DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778 Published by Vesnu Publications

ارزیابی شاخص‌های گرمایی محیطی، فیزیولوژیک و ادراکی در کارگران یک معدن زیرزمینی

میثم مباشری دمنه[۱]، حبیب‌اله دهقان[۲]، عظیم کریمی[۱]، حسین خلیلی گرجی[۱]، محمد زین‌الدینی[۳]، علیرضا پوربافرانی[۴]، زهرا شریفیان شاهکوچکی[۱]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: گرما به عنوان عامل زیان‌آوری در محیط‌های کاری شناخته شده است که باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیک در افراد می‌شود. هدف از انجام مطالعه حاضر، ارزیابی شاخص‌های گرمایی محیطی، فیزیولوژیک و ادراکی در یک معدن زیرزمینی بود.

روش‌ها: این پژوهش تحلیلی- مقطعی، بر روی ۶۴ نفر از کارگران مرد یک معدن زیرزمینی سرب و روی در فصل تابستان انجام گرفت. شاخص‌های استرین فیزیولوژیک (Physiological strain index یا PSI) و شاخص دمای تر گوی‌سان (Wet bulb globe temperature یا WBGT) به طور هم‌زمان اندازه‌گیری شد و همچنین، شاخص نمره استرین حرارتی (Heat strain score index یا HSSI) با استفاده از پرسش‌نامه مربوط تکمیل گردید. داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین شاخص‌های PSI، WBGT و HSSI به ترتیب برابر با ۲/۱۱، ۲۲/۰۸ و ۱۳/۵۵ بود و نشان دهنده آن است که محیط معدن دارای استرس حرارتی کمی می‌باشد. میانگین شاخص PSI در سطوح خطر شاخص HSSI دارای اختلاف معنی‌داری بود. بر اساس نتایج آزمون همبستگی Pearson، بین شاخص‌های WBGT و PSI ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد (P = ۰/۷۹۱). همچنین، همبستگی خوبی بین شاخص‌های HSSI و PSI وجود داشت (P < ۰/۰۰۱، r = ۰/۸۵۹).

نتیجه‌گیری: با توجه به محدودیت‌های استفاده از شاخص PSI، می‌توان از شاخص HSSI به عنوان یک ابزار غربالگری در ارزیابی سطح استرین گرمایی در کارگران معادن زیرزمینی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های ناشی از استرس حرارتی، استرس فیزیولوژیک، درجه حرارت بالا

ارجاع: مباشری دمنه میثم، دهقان حبیب‌اله، کریمی عظیم، خلیلی گرجی حسین، زین‌الدینی محمد، پوربافرانی علیرضا، شریفیان شاهکوچکی زهرا. **ارزیابی شاخص‌های گرمایی محیطی، فیزیولوژیک و ادراکی در کارگران یک معدن زیرزمینی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۴): ۳۹۸-۳۹۳

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۴

مقدمه

شرایط محیطی گرم و مرطوب در بسیاری از مناطق جهان وجود دارد که این شرایط می‌تواند بر سلامت و راندمان افراد تأثیرگذار باشد (۱). در بعضی از صنایع، استرس گرمایی یک مشکل معمول و همیشگی است و کارگران به طور مداوم با استرس گرمایی مواجه می‌شوند. این شرایط در صنایعی مانند ذوب فلزات، سرامیک‌سازی، صنایع غذایی، نیروگاه برق، صنایع ساختمانی و کشاورزی وجود دارد (۲). استرس گرمایی باعث بروز بیماری‌هایی همچون سنکوپ گرمایی، خستگی گرمایی، کرامپ گرمایی، شوک گرمایی، گیجی، کاهش تمرکز، خستگی و همچنین، تحمیل هزینه‌هایی مانند کاهش تولید، از دست رفتن درامد کارگران و افزایش هزینه‌های اجتماعی می‌شود (۴، ۳). در قرن گذشته تلاش‌های زیادی به منظور ایجاد شاخص‌هایی که بتواند میزان استرس حرارتی را به طور رضایت‌بخشی توصیف کند، انجام شده است. بسیاری از شاخص‌هایی که پیشنهاد شده‌اند، در سه گروه تحلیلی، تجربی و شاخص‌های مستقیم قرار می‌گیرند (۵).

