Iran Occupational Health

Iran Occupational Health. 2022 (01 Apr);19: 7

Original Article

http://ioh.iums.ac.ir

Study of the effect of simultaneous exposure to noise and heat stress on the activity level of biceps and flexor muscles

Hamideh Bidel, MSc student of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Amir Salar Jafarpisheh, Department of Ergonomics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
Noradin Gharari, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Siamak Sabour, Department of Clinical Epidemiology, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Ali Salehi sahlabadi, (*Corresponding author), Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. asalehi529@gmail.com

Abstract

Background and aims: In the workplace, harmful factors such as noise and heat stress can have adverse effects on muscle activity. This study was performed to investigate the effect of simultaneous exposure to noise and heat stress on the activity level of biceps and flexor muscles.

Methods: This experimental study was performed on 24 male students in laboratory conditions. Participants in three groups were exposed to SPL of 75, 85 and 95 dBA and WBGT =22, 30 and 35°C randomly. During light manual activity, the activity level of biceps and flexor muscles was measured in a sitting position using surface Electromyography. Normalized RMS (Root Mean Square) of muscles was used to compare the level of muscle activity in different conditions. ANOVA test was used to examine the relationship between variables.

Results: The mean (SD) age of the participants was 21±1.6 years. Based on the muscle activity WBGT=30°C and SPL=85 dB were defined as border points in changes of biceps activity. The highest and lowest levels of flexor muscle activity were observed at SPL of 75 and 95 dB, respectively. The interaction between noise and heat stress exposure show that exposure to both factors causes significant changes in muscle activity levels (P.value<0.05).

Conclusion: Exposure to noise and heat stress in the workplace affects the function of the biceps and flexors muscles. To determine the effects of noise exposure and heat stress on muscle activity more accurately, further studies are recommended.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Keywords

Electromyography

Noise exposure

Muscle contraction

Heat stress

Received: 2021/10/07

Accepted : 2022/01/17

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

INTRODUCTION

Skeletal muscles are important tissues that play an important role in movement, respiration, energy production and regulation of the body metabolism (1-4). Skeletal muscles are responsible for all voluntary movements in the human body; therefore, their optimal physical performance is important (5).

Heat and noise are among the most harmful environmental factors that exist in most work places. By definition, heat stress is a condition in which the total heat received from the environment and the heat produced in the human body is more than the heat that is dissipated from the body to the environment in different ways (6). ISO 7243 is related to the study of heat stress in the workplace. According to this standard, the allowed amount of heat exposure in the workplace is determined according to the metabolism and energy required to do the job (7).

Despite the negative effects of heat stress exposure on mental and physical performance, many studies have shown that heat stress protects muscles from atrophy and causes hypertrophy in skeletal muscle. Elevated levels of heat shock proteins (HSPs) and PGC-1α proteins in muscle are protective mechanisms that occur in the exposure to heat stress (2, 8, 9). Some animal studies show the adverse effects of heat stress on skeletal muscle, such as decreased muscle growth in livestock, decreased livestock production and consequently economic losses (10), oxidative damage to skeletal muscle tissue (11), and reduction of force, muscle function, and the electromyography activity(12). Excessive internal heat inside the muscle due to muscle activity and exposure to the hot environment reduces the ability of the central nervous system (CNS) to use the required number of motor units in order to produce the required force of work done and thus reduces muscle function (13).

Noise is defined as an unpleasant sound that is one of the most common stressors in daily human life with various sources. Sound affects the CNS in two ways. A pathway is responsible for transmitting sound to the hearing center where sound is perceived and interpreted. In the second pathway, sound travels to deeper parts of the brain, activating the autonomic nervous system. Chronic exposure to noise causes fatigue, which this fatigue results in decreased muscle movement (14-16). Alpha and gamma motor neurons are responsible for innervating skeletal muscle fibers. Exposure to noise stimulates and affects the activity of these neurons. Therefore, increasing the loudness of the sound leads to an increase in the strength and activity of the muscle (17-19). In acute exposure to noise (>85dB) there is an increase in muscle activity. As noise level increase, the electromyography activity increased (20, 21).

Recently, few studies have examined the effects of simultaneous exposure to environmental factors on the function of different parts of the body, such as muscles. As a result, there are no definite reliable results regarding the effects of environmental factors such as heat and noise on muscle activity. In a work environment, one cannot expect to be exposed to only one environmental factor, but in the workplace it is faced with both or more. Therefore, considering the importance of muscle strength and physical ability during work, as a result, the present study was conducted to evaluate the effects of exposure to noise and heat stress on the activity of biceps and flexor muscles in men.

METHODOLOGY

Participants and Data gathering tools

This experimental study was conducted with the presence of 24 male volunteer students in the age range of 20-25 years in the laboratory of heat and humidity control. Inclusion criteria were: no history of cardiac, antidepressant, sedative and muscle drugs. Participants should have normal hearing and have no cardiovascular disease, respiratory problems, sleep disorders, or heat-related problems. Also, basic exercise activity was assessed and individuals that exercised professionally were excluded from the study. The disease status form was completed by individuals in which the health status and non-disease status of individuals were assessed. Before starting the study, the purpose and conditions of the research were explained to the participants and the individuals participated in the study completed the informed consent form. Before the test, weight and height were measured and Body Mass Index (BMI) was calculated. According to the World Health Organization (WHO), the BMI in the Asian population is normal in the range (18.5-22.9 kg/m^2). In this study, BMI index was considered in the normal range (19.9-22 kg/m29) (22, 23).

Goldberg General Health Questionnaire (GHQ-28) consists of four sub-sections (physical symptoms, anxiety/insomnia, social dysfunction, and depressive symptoms) was used to assess the

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

health status of participants. The questionnaire items are scored on a Likert scale, with a score 0 to 3. The maximum total score of the questionnaire is 84. According to studies conducted in Iran, a score below 24 indicates a favorable health status. The validity and reliability of the Persian General Health Questionnaire with Cronbach's alpha value of 0.97 is confirmed (24-27). The Weinstein Noise Sensitivity Scale (WNSS-21) was used to assess noise sensitivity. Questions are scored from 0 to 5 points. The maximum total score of this scale is 105, based on which a higher score indicates greater sensitivity. In this questionnaire, some questions are scored in reverse. Based on the final score, people are divided into three groups: insensitive (<25th percentile), moderate sensitivity (25-75th percentile) and people with high sensitivity (>75th percentile) (28, 29).

Test conditions

Subjects were randomly divided into three groups of 8 based on noise exposure and heat stress. Noise exposure was performed with three levels of 75 dBA (less than TLV), 85 dBA (TLV for 8 hours per day) and 95dBA (more than TLV). The permissible amount of occupational exposure of WBGT for light manual work is 30°C. Thermal conditions 35°C and 22°C were considered as upper and lower level of heat stress respectively (30).

The recorded sound of an industrial fan was used to create the noise exposure conditions. Gold Wave software (Canada.1993) was used to adjust the desired sound level. The Casella 62X (A-SLOW) sound level meter was used in the auditory area to ensure the sound pressure levels. After adjusting the sound level by the software, the sound was played in the environment using two speakers at equal distances (distance of 1 meter on both sides of the person).

The experiments were performed in the relative humidity (50%) (7).To provide different WBGT conditions, two electric heaters (model 2200 EFHA- 2200 W-ARASTEH Company) and two humidifiers (Beurer LB60 model) were used. To measure the WBGT index, the digital WBGT meter (QUESTEMP-10 model) with a sensitivity of about 0.1°C was used. All devices were calibrated before the test. Participants in each group, after staying in the background noise and heat for 10 minutes, while doing light manual work, were exposed to the desired noise and heat conditions for 15 minutes, and at the same time biceps and flexor muscles activity of the dominant hand were measured.

Record and analyze of EMG signal

Surface Electromyography (sEMG)is a simple, non-invasive, low-cost method that is currently used in both research and clinical practice to quantitatively and qualitatively analyze superficial muscle activity (31). The Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM) Convention describes guidelines and standards for electrodes, the location of electrodes, signal processing, and modeling. This standard specifies the possible types of noise in measuring the electrical activity of muscles (32, 33).

A 32-channel wireless eWave sEMG device was used to measure the muscles activity. The location of the electrodes on the muscles was performed according to SENIAM instructions. To reduce skin resistance, the electrode place on skin was cleaned by removing hair and using alcohol, and the electrodes were placed ly to the direction of the muscle fibers at a distance of 2 cm (center to center) on the bulge of the muscle center. For electrode placement according to SENIAM, the participant was asked to contract his biceps by bending 90 degrees at the elbow joint while sitting on a chair. To record biceps EMG, in the last third of the hypothetical line between the acromion and the cubital cavity, bipolar electrodes were fixed parallel to the biceps muscle fibers of the dominant hand of the participant. To record the flexor muscle EMG, parallel to the muscle fiber, the electrodes were placed exactly

Figure1: Location of electrodes on biceps and flexor muscles and reference electrode in the study

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

in the middle of the medial epicondyle, that is, halfway between the internal humerus appendix and the ulnar styloid appendage (34-36); Figure1. In this study Pre-gelled Ag/AgCl electrodes (SKINTACT;F-55) were used (37). Normalized root mean square (NRMS) index was used to measure muscle activity. Maximum voluntary contraction (MVC) was used to normalize RMS values. To measure EMG during MVC of muscles, the subject was asked to be in a normal posture (sitting) and apply maximum muscle force using a dynamometer for 5 seconds and three times with an interval of 60 seconds. The highest amount of MVC was used to normalize RMS values (35, 38). EMG was measured at a frequency of 1K Hz and a bandwidth of 10-500 Hz (38). In the experimental stages, software filters were used to eliminate environmental noise (AC Noise, 50-60 Hz) (31). In order to eliminate the movement noise, the cables were fixed using a strap on the hand. The measured values were analyzed using MATLAB software (Ver.16a).

Analysis and statistical tests

To compare the level of exposure in the exposure groups and to investigate the relationship between the levels of exposure and the levels of muscle activity, due to the normal distribution of muscle data, repeated measures analysis of variance (General Linear Model Repeated Measures) test was used. Alpha value less than 0.05 was considered as a significant level in all tests.

RESULTS

Participants had a mean age of 21±1.60 years. Table1 shows the mean±SD of participants' demographic information.

Based on Table1 and the maximum total score of the WNSS scale (28, 29), the participants are in the moderate sensitivity range. The GHQ questionnaire score indicates that the participants in the study are in perfect health. Audiometry results of participants show that the total hearing loss for people is 8.88 decibels. The mean±SD of Biceps and Flexor muscle MVC were 1108.54±439.27 and 678.68±422.55, respectively. Table2 shows the activity levels of the Biceps and Flexor muscles by levels of noise and heat stress exposure.

Figure 2 shows changes in the activity level of the biceps and flexor muscles at different levels of noise and heat stress, respectively.

