

Laboratory Study of the Effect of Exposure Time to Noise and Sound Pressure Level on Mental Fatigue and Release of Noradrenaline the in Human Body

Siamak Pourabdian¹ , Atefeh Mahmoudi^{2*}, Farhad Forouhar Majd³ , Marjan Mansourian⁴ , Niloofar Ziayi⁵ 

¹ Assistant Professor, Department of Occupational Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

² MA student, Department of Occupational Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

³ Assistant Professor, Department of Occupational Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

⁵ MA Student, Department of Occupational Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

* Corresponding Author: Atefeh Mahmoudi, Email: at.mahmoodi1372@yahoo.com

Abstract

Received: 13/06/2018

Accepted: 16/12/2019

Keywords:

Exposure time
Mental fatigue
Noradrenaline
Sound pressure level

Background: Noise is one of the most common stress-inducing factors in a workplace and can cause many detrimental effects. Regarding this, the present study was conducted to investigate the effects of exposure time to noise and sound pressure level on mental fatigue and release of noradrenaline in the human body under lab situations.

Methods: This study was conducted on 10 students of Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran, during 4 consecutive days. The subjects were exposed to the noise levels of 85 and 90 dB on the first (0.5 h)/second (1 h) and third (0.5 h)/fourth (1 h) days, respectively. They solved 20 mathematic questions before and after exposure to noise every day, and then marked their fatigue severity on a visual analog scale. In addition, blood samples were collected before and after exposure to noise. The data were analyzed in SPSS software (version 20).

Findings: The noradrenaline level estimated after 0.5 h exposure to 90 dB was significantly different with the level obtained after 1 h exposure to the same sound level ($P=0.037$). However, no significant difference was observed for other exposure durations. Furthermore, the mental fatigue degrees evaluated before exposure to the sound pressure levels of 85 and 90 dB were significantly different from those measured after exposure to these pressure levels in all situations.

Conclusion: As the findings indicated, the elongation of time exposure to noise led to the elevation of mental fatigue; however, it resulted in no change in the level of noradrenaline. Furthermore, the rise of noise level from 85 to 90 dB did not lead to the elevation of mental fatigue and noradrenaline release. Consequently, it seems that increased exposure time to noise is more important in causing mental fatigue than the sound pressure level in a short period of time.

Citation: Pourabdian S, Mahmoudi A, Forouhar Majd F, Mansourian M, Ziayi N. Laboratory Study of the Effect of Exposure Time to Noise and Sound Pressure Level on Mental Fatigue and Release of Noradrenaline the in Human Body. J Health Syst Res. 2019; 15(1): 17-25.

بررسی اثرات زمان مواجهه با صدا و تراز فشار صوت بر خستگی ذهنی و ترشح نور آدرنالین در بدن انسان در شرایط آزمایشگاهی

سیامک پورعبدیان^۱، عاطفه محمودی^{۲*}، فرهاد فروهر مجد^۳، مرجان منصوریان^۴، نیلوفر ضیایی^۵

^۱ دانشیار، برد تخصصی طب کار، گروه آموزشی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه آموزشی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

^۳ دانشیار، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه آموزشی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

^۴ دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

^۵ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه آموزشی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

* نویسنده مسئول: عاطفه محمودی، ایمیل: at.mahmoodi1372@yahoo.com

چکیده

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۲۳

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

مقدمه: صدا شایع‌ترین عامل استرس‌زا در محیط‌های کاری است که می‌تواند اثرات زیان‌آوری را به دنبال داشته باشد. در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات زمان مواجهه با صدا و تراز فشار آن بر میزان خستگی ذهنی و ترشح هورمون نورآدرنالین در بدن انسان در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

روش‌ها: مطالعه حاضر طی چهار روز متوالی در ارتباط با ۱۰ نفر از دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان صورت گرفت. افراد مورد مطالعه در روزهای اول (نیم ساعت) و دوم (یک ساعت) با تراز ۸۵ دسی‌بل و در روزهای سوم (نیم ساعت) و چهارم (یک ساعت) با تراز ۹۰ دسی‌بل مواجهه یافتند. هر روز افراد قبل و بعد از مواجهه، ۲۰ سؤال ریاضی را حل می‌کردند و میزان خستگی ذهنی خود را بر روی مقیاس آنالوگ بصری (VAS: Visual Analog Scale) علامت می‌زدند. شایان ذکر است که از تمامی افراد قبل و بعد از مواجهه، نمونه خون گرفته شد. در نهایت، نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS آنالیز گردیدند.

یافته‌ها: سطح هورمون نورآدرنالین تنها در زمان نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل اختلاف معناداری با یک ساعت مواجهه با همین تراز داشت ($P=0/037$) و در سایر زمان‌های مواجهه اختلاف معناداری مشاهده نشد. باید خاطرنشان ساخت که در خستگی ذهنی در تمامی حالات، قبل و بعد از مواجهه با ترازهای فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل اختلاف معناداری مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: افزایش زمان مواجهه با صدا، تنها باعث افزایش میزان خستگی ذهنی گردید؛ اما تغییری در ترشح نورآدرنالین ایجاد نکرد. علاوه‌براین، افزایش تراز فشار صوت از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل موجب افزایش میزان خستگی ذهنی و ترشح نورآدرنالین نگردید؛ از این رو به نظر می‌رسد که در کوتاه‌مدت، افزایش زمان مواجهه نسبت به افزایش تراز فشار صوت در ایجاد خستگی ذهنی مهم‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

تراز فشار صوت
خستگی ذهنی
زمان مواجهه
نورآدرنالین

ارجاع: پورعبدیان سیامک، محمودی عاطفه، فروهر مجد فرهاد، ضیایی نیلوفر. بررسی اثرات زمان مواجهه با صدا و تراز فشار صوت بر خستگی ذهنی و ترشح نورآدرنالین در بدن انسان در شرایط آزمایشگاهی. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۸؛ ۱۵(۱): ۱۷-۲۵.