در حال حاضر بیش از ۶۰ شاخص استرس حرارتی وجود دارد که هر کدام مزایا و معایبی دارند. تلاش بر این است تا یک شاخص معتبر و کامل جهت ارزیابی استرس حرارتی ابداع شود که بتواند شرایط محیطی را از لحاظ استرس حرارتی توصیف نماید (۶). میزان تنش حرارتی انسان را می‌توان با اندازه‌گیری دمای عمقی بدن مورد ارزیابی قرار داد. دمای دهانی، دمای پرده صماخ گوش، دمای مقعدی و دمای ادرار، از جمله دماهای بدن می‌باشد که می‌توان به عنوان دمای عمقی به آن‌ها استناد کرد (۸، ۷). به طور کلی، شاخص‌های استرس حرارتی را می‌توان به دو دسته «شاخص‌های تحلیلی و شاخص‌های تجربی» تقسیم نمود. شاخص‌های تحلیلی بر اساس اصول تبادلات حرارتی عمل می‌کنند و شاخص‌های تجربی بر اساس پاسخ انسان به عوامل مختلف محیطی پایه‌ریزی می‌گردد (۹). با توجه به این که شاخص‌های محیطی مانند دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و سرعت جریان هوا همراه با فعالیت فرد و نوع لباس وی در ایجاد تنش و مقدار آن مؤثر می‌باشد، سعی گردیده است شرایط حاکم خلاصه و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- کارشناس، گروه بهداشت حرفه‌ای، مرکز بهداشت نائین، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: حسین خلیلی گرجی
Email: hossein_khalili@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778]

به صورت یک عدد ارایه شود که این عدد همان شاخص حرارتی است. هدف از ارایه یک شاخص، خلاصه کردن ارتباطات داخلی میان شاخص‌های محیطی، لباس و فعالیت در قالب یک عدد می‌باشد (۱۰).

شاخص‌های زیادی جهت اندازه‌گیری میزان استرس گرمایی اعمال شده بر روی فرد تدوین شده است (۱۱) که از میان آن‌ها، شاخص دمای تر گوی‌سان (Wet bulb globe temperature یا WBGT) در ارزیابی محیط‌های گرم بیشترین استفاده را دارد (۱۰). این شاخص بر پایه اندازه‌گیری سه شاخص دمای تر طبیعی (Natural wet temperature یا NWB)، دمای هوا (t_a) و دمای گوی‌سان (t_g) می‌باشد. شاخص WBGT، روش رایجی برای ارزیابی استرس حرارتی در محیط کار محسوب می‌شود (۱۲). با وجود استفاده گسترده از شاخص WBGT، این شاخص محدودیت‌هایی را به همراه دارد. اصلی‌ترین محدودیت آن، این است که هنگامی که در اثر افزایش رطوبت یا کاهش جریان هوا میزان تبخیر عرق محدود می‌شود، شاخص WBGT نمی‌تواند این استرین اضافه شده در اثر محدود شدن تبخیر را به درستی منعکس نماید. از طرف دیگر، تفسیر مقادیر شاخص WBGT، به تعیین شاخص‌های شدت فعالیت و نوع لباس کار نیاز دارد که برآورد این عوامل با کاربرد روش‌های رایج (مانند مشاهده یا استفاده از جدول) خطای قابل توجهی دارد (۴).

در روش غربالگری و ارزیابی تنش گرمایی جهت تعیین حاشیه ایمن، روش مورد استفاده باید دارای حساسیت بالایی باشد که شاخص WBGT فاقد این ویژگی است (۱۲). همچنین، دستگاهی که این شاخص را اندازه‌گیری می‌کند، در ایران به نسبت گران‌قیمت می‌باشد و برای استفاده در صنایع کوچک صرفه اقتصادی ندارد و زمان پاسخگویی دستگاه به گرمای تابشی محیط نیز طولانی است. در نتیجه، Budd بیان کرد که شاخص WBGT برای ارزیابی استرس حرارتی محیط نمی‌تواند شاخص مناسبی باشد (۴). پاسخ بدن به استرس گرمایی به عنوان استرین شناخته می‌شود که به وسیله شاخص‌های فیزیولوژیک و سایکولوژیک اندازه‌گیری می‌شود. بزرگی این پاسخ‌ها به میزان مواجهه بدن با استرس گرمایی بستگی دارد (۱۳). استرین‌های فیزیولوژیک مربوط به استرس گرمایی شامل دمای عمقی، دمای پوست و ضربان قلب است (۱۴). استرین‌های فیزیولوژیک یکی دیگر از روش‌های ارزیابی تنش گرمایی در محیط کار می‌باشد. یکی از شاخص‌هایی که امروزه جهت ارزیابی استرین فیزیولوژیک استفاده می‌شود، شاخص استرین فیزیولوژیکی (Physiological strain index یا PSI) است. این شاخص مقدار استرین فیزیولوژیک را بر اساس ضربان قلب و دمای عمقی اندازه‌گیری می‌کند و یک مقیاس ۱۰ نمره‌ای دارد که اعداد صفر و ۱۰ به ترتیب نشانه عدم وجود استرین و بالاترین مقدار استرین می‌باشد (۱۵) و با توجه به این که اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای عمقی در محیط کار دشوار و زمان‌بر می‌باشد، استفاده از شاخص PSI به صورت روتین نیز عملی نیست.

