Journal of Health and Safety at Work 2023; 13(3): 563-580

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Changes in physiological and cognitive parameters in acute and combined exposure to different levels of noise and heat stress: Experimental study

Farough Mohammadian[1], Mohsen Fallahati[2], Milad Abbasi[3], Mojtaba Zokaei[4*]

[1]Environmental Health Research Center, Research Institute for Heath Development, Kurdistan University of medical Science, Sanandaj, Iran
[2]Associate Professor saveh universty, of medical scences, Social Determinats of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran.
[3]Assisstant professor saveh universty, of medical scences, Social Determinats of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran.
[4]Assisstant professor saveh universty, of medical scences, Social Determinats of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran.

Received: 28-5-2023 Accepted: 10-9-2023

ABSTRACT

Introduction: Many industries have multiple factors harmful to health, leading to simultaneous exposure of these factors to each other. Noise is one of the most common physical parameters in the work environment. On the other hand, heat is also increasing due to various energy processes in industries. Therefore, this study was conducted with the aim of determining changes in physiological parameters and visual-auditory attention in acute exposure to heat and noise.

Material and Methods: In this experimental study, 72 individuals (36 men and 36 women) aged between 23 and 33 years participated according to the inclusion criteria. In total, 12 different test modes were performed (3 temperature levels and 4 noise pressure levels). The test was conducted for each person in 4 steps during a specific day. The duration of exposure to each condition was half an hour, and a half-hour rest was given between each test condition. Saliva samples of each subject were collected before and immediately after exposure to noise and heat. Also, The Integrated Visual and Auditory (IVA) was recorded by the participants simultaneously.

Results: The results of combined exposure to noise and heat on visual and auditory attention showed that only two modes of combined exposure, SPL95+WBGT34 and SPL95+WBGT29, caused a significant increase ($P < 0.05$) in mental workload and a significant decrease ($P < 0.05$) in visual and auditory attention. In addition, the results showed that independent exposure to noise at the levels of 85 and 95 dB and exposure to heat at higher temperature levels of 34 and 29 degrees Celsius cause a significant increase ($P < 0.05$) in salivary cortisol after exposure. The results of the effect of combined exposure to noise and heat on salivary cortisol showed that three experimental modes of combined exposure (SPL85+WBGT34, SPL95+WBGT29, and SPL95+WBGT34) caused a noticeable and significant ($P<0.001$) increase in salivary cortisol.

Conclusion: Indeed, salivary cortisol can be recommended as a physiological index to evaluate noise and heat exposure. It's also noteworthy that salivary cortisol is more affected by noise and heat exposure than cognitive performance.

Keywords: *Noise, Heat stress, Visual and auditory attention, Salivary cortisol*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mohammadian F, Fallahati M, Abbasi M, Zokaei M. Changes in physiological and cognitive parameters in acute and combined exposure to different levels of noise and heat stress: Experimental study. J Health Saf Work. 2023; 13(3): 563-580.

* Corresponding Author Email: *Mzokaei2011@gmail.com*

Copyright © 2023 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

1. INTRODUCTION

The physical parameters of work environments play a significant role in the health and comfort of employees, as well as their performance and productivity. Currently, most standards for exposure to harmful agents in work environments are for independent exposures. However, the reality is that in many occupations such as foundry, metal smelting, petrochemical, refineries, cement production, and oil platforms, exposure to environmental parameters is combined. Therefore, attention must be paid to the evaluation and development of the exposure standard together. Noise and heat are environmental parameters that are more prevalent in work environments. Many researchers have stated in their studies that heat stress causes physiological changes and the release of some metabolic hormones, such as cortisol and adrenaline, in the human body. The effects of heat stress on cognitive function and human physiology have received less attention. Despite the importance of this issue, even the standards of occupational exposure to heat try to regulate the limits of exposure in hot work environments based on physiological and medical criteria. The analysis of cognitive functions is also very significant in conditions of high levels of environmental stressors to determine the design parameters of the work environment because the cognitive nature of the work done in the work environment is increasing. In general, few studies have investigated cognitive abilities under conditions of heat stress and exposure to noise at different levels, and there is little knowledge in this field. Based on this, many efforts can be made to create an occupational limit based on cognitive function and benefiting from physiological function. Therefore, the aim of this study is to investigate the acute effects of combined noise and heat exposure on cortisol secretion and visual and auditory attention.

2. MATERIAL AND METHODS

This experimental study was designed before and after and was conducted to investigate the effects of independent and combined exposure to noise and heat on cognitive performance (visual and auditory attention) and some physiological parameters (hormone cortisol) in experimental conditions. The participants in this study were 72 students (36 men and 36 women) aged between 23 and 33 years from Shahid Beheshti University of Medical Sciences. To attract the participation of students in this study, notices were published on the university website and student boards. Among the volunteers, people were selected who did not have a history of taking cardiovascular drugs, antidepressants, sedatives, sleeping pills, anti-thyroid drugs, hearing loss greater than 25 decibels, and sleep disorders. Before the participants went to the laboratory, they were asked not to consume coffee for a few hours before the tests, to refrain from eating and drinking for half an hour before the start of the test, and to refrain from brushing one hour before the saliva sampling.

Procedure

The volunteers participating in the study were randomly assigned to one of the four groups according to the experimental plan (Table 1). Training and test procedures were then presented to the participants. Each group of volunteers performed different tests in 4 steps according to the test plan for 30 minutes under exposure to noise and heat, with a half-hour break given between each step. Saliva samples were collected before and immediately after exposure to noise and heat for testing. In addition, the participants performed a visual and auditory continuous performance (IVA) test while exposed to different levels of noise and heat. This was done simultaneously as facing and performing the IVA test.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results of combined exposure to noise and heat on salivary cortisol showed that changes in salivary cortisol after exposure at the levels (SPL85+WBGT34, SPL95+WBGT29, and SPL95+WBGT34) had a clear trend and a

Table1: Grouping of participants in different levels of noise and heat exposure

Grouping of participants	Step 1	Step2	Step3	Step4	frequency
1	SPL_{45}+$WBGT_{22}$	SPL_{75}+$WBGT_{22}$	SPL_{45}+$WBGT_{29}$	SPL_{75}+$WBGT_{29}$	18
2	SPL_{45}+$WBGT_{22}$	SPL_{85}+$WBGT_{22}$	SPL_{45}+$WBGT_{34}$	SPL_{85}+$WBGT_{34}$	18
3	SPL_{45}+$WBGT_{22}$	SPL_{95}+$WBGT_{22}$	SPL_{95}+$WBGT_{29}$	SPL_{95}+$WBGT_{34}$	18
4	SPL_{45}+$WBGT_{22}$	SPL_{75}+$WBGT_{22}$	SPL_{75}+$WBGT_{34}$	SPL_{85}+$WBGT_{29}$	18

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

Table 2: Salivary cortisol changes (nanograms per milliliter) of the studied subjects after being exposed to different amounts of heat and its comparison coefficients with background state changes

Exposure State	mean	SD	min	max	B	P-value
$SPL_{45}+WBGT_{34}$	2.62	1.2	0.19	4.4	2.4	<0.001
$SPL_{45}+WBGT_{29}$	0.95	1.4	-2.2	3.9	0.76	0.02
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	0.18	0.64	-0.81	2.36	-	-

Table 3: Changes in salivary cortisol concentration (ng/ml) after combined exposure to noise and heat

Exposure State	mean	SD	min	max	B	P-value
$SPL_{95}+WBGT_{34}$	2.97	1.37	-0.89	4.9	3.02	<0.001
$SPL_{95}+WBGT_{29}$	2.05	1.98	-1.34	6	2.1	<0.001
$SPL_{85}+WBGT_{34}$	1.83	1.4	-1.00	4.11	1.88	0.01
$SPL_{85}+WBGT_{29}$	0.62	2.8	-3.12	5.31	0.78	0.33
$SPL_{75}+WBGT_{34}$	0.73	2.85	-4.11	5	0.78	0.23
$SPL_{75}+WBGT_{29}$	-0.32	1.05	1.85	3.89	-0.39	0.26
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	-0.05	0.29	-0.73	0.69	-	-

Table 4: The mean auditory and visual attention under the combined exposure to noise and heat

	Auditory Attention				Visional Attention			
Exposure State	mean	SD	B	P-value	mean	SD	B	P-value
$SPL_{95}+WBGT_{34}$	92.33	10.36	-8.33	<0.001	91.22	13.11	-10.83	<0.001
$SPL_{95}+WBGT_{29}$	94.33	10.52	-6.33	0.007	94.5	12.4	7.6	0.01
$SPL_{85}+WBGT_{34}$	97	9.8	-3.66	0.11	100.5	12.88	-1.05	0.6
$SPL_{85}+WBGT_{29}$	100.7	11.4	0.05	0.98	99.01	9.82	-3.05	0.91
$SPL_{75}+WBGT_{34}$	98.6	7.7	-2.5	0.28	98.6	10.51	3.44	0.17
$SPL_{75}+WBGT_{29}$	97.7	11	-2.94	0.26	105.16	6.51	3.11	0.07
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	100.6	6	-	-	102.3	6.76	-	-

significant increase (Table 2). In the other three cases of combined exposure, the average changes in salivary cortisol are partial and do not have a specific trend. Therefore, salivary cortisol is more affected and increased at higher levels and within the permissible limit of noise and heat exposure. However, saliva cortisol changes slightly at levels below the permissible exposure level and does not have a specific and uniform trend. Examining the significant level of salivary cortisol changes after combined exposure to noise and heat compared to its changes in the background state showed that in three combined exposure modes (SPL75+WBGT29, SPL75+WBGT34, and SPL85+WBGT29), there was no statistically significant increase or decrease in salivary cortisol (P>0.05); however, in the other three conditions, the combined exposure of salivary cortisol changes has increased significantly compared to its changes in the background condition (P < 0.05). The results of comparing the average salivary cortisol changes between the three modes of combined exposure SPL95+WBGT34, SPL95+WBGT29, and SPL85+WBGT34 showed that there is a significant and statistically significant difference (P<0.05) (Table 3). Examining the role of gender on salivary cortisol changes after combined exposure to noise and heat showed that the increase in salivary cortisol after exposure is higher in men than in women. Still, this increase is slight and not statistically significant (P-value = 0.071 and 51 /0 = B). The results showed that salivary cortisol changes after combined exposure to noise and heat in the male group were higher by 0.51 ng/ml compared to the female group. Statistical analysis showed that the difference in the average visual attention score between the exposure conditions of SPL95+WBGT34 and SPL95+WBGT29 is significant (P<0.05). However, in listening attention, the average difference between these two exposure modes is insignificant (P>0.05). The average changes

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

in auditory and visual attention scores in the two groups of men and women participating in the study under combined exposure to noise and heat showed that changes in auditory attention scores are more in men than women, but statistically, these changes in auditory attention scores between both groups are not significant (P-value = 0.16 and B = 1.52). The results show that changes in listening attention in men are 1.52 points higher than women. The average changes in visual attention scores, unlike auditory attention, are lower in men than women. Still, these changes in visual attention between both groups are statistically insignificant (P-value = 0.36 and B = -0.94) (Table 4).