مقدمه

هنگامی که فرد در معرض عامل استرس‌زا قرار می‌گیرد، رشته‌های عصبی سمپاتیک، استیل‌کولین ترشح می‌کنند و استیل‌کولین ترشح آدرنالین و نورآدرنالین از غده فوق کلیوی به جریان خون را فعال می‌کند. علاوه‌براین عامل استرس‌زا، سیستم

در اغلب محیط‌های کاری در سراسر جهان، صدا شایع‌ترین و رایج‌ترین عامل استرس‌زایی است که افراد شاغل در معرض آن قرار دارند؛ به‌طوری که حدود ۶۰۰ میلیون نفر از افراد شاغل در معرض مواجهه شغلی با صدا هستند (۱-۳).

عصبی سمپاتیک را به صورت مستقیم فعال می کند و بر سیستم مغز، سیستم اسکلتی-عضلانی، سیستم ادراری، سیستم گوارشی و سیستم قلبی-عروقی تأثیر می گذارد و باعث افزایش نرخ ضربان قلب و فشار خون می شود (۴).

مواجهه با صدای بیش از حد استاندارد در محیط های کاری می تواند پیامدهای زیان آوری از جمله افت شنوایی، تأثیر بر گردش خون، اختلال خواب، اختلال در تمرکز و هوشیاری و مشکلات فیزیولوژیک را در پی داشته باشد و تداخل در ارتباط کلامی و یادگیری، اختلالات روانی و استرس، اختلالات هورمونی و کاهش عملکرد را در افراد شاغل ایجاد نماید (۳-۱).

کاهش عملکرد انسان می تواند ناشی از ایجاد خستگی در اثر نامطلوب بودن عوامل محیطی از جمله صدا باشد. خستگی یک فرایند تدریجی است (۵). در ارتباط با عوامل ایجادکننده خستگی ذهنی می توان به استرس، کار زیاد، مصرف زیاد دارو و بیماری اشاره کرد. خستگی در محیط های کاری مختلف، شیوع متفاوتی دارد. مطالعات انجام شده در آمریکا نشان می دهند که ۲ تا ۵/۲ میلیون نفر در آمریکا در معرض خستگی قرار دارند (۶). از سوی دیگر، نتایج حاکی از آن بودند که میزان خستگی کارکنان در مواجهه با سطوح مختلف صدا افزایش یافته است. در پژوهش jahcklen و همکاران در سال ۲۰۱۲ گزارش گردید افرادی که اختلال شنوایی دارند و در معرض سر و صدای زیادی هستند، نسبت به افراد با شنوایی معمولی، خستگی ذهنی بیشتری دارند (۷). در این راستا با توجه به نتایج مطالعات انجام شده می توان گفت که با افزایش سطح وظیفه، خستگی ذهنی افزایش پیدا می کند (۸).

مطالعات نشان داده اند که یک رابطه علی بین مواجهه با صدا و تغییر در مقاومت عروق محیطی-ضربان قلب-فشار خون و غلظت کاتکول آمین ها وجود دارد (۹). در این راستا، در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۲ توسط jahcklen انجام شد، نتایج حاکی از آن بودند که سطح هورمون آدرنالین و نورآدرنالین در هنگام مواجهه با صدای بالا در مقایسه با وضعیت صدای کم، بالاتر می باشد (۱۰). همچنین در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۳ توسط رحیمی مقدم انجام شد، گزارش گردید که با کاهش صدا، میزان دفع هورمون های استرس به ویژه نورآدرنالین به میزان قابل توجهی کاهش می یابد (۱۱).

در این ارتباط، نتایج مطالعات آندره و همکاران نشان دهنده آن بودند که مواجهه با صدای ۹۵ دسی بل به مدت ۲۰ دقیقه باعث تغییر قابل توجهی در میزان هورمون آدرنالین و نورآدرنالین نمی شود (۱۲).

علاوه بر این، نتایج مطالعه ای تحت عنوان "اثرات مواجهه مزمن و حاد با صدا" حاکی از آن بودند که مواجهه کوتاه مدت با تراز بین ۹۰ و ۱۰۰ دسی بل (A) باعث افزایش کاتکول آمین ها می شود. همچنین صدای غیرعادی، ترشح اولیه آدرنالین را افزایش می دهد؛ درحالی که عادت کردن به صدا باعث می شود

که افزایش تدریجی ترشح نورآدرنالین در مدت زمان طولانی در محیط کار انجام شود (۱۳).

با توجه به پیامدها و تأثیرات متعدد صدا بر سلامتی از جمله تغییر عملکرد شناختی و فعالیت های ذهنی مانند حافظه، تمرکز، اثر بر سیستم قلبی-عروقی، اختلال خواب، کاهش بهره وری، ایجاد خستگی و این واقعیت که به جز سیستم شنوایی، بقیه ارگان های بدن فاقد حد مجاز مواجهه با صدا هستند، در پژوهش حاضر سعی شده است اثر مواجهه با صدا در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی بل بر میزان خستگی ذهنی و ترشح هورمون نورآدرنالین در خون تعیین شود؛ بنابراین می توان از نتایج این مطالعه برای تعیین حد مجاز مواجهه با صدا برای ترشح هورمون های استرس و خستگی ذهنی در پژوهش های بعدی استفاده کرد.

