



## بررسی ارتباط بین شاخص استرس محیطی و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران در یک معدن روباز

محمدجواد جعفری<sup>۱</sup>، حسن اصیلیان مهابادی<sup>۲</sup>، غلامحیدر تیموری<sup>۳\*</sup>، سهیلا خداکریم<sup>۴</sup>

### چکیده

مقدمه: در بسیاری از محیط‌های صنعتی و معدنی، استرس گرمایی علاوه بر ایجاد عوارض و بیماری باعث کاهش بهره‌وری، روحیه ضعیف و افزایش هزینه و حوادث می‌شود. برای ارزیابی میزان تنش‌های گرمایی شاخص‌های تنش گرمایی توسعه یافته‌اند. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تنش گرمایی و بررسی ارتباط بین شاخص ESI و پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران در یک معدن روباز می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی بر روی ۱۲۰ نفر نمونه مرد سالم شاغل در یک معدن روباز در تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. دمای پرده صماخ و دمای پوست با استفاده از دستگاه ترمومتر دیجیتالی مدل FT70 ساخت شرکت بروئر کشور آلمان اندازه‌گیری شد. ضربان قلب و فشار خون با استفاده از دستگاه دیجیتال Emsig (مدل BO26) ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری شد. کلیه متغیرهای محیطی به‌طور همزمان با پارامترهای فیزیولوژیکی در حین استراحت و کار اندازه‌گیری و ثبت شدند. شاخص ESI با استفاده از فرمول محاسبه گردید. در نهایت از آزمون همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده شد.

نتایج: میانگین شاخص ESI محاسبه شده برای افراد  $29/23^{\circ}\text{C}$  بدست آمد، واحدهای حفاری و حمل‌ونقل بیشترین و کمترین میزان شاخص ESI را دارا بودند (به ترتیب  $30/45^{\circ}\text{C}$  و  $28/03^{\circ}\text{C}$ ). نتایج نشان داد که میزان همبستگی شاخص ESI با پارامترهای فیزیولوژیکی مورد مطالعه معنادار می‌باشد ( $P < 0/01$ ). ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص ESI با دمای پرده صماخ، دمای پوست، ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک خون به ترتیب مساوی  $0/614$ ،  $0/507$ ،  $0/482$ ،  $0/355$  و  $0/247$  بدست آمد. بیشترین همبستگی مربوط به دمای عمقی (پرده صماخ) با مقدار  $0/614$  بود.

نتیجه‌گیری: میزان استرس حرارتی در محیط‌های کاری معدن بالا بود و کارگران واحد حفاری با شرایط استرس حرارتی بالاتری مواجه بودند و شاخص ESI تا حدودی ارتباط قابل قبولی با پارامترهای فیزیولوژیکی در محیط کاری مانند معادن روباز نشان داد. انجام مطالعات بیشتر بر روی شاخص ESI در شرایط کاری و دمایی مختلف به توسعه این شاخص منجر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص ESI، پارامترهای فیزیولوژیکی، معدن روباز

۱- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- استادیار گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

\* (نویسنده مسئول): تلفن ۰۲۱۲۲۴۳۲۰۴۰، Email: teimorigh1@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۶

## مقدمه

استرس حرارتی در بسیاری از محیط‌های کاری مانند معادن وجود دارد (۱). افراد شاغل در محیط‌های کاری بسیار گرم در معرض خطر انواع اختلالات خفیف تا شدید مربوط به گرما، از قبیل: بثورات جلدی، کرامپ گرمایی، سنکوپ، خستگی گرمایی و گرمزدگی قرار دارند (۲). علاوه بر این، سلامت روان، مشکلات ایمنی (افزایش هزینه و حوادث) و کاهش بهره‌وری در چنین محیط‌های کاری معمول است (۳،۲). بر اساس گزارش اداره آمار کار آمریکا (۲۰۰۴) مواجهه با گرمای محیطی در صنایع بخش خصوصی باعث مرگ ۱۸ نفر و آسیب به ۱۹۵۰ نفر شد (۴).

افراد شاغل در معادن روباز، غالباً در فصول گرم سال در معرض استرس گرمایی شدید قرار دارند (۵). با توجه به گزارش سازمان ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا در طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۳، اغلب موارد بیماری ناشی از استرس گرمایی در معادن در طول شیف‌ت روز کاری اتفاق می‌افتد. این می‌تواند به خاطر بالاتر بودن گرمای هوا در طول روز باشد. در نتیجه بررسی گرمای محیط کار می‌تواند برای کارگران و مدیریت، در مورد خطر بیماری‌های ناشی از گرما مفید باشد (۶).

اثر ترکیبی مواجهه با گرمای محیطی و تولید گرمای متابولیک (داخلی) می‌تواند باعث استرس گرمایی در بدن شود. روش‌های مستقیم ارزیابی مواجهه افراد با گرما، بر اساس اندازه‌گیری استرس گرمایی بدن می‌باشد. پاسخ بدن انسان به استرس گرمایی به عنوان استرس شناخته می‌شود که به وسیله پارامترهای فیزیولوژیک قابل اندازه‌گیری است (۷). به منظور تضمین سلامت کارگران، ارزیابی استرس گرمایی و تغییرات پارامترهای فیزیولوژیک در شرایط گرمایی باید مورد مطالعه قرار بگیرد (۸).

