Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

بررسی ارتباط شاخص ناراحتی اصلاح شده با شاخص استاندارد ایزو ۷۲۴۳ و پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران در یک معدن روباز

محمد جواد جعفری[۱]- حسن اصیلیان مهابادی[۲]- غلام حیدر تیموری[۳*]- محسن عطار[۴]- سهیلا خداکریم[۵]

teimorigh1@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۵ *تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۴*

چکیده

مقدمه: افراد شاغل در معادن روباز، غالباً در فصول گرم سال در معرض استرس گرمایی شدید قرار دارند. برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص های متعددی استفاده می شود که یکی از آن ها شاخص ناراحتی می باشد. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی شاخص گرمایی ناراحتی اصلاح شده و بررسی ارتباط استرس گرمایی موجود در محیط کاری با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران معدن روباز می باشد.

روش کار: این مطالعه مقطعی بر روی ۱۲۰ نفر نمونه مرد شاغل در یک معدن روباز در تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. پارامترهای فیزیولوژیکی افراد شامل دمای عمقی، دمای پوست، ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک براساس استاندارد ISO9886 اندازه گیری شد. متغیرهای محیطی در طول شیفت کاری و نیز به طور هم زمان با پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه-گیری و ثبت شدند. شاخص های گرمایی ناراحتی اصلاح شده و دمای تر گویسان با استفاده از فرمول محاسبه گردید و با استفاده از نرم افزار SPSS22 مورد تجزیه و تحلیل آماری انجام گرفت.

یافته ها: بر اساس معیار غربال گری شاخص ناراحتی، حدود ۲۹ درصد افراد سطح متوسط، ۶۸ درصد افراد سطح شدید و ۲/۵ درصد افراد سطح خیلی شدید مواجهه با استرس گرمایی را تجربه کردند و سطح سبک مواجهه با استرس گرمایی در افراد مشاهده نشد. شاخص ناراحتی با شاخص استاندارد ایزو ارتباط معناداری نشان داد. هم چنین بین شاخص ناراحتی و پارامترهای فیزیولوژیکی هم بستگی معناداری وجود داشت ($P<۰/۰۰۱$) و بیش ترین هم بستگی مربوط به دمای عمقی با مقدار ۰/۵۸۹ به دست آمد.

نتیجه گیری: درصد بالایی از کارگران معدن بر اساس معیارهای شاخص MDI در معرض خطر استرس گرمایی قرار داشتند، شاخص ناراحتی ارتباط متوسطی با پارامترهای فیزیولوژیکی کارگران معدن روباز داشت و با شاخص استاندارد WBGT ارتباط قابل قبولی نشان داد.

کلمات کلیدی: شاخص ناراحتی اصلاح شده، پارامترهای فیزیولوژیکی، دمای تر گویسان، معدن روباز

۱- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۴- کارشناس ارشد ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۵- استادیار گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

مقدمه

افراد شاغل در معادن روباز، غالباً در فصول گرم سال در معرض استرس گرمایی شدید قرار دارند (۱). یکی از عوامل زیان آور محیط های کاری، استرس گرمایی ناشی از حرارت محیطی بالا می باشد که شاید کم تر نسبت به عوامل زیان آور دیگر مورد بررسی قرار گرفته است (۲). اغلب بیماری های ناشی از استرس گرمایی در معادن در طول شیفت روز کاری به خاطر افزایش دمای هوا اتفاق می افتد (۳). بر اساس گزارش سازمان بهداشت و ایمنی معادن آمریکا (MSHA) طی سال های ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۱، ۵۳۸ مورد بیماری مربوط به گرما در کارگران معدنی گزارش شد که ۷۹/۴درصد آن ها در ماه های تابستان رخ داده بود (۴).

استرس گرمایی عبارت است از بار گرمایی خالص که در اثر مواجهه با عوامل محیطی، فرآیندهای متابولیسمی و لباس های حفاظتی بر یک فرد وارد می شود و استرین گرمایی پاسخ های فیزیولوژیکی فرد به استرس گرمایی است (۵). شاخص های استرین گرمایی در واقع روش مستقیم ارزیابی میزان مواجهه فرد با گرما هستند که به وسیله پارامترهای فیزیولوژیکی بدن قابل اندازه گیری می باشد (۶). به منظور تضمین سلامت کارگران، ارزیابی استرس گرمایی و تغییرات پارامترهای فیزیولوژیکی در شرایط گرمایی باید مورد مطالعه قرار بگیرد (۷).

در میان مطالعات انجام شده درخصوص برآورد استرس گرمایی و پاسخ های فیزیولوژیکی افراد در محیط های کاری گرم می توان به مطالعه Hunt و همکاران بر روی کارگران معدنی در شمال استرالیا اشاره کرد که معدن چیان سطحی کار در تابستان در معرض مواجهه با WBGT بیش تر از ۳۰°C بودند و ۸۷ درصد از آن ها و ۷۹ درصد از کارگران زیرزمینی حداقل یکی از علایم بیماری های مربوط به گرما را در طول شیفت کاری خود گزارش کردند (۸). در مطالعه دیگری، بررسی علایم بیماری ناشی از گرما و پایش استرین گرمایی در یک معدن روباز نشان داد که بیش از ۸۰ درصد کارگران علایمی از بیماری ناشی از گرما در یک دوره یک ماهه داشتند و اکثر آن ها علایم را در بیش از یک ماه همراه با حالت بی آبی در بدن تجربه کرده بودند (۹). هم چنین در بررسی استرین گرمایی و حالت هیدراسیون[1] کارگران آتش بار یک معدن روباز، میانگین دمای عمقی بدن افراد ۳۷/۵ °C و میانگین حجم مخصوص ادرار ۱/۰۲۴ به دست آمد و هفتاد و سه درصد از کارگران حداقل یکی از علایم بیماری ناشی از گرما را در طول شیفت کاری نشان دادند (۱۰). بررسی وضعیت استرس گرمایی در کارگاه های آجرپزی قم، نشان داد که میانگین شاخص استرس گرمایی در مقایسه با میزان استاندارد ISO7243 در تمام کارگاه‌ها بیش تر از حد مجاز بود (۱۱). نتایج یک مطالعه ی آینده نگر با موضوع ارزیابی استرس گرمایی محیط های شغلی روباز در کشور، نشان داد با توجه به پیش بینی تنش های حرارتی در رابطه با افزایش دمای هوا، کارگرانی که در فضا های روباز مشغول فعالیت هستند با استرس گرمایی بیش تری در دهه های آتی مواجه خواهند شد (۱۲). معادن سنگ آهن از محیط های کاری است که کار در فضای روباز و در معرض مستقیم نور خورشید انجام می شود و کارگران شاغل در این معادن از جمله افرادی هستند که در فعالیت طولانی مدت در محیط های روباز مشغول به کار بوده و تحت تاثیر افزایش دما قرار می گیرند (۱۳).