روش ها

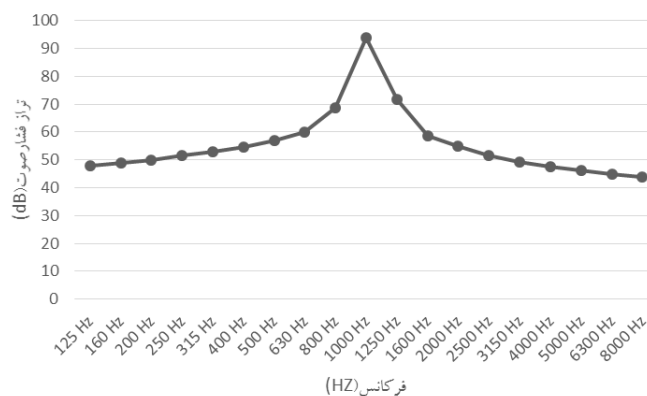
مطالعه تحلیلی-مداخله ای حاضر یک کارآزمایی بالینی و آینده نگر است. در این مطالعه ۱۰ نفر از دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان شامل ۵ زن و ۵ مرد با میانگین سنی ۲۳/۲ سال با استفاده از فرمول حجم نمونه
$$N = \frac{(z \alpha/2 + z1-B)^2 (S1^2 + S2^2)}{(\mu1 - \mu2)}$$
 و سطح خطای ۵ درصد به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. شایان ذکر است که سؤالات شامل عملیات ساده ریاضی بودند و نیازی به سطح هوشی بالا نداشتند.

پیش از انجام آزمایش، آزمودنی ها در مورد مراحل مطالعه توضیح شدند و رضایت نامه شرکت در مطالعه را تکمیل نمودند. سپس، تمامی افراد توسط پزشک معاینه شدند که بر مبنای نتایج، همگی دارای کانال گوش باز سالم بودند و مشکلات قلبی-عروقی، فشار خون و چربی نداشتند. به آزمودنی ها گفته شده و تأکید گردیده بود که روز قبل از آزمایش از داروهای اثرگذار بر هوشیاری، داروهای خواب آور، داروهای ضد حساسیت و داروهای سرماخوردگی و همچنین چای و قهوه استفاده نکنند. پس از معاینه پزشک، آزمودن اودیومتری برای تمامی افراد اجرا شد که بر مبنای نتایج این آزمون، هیچ کدام از آزمودنی ها افت شنوایی بیش از ۴۰ دسی بل در فرکانس های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ نداشتند. از آنجایی که در مطالعات قبلی مشخص شده بود که مواجهه به مدت ۲۰ دقیقه با صدای ۹۵ دسی بل موجب افزایش ترشح هورمون استرس نمی شود؛ از این رو در پژوهش حاضر ترازهای فشار صوت پایین تر؛ یعنی ۸۵ و ۹۰ دسی بل مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین با توجه به اینکه حد مجاز مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل، هشت ساعت است و به ازای هر ۳ دسی بل افزایش، زمان نصف می شود، با انجام محاسبات مشخص گردید که در تراز فشار صوت ۹۰ دسی بل، حداکثر زمان مجاز مواجهه دو ساعت می باشد؛ اما به دلیل محدودیت های موجود اعم از هماهنگی با نمونه گیر و آزمودنی ها تصمیم بر آن شد که این مطالعه به مدت نیم ساعت و یک ساعت انجام شود و برای کاهش دفعات نمونه گیری خون در یک روز، آزمایش در چهار روز متوالی صورت گیرد. افراد در

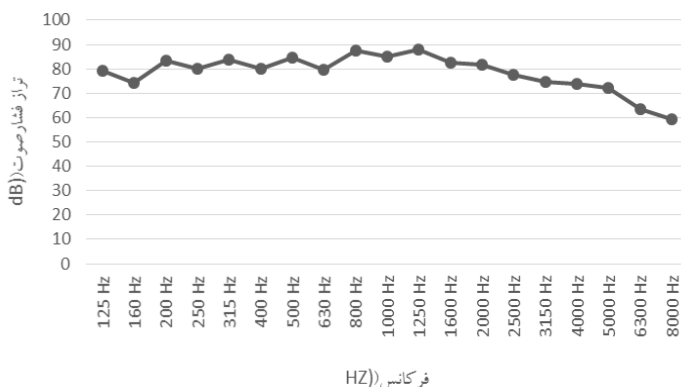
از مواجهه با صدا، ساعت ۱۱ و برای روزهای دوم و چهارم، ساعت ۱۱/۵ صبح بود. در هر مرحله از خون‌گیری، از هر فرد مقدار ۲/۲ سی‌سی خون گرفته شده و در ویالی حاوی EDTA ریخته شد (خون غیرلخته). در ادامه، نمونه‌ها داخل دستگاه سانتریفیوژ قرار داده شدند و پلاسما از خون جدا گردید. سپس، پلاسما داخل فریزری با دمای ۲۰- درجه سلسیوس قرار داده شد و مقدار هورمون نورآدرنالین موجود در پلاسما با استفاده از کیت الیزا و دستگاه انکوباتور در آزمایشگاه رسول اکرم (ص) تعیین مقدار گردید. باید خاطرنشان ساخت افرادی که در هنگام اجرای آزمایش قادر به ادامه آن نبودند از مطالعه حذف شدند.