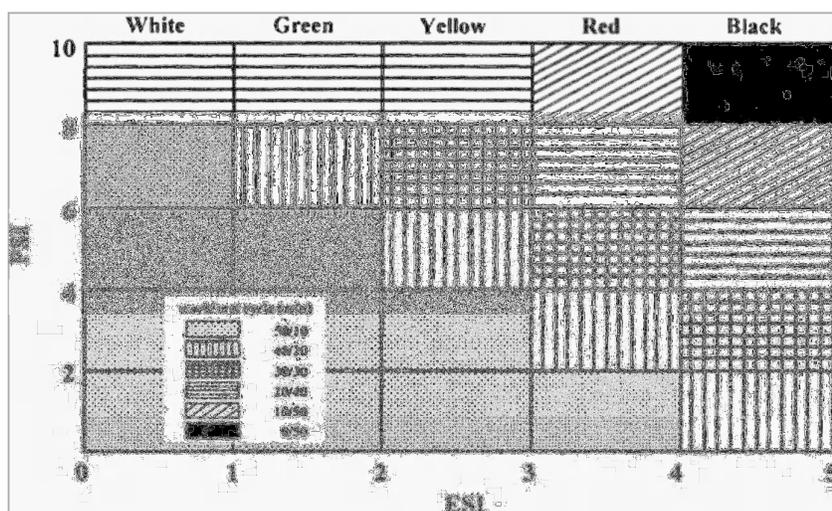
شاخص‌های زیادی برای ارزیابی میزان استرس گرمایی در محیط کار ابداع شده‌اند. این شاخص‌های استرس گرمایی به سه گروه منطقی، تجربی و مستقیم تقسیم‌بندی می‌شوند (۹،۱۰). شاخص‌های مستقیم براساس متغیرهای محیطی تدوین شده‌اند و کاربرد آن‌ها ساده و آسان است (۱۱).

تا کنون مطالعات مختلفی بر روی شاخص‌های گرمایی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی افراد در محیط‌های کاری گرم انجام شده است. نتایج بررسی یک مطالعه اپیدمیولوژیک از مواجهه گرمای محیط کار در سال ۲۰۱۴ نشان داد که در عمده مطالعات انجام شده در فضاهای بیرون و داخل از شاخص WBGT استفاده شده است (۶). برای محاسبه شاخص WBGT به ۳ متغیر محیطی: دمای هوا ( $t_a$ )، دمای تر ( $t_w$ )، و دمای گویسان ( $t_g$ ) نیاز می‌باشد (۱۲). برای اندازه‌گیری دمای گویسان معمولاً از یک دماسنج احاطه شده در یک کره سیاه مات ۶ اینچی استفاده می‌شود. اندازه‌گیری دمای گویسان می‌تواند به دلایلی مانند نیاز به زمان حدود ۳۰ دقیقه برای رسیدن به تعادل و یا استفاده از ابزار غیر استاندارد بر دقت و صحت WBGT اثر گذارد (۱۳).

در سال ۲۰۰۱ شاخص تجربی با عنوان شاخص استرس محیطی (ESI) توسط موران و همکاران ابداع و توسعه داده شد و در برابر WBGT اعتبارسنجی گردید. این شاخص بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای دمای محیط، رطوبت نسبی و میزان تشعشع مستقیم خورشید محاسبه می‌گردد و بار حرارتی ناشی از شرایط آب و هوایی را نشان می‌دهد (۱۴). شاخص ESI از دیگر شاخص‌های گرمایی که در گذشته پیشنهاد شده، به دو دلیل فرق دارد: اول اینکه برای محاسبه شاخص نیاز به اندازه‌گیری مستقیم متغیرهای اشعه خورشیدی (SR) و رطوبت نسبی (RH) می‌باشد در حالی که برای شاخصی مانند WBGT برای ارزیابی SR از دمای  $t_g$  و برای تخمین رطوبت نسبی از  $t_w$  استفاده می‌شود. دوم، هر کدام از متغیرهای مورد استفاده در شاخص ESI می‌تواند با پاسخ سریع و تنها به چند ثانیه برای رسیدن به تعادل نیاز است (۱۴،۱۵). شاخص ESI در سال ۲۰۰۶ در شرایط آب و هوایی گرم و خشک و گرم و مرطوب مورد ارزیابی قرار گرفت، همبستگی بالایی ( $R > 0.899$ ) بین ESI و WBGT برای ۱۹ مکان مختلف آب و هوایی در فلسطین اشغالی و میزان  $R^2 = 0.958$  و  $R^2 = 0.982$  برای مکان‌های آب و هوایی گرم و خشک و گرم و مرطوب بدست آمد (۱۶،۱۷).

است، هر ستون دارای یک رنگ مشخص است که سطح استرس گرمایی را نشان می‌دهد. کد سفید از صفر تا ۱ نشان‌دهنده فاقد بار گرمایی و کد مشکی ۴ تا ۵ نشان‌دهنده بار گرمایی شدید و هر الگو در هر سلول، چرخه کار استراحت را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، سلول مرکز اشاره به بار گرمایی متوسط دارد و برای مدت کار ۴۰ دقیقه‌ای، ۲۰ دقیقه استراحت پیشنهاد می‌گردد (۱۹). این شاخص برای شرایط بیرون توسعه داده شد و بعد از ارزیابی در شرایط محیطی مختلف پیشنهاد شد که می‌تواند بعنوان یک شاخص جایگزین برای WBGT در فعالیت‌های مختلف تحت شرایط گرمایی استفاده شود (۱۶).

همچنین شاخص ESI با استفاده از پارامترهای فیزیولوژیکی بدن از قبیل دمای عمقی، ضربان قلب و میزان تعریق در شرایط مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و همبستگی بالایی ( $R > 0.838$ ) با پارامترهای فیزیولوژیکی از خود نشان داد (۱۵). سپس بر اساس شاخص ESI و شاخص استرین فیزیولوژیکی بر پایه ضربان قلب  $PSI_{HR}$  (۱۸) و شاخص استرین فیزیولوژیکی PSI چرخه کار و استراحت (همانند چرخه کار- استراحت شاخص WBGT پیشنهاد شده توسط سازمان ACGIH) برای محیط کاری تعریف شد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ارزیابی PSI بر روی محور Y و در محدوده ۰ الی ۱۰ و ارزیابی ESI بر روی محور X از دامنه صفر الی ۵ تعریف شده



شکل ۱: چرخه کار- استراحت پیشنهاد شده بر اساس شاخص‌های ESI و PSI (۱۹)

خواهند شد و بایستی در زمینه بهداشت شغلی برنامه‌ریزی صورت پذیرد (۲۰).