1- Hydration

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

تلاش های بسیاری در طول سال ها به منظور توسعه یک شاخصی که قادر باشد خطر استرس گرمایی را نشان دهد، انجام شده است. با وجود این ، شاخص گرمایی توسعه یافته است که بتواند به دقت استرین فیزیولوژیکی افراد را در تمام محیط های گرمایی پیش بینی کند (۱۴). در حالی که تحقیقات زیادی به منظور تعیین شاخص قطعی انجام شده، هنوز بحث های زیادی وجود دارد که کدام یک بهترین است (۱۵).

سابقه معرفی و کاربرد شاخص های استرس گرمایی به بیش از صد سال پیش بر می گردد که از آن زمان به بعد شاخص های زیادی توسعه یافتند و تعدادی از آن ها در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفتند (۱۶). از مجموع شاخص های گرمایی ارایه شده، کار با شاخص های تجربی آسان تر بوده و بر اساس پاسخ انسان به عوامل مختلف محیطی پایه ریزی گردیده اند که از معروف ترین آن ها می توان به شاخص دمای تر گویسان[۲] (WBGT) اشاره نمود (۱۷, ۱۸). شاخص دمای تر گویسان در سال ۱۹۵۷ برای پایش استرس گرمایی و کنترل اختلالات ناشی از گرما پیشنهاد شد (۱۹). این شاخص دارای اعتبار بالایی بوده و در سراسر جهان برای کنترل استرس گرمایی مورد استفاده قرار می گیرد (۲۰). هم چنین مورد تایید سازمان بین المللی استاندارد (ISO-7243) و سازمان ACGIH قرار گرفته است (۱۸, ۲۱).

از بین شاخص های مستقیم که مبتنی بر دمای تر و دمای خشک هستند، شاخص ناراحتی (DI[۳]) تنها شاخصی است که مورد علاقه خاص بوده و در کنار WBGT برای بیش از ۴ دهه مورد استفاده روزانه قرار گرفته است (۱۷). شاخص ناراحتی یک شکل تغییر یافته شاخص اکسفورد است که توسط Thom طبق معادله (۱) زیر معرفی گردید. این شاخص دارای دو پارامتر دمای هوا و دمای تر می باشد و با شاخص WBGT هم بستگی بالایی (R^2 =۰/۹۴۷) نشان داد (۱۷). در سال ۱۹۶۲، صحار و همکاران شاخص DI را به صورت معادله (۲) تغییر دادند.

$$DI = 8.3 + 0.4\ Ta + 0.4\ Tw \quad (۱)$$

$$DI = 0.5\ Ta + 0.5\ Tw \quad (۲)$$

پیرو مطالعات قبلی بر روی شاخص DI در سال ۱۹۹۹ توسط موران و همکاران، شاخص اصلاح شده آن تحت عنوان (MDI[۴]) پیشنهاد گردید. شاخص MDI با استفاده از آنالیزهای آماری پیشرفته تر ساخته شد و ارزیابی این شاخص در موقعیت های مختلف جغرافیایی هم بستگی بالایی با WBGT از خود نشان داد (۲۲). شاخص ناراحتی در یک جمعیت متنوع و در شرایط مختلف آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفت و ضریب هم بستگی بالایی با دمای موثر و میزان تعریق در حین استراحت و فعالیت نشان داد (۱۶) و پیشنهاد گسترش این شاخص برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط های کاری گردید و در نهایت محققین ادعا کردند که MDI می تواند به عنوان یک شاخص جایگزین WBGT به کار گرفته شود (۲۲). از آن جایی که در کشور ما تاکنون تحقیقات چندانی در زمینه ی ارزیابی شاخص های گرمایی انجام نشده است، این کار نیازمند توجه جدی و انجام مطالعات بیش تر می باشد. از سوی دیگر بررسی استرس گرمایی در محیط های کاری مختلف به ویژه در معادن از دیدگاه بهداشت شغلی ارزش زیادی دارد، چرا که این موضوع می تواند در کارشناسی بهتر شرایط کار و به کارگیری

2- Wet Bulb Globe Temperature

3- Discomfort Index

-4Modified Discomfort Index

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

موازین سلامت شغلی نقش به سزایی داشته باشد. این مطالعه با هدف ارزیابی شاخص گرمایی MDI و بررسی ارتباط استرس گرمایی موجود در محیط کاری با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران معدن روباز انجام گرفت.