According to Table3, the results of interaction

Table 1: Mean and standard deviation of demographic variables of participants in the study

Variables	Mean ±SD	Min-Max
Age	21±1.60	20-25
Height (cm)	179.33±5.58	170-192
Weight (kg)	69.56±8.39	60-88
BMI (kg/m^2)	21.41±1.76	19-24
WNSS	54.83±14.67	32-87
GHQ-28	21.44±6.70	12-36
NIHL (dB)	8.88±3.23	1.45-15

Table 2: Mean and SD of the muscle activity in different levels of heat stress conditions in the groups of noise exposure (n = 24)

NRMS (µV/s)								
Flexor				Biceps				Noise Exposure
P.value*	WBGT (°C)			P.value*	WBGT (°C)			
	35	30	22		35	30	22	
0.125	0.040	0.088 ± 0.02	0.475 ± 0.14	0.00	0.068 ± 0.11	0.063 ± 0.02	0.156 ± 0.03	75 (dB)
	0.226 ± 0.10	0.072 ± 0.01	0.098 ± 0.02		0.083 ± 0.01	1.064 ± 0.48	0.506 ± 0.45	85 (dB)
	0.457 ±0.32	0.060 ± 0.02	0.143 ±0.04		0.162 ± 0.04	0.057 ± 0.02	0.097 ± 0.01	95 (dB)
		0.00				0.003		P.value**

P.value*: Significance level in noise exposure groups (Sig<0.05)

P.value**: Significance level in heat stress exposure groups (Sig<0.05)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

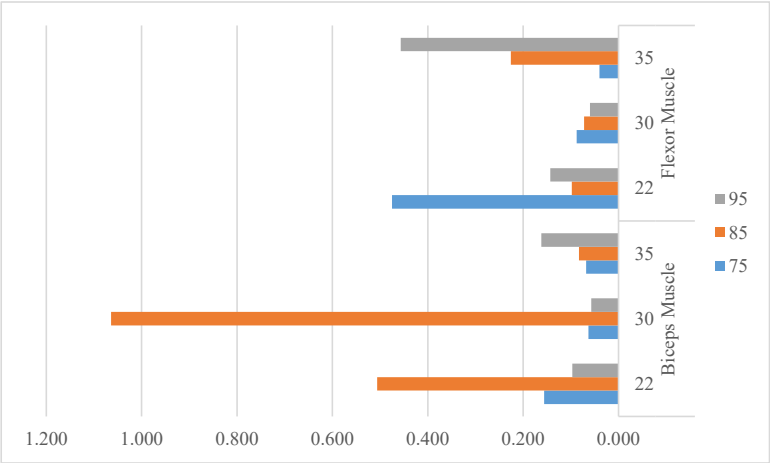


Figure 2: Changes in the activity level of the biceps and flexors muscles at different levels of noise and heat stress

Table 3: Statistical results of interaction between noise and heat stress exposure in changing of muscle activity

Muscle	Source	factor1	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Biceps	Noise*Heat stress	Level 1 vs. Level 2	1.569	2	.785	8.057	.004
		Level 2 vs. Level 3	4.324	2	2.162	25.836	.000
Flexor	Noise*Heat stress	Level 1 vs. Level 2	.454	2	.227	32.449	.000
		Level 2 vs. Level 3	.593	2	.297	7.175	.007

between noise and heat stress exposure conditions show that exposure to both factors causes significant changes in muscle activity levels (P.value<0.05).

DISCUSSION

The aim of this study was to evaluate the activity level of biceps and flexor muscles in simultaneous exposure to noise and heat stress.

The present study shows that increasing the level of heat stress significantly changes the level of biceps and flexor muscle activity. Periard et al. study showed that exposure to hot temperature conditions (35°C) reduced the activity of the studied muscle by 90٪ compared to the control group (39). Exposure to ambient heat reduces electromyography activity and the ability to produce force in the muscle (12), which is consistent with the results of the present study.

Examination of the effect of noise exposure on muscle activity level shows that increasing SPL changes the level of biceps and flexor muscle activity. The pattern of changes in the level of activity of the two studied muscles is completely opposite to each other. The results of the Kjellberg (21) and Naqvi et al.(16) studies show that exposure to noise reduces muscle motor activity; which is somewhat consistent with the results of the present study. The results of Jancke and Kjellberg studies show that acute exposure to noise higher than the 85dB increases muscle activity(20, 21).The results of these studies are somewhat consistent with the findings of the present study. The reason for the difference in results is related to differences in the muscles studied and the variety of sounds studied. The reason for the difference in the pattern of changes in activity level of the two studied muscles can be inferred that the flexor muscle is more affected by noise due to its type and nature of function. In addition, because the fingers are the extremities of the hands, increasing the SPL can increase the speed of work on these organs. From this difference in the pattern of changes in muscle activity level, it is inferred that the nature of muscle and its function play an important role in the effect of noise exposure on muscle activity level.

According to Figure 2, activity level of the studied muscles varies due to the combined exposure of noise and heat stress. From these results, it can be concluded that increasing the SPL as well as increasing heat stress level has a synergistic effect on the level of muscle activity and causes statistically significant changes in activity level of muscles (P.value<0.05).

Because no studies have been performed to evaluate muscle activity in exposure to

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

combined harmful factors, it is not possible to compare the results of the present study with other studies. Low duration of exposure to noise and heat stress were limiting factors in this study. It is recommended that future studies be performed in different age groups and in two different sexes.

CONCLUSION

In this study, there were limitations such as age limit of participants, lack of control group to accurately compare the effects and short duration of exposure to noise and heat stress, so it is recommended that future studies be done considering these cases and more sample size.

ACKNOWLEDGMENTS

The researchers would like to thank all the volunteers who participated in the study. This study has been registered and approved by the ethics code IR.SBMU.PHNS.REC.1399.105 resulting from the master's thesis.

CONFLICT OF INTEREST

Nil.

How to cite this article:

Hamideh Bidel, Amir Salar Jafarpisheh, Noradin Gharari, Siamak Sabour, Ali Salehi sahlabadi. Study of the effect of simultaneous exposure to noise and heat stress on the activity level of biceps and flexor muscles. Iran Occupational Health. 2022 (01 Apr);19:7.

***This work is published under CC BY-NC 4.0 licence**

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

سلامت کار ایران
دوره ۱۹ - ۷/۱۴۰۰

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

بررسی اثر مواجهه‌ی هم‌زمان با صدا و استرس گرمایی بر سطح فعالیت عضلات دوسر بازویی و خم‌کننده‌ی انگشتان دست

حمیده بیدل: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، گروه بهداشت حرفه ای و ایمنی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
امیرسالار جعفرپیشه: گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، تهران، ایران.
نورالدین قراری بابالو: گروه بهداشت حرفه ای و ایمنی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
سیامک صبور: گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
علی صالحی سهل آبادی: (* نویسنده مسئول) گروه بهداشت حرفه ای و ایمنی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
asalehi529@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: عوامل زیان‌آور در محیط کار، مثل صدا و استرس گرمایی، می‌توانند بر فعالیت عضلات تأثیرات نامطلوب داشته باشند. مطالعه ی حاضر، با هدف بررسی اثر مواجهه ی هم‌زمان با صدا و استرس گرمایی بر سطح فعالیت عضلات دوسر بازویی و خم کننده ی انگشتان دست انجام شد.

روش بررسی: این مطالعه ی تجربی، بر روی ۲۴ نفر از دانشجویان مرد و در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. شرکت‌کنندگان، به‌صورت تصادفی در سه گروه ۸ نفره با سه سطح تراز-فشار-صوت ۷۵، ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل A و سطوح استرس گرمایی ۲۲،۳۰ و ۳۵ سانتی‌گراد مواجهه داشتند. سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی و عضله ی خم کننده ی انگشتان، در حین انجام فعالیت دستی با استفاده از روش الکترومیوگرافی سطحی اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه ی سطح فعالیت عضله در شرایط مختلف، از RMS (Root Mean Square) نرمال‌شده عضلات استفاده شد. از آزمون آنالیز واریانس، جهت بررسی ارتباط بین متغیرها استفاده شد.

یافته ها: میانگین (انحراف معیار) سنی شرکت‌کنندگان در مطالعه، ۲۱±۱/۶ سال بود. بر اساس میزان فعالیت عضله، شرایط دمای تر گوی‌سان ۳۰ درجه ی سانتی‌گراد و سطح تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل، به‌عنوان نقاط مرزی در تغییرات سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی تعیین شد. بیشترین و کمترین سطح فعالیت عضله ی خم کننده ی انگشتان، به ترتیب در شرایط صوتی ۷۵ و ۹۵ دسی‌بل مشاهده شد. نتایج بررسی برهمکنش بین مواجهه ی صوتی و مواجهه با شرایط استرس گرمایی، نشان داد که مواجهه ی توأم با هر دو عامل، باعث تغییرات معنادار در سطح فعالیت عضلات می‌شود (P-Value<0.05).

نتیجه گیری: مواجهه با صدا و استرس گرمایی در محیط کار، بر عملکرد عضلات دوسر بازویی و خم کننده ی انگشتان، اثرگذار است. برای تعیین دقیق‌تر اثرات مواجهه با صدا و استرس گرمایی بر فعالیت عضلات، انجام مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می‌شود.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*
منبع حمایت کننده: *ندارد.*

کلیدواژه‌ها
الکترومیوگرافی
مواجهه صوتی
انقباض ماهیچه
استرس حرارتی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷

شیوه استناد به این مقاله:

Hamideh Bidel, Amir Salar Jafarpisheh, Noradin Gharari, Siamak Sabour, Ali Salehi sahlabadi. Study of the effect of simultaneous exposure to noise and heat stress on the activity level of biceps and flexor muscles. Iran Occupational Health. 2022 (01 Apr);19:7.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

مقدمه

عضلات اسکلتی، از بافت‌های مهم بدن هستند که ۵۰-۴۰٪ وزن بدن را تشکیل می‌دهند. این عضلات، نقش مهمی در حرکت، تنفس، تولید نیرو و تنظیم سوخت‌وساز بدن و متابولیسم دارند (۱-۴). عضلات، به‌عنوان واحدهای عملکردی بدن هستند و نقش مهمی در عملکرد و توان جسمی و فیزیکی افراد دارند. عضلات اسکلتی، حرکات متنوعی ازجمله حرکات سریع و قدرتی تا حرکات ظریف و ریز را انجام می‌دهند. از آنجایی که عضلات اسکلتی مسئول تمام حرکات ارادی در بدن انسان هستند؛ بنابراین عملکرد فیزیکی مطلوب آن‌ها حائز اهمیت است. تغییرات فیزیولوژیکی عضلات اسکلتی مانند از دست دادن یا کاهش واحدهای حرکتی، تغییرات فیبرهای عضلانی، آتروفی عضلات و کاهش فعالیت عصبی عضلات، می‌تواند بر سرعت، نیرو و قدرت عضلات تأثیرگذار باشد و منجر به کاهش عملکرد عضلات شود (۵). عضلات اندام فوقانی نسبت به عضلات اندام تحتانی، بیشتر عملکردی هستند و در حرکات ظریف دخالت دارند. عضلات و مفاصل دست، در ایجاد و ثبات دامنه ی حرکتی لازم برای عملکرد دست و انگشتان، نقش بسیار مهمی دارند؛ و شرایط لازم برای انجام حرکات ظریف، ماهرانه و یا حرکات قدرتی دست را فراهم می‌کنند. بسیاری از فعالیت‌های روزانه، به فعالیت عضلات دست نیاز دارند (۴۰). عضله ی دوسر بازویی (Biceps brachii)، باعث خم شدن آرنج می‌شود که در ناحیه ی قدامی بازو قرار دارد (۴۱). عضله ی خم کننده ی سطحی انگشتان (Flexor digitorum superficialis)، مهم‌ترین نقش را در خمش انگشتان دست و حفظ وضعیت ساعد دارد. این عضله، در ناحیه ی قدامی ساعد دست قرار گرفته است و چنگش قدرتی و همچنین گرفتن و حمل اشیاء، درنتیجه ی فعالیت این عضله می‌باشد (۴۲-۴۶). عوامل محیطی بسیاری می‌تواند بر عملکرد عضلات تأثیرگذار باشد.