بر اساس گزارش مرکز آمار ایران در سال ۹۰ تعداد ۵۲۴۶ معدن در حال بهره‌برداری با ۸۴۵۲۸ نفر شاغل وجود داشته است که می‌تواند حجم بالایی از جامعه کاری را به خود اختصاص دهد. با توجه به گسترش جمعیت و نیاز روز افزون به آهن مصرفی در محیط‌های صنعتی و ساختمان سازی و طرح گسترش معادن سنگ آهن کشور، تعداد شاغلین در این حرفه روز به روز در حال افزایش می‌باشد. معادن سنگ آهن از

نتایج مطالعه‌ای که حیدری و همکاران با موضوع ارزیابی استرس گرمایی محیط‌های شغلی روباز در کشور انجام دادند، نشان داد که بیش از ۸۲٪ کشور ایران در منطقه آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک واقع شده است و در بسیاری از مناطق کشور، افراد نه تنها در تابستان بلکه در فصل بهار نیز شرایط بسیار گرم را تجربه می‌کنند. پیشنهاد شد با توجه به وضعیت موجود و پیش‌بینی تنش‌های حرارتی در رابطه با افزایش دمای هوا، کارگرانی که در فضاهای روباز مشغول فعالیت هستند با استرس گرمایی بیشتری در دهه‌های آتی مواجه

محیط‌های کاری است که کار در محیط‌های روباز و در معرض مستقیم پرتو خورشید انجام می‌شود، با توجه به اهمیت گرما و همچنین انجام مطالعات محدود در این رابطه بر روی شاغلین معدن، در این مطالعه برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص ESI با هدف بررسی ارتباط استرس محیطی موجود در محیط کاری با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران معدن روباز سنگ آهن صورت گرفت.

### روش بررسی

این مطالعه یک پژوهش توصیفی-تحلیلی می‌باشد که به صورت مقطعی در مجتمع معدن سنگ آهن انجام شد. طبق فرمول تعیین حجم نمونه براساس ضریب همبستگی، تعداد ۱۲۰ نفر نمونه مرد برآورد گردید که در واحدهای کاری مختلف شامل حفاری، آتشیاری، بارگیری و حمل و نقل، کراشر و سنگ‌شکن مشغول فعالیت بودند در پژوهش شرکت داده شدند. درصد حجم نمونه در هر واحد بر اساس تعداد کارگران تعیین گردید. این افراد از شاغلین ایستگاه‌های کاری واحدهای اصلی معدن بودند که به طور طبیعی در مواجهه با مقادیر مختلفی از ریسک فاکتورهای تنش گرمایی در فصول گرم سال (خرداد تا شهریور) قرار دارند و از پرسنل ثابت واحدهای کاری معدن می‌باشند. معیارهای ورود به مطالعه شامل نداشتن بیماری‌های قلبی-عروقی، بیماری‌های تیروئید، فشار خون، دیابت، بیماری‌های تبادار و عفونت گوش، عدم پرکاری تیروئید، عدم مصرف داروهای آنتی‌بیوتیک و همچنین عدم مصرف داروهای موثر بر ضربان قلب بود که ورود افراد به مطالعه به صورت داوطلبانه صورت گرفت.

پرسشنامه‌ای در ارتباط با مشخصات فردی (سن، قد، وزن، سابقه کار، تعداد ساعت کار روزانه، میزان تحصیلات و نوع فعالیت کارگر و سابقه بیماری و یا سابقه مصرف داروی خاص) طراحی گردید و بصورت حضوری با پرسش از افرادی که در تماس با گرما بودند تکمیل می‌گردید. در صورت داشتن معیارهای ورود به مطالعه و تمایل به ادامه همکاری، فرد وارد مرحله بعد می‌شد. پس از انتخاب نمونه‌های مورد نظر اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی (پرده

صماخ)، دمای پوست، ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و پارامترهای محیطی (دمای خشک، دمای تر، دمای تابشی، اشعه سولار، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی) در دو حالت استراحت و کار افراد انجام شد.

پارامترهای فیزیولوژیکی در دو مرحله در واحدهای کاری تحت مطالعه و طبق سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO9886-2001) اندازه‌گیری شدند. در مرحله اول، پس از قرار گرفتن ۳۰ دقیقه در اتاق استراحت، در زمان‌های ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شد و میانگین آنها به عنوان اطلاعات پایه ثبت گردید. در مرحله دوم پس از پایان اندازه‌گیری‌ها در حالت استراحت، از فرد خواسته شد که به محل کار خود برگردد و کار خود را شروع نماید. پس از شروع به کار، پارامترهای فیزیولوژیکی در زمان‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه اندازه‌گیری و ثبت گردید (۲۱). برای اندازه‌گیری دمای پرده صماخ (گوش راست افراد) و دمای پوست از ترمومتر دیجیتالی مدل FT70 (beurer) ساخت کشور آلمان استفاده شد. دقت این دستگاه معادل  $\pm 0.2$  درجه سانتی‌گراد و دامنه اندازه‌گیری آن ۳۴ تا ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دمای پوست طبق استاندارد می‌تواند به دو صورت انجام شود: ۱. دمای پوست موضعی که در یک نقطه خاص اندازه‌گیری می‌شود. ۲. متوسط دمای پوست که به طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود و با سنجش مجموعه‌ای از دمای پوست موضعی به صورت میانگین برآورد می‌شود (۲۲). در این مطالعه دمای پوست پیشانی افراد اندازه‌گیری شد. دستگاه فشارسنج دیجیتال قادر است فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و تعداد ضربان قلب یک فرد بالغ را با استفاده از یک کاف تحت فشار بسته شده بر روی بازو اندازه‌گیری کند. این دستگاه دیجیتال بر روی بازوی شخص بسته می‌شود و به صورت غیر تهاجمی، بر مبنای اندازه‌گیری روی مچ و طبق روش اسکیلومتر اندازه‌گیری را انجام می‌دهد (۲۳).