4. CONCLUSIONS

Short-term exposure to different noise and heat levels is an influential factor in physiological and cognitive performance. Exposure beyond the permissible limits of noise and heat has a detrimental effect on cognitive performance. Salivary cortisol levels can be suggested as a physiological indicator in evaluating exposure to noise and heat, though it may require further investigation. Exposure to noise and heat affects salivary cortisol levels more than cognitive performance. The results suggest that in noise and heat exposure, the reduction of cognitive performance and the rise in salivary cortisol has occurred.

5. ACKNOWLEDGMENT

The study was founded by Shahid Beheshti University of medical science (sbmus).

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۳/ شماره ۳/ پاییز ۱۴۰۲ صفحات ۵۶۳-۵۸۰

تغییرات پارامترهای فیزیولوژیک و شناختی در مواجهه حاد و توام با سطوح مختلف صدا و استرس گرمایی: مطالعه آزمایشگاهی

فاروق محمدیان[۱]، محسن فلاحتی[۲]، میلاد عباسی[۳]، مجتبی ذکائی[۴*]

[۱]مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران
[۲]دانشیار دانشکده علوم پزشکی ساوه، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران
[۳] استادیار دانشکده علوم پزشکی ساوه، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران
[۴]استادیار دانشکده علوم پزشکی ساوه، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۳/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۹

چکیده

مقدمه: امروزه بسیاری از صنایع دارای عوامل متعدد آسیب رسان به سلامت هستند و این امر منجر به مواجهه توام با این عوامل خواهد شد. صدا از شایع‌ترین پارامترهای فیزیکی در محیط کار است. از طرف دیگر گرما نیز به علت فرآیندهای متنوع انرژی بر در صنایع رو به افزایش است. بنابراین این مطالعه با هدف تعیین تغییرات پارامترهای فیزیولوژیک و توجه دیداری – شنیداری در مواجهه حاد توام با گرما وصدا انجام شد.

روش کار: در این مطالعه تجربی تعداد ۷۲ نفر (۳۶ مرد و ۳۶ زن) در محدوده‌ی سنی ۲۳ تا ۳۳ سال بر اساس معیارهای ورود به مطالعه شرکت داشتند. در مجموع ۱۲ حالت آزمایش (۳ سطح دما و ۴ تراز فشار صوت) مختلف انجام شد. آزمایش برای هر فرد در ۴ مرحله طی یک روز مشخص انجام شد. مدت مواجهه با هر حالت نیم ساعت و بین هر حالت آزمایش نیز نیم ساعت استراحت داده شد. نمونه بزاق هر آزمایش‌شونده قبل و بلافاصله بعد از مواجهه با صدا و گرما با هدف تعیین میزان کورتیزول بزاق جمع‌آوری شد. همچنین آزمون عملکرد پیوسته دیداری و شنیداری (IVA)، به‌صورت همزمان، توسط شرکت‌کنندگان نیز ثبت شد.

یافته ها: نتایج مواجهه توأم با صدا و گرما بر توجه دیداری و شنیداری نشان داد، تنها دو حالت مواجهه توأم SPL95+WBGT34 و SPL95+WBGT29 کاهش معنادار ($P<۰/۰۵$) توجه دیداری و شنیداری گردید. علاوه بر این نتایج نشان داد که مواجهه مستقل با صدا در ترازهای ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل و مواجهه با گرما در سطوح دمای‌تر گوی‌سان ۳۴ و ۲۹ درجه سانتی گراد باعث افزایش قابل‌ملاحظه و معنادار ($P<۰/۰۵$) کورتیزول بزاق بعد از مواجهه می‌شوند. نتایج اثر مواجهه توأم با صدا و گرما بر کورتیزول بزاق نشان داد که ۳ حالت آزمایشی مواجهه توأم (SPL85+WBGT34، SPL95+WBGT29 و SPL95+WBGT34) باعث افزایش قابل‌ملاحظه و معنادار ($P<۰/۰۰۱$)، کورتیزول بزاق شده است.

نتیجه‌گیری: کورتیزول بزاق را می‌توان بعنوان یک شاخص فیزیولوژیک برای ارزیابی مواجهه با صدا و گرما توصیه کرد. همچنین کورتیزول بزاق نسبت به عملکرد شناختی بیشتر تحت تأثیر مواجهه صدا و گرما قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: *صدا، استرس گرمایی، توجه دیداری و شنیداری، کورتیزول بزاق*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *Mzokaei2011@gmail.com*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

مقدمه

پارامترهای فیزیکی محیط‌های کاری نقش قابل ملاحظه ای در سلامت، آسایش، علمکرد و بهره وری شاغلین دارند(۱). صدا و استرس حرارتی از شایعترین پارامترهای فیزیکی محیط کار محسوب می شوند. از آنجایی که کارگران با ارزش ترین دارایی یک سازمان هستند، بهبود آسایش فیزیکی محل کار آنها برای اطمینان از سطح بهره وری رضایت بخش ضروری است(۱-۲). امروزه بیشتر استانداردهای مواجهه با عوامل آسیب‌رسان به سلامت در محیط‌های کار برای مواجهه‌های مستقل است. در حالی که واقعیت این است در بسیاری از مشاغل از جمله ریخته گری، ذوب فلزات، پتروشیمی، پالایشگاه ها، تولید سیمان و سکوهای نفتی، مواجهه با پارامترهای محیطی بصورت توأم است. بنابراین توجه به ارزیابی و تدوین استاندارد مواجهه بصورت توأم ضرورت می‌یابد. صدا و گرما از جمله پارامترهای محیطی هستند که شیوع بیشتری در محیط های کاری رادار می باشند(۳-۴).

استرس گرما درک شده توسط شاغلین تنها به دمای ثبت شده توسط دماسنج مربوط نیست، بلکه سایر فعالیت‌های شاغل در حین انجام کار، میزان متابولیسم، میزان و مشخصات لباس می تواند در ایجاد تنش درک شده توسط شاغل موثر باشند(۵). بر اساس گزارش‌ها بیش از ۱۵۰۰ روز کاری ازدست‌رفته برای کارگران در اثر مواجهه با استرس گرمایی در محیط‌های کاری آمریکا ثبت شده است(۶). مطالعات مختلف اثبات کرده‌اند که استرس گرمایی باعث تغییرات فیزیولوژیک و ترشح برخی هورمون‌های متابولیک ازجمله کورتیزول و نور آدرنالین در بدن انسان می‌شود. اثرات استرس گرمایی بر عملکرد شناختی و فیزیولوژی انسان کمتر مورد توجه قرارگرفته است(۷-۹). علی‌رغم اهمیت این موضوع، حتی استانداردهای مواجهه شغلی با گرما تلاش می‌نمایند تا حدود مواجهه در محیط‌های کاری گرم را بر مبنای معیارهای فیزیولوژیکی و پزشکی تنظیم نمایند(۱۰-۱۱). بنابراین به‌منظور افزایش ایمنی محیط‌های کاری و پیشگیری از بروز حوادث ناگوار شغلی، باید نسبت به ارزیابی توانایی‌های شناختی، رفتاری و فیزیولوژیکی افراد تمرکز و توجه بیشتری نمود. عدم آسایش حرارتی در محیط کار می‌تواند علل ریشه بسیاری از حوادث و خطاهای انسانی منجر به مرگ باشد. مطالعات گذشته ارتباط بین تنش حرارتی و رفتارهای ناایمن و تعداد خطا و کاهش توجه را نشان می دهد. اتماجا و همکاران دریافتند با افزایش دمای محیط، اعمال ناایمن افزایش می‌یابد(۱۲-۱۳).

یکی دیگر از این پارامترهای محیطی مهم که می‌تواند استرس بالایی بر کارکنان وارد کند، صدا می‌باشد و در اغلب محیط‌های کاری وجود دارد.(۱۴) در برخی شهرها پس از استعمال دخانیات و آلودگی هوا، صدا دومین عامل مهم سکته قلبی به شمار می‌رود(۱۵-۱۲). طبق برآورد سازمان جهانی بهداشت در کشورهای با درآمد بالا در اروپای غربی (جمعیت حدود ۳۴۰ میلیون نفر)، هرساله به دلیل صدای محیطی حداقل یک میلیون سال زندگی سالم از بین می‌رود(۱۶). صدا اثرات گسترده‌ای از تداخل بر پردازش شناختی تا اثرات مخرب بر روی سلامت جسمی و روانی افراد دارد(۱۷-۱۸). همچنین منجر به اختلالات شناختی، اختلالات خواب و بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود(۱۹-۲۰)، از این رو مطالعه اثرات صدا بر عملکرد شناختی و فیزیولوژی انسان حائز اهمیت است.