علاوه بر روش‌های مذکور (WBGT و PSI)، روش دیگری که در سال‌های اخیر استفاده شده است، تکنیک‌های مشاهده‌ای- ادراکی می‌باشد. روش‌های مشاهده‌ای- قضاوتی به دلیل کارایی خوب، صرفه‌جویی در وقت و هزینه، مطلوب بودن نزد استفاده کنندگان، ساده بودن، پاسخدهی سریع و قابلیت کاربرد در محیط کار بدون تداخل با نیروی کار استفاده گسترده‌ای یافته است. یکی از شاخص‌هایی که به تازگی بر اساس تکنیک مشاهده‌ای- ادراکی تدوین شده است، شاخص نمره استرین گرمایی (Heat strain score index یا HSSI) می‌باشد (۱۶، ۱۲). این شاخص در قالب یک پرسش‌نامه (که عوامل متعدد مربوط به ایجاد استرس و استرین گرمایی در آن گنجانده شده است) تنظیم شده است که تعدادی از سؤالات آن بر پایه مشاهده و تعدادی نیز بر پایه ادراک و قضاوت فرد می‌باشد و عدد حاصل از آن تحت عنوان شاخص HSSI نام‌گذاری شده است و سه سطح خطر شامل فاقد استرین، احتمال استرین و استرین قطعی دارد (۱۲). در هر حال، ارزیابی استرس حرارتی و تفسیر استرس بر حسب تنش‌های روانی و فیزیولوژیکی پیچیده است. بنابراین، جهت توصیف مناسب شرایط محیطی از لحاظ استرس گرمایی، باید میزان اعتبار شاخص‌های استرس حرارتی مورد استفاده را مورد سنجش قرار داد (۱). بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی شاخص‌های گرمایی محیطی، فیزیولوژیک و ادراکی (HSSI، PSI و WBGT) در یک معدن زیرزمینی بود.

روش‌ها

این مطالعه از نوع تحلیلی بود که به صورت مقطعی انجام شد. ۶۴ مرد سالم که در یک معدن زیرزمینی مشغول فعالیت بودند، در تحقیق شرکت نمودند. پس از تأیید افراد بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، هدف پژوهش و روش کار به طور کامل برای آنان توضیح داده شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل عدم سابقه بیماری‌های قلبی- عروقی، بیماری‌های تیروئید، فشار خون، دیابت، بیماری‌های تب‌دار و عفونی، عدم سابقه پرکاری تیروئید، عدم مصرف داروهای آنتی‌دیورتیک و داروهای مؤثر بر ضربان قلب بود. با توجه به تعداد معدن‌کاران این معدن، کلیه افرادی که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، به عنوان نمونه انتخاب شدند. پس از طی شدن مراحل تأیید فرد، ابتدا دستگاه ضربان‌سنج قلب (مدل POLAR RS 100، فنلاند) که در پژوهش‌های مختلف نیز از آن استفاده شده بود (۱۸، ۱۷)، بر روی سینه و مچ دست فرد بسته شد و پس از ۵ دقیقه استراحت، ضربان قلب و دمای عمقی به ترتیب با استفاده از ضربان‌سنج قلب و دماسنج دهانی (مدل TB 100، چین) ثبت گردید. پس از پایان استراحت، فرد به فعالیت کاری روزانه خود می‌پرداخت و در طی انجام فعالیت، محیط و فرد به مدت یک ساعت مورد پایش قرار گرفت. پایش محیطی با استفاده از دستگاه WBGT (شرکت Casella، آمریکا) انجام شد؛ به این صورت که عدد مربوط به شاخص WBGT به فاصله هر ۲۰ دقیقه یک بار ثبت گردید. هم‌زمان با اندازه‌گیری محیطی، در اندازه‌گیری فردی نیز هر ۳۰ دقیقه یک بار ضربان قلب و دمای عمقی فرد ثبت شد. همچنین، هم‌زمان با اندازه‌گیری‌های محیطی و فیزیولوژیک، پرسش‌نامه HSSI نیز به فاصله هر ۳۰ دقیقه یک بار تکمیل گردید. در مجموع، در طول یک ساعت پایش، دو بار اعداد مربوط به HSSI و PSI و سه بار اعداد مربوط به WBGT ثبت شد. محاسبه شاخص PSI حاصل متغیرهای ضربان قلب و دمای عمقی می‌باشد که با استفاده از رابطه ۱ به دست می‌آید که در آن T_{ret} و HR_t به ترتیب دمای عمقی و ضربان قلب در حین فعالیت و T_{ret} و HR_0 به ترتیب دمای عمقی و ضربان قلب در حالت استراحت می‌باشد (۱۵).