عوامل محیطی مثل صدا و گرما، می‌توانند بر فعالیت عضلات، تأثیرات نامطلوب داشته باشند. گرما و صدا، جزو عوامل زیان‌آور محیطی هستند که در بیشتر محیط‌های شغلی و صنعتی، بیش از حد مجاز وجود دارند. مواجهه با گرما در محیط‌های کاری، علاوه بر بروز بیماری‌های مرتبط با گرما، می‌تواند باعث گرمازدگی و انقباض حرارتی عضلات شود که باعث کاهش عملکرد و بهره‌وری افراد می‌شود (۴۷-۴۹). به‌طور کلی، مطالعات نشان می‌دهند که اگر کار فیزیکی در محیط گرم انجام شود، باعث کاهش عملکرد فرد در طول زمان، افزایش نیاز به زمان‌های استراحت بیشتر در طول کار، کاهش تمرکز و خستگی در افراد می‌شود (۴۸, ۵۰).

طبق تعریف، استرس گرمایی، شرایطی است که در آن مجموع گرمای دریافتی از محیط و گرمای تولیدشده در بدن انسان، بیش از گرمایی باشد که از طرق مختلف از بدن به محیط دفع می‌شود (۶). اگر دمای محیط کار به نحوی باشد که بدن انسان را از حالت هموستاز گرمایی خارج کند، باعث ایجاد استرس گرمایی در شاغلین می‌شود که بر عملکرد، بهره‌وری و سلامتی افراد تأثیر می‌گذارد. استرس گرمایی در محیط کار، شامل گرمای فرایندی و همچنین گرمای تولیدشده در بدن (که ناشی از انجام کار است) می‌شود. فاکتورهایی ازجمله دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و سرعت جریان هوا و همچنین نوع فعالیت و لباس، در ایجاد استرس گرمایی نقش دارند (۵۱). استاندارد ISO 7243، مربوط به بررسی استرس گرمایی در محیط کار است. بر اساس این استاندارد، مقدار مجاز مواجهه ی گرمایی در محیط کار، با توجه به متابولیسم و انرژی مورد نیاز برای انجام کار تعیین می‌شود (۷).

علی رغم اثرات منفی مواجهه با استرس گرمایی بر عملکرد روانی و جسمی افراد، بسیاری از مطالعات، فواید گرما را در بهبود و افزایش عملکرد عضلات نشان می‌دهند. مطالعات مختلف انجام‌شده در این زمینه، نشان می‌دهند که استرس گرمایی، سبب محافظت عضلات از آتروفی و باعث هایپرتروفی در عضلات اسکلتی می‌شود. افزایش پروتئین‌های شوک گرمایی (HSPs[1]) و پروتئین‌های PGC-1α در عضلات، مکانیسم‌های محافظتی هستند که در شرایط مواجهه با استرس گرمایی رخ می‌دهند (۲, ۸, ۹). زمانی که بدن تحت مواجهه با شرایط استرس مثل گرما یا سروصدای زیاد قرار می‌گیرد، پروتئین‌های شوک گرمایی در مقادیر بالا تولید می‌شوند و از تخریب و نابودی سلول‌های تحت مواجهه با استرس، جلوگیری و محافظت می‌کنند (۲, ۵۲).

در شرایط مواجهه ی طولانی‌مدت با گرما، بدن سریعاً با شرایط سازگار می‌شود، حرارت بدن تنظیم‌شده و ظرفیت کار افزایش می‌یابد. این سازگاری‌ها، شامل کاهش دمای مرکزی بدن و پوست، افزایش میزان تعریق و افزایش سرم خون است (۵۳). گرما، ازجمله ی محرک‌هایی است که باعث تحریک سنتز پروتئین‌ها و درنتیجه، هایپرتروفی عضلات می‌شود (۵۳, ۵۴). هرچند که استرس گرمایی اثر مفید بر عملکرد عضلات اسکلتی دارد؛ اما منحصراً افزایش دمای عضله در محدوده ی

1 Heat Shock Proteins

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

فیزیولوژیک (°C 42-34)، باعث افزایش انقباض، نیرو و قدرت عضله می‌شود؛ درنتیجه، با توجه به اینکه معمولاً نیرو و قدرت عضله در محیط سرد کاهش و در محیط گرم افزایش می یابد (۵۵)، محدوده ی دمایی وجود دارد که بعد از آن افزایش دمای محیط باعث افزایش دمای مرکزی بدن و درنتیجه، کاهش شدید نیروی ارادی عضله می‌شود (۵۳، ۵۶). برخی از مطالعات حیوانی، اثرات نامطلوب استرس گرمایی بر عضلات اسکلتی را نشان می‌دهند. بر اساس این مطالعات، استرس گرمایی باعث کاهش رشد عضلات در دام‌ها، کاهش تولید محصولات دامی و درنتیجه، زیان‌های اقتصادی می‌شود (۱۰). همچنین مطالعه‌ای دیگر نشان می‌دهد که استرس گرمایی، باعث آسیب اکسیداتیو به بافت عضله ی اسکلتی در حیوانات و تولید بیش‌ازحد ROS[1] در سلول عضلانی می‌شود (۵۷). توانایی تولید نیرو، میزان عملکرد ماهیچه و نیروی انقباضی ارادی ماهیچه و فعالیت الکترومیوگرافی (EMG[2]) ماهیچه، در مواجهه با گرما کاهش می یابد (۱۲). گرمای داخلی زیاد داخل ماهیچه به دلیل فعالیت ماهیچه و مواجهه با محیط گرم، باعث کاهش توانایی سیستم اعصاب مرکزی (CNS) در به‌کارگیری تعداد مورد نیاز واحدهای حرکتی برای تولید نیروی مورد نیاز انجام کار می‌شود و این‌گونه، کاهش عملکرد ماهیچه را به همراه دارد (۱۳).

سروصدا، صدای نامطلوب و ناخوشایند تعریف می‌شود که به‌عنوان یکی از شایع‌ترین استرسورها در زندگی روزمره ی انسان است و از منابع مختلفی همچون ترافیک، محیط کار و وسایل خانه تولید می‌شود. صدا، از دو طریق بر سیستم اعصاب مرکزی (CNS) اثر می‌گذارد؛ یک مسیر، مسئول انتقال صدا به مرکز شنوایی است که در آنجا صدا درک و تفسیر می‌شود. در مسیر دوم، صدا به قسمت‌های عمیق‌تر مغز می‌رود و باعث فعال شدن سیستم اعصاب خودمختار می‌شود. این مسیر، مسئول اثرات غیرصوتی صدا است؛ اثراتی مثل تحریک، افزایش ضربان قلب، فشارخون، انقباض عضلات، افزایش ترشح هورمون‌های ناشی از استرس و عصبانیت. مواجهه ی مزمن با سروصدا، باعث خستگی می‌شود که به‌صورت کاهش حرکت عضلات، کاهش ارتباطات اجتماعی و تغییرات حالت افراد می‌شود (۱۴-۱۶).

سیستم شنوایی، از طریق ارتباط با مخچه و سیستم عصبی، بر روی انقباض عضلات اثر می‌گذارد. نورون‌های حرکتی آلفا و گاما، مسئول عصب‌رسانی به فیبرهای عضلات اسکلتی هستند. مواجهه با صدا، سبب تحریک و تأثیر بر فعالیت این نورون‌ها می‌شود؛ درنتیجه، افزایش بلندی صدا باعث افزایش قدرت و فعالیت عصبی عضله می‌شود (۱۷-۱۹). صدا با فعال کردن گیرنده‌های دهلیزی[3] یا شنوایی، باعث ایجاد رفلکس‌های صوتی-حرکتی متعددی می‌شود. این پاسخ، به‌صورت فعالیت الکتریکی عضله تحت تأثیر صدا[4] ثبت می‌شود؛ بنابراین، صدا به‌عنوان یک محرک، باعث تحریک سیستم دهلیزی شده و منجر به ایجاد رفلکس‌های عضلانی در بدن می‌شود (۵۸، ۵۹). شواهد نشان می‌دهد که مواجهه ی مزمن با سروصدا، باعث خستگی، نقص و کاهش حرکت ماهیچه‌ها می‌شود (۱۴، ۱۶). در مواجهه ی حاد با صدا (>85dB)، افزایش فعالیت ماهیچه‌ای دیده می‌شود. هرچقدر میزان تراز صدا بلندتر شود، فعالیت‌های الکترومیوگرافی قوی‌تر می‌شوند. درواقع، صدا مثل یک محرک عمل می‌کند و باعث افزایش فعالیت ماهیچه می‌شود (۲۰، ۲۱). مطالعات انجام‌شده بر روی اثر مواجهه با صدا و فعالیت عضلات صورت، نشان می‌دهد که مواجهه با صدا باعث تغییر فعالیت الکتریکی عضله می‌شود (۲۱).

اخیراً مطالعات اندکی، به بررسی اثرات مواجهه ی توأم با پارامترهای محیطی بر عملکرد بخش‌های مختلف بدن مثل عضلات پرداخته‌اند. مطالعات اثرات گرما بر فعالیت عضلانی، نتایج گوناگونی را گزارش می‌دهند. بعضی از مطالعات، اثرات گرما بر فعالیت عضلانی را مفید عنوان کرده و بعضی دیگر، اثرات زیان‌بار آن را نشان می‌دهند؛ به‌طوری که احتمالاً در دماهای بالا اثرات منفی و در دماهای پایین اثرات مثبت باشد؛ درنتیجه، هنوز نتایج قطعی قابل‌اطمینان در رابطه با اثرات گرما بر فعالیت عضلانی در دست نیست. همچنین اثرات مواجهه با صدا بر فعالیت عضلات، هنوز دقیقاً مشخص نیست. در یک محیط شغلی، نمی‌توان انتظار داشت که تنها با یک عامل محیطی مواجهه وجود داشته باشد، بلکه در محیط کار، مواجه به‌صورت توأم است؛ از این‌رو، با در نظر گرفتن اهمیت توان عضلات و توانایی جسمی فرد در هنگام کار، بررسی اثرات مواجهه ی توأم با دو عامل محیطی زیان‌بار شایع در محیط کار، گرما و صدا و اثر آن بر فعالیت عضلانی مهم است؛ درنتیجه، مطالعه ی پیش رو با هدف ارزیابی اثرات مواجهه ی توأم با صدا و استرس گرمایی بر فعالیت عضلات دوسر بازویی و خم کننده ی انگشتان دست انجام می‌شود.

1 Reactive Oxygen Species
2 Electromyography
3 Vestibular receptors
4 Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

روش کار

شرکت‌کنندگان

این مطالعه ی تجربی، با حضور ۲۴ نفر دانشجوی داوطلب مذکر با محدوده ی سنی ۲۵ -۲۰ سال از دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و در آزمایشگاه کنترل گرما و رطوبت دانشکده بهداشت انجام شد. شرکت‌کنندگان، درمجموع تعداد ۹ آزمایش را به انجام رساندند. جهت یکدست بودن نمونه‌ها و کاهش عوامل مداخله‌گر از قبیل استرس‌های محیطی و زمان مواجهه ی افراد و تطابق افراد با گرما، تمام نمونه‌ها از مقطع کارشناسی انتخاب شدند.