روش کار

افراد مورد مطالعه

این مطالعه توصیفی تحلیلی در تابستان ۱۳۹۳ در واحدهای مختلف کاری یک معدن سنگ آهن انجام شد که در منطقه شرق کشور واقع شده است. طبق فرمول تعیین حجم نمونه براساس ضریب هم بستگی، با سطح اطمینان ۰/۹۵ و توان آزمون ۱۰% و ضریب هم بستگی با مقدار ۰/۴۵ تعداد ۱۲۰ نفر مرد در مطالعه شرکت نمودند. معیارهای ورود افراد به مطالعه شامل نداشتن بیماری های قلبی-عروقی، بیماری های تیرویید، فشار خون، دیابت، بیماری های تب دار و عفونت گوش، عدم پرکاری تیرویید، عدم مصرف داروهای آنتی دیورتیک، عدم مصرف داروهای موثر بر ضربان قلب و هم چنین سابقه کاری مداوم بیش از یک سال بود که ورود افراد به مطالعه به صورت داوطلبانه صورت گرفت. ساعت کاری افراد مورد بررسی بدین صورت بود که از ساعت ۷ صبح در واحدها مشغول به کار می شدند، ساعت ۱۲ تا ۱۳ استراحت (برای صرف ناهار و نماز) می کردند و از ساعت ۱۳ الی ۱۶ دوباره مشغول به کار بودند؛ به جز واحد آتش باری که ساعت کاری کم تری داشتند (معمولا ۸:۳۰ الی ۱۳). در روز پیش از اندازه گیری، هدف از انجام مطالعه و رعایت نکاتی مانند استراحت کافی در شب به افراد یادآوری شد. در هر روز اندازه گیری با توجه به شرایط کاری هر واحد و با هماهنگی قبلی، تعدادی از افراد مورد پایش قرار می گرفتند. حین اندازه گیری سعی گردید افراد در شرایط یکسانی مورد پایش قرار بگیرند و با در نظر گرفتن مدت همکاری کارکنان، زمان کل اندازه گیری برای هر نفر به مدت ۲ ساعت در نظر گرفته شد.

اندازه گیری متغیرهای مطالعه

پرسش نامه ای در ارتباط با مشخصات فردی مورد نیاز طراحی گردید و به صورت حضوری با پرسش از افرادی که در تماس با گرما بودند تکمیل گردید. پس از انتخاب نمونه های مورد نظر، اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی (پرده صماخ)، دمای پوست، ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و متغیرهای محیطی در دو حالت استراحت و کار افراد انجام شد.

پارامترهای فیزیولوژیکی در دو مرحله در واحدهای کاری تحت مطالعه و طبق سازمان بین المللی استاندارد (ISO9886-2001) اندازه گیری شدند. در مرحله اول، پس از قرار گرفتن ۳۰ دقیقه در اتاق استراحت، در زمان های ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه گیری شد و میانگین آن ها به عنوان اطلاعات پایه ثبت گردید. در مرحله دوم پس از پایان اندازه گیری ها 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 زمان های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه اندازه گیری و ثبت گردید (۲۳).

برای اندازه گیری دمای پرده صماخ گوش راست و دمای پوست پیشانی افراد از ترمومتر دیجیتالی بئورر مدل FT70 ساخت کشور آلمان استفاده شد. دقت این دستگاه معادل ۰/۲± درجه سانتی گراد و دامنه

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

اندازه گیری آن ۳۴ تا ۴۳ درجه سانتی گراد می باشد.

ضربان قلب و فشار خون افراد نیز با استفاده از دستگاه فشارسنج دیجیتال Emsig مدل BO26 ساخت تایوان مورد اندازه گیری قرار گرفت. این دستگاه با استفاده از یک کاف تحت فشار بر روی بازوی شخص بسته شده و قادر است همراه فشار خون، تعداد ضربان قلب افراد را نیز اندازه گیری نماید. میزان متابولیسم افراد نیز در طول شیفت کاری به وسیله جدول استاندارد ISO۸۹۹۶ تعیین گردید. سپس با استفاده از معادله (۳) میانگین متابولیسم کاری در طول شیفت کاری برای هر یک از آن ها محاسبه گردید.

$$\bar{M} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} M_i \times T_i \qquad (۳)$$

M_i: میزان متابولیسم هر فعالیت، T_i: زمان انجام هر فعالیت مختلف، T: مدت زمان کار در یک شیفت کاری و $\bar{M}$: میزان متوسط متابولیسم در شیفت کار بر حسب W/m^2.

برای اندازه گیری متغیرهای محیطی از WBGT meter دیجیتال مدل Casella و رطوبت سنج چرخان مدل Casella و برای سنجش سرعت جریان هوا از دماسنج کاتای نقره اندود مدل N۲۴۰ Casella London با فاکتور کاتای ۴۲۰ و ردیف سردشوندگی ۵۵-۵۲ درجه سانتی گراد استفاده شد که برای اندازه گیری سرعت جریان هوا در محیط های گرم مناسب است.

مقادیر شاخص DI بسیار شبیه به شاخص WBGT هستند. بر اساس تعداد زیادی از مطالعات در یک طیف گسترده ای از گروه های جامعه و در شرایط مختلف آب و هوایی، معیارهای زیر برای مشخص کردن استرس گرمایی محیطی و ارتباط با احساس گرما تخمین زده شده که در جدول (۱) ارایه شده است.

