与无噪声、高温环境工人比较,心电图及血压异常率均增加,噪声与高温联合对工人的心血管系统造成的损害最严重,噪声又大于高温对心血管系统的影响[24]。高温噪声复合暴露工人窦性心律不齐、窦心动过缓阳性率明显高于单纯噪声或高温暴露工人[25]。通过对某钢铁企业员工进行职业性健康监护检查,发现高温 + 噪声组、噪声组和高温

组高血压患病率均显著高于对照组,高温 + 噪声组明显高于噪声组和高温组,心电图异常检出率噪声 + 高温组、高温组和噪声组与对照组比较也差异显著, 但高温 + 噪声组与噪声组、高温组心电图异常检出率无明显差异,说明噪声、高温作业会对心血管系统产生影响, 尤其两者联合时可加大对血压的影响,而单独噪声作业对心电图影响不明显[26]。另一项研究也发现,高血压检出率单独接触噪声的工人和同时接触高温和噪声的工人即复合组均高于不接触高温和噪声人员的对照组。同时,随作业工龄延长,血压异常(以高血压为主)检出率也逐渐增加,相对危险度亦升高,说明高温和噪声在引起工人高血压方面具有协同效应,机理有待研究。另外,单独接触噪声和同时接触高温和噪声的复合组心电图异常率虽均高于对照组,随工龄增加心电图异常率也升高,但噪声主要引起窦性心律不齐和窦性心动过缓,高温则主要引起心肌受损等,说明高温和噪声引起心电图异常方面可能是各自的单独作用[27]。此外,研究发现,血脂中的总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和甘油三酯(TG)中位数水平在高温噪声组、噪声组及对照组工人中无明显差异,而高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)中位数水平高温噪声组与噪声组之间、高温噪声组与对照组、噪声组与对照组之间均差异显著,血脂增高率比较 3 组工人 TC、LDL-C、TG 也无明显差异,但 HDL-C 增高率差异显著[28]。以上研究表明,噪声与高温复合暴露在血压及 HDL-C 增高方面可能存在协同效应,而对心电图的影响可能是协同或无关效应。

3 噪声和高温联合对神经系统的影响

3.1 噪声和高温联合对神经系统的协同或相加作用

研究发现,噪声和高温联合对机体神经系统的影响可能存在协同效应。通过对大鼠脑线粒体 Ca^{2+}、Mg^{2+} 含量测定,观察高温、噪声对脑皮层线粒体 Ca^{2+}、Mg^{2+} 含量的影响,发现高温可使脑线粒体 Ca^{2+} 明显升高,噪声使脑线粒体 Ca^{2+} 轻度升高,高温复合噪声使脑线粒体 Ca^{2+} 明显减少,而单纯高温、单纯噪声及高温复合噪声组与对照组比较,脑线粒体 Mg^{2+} 无显著变化,复合组 Mg^{2+} 明显高于单纯噪声组, 机制可能是高温使脑线粒体 Ca^{2+}-ATPase 活性增加,噪声使血液粘滞度增加、微循环障碍,而高温复合噪声可使脑细胞进一步缺血缺氧, 酸中毒, 致使 Ca^{2+} 泵失活,线粒体储存 Ca^{2+} 作用降低。脑线粒体 Mg^{2+} 在高温复合噪声组较噪声组升高,原因不清,可能是机体的保护性反应[29]。高温和噪声对人体平均皮肤温度、直肠温度和出汗量增加方面也具有协同效应, 高温是体温调节的主要影响因素,噪声的作用虽为协同,但效应较小,具体机制不清[30]。同时接触噪声、振动和高温对海员交感神经——肾上腺系统功能也可产生影响,复合因素可显著降低尿中游离多巴胺排出量及游离和结合多巴胺总排出量、结合去甲肾上腺素排出量及游离和结合肾上腺素总排出量,增高去甲肾上腺素生物合成相对活性,下降多巴胺生物合成相对活性, 而多巴胺代谢形成高香草酸的相对活性略有提高[31]。

3.2 噪声和高温联合对神经系统的无关或拮抗作用

目前,也有噪声和高温对机体神经系统的影响存在无关效应的报道[1],但由于当时实验条件和方法的不精确性尚不能下明确结论。此外,研究发现,噪声和高温有时存在拮抗作用,但这种结果只有学术价值而无实际应用价值,因为噪声和高温均可引起个体疲劳和不适,人们不会采取高温措施拮抗噪声的危害[32]。