صداها مورد نظر که صداها ضبط شده از صنعت (صدای کمپرسور) بودند، با استفاده از کامپیوتری که دارای برنامه نرم‌افزاری تولید و پخش صدا، نرم‌افزار آنالیز صدا (LABVIEW)، بلندگو و میکروفون بود برای کلیه افراد پخش شدند. میکروفون (دانمارک B&K) یک‌دوم اینچی بر روی سه‌پایه‌ای در ارتفاع گوش آزمودنی‌ها قرار گرفت. سپس، به کارت پردازشگر صدا و در ادامه به رایانه‌ای دارای نرم‌افزار LabView متصل گردید. لازم به ذکر است که میکروفون توسط کالیبراتور مدل ۴۲۳۰ در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و تراز فشار صوت ۹۴ دسی‌بل کالیبره شد (شکل ۱). صدای ضبط شده صنعتی (صدای کمپرسور) در تراز فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز (شکل‌های ۲ و ۳) به وسیله بلندگویی که دارای توان ۸۰ وات بود و در یک مکان ثابت

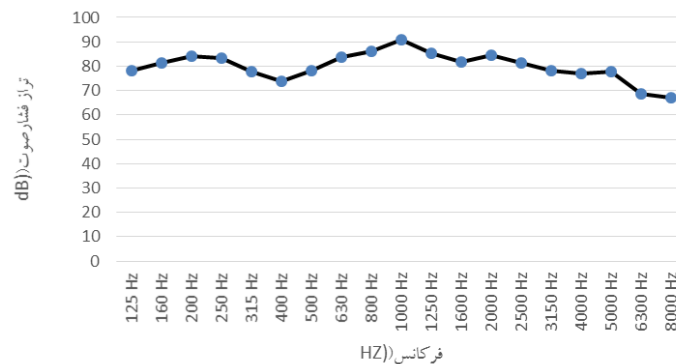
روز اول نیم ساعت با تراز ۸۵ دسی‌بل، در روز دوم یک ساعت با تراز ۸۵ دسی‌بل، در روز سوم نیم ساعت با تراز ۹۰ دسی‌بل و در روز چهارم یک ساعت با تراز ۹۰ دسی‌بل مواجهه یافتند. روند اجرای آزمایش در چهار روز بدین‌صورت بود که در ساعت ۱۰/۵ صبح قبل از اینکه افراد در مواجهه با صدا قرار بگیرند، نمونه خون توسط نمونه‌گیر آزمایشگاه رسول اکرم (ص) تحت شرایط کاملاً بهداشتی و استریل از آزمودنی‌ها گرفته شد. شایان ذکر است که آزمودنی‌ها تعداد ۲۰ سؤال ریاضی شامل چهار عمل اصلی که براساس الگوی ذکرشده در مطالعات مشابه توسط پژوهشگر طراحی شده بود را ظرف مدت ۱۰ دقیقه حل کردند و احساس خستگی ذهنی خود را بر روی مقیاس آنالوگ بصری (VAS) علامت زدند. ذکر این نکته ضرورت دارد که سؤالات ریاضی در هر چهار روز، قبل و بعد از مواجهه متفاوت بود. استفاده از ماشین حساب نیز ممنوع اعلام گردید. مقیاس آنالوگ بصری VAS یک مقیاس خوداظهاری خط‌کش‌وار است که از ۰ تا ۱۰ درجه‌بندی می‌شود که عدد صفر نشان‌دهنده عدم وجود خستگی، اعداد بین ۰ تا ۵ نشان‌دهنده خستگی متوسط و اعداد بین ۵ تا ۱۰ نشان‌دهنده خستگی زیاد می‌باشند (۱۴). در این مطالعه افراد بر مبنای ترتیبی که در بالا ذکر شد، در معرض صدا قرار گرفتند، ۲۰ سؤال ریاضی را حل نمودند و احساس خستگی ذهنی خود را بر روی مقیاس VAS علامت زدند. در پایان نیز از آن‌ها نمونه خون گرفته شد. زمان نمونه‌گیری برای روزهای اول و سوم بعد



شکل ۱: منحنی آنالیز فرکانس میکروفون (تراز فشار صوت ۹۴ دسی‌بل در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز)



شکل ۲: منحنی آنالیز فرکانس تراز فشار صوت پخش شده (۸۵ دسی‌بل)



شکل ۳: منحنی آنالیز فرکانس تراز فشار صوت پخش شده (۹۰ دسی بل)

قبل از مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/95$)، پس از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/56$)، بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=1$)، قبل از مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/841$)، بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/690$) و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=1$) وجود ندارد. نتایج آزمون Fisher نیز حاکی از آن بودند که اختلاف معناداری در میزان خستگی ذهنی در دو گروه زن و مرد و افراد با مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد، قبل از مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/362$)، پس از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/267$)، بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/255$)، قبل از مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/469$)، بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/446$) و پس از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/377$) وجود ندارد (جدول ۲). علاوه بر این، نتایج آزمون Mann-Whitney نشان از آن داشتند که متغیر سن در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی بل اختلاف معناداری ندارد ($P=1$). نتایج آزمون Fisher نیز بیانگر آن بودند که جنسیت و سطح تحصیلات در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی بل، اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند ($P=1$) (جدول ۳). در جدول ۴ میانگین درجه خستگی ذهنی و ترشح هورمون نورآدرنالین در زمان‌های مختلف مواجهه با ترازهای فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی بل نشان داده شده است. از سوی دیگر، نتایج آزمون Wilcoxon (جدول ۵) نشان می‌دهند که صرفاً بین میزان ترشح هورمون نورآدرنالین طی نیم ساعت مواجهه با تراز فشار صوت ۹۰ دسی بل و یک ساعت مواجهه با همین تراز اختلاف معناداری وجود دارد ($P=0/037$) و در سایر زمان‌های مواجهه که عبارت است از: قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/878$)، قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/114$)، بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل ($P=0/074$)، قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/386$) و قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی بل ($P=0/646$) اختلاف معناداری وجود ندارد. همچنین این نتایج نشان دادند که در ارتباط با متغیر خستگی ذهنی، قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی بل