رابطه ۱

$$PSI = ۵ (T_{ret}-T_{re0})/(۳۹/۵-T_{re0}) + ۵ (HR_t-HR_0)/(۱۸۰-HR_0)$$

پرسش‌نامه شاخص HSSI مورد استفاده که روایی وپایایی آن در مطالعه دهقان شهرضا و همکاران مورد بررسی قرار گرفت (۱۲)، از ۱۷ سؤال تشکیل

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778]

جدول ۱. میانگین شاخص‌های Wet bulb globe temperature (WBGT)، Heat strain score index (HSSI)، Physiological strain index (PSI)، دمای عمقی و ضربان قلب افراد در دو حالت استراحت و فعالیت

شاخص	HSSI	PSI	WBGT	ضربان قلب		دمای عمقی	
				استراحت	فعالیت	استراحت	فعالیت
میانگین ± انحراف معیار	۱۳/۵۵ ± ۳/۸۴	۲/۱۱ ± ۰/۵۵	۲۲/۰۸ ± ۱/۴۱	۷۶/۹۳ ± ۷/۰۸	۱۰۰/۷۵ ± ۷/۵۷	۳۶/۲۵ ± ۰/۱۶	۳۶/۸۸ ± ۰/۲۶
بیشینه	۲۱/۵۹	۳/۵۵	۲۴/۷۰	۹۹	۱۲۲	۳۶/۹۰	۳۷/۵۰
کمینه	۶/۵۵	۰/۹۶	۲۰/۲۰	۶۹	۹۰	۳۶/۵۰	۳۶/۶۰

PSI: Physiological strain index; HSSI: Heat strain score index; WBGT: Wet bulb globe temperature

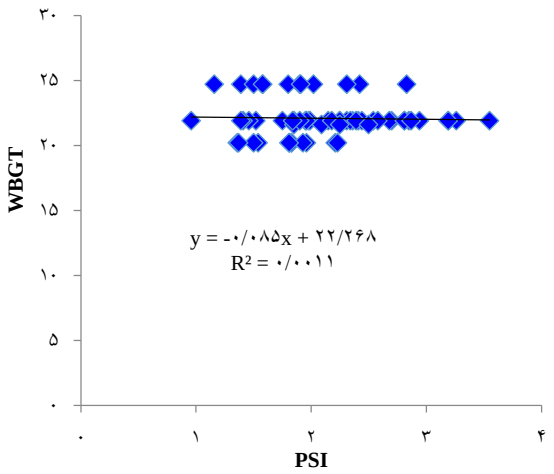
شده است که در آن متغیرهایی شامل دمای هوا، رطوبت هوا، حرکت هوا، شدت تعریق، شدت تشنگی، شدت خستگی، شدت ناراحتی، علایم بالینی، دمای سطوح، وضعیت تهویه، نوع لباس کار، رنگ لباس کار، جنس لباس کار، نوع وسایل حفاظتی، بار کاری، وضعیت بدنی، ابعاد فضای کار و محل انجام وظایف مورد بررسی قرار می‌گیرد و نمره به دست آمده تحت عنوان شاخص HSSI نام‌گذاری می‌گردد. این شاخص سه سطح خطر دارد که عبارت است از سطح ۱: اگر مقدار شاخص کمتر از ۱۳/۵ باشد، فرد فاقد استرین است. سطح ۲: اگر مقدار شاخص بین ۱۸-۱۳/۶ باشد، فرد شاید دارای استرین است که در این سطح آنالیز بیشتری جهت تعیین وجود یا عدم وجود استرین نیاز است و سطح ۳: در صورتی که مقدار شاخص بیشتر از ۱۸ باشد، فرد به طور قطع دارای استرین است. در نهایت، جهت تعیین ارتباط شاخص‌های PSI، WBGT و HSSI از آزمون همبستگی Pearson و آنالیز رگرسیون و برای مقایسه میانگین شاخص‌های PSI، WBGT و دمای عمقی بدن در سطوح مختلف خطر شاخص HSSI نیز از آزمون ANOVA یک‌طرفه استفاده شد. داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ (version 20, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

مطالعه حاضر بر روی ۶۴ کارگر مرد (با میانگین سنی ۷/۴۲ ± ۳۰/۰۰ سال) در یکی از معادن سرب و روی اصفهان انجام شد. میانگین شاخص‌های WBGT، HSSI و PSI نشان داد که محیط این معدن زیرزمینی فاقد استرس حرارتی برای افراد بود. مقادیر میانگین شاخص‌های WBGT، HSSI و PSI به همراه دمای عمقی و ضربان قلب افراد در جدول ۱ ارایه شده است.