محاسبه شاخص های گرمایی

شاخص MDI براساس رابطه (۴) و شاخص WBGT بر اساس رابطه (۵) محاسبه گردید و با توجه به آن که کارگران در هنگام کار از لباس کار معمولی و لباس یک سره استفاده می کردند، ضریب تصحیح معادل ۰/۶ کلو برای لباس کار معمولی و نیز ضریب تصحیح معادل ۱ کلو برای لباس کار یکسره، پس از برآورد شاخص WBGT اعمال شد.

$$MDI = 0.3\ Ta + 0.75\ Tw \qquad (۴)$$

$$WBGT = 0.7 \times t_{mw} + 0.2 \times t_g + 0.1 \times t_a \qquad (۵)$$

برای محاسبه متوسط زمانی شاخص های گرمایی از

جدول (۱)- معیارهای غربالگری برای مواجهه با استرس گرمایی بر اساس مقادیر شاخص DI (۱۷)

مقدار	شاخص DI	سطح اهمیت
خیلی سبک	۲۲ >	بدون ناراحتی
سبک	۲۲-۲٤	حس خفیف از گرما (زیر ۵۰ درصد از افراد احساس ناراحتی می‌کنند)
متوسط	۲۵ -۲۷	کار فیزیکی با بعضی مشکلات انجام می‌شود. (بیش تر از ۵۰ درصد افراد احساس ناراحتی می‌کنند)
شدید	۲۸-۳۰	دمای بدنی نمی‌تواند در طول کار فیزیکی حفظ شود و ریسک بالایی برای بیماری ناشی از گرما وجود دارد (اکثر افراد از ناراحتی رنج می‌برند).
خیلی شدید	۳۰ <	همه افراد از استرس حرارتی رنج می‌برند.

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

معادله زیر(۶) استفاده شد.

$$Index - TWA = \frac{(Index1 \times T1) + (Index2 \times T2) + \cdots + (Index3 \times Tn)}{T1 + T2 + \cdots + Tn} \quad (۶)$$

$Index_n$: شاخص گرمایی در ساعات مختلف شیفت کاری (^oC) و T_n: مدت زمان مواجهه (۸ ساعت)

آنالیز آماری

بعد از جمع آوری داده ها، با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ آنالیز آماری انجام شد. برای متغیرهای کمی میانگین و انحراف معیار و برای متغیر کیفی درصد گزارش شد. برای تحلیل داده ها نیز از ضریب هم بستگی و رگرسیون ساده استفاده گردید، هم چنین منحنی پراکنش داده رسم گردید.

یافته ها

در این مطالعه تعداد ۱۲۰ نفر از واحدهای کاری مختلف شرکت کردند که میانگین و انحراف معیار مشخصات دموگرافیکی افراد شامل سن ۷/۷۹ ±۳۳/۹۲ سال، وزن ۱۲/۴۹ ± ۷۲/۲۵ کیلوگرم، قد ۰/۰۷۵ ± ۱۷۳ سانتی متر و نمایه توده بدنی (BMI) افراد مورد بررسی عبارت بود از ۳/۵۹ ± ۲۴/۹۳ کیلوگرم بر متر مربع. هم چنین میانگین میزان بار کاری ناشی از متابولیسم افراد حین کار ۱۶۵/۹ وات بر متر مربع با دامنه ۲۴۵-۱۰۱ بود که در محدوده متوسط قرار داشت و حدود نیمی از کارگران از لباس کار یک سره استفاده می کردند.

میانگین پارامترهای محیطی اندازه گیری شده حین کار افراد در جدول (۲) ارایه شده است. میانگین و انحراف معیار شاخص های گرمایی ناراحتی اصلاح شده و دمای تر گویسان کل واحدها به ترتیب ۲۷/۷۵ و ۳۰/۸ درجه سانتی گراد محاسبه شد که به تفکیک واحدهای کاری در جدول (۳) نشان داده شده است. بیش ترین میزان شاخص ناراحتی مربوط به واحد حفاری، ۲۸/۹ ^oC و کم ترین مربوط به واحد حمل و نقل با مقدار ۲۶/۹ ^oC می باشد.

بر اساس معیارهای غربال گری شاخص ناراحتی برای مواجهه با استرس گرمایی (جدول ۴) مشخص گردید که حدود ۲۹ درصد افراد سطح متوسط، ۶۸

جدول (۲)- پارامترهای محیطی اندازه گیری شده در حالت کار

پارامترها	حداقل	حداکثر	میانگین ± انحراف معیار
دمای خشک Ta (^0C)	۳۳/۵	۴۳	۳۸/۵ ± ۲/۹۶
دمای تر طبیعی Tnw (^0C)	۱۹	۲۳	۲۱/۶ ± ۰/۸۵
رطوبت نسبی RH (%)	۱۲	۳۴/۵	۲۱/۹ ± ۶/۳۲
سرعت هوا Va ($m.s^{-1}$)	۰/۹۲	۱۴/۵	۶/۷ ± ۳/۲۳
MDI_{TWA} (^0C)	۲۴/۴	۲۹/۶	۲۷/۱+۴/۱۱

جدول (۳)- میانگین و انحراف معیار شاخص های گرمایی واحدهای کاری مختلف در حالت کار

شاخص	حفاری	آتش باری	حمل و نقل	سنگ شکن	کراشر و کارخانه
MDI (^0C)	۲۸/۱±۹/۰۸	۲۷/۰±۶/۳۶	۲۶/۰±۸۷/۴۱	۲۸/۰±۱۴/۴۴	۲۷/۱±۱۳/۴۹
WBGT (^0C)	۳۲/۰±۶/۸۷	۳۱/۰±۹/۸۵	۲۹/۱±۷۶/۲۳	۳۰/۱±۸/۲۹	۲۹/۱±۷۶/۴۹

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

درصد افراد سطح شدید و ۲/۵ درصد افراد سطح خیلی شدید را تجربه کردند و سطح سبک مواجهه با استرس گرمایی در افراد مشاهده نشد.