آنالیز عملکردهای شناختی نیز در شرایط سطوح بالای استرسورهای محیطی برای تعیین پارامترهای طراحی محیط کاری بسیار قابل توجه است زیرا روبه روز فعالیت‌های انجام شده در محیط‌های کاری، ماهیت شناختی روبه افزایش است. بطور کلی مطالعات کمی به بررسی توانایی‌های شناختی تحت شرایط استرس حرارتی و مواجهه توام با صدا در سطوح مختلف پرداخته‌اند و دانش کمی در این زمینه وجود دارد. بر همین اساس تلاش‌های زیادی برای ایجاد یک حدود مجاز شغلی مبتنی بر عملکردشناختی و با بهره‌مندی از عملکرد فیزیولوژیکی می‌تواند صورت گیرد. لذا هدف از این مطالعه بررسی اثرات حاد مواجهه توام صدا و گرما بر ترشح کورتیزول به عنوان

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

یک شاخص فیزیولوژیک و توجه دیداری و شنیداری به عنوان شاخص شناختی می‌باشد.

روش کار

این مطالعه تجربی بصورت مداخله ای طراحی شد و به منظور بررسی اثرات مواجهه مستقل و توأم صدا و گرما بر عملکرد شناختی (توجه دیداری و شنیداری) و برخی پارامترهای فیزیولوژی (هورمون کورتیزول) بر روی افراد در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۷۲ نفر از دانشجویان (۳۶ مرد و ۳۶ زن) در رنج سنی ۲۳ تا ۳۳ سال از دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی بودند. به منظور جلب مشارکت دانشجویان به شرکت در مطالعه فراخوان بصورت انتشار اطلاعیه در سایت دانشگاه، بوردهای دانشجویی اطلاع رسانی شد. از بین داوطلبین، افرادی انتخاب شدند که سابقه مصرف داروهای قلبی عروقی، ضدافسردگی و آرام‌بخش، خواب‌آور و داروهای ضد اختلالات تیروئیدی، افت شنوایی بیشتر از ۲۵ دسی بل، اختلالات خواب نداشته باشند. پیش‌از مراجعه شرکت‌کننده به آزمایشگاه از آنها خواسته شد در چند ساعت قبل از انجام آزمایشات مصرف نسکافه و قهوه نداشته باشند و از هرگونه خوردن و آشامیدن نیم ساعت قبل از شروع آزمایش پرهیز نموده و یک ساعت قبل از نمونه‌گیری بزاق از مسواک زدن خوداری نمایند.

به منظور ارزیابی شرکت‌کننده از نظر ملاک‌های ورود و خروج از مطالعه، مشخصات مربوطه طی پرسشنامه دموگرفیک توسط داوطلبین تکمیل شد و ارزیابی افت شنوایی شرکت‌کنندگان در مطالعه، توسط دستگاه ادیومتر Mevox ASB15 انجام شد.

رویه اجرایی مطالعه

داوطلبین شرکت در مطالعه به‌صورت تصادفی در یکی از چهار گروه مطابق طرح آزمایش (جدول۱) قرار داده شدند. انتخاب شیوه و تراز مواجهه با صدا و گرما بر اساس مطالعات گذشته بود(۲۱-۲۴). سپس آموزش‌ها و نحوه انجام آزمون به شرکت‌کننده ارائه شد. هر گروه از داوطلبان آزمایش‌های مختلف را در ۴ گام مطابق طرح آزمایش، به مدت ۳۰ دقیقه تحت مواجهه با صدا و گرما انجام دادند و سپس بین هر گام نیز به مدت نیم ساعت به شرکت‌کنندگان استراحت داده شد. نمونه بزاق قبل و بلافاصله بعد از مواجهه با صدا و گرما جمع‌آوری شد. همچنین شرکت‌کنندگان هنگام مواجهه با ترازهای مختلف صدا و گرما آزمون عملکرد پیوسته دیداری و شنیداری (IVA) انجام دادند. همزمان با مواجهه و آزمون IVA انجام شد (شکل۱). در پایان آزمایش نیز با دادن پاداشی از شرکت‌کنندگان تقدیر به عمل آمد. لازم به ذکر است کلیه اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰- ۱۲ صبح انجام پذیرفت.

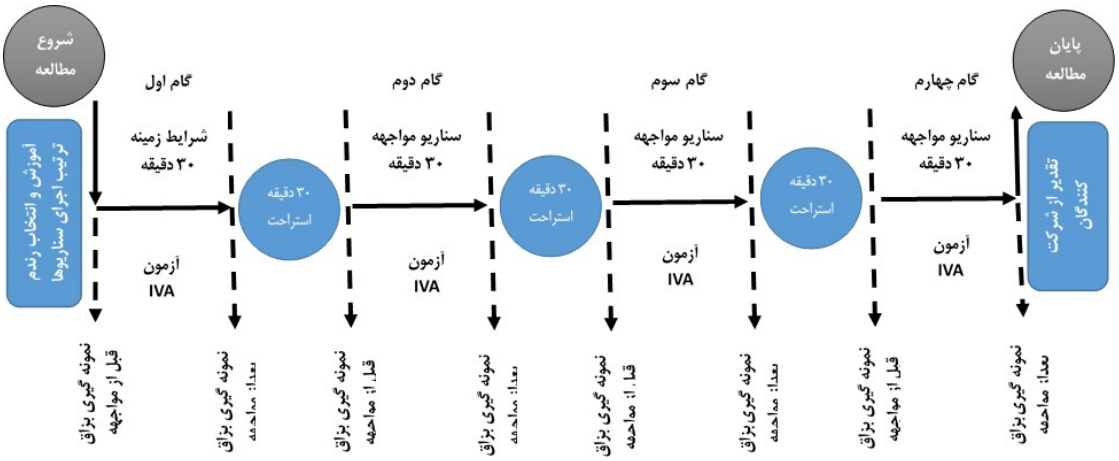
محیط آزمایشگاه

برای انجام این پژوهش از دو اتاق مجاور هم استفاده شد. یکی از آن‌ها آزمایشگاه شرایط جوی بود که محل اصلی برگزاری آزمون‌ها بود و اتاق دیگر محل استقرار

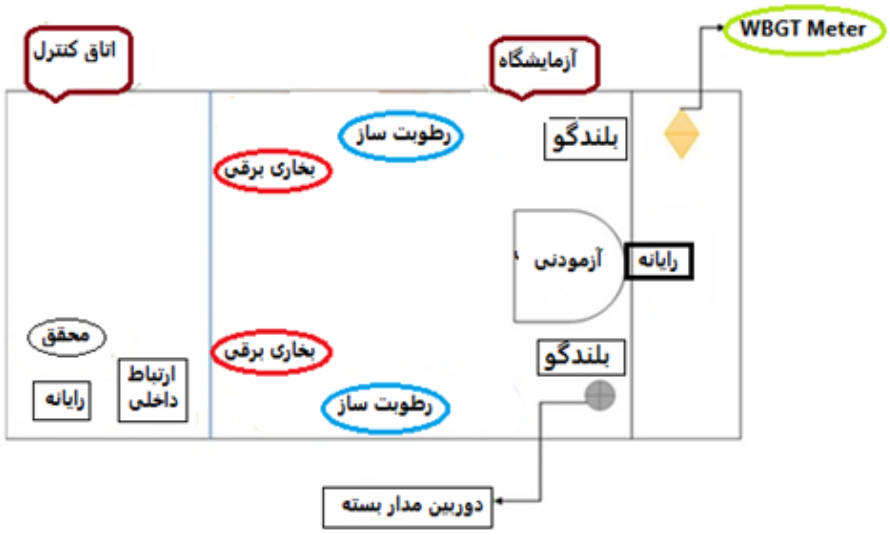
جدول ۱: گروه بندی شرکت کنندکان در سطوح مختلف مواجهه با صدا و گرما

گروه‌های شرکت‌کننده	گام اول	گام دوم	گام سوم	گام چهارم	تعداد شرکت‌کننده
۱	$SPL_{45}+WBGT_{22}$	$SPL_{75}+WBGT_{22}$	$SPL_{45}+WBGT_{29}$	$SPL_{75}+WBGT_{29}$	۱۸
۲	$SPL_{45}+WBGT_{22}$	$SPL_{85}+WBGT_{22}$	$SPL_{45}+WBGT_{34}$	$SPL_{85}+WBGT_{34}$	۱۸
۳	$SPL_{45}+WBGT_{22}$	$SPL_{95}+WBGT_{22}$	$SPL_{95}+WBGT_{29}$	$SPL_{95}+WBGT_{34}$	۱۸
۴	$SPL_{45}+WBGT_{22}$	$SPL_{75}+WBGT_{22}$	$SPL_{75}+WBGT_{34}$	$SPL_{85}+WBGT_{29}$	۱۸

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]



شکل ۱: رویه اجرای مطالعه



شکل ۲: پلان افقی محیط آزمایش

پژوهشگر بود. محقق به کمک یک دستگاه رایانه متصل به سیستم دوربین مداربسته و دستگاه ارتباط داخلی با آزمودنی‌ها ارتباط برقرار نموده و شرایط آزمایشگاه را پایش می‌نمود (شکل ۲).