شرایط حضور در مطالعه، داشتن عدم سابقه ی مصرف داروهای قلبی، ضدافسردگی، آرام‌بخش و داروهای عضلانی بود. افراد، می بایست از شنوایی طبیعی برخوردار بوده و بیماری‌های قلبی-عروقی، مشکلات تنفسی، اختلالات خواب و مشکلات مربوط به‌مواجهه با گرما را نداشته باشند. همچنین فعالیت ورزشی پایه ی افراد بررسی شد و افرادی که ورزشکار بوده و تمرینات بدنی شدید داشتند و به‌صورت حرفه‌ای ورزش می‌کردند، از مطالعه حذف شدند. علاوه بر این، فرم وضعیت بیماری توسط افراد تکمیل شد که در آن وضعیت سلامتی و عدم ابتلا به بیماری در افراد بررسی گردید. پیش از شروع مطالعه، هدف و شرایط تحقیق برای شرکت‌کنندگان توضیح داده شد و افراد با تکمیل فرم رضایت، آگاهانه در مطالعه شرکت کردند. قبل از شروع آزمایش، وزن و قد افراد اندازه‌گیری شد و شاخص توده ی بدنی (BMI[1]) نیز محاسبه شد. شاخص توده ی بدنی در جمعیت آسیایی، بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، در محدوده ی (۲۲/kg/m^{2}۹ – ۱۸/۵) نرمال در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، در این مطالعه، شاخص BMI در محدوده ی نرمال (۲۲/kg/m^{2}۹-۱۹) در نظر گرفته شد (۲۲, ۶۰).

ابزار جمع‌آوری اطلاعات

در این مطالعه، جهت ارزیابی وضعیت سلامتی شرکت‌کنندگان، از پرسشنامه ی سلامت عمومی گلدبرگ (GHQ-28) استفاده شد. این پرسشنامه ی ۲۸ سؤالی، شامل چهار زیربخش است که در طول یک‌ماهه ی اخیر، علائم جسمانی، اضطراب/ بی‌خوابی، اختلال عملکرد اجتماعی و علائم افسردگی را در افراد بررسی می‌کند. نحوه ی امتیازدهی آیتم‌های پرسشنامه، به‌صورت طیف لیکرت بوده و از امتیاز ۰ برای گزینه ی "اصلاً" تا امتیاز ۳ برای گزینه "خیلی بیشتر از حد معمول" امتیازدهی می‌شود. حداکثر مجموع کل امتیاز پرسشنامه، ۸۴ است. بر اساس مطالعات انجام‌شده در ایران، نمره ی کمتر از ۲۴، نشان‌دهنده ی وضعیت سلامتی مطلوب در فرد است. علاوه بر این، در هر زیرمقیاس، نمره ی ۱۴ به‌عنوان Cut-Off در نظر گرفته می‌شود. ویژگی‌های روان‌سنجی پرسشنامه ی فارسی سلامت عمومی با مقدار آلفای کرونباخ ۰/۹۷ مورد تائید است (۲۵-۲۷, ۶۱).

جهت ارزیابی حساسیت به صدا، از مقیاس ارزیابی حساسیت به صدای وینشتاین (WNSS[2]) استفاده شد. WNSS، یک پرسشنامه ی ۲۱ سؤالی است که هر سؤال، دارای ۶ گزینه پاسخ است. نحوه ی نمره‌دهی به سؤالات، از امتیاز ۰ تا ۵ انجام می‌شود. حداکثر مجموع امتیاز این مقیاس، ۱۰۵ است که بر این اساس، امتیاز بالاتر، نشان‌دهنده ی حساسیت بیشتر است. در این پرسشنامه، برخی سؤالات به‌صورت برعکس امتیازدهی می‌شوند. بر اساس امتیاز نهایی، افراد به سه گروه بدون حساسیت (امتیاز کمتر از صدک ۲۵ ام)، حساسیت متوسط (امتیاز بین صدک ۲۵-۷۵) و افراد با حساسیت بالا (امتیاز بیشتر از صدک ۷۵ ام) تقسیم می‌شوند (۲۸, ۲۹).

شرایط آزمایش

مواجهه ی افراد با سطوح مختلف صدا و گرما و اندازه‌گیری فعالیت عضلات، در آزمایشگاه کنترل گرما و رطوبت انجام شد. افراد به‌صورت تصادفی در سه گروه ۸ نفره بر اساس مواجهه ی صوتی و استرس گرمایی، تقسیم‌بندی شدند. انتخاب سطوح مختلف صدا و گرما، بر اساس حدود مجاز مواجهه ی شغلی انجام شد؛ مواجهه ی صوتی با سه سطح تراز ۷۵ دسی‌بل (کمتر از حد مجاز)، ۸۵ دسی‌بل (حد مجاز مواجهه شغلی صدا برای ۸ ساعت مواجهه در روز) و ۹۵ دسی‌بل (بیشتر از حد مجاز) انجام شد. مقدار دمای تر گوی‌سان مجاز مواجهه ی شغلی برای کار سبک دستی به‌صورت نشسته، ۳۰ درجه ی سانتی‌گراد است. شرایط بالاتر از حد مجاز مواجه برای کار سبک دستی به‌صورت نشسته، ۳۵ درجه و شرایط پایین‌تر از حد مجاز ۲۲ درجه در نظر گرفته شد (۳۰). جدول ۱، شرایط مواجهه ی صوتی و گرمایی شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد.

جهت ایجاد شرایط مواجهه ی صوتی، از صدای ضبط‌شده ی یک فن صنعتی استفاده شد. جهت تنظیم تراز صوت مدنظر در هر گروه، از نرم‌افزار Gold Wave

1 Body mass index

2 Weinstein Noise Sensitivity Scale

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

جدول ۱: شرایط مواجهه توأم صوتی و گرمایی شرکت‌کنندگان

گروه	شرایط زمینه	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم
شرایط مواجهه	سطح صدا (dB) WBGT (°C)	سطح صدا (dB) WBGT (°C)	سطح صدا (dB) WBGT (°C)	سطح صدا (dB) WBGT (°C)
زمان مواجهه	۱۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۱۵ دقیقه	۱۵ دقیقه
گروه ۱	صدای زمینه*	۷۵	۷۵	۷۵
	۲۲	۲۲	۳۰	۳۵
گروه ۲	صدای زمینه	۸۵	۸۵	۸۵
	۲۲	۲۲	۳۰	۳۵
گروه۳	صدای زمینه	۹۵	۹۵	۹۵
	۲۲	۲۲	۳۰	۳۵

استفاده گردید. از صداسنج Casella 62X (A-SLOW) در محدوده ی شنوایی افراد، جهت اطمینان از مقادیر تراز فشار صوت پخش‌شده استفاده شد. پس از تنظیم تراز صدا توسط نرم‌افزار، با استفاده از دو بلندگو در فاصله ی برابر (فاصله ۱ متری دو طرف فرد) از فرد، صدا در محیط پخش شد.

اندازه‌گیری‌های محیطی و حرارتی: آزمایش‌ها بر اساس استاندارد ISO7243، بر اساس نوع کار و بار کاری، در سه شرایط دمای تر گوی‌سان (WBGT) مختلف و رطوبت نسبی یکسان (۵۰ درصد) انجام شد (۷). برای تأمین شرایط دمایی مختلف، از دو هیتر برقی فن‌دار مدل ۲۲۰۰ EFHA ساخت شرکت ARASTEH با توان ۲۲۰۰ وات و دو دستگاه رطوبت ساز مدل Beurer استفاده شد. ابتدا هیترها و رطوبت‌سازها روشن شد و پس از طی مدت ۱۰ دقیقه، میزان رطوبت نسبی و شاخص WBGT محیط آزمایشگاه اندازه‌گیری شد تا اطمینان حاصل شود این متغیرها در محدوده ی مورد نظر برای انجام آزمایش می‌باشند. پس از آن نیز هر ۵ دقیقه، میزان رطوبت نسبی و شاخص WBGT اندازه‌گیری شد تا در محدوده ی مورد نظر آزمایش باشد (۳۰). در این آزمایش، از افراد شرکت‌کننده خواسته شد تا یک کار سبک دستی به‌وسیله ی دو دست انجام دهند.

برای اندازه‌گیری شاخص دمای تر گوی‌سان، از دستگاه WBGT متر دیجیتال مدل QUESTEMP-10 با حساسیت در حدود یک‌دهم درجه ی سانتی‌گراد، استفاده شد. پیش از انجام آزمایش نیز تمام دستگاه‌ها کالیبره شدند. جهت اطمینان از دستیابی به سطوح مورد نظر WBGT، با توجه به متجانس (همگن) بودن محیط آزمایش از نظر دمایی، استرس گرمایی در ارتفاع ۰/۶ متری تنه آزمودنی در حالت نشسته سنجیده شد.

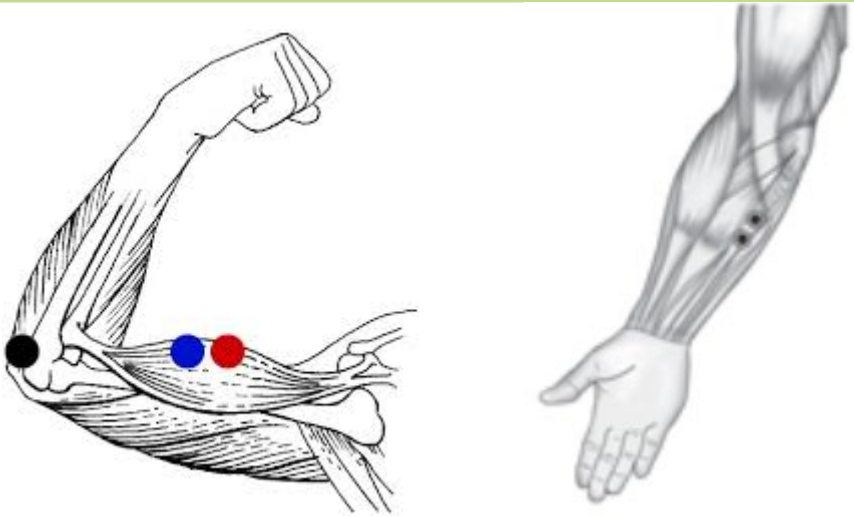
افراد در هر گروه، پس از ۱۰ دقیقه ماندن در شرایط صدا و دمای زمینه، به مدت ۱۵ دقیقه در حالی که به انجام کار سبک دستی مشغول بودند، تحت مواجهه ی توأم با صدا و شرایط گرمایی مورد نظر بوده و در همان حال فعالیت عضلات دوسر بازویی[1] و خم کننده ی انگشتان[2] دست غالب اندازه‌گیری شد.