نتایج ثبت شده از پارامترهای فیزیولوژیکی افراد در جدول (۵) ارایه شده است. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی پرده صماخ ۰/۵۶ ± ۳۷/۵ درجه سانتی گراد، دمای پوست ۰/۴۷ ± ۳۷/۱ درجه سانتی گراد، ضربان قلب ۹/۴ ± ۸۷/۵ ضربه در دقیقه، فشار سیستولیک ۰/۷۸ ±۱۳/۰۴ میلی متر جیوه و فشار دیاستولیک ۰/۷۵ ±۸/۳ میلی متر جیوه بود.

طبق جدول شماره(۶) بر اساس آزمون هم بستگی پیرسون، بررسی ارتباط شاخص MDI با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن نشان داد که بین شاخص گرمایی MDI با پارامترهای فیزیولوژیکی رابطه خطی مستقیم و معنی داری وجود دارد و بیش ترین مقدار r برای دمای عمقی برابر ۰/۵۸۹ به دست آمد. هم چنین بر مبنای آزمون رگرسیون خطی (نمودار ۱) بین مقادیر شاخص های گرمایی WBGT و MDI ارتباط مثبت معناداری با ضریب هم بستگی ($r = ۰/۷۶۰$) وجود دارد ($P > ۰/۰۰۱$).

جدول (۴)- مواجهه با استرس گرمایی بر اساس معیارهای شاخص ناراحتی اصلاح شده در افراد مورد بررسی

معیار	سطح	تعداد	درصد
۲۷- ۲۵	متوسط	۳۵	۲۹/۲
۳۰-۲۸	شدید	۸۲	۶۸/۳
> ۳۰	خیلی شدید	۳	۲/۵
-	کل	۱۲۰	۱۰۰

بحث

این مطالعه در فصل گرم سال و در ماه های مرداد و شهریور بر روی افراد سازش یافته با گرما انجام گرفت. مقدار متوسط وزنی زمانی (TWA) شاخص ناراحتی MDI و مجموع واحدهای کاری حدود^{o}C ۲۷/۴ برآورد گردید که در محدوده ^{o}C ۳۰- ۲۷ می باشد. بر اساس معیارهای غربال گری شاخص ناراحتی برای مواجهه با استرس گرمایی شرایط کاری افراد می تواند بین سطح متوسط تا شدید مواجهه

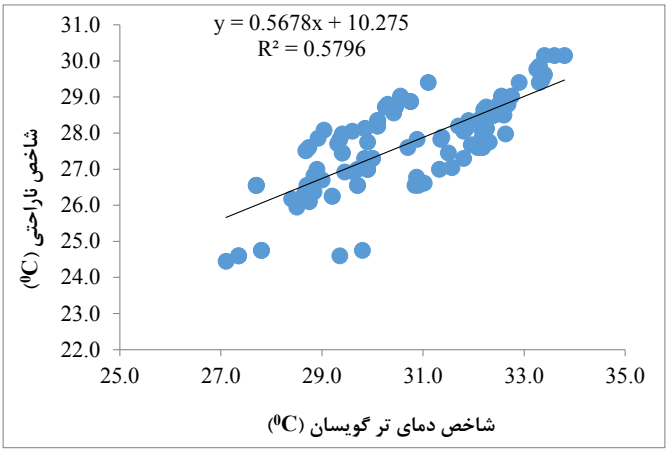
جدول (۵)- میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیولوژیکی افراد مورد مطالعه در واحدهای کاری مختلف

پارامتر	حفاری	آتش باری	حمل و نقل	سنگ شکن	کراشر و کارخانه
دمای عمقی (^{0}C)	۳۷/۰±۹۸/۵۳	۳۷/۰±٤/۳٦	۳۷/۰±۰٦/۳٦	۳۷/۰±۷/٤۷	۳۷/۰±۳/۵٦
دمای پوست (^{0}C)	۳۷/۰±٤/۳۷	۳٦/۰±۹/۲۹	۳٦/۰±۸/۳۲	۳۷/۰±٤/۳۸	۳٦/۰±۸/۳۷
ضربان قلب (beat/min)	۹۲/۷±٤۵/۷	۹۰/۹±۲/۷	۸۳/۵±۰٦/٤	۹۰/۹±۵/۳	۸۲/۸±۸/۸
فشار سیستولیک (mmHg)	۱۳۵/۷±۷	۱۳۳/٤±٤/٦	۱۲۸/۷±٤/۱	۱۳۰/٦±٦/۹	۱۲۷/۷±۲/۹
فشار دیاستولیک (mmHg)	۸٦/۵±۸/۳	۸۳/۷±٦/۹	۸٤/۸±۸/۲	۸۱/۷±۷/۳	۷۹/۷±۵/٤

جدول (۶)- هم بستگی پیرسون بین شاخص MDI و پارامترهای فیزیولوژیکی افراد

شاخص	متغیرهای آماری	دمای عمقی	دمای پوست	ضربان قلب	فشار سیستولیک	فشار دیاستولیک
MDI	ضریب همبستگی	۰/۵۸۹	۰/۵۱۲	۰/٤۷۹	۰/۳۵۱	۰/۲۳۲
	سطح معنی‌داری	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۱