4 噪声和高温联合对呼吸系统的影响

内皮素是内皮细胞合成和释放的一种多功能生理调节肽,具有广泛的生物学效应,有强烈的收缩血管作用[33]。高温与噪声复合可使大鼠血浆内皮素含量明显下降,而单独高温或噪声暴露大鼠血浆内皮素含量无明显变化。单独噪声可使大鼠肺组织内皮素含量明显增加, 高温亦可使肺组织内皮素含量增加,但与对照组比较差异不显著。相反,高温与噪声复合组肺组织内皮素含量轻度减少,与对照组比较无显著差异,但与噪声组及高温组比较差异显著。噪声使肺内皮素含量升高可能原因是噪声使交感神经紧张性增加,造成肺组织缺氧。高温与噪声复合使血浆内皮素含量明显减少,肺组织内皮素含量亦较噪声组及高温组明显减少,说明高温和噪声对大鼠血浆及肺组织内皮素含量的影响可能是拮抗作用,具体机制有待研究[34]。

5 展望

综上所述,噪声和高温对机体健康影响的复合效应目前文献报道结果尚不一致,主要原因是各研究者实验条件和暴露方法的不一致。国外 Cary 等[35]认为不论动物还是人群试验,噪声与其他有害职业因素的联合作用均表现在较高水平的噪声和较高浓度(强度)的其他有害职业因素,低水平的噪声和低浓度(强度)的其他有害职业因素联合作用往往不明显。笔者认为今后的研究热点包括:(1) 不同的噪声特性(如稳态噪声还是脉冲噪声)、在多高的噪声水平、多大的高温强度、多长的时间会产生复合效应及产生复合效应的剂量反应关系研究,这也是噪声和高温复合效应研究中的难点;(2) 噪声对听力影响的分子机制已有一定的研究成果,具体可见综述[10],但高温对听力的影响,特别是噪声和高温联合对听力影响的分子机制目前国内外研究尚少,在今后的研究中有待加强;(3) 噪声和高温联合对机体心血管系统、神经系统、呼吸系统的复合效应已有一些报道,但其研究结果特别是机制尚不明确,噪声和高温联合对消化系统、免疫系统等其他系统是否存在复合效应也有待进一步研究。相信随着噪声和高温复合效应研究的深入,不久的将来在噪声和高温环境下必将出现一些新的、更有效的防治措施。

参 考 文 献(References)

[1] Hancock PA, Pierce JO. Combined effects of heat and noise on human performance: a review[J]. Am Ind Hyg Assoc J, 1985, 46 (10): 555-566

[2] Stansfeld S, Haines M, Brown B. Noise and health in the urban environment[J]. Rev Environ Health, 2000, 15 (1-2): 43-82

[3] 朱童, 詹剑华. 高温环境热应激研究进展 [J]. 职业与健康, 2010, 26 (9): 1061-1063
Zhu Tong, Zhan Jian-hua. Research progress on heat stress in high temperature environment[J]. Occupation and Health, 2010, 26 (9): 1061-1063

[4] 何丽华, 廖小燕, 刘岚, 等. 噪声对听力影响的 Meta 分析[J]. 工业卫生与职业病, 2005, 31 (4): 214-218
He Li-hua, Liao Xiao-yan, Liu Lan, et al. Meta-analysis of noise effect

on hearing [J]. Industrial Health and Occupational Diseases, 2005, 31 (4): 214-218

[5] Pekkarinen J. Noise, impulse noise, and other physical factors: combined effects on hearing[J]. Occup Med, 1995, 10 (3): 545-559

[6] 李衡, 王致良. 高温与噪声的联合作用对作业工人听力的影响[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2002, 5(8): 843-844
Li Heng, Wang Zhi-liang. Combined effect of high temperature and noise on workers' hearing [J]. Chinese Journal of Coal Industry Medicine, 2002, 5 (8): 843-844

[7] Chen CJ, Dai YT, Sun YM, et al. Evaluation of auditory fatigue in combined noise, heat and workload exposure[J]. Ind Health, 2007, 45 (4): 527-534