در آزمایشگاه برای ایجاد شرایط گرمایی مورد نیاز آزمایش از دو دستگاه بخاری‌برقی فن دار مدل EFHA 2200 ساخت ایران استفاده شد. این بخاری‌ها در دو طرف سمت چپ و راست آزمودنی‌ها پشت سر آن‌ها روی زمین با فاصله حداقل ۳ متر قرار گرفتند. همچنین برای فراهم کردن رطوبت نسبی مورد نیاز آزمایشگاه از دو دستگاه رطوبت ساز Beurer مدل LB60 ساخت کشور آلمان استفاده شد. برای پخش صدا نیز از یک دستگاه رایانه و دو دستگاه بلندگو استفاده شد که بلندگوها به‌صورت متقارن و در فاصله ۱/۵ متری از افراد روی میز کار ثابت‌شده بودند. برای تعیین رطوبت نسبی در این مطالعه از رطوبت‌سنج آسمن مدل DDR-8060 Dresden ساخت شرکت EAW کشور امریکا استفاده شد. دقت دماسنج‌های دستگاه ۰/۱ ±oC می‌باشد. دامنه اندازه‌گیری این دستگاه

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

۳۲- الی ۴۱+ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در این پژوهش جهت مواجهه با صدا، صدا در یک کارخانه تولید لوازم‌خانگی ضبط و از طریق نرم‌افزار Cool edit tool ویرایش و مورد استفاده قرار گرفت. در طول مدت‌زمان مواجهه آزمودنی‌ها با صدا، ترازفشارصوت در محدوده‌ی شنوایی افراد، در داخل اتاق توسط دستگاه صداسنج کالیبره شده B&K مدل ۲۲۳۸ کنترل شد.

آزمون عملکرد پیوسته دیداری و شنیداری یکپارچه (IVA+PLUS)

آزمون IVA[1]، یک آزمون پیوسته دیداری شنیداری ۸ دقیقه‌ای است که انواع توجه و کنترل پاسخ را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. تکلیف آزمون شامل پاسخ یا عدم پاسخ (بازداری پاسخ) به ۵۰۰ محرک آزمون می‌باشد. بنابراین، آزمون به حفظ توجه نیاز دارد. وظیفه آزمودنی در این آزمون این است که هنگام دیدن یا شنیدن عدد ۱، یکبارکلیک کند و اگر عدد ۲ را دید یا شنید هیچ واکنشی نشان ندهد. بنابراین، آزمودنی باید چهار قانون را به خاطر داشته باشد، وقتی "۱ را دید، کلیک کند، وقتی "۱را شنید کلیک کند، وقتی "۲ را دید کلیک نکند، وقتی "۲ را شنید کلیک نکند. این آزمون در تحقیق مدنی و همکاران (۲۵) در بررسی توجه مورد استفاده قرار گرفت و اظهار نمودند که این آزمون دارای حساسیت مناسب ۹۲ درصد و قدرت پیش‌بینی ۸۹ درصد است. نسخه فارسی این آزمون در پژوهش بخشی و همکاران دارای ضریب اعتبار ۵۳ تا ۹۳ درصد می‌باشد(۲۶).

اندازه‌گیری غلظت کورتیزول بزاق

در این مطالعه برای ارزیابی اثرات صدا و گرما بر کورتیزول از نمونه‌گیری بزاق دهان استفاده شد، به‌طوری‌که از افراد خواسته شد در شروع و انتهای حالت‌های مختلف مواجهه با صدا و گرما داخل یک میکروتیوب ۲ میلی‌لیتری درب دار سردشده در یخچال بلافاصله بزاق خود را تخلیه کنند. به آن‌ها یادآوری شد که سرفه نکنند و خلط خود را داخل میکروتیوب منتقل نکنند. به‌منظور برداشت ذرات ریز از بزاق دهان نمونه‌ها، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و نمونه بزاق تهیه شده جهت بررسی به آزمایشگاه ارسال شد.

برای اندازه‌گیری کمی غلظت کورتیزول بزاق ازکیت‌های سنجش کورتیزول بزاق زلبیو ساخت کشور آلمان به شماره (Zell Bio GmbH Cat. No : ZB-S11003-H9648) استفاده شد. این کیت ها بر اساس تکنولوژی ساندویچ آنتی‌بادی بیوتین عمل می‌کنند. از ویژگی‌های کیت‌های مورداستفاده در این مطالعه اختصاصی بودن آن‌ها برای کارهای تحقیقاتی می‌باشد در مورد حساسیت کیت بیان‌شده است که حداقل دوز قابل‌تشخیص آن برابر ۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر می‌باشد. به عبارتی حساسیت یا کمترین حد تشخیص (LDL) این کیت به‌عنوان کمترین غلظت کورتیزول که می‌تواند از صفر متفاوت باشد، تعریف‌شده است. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها از الایزاریدر مدل ELx800 ساخت شرکت BioTek استفاده شد.

یافته ها

اثر صدا بر کورتیزول بزاق

به منظور آنالیز آماری و بررسی سطح معناداری، اختلاف میانگین کورتیزول قبل و بعد از مواجهه با ترازهای مختلف صدا، با تفاضل آن در حالت زمینه مقایسه شد. تفاضل میانگین‌های کورتیزول بزاق قبل و بعد از مواجهه در ترازهای مختلف صدای صنعتی و مقایسه آن با حالت زمینه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تفاضل میانگین کورتیزول بزاق قبل و بعد از مواجهه در ترازهای ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل افزایش پیدا کرده است و این افزایش نسبت به حالت زمینه از لحاظ آماری معنادار می‌باشد($P<۰/۰۵$). در تراز فشار صدای ۷۵ دسی‌بل تغییرات کورتیزول قبل و بعد از مواجهه جزئی و نسبت به حالت زمینه ازلحاظ آماری معنادار نمی‌باشد ($P>۰/۰۵$). نتایج نشان داد که میانگین تغییرات کورتیزول بزاق بین دو تراز فشار صدای ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل

1. Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test (IVA+Plus)

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

جدول۲: تغییرات کورتیزول بزاق(نانوگرم بر میلی‌لیتر) افراد موردمطالعه بعد از مواجهه با ترازهای مختلف صدا و ضرایب مقایسه آن با تغییرات حالت زمینه

حالت مواجهه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	بتا	P-value
$SPL_{95}+WBGT_{22}$	۳/۱۸	۱/۶۵	-۰/۲۵	۵/۳۴	۲/۸۱	<۰/۰۰۱
$SPL_{85}+WBGT_{22}$	۱/۰۷	۱/۲۰	-۱/۲۰	۳/۰۰	۰/۷۰	۰/۰۱
$SPL_{75}+WBGT_{22}$	۰/۳۰	۰/۹۶	-۱/۶۵	۳/۳۳	-۰/۰۶	۰/۷۲
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	۰/۳۶	۰/۶۷	-۰/۸۰	۲/۵۳	-	-

جدول ۳: تغییرات کورتیزول بزاق (نانوگرم بر میلی‌لیتر) افراد موردمطالعه بعد از مواجهه با مقادیر مختلف گرما و ضرایب مقایسه آن با تغییرات حالت زمینه

حالت مواجهه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	بتا	P-value
$SPL_{45}+WBGT_{34}$	۲/۶۲	۱/۲۰	۰/۱۹	۴/۵۴	۲/۴۴	<۰/۰۰۱
$SPL_{45}+WBGT_{29}$	۰/۹۵	۱/۴۰	-۲/۲۰	۳/۹۱	۰/۷۶	۰/۰۲
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	۰/۱۸	۰/۶۴	-۰/۸۱	۲/۳۶	-	-

آ دارای اختلاف قابل ملاحظه و از لحاظ آماری معنادار می‌باشد(P <۰/۰۰۱). بررسی تفاضل میانگین‌های کورتیزول بزاق قبل و بعد از مواجهه در گروه مردان و زنان نشان داد که افزایش کورتیزول بزاق بعد از مواجهه در مردان نسبت به زنان بیشتر بود، اما افزایش آن جزئی و ازلحاظ آماری معنادار نمی‌باشد (P-value = ۰/۰۶۷ و B = ۰/۷۱). نتایج نشان داد که تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه با صدا در گروه مردان نسبت به زنان به میزان ۰/۷۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر بیشتر است.