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018



نمودار (۱)- ارتباط بین شاخص WBGT و شاخص MDI

با استرس گرمایی قرار بگیرد و نشان می دهد که بیش تر از ۵۰ درصد افراد احساس ناراحتی می کنند. در مطالعات hunt و همکاران، معدنچیان نسبت به کارگران مطالعه حاضر با استرس گرمایی بیش تری مواجه بودند و درصد بیش تری از افراد دچار عوارض ناشی از گرما شده بودند (۸, ۹). در این مطالعه نیز شرایط گرمایی افراد به تفکیک بررسی گردید که ۶۸ درصد افراد سطح شدید استرس گرمایی را تجربه کردند که در این شرایط اکثر افراد از ناراحتی رنج می برند و دمای بدنی نمی تواند در طول کار فیزیکی حفظ شود و ریسک بالایی برای بیماری ناشی از گرما وجود دارد و ۲/۵ درصد افراد در سطح خیلی شدید قرار دارند که در این حالت افراد از استرس گرمایی رنج می برند (۱۷) و سطح سبک مواجهه با استرس گرمایی در هیچ کدام از افراد واحدهای کاری مشاهده نشد. نتایج مطالعه Yousif و همکاران (۲۰۱۳) با هدف بررسی شرایط آسایش افراد در شرایط محیطی غالب به ویژه دما و رطوبت نسبی بر حسب شاخص ناراحتی گرمایی (DI)، نشان داد زمانی که شاخص ناراحتی در حدود ۲۲ تا ۲۴ بود، کم تر از ۵۰ درصد از جمعیت افراد احساس ناراحتی داشتند، اما در طول آوریل (فروردین) تا اکتبر (مهرماه) زمانی که شاخص در محدوده ۲۴ تا ۲۹ بود بیش از ۵۰ درصد از جمعیت دچار ناراحتی شدند و شاخص ناراحتی بیش تر از ۳۰ تا ۳۲ به دست نیامد که نشان دهنده ۱۰۰این بود درصد از جمعیت احساس ناراحتی کنند (۲۴). در مطالعه یگانه و همکاران در شرایط کاری که افراد بیش تر از ۶۸ درصد مواجهه غیر مجاز با استرس گرمایی داشتند بیش از ۵۰ درصد افراد دچار استرین گرمایی شده بودند (۲۵). این یافته ها با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت. در مطالعه حاضر، به دلیل عدم آموزش و آگاهی کافی پدیده خودتنظیمی فعالیت در شرایط کاری آنان وجود نداشت و باعث شد که سطح استرین گرمایی افراد بالا رود. نتایج مطالعات قبلی نشان داد که بروز پدیده خودتنظیمی فعالیت و مصرف منظم آب می تواند در کاهش استرس گرمایی موثر باشد (۲۶, ۲۷).

بر اساس نتایج حاصله در جدول (۳)، افراد در واحد کاری حفاری استرس گرمایی بیش تری داشتند که می تواند مربوط به شرایط کاری مداوم در ارتفاعات بالاتر باشد، هم چنین میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی واحد حفاری نسبت به دیگر واحدها

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

بیش تر بود که علل اصلی مربوط به بار کاری بیش تر و افزایش مصرف انرژی و نوع وسایل حفاظت فردی (لباس کار یکسره) بوده که باعث می شود افراد احساس استرین گرمایی بیش تری داشته باشند. در مطالعه موران و همکاران میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی با افزایش بار کاری و لباس یکسره افزایش یافته بود و افراد استرین گرمایی بیش تری نشان دادند (۲۸). در تمامی واحدهای کاری میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی افراد از سطح استاندارد کم تر بود. در مطالعات قبلی که در محیط های معدنی انجام شده نیز میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی کم تر از سطح استاندارد تعریف شده به دست آمده است (۲۹,۱۰). در مطالعه ی Kalkowsky و Kampmann، معدنچیان در مقایسه با مطالعه حاضر در شرایط گرمایی کم تر، میزان استرین فیزیولوژیکی بیش تری از خود نشان دادند که می تواند مربوط به شرایط جسمانی افراد مشغول به کار باشد که نسبت به این مطالعه میانگین شاخص توده بدنی بیش تری داشتند (۳۰). در مطالعه دهقان و همکاران افراد دارای اضافه وزن در مقایسه با افراد با وزن نرمال در شرایط گرمایی یکسان شدت تنش قلبی بیش تری از خود نشان دادند (۳۱). بر اساس مطالعه Bourne عوامل متعددی مانند افزایش هیدراسیون، افزایش نمایه توده بدنی، تناسب ضعیف هوازی و عدم انطباق با گرما می تواند معدنچیان را در معرض افزایش خطر بیماری های مرتبط با گرما قرار دهند (۳۲).

نتایج این مطالعه نشان داد بین شاخص MDI با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن هم بستگی معنادار ضعیف تا متوسطی وجود دارد که بیش ترین و کم ترین هم بستگی به ترتیب مربوط به دمای عمقی بدن و فشار دیاستولیک خون می باشد. دلیل هم بستگی بالای دمای عمقی بدن می تواند به دلیل شرایط کاری معدن باشد که افراد باید فعالیت بدنی بیش تری داشته باشند. فعالیت بدنی علاوه بر شرایط دمایی بالای محیط، یکی از عوامل تاثیرگذار بر پارامترهای فیزیولوژیکی بدن بوده و می تواند به عنوان یک عامل تاثیرگذار، باعث افزایش حرارت بدن و ضربان قلب شود. در مطالعه ای که گلبابایی و همکاران به مقایسه شاخص های استرس گرمایی با پاسخ های فیزیولوژیکی مردان در محیط کاری گرم پرداختند، بین شاخص DI و پارامترهای فیزیولوژیکی هم بستگی متوسط به بالا گزارش شد که با نتایج این مطالعه هم خوانی دارد (۳۳). در این مطالعه ضریب هم بستگی نسبتاً ضعیفی بین شاخص MDI و فشار خون به دست آمد. با وجودی که این رابطه از نظر آماری معنی دار بود اما در مطالعات حاجی زاده و همکاران (۱۳۹۳) بین شاخص گرمایی WBGT با میانگین نبض، فشارخون سیستولیک و دیاستولیک رابطه معناداری مشاهده نشد و فشار خون پارامتر مناسبی جهت ارزیابی فیزیولوژیک مواجهه با گرما تشخیص داده نشد (۱۱, ۳۴). فشار خون تحت تاثیر عوامل مختلف فردی، شیفت کاری و تغذیه می باشد که در مطالعات حاجی زاده و همکاران پارامتر مناسبی برای ارزیابی استرین گرمایی تشخیص داده نشد.