[8] 胡大庆, 于咏梅, 韩志新. 噪声联合高温作业对从业者听力的影响[J]. 职业与健康, 2007, 23(1): 14
Hu Da-qing, Yu Yong-mei, Han Zhi-xin. Effect of noise combined with high temperature on workers' audition [J]. Occupation and Health, 2007, 23(1): 14

[9] 吴奇峰, 李聪, 梁晓阳, 等. 噪声与高温、硫化氢联合作用对听力损伤影响的研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2012, 30(3): 124-126
Wu Qi-feng, Li Cong, Liang Xiao-yang, et al. Hearing damage resulting from combined exposure to noise with heat stress or hydrogen sulfide [J]. Occupational Health and Emergency Rescue, 2012, 30(3): 124-126

[10] Le Prell CG, Yamashita D, Minami SB, et al. Mechanisms of noise-induced hearing loss indicate multiple methods of prevention [J]. Hear Res, 2007, 226(1-2): 22-43

[11] 赵南, 唐旭东, 钟茂耀. 高温与噪声的联合作用对玻璃制瓶工听力的影响[J]. 中国工业医学杂志, 2005, 18(3): 167-168
Zhao Nan, Tang Xu-do, Zhong Mao-yao. Combined effects of heat and noise exposure on hearing of workers making glass bottles [J]. Chinese Journal of Industrial Medicine, 2005, 18(3): 167-168

[12] 蔡祥平, 王建平, 张天尧, 等. 高温作业与噪声对人耳听力的联合影响[J]. 中国职业医学, 2000, 27(6): 32-34
Cai Xiang-ping, Wang Jian-ping, Zhang Tian-yao, et al. Combined effects of high temperature and noise on human hearing [J]. China Occupational Medicine, 2000, 27(6): 32-34

[13] Riga M, Korres G, Balatsouras D, et al. Screening protocols for the prevention of occupational noise-induced hearing loss: the role of conventional and extended high frequency audiometry may vary according to the years of employment [J]. Med Sci Monit, 2010, 16 (7): CR352-356

[14] 李斌, 姜宇, 贺咏平, 等. 高温合并噪声对某企业作业人员健康的影响[J]. 包头医学院学报, 2010, 26(1): 14-15
Li Bin, Jiang Yu, He Yong-ping, et al. Joint effect of high temperature and noise on workers' health [J]. Journal of Baotou Medical College, 2010, 26(1): 14-15

[15] 王玲, 吴晓江, 黄维, 等. 高温与噪声联合作用对听力的影响[J]. 中国工业医学杂志, 2009, 22(1): 44-46
Wang Ling, Wu Xiao-jiang, Huang Wei, et al. Joint effect of high temperature and noise on hearing [J]. Chinese Journal of Industrial Medicine, 2009, 22(1): 44-46

[16] 郭连霞, 杨晓发. 低强度高温与噪声联合作用对作业者听力的影响[J]. 河南预防医学杂志, 2009, 20(5): 365-366
Guo Lian-xia, Yang Xiao-fa. The influence of low intensity high temperature and noise joint action to the hearing of workers[J]. Henan Journal of Preventive Medicine, 2009, 20(5): 365-366

[17] Murakoshi M, Yoshida N, Kitsunai Y, et al. Effects of heat stress on Young's modulus of outer hair cells in mice[J]. Brain Res, 2006, 1107 (1): 121-130

[18] Paz Z, Freeman S, Horowitz M, et al. Prior heat acclimation confers protection against noise-induced hearing loss [J]. Audiol Neurootol, 2004, 9(6): 363-369

[19] Sugahara K, Inouye S, Izu H, et al. Heat shock transcription factor HSF1 is required for survival of sensory hair cells against acoustic overexposure[J]. Hear Res, 2003, 182(1-2): 88-96

[20] Fairfield DA, Lomax MI, Dootz GA, et al. Heat shock factor 1-deficient mice exhibit decreased recovery of hearing following noise overstimulation[J]. J Neurosci Res, 2005, 81(4): 589-596

[21] Yoshida N, Kristiansen A, Liberman MC. Heat stress and protection from permanent acoustic injury in mice [J]. J Neurosci, 1999, 19(22): 10116-10124

[22] Kitsunai Y, Yoshida N, Murakoshi M, et al. Effects of heat stress on filamentous actin and prestin of outer hair cells in mice[J]. Brain Res, 2007, 1177: 47-58