ثبت و تجزیه ی فعالیت عضلات

روش الکترومیوگرافی سطحی[3]، یک روش ساده، غیرتهاجمی و کم‌هزینه است که در حال حاضر هم در تحقیقات و هم در عمل بالینی برای تجزیه‌وتحلیل کمی و کیفی فعالیت عضلات سطحی استفاده می‌شود (۳۱). در استفاده از الکترومیوگرافی سطحی، باید به شکل الکترود، اندازه ی الکترودها، فاصله ی مرکزی بین دو الکترود، نحوه و مکان قرارگیری الکترود دقت نمود (۶۲). کنوانسیون SENIAM[4]، دستورالعمل و استانداردهای مربوط به الکترودها، محل قرارگیری الکترودها، نحوه ی پردازش سیگنال و همچنین مدل‌سازی را تبیین می‌کند. بر اساس SENIAM، استفاده از الکترودهای Pre-gelled Ag/AgCl توصیه می‌شود. این استاندارد، انواع نویزهای ممکن در اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی عضلات را مشخص می‌کند (۳۲, ۳۳). جهت اندازه‌گیری فعالیت عضلات مورد نظر، از دستگاه الکترومیوگرافی سطحی ۳۲ کاناله وایرلس مدل eWave (32D) استفاده شد. محل دقیق الکترودگذاری بر روی عضلات، مطابق با دستورالعمل SENIAM انجام شد. جهت کاهش مقاومت پوست، محل الکترودگذاری با حذف موهای زائد و آغشتگی با الکل تمیز گردید و الکترودها به‌طور موازی با جهت تارهای عضلانی و به فاصله ی ۲ سانتیمتر (مرکز تا مرکز) از هم بر روی برآمدگی مرکز عضله قرار داده شد.

1Biceps brachii
2Flexor digitorum superficialis
3Surface EMG
4Surface EMG for Non-Invasive assessment of Muscles

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]



شکل ۱: محل قرارگیری الکترود بر روی مرکز عضله؛ عضله خم کننده انگشتان (شکل سمت راست)، عضله دوسر بازویی و محل قرارگیری الکترود رفرنس (شکل سمت چپ)

شکل ۲: محل نصب الکترودها بر روی عضلات دوسر بازویی و عضله خم کننده انگشتان و الکترود رفرنس در مطالعه

برای الکترودگذاری بر اساس نظر SENIAM، در حالی که فرد بر روی صندلی نشسته، از فرد خواسته شد تا با خمش ۹۰ درجه مفصل آرنج، عضله ی دوسر بازویی خود را منقبض کند. جهت ثبت EMG عضله ی دوسربازویی، در یک‌سوم انتهایی خط فرضی بین آکرومیون و حفره ی کوبیتال، الکترودهای دوقطبی به‌موازات فیبرهای عضلانی دوسر بازویی دست غالب شرکت‌کننده، ثابت شدند. جهت ثبت EMG عضله ی خم کننده ی سطحی انگشتان موازی با فیبر عضلانی، الکترودها دقیقاً در فاصله ی میانی اپی کندیل داخلی، یعنی نصف فاصله ی زائده ی اپی کندیل داخلی هومروس و زائده ی استیلوئید اولنار قرار گرفتند (۳۵، ۳۶، ۶۳). شکل ۱ و ۲، محل نصب الکترودها بر روی عضلات مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این مطالعه، از الکترودهای Ag/AgCl (Pre-gelled Electrodes) استفاده شد (۳۷). جهت سنجش فعالیت عضلات، از شاخص RMS[1] نرمال شده استفاده شد. جهت نرمال‌سازی مقادیر RMS، از بیشترین انقباض ارادی (MVC[2]) استفاده شد. برای اندازه‌گیری EMG در حین حداکثر انقباض ارادی عضله ی دوسر بازویی و عضله ی Flexor، از آزمودنی خواسته شد تا در وضعیت بدنی نرمال (نشسته) با شرایط ارگونومیکی مطلوب (کمر صاف، ارتفاع مناسب صندلی با زاویه ی زانو ۹۰ درجه و کف پاها بر روی زمین)، حداکثر نیروی عضلانی خود را با استفاده از دینامومتر به مدت ۵ ثانیه و سه مرتبه با فاصله ی زمانی ۶۰ ثانیه اعمال کند. بیشترین مقدار MVC جهت نرمال‌سازی مقادیر RMS استفاده شد (۳۵، ۳۸).

فعالیت الکتریکی (RMS) عضلات مورد مطالعه با فرکانس 1K Hz و پهنای باند 10- 500 Hz اندازه‌گیری شد (۳۸). جهت نرمال‌سازی داده از RMS بیشترین مقدار MVC فرد استفاده شد. در مراحل آزمایش، جهت رفع نویزهای محیطی، از فیلترهای نرم‌افزاری استفاده شد. در منوی نرم‌افزار با فعال‌سازی گزینه ی AC-Filter، نویزهای محیطی AC (50-60 Hz) (۳۱)، کنترل و حذف شدند. جهت حذف نویزهای ناشی از جابه‌جایی، پس از اتصال چست لید بر روی پوست و همچنین اتصال کابل‌ها به چست لید، کابل‌ها با استفاده از باندکشی بر روی دست

1Root Mean Square
2Maximum Voluntary Contraction

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

ثابت شدند. در استفاده از استرپ برای شرکت‌کنندگان، دقت شد تا سفتی و کشش باند به‌نحوی باشد که بر عملکرد عضلات مورد مطالعه و همچنین راحتی فرد، تأثیر نامطلوب نداشته باشد. مقادیر اندازه‌گیری‌شده با استفاده از نرم‌افزار متلب (Ver.16a) تجزیه‌وتحلیل شدند.

تجزیه‌وتحلیل و آزمون‌های آماری

برای مقایسه ی سطح مواجهه در گروه‌های مواجهه و بررسی ارتباط سطوح مواجهه با سطح فعالیت، با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌های عضلات، از آزمون آنالیز واریانس داده‌های تکراری (General Linear Model Repeated Measures) استفاده شد. مقدار آلفای کمتر از ۰/۰۵ به‌عنوان سطح معنی‌داری در کلیه ی آزمون‌ها در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

شرکت‌کنندگان مطالعه، دارای میانگین سنی ۲۱±۱/۶۰ سال بودند. بر اساس شرایط ورود به مطالعه، افراد شرکت‌کننده در مطالعه، هیچ‌گونه مصرف دارویی، بیماری‌های قلبی-عروقی، مشکلات تنفسی، اختلالات خواب و مشکلات مربوط به مواجهه با گرما و صدا نداشتند. بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از شرکت‌کنندگان، سطح فعالیت ورزشی افراد، متوسط (کمتر از یک ساعت در روز) و متوسط رو به بالا (بیش از ۱ ساعت در روز) بود. هیچ‌کدام از افراد شرکت‌کننده در مطالعه، ورزشکار حرفه‌ای نبودند. جدول ۱، میانگین و انحراف معیار سایر اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد.

بر اساس جدول ۲ و حداکثر مجموع امتیاز مقیاس WNSS (۲۸، ۲۹)، نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تمام افراد شرکت‌کننده، در محدوده ی حساسیت متوسط هستند. امتیاز پرسشنامه ی GHQ-28، نشان می‌دهد که افراد شرکت‌کننده در مطالعه از سلامتی کامل برخوردار هستند؛ چراکه بر اساس مطالعات انجام‌شده در ایران، نمره ی کمتر از ۲۴، نشان‌دهنده ی وضعیت سلامتی مطلوب در فرد است (۲۵، ۲۶، ۶۱). نتایج اودیومتری در افراد شرکت‌کننده، نشان می‌دهد که افت شنوایی کلی برای افراد ۸/۸۸ دسی‌بل است که بر اساس استاندارد ANSI و آکادمی گوش و حلق و بینی آمریکا، اگر میانگین

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک افراد شرکت‌کننده در مطالعه

متغیر	انحراف معیار ± میانگین	حداکثر - حداقل
سن	۲۱ ± ۱/۶۰	۲۰-۲۵
قد (cm)	۱۷۹/۳۳ ± ۵/۵۸	۱۷۰-۱۹۲
وزن (kg)	۶۹/۵۶ ± ۸/۳۹	۶۰-۸۸
BMI (kg/m^2)	۲۱/۴۱ ± ۱/۷۶	۱۹-۲۴
WNSS	۵۴/۸۳ ± ۱۴/۶۷	۳۲-۸۷
GHQ-28	۲۱/۴۴ ± ۶/۷۰	۱۲-۳۶
NIHL (dB)	۸/۸۸ ± ۳/۲۳	۱/۴۵ -۱۵

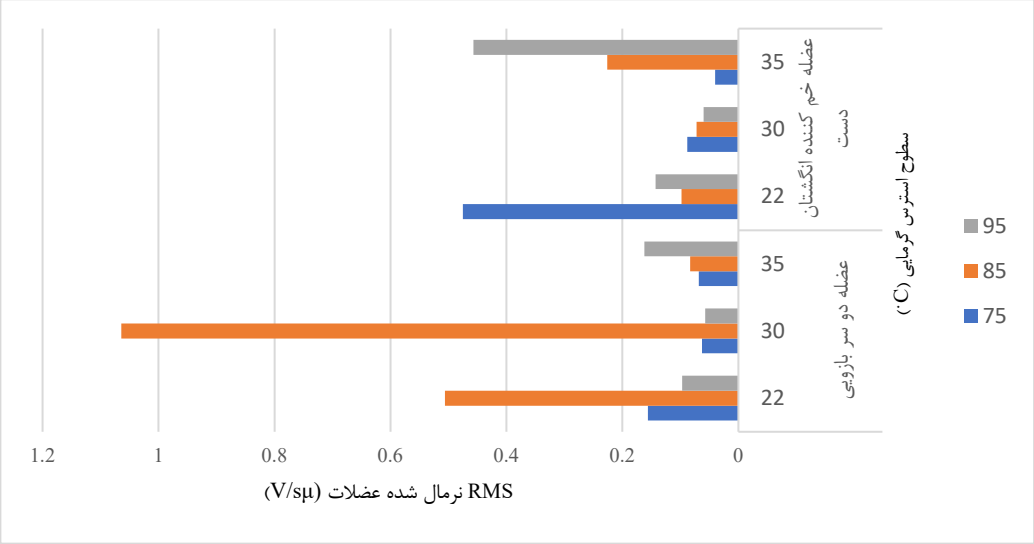
جدول ۳: میانگین و انحراف معیار سطح فعالیت الکتریکی عضلات در سطوح مختلف شرایط گرمایی در گروه‌های مواجهه صوتی (n=24)

شرایط مواجهه صوتی	RMS نرمال شده عضلات (μV/s)							
	Biceps				Flexor			
	WBGT (^{0}C)			P.value*	WBGT (^{0}C)			P.value*
	۲۲	۳۰	۳۵		۲۲	۳۰	۳۵	
۷۵(dB)	۰/۱۵۶ ± ۰/۰۳	۰/۰۶۳ ± ۰/۰۲	۰/۰۶۸ ± ۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۴۷۵ ± ۰/۱۴	۰/۰۸۸ ± ۰/۰۲	۰/۰۴۰	۰/۱۲۵
۸۵ (dB)	۰/۵۰۶ ± ۰/۴۵	۱/۰۶۴ ± ۰/۴۸	۰/۰۸۳ ± ۰/۰۱		۰/۰۹۸ ± ۰/۰۲	۰/۰۷۲ ± ۰/۰۱	۰/۲۲۶ ± ۰/۱۰	
۹۵ (dB)	۰/۰۹۷ ± ۰/۰۱	۰/۰۵۷ ± ۰/۰۲	۰/۱۶۲ ± ۰/۰۴		۰/۱۴۳ ±۰/۰۴	۰/۰۶۰ ± ۰/۰۲	۰/۴۵۷ ±۰/۳۲	
P.value**	۰/۰۰۳				۰/۰۰			

*P.value: نشان دهنده سطح معناداری اختلاف میانگین در بین گروه های مواجهه صوتی (Sig<0.05)

**P.value: نشان دهنده سطح معناداری اختلاف میانگین در بین گروه های مواجهه استرس حرارتی (Sig<0.05)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]



نمودار ۱: تغییرات سطح فعالیت عضلات دوسر بازویی و خم کننده انگشتان در سطوح مختلف صدا و گرما

جدول ۴: نتایج آماری برهم‌کنش بین مواجهه صوتی و مواجهه با شرایط استرس گرمایی در تغییر سطح فعالیت عضله

Sig.	F	Mean Square	Df	Type III Sum of Squares	factor1	Source	عضله
.004	8.057	.785	2	1.569	Level 1 vs. Level 2	دما * صوت	Biceps
.000	25.836	2.162	2	4.324	Level 2 vs. Level 3		
.000	32.449	.227	2	.454	Level 1 vs. Level 2	دما * صوت	Flexor
.007	7.175	.297	2	.593	Level 2 vs. Level 3		

افت شنوایی کمتر از ۲۵ دسی‌بل باشد، فرد دارای شنوایی نرمال است و کم‌شنوایی تلقی نمی‌شود (۶۴).