به دیوار و با فاصله دو متر از آزمودنی‌ها قرار داشت، پخش شد. این تراز صدا توسط میکروفن دانمارکی بی اند کی به کارت پردازشگر صدا و نیز به سیستمی که نرم‌افزار LABVIEW بر روی آن نصب شده است، منتقل گردید (۱۵). لازم به ذکر است که این قسمت از مطالعه در آزمایشگاه صدا و ارتعاش دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد و با حذف صداهاى مزاحم زمینه و محیطی، خطای احتمالی مانند افزایش تراز صدا و کاهش تمرکز شرکت‌کنندگان به صفر رسید. در این مطالعه به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد. همچنین برای توصیف هورمون نورآدرنالین در زمان‌های مختلف مواجهه با ترازها و فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی بل از میانگین و انحراف معیار بهره گرفته شد و به‌منظور تحلیل داده‌ها از آزمون ناپارامتریک Fisher و Mann-Whitney استفاده گردید. شایان ذکر است که تمامی تحلیل‌ها در سطح خطای ۵ درصد انجام شدند.

یافته‌ها

پژوهش حاضر در ارتباط با ۱۰ نفر از دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان با میانگین سنی ۲۳/۲ و انحراف معیار ۲/۶ انجام شد. به لحاظ جنسیت، ۵۰ درصد از افراد مورد مطالعه زن و ۵۰ درصد مرد بودند. از نظر سطح تحصیلات نیز ۵۰ درصد دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۵۰ درصد دارای مدرک کارشناسی بودند (جدول ۱). نتایج آزمون Mann-Whitney نشان داد که اختلاف معناداری در ترشح هورمون نورآدرنالین در دو گروه زن و مرد و افراد با مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد،

جدول ۱: میانگین سن، درصد تحصیلات و جنسیت در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی بل

متغیر	تراز ۸۵ دسی بل
میانگین سن	۲۳/۲
درصد تحصیلات	۵۰ درصد کارشناسی - ۵۰ درصد کارشناسی ارشد
درصد جنسیت	۵۰ درصد مرد - ۵۰ درصد زن

جدول ۲: نتایج آزمون Mann-Whitney و Fisher برای ترشح هورمون نورآدرنالین و خستگی ذهنی در دو گروه زن و مرد و آزمودنی‌های با مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد

زمان مواجهه	خستگی ذهنی در دو گروه زن و مرد (آزمون Fisher)	هورمون نورآدرنالین در دو گروه زن و مرد (Mann-Whitney)
قبل از مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	($P=0/362$)	($P=0/95$)
بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	($P=0/267$)	($P=0/56$)
بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	($P=0/255$)	($P=1$)
قبل از مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	($P=0/469$)	($P=0/841$)
بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	($P=0/446$)	($P=0/690$)
بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	($P=0/377$)	($P=1$)

جدول ۳: نتایج آزمون Mann-Whitney و Fisher برای متغیرهای سن، تحصیلات و جنس در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل

متغیر	نوع آزمون	سطح معناداری
جنس	Fisher	۱
تحصیلات	Fisher	۱
سن	Mann-Whitney	۱

جدول ۴: میانگین درجه خستگی ذهنی و ترشح هورمون نورآدرنالین در زمان‌های مختلف مواجهه با ترازهای فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل

زمان‌های مواجهه	میانگین نمره خستگی ذهنی	میانگین هورمون نورآدرنالین (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)
قبل از مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	$0/9 \pm 1/10$	$145/19 \pm 44/12$
نیم ساعت پس از مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	$4/2 \pm 1/686$	$145/196 \pm 46/139$
یک ساعت بعد از مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	$5/9 \pm 1/523$	$117/58 \pm 38/164$
قبل از مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	$1/2 \pm 1/398$	$131/16 \pm 41/807$
نیم ساعت بعد از مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	$2/4 \pm 1/36$	$153/85 \pm 54/600$
یک ساعت بعد از مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	$6/7 \pm 2/13$	$118/72 \pm 53/272$

جدول ۵: نتایج آزمون Wilcoxon برای خستگی ذهنی و ترشح هورمون نورآدرنالین در زمان‌های مختلف مواجهه با ترازهای فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل

شرایط مواجهه	خستگی ذهنی	هورمون نورآدرنالین (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)
قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	$P=0/004$	$P=0/878$
قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	$P=0/005$	$P=0/114$
بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	$P=0/017$	$P=0/074$
قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	$P=0/007$	$P=0/386$
قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	$P=0/005$	$P=0/646$
بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	$P=0/007$	$P=0/037$
قبل از مواجهه با تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل	$P=0/334$	$P=0/959$
بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل	$P=0/670$	$P=0/575$
بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل	$P=0/105$	$P=0/959$

علاوه بر این، نتایج آزمون Friedman (جدول ۶) حاکی از آن هستند که بین میزان خستگی ذهنی، قبل، بعد از نیم ساعت و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز فشار صوت ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل اختلاف معناداری وجود دارد ($P=0/000$)؛ اما اختلاف معناداری در ترشح هورمون نورآدرنالین در قبل، بعد از نیم ساعت و بعد از یک ساعت مواجهه با ترازهای ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل وجود ندارد.