[23] Gong TW, Fairfield DA, Fullarton L, et al. Induction of heat shock proteins by hyperthermia and noise overstimulation in hsf1 -/- mice [J]. J Assoc Res Otolaryngol, 2012, 13 (1): 29-37

[24] 王革, 何颖. 噪声高温联合环境致心血管系统异常的调查与分析[J]. 职业与健康, 2011, 27 (18): 2079-2081
Wang Ge, He Ying. Investigation and analysis on cardiovascular system abnormality caused by combined exposure to noise and heat [J]. Occupation and Health, 2011, 27 (18): 2079-2081

[25] 荆淑芳. 高温噪声作业工人 90 名心电图分析 [J]. 实用医技杂志, 2011, 18(7): 687-688
Jing Shu-fang. The ECG analysis of 90 workers with heat and noise exposure [J]. Journal of Practical Medical Techniques, 2011, 18(7): 687-688

[26] 沙磊. 南通市某钢铁厂高温、噪声的联合作用对工人心血管系统的影响[J]. 职业与健康, 2011, 27(22): 2552-2553
Sha Lei. Combined effect of heat and noise on the cardiovascular system of workers in a steel plant of nantong city [J]. Occupation and Health, 2011, 27(22): 2552-2553

[27] 杨长春, 陶厚福, 王德玉, 等. 高温与噪声联合作用对心血管系统的影响[J]. 工业卫生与职业病, 2000, 26(6): 343-345
Yang Chang-chun, Tao Hou-fu, Wang De-yu, et al. Impact of combined effect of heat and noise on cardiovascular system [J]. Industrial Health and Occupational Diseases, 2000, 26(6): 343-345

[28] 李凤琴, 何进凯, 杨晓慧, 等. 高温噪声作业人员血脂水平的调查分析[J]. 职业与健康, 2012, 28(13): 1583-1584
Li Feng-qin, He Jin-kai, Yang Xiao-hui, et al. Investigation of blood lipid levels among workers with heat and noise exposure [J]. Occupation and Health, 2012, 28(13): 1583-1584

[29] 秦世贞, 向求鲁, 俞启福, 等. 高温、噪声及复合因素对大鼠脑线粒体 Ca^{2+}、Mg^{2+}含量的影响[J]. 航天医学与医学工程, 1995, 8(2): 106-108

(下转第 5175 页)

bacterial and archaeal community diversities in ancient paddy soils discovered in Chuodun shan Site, Suzhou, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2916-2926

[30] Krause J, Dear P H, Pollack J L, et al. Multiplexed amplification of the mammoth mitochondrial genome and the evolution of Elephantidae[J]. Nature, 2006, 439(7077): 724-727

[31] 徐保红, 李秀娟, 杨芳, 等. PCR- 焦磷酸测序法快速鉴定副溶血性弧菌[J]. 预防医学情报杂志, 2011, 27(1): 78-80
Xu Bao-hong, Li Xiu-juan, Yang Fang, et al. Detection of Vibrio parahaemolyticus by PCR and Pyrosequencing[J]. J Prev Med Inf Jan, 2011, 27(1): 78-80

[32] 包华. 新一代测序技术下的软件开发和转录组学研究 [D]. 广州: 中山大学, 2009
Bao Hua. Software development for next-generation sequencing and transcriptome study using next-generation sequencing[D]. Guangzhou: Sun Yat-Sen University, 2009

[33] 于聘飞, 王英, 葛芹玉. 高通量 DNA 测序技术及其应用进展[J]. 南京晓庄学院学报, 2010: 1-5
Yu Pin-fei, Wang Ying, Ge Qin-yu. High-fluxed DNA Sequencing Technology and Its Application Development [J]. Journal of Nanjing Xiaozhuang University, 2010: 1-5

[34] 黎冬华, 王林海, 张艳欣, 等. 芝麻高纯度线粒体 DNA 提取技术研究[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 90-94
Li Dong-hua, Wang Lin-hai, Zhang Yan-xin, et al. The Study on the Extraction Technology for Pure Mitochondrial DNA from Sesame [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2011, 26(3): 90-94

[35] 龙绛雪, 曹福祥, 王志文. 油菜线粒体 DNA 提取纯化方法研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(3): 106-110
Long Jiang-xue, Gao Fu-xiang, Wang Zhi-wen. Isolation and Purification of Mitochondrial DNA from Cole [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2009, 29(3): 106-110