برای اندازه‌گیری پارامترهای محیطی از WBGT meter دیجیتالی مدل Casella و رطوبت سنج چرخان مدل Casella و برای سنجش سرعت جریان هوا از دماسنج کاتای نقره اندود

اندازه‌گیری نماید. برای اندازه‌گیری میزان متابولیسم افراد، از استاندارد ISO-8996 استفاده شد. چهار روش با سطح دقت مختلف برای اندازه‌گیری متابولیسم در این استاندارد وجود دارد که در این پژوهش، با توجه به موقعیت کاری و امکانات موجود از روش سطح دوم یا روش مشاهده استفاده شد (۲۴). مهم‌ترین مزیت این روش این است که مزاحمتی در انجام کار کارگر ایجاد نمی‌کند. در این روش میزان متابولیسم افراد بر اساس آنالیز وظیفه مشخص گردید. برای برآورد میزان متابولیسم، فعالیت‌های پرسنل به دقت بررسی شده و میزان متابولیسم هر وظیفه با استفاده از جدول تعیین شد. با استفاده از معادله (۱) شاخص دمای تر گویسان WBGT محاسبه گردید:

$$WBGT = 0.7 \times t_{nw} + 0.2 \times t_g + 0.1 \times t_a \quad (1)$$

WBGT اعمال شد. شاخص استرس محیطی ESI نیز از رابطه (۲) محاسبه شد (۱۷):

$$ESI = 0.62 \times t_a - 0.007 \times RH + 0.002 \times SR + 0.0043 \times (t_a \times RH) - 0.078 \times (0.1 + SR)^{-1} \quad (2)$$

سنگ‌شکن و ۲۲ نفر واحد حفاری شرکت کردند که مشخصات دموگرافیکی آنها در جدول ۱ نشان داده است. میانگین و انحراف معیار نمایه توده بدنی BMI افراد مورد بررسی  $24/93 \pm 3/59$  کیلوگرم بر متر مربع بود. افراد در محدوده بار کاری متوسط و حدود نیمی از آنان از لباس کار یکسره استفاده می‌کردند.

مدل N240 Casella London با فاکتور کاتای ۴۲۰ و ردیف سردشوندگی ۵۲-۵۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. سولارمتر وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری و ارزیابی نقطه‌ای قدرت پرتوهای نور خورشید می‌باشد. تابش خورشید یکی از پارامترهای مهم در محاسبه شاخص استرس حرارتی محیطی (ESI) است که برای اندازه‌گیری میزان تابش خورشیدی از دستگاه سولارمتر Solar power meter مدل TES-13333R ساخت تایوان استفاده شد. این دستگاه می‌تواند اشعه خورشیدی تابیده شده را از هر جهت، زاویه و یا موقعیتی اندازه‌گیری کند و میزان تابش خورشیدی را با دو واحد  $W/m^2$  یا  $Btu/(ft^2 \times h)$  نشان دهد. همچنین قادر است تابش خورشید را تا  $2000 W/m^2$  با دقت  $\pm 10$  در بالاترین مقدار نور خورشید

با توجه به آن که افراد از لباس کار معمولی و لباس یکسره استفاده می‌کردند اصلاح برای لباس نیز پس از برآورد شاخص

پس از محاسبه شاخص‌های گرمایی WBGT و ESI برای آنالیز از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۲ و آزمون‌های آماری همسبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده شد.

### نتایج

در این پژوهش تعداد ۱۵ نفر از واحد حمل و نقل، ۱۰ نفر واحد آتشباری، ۳۸ نفر واحد کراشر و کارخانه، ۳۵ نفر واحد

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک کارگران مورد مطالعه

پارامترها	تعداد	دامنه	میانگین	انحراف معیار	درصد
سن (سال)	۱۲۰	۱۸-۵۵	۳۳/۹	۷/۸	-
وزن (kg)	۱۲۰	۵۰-۱۱۵	۷۲/۳	۱۲/۵	-
قد (cm)	۱۲۰	۱۵۳-۱۹۱	۱۷۳	۰/۰۷۵	-
سابقه کار (سال)	۱۲۰	۱-۲۴	۶/۸	۵/۹	-
شاخص توده بدنی ( $kg/m^2$ )	۱۲۰	۱۷-۳۳	۲۴/۹	۳/۶	-
متابولیسم ( $W/m^2$ )	۱۲۰	۱۰۱-۲۴۵	۱۶۵/۹	۲۳/۸	-
سبک تابستانی					٪۴۸
لباس کار (Clo)					٪۵۲
لباس یکسره					

واحد حمل و نقل با مقدار  $28/03^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. میانگین و انحراف معیار شاخص استرس محیطی در کل واحدهای مجموعه  $29/2 \pm 1/26$  درجه سانتی‌گراد محاسبه شد که در جدول ۳ نشان داده شده است.

میانگین و انحراف معیار پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده حین کار در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار شاخص دمای تر گوی‌سان  $30/8 \pm 1/56$  درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. بیشترین میزان شاخص استرس محیطی مربوط به واحد حفاری،  $30/45^{\circ}\text{C}$  و کمترین مربوط به

جدول ۲: پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده

پارامترها	حداقل	حداکثر	میانگین $\pm$ انحراف معیار
دمای خشک Ta ( $^{\circ}\text{C}$ )	۳۳/۵	۴۳	$38/5 \pm 2/96$
دمای تر طبیعی $t_{nw}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	۱۹	۲۳	$21/6 \pm 0/85$
دمای گویسان $t_g$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	۴۷	۵۸	$53/8 \pm 2/52$
تابش خورشیدی SR ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ )	۹۶۰	۱۰۰۴	$982/8 \pm 10/23$
رطوبت نسبی RH (%)	۱۲	۳۴/۵	$21/9 \pm 6/32$
سرعت هوا $V_a$ ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	۰/۹۲	۱۴/۵	$6/7 \pm 3/23$
شاخص دمای تر گویسان WBGT ( $^{\circ}\text{C}$ )	۲۷/۱	۳۳/۸	$30/76 \pm 1/56$

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار شاخص استرس محیطی در واحدهای کاری مختلف معدن

شاخص	شاخص آماری	حفاری	آتشباری	حمل و نقل	سنگ شکن	کراشر و کارخانه	کل مجموعه
میانگین	۳۰/۴۵	۲۸/۷	۲۸/۰۳	۲۸/۵۳	۲۸/۸۶	۲۹/۲۳	
انحراف معیار ( $^{\circ}\text{C}$ ) ESI	۱/۰۹	۰/۳۲	۰/۴	۰/۵	۱/۵۳	۱/۲۶	
دامنه تغییرات	۳/۷	۰/۹	۱/۵	۱/۷	۵/۲	۵/۳۲	

