مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دوره ۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۸ تا ۱۵

مقاله پژوهشی

بررسی ارتباط تنش گرمایی و پاسخ فیزیولوژیک ناشی از آن به منظور تعیین شاخص بهینه واتنش گرمایی

سید امیررضا نگهبان[۱]، محسن علی آبادی[۲]، یوسف بابایی مسدرقی[۱]، مریم فرهادیان[۳]، مهدی جلالی[۴*]، بهزاد کلانتری[۵]، مهدی ملاکاظمی‌ها[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۱/۱

چکیده

زمینه وهدف: مواجهه با دماهای بالا در میان کارگران شاغل در محیط‌های گرم شایع بوده و می‌تواند باعث ایجاد اثرات نامطلوب متعددی شود. این مطالعه باهدف بررسی ارتباط تنش گرمایی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی ناشی از آن به‌منظور تعیین شاخص بهینه اندازه‌گیری مستقیم واتنش فیزیولوژیکی در کارگران شاغل در محیط‌های کاری گرم انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی ۴۰ نفر از کارگران شاغل در فرآیند ذوب فلزات و ریخته‌گری مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابی تنش گرمایی بر مبنای شاخص دمای تر گویسان WBGT و اندازه‌گیری واتنش فیزیولوژیکی وارده بر بدن بر مبنای دمای زیرزبانی، دمای تمپان، دمای ادرار، ضربان قلب و بازیابی ضربان قلب انجام شد. تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 صورت گرفت.

یافته‌ها: میزان تنش گرمایی شاغلین موردبررسی بر مبنای شاخص WBGT، در ۸۰ درصد موارد از حد مجاز توصیه‌شده کشوری و بین‌المللی بالاتر تعیین شد. نتایج نشان داد بین واتنش‌های گرمایی شامل دمای تمپان، دمای زیرزبانی، دمای ادرار، تعداد ضربان قلب و میزان بازیابی ضربان قلب و تنش حرارتی محیط، همبستگی وجود دارد. این میزان برای دمای تمپان با تنش حرارتی (R^2=۰/۷۸ ، Pvalue <۰/۰۱) در بالاترین مقدار قرار دارد.

نتیجه‌گیری: از بین شاخص‌های واتنش موردبررسی، دمای تمپان ارتباط قوی‌تری را با شاخص WBGT نشان داد. بر این اساس به علت سهولت اندازه‌گیری، ماهیت غیرتهاجمی، قابل‌قبول بودن توسط کارگران، اندازه‌گیری سریع و عدم تداخل در فرآیند کاری، دمای تمپان می‌تواند به‌عنوان یک شاخص کاربردی‌تر نسبت به دیگر شاخص‌ها برای اندازه‌گیری واتنش فیزیولوژیکی در محیط‌های کاری گرم مورداستفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: تنش گرمایی، واتنش گرمایی، محیط‌های کاری گرم، دمای تمپان

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان، ایران.

۲. استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۳. دانشجوی دکتری آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان، ایران.

۴*. (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان، ایران. پست الکترونیک: m.jalali@umsha.ac.ir

