مقاله اصیل

بررسی ارتباط شاخص دمای تر گویسان با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران یک معدن روباز در شرایط آب و هوایی گرم و خشک

غلام حیدر تیموری[۱]، محمد جواد جعفری[۲]، حسن اصیلیان مهابادی[۳]*، سهیلا خداکریم[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲]استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

[۳]دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۴]استادیار آمار حیاتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

***نشانی نویسنده مسئول:** تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل گیشا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه بهداشت حرفه ای

E-mail: asilia_h@modares.ac.ir

وصول:۹۴/۷/۳، اصلاح:۹۴/۸/۳۰، پذیرش:۹۴/۱۱/۳۱

چکیده

مقدمه: شرایط کاری گرم در معادن روباز بسیار معمول است و کارگران با استرس گرمایی مواجهه دارند. بررسی گرمای محیط کار می‌تواند در جلوگیری از بیماری ناشی از استرس گرمایی در معادن مفید باشد. هدف از انجام این مطالعه بررسی ارتباط شاخص WBGT با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران معدن روباز سنگ آهن می‌باشد.

روش کار: این مطالعه یک پژوهش توصیفی- مقطعی می‌باشد که بر روی ۱۲۰ نفر نمونه مرد سالم در تابستان ۹۳ انجام گرفت. دمای تمپان و دمای پوست با استفاده از دستگاه ترمومتر دیجیتالی مدل FT70 ساخت شرکت بئورر کشور آلمان اندازه‌گیری شد. ضربان قلب و فشار خون با استفاده از دستگاه دیجیتال Emsig (مدل BO26) ساخت تایوان اندازه‌گیری شد. کلیه متغیرهای محیطی به طور همزمان با پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری و ثبت شدند. شاخص WBGT با استفاده از فرمول محاسبه گردید. در نهایت از آزمون آماری همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده شد.

نتایج: مطالعه‌ی ارتباط شاخص WBGT با پارامترهای فیزیولوژیک نشان داد که میزان همبستگی آنها معنادار می‌باشد. همبستگی پیرسون بین شاخص WBGT با دمای تمپان، دمای پوست، ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک خون به ترتیب ۰/۵۹۲، ۰/۵۵۷، ۰/٦٢٤، ۰/٤٨٦ و ۰/٤١٩ بدست آمد.

نتیجه‌گیری: شاخص WBGT با پارامترهای فیزیولوژیکی دمای تمپان، دمای پوست، ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک خون همبستگی بالایی نشان داد و بیشترین رابطه را با ضربان قلب داشت. شاخص WBGT ارتباط قابل قبولی با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران در محیط کاری معدن دارد و می‌تواند برای ارزیابی استرین گرمایی چنین محیط کاری مناسب باشد.

کلمات کلیدی: *شاخص WBGT، پارامترهای فیزیولوژیک، معدن روباز.*

مقدمه

شرایط کاری گرم در معادن روباز بسیار معمول است و کارگران در مواجهه با استرس گرمایی می باشند. با توجه به گزارش سازمان ملی ایمنی و بهداشت شغلی امریکا 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 و در نتیجه بررسی گرمای محیط کار می‌تواند برای کارگران و مدیریت در مورد خطر بیماری‌های ناشی از گرما مفید باشد (۱). مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه طولانی مدت با گرما موجب بروز عوارض خفیف تا شدید از جمله خستگی گرمایی، سنکوپ گرمایی، کرامپ عضلانی و گرمازدگی می‌شود (۲).

برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های کاری گرم، از سال ۱۹۰۵ تا کنون شاخص‌های گرمایی بسیاری توسط محققین ابداع و ارائه شده‌اند که این شاخص‌ها با توجه به مبنای کارشان در سه گروه شاخص‌های منطقی (تحلیلی)، تجربی و مستقیم طبقه‌بندی می‌شوند (۳). هرچند که شاخص‌های متعددی برای ارزیابی تنش گرمایی تدوین و ارائه شده‌اند، ولی تعداد اندکی از آنها به صورت استاندارد جهانی معرفی شدند و در سطح وسیع مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شاخص دمای ترگوی‌سان (WBGT)، یک شاخص تجربی است که در سال ۱۹۵۷ ارائه شد و به طور گسترده به عنوان یکی از شاخص‌های استرس حرارتی استفاده می‌شود (٤). شاخص WBGT بر پایه اندازه‌گیری سه پارامتر اصلی دمای تر طبیعی (t_{nw})، دمای هوا (t_a) و دمای گوی‌سان (t_g) می‌باشد و شرایط گرمایی محیط را به صورت یک عدد نمایش می‌دهد (۵). در معیارهای WBGT، فاکتورهای وضعیت سازگاری فرد، میزان متابولیسم کاری و نسبت کار و استراحت مشارکت دارند (٦). شرایط استاندارد در نظر گرفته شده برای WBGT به عنوان شرایطی تعریف می‌شود که تحت آن شرایط، کارکنان لباس کار تابستانی بپوشند (۷). اگر چه برخی از محققین تناقض بین شاخص WBGT و استرین-های فیزیولوژیکی حرارتی را شناسایی کرده‌اند (۸). برخی به این نتیجه رسیدند که شاخص WBGT پیش بینی کننده مناسب برای استرین فیزیولوژیکی ناشی از حرارت می باشد (۹). Parsons در سال ۲۰۰٦ ادعا کرد که شاخص WBGT دارای اعتبار، قابلیت اطمینان و قابلیت استفاده است و در حال حاضر می‌تواند در سراسر جهان برای کنترل استرس گرمایی در اماکن نظامی، صنعتی، خانگی، ورزشی و کاربردهای تجاری مورد استفاده قرار بگیرد (٤). در نهایت توسط سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) به عنوان استاندارد (ISO-7243) برای ارزیابی سریع محیط‌های کاری گرم پذیرفته شده است (۱۰)، و سپس بر اساس این شاخص سازمان ACGIH آمریکا، TLV تماس قابل قبول با گرما را منتشر کرد که به شرایط گرمایی اشاره می‌کند که تقریبا همه کارگران شاید به طور مکرر بدون اثرات نامطلوب بهداشتی در معرض گرما باشند (۱۱). این ضوابط نیز توسط سازمان بهداشت و ایمنی شغلی (OSHA) و انجمن بهداشت صنعتی آمریکا (AIHA) پذیرفته شد (۱۲).

مطالعات مختلفی در ارتباط با میزان کارایی شاخص WBGT در برآورد و تعیین استرس گرمایی انجام شده است که نشان داد شاخص WBGT شاخصی مناسب جهت ارزیابی سریع وضعیت شرایط جوی محیط کار می‌باشد (۳). مطالعه Wsterlund (۱۹۹۷) تحت عنوان مروری بر شاخص‌های استرس حرارتی و کاربرد آن در صنایع جنگلی نشان داد، که شاخص WBGT در مقایسه با شاخص میزان تعریق مورد نیاز SWreq به عنوان یک شاخص ساده و مناسب معرفی شد (۱۳). موریوکا و همکاران (۲۰۰٦) اثرات بهداشتی ناشی از گرما بر روی کارگران ساختمانی را با استفاده از شاخص WBGT مورد بررسی قرار دادند که در این مطالعه مشخص شد با افزایش مقدار شاخص WBGT میزان فشار خون افراد نیز

افزایش یافت (١٤). نقیب در سال ١٣٧٦ نشان داد که در معدن روباز همبستگی خوبی بین شاخص WBGT و شاخص‌های فیزیولوژیکی وجود دارد، در حالیکه در معدن زیرزمینی بین شاخص WBGT و شاخص‌های فیزیولوژیکی همبستگی ضعیفی وجود داشت (١٥). همچنین مطالعه فلاحتی و همکاران در سال ٩٠ که شاخص‌های استرس گرمایی WBGT و P4SR را به کمک دمای عمقی بدن اعتبارسنجی کردند ارتباط معناداری میان شاخص‌های گرمایی با دمای عمقی مشاهده گردید و شاخص WBGT بیشترین دقت را در ارزیابی استرس حرارتی نشان داد (١٦).

روش‌های مستقیم ارزیابی مواجهه افراد با گرما، بر اساس اندازه‌گیری استرین گرمایی بدن می‌باشد. پاسخ بدن انسان به استرس گرمایی به عنوان استرین شناخته می‌شود که به وسیله پارامترهای فیزیولوژیک قابل اندازه‌گیری است (١٧). بر اساس استاندارد ISO 9886 پارامترهای فیزیولوژیکی مناسب برای ارزیابی میزان استرین گرمایی دمای عمقی، دمای پوست و ضربان قلب می‌باشد. دمای دهانی، دمای پرده صماخ گوش، دمای مقعدی و دمای ادرار از جمله دماهای بدن می‌باشند که می‌توان به عنوان دمای عمقی به آن‌ها استناد کرد (١٨). هدف از انجام این مطالعه بررسی ارتباط شاخص تجربی WBGT با پارامترهای فیزیولوژیکی بدن کارگران معدن روباز سنگ آهن می‌باشد.