میانگین و انحراف معیار MVC عضله ی Biceps و Flexor، به ترتیب برابر با ۴۳۹/۲۷± ۱۱۰۸/۵۴ و ۴۲۲/۵۵± ۶۷۸/۶۸ به دست آمد. جدول ۳، میانگین سطح فعالیت عضلات Biceps و Flexor را به تفکیک سطوح مواجهه ی صوتی و سطوح مواجهه با استرس گرمایی نشان می‌دهد.

نتایج جدول ۳، میانگین سطح فعالیت عضلات مورد مطالعه را در سطوح مختلف استرس گرمایی در گروه‌های مواجهه ی صوتی نشان می‌دهد. در شرایط گرمایی زمینه (۲۲ درجه سانتی‌گراد)، بیشترین سطح فعالیت عضله Biceps در تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل مشاهده شد. در شرایط صوتی ۷۵ دسی‌بل، تغییرات فعالیت عضله در دمای زمینه (۲۲ درجه) نسبت به دو سطح بالاتر دمایی بیشتر و از نظر آماری معنادار بود (P.value<0.05). در حالی که در تراز صدای ۹۵ دسی‌بل با افزایش دما، سطح فعالیت عضله ابتدا کاهش و سپس در شرایط دمایی ۳۵ درجه افزایش یافت. شرایط دمایی ۳۰ درجه ی سانتی‌گراد و سطح تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل، به‌عنوان نقاط مرزی در تغییرات سطح فعالیت عضله ی دوسربازویی شناخته می‌شوند. در WBGT ثابت و سطوح مختلف صدا، بیشترین سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی مربوط به تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل و دمای ۳۰ درجه است. در شرایط گرمایی زمینه (۲۲ درجه)، بیشترین سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی در مواجهه ی صوتی با تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل و کمترین سطح فعالیت عضله در تراز فشار صوت ۹۵ دسی‌بل مشاهده می‌شود. در بیشترین سطح استرس گرمایی (۳۵ درجه)، بیشترین سطح فعالیت عضله در مواجهه ی صوتی با تراز ۹۵ دسی‌بل و کمترین سطح فعالیت عضله در مواجهه ی صوتی با تراز ۷۵ دسی‌بل مشاهده شد.

در تراز فشار صوت ۷۵ دسی‌بل، افزایش دما باعث کاهش سطح فعالیت عضله ی خم کننده انگشتان می‌شود. با افزایش سطح تراز فشار صوت و افزایش سطح استرس گرمایی، مقدار فعالیت عضله Flexor نیز افزایش

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

یافت. بیشترین سطح فعالیت عضله در دمای زمینه و در پایین‌ترین سطح تراز فشار صوت مشاهده شد. حداقل مقدار فعالیت عضله ی خم کننده ی انگشتان در دمای تر گوی‌سان ۳۰ درجه و تراز فشار صوت ۹۰ دسی‌بل ثبت شد. در سطح ثابت تراز صدا، برای صدای ۷۵ دسی‌بل، بیشترین سطح فعالیت عضله در شرایط دمایی ۲۲ درجه و کمترین آن در ۳۵ درجه مشاهده شد. در سطح تراز صوت ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل، کمترین سطح فعالیت عضله ی خم کننده ی انگشتان در دمای ۳۰ درجه و بیشترین سطح فعالیت عضله در دمای ۳۵ درجه مشاهده شد. به نظر می‌رسد الگوی تغییر فعالیت عضله ی خم کننده ی انگشتان در تراز فشار صوت ۷۵ دسی‌بل نسبت به دو تراز ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل، حالت عکس دارد. افزایش فعالیت عضله ی Flexor در ترازهای صوتی ۸۵ و ۹۵ دسی‌بل، ارتباط مستقیم با افزایش دما دارد. نمودار ۱، تغییرات سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی و عضله ی خم کننده ی انگشتان در سطوح مختلف صدا و استرس گرمایی را نشان می‌دهد.

بر اساس جدول ۴، نتایج بررسی برهمکنش بین مواجهه صوتی و مواجهه با شرایط استرس گرمایی نشان می‌دهد که مواجهه توأم با هر دو عامل باعث تغییرات معنادار در سطح فعالیت عضله می‌شود (P-Value<0.05). بر اساس آماره F، نتایج نشان می‌دهد که تغییر شرایط مواجهه با استرس حرارتی از ۳۰ به ۳۵ درجه، باعث ایجاد تغییرات بیشتری در سطح فعالیت عضله ی دو سر بازویی نسبت به شرایط دمایی ۲۲ به ۳۰ درجه می‌شود (F=25.836). همچنین در عضله ی خم کننده ی انگشتان دست، تغییر مواجهه با شرایط استرس گرمایی از ۲۲ به ۳۰ درجه نسبت به تغییر شرایط از ۳۰ به ۳۵ درجه، اثرات بیشتر و قوی‌تری بر تغییر سطح فعالیت عضله دارد (F=32.449).

بحث

مطالعه ی حاضر، با هدف ارزیابی سطح فعالیت عضلات دوسر بازویی و خم‌کننده ی انگشتان دست در مواجهه ی هم‌زمان با سطوح تراز صوتی و سطوح چندگانه ی استرس حرارتی انجام شد.

بر اساس نتایج مطالعه، افزایش سطح استرس گرمایی از سطح زمینه (۲۲ درجه سانتی‌گراد) به سطح مجاز مواجهه ی شغلی (۳۰ درجه)، به‌طور معناداری باعث افزایش سطح فعالیت عضله ی دو سر بازویی می‌شود (P.value <0/05) و همچنین افزایش سطح استرس گرمایی از ۳۰ به ۳۵ درجه ی سانتی‌گراد، باعث کاهش سطح فعالیت این عضله می‌شود. تغییرات سطح فعالیت عضله ی خم کننده ی انگشتان در سطوح مختلف استرس گرمایی، نشان می‌دهد که تغییر از $22^{\circ C}$ = WBGT به $30^{\circ C}$ باعث کاهش در سطح فعالیت عضله Flexor می‌شود؛ و افزایش دما از ۳۰ درجه به ۳۵ درجه، سبب افزایش سطح فعالیت عضله می‌شود. نتایج تغییرات سطح فعالیت عضله در مطالعه ی حاضر با نتایج حاصل از مطالعه ی Racinais و همکاران همخوانی دارد. این محقق، با بررسی مطالعات انجام‌شده در این زمینه، بیان کرد که افزایش یک‌درجه‌ای دمای عضله باعث بهبود عملکرد عضله می‌شود و این در حالی است که اگر دمای مرکزی افزایش یابد، این رابطه ی مثبت مختل شده و عملکرد عضله آسیب می‌بیند (۶۵). همچنین Periard و همکاران، در مطالعه ی خود عنوان می‌کنند که کاهش تولید نیرو در عضلات، منشأ محیطی دارد. در این مطالعه، شرایط دمایی گرم، مواجهه با دمای ۳۵ درجه ی سانتی‌گراد بود که باعث کاهش ۹۰ درصدی فعالیت عضله ی مورد مطالعه نسبت به گروه کنترل شد (۳۹).

علاوه بر مواردی که در مطالعه ی Racinais به آن‌ها اشاره شد، باید توجه داشت که عملکرد عضلات متفاوت است. عملکرد یک عضله بر اساس شکل فیزیکی و ساختاری آن و همچنین سطح مقطعی که عضله دارد، متفاوت است (۶۶)؛ بنابراین، عضلات با توجه به نوع عملکردشان ممکن است در مواجهه با استرس گرمایی واکنش‌های متفاوتی در سطح فعالیتی خود داشته باشند که نتایج مطالعه ی حاضر، به‌خوبی این نکته را تأیید می‌کند؛ به‌نحوی که بر اساس نتایج مطالعه، الگوی تغییرات سطح فعالیت در دو عضله ی مورد مطالعه، عکس یکدیگر و متفاوت هستند.

نتایج مطالعات نیز نشان می‌دهد که مواجهه با استرس گرمایی بیش از ۳۰ درجه ی سانتی‌گراد، باعث کاهش رشد و وزن عضلات (۶۷)، کاهش سطح فعالیت عضله (۶۸)، محدودیت دامنه ی حرکتی عضله (۶۹)، کاهش تولید نیرو در عضله (۳۹) و همچنین احساس ناراحتی و کاهش توان خروجی افراد (۷۰) می‌شود. مواجهه با گرمای محیطی، باعث کاهش فعالیت الکترومیوگرافی (EMG[1]) و توانایی تولید نیرو در ماهیچه می‌شود که با نتایج مطالعه ی حاضر همخوانی دارد (۱۲). در توضیح علت کاهش فعالیت عضله در مواجهه با استرس گرمایی، باید گفت که تغییرات شدید در بدن ازجمله افزایش دمای مرکزی بدن رخ می‌دهد که باعث می‌شود سیستم اعصاب مرکزی جهت جلوگیری از آسیب به سلول‌ها و بافت‌های بدن، دستور کاهش فعالیت عصبی عضلات را صادر کند

1Electromyography

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

که نتیجه ی آن، کاهش سطح فعالیت عضلات می‌شود (۷۱, ۷۲).

بررسی نتایج اثر مواجهه ی صوتی بر سطح فعالیت عضله، نشان می‌دهد که افزایش تراز فشار صوت از 75 dB A به‌عنوان سطح تراز فشار صوت کمتر از حد مجاز مواجهه ی شغلی به تراز فشار صوت ۸۵ دسی‌بل، باعث افزایش سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی و افزایش تراز فشار صوت به ۹۵ دسی‌بل، باعث کاهش چشمگیر در سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی می‌شود.