بر اساس نتایج آزمون ANOVA یک‌طرفه، اختلاف معنی‌داری بین میانگین شاخص PSI و دمای دهانی در سطوح خطر شاخص HSSI وجود داشت. مقادیر میانگین شاخص‌های PSI، WBGT و دمای دهانی برای هر سه سطح خطر شاخص HSSI در جدول ۲ آمده است.

نتایج آزمون همبستگی Pearson نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین شاخص‌های WBGT و PSI وجود نداشت (P = ۰/۷۹۱). همچنین، بین شاخص‌های HSSI و PSI (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۸۵۹)، شاخص HSSI با دمای دهانی (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۷۹۵) و شاخص HSSI با ضربان قلب (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۴۳۸) رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری مشاهده شد. شکل‌های ۴-۱ پراکنش و خط رگرسیون دمای عمقی، ضربان قلب و شاخص‌های HSSI و WBGT بر حسب PSI را نشان می‌دهد.



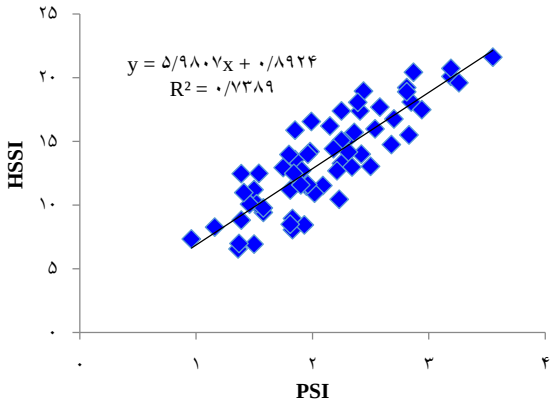
شکل ۱. همبستگی Wet bulb globe temperature (WBGT) با Physiological strain index (PSI)

جدول ۲. میانگین شاخص‌های Physiological strain index (PSI)، Wet bulb globe temperature (WBGT) و دمای دهانی برای هر سه سطح خطر شاخص Heat strain score index (HSSI)

سطوح خطر HSSI	شاخص PSI		شاخص WBGT		دمای دهانی	
	P	میانگین ± انحراف معیار	P	میانگین ± انحراف معیار	P	میانگین ± انحراف معیار
سطح ۱ (فاقد استرین)	< ۰/۰۰۱	۱/۷۵ ± ۰/۳۵	۰/۴۱۲	۲۱/۹۹ ± ۱/۷۱	< ۰/۰۰۱	۳۶/۷۰ ± ۰/۱۶
سطح ۲ (احتمال استرین)	< ۰/۰۰۱	۲/۳۰ ± ۰/۳۲	۰/۴۱۲	۲۲/۳۲ ± ۱/۲۳	۰/۰۰۲	۳۶/۹۹ ± ۰/۱۸
سطح ۳ (استرین قطعی)	< ۰/۰۰۱	۲/۹۳ ± ۰/۵۵	۰/۸۵۶	۲۱/۹۰ ± ۰	۰/۰۰۲	۳۷/۲۱ ± ۰/۲۰

HSSI: Heat strain score index; PSI: Physiological strain index; WBGT: Wet bulb globe temperature

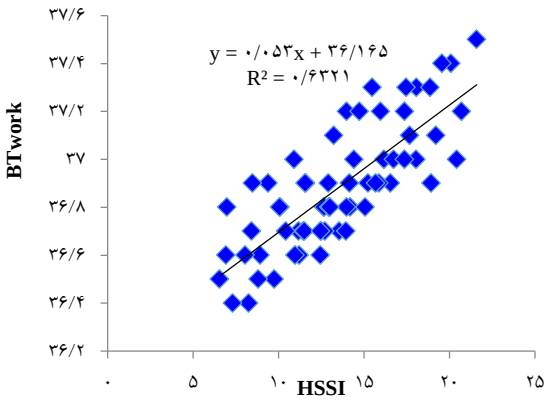
www.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778]