۵. مرکز بهداشت شمیرانات، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

مقدمه

تنش گرمایی یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در بسیاری از محیط‌های کاری در صنایع مختلف می‌باشد[۴-۱]. مواجهه با دماهای بالا در میان کارگران شاغل در محیط‌های گرم شایع بوده و می‌تواند باعث ایجاد اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی متعددی شود. بدن انسان به‌عنوان موجود خون گرم در محدوده کوچکی از دمای عمقی بدن می‌تواند عملکرد طبیعی خود را انجام دهد که این محدوده از ۳۷°C تا ۳۶/۷ می‌باشد[۵]. در محیط‌های با تنش گرمایی بالا، اثر گرمای محیطی و گرمای متابولیکی ایجاد شده درنتیجه فعالیت فرد با یکدیگر ترکیب شده و باعث ذخیره گرما در بدن می‌شود. متعاقب آن دمای عمقی بدن از حد طبیعی خود فراتر رفته و می‌تواند ایجاد اثرات فیزیولوژیکی و درنتیجه ایجاد استرین‌های گرمایی نماید[۶]. کنفرانس دولتی مهندسین صنعتی آمریکا (ACGIH) American Conference of Governmental Industrial Hygienists تنش گرمایی را بار گرمایی ویژه‌ای که کارگر ممکن است با آن مواجهه پیدا نماید تعریف نموده است. همچنین واتنش گرمایی را به‌عنوان پاسخ فیزیولوژیکی بدن درنتیجه تنش گرمایی تعریف می‌نماید [۷]. شرایط کاری در مواجهه با تنش گرمایی می‌تواند باعث اثرات متعددی در بدن گردد. ازجمله این اثرات می‌توان به شوک گرمایی، خستگی گرمایی، سنکوپ گرمایی، کرامپ گرمایی و راش گرمایی اشاره کرد. شوک گرمایی، خطرناک‌ترین بیماری ایجادشده توسط گرما بوده و در موارد شدید ممکن است منجر به مرگ شود[۸ ،۶]. همچنین گرما در محیط کار می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر متابولیسم فرد یا دمای بدن، ضربان قلب و فشارخون اثر گذاشته و باعث اختلال و بیماری و بالا رفتن میزان خطای کاری و درنهایت بروز حوادث شود[۹].

برای جلوگیری از ایجاد این مشکلات و کنترل تنش گرمایی محیط کار، شاخص‌های متعددی برای ارزیابی محیط‌های گرم ارائه شده‌است که ازجمله آن‌ها می‌توان به شاخص‌های دمای ترگویسان (WBGT) Wet Bulb Globe Temperature ، شاخص میزان عرق ۴ ساعته (P4SR) Predicted Four-Hour Sweat Rate، شاخص دمای مؤثر (ET) Effective Temperature ، شاخص آکسفورد (WD) Wet- Dry Index و شاخص حد گرمایی کار (TWL) Thermal work limit اشاره کرد [۱۰ ،۱]. در میان روش‌های موجود شاخص WBGT شاخصی است که در آئین‌نامه‌های ایمنی و بهداشت شغلی دارای برتری خاصی نسبت به دیگر روش‌های ارزیابی تنش گرمایی می‌باشد. این شاخص همچنین ارتباط خوبی را با پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن در دماهای بالا نشان داده است [۹،۱۰]. سازمان جهانی استاندارد International Organization for Standardization(ISO) نیز این شاخص را به‌عنوان شاخص ارزیابی تنش گرمایی محیط معرفی کرده و مطابق با استاندارد شماره ۷۲۴۳ ISO ارائه نموده است [۱۰].

روش‌های مستقیم ارزیابی میزان مواجهه فرد با گرما، بر مبنای اندازه‌گیری استرین گرمایی است. با توجه به تحقیقات انجام‌گرفته، اندازه‌گیری دمای رکتال به دلیل ارتباط قوی با دمای هیپوتالاموس، به‌عنوان بهترین شاخص برای اندازه‌گیری مستقیم واتنش گرمایی واردشده بر بدن اعلام شده‌است؛ اما اندازه‌گیری این شاخص دارای محدودیت‌هایی بوده و برای محیط‌های کاری نامناسب می‌باشد. درنتیجه شاخص‌های دیگری را جانشین آن نموده‌اند که می‌توان از بین این شاخص‌ها به اندازه‌گیری دمای زیرزبانی، تعداد ضربان قلب، دمای تمپان، میزان بازیابی ضربان قلب و اندازه‌گیری وزن بدن اشاره کرد که هرکدام از این روش‌ها نیز به‌نوبه خود دارای محدودیت‌هایی هستند [۱۵-۱۱].