در عضله ی خم کننده ی انگشتان، افزایش تراز صوتی از ۷۵ به ۸۵ دسی‌بل، سبب کاهش سطح فعالیت عضله شده و افزایش تراز صوتی به بیشتر از حد مجاز مواجهه ی صوتی (95 dB A)، باعث افزایش سطح فعالیت عضله می‌شود. الگوی تغییرات سطح فعالیت دو عضله ی مورد مطالعه، کاملاً برعکس یکدیگر است. نتایج مطالعه ی Kjellberg (۲۱) و Naqvi (۱۶)، نشان می‌دهد که مواجهه با صدا باعث کاهش فعالیت حرکتی عضلات می‌شود که تا حدودی با نتایج مطالعه همخوانی دارد. نتایج مطالعه ی Jancke، نشان می‌دهد که مواجهه ی حاد با صدای بیشتر از حد مجاز مواجهه ۸۵ دسی‌بل، باعث افزایش فعالیت ماهیچه‌ای می‌شود. هرچقدر صدا بلندتر شود، فعالیت عضله بیشتر می‌شود. درواقع صدا مثل یک محرک عمل کرده و باعث افزایش فعالیت ماهیچه می‌شود (۲۰, ۲۱). نتایج این مطالعات، تا حدودی با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد. علت اختلاف نتایج مربوط به تفاوت در عضلات مورد بررسی و نوع صدای مورد مطالعه است. مطالعه ی نوری زاده و همکاران نیز نشان می‌دهد که افزایش تراز صوتی باعث افزایش فعالیت انقباضی عضله می‌شود و بالعکس کاهش تراز صدا، باعث کاهش نیروی انقباضی عضله می‌شود (۱۷). نتایج مطالعه ی (۷۳) Jensenius و (۷۴) Kara، این نتایج را تأیید کرده و بیان می دارد که صدا باعث القای حرکت عضلات می‌شود و افزایش تراز صدا باعث افزایش فعالیت عضله می‌شود. نتایج مطالعه ی Stewart و همکاران (۷۵) و Yin و همکاران (۷۶) نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که مواجهه ی مداوم با صدا باعث تحریک فعالیت نورون‌ها و درنتیجه، افزایش فعالیت عضلات می‌شود.

در توضیح تغییرات فعالیت عضله، مواجهه ی مزمن با صدا باعث خستگی عضلات می‌شود. سیستم عصبی مرکزی در مقابله با استرس‌های محیطی، با ترشح پروتئین‌های استرسی (HSP) به محافظت از بافت‌ها و عضلات می‌پردازد؛ که منجر به کاهش فعالیت عضلات می‌شود (۱۴, ۱۶). در مواجهه ی حاد با صدا، افزایش فعالیت نورون‌های حرکتی آلفا و گاما که مسئول عصب رسانی به فیبرهای عضلانی هستند، باعث افزایش فعالیت عضله می‌شود (۱۷-۱۹). نتایج آزمون آماری ANOVA، نشان می‌دهد که تغییرات سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی و عضله ی خم کننده ی انگشتان با افزایش تراز فشار صوت (از ۸۵ به ۹۵ دسی‌بل) معنادار آماری است ($P.value < 0.05$). می‌توان علت تفاوت در الگوی تغییرات سطح فعالیت دو عضله ی مورد مطالعه را چنین استنباط کرد که عضله ی خم کننده ی انگشتان با توجه و نوع و ماهیت عملکرد خود بیشتر تحت تأثیر صدا قرار دارد. علاوه بر این، چون انگشتان به‌عنوان اندام‌های انتهایی دست‌ها هستند، افزایش تراز صدا می‌تواند باعث افزایش سرعت انجام کار در این اندام‌ها شود. همچنین در عضله دو سر بازویی، افزایش تراز فشار صوت به بیش از حد مجاز مواجهه باعث خستگی و کاهش فعالیت عضله می‌شود. از این تفاوت در الگوی تغییرات سطح فعالیت عضلات، این‌چنین استنباط می‌شود که ماهیت عضله و عملکرد آن نقش مهمی در اثرگذاری مواجهه ی صوتی بر سطح فعالیت عضله دارد.

بر اساس نمودار ۱، سطح فعالیت عضلات مورد مطالعه با توجه به مواجهه ی توأم صوتی و استرس گرمایی، تغییر می‌کند. در سطح تراز فشار صوت ثابت، بیشترین سطح فعالیت عضله ی Flexor در شرایط استرس گرمایی زمینه ($WBGT=22^{\circ C}$) دیده می‌شود. می‌توان چنین استنباط کرد که دمای زمینه، کمترین اثر را بر روی خستگی عضله خواهد داشت و درنتیجه، در این سطح شرایط گرمایی، عضله زمان بیشتری را صرف کارکرد خود می‌کند. با افزایش تراز فشار صوت و همچنین افزایش سطح استرس گرمایی، مشاهده می‌شود که بیشترین سطح فعالیت عضله ی Flexor در بالاترین سطح استرس گرمایی ($WBGT=35\ ^{\circ C}$) است. از این نتایج، می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش تراز فشار صوت و همچنین افزایش سطح استرس گرمایی، اثر هم‌افزایی بر سطح فعالیت عضله داشته است؛ به‌نحوی که به‌جز صدای ۷۵ دسی‌بل، با افزایش توأم صدا و استرس گرمایی سطح فعالیت عضله Flexor افزایش می‌یابد. در شرایط استرس گرمایی مجاز برای افراد سازش‌نیافته در کارهای سبک دستی نشسته ($WBGT=30\ ^{\circ C}$)، سطح فعالیت عضله ی Flexor کاهش می یابد.

همچنین بیشترین سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی در سطح مجاز مواجهه ی شغلی تراز فشار صوت و استرس

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

گرمایی دیده می‌شود. افزایش سطح استرس گرمایی توأم با افزایش تراز مواجهه صوتی، اثر افزایشی بر عملکرد فعالیت عضله ی دوسربازویی دارد. برهم‌کنش بین مواجهه ی صوتی و مواجهه با شرایط استرس گرمایی، نشان می‌دهد که مواجهه ی توأم با هر دو عامل باعث تغییرات معنادار آماری در سطح فعالیت هر دو عضله ی مورد مطالعه می‌شود (P.value <0.05). به دلیل نبود مطالعه ی مشابه درزمینه‌ی بررسی اثر مواجهه ی هم‌زمان با سروصدا و استرس گرمایی بر فعالیت عضلات، لذا مقایسه ی نتایج اثرات توأم با این عوامل، امکان‌پذیر نیست.

در این مطالعه، محدودیت‌هایی ازجمله محدودیت سن شرکت‌کنندگان، نداشتن گروه کنترل جهت مقایسه ی دقیق اثرات و مدت‌زمان کم مواجهه ی افراد با صدا و استرس گرمایی وجود داشت که توصیه می‌شود مطالعات آینده با در نظر گرفتن این موارد و حجم نمونه ی بیشتر انجام شوند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه، نشان می‌دهد که به‌طورکلی، افزایش تراز فشار صوت و استرس گرمایی باعث افزایش و کاهش به ترتیب سطح فعالیت عضله ی دوسر بازویی و عضله ی خم کننده ی انگشتان دست می‌شود؛ هرچند که در تقسیم‌بندی سطوح مختلف صدا و استرس گرمایی، فعالیت عضلات متفاوت خواهد بود. اثر هم‌افزایی مواجهه ی هم‌زمان با صدا و استرس گرمایی، نشان می‌دهد که دمای بیش از ۳۰ درجه، قوی‌ترین اثر را بر عملکرد عضله ی دوسر بازویی و دمای کمتر از ۳۰ درجه، قوی‌ترین اثر را بر عملکرد عضله ی خم‌کننده ی انگشتان دارد. استفاده از روش‌های کنترل مهندسی و همچنین فعالیت در سطوح مجاز مواجهه با صدا و استرس گرمایی، باعث بهبود عملکرد عضلات می‌شود.

تشکر و قدردانی

محققان، نهایت سپاسگزاری خود را از تمامی داوطلبین شرکت‌کننده در مطالعه، اعلام می‌دارند. این مطالعه با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1399.105، منتج از پایان‌نامه ی کارشناسی ارشد، در معاونت پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ثبت و تأیید شده است.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

REFERENCES

1. Egan B, O'connor PL, Zierath JR, O'gorman DJ. Time course analysis reveals gene-specific transcript and protein kinetics of adaptation to short-term aerobic exercise training in human skeletal muscle. PloS one. 2013;8(9):e74098.
2. Hafen PS, Abbott K, Bowden J, Lopiano R, Hancock CR, Hyldahl RD. Daily heat treatment maintains mitochondrial function and attenuates atrophy in human skeletal muscle subjected to immobilization. Journal of applied physiology. 2019;127(1):47-57.
3. Ohira T, Higashibata A, Seki M, Kurata Y, Kimura Y, Hirano H, et al. The effects of heat stress on morphological properties and intracellular signaling of denervated and intact soleus muscles in rats. Physiological reports. 2017;5(15):e13350.
4. Kapoor M, Singh LP. HEAT STRESS AND MUSCLE HYPERTROPHY: EFFECTS AND MECHANISMS. Int J Cur Res Rev. 2013;5(21).
5. Tieland M, Trouwborst I, Clark BC. Skeletal muscle performance and ageing. Journal of cachexia, sarcopenia and muscle. 2018;9(1):3-19.
6. Golbabaei F, Monazzam M, Hematjo R, Hosseini M, Farhanf dehghan S. The assessment of heat stress and heat strain in pardis petrochemical complex, Tehran, Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2013;5(1):6-11.
7. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Industrial health. 2006;44(3):368-79.
8. Senf SM, Dodd SL, McClung JM, Judge AR. Hsp70 overexpression inhibits NF-κB and Foxo3a transcriptional activities and prevents skeletal muscle atrophy. The FASEB Journal. 2008;22(11):3836-45.
9. Dodd SL, Hain B, Senf SM, Judge AR. Hsp27 inhibits IKKβ-induced NF-κE activity and skeletal muscle atrophy. The FASEB Journal. 2009;23(10):3415-23.
10. Kubik RM, Tietze SM, Schmidt TB, Yates DT, Petersen JL. Investigation of the skeletal muscle transcriptome in lambs fed β adrenergic agonists and subjected to heat stress for 21 d. Translational Animal Science. 2018;2(suppl_1):S53-S6.
11. Kikusato M, Toyomizu M. Differential effects of heat stress on oxidative status of skeletal muscle with different muscle fibre compositions in broiler chicken. J Anim Feed Sci. 2019;28(1):78-82.
12. Racinais S. Hot ambient conditions shift the Force/EMG relationship. Springerplus. 2013;2(1):1-7.
13. Saboisky J, Marino FE, Kay D, Cannon J. Exercise heat stress does not reduce central activation to non-exercised human skeletal muscle. Experimental Physiology. 2003;88(6):783-90.
14. Rylander R. Physiological aspects of noise-induced