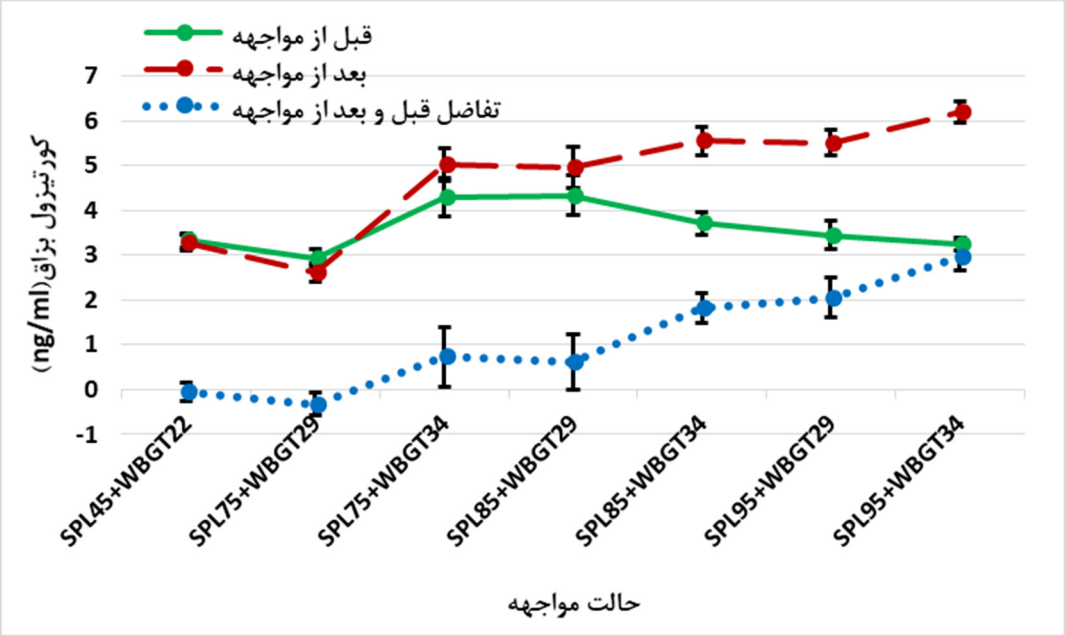
اثر گرما بر کورتیزول بزاق

در جدول ۳ میانگین تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه با مقادیر مختلف گرما ارائه‌شده است. برای بررسی سطح معناداری، تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه با سطوح مختلف گرما نسبت به حالت زمینه آنالیز شده است. نتایج نشان داد که تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه در مقادیر ۲۹ و ۳۴ درجه سانتی گراد نسبت به تغییرات آن در حالت زمینه افزایش قابل‌توجهی داشته است و این افزایش ازلحاظ آماری معنادار می‌باشد (P<۰/۰۵). نتایج آزمون آماری معادلات برآورد تعمیم یافته نشان داد که میانگین تغییرات کورتیزول بزاق بین دو سطح گرمای ۲۹ و ۳۴ درجه سانتی گراد دارای تفاوت قابل ملاحظه و از لحاظ آماری معنادار می‌باشد(P<۰/۰۰۱). تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه با گرما در دو گروه مردان و زنان نشان داد که افزایش کورتیزول بزاق در اثر مواجهه با مقادیر مختلف گرما در مردان بیشتر از زنان می‌باشد، اما این افزایش جزئی و از لحاظ آماری معنادار نمی‌باشد (P-value = ۰/۰۸۶ و B = ۰/۴۴). نتایج بیانگر این است که تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه با گرما در گروه مردان نسبت به زنان به ۰/۴۴ نانوگرم بر میلی لیتر بیشتر است.

اثر مواجهه توأم صدا و گرما بر کورتیزول بزاق

نتایج اثر مواجهه توأم صدا و گرما بر کورتیزول بزاق در شکل ۳ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه در ترازهای ($SPL_{85}+WBGT_{34}$، $SPL_{95}+WBGT_{29}$ و $SPL_{95}+WBGT_{34}$) دارای روند مشخص و افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. طبق شکل ۳ در ۳ حالت مواجهه توأم دیگر میانگین تغییرات کورتیزول بزاق جزئی و روند مشخصی ندارد؛ بنابراین می‌توان گفت که در ترازهای بالاتر و در حد مجاز مواجهه صدا و گرما کورتیزول بزاق بیشتر تحت تأثیر و افزایش

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]



شکل ۳: میانگین غلظت کورتیزول بزاق افراد موردمطالعه قبل و بعد از مواجهه توأم با صدا گرما

جدول ۴: تغییرات غلظت کورتیزول بزاق (نانوگرم بر میلی‌لیتر) بعد از مواجهه توأم با صدا و گرما و ضرایب مقایسه آماری آن با تغییرات در حالت زمینه

حالت مواجهه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	بتا	P-value
$SPL_{95}+WBGT_{34}$	۲/۹۷	۱/۳۷	-۰/۸۹	۴/۹۰	۳/۰۲	۰/۰۰۱ >
$SPL_{95}+WBGT_{29}$	۲/۰۵	۱/۹۸	-۱/۳۴	۶/۰۰	۲/۱۰	۰/۰۰۱ >
$SPL_{85}+WBGT_{34}$	۱/۸۳	۱/۴۰	-۱/۰۰	۴/۱۱	۱/۸۸	۰/۰۰۱
$SPL_{85}+WBGT_{29}$	۰/۶۲	۲/۸۰	-۳/۱۲	۵/۳۴	۰/۶۷	۰/۳۳
$SPL_{75}+WBGT_{34}$	۰/۷۳	۲/۸۵	-۴/۱۱	۵/۰۰	۰/۷۸	۰/۲۳
$SPL_{75}+WBGT_{29}$	-۰/۳۲	۱/۰۵	۱/۸۵	۳/۸۹	-۰/۲۷	۰/۲۶
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	-۰/۰۵	۰/۲۹	-۰/۷۳	۰/۶۹	-	-

مقدار پیدا می‌کند؛ اما در ترازهای کمتر از حدمجاز مواجهه تغییرات کورتیزول بزاق جزئی و روند مشخص و یکسانی ندارد.

بررسی سطح معناداری تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه توأم با صدا و گرما نسبت به تغییرات آن در حالت زمینه نشان داد که در سه حالت مواجهه توأم ($SPL_{75}+WBGT_{29}$، $SPL_{75}+WBGT_{34}$ و $SPL_{85}+WBGT_{29}$) افزایش یا کاهش کورتیزول بزاق ازلحاظ آماری معنادار نمی‌باشد ($P<۰/۰۵$)؛ اما در سه حالت دیگر مواجهه توأم طبق جدول ۴ تغییرات کورتیزول بزاق نسبت به تغییرات آن در حالت زمینه افزایش معناداری پیداکرده است ($P<۰/۰۵$). نتایج مقایسه میانگین تغییرات کورتیزول بزاق بین سه حالت مواجهه توأم $SPL_{95}+WBGT_{34}$، $SPL_{95}+WBGT_{29}$ و $SPL_{85}+WBGT_{34}$ نشان داد که دارای اختلاف قابل ملاحظه و از لحاظ آماری معنادار می‌باشد ($P<۰/۰۵$). بررسی نقش جنسیت بر تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه ترکیبی با صدا و گرما نشان داد که افزایش

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

جدول ۵: میانگین نمره توجه شنیداری و دیداری افراد تحت مواجهه مواجهه توأم با صدا و گرما نسبت به حالت زمینه

حالت مواجهه	توجه شنیداری					توجه دیداری				
	میانگین	انحراف معیار	دامنه	بتا	P-value	میانگین	انحراف معیار	دامنه	بتا	P-value
$SPL_{95}+WBGT_{34}$	۹۲/۳۳	۱۰/۳۶	-۱۱۰ ۷۰	-۸/۳۳	<۰/۰۰۱	۹۱/۲۲	۱۳/۱۱	-۱۱۳ ۷۳	-۱۰/۸۳	۰/۰۰۱
$SPL_{95}+WBGT_{29}$	۹۴/۳۳	۱۰/۵۲	-۱۱۴ ۸۰	-۶/۳۳	۰/۰۰۷	۹۴/۵۵	۴۷۱۲	-۱۱۷ ۷۵	-۷/۵۰	۰/۰۱
$SPL_{85}+WBGT_{34}$	۹۷/۰۰	۹/۸۹	۸۶-۱۲۰	-۳/۶۶	۰/۱۱	۱۰۰/۵۵	۱۲/۸۸	-۱۲۷ ۸۰	-۱/۵۰	۰/۶۲
$SPL_{85}+WBGT_{29}$	۱۰۰/۷۲	۱۱/۴۹	-۱۱۹ ۸۲	۰/۰۵	۰/۹۸	۹۹/۰۱	۹/۸۲	-۱۲۰ ۸۷	-۳/۰۵	۰/۱۹
$SPL_{75}+WBGT_{34}$	۹۸/۶۱	۷/۷۶	-۱۱۸ ۸۵	-۲/۰۵	۰/۲۸	۹۸/۶۱	۱۰/۵۱	-۱۲۰ ۸۷	-۳/۴۴	۰/۱۷
$SPL_{75}+WBGT_{29}$	۹۷/۷۲	۱۱/۰۸	-۱۱۸ ۸۰	-۲/۹۴	۰/۲۴	۱۰۵/۱۶	۶/۵۲	-۱۱۷ ۹۰	۳/۱۱	۰/۰۷
$SPL_{45}+WBGT_{22}$	۱۰۰/۶۶	۵/۹۵	-۱۱۸ ۸۵	-	-	۱۰۲/۰۵	۶/۷۶	-۱۱۴ ۸۸	-	-

کورتیزول بزاق بعد از مواجهه در مردان بیشتر از زنان می‌باشد، اما این افزایش جزئی و ازلحاظ آماری معنادار نمی‌باشد (P-value = ۰/۰۷۱ و B = ۰/۵۱). نتایج نشان داد که تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه توأم با صدا و گرما در گروه مردان نسبت به زنان به میزان ۰/۵۱ نانوگرم بر میلی لیتر بیشتر است.

اثر مواجهه توأم صدا و گرما بر توجه دیداری و شنیداری

آنالیز آماری نمره توجه شنیداری و دیداری افراد موردمطالعه در هنگام مواجهه توأم با صدا و گرما در جدول ۵ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که میانگین نمره توجه شنیداری و دیداری در دو حالت ($SPL_{95}+WBGT_{34}$) و ($SPL_{95}+WBGT_{29}$) نسبت به حالت زمینه کاهش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است و این کاهش ازلحاظ آماری معنادار می‌باشد (P<۰/۰۵). طبق جدول ۵ در ۴ حالت مواجهه ترکیبی دیگر در نمره توجه شنیداری و دیداری، روند مشخص کاهشی یا افزایشی مشاهده نمی‌شود و این تغییرات ازلحاظ آماری معنادار نمی‌باشند (P>۰/۰۵). نتایج نشان داد که در ترازهای بیشتر از حد مجاز مواجهه با صدا و گرما تغییرات محسوس و قابل‌توجه است، اما در ترازهای کمتر یا در حد مجاز مواجهه با صدا و گرما تغییرات کمتری در توجه به وجود آمده است. آنالیز آماری نشان داد که اختلاف میانگین نمره توجه دیداری بین دوحالت مواجهه $SPL_{95}+WBGT_{34}$ و $SPL_{95}+WBGT_{29}$ از لحاظ آماری معنادار می‌باشد(P<۰/۰۵). اما در توجه شنیداری اختلاف میانگین بین این دو حالت مواجهه معنادار نمی‌باشد(P>۰/۰۵). میانگین تغییرات نمره توجه شنیداری و دیداری در دو گروه مردان و زنان شرکت‌کننده در مطالعه در مواجهه توام با صدا و گرما نشان داد که تغییرات نمره توجه شنیداری در گروه مردان نسبت زنان بیشتر است، اما از لحاظ آماری این تغییرات نمره توجه شنیداری بین دو گروه غیر معنادار است(P-value = ۰/۱۶ و B = ۱/۵۲). نتایج نشان می‌دهد که تغییرات توجه شنیداری در مردان نسبت به زنان به اندازه ۱/۵۲ نمره بیشتر است. میانگین تغییرات نمره توجه دیداری برخلاف توجه شنیداری در گروه مردان نسبت به زنان کمتر است، اما این تغییرات توجه دیداری بین دو گروه از لحاظ آماری غیر معنادار می‌باشد(P-value = ۰/۳۶ و

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

B = -۰/۹۴). نتایج بیانگر این است که میزان تغییرات توجه دیداری در مردان نسبت به زنان به اندازه ۰/۹۴ نمره کمتره است.

بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که مواجهه مستقل با صدا در ترازهای ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل، تفاضل میانگین‌های کورتیزول بزاق قبل و بعد از مواجهه به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) افزایش پیدا می‌کند، اما تغییرات کورتیزول بزاق بعد از مواجهه با صدا در تراز ۷۵ دسی‌بل به‌صورت جزئی و غیر معنادار (P>۰/۰۵) می‌باشد. نتایج مواجهه مستقل نشان داد که کورتیزول بزاق در ترازهای صدای حد مجاز و بالاتر مواجهه شغلی یعنی صدای ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد کورتیزول بزاق شاخص مناسبی برای مواجهه با صدا می‌باشد. به‌طوری‌که بعد از مواجهه با تراز صدای ۹۵ دسی‌بل کورتیزول بزاق۱۰۵ درصد افزایش پیدا می‌کند. کورتیزول بزاق افراد مورد مطالعه بعد از مواجهه با صدای تراز ۸۵ دسی‌بل، ۲۹/۱۸٪ افزایش پیدا نمود و در تراز ۷۵ دسی‌بل کورتیزول بزاق افزایش جزئی غیرمعنادار ۹/۳۱٪ نشان داد. این نتایج نشان از حساسیت کافی کورتیزول بزاق در مواجهه با ترازهای مختلف صدا می‌باشد.

ارزیابی مواجهه مستقل صدا نشان داد که تنها مقادیر بالاتر از حد مجاز مواجهه شغلی بر عملکرد شناختی و رفتاری تأثیر قابل‌ملاحظه و معنادار دارد، اما برای کورتیزول بزاق ترازهای بالاتر و هم در حد مجاز مواجهه شغلی افزایش قابل‌ملاحظه و معناداری بر کورتیزول بزاق دارند. می‌توان گفت که شاخص‌های فیزیولوژیکی ازجمله کورتیزول بزاق نسبت به تغییرات عملکرد شناختی و رفتاری حساس‌تر هستند و در ارزیابی‌های محیطی می‌توانند مفیدتر باشند.

نتایج مطالعه Wagner و همکاران(۲۱)، در خصوص امکان‌سنجی بیومارکرهای استرس بزاقی برای مواجهه با صدای ترافیک نشان داد که کورتیزول بزاق و آلفا آمیلاز می‌توانند به‌عنوان بیومارکر صدا در مطالعات مورد ارزیابی قرار گیرند که این نتایج بامطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. نتایج مطالعه Stokholm و همکاران(۲۷)، در خصوص اثرات مواجهه صدای شغلی حاد و بلندمدت بر سطح کورتیزول بزاق نشان داد که هیچ ارتباط معناداری بین مواجهه صدای حاد (حدود ۸۰ دسی‌بل) با میزان کورتیزول بزاق در زمان‌های مختلف مشاهده نشد. نتایج این تحقیق بامطالعه Gitanjali و همکاران(۲۸) که نشان دادند میزان کورتیزول بزاق بعد از ۸ ساعت مواجهه با صدای ۷۵ دسی‌بل افزایش پیدا می‌کند، در تضاد بود. ممکن است تفاوت در ترازهای صوتی در فرکانس‌های صدا در مواجهه در تغییرات بیومارکر موثر باشد.

مطالعه Jin Sang و همکاران(۲۹)، نشان داد که مواجهه با صدای سفید با تراز فشار صوت ۱۱۰ دسی‌بل منجر به افزایش هورمون نور اپی نفرین (NE) و ۵ هیدرو کسی اندوالیتیک اسید (5- HIAA) در هیپوکامپ مغز موش می‌شود، اما در میزان، نور اپی نفرین و ۵ هیدرو کسی اندوالیتیک اسید موجود در پلاسما اختلاف معناداری مشاهده نشد. درپایان نتیجه‌گیری کردند که صدای سفید در ترازهای بالاتر از ۹۰ دسی‌بل به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان القاءکننده استرس شناخته می‌شود که می‌تواند باعث تغییرات هورمونی گردد. تغییرات هورمونی از طریق تحریک دو سیستم هورمونی اصلی بدن یعنی محور هیپوتالاموس – هیپوفیز – آدرنال (HPA) و سیستم سمپاتیک - آدرنال انجام می‌شود.

بررسی‌ها نشان داده است که استرس‌های محیطی باعث افزایش پاسخ‌های استرسی از طریق بیومارکرهای محور HPA و محور آدرنال – سیمپاتو می‌شود. به‌طوری‌که نتیجه محور آدرنال – سیمپاتو باعث تغییرات در آدرنالین و نور آدرنالین و به دنبال آن باعث افزایش ضربان قلب می‌شود. همچنین عملکرد هیپوتالاموس-هیپوفیز باعث تغییراتی در تراز کورتیزول، پرولاکتین و تستوسترون می‌شود(۳۰). نکته مهم در خصوص استفاده از کورتیزول بزاق در مطالعات به‌عنوان شاخص‌های صدا و استرس گرمایی، به دلیل اینکه میزان ترشح کورتیزول بزاق به ریتم سیر کادین وابسته است(۳۱)، باید توانایی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

تشخیص و افتراق اثر زمان بر ترشح کورتیزول بزاق را از عوامل استرس‌زا داشته باشیم. به همین دلیل در مطالعه حاضر نیز اندازه‌گیری کورتیزول قبل و بعد از مواجهه در همه حالت‌های آزمایشی و حتی در حالت زمینه نیز پیش‌و پس از آزمون‌های شناختی انجام گرفت. همچنین میزان تغییرات کورتیزول بزاق در حالت‌های مواجهه مختلف صدا و گرما باحالت زمینه مقایسه شد تا اثر زمان بر ترشح کورتیزول در نتایج به‌دست‌آمده فیلتر شده باشد.

نتایج مواجهه مستقل با گرما نشان داد که تغییرات کورتیزول بزاق قبل و بعد از مواجهه با گرما در سطوح شاخص دمای‌تر گوی‌سان ۳۴ و ۲۹ درجه سانتی گراد به‌طور قابل‌ملاحظه و معناداری ($P<۰/۰۵$) افزایش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهد که هر دو عامل زیان‌آور در ترازهای بالاتر و در حد مجاز مواجهه منجر به افزایش غلظت کورتیزول بزاق شده‌اند. مواجهه با گرما در سطح شاخص دمای‌تر گویسان ۳۴ درجه سانتی گراد منجر به افزایش ۷۴/۰۰ درصدی کورتیزول بزاق می‌شود. بعد از مواجهه با سطح گرمای ۲۹ درجه سانتی گراد نیز کورتیزول بزاق ۲۹/۰۴ درصد افزایش پیدا می کند. این نتایج نشان از اهمیت مواجهه با گرما در سطوح مجاز و بالاتر مواجهه شغلی بر هورمون‌های استرسی انسان ازجمله کورتیزول بزاق می‌باشد. در خصوص گرما نتایج نشان می‌دهد که ترازهای بالاتر و در حد مجاز مواجهه منجر به افزایش معنادار کورتیزول بزاق شده‌اند، اما تأثیر گرما بر عملکرد شناختی و رفتاری تنها در سطوح بالاتر از حد مجاز مواجهه منجر به کاهش قابل‌توجه و معنادار عملکرد شناختی می‌شود. بنابراین شاید بتوان گفت تأثیر گرما بر پارامترهای فیزیولوژیکی بیشتر از عملکرد شناختی است.

بررسی نتایج مطالعات دیگران در خصوص استفاده از کورتیزول به‌عنوان شاخص‌های استرس‌های گرمایی در برخی مطالعات تأییدی بر مطالعه حاضر است. Velli و همکاران(۳۲)، در تحقیقات خود نشان دادند که می‌توان از تغییرات غلظت کورتیزول بزاق به‌عنوان یک بیومارکر بالقوه در تحقیقات آسایش حرارتی استفاده نمود. گلبابایی و همکارانش (۳۳)، مطالعه‌ای در خصوص استرس گرمایی وتاثیر آن بر غلظت کورتیزول پلاسما کارگران در یک صنعت ذوب فلزات انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که استرس‌های فیزیکی محیط کاری نیز می‌توانند باعث تغییرات فیزیوژیکی ازجمله کورتیزول پلاسما در بدن انسان شوند. برخلاف مطالعه گلبابایی و همکاران (۳۳) اندازه‌گیری کورتیزول پلاسما محدودیت‌های خاص خود(ازجمله تهاجمی بودن روش، اندازه‌گیری کورتیزول کل نه کورتیزول آزاد فعال و هزینه‌بر بودن و...) دارد. کورتیزول، از کلسترول سنتز می‌شود، و مهمترین گلوکوکورتیکوئید تولید شده از قشر آدرنال کلیه می‌باشد. ترشح این هورمون در پاسخ به استرس بیوشیمیایی و سرکوب محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) می باشد که در سلامت و رویدادهای شناختی به انسان کمک می کند(۳۴،۱۱-۳۵). از آنجایی که اکثریت قریب به اتفاق اعمال کورتیزول به اتصال به گیرنده‌های سیتوزولی متکی است، تنها بخش کوچکی از کورتیزول آزاد می‌شود، و از سلول به فضای خارج سلولی و به جریان خون ترشح می‌گردد. به دلیل وزن مولکولی کم و ماهیت چربی دوست، کورتیزول از طریق انتشار غیرفعال وارد سلول‌ها می‌شود که اندازه‌گیری کورتیزول آزاد در بسیاری از مایعات بدن را امکان‌پذیر می‌کند. به همین دلیل در مطالعه کورتیزول از کورتیزول بزاق برای ارزیابی استرس گرمایی استفاده شد(۳۶).