جدول ۴: میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیولوژیکی افراد مورد مطالعه در واحدهای کاری مختلف معدن

پارامتر	شاخص آماری	حفاری	آتشباری	حمل و نقل	سنگ شکن	کراشر و کارخانه	کل
دمای عمقی (برده صماخ) ( $^{\circ}\text{C}$ )	میانگین	۳۷/۹۸	۳۷/۴	۳۷/۰۶	۳۷/۷	۳۷/۳	۳۷/۵۴
	انحراف معیار	۰/۵۳	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۵۶	۰/۵۶
	دامنه تغییرات	۲/۱	۱/۴	۱/۱	۱/۸	۲/۳	۲/۶
دمای پوست ( $^{\circ}\text{C}$ )	میانگین	۳۷/۴	۳۶/۹	۳۶/۸	۳۷/۴	۳۶/۸	۳۷/۱۴
	انحراف معیار	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۴۷
	دامنه تغییرات	۱/۳	۱/۱	۱/۳	۱/۵	۱/۸	۲/۲
ضربان قلب (beat/min)	میانگین	۹۲/۴۵	۹۰/۲	۸۳/۰۶	۹۰/۵	۸۲/۸	۸۷/۴۸
	انحراف معیار	۷/۷	۹/۷	۵/۴	۹/۳	۸/۸	۹/۴
	دامنه تغییرات	۳۲	۳۰	۲۰	۳۶	۳۶	۴۴
فشار سیستولیک (mmHg)	میانگین	۱۳۵/۷	۱۳۳/۴	۱۲۸/۴	۱۳۰/۶	۱۲۷/۲	۱۳۰/۴
	انحراف معیار	۷	۴/۶	۷/۱	۶/۹	۷/۹	۷/۸
	دامنه تغییرات	۲۴	۱۴	۲۷	۳۱	۳۴	۴۰
فشار دیاستولیک (mmHg)	میانگین	۸۶/۸	۸۳/۶	۸۴/۸	۸۱/۷	۷۹/۵	۸۲/۵
	انحراف معیار	۵/۳	۷/۹	۸/۲	۷/۳	۷/۴	۷/۵
	دامنه تغییرات	۲۰	۲۲	۲۸	۳۳	۲۶	۳۳

سانتی‌گراد، ضربان قلب  $87/5 \pm 9/4$  ضربه در دقیقه، فشار سیستولیک  $130/4 \pm 7/8$  میلی‌متر جیوه و فشار دیاستولیک  $83 \pm 7/5$  میلی‌متر جیوه بود.

نتایج ثبت شده از پارامترهای فیزیولوژیکی افراد در جدول ۴ نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی پرده صماخ  $37/5 \pm 0/56$  درجه سانتی‌گراد، دمای پوست  $37/1 \pm 0/47$  درجه

جدول ۵: همبستگی پیرسون بین شاخص ESI و پارامترهای فیزیولوژیکی افراد

پارامتر	متغیرهای آماری	ESI			
		حفاری	آتشباری	حمل و نقل	سنگ شکن
دمای عمقی	ضریب همبستگی	۰/۴۴۹	۰/۶۸۵	۰/۱۲۹	۰/۲۲
	P.Value	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۴۸	۰/۰۳
دمای پوست	ضریب همبستگی	۰/۴۵۶	۰/۷۵۳	۰/۲۹۸	۰/۵۰
	P.Value	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۵۷
ضربان قلب	ضریب همبستگی	۰/۴۷۴	۰/۴۹۱	۰/۲۰۶	۰/۳۱۸
	P.Value	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۴۲	۰/۰۶
فشار سیستولیک	ضریب همبستگی	۰/۲۰۱	۰/۴۸۹	۰/۲۴۹	۰/۰۰۲
	P.Value	۰/۳۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۹۸
فشار دیاستولیک	ضریب همبستگی	۰/۲۹۱	۰/۰۹۹	۰/۱۰۴	۰/۰۴۴
	P.Value	۰/۱۸	۰/۷۸	۰/۱۳	۰/۸

علاوه بر این نتایج نشان داد بر مبنای آزمون رگرسیون خطی ارتباط معنی‌داری با ضریب تعیین ( $R^2=0/703$ ) بین مقادیر شاخص‌های گرمایی WBGT و ESI وجود دارد ( $p < 0/01$ ).

#### بحث

استرس گرمایی در محیط‌های شغلی معادن در فصول گرم سال وجود دارد که می‌تواند به خاطر بار کاری بیش از حد و افزایش مصرف انرژی و پوشش نوع لباس کار افزایش یابد. معادن روباز سنگ آهن از جمله محیط‌های کاری هستند که کارگران آن هم به دلیل شرایط کاری و هم به دلیل مواجهه با تابش مستقیم خورشید در معرض استرس گرمایی می‌باشند. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که روباز بودن محیط و تابش‌های خورشیدی علل اصلی استرس گرمایی در کارگران می‌باشد (۳). همچنین میزان استرس گرمایی در کارگاه‌های روباز در مقایسه با فضاهای سرپوشیده کاری بیشتر گزارش شد (۲۵). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در طول روز افراد

نتایج ضریب همبستگی مربوط به شاخص استرس گرمایی محاسبه شده ESI به عنوان یک متغیر مستقل و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در افراد به عنوان متغیر وابسته در جدول ۵ ارائه شده است. در بررسی ارتباط شاخص ESI با پارامترهای فیزیولوژیکی؛ آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص ESI با دمای پرده صماخ رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد و مقدار R برای دمای پرده صماخ برابر  $0/614$  به دست آمد. ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص ESI با دمای پوست ( $r=0/507$ ) بدست آمد.

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص ESI با ضربان قلب رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد و مقدار R برای ضربان قلب برابر  $0/482$  به دست آمد. ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص ESI با فشار سیستولیک ( $r=0/355$ ) و فشار دیاستولیک خون ( $r=0/247$ ) بدست آمد اما رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین همبستگی مربوط به دمای پرده صماخ و کمترین همبستگی مربوط به فشار دیاستولیک بود.