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

stress and annoyance. Journal of sound and vibration. 2004;277(3):471-8.
15. Ravindran R, Devi RS, Samson J, Senthilvelan M. Noise-stress-induced brain neurotransmitter changes and the effect of Ocimum sanctum (Linn) treatment in albino rats. Journal of pharmacological sciences. 2005;98(4):354-60.
16. Naqvi F, Haider S, Batool Z, Perveen T, Haleem DJ. Sub-chronic exposure to noise affects locomotor activity and produces anxiogenic and depressive like behavior in rats. Pharmacological Reports. 2012;64(1):64-9.
17. Nourizadeh DS, Saraeipour S, Karimi S. Effect of fluctuations of verbal command volume on magnitude of muscle contraction. 2003.
18. Buchwald JS. General features of nervous system organization. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1967;46(1):88-103.
19. Johansson CA, Kent BE, Shepard KF. Relationship between verbal command volume and magnitude of muscle contraction. Physical Therapy. 1983;63(8):1260-5.
20. Jäncke L, Vogt J, Musial F, Lutz K, Kalveram KT. Facial EMG responses to auditory stimuli. International Journal of Psychophysiology. 1996;22(1-2):85-96.
21. Kjellberg A, Sköldström B, Tesarz M, Dallner M. Facial EMG responses to noise. Perceptual and motor skills. 1994;79(3):1203-16.
22. Kim S-m, Sim E-J, Lee DY, Yu JH, Kim JS, Hong JH. Change of Quadriceps Muscular strength and Muscle Activity According to Knee Extension Angle and body Mass Index. Medico Legal Update. 2019;19(2):570-6.
23. Organization WH. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. 2000.
24. Seidi PA. Assessment of the Students' Mental Health in the University of Garmian Using the Kurdish General Health Questionnaire. Passer Journal. 2020;2(1):27-31.
25. Maciaszek J, Ciulkowicz M, Misiak B, Szczesniak D, Luc D, Wieczorek T, et al. Mental health of medical and non-medical professionals during the peak of the COVID-19 pandemic: A cross-sectional nationwide study. Journal of Clinical Medicine. 2020;9(8):2527.
26. Nasimi M, Ahangari N, Lajevardi V, Mahmoudi H, Ghodsi SZ, Etesami I. Quality of life and mental health status in patients with lichen planopilaris based on Dermatology Life Quality Index and General Health Questionnaire-28 questionnaires. International Journal of Women's Dermatology. 2020;6(5):399-403.
27. Ebrahimi A MH, Moosavi G, Bornamanesh A, Yaghobi M. Psychometric properties and factor structure of General Health Questionnaire 28 (GHQ-28) in Iranian psychiatric patients. Journal of Research in Behavioural Sciences. 2007;5(1):5-12.
28. Abbasi M, Yazdanirad S, Habibi P, Arabi S, Fallah Madvari R, Mehri A, et al. Relationship among noise exposure, sensitivity, and noise annoyance with job satisfaction and job stress in a textile industry. Noise & Vibration Worldwide. 2019;50(6):195-201.
29. Zimmer K, Ellermeier W. Psychometric properties of four measures of noise sensitivity: A comparison. Journal of Environmental Psychology. 1999;19(3):295-302.
30. Jafari MJ, Khosrowabadi R, Khodakarim S, Khodagholi F, Mohammadian F. The effects of combined exposure to noise and heat on human salivary cortisol and blood pressure. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2019:1-9.
31. Musto F, Rosati R, Sforza C, Toma M, Dellavia C. Standardised surface electromyography allows effective submental muscles assessment. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2017;34:1-5.
32. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. Journal of electromyography and Kinesiology. 2000;10(5):361-74.
33. Porras E, Peñuela L, Velasco A, editors. Electromyography Signal Analysis to Obtain Knee Joint Angular Position. ICINCO (1); 2019.
34. Stegeman D, Hermens H. Standards for surface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM). Enschede: Roessingh Research and Development. 2007:108-12.
35. Lindskov L, Huse A-B, Johansson M, Nygård S. Muscle activity in children with spastic unilateral cerebral palsy when walking with ankle-foot orthoses: an explorative study. Gait & Posture. 2020;80:31-6.
36. Boocock MG, Taylor S, Mawston GA. The influence of age on spinal and lower limb muscle activity during repetitive lifting. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2020;55:102482.
37. Abidin SBZ, Jusoh WNIW, Che-Nan H, Wan WF. ESTIMATION OF UPPER LIMB REAL DYNAMIC FORCE USING SURFACE ELECTROMYOGRAM (sEMG). SCIENCE & TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE FOR DEFENCE (STRIDE). 2017:236.
38. Skals S, Bláfoss R, Andersen MS, de Zee M, Andersen LL. Manual material handling in the supermarket sector. Part 1: Joint angles and muscle activity of trapezius descendens and erector spinae longissimus. Applied Ergonomics. 2021;92:103340.
39. Périard JD, Cramer MN, Chapman PG, Caillaud C, Thompson MW. Neuromuscular function following prolonged intense self-paced exercise in hot climatic conditions. European journal of applied physiology.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

2011;111(8):1561-9.
40. Rad MF, Naimi SS, Khademi-Kalantar K, Ghasemi M, Akbarzadeh A. Immediate effect of whole body vibration on maximalisometric contraction of biceps brachei in different contraction forces.
41. Roman-Liu D, Bartuzi P. Influence of type of MVC test on electromyography measures of biceps brachii and triceps brachii. International journal of occupational safety and ergonomics. 2018;24(2):200-6.
42. Oliveira BM, Fernandes CH, Nakachima LR, Dos Santos JBG, Hirakawa CK, Faloppa F. Prevalence of Absence of Function of the Flexor Digitorum Superficialis Muscle Tendons in the Fourth and Fifth Fingers of the Hand in the Brazilian Population. Revista Brasileira de Ortopedia. 2020;55:448-54.
43. Matsuzawa K, Edama M, Ikezu M, Kaneko F, Hirabayashi R, Kageyama I. The origin structure of each finger in the flexor digitorum superficialis muscle. Surgical and Radiologic Anatomy. 2021;43(1):3-10.
44. Belbl M, Kunc V, Kachlik D. Absence of flexor digitorum profundus muscle and variation of flexor digitorum superficialis muscle in a little finger: two case reports. Surgical and Radiologic Anatomy. 2020:1-5.
45. Maniglio M, Chalmers C, Thürig G, Passaplan C, Müller C, McGarry M, et al. The anatomy and function of a bilateral accessory flexor digitorum superficialis muscle: A case report and review of literature. Morphologie. 2020;104(347):287-92.
46. Abadi ASS, Mazloumi A, Saraji GN, Zeraati H, Hadian M, Jafari A. Determining Changes in Electromyography Indices when Measuring Maximum Acceptable Weight of Lift in Iranian Male Students. Journal of biomedical physics & engineering. 2018;8(1):73.
47. Hamerezaee M, Golbabaei F, Nasiri P, Azam K, Farhang Dehghan S, Fathi A, et al. Determination of optimum index for heat stress assessment on the basis of physiological parameters, in steel industries. Health and Safety at Work. 2018;8(2):163-74.
48. Delgado Cortez O. Heat stress assessment among workers in a Nicaraguan sugarcane farm. Global health action. 2009;2(1):2069.
49. Akbari J, Dehghan H, Azmoon H. Relationship between Heat strain and Human productivity in automotive assembly industry. J Health Syst Res. 2013;9(9):935-50.
50. Habib E, Dehqana H, Lotfi S, Hassanzadeh A. The effect of heat on the precision and speed of the work in men by the battery method under experimental condition. Journal of Preventive Medicine. 2016;3(1):28-36.
51. Parvari RA, Aghaei HA, Dehghan H, Khademi A, Maracy MR, Dehghan SF. The effect of fabric type of common iranian working clothes on the induced cardiac and physiological strain under heat stress. Archives of environmental & occupational health. 2015;70(5):272-8.
52. Amer N, Beshir S, Shaheen W, Shahy EM, EL-Tahlawy E. Relationship between ECG pattern, Heat Shock Protein 70 and oxidative biomarkers among workers occupationally exposed to noise. Toxicology. 2020;16:55-64.
53. Racinais S, Wilson MG, Périard JD. Passive heat acclimation improves skeletal muscle contractility in humans. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2017;312(1):R101-R7.
54. Drew S. Effects of Resistance Training with Heat Stress on Muscle Mass, Strength and Performance. 2019.
55. Racinais S, Chamari K, Hachana Y, Bartagi Z, Blonc S, Hue O. Effect of an acute hot and dry exposure in moderately warm and humid environment on muscle performance at different times of day. International journal of sports medicine. 2006;27(01):49-54.
56. Thomas M. Cheung SS, Elder GC, Sleivert GG. Voluntary muscle activation is impaired by core temperature rather than local muscle temperature J Appl Physiol. 2006;100:1361-9.
57. Kikusato M, Toyomizu M. Differential effects of heat stress on oxidative status of skeletal muscle with different muscle fibre compositions in broiler chicken. Journal of Animal and Feed Sciences. 2019;28(1).
58. Ramezani M, Sheibanizade A, Pourbakht A, Zarinkoub H, Kamali M, Hajari SN. Ocular vestibular evoked myogenic potentials in normal-hearing adults. Bimonthly Audiology-Tehran University of Medical Sciences. 2012;21(2):42-9.
59. Emami SF, Farahani F, GOODARZI M. A Study of Relationship between the Acoustic Sensitivity of Vestibular System and the Ability to Trigger Sound-Evoked Muscle Reflex of the Middle Ear in Adults with Normal Hearing. 2014.
60. WHO II. The asia-pacific perspective. Redefining obesity and its treatment Obesity: Preventing and managing the global epidemic Geneva: WHO. 2000.
61. Seidi PA. Assessment of the Students' Mental Health in the University of Garmian Using the Kurdish General Health Questionnaire. Passer Journal. 2020;2(1):3.
62. Day S. Important factors in surface EMG measurement. Bortec Biomedical Ltd publishers. 2002:1-17.
63. Stegeman D, Hermens H. Standards for surface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM). 2007.
64. Borton TE, Nolen BL, Luks SB, Meline NC. Clinical Applicability of Insert Earphones for Audiometry: Original Papers. Audiology. 1989;28(2):61-70.
65. Racinais S, Oksa J. Temperature and neuromuscular

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]

function. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2010;20:1-18.
66. Adkins AN, Dewald JP, Garmirian LP, Nelson CM, Murray WM. Serial sarcomere number is substantially decreased within the paretic biceps brachii in individuals with chronic hemiparetic stroke. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2021;118(26).
67. Patael T, Piestun Y, Soffer A, Mordechay S, Yahav S, Velleman SG, et al. Early posthatch thermal stress causes long-term adverse effects on pectoralis muscle development in broilers. Poultry science. 2019;98(8):3268-77.
68. Girard O, Bishop DJ, Racinais S. M-wave normalization of EMG signal to investigate heat stress and fatigue. Journal of science and medicine in sport. 2018;21(5):518-24.
69. Golbabaei F, Zakerian SA, Dehaghi BF, Ghavamabadi LI, Gharagozlou F, Aliabadi MM, et al. Heat stress and physical capacity: A case study of semi-professional footballers. Iranian journal of public health. 2014;43(3):355.
70. Hunter A, Gibson CA, Mbambo Z, Lambert M, Noakes T. The effects of heat stress on neuromuscular activity during endurance exercise. Pflügers Archiv. 2002;444(6):738-43.
71. Mayorga E, Ross J, Keating A, Rhoads R, Baumgard L. Biology of heat stress; the nexus between intestinal hyperpermeability and swine reproduction. Theriogenology. 2020;154:73-83.
72. Zhang M, Dunshea FR, Warner RD, DiGiacomo K, Osei-Amponsah R, Chauhan SS. Impacts of heat stress on meat quality and strategies for amelioration: a review. International journal of biometeorology. 2020:1-16.
73. Jensenius AR, Zelechowska A, Gonzalez Sanchez VE, editors. The musical influence on people's micromotion when standing still in groups. Proceedings of the SMC Conferences; 2017: Aalto University.
74. Kara S, Özel P, editors. Determination of effects of different music on frontal muscle by using EMG signal. 2007 Frontiers in the Convergence of Bioscience and Information Technologies; 2007: IEEE.
75. Stewart CE, Holt AG, Altschuler RA, Cacace AT, Hall CD, Murnane OD, et al. Effects of Noise Exposure on the Vestibular System: A Systematic Review. Frontiers in Neurology. 2020;11(1327).
76. Yin D, Ren L, Li J, Shi Y, Duan Y, Xie Y, et al. Long-term moderate noise exposure enhances the medial olivocochlear reflex. Auris Nasus Larynx. 2020;47(5):769-77.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2022-10-19]