شکل ۲. همبستگی Heat strain score index (HSSI) با Physiological strain index (PSI)

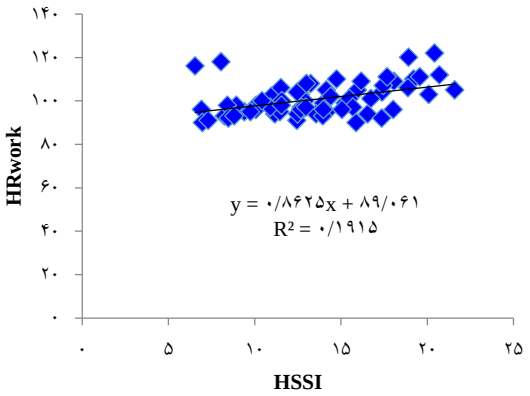
بحث

در محیط مطالعه با توجه به ایجاد جریان هوا بـه صـورت مصـنوعی بـه منظـور تنفس راحت‌تـر کارکنـان، افـزایش ایمنـی افـراد و عمـق معـدن (۲۴۰ متـری)، میانگین شاخص‌های WBGT، PSI و HSSI حـاکی از عـدم وجـود اسـترس حرارتی در این محیط برای کارکنان بود. در صورت نبود جریان هـوا بـه صـورت مصنوعی، امکـان تغییـر نتـایج بـه دسـت آمـده وجـود داشـت. نتـایج پـژوهش Malchaire و همکاران نشان داد هنگامی که رطوبت هـوا کـاهش یابـد و یـا جریان هوا محدود گردد، میزان تبخیر عرق محدود می‌شود کـه در ایـن شـرایط محیطی، شاخص WBGT نمی‌تواند میزان استرین افزوده شده بر فرد به دلیـل کاهش تبخیر عرق را برآورد نماید و به همین دلیل این شاخص روش غربالگری مطلوبی برای چنین محیط‌هایی نمی‌باشد (۱۶).



شکل ۳. همبستگی دمای عمقی با Heat strain score index (HSSI)

در تحقیق حاضر، ارتباط معنـی‌داری بـین شـاخص‌هـای WBGT و PSI مشاهده نشد (P = ۰/۷۹۱) این نتیجه بـا یافتـه‌هـای مطالعـات Malchaire و همکـاران (۱۶) و دهقـان و همکـاران (۱۹) مطابقـت نداشـت. از دلایـل عـدم همخوانی می‌توان به متفاوت بودن محیط پژوهش اشاره کرد.



شکل ۴. همبستگی ضربان قلب با Heat strain score index (HSSI)

همچنین، شاخص WBGT تفاوت‌های فردی را در نظر نمی‌گیـرد و بـرای افراد با خصوصیات فردی متفاوت که در یک محیط با شرایط محیطـی یکسـانی مشغول فعالیت هستند، سطح مشابهی از نظر استرس گرمایی را نشان مـی‌دهـد. شاخص HSSI که به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه معرفی شده است، ارتبـاط معنی‌داری را با شاخص PSI، دمای عمقی و ضربان قلب نشـان داد (P < ۰/۰۰۱). جدول ۲ که در آن مقادیر میـانگین PSI و دمـای دهـانی در سـه سـطح خطـر HSSI آمده است، نشان می‌دهد که روند تغییرات مقادیر PSI و دمای دهانی به صورت افزایشی می‌باشد که این افزایش نیز افزایش معنی‌داری است. بـه عنـوان مثال، افرادی که در ارزیابی شاخص HSSI در سطح خطر ۳ قرار گرفتنـد، دارای بیشترین مقدار PSI و دمای دهانی می‌باشند و افرادی که در سطح خطر ۱ قـرار گرفتند نیز کمترین مقدار PSI و دمای دهانی را داشتند و این امر مؤید آن است که شاخص HSSI در دسته‌بندی افراد در سطوح مختلف استرین نیز موفق بوده است که این یافته با نتایج پژوهش دهقان و همکاران (۱۹) همخوانی داشت.