شرایط استرس گرمایی بالایی را تجربه می‌کنند که نتایج مطالعات گذشته را تأیید می‌کند.

در این مطالعه به منظور بررسی دمای عمقی بدن، از پارامتر فیزیولوژیکی دمای پرده صماخ استفاده گردید، دمای عمقی پرده صماخ نسبت به دیگر دماهای عمقی غیرتهاجمی بوده و خللی در کار کارگر ایجاد نمی‌کند (۲۶). نتایج مطالعه نشان داد که شاخص ESI با دمای پرده صماخ همبستگی بالاتر از ۰/۵ داشت که می‌تواند همبستگی بالایی تلقی شود ( $r=0/614$ ). این رابطه از نظر آماری معنی‌دار بود ( $P=0/001$ ). همچنین بین شاخص ESI با دمای پوست نیز همبستگی بالایی بدست آمد ( $r=0/507$ ). و رابطه بین آنها نیز معنی‌دار بود ( $P=0/02$ ). به عبارت دیگر با افزایش شاخص ESI میزان دمای عمقی بدن و دمای پوست افزایش یافته است که نمایانگر متناسب بودن این شاخص برای ارزیابی استرس حرارتی محیط مورد نظر می‌باشد. در مطالعه‌ای که Moran و همکاران در سال ۲۰۰۳ به ارزیابی شاخص ESI با استفاده از متغیرهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی رکتال، ضربان قلب، میزان تعریق و شاخص استرین فیزیولوژیکی PSI در شرایط بار کاری مختلف ناشی از متابولیسم (سبک، متوسط و سنگین) و همچنین لباس‌های متفاوت پرداختند (۱۵)، میانگین شاخص ESI ( $30/13^{\circ}\text{C}$ ) بود و ارتباط بالایی ( $R>0/838$ ) بین شاخص ESI و متغیرهای فیزیولوژیکی وجود داشت، در شرایطی که افراد لباس یکسره و بار کاری سنگینی داشتند نسبت به شرایط بار کاری کمتر و لباس نخی، استرین فیزیولوژیکی بیشتری نشان دادند و همبستگی بیشتری بین شاخص ESI و متغیرهای فیزیولوژیکی وجود داشت که با افزایش مقدار ESI افزایش یافته بود، در مطالعه حاضر میانگین شاخص ESI ( $29/23^{\circ}\text{C}$ ) بود که افراد دارای استرس محیطی کمتری بودند و حدود ۵۰ درصد افراد لباس کار یکسره و فعالیت کاری افراد بصورت (۳۰/سبک، ۴۹/متوسط و ۲۰/سنگین) بود که ارتباط شاخص ESI با پارامترهای فیزیولوژیکی به صورت کلی مورد سنجش قرار گرفت.

در مطالعه‌ای که Brake و Bates دمای عمقی بدن ۳۶ کارگر شاغل در واحدهای صنعتی و معدنی را به طور مداوم پایش کردند، نتایج نشان داد که در طول شیفت مقادیر دمای عمقی افزایش یافت و در شرایط محیطی با WBGT ( $31/09^{\circ}\text{C}$ ) مقدار دمای عمقی افراد، از حدود توصیه شده استاندارد ( $38^{\circ}\text{C}$ ) و نسبت به نتایج مطالعه حاضر که افراد شرایط گرمایی کمتری را تجربه می‌کردند بالاتر می‌باشد (۲۷). نشان‌دهنده آن است که با افزایش میزان استرس حرارتی محیط کاری، دمای عمقی بدن می‌تواند متناسب با آن افزایش یابد. نتایج مطالعه گلبابایی و همکاران (۲۸) نشان داد که بین شاخص WBGT با پارامترهای فیزیولوژیکی دماهای عمقی و پوست همبستگی بالایی وجود دارد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که ضریب همبستگی پیرسون بین مقادیر شاخص ESI با ضربان قلب ۰/۴۸۲ بوده است و رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد ( $P=0/00$ ). در این مطالعه نسبت به نتایج Moran و همکاران همبستگی ضعیف‌تری حاصل شد (۱۵). در مطالعه‌ای که Kalkowsky و Kampmann با موضوع بررسی استرین فیزیولوژیکی معدنچیان انجام دادند و ضربان قلب و دمای عمقی افراد به طور مداوم اندازه‌گیری شد، نتایج نشان داد که در شرایط گرمایی با WBGT حدود  $29/1^{\circ}\text{C}$ ، میانگین ضربان قلب و دمای عمقی (رکتال) در طول شیفت به ترتیب  $102/8\text{beats}/\text{min}$  و  $37/7^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. در مقایسه با مطالعه حاضر در شرایط گرمایی کمتر، افراد میزان استرین فیزیولوژیکی بیشتری از خود نشان دادند که دلیل اصلی می‌تواند شرایط جسمانی افراد باشد که نسبت به مطالعه حاضر شاخص توده بدنی بیشتری داشتند (۲۹). نتایج مطالعه دهقان و همکاران نشان داد که شدت تنش قلبی در کارگران دارای اضافه وزن در مقایسه با کارگران دارای وزن نرمال بالاتر بود (۳۰).

همچنین در این تحقیق از فشار سیستولیک و دیاستولیک به عنوان یک پارامتر فیزیولوژیکی استفاده شد که ضریب

نسبت به مطالعه حاضر باشد که باعث شد همبستگی بالاتری حاصل شود.