روش کار

این مطالعه به صورت توصیفی مقطعی در تابستان ١٣٩٣ در مجتمع معدن سنگ آهن سنگان انجام شد. طبق فرمول تعیین حجم نمونه براساس ضریب همبستگی، تعداد ١٢٠ نفر نمونه مرد برآورد گردید که در واحدهای کاری مختلف شامل حفاری، آتشباری، 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 تب‌دار و عفونت گوش، عدم پرکاری تیروئید، عدم مصرف داروهای آنتی-دیورتیک و همچنین عدم مصرف داروهای موثر بر ضربان قلب بودند و ورود افراد به مطالعه به صورت داوطلبانه صورت گرفت.

پرسشنامه‌ای در ارتباط با مشخصات فردی (سن، قد، وزن، سابقه کار، تعداد ساعت کار روزانه، سطح تحصیلات، نوع فعالیت کارگر و سابقه بیماری و یا سابقه مصرف داروی خاص) طراحی و بصورت حضوری با پرسش از افرادی که در تماس با گرما بودند تکمیل می-گردید. پس از تائید فرد بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، هدف از انجام پژوهش برای فرد به طور کامل توضیح داده شد و در صورت تمایل به ادامه همکاری، فرم رضایت‌مندی توسط فرد تائید و وارد مرحله بعدی می‌شد.

ساعت کاری افراد مورد بررسی بدین صورت بود که از ساعت ٧ صبح در واحدها مشغول به کار می‌شدند، معمولا از ساعت ١٢ تا ١٣ برای صرف ناهار و استراحت می‌رفتند و از ساعت ١٣ الی ١٦ دوباره مشغول به کار بودند، بجز واحد آتشباری که ساعت کاری کمتری داشتند (معمولا ٨:٣٠ الی ١٣). در روز پیش از اندازه‌گیری، هدف از انجام مطالعه و رعایت نکاتی مانند استراحت کافی در شب به افراد یادآوری شد. در هر روز اندازه‌گیری با توجه به شرایط کاری هر واحد و با هماهنگی قبلی تعدادی از افراد مورد پایش قرار می‌گرفتند، حین اندازه‌گیری سعی گردید افراد در شرایط یکسانی مورد پایش قرار بگیرند و

با در نظر گرفتن مدت همکاری پرسنل، زمان کل انـدازه-گیری برای هر نفر به مدت ۲ ساعت در نظر گرفتـه شـد. مدت زمان لازم برای اندازه‌گیری هر پارامتر (دمای تمپـان ۱ دقیقه، دمای پوست ۱ دقیقه، ضربان قلب و فشار خـون ۵ دقیقه) بود و تمامی اندازه‌گیری ها (حالت کار در فضای باز) در ساعات ۹ الی ۱۲ و ۱٤ الی ۱٦ انجام گرفت.

پس از انتخاب نمونه های مورد نظر انـدازه‌گیـری پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی (تمپان)، دمای پوســت، ضــربان قلــب و فشــار خــون سیســتولیک و دیاستولیک و پارامترهای محیطی (دمای خشک، دمای تـر، دمای گوی‌سان، سرعت جریان هوا و رطوبـت نسـبی) در دو حالت استراحت و کار افراد توسط کارشناس بهداشـت حرفه‌ای انجام شد.

پارامترهـــای فیزیولـــوژیکی در دو مرحلـــه در واحدهای کاری تحت مطالعه و طبق استاندارد ISO9886-2001 انـدازه‌گیـری شـدند. در واحـدهای کـاری بجـز آتشباری، اتاق استراحت و یا کانکسـی در نزدیکـی جبهـه کار به منظور استراحت (نهار و نماز) افراد در نظـر گرفتـه شده است. در مرحله اول، پس از قرار گرفتن فرد به مدت ۳۰ دقیقه در اتاق اسـتراحت، در زمـان‌هـای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شد و میـانگین آنها به عنوان اطلاعات پایه ثبت گردید (میانگین و انحراف معیـار شـاخص دمـای تـر گویسـان اتـاق اسـتراحت ۲۳/۷۲±۰/۵۳٤ درجه سانتی‌گراد بود). در مرحله دوم پس از پایان اندازه‌گیری‌ها در حالت استراحت، از فرد خواسـته شد که به محل کار خـود برگـردد و کـار خـود را شـروع نماید. در واحد کاری مانند آتشباری که محل کـار فـرد از اتاق اسـتراحت فاصـله داشـت، انتقـال افـراد بـا خـودرو صورت گرفت. پس از شروع به کار، با نظارت همیشـگی پژوهشگر، پارامترهای فیزیولوژیکی در زمان‌هـای ۲۰، ٤۰ و ٦۰ دقیقه اندازه‌گیری و میانگین آنها ثبـت گردیـد (۱۹). برای اندازه‌گیری دمای پرده تمپان (گوش راست افـراد) و دمای پوست از ترمـومتر دیجیتـالی مـدل FT70 (beurer) ساخت کشور آلمان استفاده شد. دقت این دستگاه معـادل ۰/۲± درجه سانتی‌گراد و دامنه اندازه‌گیـری آن ۳٤ تـا ٤۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دمـای پوسـت طبـق اسـتاندارد می‌توانـد بـه دو صـورت انجـام شـود: ۱. دمـای پوسـت موضعی که در یک نقطه خاص اندازه‌گیـری مـی‌شـود. ۲. متوسط دمای پوست که به طور مستقیم اندازه‌گیری نمـی-شود و با سنجش مجموعه‌ای از دمای پوست موضـعی بـه صورت میانگین برآورد می‌شود (۲۰). در این مطالعه دمای پوست پیشانی افراد اندازه‌گیری شد. ضربان قلب و فشـار خون افراد نیز بـا اسـتفاده از دسـتگاه فشارسـنج دیجیتـال Emsig مدل BO26 ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری شد. دسـتگاه فشارسـنج دیجیتـال قـادر اسـت فشـار خـون سیستولیک و دیاستولیک و تعداد ضـربان قلـب یـک فـرد بالغ را با استفاده از یک کاف تحت فشـار بسـته شـده بـر روی بازو اندازه‌گیری کند. این دستگاه دیجیتـال بـر روی بازوی شخص بسته می‌شود و به صورت غیر تهاجمی، بر مبنـای انـدازه‌گیـری روی مـچ و طبـق روش اسـکیلومتر اندازه‌گیری را انجام می‌دهد (۲۱).