($P=0/004$)، قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل
($P=0/005$)، بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل
($P=0/017$)، قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل
($P=0/007$)، قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل
($P=0/005$) و بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل
($P=0/007$) اختلاف معناداری وجود دارد.

جدول ۶: نتایج آزمون Friedman برای خستگی ذهنی و ترشح هورمون نورآدرنالین در زمان‌های مختلف مواجهه با ترازهای فشار صوتی ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل

قبل از مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل		قبل از مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل	
بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل		بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	
بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل		بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل	
P=۰/۰۰۰		P=۰/۰۰۰	
P=۰/۴۶۷		P=۰/۴۶۷	
		خستگی ذهنی	
		هورمون نورآدرنالین	

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که اختلاف معناداری در میزان ترشح هورمون نورآدرنالین در دو گروه زن و مرد و آزمودنی‌های با مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد وجود ندارد. خستگی ذهنی نیز در گروه‌های مذکور اختلاف معناداری نداشت. بر مبنای نتایج می‌توان گفت که سن، جنس و سطح تحصیلات در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل با یکدیگر اختلاف معناداری ندارند و در دو تراز ثابت هستند؛ بنابراین، تأثیری بر ترشح هورمون نورآدرنالین و خستگی ذهنی در ترازهای مذکور نداشتند و تنها عامل زمان مواجهه و تراز فشار صوت در این پژوهش به‌عنوان متغیر محسوب شد. در رابطه با عامل زمان مواجهه، نتایج نشان دادند که هورمون نورآدرنالین قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه، قبل و بعد از یک ساعت مواجهه و بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با صدای ۸۵ دسی‌بل تغییر محسوسی نداشته است. همچنین در تراز ۹۰ دسی‌بل، میزان ترشح هورمون نورآدرنالین در مدت زمان نیم ساعت، بیشتر از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل بود؛ اما مقدار هورمون، قبل و بعد از نیم ساعت و قبل و بعد از یک ساعت تغییر محسوسی نداشت؛ بنابراین نتایج ذکر شده نشان می‌دهند که افزایش زمان مواجهه از نیم ساعت به یک ساعت نمی‌تواند باعث افزایش ترشح هورمون نورآدرنالین شود. از سوی دیگر، با مقایسه مقدار هورمون در زمانی که افراد با ترازهای ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل مواجهه نداشتند و نیز هنگامی که نیم و یک ساعت با ترازهای ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل مواجهه بودند، این نتیجه حاصل شد که افزایش تراز فشار صوت از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل، تغییری در میزان ترشح هورمون نورآدرنالین ایجاد نمی‌کند. مطالعات پیشین نیز این موضوع را تأیید نموده‌اند؛ به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای که توسط Ising و همکاران تحت عنوان "اثرات مواجهه مزمن و حاد با صدا" انجام شد، گزارش گردید که مواجهه کوتاه‌مدت با تراز ۹۰ تا ۱۰۰ دسی‌بل باعث افزایش هورمون نورآدرنالین و آدرنالین می‌شود؛ در صورتی که عادت کردن به صدا باعث می‌شود که افزایش تدریجی ترشح نورآدرنالین در مدت زمان طولانی در محیط کار ایجاد رخ دهد؛ از این رو در صناعی که در آن‌ها صدا به‌عنوان یک عامل استرس‌زا محسوب می‌شود، افزایش زمان مواجهه با صدا و افزایش تراز فشار صوت از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل باعث افزایش

ترشح نورآدرنالین نمی‌شود. از آنجایی که در تراز ۹۰ دسی‌بل میزان ترشح نورآدرنالین در مدت زمان نیم ساعت بیشتر از یک ساعت مواجهه می‌باشد؛ بنابراین می‌توان چنین برداشت کرد که شاید طولانی شدن زمان مواجهه با صدا باعث شود که افراد به صدای محیط کار خود عادت کنند و صدا دیگر به‌عنوان عاملی استرس‌زا برای آن‌ها محسوب نشود.

از سوی دیگر، نتایج مطالعه Frank و همکاران در سال ۲۰۱۳ حاکی از آن بودند که افزایش تراز فشار صوت از ۳۰ به ۶۰ دسی‌بل، میزان ترشح هورمون استرس را افزایش می‌بخشد. همچنین نتایج مطالعه رحیمی مقدم نشان دادند که با کاهش صدا، میزان دفع هورمون‌های استرس به‌ویژه نورآدرنالین به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. علاوه‌براین در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۲ توسط Jahcklen و همکاران انجام شد، گزارش گردید که سطح هورمون استرس در طول صدای بالا در مقایسه با وضعیت صدای کم، بالاتر می‌باشد. این درحالی است که براساس نتایج پژوهش حاضر با افزایش صدا از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل، اختلاف معناداری در ترشح هورمون نورآدرنالین و خستگی ذهنی قبل، بعد از نیم ساعت و پس از یک ساعت مواجهه مشاهده نگردید.

نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن بودند که خستگی ذهنی، قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل، قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل، پس از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۸۵ دسی‌بل، قبل و بعد از نیم ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل، قبل و بعد از یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل و بعد از نیم و یک ساعت مواجهه با تراز ۹۰ دسی‌بل افزایش یافته است. نتایج ذکر شده گویای آن هستند که افزایش زمان مواجهه در ترازهای مذکور باعث افزایش خستگی ذهنی در افراد می‌شود؛ اما با مقایسه میزان خستگی ذهنی در زمان‌های قبل از مواجهه با تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل، پس از نیم ساعت مواجهه با ترازهای ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل و بعد از یک ساعت مواجهه با ترازهای ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل متوجه می‌شویم که اختلاف معناداری در زمان‌های ذکر شده وجود ندارد؛ بنابراین می‌توان چنین برداشت کرد که افزایش تراز فشار صوت از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل باعث افزایش خستگی ذهنی در افراد نمی‌شود. در این راستا در مطالعه‌ای که با عنوان "بررسی میزان همخوانی نتایج اندازه‌گیری

ریتم کار، تکرار کار، نوبت کاری، جو سازمانی، حجم کار زیاد، کمبودن ساعات استراحت، شیفت کاری طولانی، عدم امنیت شغلی و غیره کنترل گردد.

پیشنهادهای

پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابهی با تعداد بیشتری از افراد انجام شود (ترجیحاً کارگران صناعی باشند که در معرض صدا قرار دارند). همچنین توصیه می‌گردد که مطالعات آتی در مورد دیگر هورمون‌های استرس نظیر کورتیزول بزاق، هورمون آدرنالین خون و یا ادرار انجام شوند. علاوه بر این، می‌توان پژوهش حاضر را در مورد ترازهای فشار صوت دیگر نیز انجام داد. لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر متغیرهای سن، جنس و سطح تحصیلات در دو تراز ۸۵ و ۹۰ دسی‌بل اختلاف معناداری با یکدیگر نداشتند؛ از این رو توصیه می‌شود که در پژوهش‌های بعدی از رده‌های مختلف سنی و سطوح مختلف تحصیلی برای انجام آزمایش استفاده شود و آزمایشات در دو گروه زن و مرد با یکدیگر مقایسه گردند.

محدودیت‌ها

مشخص نمودن افزایش زمان مواجهه با صدا از نیم ساعت به یک ساعت، تأثیر افزایش تراز فشار صوت از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل بر خستگی ذهنی، ترشح نورآدرنالین به دلیل ناکافی بودن نمونه‌ها، هزینه بالای تعیین مقدار هورمون نورآدرنالین در پلاسما و محدود بودن زمان مواجهه افراد با صدا به دلیل ماهیت زبان‌آوردن آن مشکلاتی جدی هستند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج مطالعه حاضر مشاهده گردید که افزایش زمان مواجهه با صدا، تنها باعث افزایش میزان خستگی ذهنی شد؛ اما تغییری را در ترشح نورآدرنالین ایجاد نکرد. همچنین افزایش تراز فشار صوت از ۸۵ به ۹۰ دسی‌بل باعث افزایش میزان خستگی ذهنی و ترشح نورآدرنالین نشد؛ از این رو به نظر می‌رسد که در صنایع، افزایش زمان مواجهه نسبت به تراز فشار صوت در ایجاد خستگی ذهنی مهم‌تر می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای به شماره ۳۹۵۴۸۱ می‌باشد. بدین‌وسیله نویسندگان از کارکنان آزمایشگاه رسول اکرم (ص) تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع

این پژوهش هیچ گونه تعارض منافع را برای نویسندگان به دنبال نداشته است.

خستگی ذهنی با مقیاس VAS و دستگاه Flicker Fusion توسط شیرازه ارقامی و همکاران انجام شد، این نتایج حاصل گردید که خستگی ذهنی پس از انجام هریک از وظایف فکری نام‌برده، افزایش معناداری می‌یابد. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان چنین برداشت کرد که حدود مجازی که هم‌اکنون برای صدا استفاده می‌شود فقط مربوط به سیستم شنوایی است و قابلیت استفاده برای اثرات دیگر سر و صدا را ندارد. همچنین برای صناعی که خطاهای انسانی در آن‌ها حایز اهمیت است و منجر به حوادث جانی و مالی می‌شود، مواجهه کوتاه‌مدت با تراز ۹۰ دسی‌بل بسیار مهم است؛ زیرا در این‌گونه صنایع، وقتی افراد تحت مواجهه کوتاه‌مدت با تراز ۹۰ دسی‌بل قرار می‌گیرند، ترشح هورمون‌های استرس افزایش می‌یابد و در نتیجه در معرض استرس قرار می‌گیرند و ممکن است تعداد خطاهای انسانی افراد بالاتر رود و منجر به بروز حوادث شود.