درزمینهٔ انتخاب بهترین روش اندازه‌گیری واتنش گرمایی در محیط‌های شغلی مطالعات اندکی انجام پذیرفته و بیشتر مطالعات با اهداف کلینیکی جهت تشخیص تب در بیماران و اندازه‌گیری واتنش گرمایی ورزشکاران در طی فعالیت انجام شده‌است. از مهم‌ترین مطالعات مرتبط با تعیین شاخص بهینه اندازه‌گیری واتنش گرمایی در محیط‌های شغلی می‌توان به مطالعه‌ای که وان در سال ۲۰۰۶ انجام داد اشاره نمود. در این مطالعه شاخص‌های متعددی از قبیل دمای رکتال، دمای زیرزبانی، دمای تمپان، دمای دیسک، شاخص واتنش فیزیولوژیکی، ضربان قلب و بازیابی ضربان قلب در دو نوع مختلف لباس مورد مطالعه قرار گرفت. درنهایت این گونه نتیجه‌گیری شد که در بین این شاخص‌ها دمای تمپان می‌تواند به‌عنوان بهترین شاخص ارزیابی واتنش گرمایی در محیط کار مورداستفاده قرار گیرد. مبنای مقایسه انتخاب بهترین روش در این مطالعه مقایسه آن با مقادیر به‌دست‌آمده برای دمای رکتال با توجه به سطح زیر منحنی (ROC) Receiver Operating Characteristic بود [۹].

با توجه به موارد ذکرشده، ارزیابی تنش‌ها و واتنش‌های گرمایی محیط کار در راستای ارائه تدابیر لازم در جهت کاهش مواجهه

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

شغلی کارگران با گرما، امری بدیهی بوده و با توجه به تحقیقات گسترده در این زمینه هنوز ابهاماتی در مورد انتخاب بهترین شاخص‌های اندازه‌گیری واتنش گرمایی برای ارزیابی صحیح‌تر مواجهه شغلی در محیط‌های کاری گرم وجود دارد. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تنش گرمایی بر مبنای شاخص تجربی دمای تر گویسان WBGT و واتنش‌های گرمایی ناشی از آن بر مبنای پارامترهای دمای زیرزبانی، دمای تمپان، دمای ادرار، تعداد ضربان قلب و میزان بازیابی ضربان قلب در کارگران مواجه با گرما و تحلیل ارتباط بین آن‌ها در راستای تعیین شاخص بهینه به‌منظور کاربردهای میدانی بود.

روش بررسی

این مطالعه توصیفی-تحلیلی به‌صورت مقطعی و بر روی کارکنان شاغل در فرآیند ذوب فلزات و ریخته‌گری ۴ کارخانه مستقر در شرق شهر تهران انجام پذیرفت. روش نمونه‌گیری به‌صورت سرشماری و از کلیه شاغلین در مواجهه با گرما در صنایع موردبررسی انجام شد. معیار ورود به مطالعه عبارت بود از سابقه کاری بالاتر از ۳ ماه (جهت در نظر گرفتن معیار سازش یافتگی افراد با گرما)، عدم ابتلا قبلی به بیماری‌های ناشی از گرما، عدم هرگونه سابقه ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری عفونی، پرکاری تیروئید و بیماری‌های کلیوی. درنتیجه از بین ۴۶ نفر از پرسنل حاضر ۴۰ نفر با توجه به دارا بودن معیارهای ورود، در مطالعه شرکت داده شدند. این اطلاعات از طریق پرونده‌های پزشکی افراد موردمطالعه و با استفاده از پرسشنامه تهیه شده تکمیل گردید. مواردی مانند سن، سابقه کار، قد، وزن و نوع لباس (برای تعیین میزان کلوی آن) نیز در پرسشنامه مربوطه وارد و برای هر یک از افراد به‌صورت مصاحبه حضوری ثبت شد. در مرحله بعد ارزیابی تنش گرمایی در ایستگاه‌های کاری برای هر یک از شاغلین به‌صورت جداگانه انجام گرفت. برای این منظور از شاخص دمای ترگویسان WBGT مطابق با استاندارد شماره ۷۲۴۳ ISO استفاده شد[۱۶]. برای اندازه‌گیری این شاخص از دستگاه سنجش WBGT شرکت Casella استفاده شد. با توجه به روش کار ارائه‌شده توسط این استاندارد، اندازه‌گیری‌ها در سه ارتفاع سر (۱/۷ متر)، شکم (۱/۱ متر) و قوزک پا (۰/۱ متر) انجام و با استفاده از رابطه ۱ میانگین آن تعیین گردید. اندازه‌گیری‌ها برای هر یک از افراد در ایستگاه‌های کاری مختلف شیفت کاری انجام پذیرفت و با استفاده از رابطه ۲، میانگین وزنی-زمانی شاخص WBGT برای هر فرد محاسبه شد.