در هر واحد کاری یـک ایسـتگاه انـدازه‌گیـری در نزدیکی ایستگاه کاری افراد برای اندازه‌گیری انتخاب شـد و همزمـان بـا سـنجش پارامترهـای فیزیولـوژیکی نیـز پارامترهای محیطی در حالت استراحت و کار اندازه‌گیـری و ثبت شدند. در طی انجام فعالیت، فرد به مدت ۱ ساعت مورد پایش قرار گرفـت. بـرای انـدازه‌گیـری پارامترهـای محیطی از WBGT meter دیجیتال مدل Casella، رطوبت سنج چرخان مدل Casella و برای سنجش سرعت جریان هوا از دماسنج کاتـای نقـره انـدود مـدل N240 Casella London با فاکتور کاتای ٤۲۰ و ردیف سردشوندگی ۵۵-۵۲ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. از آنجایی که محیط‌های کاری کارگران، بر اسـاس پـیش آزمـون از لحـاظ دمـایی متجانس بود، اندازه‌گیری‌ها فقط در ناحیـه کمـر کـارگران (۱/۱ متر) انجام شد. برای انـدازه‌گیـری میـزان متابولیسـم افراد، از استاندارد ISO-8996 استفاده شد. چهار روش بـا

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 (۲۲). 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. برای محاسبه شاخص WBGT از دستگاه WBGT Meter مطابق با استاندارد ISO7243 استفاده شد. با توجه به آن که افراد از لباس کار معمولی و لباس یکسره استفاده می‌کردند اصلاح برای لباس نیز پس از برآورد شاخص اعمال شد. با توجه به اهداف، داده‌های مطالعه پس از جمع‌آوری، با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۲ و Excel و آزمون‌های آماری همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی آنالیز شد و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

در این پژوهش تعداد ۱۲۰ نفر مرد شرکت کردند که از واحدهای کاری مختلف شامل حفاری، آتشباری، بارگیری و حمل و نقل، کراشر و سنگ‌شکن بودند. میانگین و انحراف معیار مشخصات دموگرافیکی افراد شامل؛ سن ۷/۷۹ ±۳۳/۹۲ سال، وزن ۱۲/٤۹ ± ۷۲/۲۵ کیلوگرم، قد ۰/۰۷۵ ± ۱۷۳ سانتی‌متر و نمایه توده بدنی BMI افراد مورد بررسی عبارت بود از ۳/۵۹ ± ۲٤/۹۳ کیلوگرم بر متر مربع. همچنین میانگین میزان بار کاری ناشی از متابولیسم افراد حین کار ۱٦۵/۹ وات بر متر مربع با دامنه ۲٤۵-۱۰۱ بود و افراد در محدوده بار کاری متوسط قرار داشتند.

جدول ۱ پارامترهای اندازه‌گیری شده محیط کار و شاخص محاسبه شده WBGT را نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار شاخص دمای تر گویسان ۱/۵٦ ± ۳۰/۸ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

نتایج پارامترهای فیزیولوژیکی افراد شامل دمای تمپان، دمای پوست، ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی تمپان ۰/۵٦ ± ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد، دمای پوست ۰/٤۷ ± ۳۷/۱ درجه سانتی‌گراد، ضربان قلب ۹/٤ ± ۸۷/۵ ضربه در دقیقه، فشار سیستولیک ۰/۷۸ ± ۱۳۰/٤ میلی‌متر جیوه و فشار دیاستولیک ۰/۷۵ ± ۸۲/۵ درجه میلی‌متر جیوه بودند.