McMorri وهمکاران(۳۷)، نشان دادند که غلظت کورتیزول بزاق پس از مواجهه با استرس گرمایی افزایش پیدا می‌کند و در پیش‌بینی اثرات ناشی از استرس گرمایی فاکتور مناسبی است. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که مواجهه با استرس گرمای علاوه برافزایش هورمون کورتیزول، باعث افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در دمای مرکزی بدن، ضربان قلب و مقاومت عروقی مغز افراد نیز می‌شود. همچنین گزارش‌هایی در خصوص تغییراتی در ترشح برخی از هورمون‌های متابولیک مانند هورمون‌های تیروئید و نور آدرنالین در شرایط استرس گرمائی منتشرشده است(۳۸-۴۰).

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

نتایج اثر مواجهه توأم صدا و گرما بر کورتیزول بزاق نشان داد که از ۶ حالت آزمایشی مواجهه توأم مورد ارزیابی ۳ حالت آزمایشی مواجهه توأم (SPL85+WBGT34، SPL95+WBGT29 و SPL95+WBGT34) باعث افزایش قابل‌ملاحظه و معنادار (P <۰/۰۰۱)، کورتیزول بزاق شده است و ۳ حالت مواجهه توأم دیگر یعنی (SPL75+WBGT29، SPL75+WBGT34 و SPL85+WBGT29) باعث تغییرات کاهشی یا افزایشی جزئی و غیر معنادار (P >۰/۰۵) کورتیزول بزاق شده است. بیشترین میزان افزایش کورتیزول بزاق به میزان ۹۱/۳۵٪ بعد از حالت مواجهه توأم SPL95+WBGT34 اتفاق افتاد. مقدار کورتیزول بزاق بعد از مواجهه در حالت SPL75+WBGT29 به میزان ۱۲/۲۱٪ کاهش جزئی و غیر معنادار پیدا کرد. نتایج نشان داد که در مواجهه توأم مانند مواجهه مستقل تنها ترازهای بیشتر و در حد مجاز مواجهه منجر به افزایش قابل‌ملاحظه کورتیزول بزاق شدند و در ترازهای کمتر از حد مجاز مواجهه کاهش یا افزایش قابل‌ملاحظه تغییرات کورتیزول بزاق مشاهده نشد. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ترکیب عوامل زیان‌آور فیزیکی ازجمله صدا و گرما بر غلظت کورتیزول بزاق دارای اثرات متقابل معنی‌داری نیستند. به عبارتی شاید بتوان گفت که این دو عامل زیان‌آور دارای اثرات هم‌افزایی نیستند.

نتایج مطالعه Schnell و همکاران(۴۱) ازاین‌جهت که تأثیر صدا بر پارامترهای فیزیولوژیکی بیشتر از گرما است، تأییدی بر مطالعه حاضر است. Chao و همکاران (۴۲)، در مطالعه‌ای بر پیچیدگی بررسی اثرات مواجهه با عوامل زیان‌آور ترکیبی ازجمله صدا، دما و ارتعاش تأکید کردند. در این زمینه Huang و همکاران(۴۳) و Bavol'ar و همکاران(۴۴) بیان کردند، هنگامی‌که عوامل زیان‌آور محیطی در کنار هم باشند، اگر اثرات مواجهه ترکیبی نسبت به‌مواجهه مستقل برجسته‌تر و بیشتر باشد، تأثیرات یکدیگر را تقویت می‌کنند و مکانسیم تأثیرگذاری مشابهی دارند، اما اگر اثرات مواجهه مستقل برابر مواجهه ترکیبی باشند، احتمالاً آن‌ها دارای مکانیزم‌های تأثیرگذاری متفاوتی هستند. با توجه به اینکه امروزه در بیشتر محیط‌های شغلی و غیر شغلی این مواجهه به‌صورت ترکیبی است، بنابراین باید به این قضیه توجه و دقت بیشتری کرد.

نتایج تأثیر مواجهه توأم با ترازهای مختلف صدا و گرما بر توجه دیداری و شنیداری نشان داد که از بین ۶ حالت مواجهه توأم طبق جدول ۱ تنها دو حالت مواجهه توأم SPL95+WBGT34 و SPL95+WBGT29 نسبت به حالت زمینه باعث کاهش معنادار (P<۰/۰۵) توجه دیداری و شنیداری در افراد موردمطالعه شده است. در حالت مواجهه توأم SPL95+WBGT34 توجه شنیداری ۸/۲۷٪ و توجه دیداری ۱۰/۶۱٪ کاهش پیداکرده‌اند. توجه شنیداری و دیداری به ترتیب ۶/۲۸٪ و ۷/۳۴٪ کاهش نشان داده است. در چهار حالت مواجهه توأم دیگر تغییرات قابل‌ملاحظه و روند مشخص و یکسانی بر این متغیرهای وابسته مشاهده نشد (۰ P>/۰۵). به‌طوری‌که در بعضی حالت‌های آزمایشی بهبود عملکرد شناختی و رفتاری و در تعدادی حالات آزمایشی زوال عملکرد شناختی مشاهده شد.

از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اثبات کرد که در مواجهه توأم، در ترازهای بالاتر از حد مجاز مواجهه شغلی تأثیر صدا بر عملکرد بیشتر از گرما می‌باشد. در حالت‌های مواجهه توأم مختلف هنگامی که تراز صدا ۹۵ دسی‌بل بوده است تأثیر آن بیشتر از گرما در سطح دمای‌تر گوی‌سان ۳۴ درجه سانتی گراد می‌باشد. در تراز فشار صدای ۹۵ دسی‌بل به همراه سایر مقادیر گرما، کاهش قابل‌ملاحظه و معنادار توجه و افزایش بار شناختی افراد مشاهده شد؛ اما در حالتی که افراد تحت مواجهه با گرمای ۳۴ درجه سانتی گراد در کنار تراز صدای کمتر یا در حد مجاز مواجهه شغلی قرارگرفته‌اند تأثیر قابل‌ملاحظه و معناداری نداشته‌اند.

شواهد بیانگر این است که اثر توأم دو عامل صدا و گرما بر عملکردهای شناختی و رفتاری دارای اثرات متقابل معنی‌داری نیستند. همچنین در مواجهه‌های توأم با ترازهای کمتر و یا در حد مجاز مواجهه شغلی با صدا و گرما نمی‌توان با قاطعیت بهبود یا زوال عملکرد شناختی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

و رفتاری افراد را نشان داد. این نتایج بامطالعه مروری Hancock و Pierce (۴۵)، مطابقت دارد.

نتایج مطالعه Tiller و همکاران (۴۶)، در خصوص بررسی اثرات توأم صدا و گرما بر احساس آسایش حرارتی و عملکرد کاری افراد نشان داد که صدا قادر است درک افراد را از آسایش حرارتی تحت تأثیر قرار دهد، اما گرما نمی‌تواند تأثیری بر احساس صدا داشته باشد. هم‌چنین بر مبنای یافته‌های حاصل مشخص گردید که هیچ‌یک از فاکتورهای تراز صدا و دمای محیط در محدوده این مطالعه، تأثیری بر عملکرد افراد در وظایف تایپ کردن و بازبینی کردن اعداد نداشتند. دلیل این امر را می‌توان کوتاه بودن زمان مواجهه در حین انجام هر یک از این وظایف دانست. نتایج مطالعه فوق با نتایج مطالعه حاضر مطابقت ندارد که از دلایل آن می‌توان به پایین بودن ترازهای صدای موردمطالعه (۳۰، ۴۰ و ۵۰ دسی‌بل آ) در تحقیق Tiller و همکاران (۴۶)، اشاره کرد.

با توجه به اینکه امروزه در اکثر محیط‌های شغلی وغیرشغلی مواجهه با این عوامل استرسی به‌صورت ترکیبی است(۴۲)، توجه به استانداردهای مواجهه شغلی بسیار مهم است. از صنایع و مشاغلی که مواجهه با صدا و گرما به صورت توأم است می‌توان به صنایعی نظیر ریخته‌گری، ذوب فلزات، پتروشیمی، پالایشگاه‌ها، تولید سیمان، سکوهای نفتی و فرآیندهای شیمیایی اشاره کرد. درحال حاضر بیشتر استانداردها و حدود مجاز مواجهه شغلی با عوامل زیان‌آور فیزیکی که توسط مرکز سلامت و محیط کار ایران تدوین می‌شوند، بر مبنای مواجهه‌های مستقل عوامل زیان‌آور است. درحالی‌که در بسیاری از صنایع مواجهه‌ها به‌صورت ترکیبی است و پیشنهاد می‌گردد که این مسئله در تدوین استانداردهای محیط کار مورد توجه قرار گیرد. از طرف دیگر مطالعات بررسی‌شده نشان می‌دهد که بیشتر ارزیابی‌های عملکردهای رفتاری افراد در حیطه‌های ساده وظایف شناختی انجام‌شده است و نتایج این مطالعات و مطالعه حاضر روند مشخص و یکسانی نداشته است بنابراین در این مطالعه حرکت به‌سوی استفاده از ابزارها و فنّاوری‌های دیگر روز در حیطه بررسی بعد فیزیولوژی و نوروفیزیولوژی انسان برای پیدا کردن شاخص‌های مغزی و فیزیولوژی مناسب برای مواجهه با عوامل زیان‌آور ازجمله صدا و گرما ضروری است.