این مطالعه بدلائل محدودیتهای امکانات مالی و زمانی در سایت اصلی معدن با حجم نمونه کوچکی در محیط کاری انجام شد و انجام مطالعه بر روی تمامی افراد در حال کار و یا بر روی کارگران شرکت‌های خصوصی که از لحاظ کاری شرایط یکسانی داشتند، میسر نبود. پیشنهاد می‌گردد با وجودی که شاخص ESI تا حدودی ارتباط قابل قبولی با پارامترهای فیزیولوژیکی در محیط کاری معدن داشت و تا کنون مطالعات چندانی بر روی این شاخص گرمایی در فضاهای روباز انجام نگرفته است، انجام مطالعات بیشتر بر روی شاخص ESI بطور گسترده‌تر در شرایط کاری و دمایی مختلف با متابولیسم‌های کاری مختلف و همچنین مقایسه با سایر شاخص‌های گرمایی به توسعه این شاخص منجر خواهد شد.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری نمود که افراد با شرایط استرس گرمایی بالایی در محیط‌های کاری مواجه بودند و شاخص ESI تا حدودی ارتباط قابل قبولی با پارامترهای فیزیولوژیکی در محیط کاری مانند معادن روباز دارد. همچنین مطالعه حاضر نشان داد که دمای عمقی (پرده صماخ) بیشترین همبستگی را با شاخص ESI دارد که نشان دهنده مناسب بودن این پارامتر در ارزیابی استرس گرمایی محیط کاری معدن می‌باشد.

#### سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای است که به صورت یک طرح پژوهشی نیز به تصویب دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی رسیده است. نویسندگان بر خود واجب می‌دانند تا از این دانشگاه و نیز مدیریت مجتمع معدن سنگ آهن به جهت همکاری تقدیر و تشکر به عمل آورند.

همبستگی نسبتاً ضعیفی بین شاخص ESI و فشار سیستولیک و دیاستولیک به ترتیب مقدار  $0/355$  و  $0/247$  بدست آمد، اما این رابطه از نظر آماری معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ). در مطالعه‌ای که توسط حاجی زاده و همکاران (۹۳) با موضوع بررسی وضعیت استرس گرمایی در کارگاه‌های آجرپزی شهر قم انجام شد، بین شاخص WBGT با میانگین نبض، فشارخون سیستولیک و دیاستولیک رابطه معنی‌داری مشاهده نشد و فشار خون پارامتر مناسبی جهت ارزیابی فیزیولوژیک مواجهه با گرما تشخیص داده نشد (۳). پارامتر فیزیولوژیکی فشار خون می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلف فردی، شیفت کاری، تغذیه و... باشد و به نظر می‌رسد پارامتر مناسبی برای ارزیابی استرس حرارتی نباشد که در مطالعات گذشته تائید شده است (۲۵). در مطالعه حاضر همبستگی هر کدام از پارامترهای فیزیولوژیکی نسبت به مطالعه حاجی‌زاده بیشتر بود و بیشترین همبستگی مربوط به دمای عمقی بود که می‌تواند به شرایط کاری معدن مربوط باشد که افراد بایستی فعالیت بیشتری داشته باشند. فعالیت بدنی علاوه بر شرایط دمایی بالای محیط، یکی از عوامل تاثیرگذار بر پارامترهای فیزیولوژیکی بدن بوده و می‌تواند به عنوان یک عامل تاثیرگذار، باعث افزایش حرارت بدن و ضربان قلب شود.

نتایج حاصل از آزمون آماری رگرسیون خطی نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین شاخص استرس محیطی ESI و شاخص دمای تر گویسان وجود دارد ( $R^2 = 0/703$ ). در مطالعه‌ای که Moran و همکاران به صورت جداگانه شاخص استرس محیطی را در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب و آب و هوایی گرم و خشک مورد بررسی قرار دادند، نتایج همبستگی بالایی ( $R > 0/899$ ) بین ESI و WBGT برای ۱۹ مکان مختلف آب و هوایی در فلسطین اشغالی نشان داد (۱۷) و میزان  $R^2 = 0/958$  و  $R^2 = 0/982$  به ترتیب برای مکان‌های آب و هوایی گرم و خشک و گرم و مرطوب بدست آمد (۱۶). و با وجود همخوانی با مطالعه حاضر همبستگی بالاتری نشان داد که می‌تواند به خاطر استفاده از داده‌های اطلاعاتی بسیار بالا

**References:**

- 1- Long RE. *Performance Assessment of Predicted Heat Strain in High Heat Stress Exposures*: University of South Florida; 2011.
- 2- Tian Z, Zhu N, Zheng G, Wei H. *Experimental study on physiological and psychological effects of heat acclimatization in extreme hot environments*. Build Environ 2011; 46(10): 2033-41.
- 3- Hajizadeh R, Golbabaie F, Monazam MR, beheshti MH, Mehri A, Hosseini M, et al. *Assessing the heat stress of brick-manufacturing units' workers based on WBGT index in Qom city*. J Health Safety Work. 2015; 4(4): 9-21. [Persian]
- 4- Wan M. *Assessment of occupational heat strain*. College of Public Health: University of South Florida; 2006.
- 5- Wang F, Gao C, Kuklane K, Holmér I. *Effects of various protective clothing and thermal environments on heat strain of unacclimated men: the PHS (predicted heat strain) model revisited*. Industrial health 2013; 51(3): 266-74.
- 6- Xiang J, Bi P, Pisaniello D, Hansen A. *Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review*. Industrial health. 2014; 52(2): 91-101.
- 7- Varley F. *A study of heat stress exposures and interventions for mine rescue workers*. Transactions. 2004; 316: 133-42.
- 8- Lu S, Zhu N. *Experimental research on physiological index at the heat tolerance limits in China*. Build Environ 2007; 42(12): 4016-21.
- 9- Epstein Y, Moran DS. *Thermal comfort and the heat stress indices*. Industrial health 2006;44(3):388-98.
- 10- Jafari MJ, Hoorfarasat G, Salehpour S, Khodakarim S, Heydarneshad N. *Comparison of Correlation between Wet Bulb Globe Temperature, Physiological Strain Index and Physiological Strain Index Based on Heart Rate with Heart Rate and Tympanic Temperature on Workers in a Glass Factory*. J Safety Promo Injury Preven 2014; 2(5): 299-308. [Persian]
- 11- Liang C, Zheng G, Zhu N, Tian Z, Lu S, Chen Y. *A new environmental heat stress index for indoor hot and humid environments based on Cox regression*. Build Environ 2011; 46(12): 2472-9.
- 12- Parsons K. *Heat stress standard ISO 7243 and its global application*. Industrial Health 2006; 44(3): 368-79.
- 13- Moran D, Pandolf K, Shapiro Y, Frank A, Heled Y, Shani Y, et al. *The role of global radiation measured by a light sensor on heat stress assessment*. J Thermal Bio 2001; 26(4): 433-6.
- 14- Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Heled Y, Shani Y, Mathew W, et al. *An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT)*. J thermal bio 2001;26(4):427-31.
- 15- Moran D, Pandolf K, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez R. *Evaluation of the environmental stress index for physiological variables*. J thermal bio 2003; 28(1): 43-9.
- 16- Moran DS, Epstein Y. *Evaluation of the environmental stress index (ESI) for hot/dry and hot/wet climates*. Industrial health. 2006; 44(3): 399-403.