نتایج ضریب همبستگی مربوط به شاخص استرس گرمایی محاسبه شده WBGT و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده افراد در جدول ۳ ارائه شده است. در بررسی ارتباط شاخص WBGT با پارامترهای فیزیولوژیک؛ آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص WBGT با دمای تمپان کار رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۰۱). آزمون رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفت که شکل ۱ نمودار پراکنش و خط رگرسیون بین دمای تمپان و شاخص WBGT را نشان می‌دهد.

آزمون رگرسیون خطی بین شاخص WBGT با دمای پوست مورد بررسی قرار گرفت که شکل ۲ نمودار پراکنش و خط رگرسیون بین دمای پوست و شاخص WBGT را نشان می‌دهد.

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص WBGT با ضربان قلب کار رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱). آزمون رگرسیون خطی نیز مورد بررسی قرار گرفت که شکل ۳ نمودار پراکنش و خط رگرسیون بین ضربان قلب و شاخص WBGT را نشان می‌دهد. بیشترین همبستگی مربوط به ضربان قلب و کمترین همبستگی مربوط به فشار دیاستولیک (r=۰/٤۱۹) بود.

جدول ۱: پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده در حالت کار

پارامترها	حداقل	حداکثر	میانگین ± انحراف معیار
دمای خشک Ta (^{0}C)	۳۳/۵	٤۳	۳۸/٤۹ ± ۲/۹۶
دمای تر طبیعی Tnw (^{0}C)	۱۹	۲۳	۲۱/۵۹ ± ۰/۸۵
دمای گویسان Tg (^{0}C)	٤۷	۵۸	۵۳/۸ ± ۲/۵۲
رطوبت نسبی RH (%)	۱۲	۳٤/۵	۲۱/۸۸ ± ۶/۳۲
سرعت هوا Va ($m.s^{-1}$)	۰/۹۲	۱٤/۵	۶/۶۷ ± ۳/۲۳
شاخص دمای تر گویسان WBGT (^{0}C)	۲۷/۱	۳۳/۸	۳۰/۷۶ ± ۱/۵۶

جدول ۲: پارامترهای فیزیولوژیکی افراد مورد مطالعه در حین کار (تعداد ۱۲۰ نفر)

پارامترها	حداقل	حداکثر	میانگین ± انحراف معیار
دمای عمقی (تمپان) (^{0}C)	۳۶/۳	۳۸/۹	۳۷/۵٤ ± ۰/۵۶
دمای پوست (پیشانی) (^{0}C)	۳۶	۳۸/۲	۳۷/۱٤ ± ۰/٤۷
ضربان قلب (beat/min)	۶۸	۱۱۲	۸۷/٤۸ ± ۹/٤
فشار سیستولیک (mmHg)	۱۰۹	۱٤۹	۱۳۰/٤ ± ۰/۷۸
فشار دیاستولیک (mmHg)	۶۵	۹۸	۸۲/۵ ± ۰/۷۵

جدول ۳: همبستگی پیرسون بین شاخص WBGT و پارامترهای فیزیولوژیکی

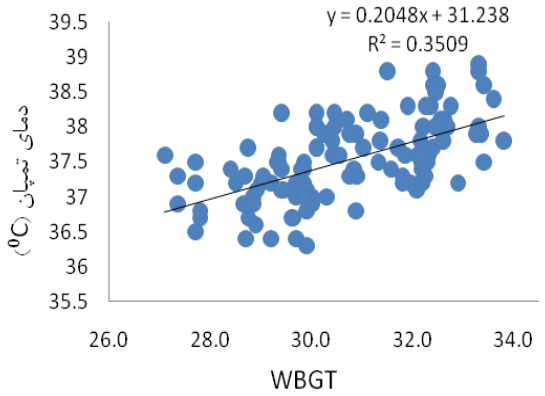
	متغیرهای آماری	دمای عمقی (تمپان) (^{0}C)	دمای پوست (پیشانی) (^{0}C)	ضربان قلب (beat/min)	فشار سیستولیک (mmHg)	فشار دیاستولیک (mmHg)
WBGT	ضریب همبستگی (r)	۰/۵۹۲	۰/۵۵۷	۰/۶۲٤	۰/٤۸۶	۰/٤۱۹
	P.Value	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۷۵