راه کارهای کاربردی: پیشنهاد می‌شود در صناعی که مشاغل در آن‌ها وجود دارند که نیاز به تمرکز و فعالیت ذهنی داشته و صدا برای آن‌ها به‌عنوان یک عامل زیان‌آور اصلی محسوب می‌شود، به‌منظور کاهش میزان خستگی ذهنی کارکنان، جلوگیری از ایجاد حوادث و افزایش بهره‌وری، کارایی و کیفیت محصولات، اقداماتی نظیر انجام آزمون‌های روان‌شناسی در بدو استخدام به‌منظور انتخاب کارگرانی که دارای سلامت روان باشند و نسبت به صدا حساسیت کمتری داشته باشند، جداسازی بخش‌های پر سر و صدای کارگاه از بخش‌هایی که نیاز به فعالیت ذهنی و تمرکز دارند، انجام اقدامات فنی - مهندسی مناسب برای کاهش صدای کارگاه اعم از کنترل صدا در منابع، استفاده از جاذب‌ها و عایق‌های صوتی، در نظر گرفتن برنامه کار استراحت، استفاده از وسایل حفاظت شنوایی و غیره صورت گیرد.

پیشنهاد می‌شود برای کاهش ترشح هورمون‌های استرس در صناعی که افراد به‌صورت موقت با ترازهای فشار صوت بالا کار می‌کنند، فرایندها به‌گونه‌ای طراحی شوند که افراد در ساعات اولیه کاری با ترازهای فشار صوت کمتری (ترجیحاً کمتر از ۹۰ دسی‌بل) مواجه شوند. با توجه به نتایج این مطالعه در تراز فشار صوت ۹۰ دسی‌بل، میزان ترشح هورمون استرس در ساعات ابتدایی مواجهه (نیم ساعت) بالاتر از یک ساعت مواجهه می‌باشد؛ اما برای تراز ۸۵ دسی‌بل، تفاوتی در میزان ترشح هورمون قبل و بعد از نیم و یک ساعت مواجهه مشاهده نگردید.

علاوه بر این در صنایع دارای عامل زیان‌آور صدا، برای کاهش ریسک ابتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی، فشار خون و غیره علاوه بر کنترل مواجهه کارکنان با صدا که در بالا به آن اشاره شد، پیشنهاد می‌شود دیگر ریسک‌فاکتورهای استرس‌زای شغلی اعم از ابهام نقش، گرانباری نقش، کم‌باری نقش، ناسازگاری نقش،

سلیقه شخصی در انتخاب و تفسیر نتایج اعمال نشد و اطلاعات کاملاً محرمانه نگهداری گردید.

حمایت مالی

این پژوهش از طرف کمیته تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان حمایت مالی شد.

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر با کد IR.MUI.REC.1395.3.481 در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به تصویب رسیده است. به کلیه شرکت کنندگان در مورد روند آزمایش آگاهی داده شد و رضایت آن‌ها کسب گردید. همچنین در انتخاب مدت زمان مواجهه حدود استاندارد مواجهه با صدا در نظر گرفته شد و

References

1. Ketabi D, Barkhordari A. Noise induced hearing loss among workers of an Iranian axial parts factory, 2009. *Int J Occup Hyg* 2010; 2(2): 69-73.
2. Gan WQ, Davies HW, Demers PA. Exposure to occupational noise and cardiovascular disease in the United States: the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *Occup Environ Med* 2010; 68(3): 183-90.
3. Polajnar A, Herzog NV, Buchmeister B, Jevšnik S. Strains and stresses of workers caused by exposure to noise. *Coll Antropol* 2012; 36(3): 899-909.
4. Stokholm ZA. Occupational noise exposure, physiological stress, and cardiovascular health. Aarhus, Denmark: Aarhus University; 2014.
5. Li Z, Jiao K, Chen M, Wang C. Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation. *Accid Anal Prev* 2004; 36: 501-5.
6. Wright RA, Stewart CC, Barnett BR. Mental fatigue influence on effort-related cardiovascular response extension across the regulatory (inhibitory)/non-regulatory performance dimension. *Int J Psychophysiol* 2008; 69(2): 127-33.
7. Jahncke H, Halin N. Performance, fatigue and stress in open-plan offices: the effects of noise and restoration on hearing impaired and normal hearing individuals. *Noise Health* 2012; 14(60): 260-72.
8. Lorist MM, Bezdan E, ten Caat M, Span MM, Roerdink JB, Maurits NM. The influence of mental fatigue and motivation on neural network dynamics; an EEG coherence study. *Brain* 2009; 1270: 95-106.
9. Sancini A, Caciari T, Rosati M, Samperi I, Iannattone G, Massimi R, et al. Can noise cause high blood pressure? Occupational risk in paper industry. *Clin Ter* 2014; 165(4): e304-11.
10. Jahncke H, Halin N. Performance, fatigue and stress in open-plan offices: the effects of noise and restoration on hearing impaired and normal hearing individuals. *Noise Health* 2012; 14(60): 260-72.
11. Ghotbi MR, Khanjani N, Barkhordari A, Moghadam SR, Mozaffari A, Gozashti MH. Changes in urinary catecholamines in response to noise exposure in workers at Sarcheshmeh Copper Complex, Kerman, Iran. *Environ Monitor Assess* 2013; 185(11): 8809-14.
12. Andren L, Lindstedt G, Björkman M, Borg K, Hansson L. Effect of noise on blood pressure and 'stress' hormones. *Clin Sci* 1982; 62(2): 137-41.
13. Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. *Noise Health* 2000; 2(7): 24.
14. Shankar H, Pesudovs K. Critical flicker fusion test of potential vision. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 231-9.
15. Ziayi Ghahnavieh N, Pourabdian S, Forouharmajid F. Protective earphones and human hearing system response to the received sound frequency signals. *J Low Frequency Noise Vibrat Active Control* 2018; 37(4): 1030-6.