[36] 裴得胜, 蔡平钟, 李名扬, 等. 提取水稻线粒体 DNA 的一种简易方法[J]. 四川大学学报, 2002, 39(2): 18-20
Pei De-sheng, Cai Ping-zhong, Li Ming-yang, et al. A Simple Method For Isolation of Rice Mitochondrial DNA [J]. Journal of Sichuan University(Natural Science Edition), 2002, 39(2): 18-20

[37] 崔娅铭. 化石中的生命密码—晚更新世人类化石的 DNA 研究进展[J]. 化石, 2011(2): 2-7
Cui Ya-ming. Life in the fossil password-The DNA research progress of fossil man in Epipleistocene [J]. Fossil, 2011(2): 2-7

[38] Wilbur A K, Bouwman A S, Stone A C, et al. Deficiencies and challenges in the study of ancient tuberculosis DNA [J]. Journal of Archaeological Science, 2009, 36 (9): 1990-1997

[39] 徐智, 谭婧泽, 李士林, 等. 古 DNA 及其考古学意义[C]. 第十届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2006: 143-153
Xu Zhi, Tan Jing-ze, Li Shi-lin, et al. Ancient DNAs and Their Archaeological Significance [C]. Proceedings of the Tenth Annual Meeting of the Chinese Society of Vertebrate Paleontology. Beijing: China Occan Press, 2006: 143-153

[40] Serre D, Langaney A, Chech M, et al. No evidence of Neandertal mtDNA contribution to early modern humans [J]. PLoS Biol, 2004, 2: 313-317

[41] Maria C. Hansson, Brendan P. Foley. Ancient DNA fragments inside Classical Greek amphoras reveal cargo of 2400-year-old shipwreck [J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35: 1169-1176

[42] Marianna Niemi, Auli Bluer, Terhi Iso-Touru, et al. Mitochondrial DNA and Y-chromosomal diversity in ancient populations of domestic sheep (Ovisaries) in Finland: comparison with contemporary sheep breeds [J]. Genetics Selection Evolution, 2013, 45: 2

(上接第 5179 页)

Qin Shi-zhen, Xiang Qiu-lu, Yu Qi-fu, et al. Effects of heats, noise and combined factors on Ca^{2+}, Mg^{2+} content of cerebral mitochondria in rats[J]. Space Medicine & Medical Engineering, 1995, 8(2): 106-108

[30] 任兆生, 欧阳骅, 李伟, 等. 高温、噪声、振动复合应激时人体体温调节的改变[J]. 中华航空医学杂志, 1995, 6(4): 205-208
Ren Zhao-sheng, Ouyang hua, Li Wei, et al. Changes of human thermoregulation during combined heat, noise and vibration stress[J]. Chinese Journal of Aviation Medicine, 1995, 6(4): 205-208

[31] 苏先明. 噪声、振动和高温联合作用对海员交感神经——肾上腺系统的影响[J]. 工业卫生与职业病, 1984, 10(3): 190
Su Xiang-ming. Effects of combined vibration stress, noise and high temperature on seafarers' sympathetic nervous system and adrenal system [J]. Industrial Health and Occupational Diseases, 1984, 10(3): 190

[32] Witterseh T, Wyon DP, Clausen G. The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work[J]. Indoor Air, 2004, 14 (Suppl 8): 30-40

[33] Kaoukis A, Deftereos S, Raisakis K, et al. The role of endothelin system in cardiovascular disease and the potential therapeutic perspectives of its inhibition [J]. Curr Top Med Chem, 2013, 13(2): 95-114

[34] 秦世贞, 俞启福, 李庆棣, 等. 高温、噪声及其复合对大鼠血浆和肺组织中内皮素含量的影响[J]. 中华航海医学杂志, 1997, 4(2): 72-74
Qin Shi-zhen, Yu Qi-fu, Li Qing-di, et al. Effect of heats, noise and their combination on endothelin (ET) in plasma and lung of rats[J]. Chinese Journal of Nautical Medicine, 1997, 4(2): 72-74

[35] Cary R, Clarke S, Delic J. Effects of combined exposure to noise and toxic substances--critical review of the literature [J]. Ann Occup Hyg, 1997, 41(4): 455-465