بحث

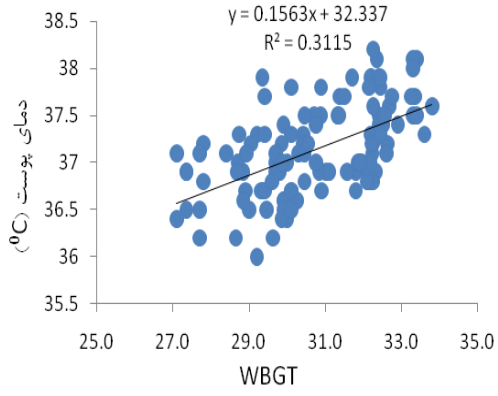
معادن روباز یکی از محیط‌های کاری است که به دلیل ماهیت کار و حجم کاری زیاد کارگر، در فصول گرم سال در معرض استرس گرمایی قرار می‌گیرند. در بسیاری از محیط‌های صنعتی و معدنی برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص WBGT استفاده می‌شود (۱). این مطالعه برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص WBGT با هدف بررسی ارتباط استرس موجود در محیط کاری و استرین فیزیولوژیکی حاصل از آن در معدن روباز سنگ آهن صورت گرفت.

در این مطالعه به منظور بررسی دمای عمقی بدن، از پارامتر فیزیولوژیکی دمای پرده صماخ (تمپان) استفاده گردید، دمای عمقی تمپان نسبت به دیگر دماهای عمقی غیر تهاجمی بوده و خللی در کار کارگر ایجاد نمی‌کند و می‌تواند به عنوان یک شاخص کاربردی‌تر نسبت به دیگر دماهای عمقی برای اندازه‌گیری واتنش فیزیولوژیکی در محیط کاری گرم مورد استفاده قرار گیرد (۲۳). نتایج نشان داد که بین شاخص WBGT با دمای عمقی بدن (تمپان) همبستگی معناداری داشت (r =۰/۵۹۲). به عبارت دیگر با افزایش شاخص WBGT میزان دمای عمقی بدن افزایش یافته است که نمایانگر متناسب بودن این شاخص برای ارزیابی استرس حرارتی محیط مورد نظر می‌باشد. از طرفی همانطور که شکل ۱ نشان می‌دهد، رابطه بین شاخص WBGT و دمای عمقی به صورت خطی مستقیم می‌باشد که معادله رگرسیون مجددا این یافته را تائید می‌کند. این نتایج با یافته‌های مطالعه فلاحتی و همکاران (۱۳۹۰)، گلبابایی و همکاران (۱۳۹۰) و نگهبان و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد (۱٦, ۲۳, ۲٤).

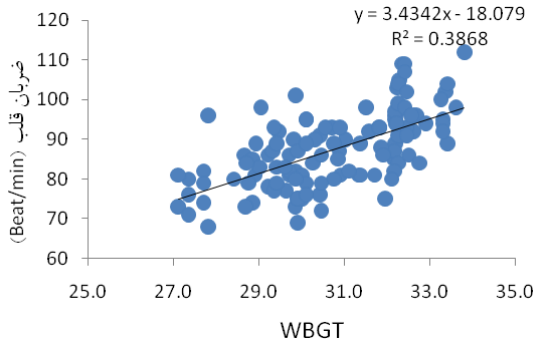
مطالعه‌ای که توسط Claassen و Kok در سال ۲۰۰۷ در پریتوریا با موضوع تعیین مقادیر WBGT با ترازهای رطوبت نسبی بالا و پایین منجر به بارهای گرمایی فیزیولوژیکی مشابه خواهد شد، انجام گرفت. به



شکل ۱: نمودار پراکنش و خط رگرسیون دمای تمپان بر حسب WBGT



شکل ۲: نمودار پراکنش و خط رگرسیون دمای پوست بر حسب WBGT



شکل ۳: نمودار پراکنش و خط رگرسیون ضربان قلب بر حسب WBGT

این نتیجه رسیدند که دمای داخلی و میزان تعریق در مقادیر بالای WBGT یعنی ۳۲ با رطوبت نسبی بالا به طور قابل توجهی بالاتر بود و زمان تحمل افراد نیز به طور قابل توجهی کاهش یافته بود. نتایج نشان داد که بار گرمایی توسط شاخص WBGT در مقادیر بالای ۳۰ با ترازهای رطوبت نسبی بالا کمتر تخمین زده شد و اگر برنامه‌های کاری به درستی مدیریت نشوند افراد سازش-نیافته ممکن است در معرض خطر بیماری‌های ناشی از گرما قرار بگیرند (۲۵).