همـان‌گونـه کـه خـط رگرسـیونی شـکل ۴ نشـان مـی‌دهـد، رابطـه بـین شاخص‌های HSSI و PSI به صورت خطی و مستقیم می‌باشد و با توجه به این که مقدار ضریب همبستگی بین این دو شاخص بیشتر از ۰/۵ بـود (r = ۰/۸۵۹)، بیانگر همبستگی بـالای شـاخص HSSI بـا شـاخص PSI مـی‌باشـد. تحقیـق Baker و همکاران به بررسی ارتباط شاخص PSI با تلاش ادراکـی پرداخـت و به این نتیجه دسـت یافـت کـه ایـن شـاخص در یـک فعالیـت طـولانی مـدت (۶۰ دقیقه)، همبستگی بالایی با تلاش ادراکی دارد (۲۰) و با نتایج مطالعه حاضر همسـو بـود. Hostler و همکـاران در پـژوهش دیگـری بـه بررسـی تـأثیر هایپرهیدراسیون بر روی استرین‌های فیزیولوژیکی و ادراکی پرداختند و دریافتنـد که هر دو شاخص بین شرایط هیدراته و غیـر هیدراتـه نتـایج مشـابهی را نشـان می‌دهد و بیـانگر آن اسـت کـه بـین شـاخص اسـترین ادراکـی و فیزیولـوژیکی همبستگی وجود دارد. همچنین، بین شـاخص اسـترین ادراکـی و دمـای عمقـی همبستگی بالایی مشاهده شد (۲۱) که در مطالعه حاضر نیز بین دمای عمقـی و شـاخص HSSI همبسـتگی بـالای ۰/۵ بـه دسـت آمـد. همچنـین، Gagge و همکاران بـه بـرآورد حسـی راحتـی و احسـاس گرمـایی و ارتبـاط آن بـا پاسـخ فیزیولوژیک پرداختند. در تحقیق آنان افراد در محیط‌های گـرم و سـرد مشـغول یک فعالیت غیر منفعل بودند. نتایج نشان داد که در مواجهه مداوم با محیطهـای سرد و گرم، راحتی گرمایی و احساس دمایی خنثی در محدوده‌های دمـایی قـرار

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778]

دارد که از نظر فیزیولوژیک نیز خنثی می‌باشد. همچنین، ناراحتی با کاهش دمای پوست در محیط سرد و افزایش شدت تعریق در محیط گرم همبستگی خوبی را نشان داد (۲۲). در مطالعه مشابهی، Wong و Li به بررسی ارتباط بین پاسخ‌های فیزیولوژیک و ادراکی ناشی از گرما پرداختند و به این نتیجه رسیدند که هر دو پاسخ به طور معنی‌داری تحت تأثیر گرما قرار دارد و همبستگی بالایی بین رطوبت اندازه‌گیری شده پوست و احساس فرد از رطوبت مشاهده شد و مقایسه الگوی ادراکی و فیزیولوژیکی نشان داد که الگوی ادراکی تصویر واضح‌تری از گرمای ذهنی و درک رطوبت ارایه می‌دهد (۲۳).

نتیجه‌گیری

در معادن زیرزمینی بر اساس شاخص‌های محیطی، تنش حرارتی وجود ندارد، اما به واسطه پوشش و فعالیت زیاد افراد، ناراحتی ناشی از گرما افزایش می‌یابد که شاخص‌های محیطی قادر به ثبت آن نیست. در مطالعه حاضر، شاخص HSSI همبستگی بالایی با شاخص PSI نشان داد که می‌توان با توجه به مشکلات استفاده از شاخص PSI، از شاخص HSSI جهت غربالگری اولیه در محیط‌های بسته نیز استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب به شماره۲۹۲۱۲۰، مصوب معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از تمامی کارگرانی که فعالانه در انجام این طرح مشارکت نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