نتایج حاصل از آزمون آماری رگرسیون خطی نشان داد که ارتباط معنی داری بین شاخص ناراحتی (MDI) و شاخص دمای تر گویسان وجود دارد و نسبت به مطالعات قبلی هم بستگی کم تری به دست آمد (۱۶, ۲۲) که این می تواند به خاطر استفاده از داده های اطلاعاتی بسیار بالا نسبت به مطالعه حاضر باشد که باعث شد هم بستگی بالاتری حاصل شود.

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

از طرفی در این مطالعه افراد در واحدهای کاری با شرایط متفاوتی مشغول به کار بودند و یکی از علل مهم استرس گرمایی کارگران در محیط های روباز تابش مستقیم نور خورشید می باشد که توسط محققین مختلف اثبات شده است (۱۱, ۳۵). دمای تابشی یکی از پارامترهای مهم در محاسبه شاخص دمای تر گویسان بوده و در بعضی از واحدها به دلیل کار در ارتفاع بالاتر و مواجهه با شدت بالای نور خورشید، افراد مجبور به استفاده از پوشش های حفاظتی خاصی بودند که باعث افزایش مقادیر شاخص WBGT گردید و موجب شد که در شرایط یکسان هر کدام از شاخص های گرمایی مقادیر متفاوتی داشته باشند و بر هم بستگی بین دو شاخص گرمایی تاثیر بگذارد.

در این مطالعه شرایط کاری افراد از لحاظ آب و هوایی یکسان بود، همه اندازه گیری ها در گرم ترین ماه های سال و در ساعات گرم روزهای کاری انجام شد که می تواند جزء نقاط قوت مطالعه باشد. از عوامل اصلی مداخله گر در مطالعه حاضر سرعت جریان مقطعی بالای هوا و رطوبت نسبی پایین می باشد که می تواند بر شاخص گرمایی و احساس استرین افراد تاثیرگذار باشد.از سویی می توان به صدای بیش از حد دستگاه ها در واحدهای کاری اشاره کرد که ممکن است بر پارامتری مانند ضربان قلب و فشار خون افراد اثر افزایشی داشته باشد. این مطالعه به دلایل محدودیت های زمانی با حجم نمونه کوچکی در محیط کاری معدن انجام شد و انجام مطالعه بر روی تمامی افراد در حال کار و یا بر روی کارگران شرکت های خصوصی که از لحاظ کاری شرایط یکسانی داشتند، میسر نبود. تا کنون مطالعات چندانی بر روی این شاخص گرمایی در فضاهای روباز انجام نگرفته است و پیشنهاد می گردد مطالعات بیش تری بر روی شاخص MDI به طور گسترده تر در شرایط کاری و دمایی مختلف با متابولیسم های کاری مختلف انجام شود و هم چنین مقایسه با سایر شاخص های گرمایی به توسعه این شاخص منجر خواهد شد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصله می توان نتیجه گیری نمود که درصد بالایی از کارگران معدن بر اساس معیارهای شاخص MDI در معرض خطر استرس گرمایی قرار داشتند، شاخص MDI ارتباط متوسطی با پارامترهای فیزیولوژیکی کارگران معدن روباز داشت و با شاخص استاندارد ایزو (WBGT) ارتباط قابل قبولی نشان داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند از دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی و هم چنین از مدیریت مجموعه معدن سنگ آهن به جهت همکاری تقدیر و تشکر نمایند.

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

REFERENCES

1. Monazzam MR, Hajizadeh R, Beheshti MH, Kazemi Z. Loss of Productivity Due to Heat Exposure among Iranian Outdoor Workers. International Journal of Occupational Hygiene. 2016;8(2):62-8.
2. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Shamsipour A, Arabalibeik H, Abbasinia M, et al. Personal risk factors during heat stress exposure in workplace. Health and Safety at Work. 2017;7(2):163-80.
3. Xiang J, Bi P, Pisaniello D, Hansen A. Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review. Industrial health. 2014;52(2):91-101.
4. Michael Donoghue A. Heat illness in the US mining industry. American journal of industrial medicine. 2004;45(4):351-6.
5. ACGIH. Heat Stress and Strain. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001.
6. Varley F. A study of heat stress exposures and interventions for mine rescue workers. Transactions. 2004;316:133-42.
7. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Shamsipour A, Teimori G, Arabalibeik H, et al. Validity of Thermal Comfort Indices Based on Human Physiological Responses in Typical Open Pit Mines. International Journal of Occupational Hygiene. 2017;9(1):26-32.
8. Hunt A, Parker A, Stewart I. Symptoms of heat illness in surface mine workers. International archives of occupational and environmental health. 2013;86(5):519-27.
9. Hunt A, Stewart I, Parker T. Dehydration is a Health and Safety Concern for Surface Mine Workers. ENVIRONMENTAL ERGONOMICS XIII. 2009:274.
10. Hunt AP, Parker AW, Stewart IB. Heat strain and hydration status of surface mine blast crew workers. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2014; 56(4):409-14.
11. hajizadeh R, beheshti MH, khodaparast I, Malakouti J, rahimi4 H. Investigation heat stress in small enterprise in Qom city. Journal of Health and Safety at Work. 2013;3(4):59-69.
12. Heidari H, Golbabaei F, Shamsipour A, Forushani AR, Gaeini A. Outdoor occupational environments and heat stress in IRAN. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2015;13(1):1.
13. Phuong V, Few R, Winkles A. Heat stress and adaptive capacity of low-income outdoor workers and their families in the city of Da Nang, Vietnam. Asian Cities Climate Resilience. 2013;Working Paper Series 3: 2013.
14. NIOSH. Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to hot environments. USA: National Institute for Occupational Safety and Health, 1986.
15. Brake R, Bates G. A valid method for comparing rational and empirical heat stress indices. Annals of occupational hygiene. 2002;46(2):165-74.
16. Sawka M, Wenger C, Montain S, Kolka M, Bettencourt B, Flinn S, et al. Heat stress control and heat casualty management. USA: US Army Research Institute of Environmental Medicine, 2003.
17. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial health. 2006;44(3):388-98.
18. ISO7243. Hot environments—estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Geneva: ISO, 1982.
19. Yaglou C, Minard D. Control of heat casualties at military training centers. AMA Archives of Industrial Health. 1957;16(4):302-16.
20. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Industrial health. 2006;44(3):368-79.
21. ACGIH. TLVs and BEls: Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. USA: ACGIH Signature Publications, Cincinnati, 2004.