نتایج حاصل از آزمون آماری، همبستگی بالایی بین شاخص WBGT و دمای پوست (r=۰/۵۵۷) نشان داد. در مطالعه‌ای که گلبابایی و همکاران به مقایسه شاخص‌های استرس حرارتی DI، WBGT و SWreq با پاسخ‌های فیزیولوژیکی مردان در محیط کاری گرم پرداختند، میزان ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص WBGT و دمای پوست را (r=۰/۶۹۵) گزارش کردند که با نتایج این مطالعه همخوانی داشت.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که شاخص WBGT با ضربان قلب همبستگی معناداری داشت (r =۰/٦٢٤). در مطالعه‌ای که نگهبان و همکاران به بررسی ارتباط تنش گرمایی و پاسخ فیزیولوژیک ناشی از آن به منظور تعیین شاخص بهینه واتنش گرمایی پرداختند، به این نتیجه رسیدند که بین واتنش‌های گرمایی تعداد ضربان قلب و میزان بازیابی ضربان قلب و تنش حرارتی محیط همبستگی (r^2=۰/۵۵) وجود دارد و هر دو پاسخ فیزیولوژیکی به طور معنی‌داری تحت تاثیر گرما قرار دارند (۲۳). در مطالعه‌ای که RAMANATHAN و BELDING (۱۹۷۳) به ارزیابی فیزیولوژیکی شاخص WBGT برای تنش حرارتی ناشی از کار پرداختند، دریافتند که در WBGT حدود ۲۹ تا ۳۱ درجه سانتی‌گراد، استرین فیزیولوژیکی افراد شامل افزایش ضربان قلب، دمای عمقی بدن، دمای پوست پیشانی و از دست دادن عرق تفاوت چندانی نداشت و شاخص گرمایی HSI شاخص مناسبتری نسبت به WBGT بود (۲٦).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین شاخص WBGT با فشار خون سیستولیک و دیاستولیک به ترتیب

همبستگی (r =۰/٤۸٦) و (r =۰/٤۱۹) نشان داد. که با نتایج مطالعه گلبابایی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت داشت (۲٤). در مطالعه‌ی که Morioka و همکاران در سال ۲۰۰٦ به بررسی محیط‌های کاری گرم در یک سایت ساخت و ساز (ساختمان) در تابستان و اثرات آن روی سلامتی کارگران پرداختند، با این نتیجه رسیدند که فشار اسمزی سرم خون و فشار خون افراد در طول شیفت کاری افزایش یافته و همبستگی خوبی نشان داده بود که در پایان با وجود مراقبت‌های پیشگیرانه قبلی، کنترل کار و اقدامات ضروری‌تری مانند کنترل ساعات کار و نظارت بر مصرف آب در حین کار پیشنهاد شد (۱٤). همچنین در مطالعه‌ای که توسط Vangelova و همکاران در سال ۲۰۰٦ با موضوع بررسی اختلالات خونی در کارگران صنعتی در محیط‌های گرم انجام شد. نتایج نشان داد که کارگران در معرض گرما نسبت به گروه شاهد شانس ریسک بالاتری برای اختلالات دارند و برنامه پایش منظم چربی در کارگران در معرض گرما توصیه شد (۲۷). که این یافته ها، با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارند.

در مطالعه‌ای که توسط حاجی زاده و همکاران (۹۳) با موضوع بررسی وضعیت استرس گرمایی در کارگاه‌های آجرپزی شهر قم انجام شد، شاخص WBGT بیشترین ضریب همبستگی را با دمای سرخرگ کاروتید گوش نشان داد و بین شاخص 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 (۲۸). در مطالعه حاضر همبستگی هر کدام از پارامترهای فیزیولوژیکی نسبت به مطالعه حاجی‌زاده بیشتر بود و بیشترین همبستگی مربوط به ضربان قلب و سپس دمای عمقی بود که می‌تواند به شرایط کاری کارگران معدن مربوط باشد که افراد بایستی در حین کار بار کاری ناشی از فعالیت بیشتری تحمل کنند. 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.

نتیجه گیری

در این پژوهش، شاخص WBGT با هر کدام از پارمترهای فیزیولوژیکی دمای تمپان، دمای پوست، ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک خون همبستگی بالایی نشان داد و بیشترین رابطه را با ضربان قلب داشت. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه شاخص WBGT می تواند ابزار قابل اعتمادی برای ارزیابی استرین حرارتی محیط کار باشد. می‌توان نتیجه گرفت که برای ارزیابی سریع استرس گرمایی در چنین شرایط محیطی شاخص WBGT همواره شاخصی مناسب می‌باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای مصوب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در سال ۹۳ می‌باشد. نویسندگان بر خود واجب می‌دانند تا از مدیریت مجتمع معدن سنگ آهن تقدیر و تشکر به عمل آورند.