REFERENCES

1. Ivanov M. Reliability of the results from unplanned subjective assessment of the indoor air quality and thermal comfort parameters in small lecture room. Energy Procedia. 2016;85:295-302.
2. Maiti R. PMV model is insufficient to capture subjective thermal response from Indians. International Journal of Industrial Ergonomics. 2014;44(3):349-61.
3. Varjo J, Hongisto V, Haapakangas A, Maula H, Koskela H, Hyönä J. Simultaneous effects of irrelevant speech, temperature and ventilation rate on performance and satisfaction in open-plan offices. Journal of Environmental Psychology. 2015;44:16-33.
4. Ebrahimi H, Barakat S, Moradi B, Dehghan H, Sheykhdarani S. Assessment of Thermal Comfort within Dormitory of Isfahan University of Medical Sciences Based on ASHRAE Standard. International Journal of Occupational Hygiene. 2020;12(1):1-9.
5. Jacquot CM, Schellen L, Kingma BR, van Baak MA, van Marken Lichtenbelt WD. Influence of thermophysiology on thermal behavior: the essentials of categorization. Physiology & behavior. 2014;128:180-7.
6. Brown EN. Evaluation of Heat Stress and Strain in Electric Utility Workers: UCLA; 2013.
7. Wilson TE, Cui J, Zhang R, Crandall CG. Heat stress reduces cerebral blood velocity and markedly impairs orthostatic tolerance in humans. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2006;291(5):R1443-R8.
8. Sonnentag S, Fritz C. Endocrinological processes associated with job stress: Catecholamine and cortisol responses to acute and chronic stressors. Employee health, coping and methodologies: Emerald Group Publishing Limited; 2006.
9. Roth Z. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress-Experiences from the past and lessons for the present. Theriogenology. 2020;155:150-6.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

10. Melesse A, Maak S, Schmidt R, Von Lengerken G. Effect of long-term heat stress on key enzyme activities and T3 levels in commercial layer hens. Int J Livest Prod. 2011;2(7):107-16.
11. Collier RJ, Baumgard LH, Zimbelman RB, Xiao Y. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. Animal Frontiers. 2019;9(1):12-9.
12. Atmaja BG, Setyaningsih Y, Wahyuni I. Relationship of Noise Intensity, Heat Stress, and Physical Workload to Workers' Health Complaints at Semarang Timber Factory. Disease Prevention and Public Health Journal. 2022;16(2):138-46.
13. Habibi E, Dehghan H, Mousavi SM, Illbag P. Investigating the combined effects of heat and light color temperature on precision and speed in female students in laboratory conditions. Archives of Hygiene Sciences. 2021;10(4):315-22.
14. Arabacı A, Önler E. The effect of noise levels in the operating room on the stress levels and workload of the operating room team. Journal of PeriAnesthesia Nursing. 2021;36(1):54-8.
15. Haines MM, Stansfeld SA, Job RS, Berglund B, Head J. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. Psychological medicine. 2001;31(02):265-77.
16. Organization WH. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe: World Health Organization. Regional Office for Europe; 2011.
17. Schlittmeier S. Review of research on the effects of noise on cognitive performance 2017-2021. 2021.
18. Astuti RD, Suhardi B, Laksono PW, Susanto N, Muguro J. Literature Review: Impact of Noise on Cognitive Performance Using Electroencephalography. Applied Mechanics and Materials. 2023;913:131-47.
19. Said MAM, Wellun Z, Khamis NK. Effects of noise Hazards towards physiology especially heart rate performance among worker in manufacturing industry and their prevention strategies: a systematic review. Iranian Journal of Public Health. 2022;51(8):1706.
20. Cai C, Xu Y, Wang Y, Wang Q, Liu L. Experimental Study on the Effect of Urban Road Traffic Noise on Heart Rate Variability of Noise-Sensitive People. Frontiers in Psychology. 2022;12:749224.
21. Wagner J, Cik M, Marth E, Santner BI, Gallasch E, Lackner A, et al. Feasibility of testing three salivary stress biomarkers in relation to naturalistic traffic noise exposure. International journal of hygiene and environmental health. 2010;213(2):153-5.
22. Nassiri P, Monazzam MR, Asghari M, Zakerian SA, Dehghan SF, Folladi B, et al. The interactive effect of industrial noise type, level and frequency characteristics on occupational skills. 2014;3(2):61-5.
23. Zeydabadi A, Askari J, Vakili M, Mirmohammadi SJ, Ghovveh MA, Mehrparvar AH. The effect of industrial noise exposure on attention, reaction time, and memory. International archives of occupational and environmental health. 2019;92:111-6.
24. رستمی ر, زمانیان ز, زاده جج. Effects of Noise Exposure on Serum Cortisol and Some Blood Parameters in Steel Industry Workers. Journal of Health System Research. 2013;9(2):170-6.
25. Madani A, HEYDARI NL, Yaghoubi H, Rostami R. The effectiveness of neurofeedback with cognitive tasks on attention deficit/hyperactivity (adhd symptoms) in adulthood. 2016.
26. Bakhshi S. Effect of selected attention-related tasks on sustained attention in children with attention deficit hyperactive disorder: thesis for Bs of occupational therapy, occupational therapy faculty of …; 2010.
27. Stokholm ZA, Hansen ÅM, Grynderup MB, Bonde JP, Christensen KL, Frederiksen TW, et al. Recent and long-term occupational noise exposure and salivary cortisol level. 2014;39:21-32.
28. Gitanjali B, Ananth RJJooh. Effect of acute exposure to loud occupational noise during daytime on the nocturnal sleep architecture, heart rate, and cortisol secretion in healthy volunteers. 2003;45(3):146-52.
29. Jin SG, Kim MJ, Park SY, Park SN. Stress hormonal changes in the brain and plasma after acute noise exposure in mice. Auris Nasus Larynx. 2016.
30. Filaire E, Dreux B, Massart A, Nourrit B, Rama L, Teixeira A. Salivary alpha-amylase, cortisol and chromogranin A responses to a lecture: impact of sex. European journal of applied physiology. 2009;106(1):71-7.
31. Kaufman E, Lamster IB. The diagnostic applications of saliva—a review. Critical Reviews in oral biology & medicine. 2002;13(2):197-212.
32. Vellei M, Zhang M, Ben L, Natarajan S. Effect of a

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]

moderately warm environment on salivary cortisol level. 2017.

33. Ansari M, Mazloumi A, Abbassinia M, Farhang Dehghan S, Golbabaei FJH, Work Sa. Heat stress and its impact on the workers' cortisol concentration: A case study in a metal melding industry. 2014;4(2):59-68.
34. Oswald LM, Zandi P, Nestadt G, Potash JB, Kalaydjian AE, Wand GS. Relationship between cortisol responses to stress and personality. Neuropsychopharmacology. 2006;31(7):1583-91.
35. Staab CA, Maser E. 11β-Hydroxysteroid dehydrogenase type 1 is an important regulator at the interface of obesity and inflammation. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology. 2010;119(1-2):56-72.
36. Lee DY, Kim E, Choi MH. Technical and clinical aspects of cortisol as a biochemical marker of chronic stress. BMB reports. 2015;48(4):209.
37. McMorris T, Swain J, Smith M, Corbett J, Delves S, Sale C, et al. Heat stress, plasma concentrations of adrenaline, noradrenaline, 5-hydroxytryptamine and cortisol, mood state and cognitive performance. International Journal of Psychophysiology. 2006;61(2):204-15.
38. Wilson TE, Cui J, Zhang R, Crandall CGJAJoP-R, Integrative, Physiology C. Heat stress reduces cerebral blood velocity and markedly impairs orthostatic tolerance in humans. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2006;291(5):R1443-R8.
39. Sonnentag S, Fritz C. Endocrinological processes associated with job stress: Catecholamine and cortisol responses to acute and chronic stressors. Employee health, coping and methodologies: Emerald Group Publishing Limited; 2006. p. 1-59.
40. Melesse A, Maak S, Schmidt R, Von Lengerken GJIJoLP. Effect of long-term heat stress on key enzyme activities and T3 levels in commercial layer hens. International Journal of Livestock Production. 2011;2(7):107-16.
41. Schnell I, Potchter O, Epstein Y, Yaakov Y, Hermesh H, Brenner S, et al. The effects of exposure to environmental factors on heart rate variability: An ecological perspective. Environmental pollution. 2013;183:7-13.
42. Chao P-C, Juang Y-J, Chen C-J, Dai Y-T, Yeh C-Y, Hu C-Y. Combined effects of noise, vibration, and low temperature on the physiological parameters of labor employees. The Kaohsiung journal of medical sciences. 2013;29(10):560-7.
43. Huang X-q, Li M, Yuan Y-y, Xiong Y-f, Zheng L. Experimental investigation on noise radiation characteristics of pulse detonation engine–driven ejector. Advances in Mechanical Engineering. 2015;7(6):1687814015586934.
44. Bavoľár J, Orosová Og. Decision-making styles and their associations with decision-making competencies and mental health. Judgment and Decision making. 2015;10(1):115-22.
45. Hancock P, Pierce J. Combined effects of heat and noise on human performance: A review. American Industrial Hygiene Association Journal. 1985;46(10):555-66.
46. Tiller D, Wang LM, Musser A, Radik M. AB-10-017: Combined effects of noise and temperature on human comfort and performance (1128-RP). 2010.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2025-01-05]