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

22. Moran D, Shapiro Y, Epstein Y, Matthew W, Pandolf K. A modified discomfort index (MDI) as an alternative to the wet bulb globe temperature (WBGT). Environmental Ergonomics VIII, Hodgdon JA, Heaney JH, Buono MJ (Eds). 1998:77-80.

23. 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, Journal of Kashan University of Medical Sciences May. 2012;16(2).

24. Yousif TA. Application of Thom's Thermal Discomfort Index in Khartoum State, Sudan. 2013;2(5):36-8.

25. Yeganeh R, Abbasi J, Dehghan H. Evaluation of Relationship Among Wet Bulb Globe Temperature index , Oral Temperature & Heat Strain Scoring Index In Bakers of Isfahan. J Health Syst Res. 2014;3(10):599-607.

26. Dehghan H, Habibi E, khodarahmi B, Yousefi H, Hasanzadeh A. A Survey of the Relationship of Heat Strain Scoring Index and Wet Bulb Globe Temperature Index with Physiological Strain Index among Men in Hot Work Environments. J Health Syst Res. 2012;7(6):1148-56.

27. Bates GP, Schneider J. Hydration status and physiological workload of UAE construction workers: A prospective longitudinal observational study. J Occup Med Toxicol. 2008;3(21):4-5.

28. Moran D, Pandolf K, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez R. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. Journal of thermal biology. 2003;28(1):43-9.

29. Peiffer JJ, Abbiss CR. Thermal stress in North Western Australian iron ore mining staff. Annals of occupational hygiene. 2013;57(4):519-27.

30. Kalkowsky B, Kampmann B. Physiological strain of miners at hot working places in German coal mines. Industrial health. 2006;44(3):465-73.

31. 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.

32. Bourne K. Mine workers, heat related illnesses, and the role of the occupational health nurse. Kentucky nurse. 2015;63(3):6.

33. Golbabaie.F, Monazam.M.R, Hemmatjou.R, nasiri.P, Pour¬Yaaghoub.G.R, 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(2):245-52.

34. 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. Journal of Health and Safety at Work. 2015;4(4):9-21.

35. Langkulsen U, Vichit-Vadakan N, Taptagaporn S. Health Impact of Climate Change on Occupational Health and Productivity in Thailand. Epidemiology. 2011;22(1):S17.

Downloaded from jhsw.tums.ac.ir at 13:35 IRST on Wednesday December 5th 2018

Journal of Health and Safety at Work Vol. 8; No. 3; Autumn 2018

Examining the relationship between modified discomfort index (MDI) with ISO 7243 standard and physiological parameters of workers in an open-pit mine

Mohammad Javad Jafari[1], Hassan Assilian Mahabadi[2], Gholam Heidar Teimori[3,*], Mohsen Attar[4], Soheila Khodakarim[5]

[1] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[2] Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

[3] M.Sc. Occupational Health Engineering, School of Public Health, Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran

[4] M.Sc., School of Public Health, Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran

[5] Department of Epidemiology, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Workers in open pit mines are frequently exposed to extreme heat stress during hot seasons. Several indices including Modified Discomfort Index (MDI) are used to evaluate the heat stress. The aim of this study was to evaluate the MDI and to investigate its relationship with ISO 7243 standard (Wet Bulb Globe Temperature index, WBGT) and physiological parameters of workers in an open pit mine.

Material and Method: This cross-sectional study was conducted among 120 healthy male miners in an open pit mine during summer season in 2014. Physiological parameters including body core and skin temperature, heart rate and blood pressure were measured according to ISO 9886 standard. All environmental and physiological parameters were simultaneously measured and recorded during a work shift. The MDI and WBGT indices were calculated using the related formula. Statistical analysis was performed using the SPSS 22 software.

Result: According to the criteria of MDI, about 29 percent of workers had the average level, 68 percent of workers experienced the intense level and 2.5 percent suffered from the extreme level of exposure to the heat stress. No case of light level exposure to heat stress was obtained among workers. A significant correlation was found between MDI and ISO standard index (WBGT). Statistically significant correlation were also found between MDI and physiological parameters ($P<0.001$); in which the highest correlation coefficient was found for the heart rate variable ($r=0.589$).

Conclusion: Based on MDI, a high percentage of open pit mine workers were at risk of heat stress hazards. MDI had a moderate correlation with physiological parameters of the workers and showed a remarkable correlation with the WBGT.

Key words: *Modified Discomfort Index, Physiological Parameters, Wet Bulb Globe Temperature, Open-Pit Mine*

* Corresponding Author Email: *teimorigh1@gmail.com*