References

1. Xiang J, Bi P, Pisaniello D, Hansen A. Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review. Ind Health. 2014;52(2):91-101.
2. Lugo-Amador NM, Rothenhaus T, Moyer P. Heat-related illness. Emerg Med Clin North Am. 2004;22(2):315-27.
3. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health. 2006;44(3):388-98.
4. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Ind Health. 2006;44(3):368-79.

5. Golbabaei F .Human thermal stress at work. Tehran: Tehran University Press; 2002. [Persian]
6. ACGIH. Heat Stress and Strain. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001.
7. NIOSH. Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to hot environments. USA: National Institute for Occupational Safety and Health, 1986.
8. Wenzel HG, Mehnert C, Schwarzenau P. Evaluation of tolerance limits for humans under heat stress and the problems involved. Scandinavian journal of work, environment & health. 1989;15(1):7-14.
9. Griefahn B. Acclimation to three different hot climates with equivalent wet bulb globe temperatures. Ergonomics. 1997;40(2):223-34.
10. ISO7243. Hot environments—estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Geneva: ISO, 1982.
11. ACGIH T. BELs: Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH Signature Publications, Cincinnati; 2004.
12. 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.
13. Wästerlund DS. A review of heat stress research with application to forestry. Applied ergonomics. 1998;29(3):179-83.
14. Morioka I, Miyai N, Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. Ind Health. 2006;44(3):474-80.
15. naghib A. Evaluation of thermal stress on lead and zinc mine and the determine model for predicting the amount of workers tolerating [M.Sc. Dissertation]: Tehran Univ Med Sci; 1996. [Persian]
16. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad AA, Zokaii M, Sardar A. Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. Iran Occup Health. 2012;9(3):22-31. [Persian]
17. Varley F. A study of heat stress exposures and interventions for mine rescue workers. Transactions. 2004;316:133-42.
18. ISO9886. Evaluation of thermal strain by physiological measurements. Geneva: International Organization for Standardization, 2004.
19. 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 Univ Med Sci. 2012;16(2):112-20. [Persian]
20. Parsons K. Occupational health impacts of climate change: current and future ISO standards for the assessment of heat stress. Ind Health. 2013;51(1):86-100.
21. Emsig-BO26. Blood pressure monitoring system, Owners manual. taiwan: EmsiG Compony; 2010.
22. ISO-8996. Ergonomics of the thermal environment–Determination of metabolic rate. Geneva: International Organization for Standardization, 2004.
23. 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. Journal of Occupational Health Engineering. 2014;1(1):8-15. [Persian]
24. 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]
25. Claassen N, Kok R. The accuracy of the WBGT heat stress index at low and high humidity levels. Occupational Health Southern Africa. 2007;13(2):12-8.
26. Ramanathan N, Belding H. Physiological evaluation of the WBGT index for occupational heat stress. Am Ind Hyg Assoc J. 1973;34(9):375-83.
27. Vangelova K, Deyanov C, Ivanova M. Dyslipidemia in industrial workers in hot environments. Central European journal of public health. 2006;14(1):15.
28. 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.[Persian]

Original Article

The Relationship between WBGT Index with Physiological Responses of Open-Pit Mine Workers in Hot and Dry Weather

Gholam Heidar Teimori
Occupational Health Engineering Department, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Mohammad Javad Jafari
Occupational Health Engineering Department, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

****Hasan Asilian Mahabadi***
Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Soheila khodakarim
Department of Epidemiology, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received:25/09/2015**, Revised:**21/11/2015**, Accepted:**20/02/2016

Corresponding author:
Hasan Asilian Mahabadi,
Faculty of Medical Sciences,
Tarbiat Modares University,
Tehran.
E-mail: asilia_h@modares.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: Hot working conditions are common in open-pit mines where workers are exposed to heat stress. Investigating the hot working environments may lead to preventing diseases caused by thermal stress in mines. The aim of this study was to evaluate the relationship between WBGT thermal stress index and physiological parameters in the iron ore miners.

Methods: The present descriptive study was conducted on 120 healthy men in the summer season. 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 instrumentation. All environmental and physiological parameters were simultaneously measured and recorded. The WBGT index was calculated using the formula. Finally, the correlations were evaluated using linear regression and Pearson's correlation.

Results: The statistically significant correlation between WBGT heat stress index and physiological parameters was found. The Pearson's correlations between WBGT index and tympanic temperature, skin temperature, heart rate, systolic and diastolic blood pressure were 0.592, 0.557, 0.624, 0.486 and 0.419, respectively.

Conclusion: WBGT index showed a high correlation with physiological parameters, including tympanic temperature, skin temperature, heart rate, systolic and diastolic blood pressure, and had the highest correlation with heart rate. WBGT index has an acceptable correlation with physiological parameters of Workers in open pit mines and can be a suitable index to evaluate thermal stress in such working environments.

Keywords: *WBGT index, Physiological parameters, Open-pit mine.*