References

1. Moran DS, Epstein Y. Evaluation of the environmental stress index (ESI) for hot/dry and hot/wet climates. Ind Health 2006; 44(3): 399-403.
2. Bernard TE, Cross RR. Heat stress management: Case study in an aluminum smelter. Int J Ind Ergon 1999; 23(5): 609-20.
3. Dehghan H, Mortzavi SB, Jafari MJ, Maracy MR. Development and Validation of a Questionnaire for Preliminary Assessment of Heat Stress at Workplace. J Res Health Sci 2015; 15(3): 175-181.
4. Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)-its history and its limitations. J Sci Med Sport 2008; 11(1): 20-32.
5. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
6. Brake R, Bates G. A valid method for comparing rational and empirical heat stress indices. Ann Occup Hyg 2002; 46(2): 165-74.
7. Jay O, Kenny GP. Heat exposure in the Canadian workplace. Am J Ind Med 2010; 53(8): 842-53.
8. Gagge AP, Nishi Y. Heat exchange between human skin surface and thermal environment. In: Gagge AP, Nishi Y, Editors. Comprehensive Physiology. Bethesda, MD: American Physiological Society; 2011.
9. Gagge AP, Fobelets AP, Berglund LG. A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Trans 1986; 92: 2B.
10. Golbabaei F, Omidvari M. Human and thermal stress at work. Tehran, Iran: Tehran University Press; 2002. [In Persian].
11. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Ind Health 2006; 44(3): 368-79.
12. Dehghan Shahreza H, Mortazavi S, Jafari M, Meraci M, Khavanin A, Jahangiri M. Structural equation modeling application to determine validity of the structure of a thermal strain screening method. J Health Syst Res 2010; 6(4): 601-12. [In Persian].
13. Misaqi FL. Heat Stress in Hot U.S. Mines and criteria for standards for mining in hot environments. Washington, DC: U.S. Department of the Interior, Mining Enforcement and Safety Administration; 1976.
14. Luecke CL. Gender differences during heat strain at ctitical WBGT. Tampa, FL: University of South Florida; 2006.
15. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. Am J Physiol 1998; 275(1 Pt 2): R129-R134.
16. Malchaire J, Gebhardt HJ, Piette A. Strategy for evaluation and prevention of risk due to work in thermal environments. Ann Occup Hyg 1999; 43(5): 367-76.
17. Li Y, Tokura H, Guo YP, Wong AS, Wong T, Chung J, et al. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. Int Arch Occup Environ Health 2005; 78(6): 501-9.
18. Laird IS, Goldsmith R, Pack RJ, Vitalis A. The effect on heart rate and facial skin temperature of wearing respiratory protection at work. Ann Occup Hyg 2002; 46(2): 143-8.
19. Dehghan H, Habibi E, Khodarahmi B, Hosseinali Yousefi HA, Hasanzadeh A. The relationship between observational - perceptual heat strain evaluation method and environmental / physiological indices in warm workplace. Pak J Med Sci 2013; 29(1 Suppl): 358-62.
20. Baker SJ, Grice J, Roby L, Matthews C. Cardiorespiratory and thermoregulatory response of working in fire-fighter protective clothing in a temperate environment. Ergonomics 2000; 43(9): 1350-8.
21. Hostler D, Gallagher M Jr, Goss FL, Seitz JR, Reis SE, Robertson RJ, et al. The effect of hyperhydration on physiological and perceived strain during treadmill exercise in personal protective equipment. Eur J Appl Physiol 2009; 105(4): 607-13.
22. Gagge AP, Stolwijk JAJ, Hardy JD. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environ Res 1967; 1(1): 1-20.
23. Wong ASW, Li Y. Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear. J Therm Biol 2004; 29(7): 791-6.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778]

DOI: *10.22122/jhsr.v13i4.2778* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research Received: 18.02.2016

Vol. 13, No. 4, Winter 2018 Accepted: 23.01.2017

Evaluation of Environmental, Physiological, and Perceptual Heat Indices among Underground Mine Workers

Meysam Mobasheri-Demneh[1], Habibollah Dehghan[2], Azim Karimi[1], Hossein Khalili-Gorji[1], Mohammad Zeinoddini[3], Ali Reza Pourbaferani[4], Zahra Sharifian-Shahkouchaki[1]

Original Article

Abstract

Background: Heat exposure is known as a harmful agent in work places. This agent causes physiologic changes in workers. The aim of this study was to assess environmental, physiological, and perceptual heat indices among underground mine workers.

Methods: This cross-sectional study was performed on 64 healthy men in summer. Physiological Strain Index (PSI) and Wet Bulb Glob Temperature (WBGT) were measured. Heat Strain Score Index (HSSI) questionnaire was completed by workers. The data were analyzed using SPSS software.

Findings: The means of PSI, WBGT, and HSSI indices showed that there was a little heat strain among the workers. One-way ANOVA test showed that the mean of PSI had significant difference in the HSSI levels. Pearson test showed that there was no significant correlation between WBGT and PSI ($P = 0.791$); but correlation was meaningful between HSSI and PSI ($P < 0.001$, $r = 0.859$).

Conclusion: The results showed that HSSI can be used as a screening tool for heat strain assessment among underground mines workers.

Keywords: Heat stress disorders, Physiological stress, Hot temperature

Citation: Mobasheri-Demneh M, Dehghan H, Karimi A, Khalili-Gorji H, Zeinoddini M, Pourbaferani AR, et al. **Evaluation of Environmental, Physiological, and Perceptual Heat Indices among Underground Mine Workers.** J Health Syst Res 2018; 13(4): 393-8.

1- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Department of Occupational Health, Nain Health Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Hossein Khalili Gorji, Email: hossein_khalili@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.2778]