- 17- Moran DS, Pandolf KB, Laor A, Heled Y, Matthew WT, Gonzalez RR. *Evaluation and refinement of the environmental stress index for different climatic conditions*. J Basic Clin Physiol Pharmacol 2003;14(1): 1-15.
- 18- Moran DS, Heled Y, Pandolf KB, Gonzalez RR. *Integration Between the Environmental Stress Index (ESI) and the Physiological Strain Index (PSI) as a Guideline for Training*: Defense Technical Information Center; 2002.
- 19- Moran D, Pandolf K, Heled Y, Gonzalez R. *Combined environmental stress and physiological strain indices for physical training guidelines*. J basic nd clin physiol pharmacol 2002; 14(1): 17-30.
- 20- Heidari H, Golbabaie F, Shamsipour A, Forushani AR, Gaeini A. *Outdoor occupational environments and heat stress in IRAN*. J Environ Health Sci Engineer 2015; 13(1): 1.
- 21- Dehghan SHahreza H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Maracy M. *Combined application of wet-bulb globe temperature and heart rate under hot climatic conditions: a guide to a better estimation of the heat strain*. Feyz, J Kashan University of Medical Sciences 2012; 16(2): 112-20. [Persian]
- 22- Parsons K. *Occupational health impacts of climate change: current and future ISO standards for the assessment of heat stress*. Industrial health. 2013;51(1):86-100.
- 23- Emsig-BO26. *Blood pressure monitoring system, Owners manual*. taiwan: EmsiG Compony; 2010; 32 p.
- 24- ISO-8996. *Ergonomics of the thermal environment–Determination of metabolic rate*. Geneva: International Organization for Standardization, 2004.
- 25- hajizadeh R, beheshti MH, khodaparast I, Malakouti J, rahimi4 H. *Investigation heat stress in small enterprise in Qom city*. J Health Safety Work 2013; 3(4): 59-69. [Persian]
- 26- Negahban A, Aliabadi M, Babayi Mesdaraghi Y, Farhadian M, Jalali M, Kalantari B, et al. *Investigating the Association between Heat Stress and its Psychological Response to Determine the Optimal Index of Heat Strain*. J Occupa Health Enginee ق 2014; 1(1): 8-15. [Persian]
- 27- Brake DJ, Bates GP. *Deep body core temperatures in industrial workers under thermal stress*. J Occup Environ Med 2002; 44(2): 125-35.
- 28- Golbabaie.F, Monazam.M.R, Hemmatjou.R, nasiri.P, Yaaghoub.GH.R P, hosseini.M. *Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the Men Physiological Parameters in Hot and Humid Environment*. Iran J Health Environ. 2012;5(3):245-52. [Persian]
- 29- Kalkowsky B, Kampmann B. *Physiological strain of miners at hot working places in German coal mines*. Industrial health. 2006;44(3):465-73.
- 30- Dehghan H, Jafari MJ, Maracy MR. *Comparison between Cardiac Strain of Normal Weight and Overweight Workers in Hot and Humid Weather of the South of Iran*. J Health Syst Res. 2012;8(5):866-75. [Persian]

## ***The relationship between environmental stress index (ESI) and some physiological parameters of workers in an open-pit mine***

**Mohammad Javad Jafari (PhD)<sup>1</sup>, Hasan Assilian Mahabadi (PhD)<sup>2</sup>  
Gholam Heidar Teimori (MSc)<sup>\*1</sup>, Soheila Khodakarim (PhD)<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Occupational Health Engineering Department, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Occupational Health Engineering Department, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Epidemiology, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Received:** 26 Jan 2015

**Accepted:** 4 Oct 2016

### ***Abstract***

**Introduction:** In many industrial and mining environments, heat stress not only leads to a lower productivity and poor morale, but also it increases the cost of accidents. Heat stress indices have been developed to assess heat stress at workplace. The objective of this study was to evaluate heat stress and to investigate the correlation between ESI index and some physiological parameters of workers in an open pit mine.

**Methods:** This cross-sectional study was conducted on 120 healthy miners. Tympanic and skin temperatures were measured using a FT70 model thermometer manufactured by Beurer Co, Germany. Heart rate and blood pressure were measured using Emsig BO26 model (Taiwan) digital instrument. All environmental and physiological parameters were simultaneously measured and recorded during rest and work. The ESI index was calculated using the formula. Finally, the correlations were determined using Pearson's correlation test.

**Results:** The average ESI index calculated for individuals was 29.23°C. Drilling and transportation units had the highest and lowest ESI values of 30.45 °C and 28.03 °C, respectively. The statistically significant correlation was found between ESI heat stress Index and physiological parameters ( $p < 0.01$ ). The Pearson's correlation coefficient of ESI with tympanic temperature, skin temperature, heart rate, systolic and diastolic blood pressure was 0.614, 0.507, 0.482, 0.355 and 0.247, respectively. The highest correlation of 0.614 was related to the tympanic temperature.

**Conclusion:** Heat stress at the studied open pit mine was high. Drilling workers were faced to higher thermal stress and ESI had an acceptable correlation with physiological parameters. Further studies on ESI at different working environments are recommended.

**Keywords:** Environmental stress index, physiological parameters, open-pit mine

#### ***This paper should be cited as:***

Jafari MJ, Assilian Mahabadi H, Teimori GH, Khodakarim S. ***The relationship between environmental stress index (ESI) and some physiological parameters of workers in an open-pit mine.*** Occupational Medicine Quarterly Journal 2016; 8(3): 55-66.

**\*Corresponding Author: Tel: +98 2122432040, Email: teimorigh1@gmail.com**