رابطه (۱)

$$WBGT = \frac{(\mathrm{WBGT}_{head}) + (2\mathrm{WBGT}_{abdomn}) + (\mathrm{WBGT}_{foot})}{4}$$

WBGT: شاخص دمای تر گویسان

WBGT_{head}: شاخص دمای تر گویسان در ارتفاع سر

WBGT_{abdomn}: شاخص دمای تر گویسان در ارتفاع شکم

WBGT_{foot}: شاخص دمای تر گویسان در ارتفاع قوزک پا

رابطه (۲)

$$WBGT_TWA = \frac{(WBGT1 \times T1) + (WBGT2 \times T2) + \ldots (WBGTn \times Tn)}{T1 + T2 + \ldots + Tn}$$

WBGT_TWA: میانگین وزنی-زمانی شاخص دمای تر گویسان

$\mathrm{WBGT}_{1,2\ldots n}$: شاخص دمای تر گویسان در ایستگاه‌های کاری مختلف هر فرد در یک شیفت کاری

$\mathrm{T}_{1,2\ldots n}$: مدت‌زمان مواجهه با تنش گرمایی فرد در هر ایستگاه کاری

برای تعیین مقادیر مجاز شاخص WBGT محیط، میانگین وزنی- زمانی متابولیسم (TWA) کاری افراد با استفاده از جداول استاندارد ISO-8996 تعیین شد تا بر اساس آن در مورد میزان تنش حرارتی قضاوت شود [۱۷]. همچنین کلوی لباس با استفاده از جداول ارائه‌شده در استاندارد ISO 9920:2007(E) محاسبه و ثبت شد [۱۸]. مدت‌زمان نوبت‌کاری افراد نیز به‌صورت ۸ ساعته و با الگوی ۷۵٪ کار – ۲۵٪ استراحت در نظر گرفته شد که در تعیین متابولیسم شغلی لحاظ شد. طبقه‌بندی افراد در سطوح مجاز و غیرمجاز میزان مواجهه با گرما، بر اساس توصیه سازمان ACGIH در رابطه با مقادیر ارائه‌شده بر مبنای شاخص WBGT انجام پذیرفت [۱۹]. در این راستا حدود مجاز شاخص WBGT با احتساب متابولیسم کاری، سازش یافتگی، میزان کلوی لباس و مدت‌زمان شیفت کار برای هر یک از افراد به‌صورت جداگانه محاسبه و ثبت شد. اندازه‌گیری واتنش‌های گرمایی موردبررسی در این مطالعه شامل اندازه‌گیری دمای زیرزبانی، تعداد ضربان قلب، دمای تمپان، میزان بازیابی ضربان قلب و دمای ادرار نیز بر اساس استاندارد توصیه شده به شماره ISO9886-2003 انجام گرفت[۱۲]. اندازه‌گیری دمای زیرزبانی توسط دماسنج دهانی الکترونیکی مدل Bliss ساخت کشور چین و اندازه‌گیری دمای

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

تمپان توسط دماسنج تمپانیک مادون‌قرمز مدلEmperror ساخت کشور ژاپن انجام پذیرفت. به‌منظور رعایت بهداشت فردی افراد، بعد از هر اندازه‌گیری، این دماسنج‌ها برای استفاده مجدد توسط الکل ضدعفونی شدند. به‌منظور جلوگیری از خطا در اندازه‌گیری دمای زیرزبانی، به افراد آموزش داده شد تا ۳۰ دقیقه قبل از اندازه‌گیری‌ها از خوردن، آشامیدن و کشیدن سیگار اجتناب نمایند. برای جلوگیری از ایجاد خطا در اندازه‌گیری دمای تمپان، قبل از اندازه‌گیری‌ها، داخل گوش افراد توسط سواپ گوش تمیز شد. همچنین برای به حداقل رساندن تأثیر دمای محیطی بر روی دمای اندازه‌گیری شده، سنسور دماسنج تمپانیک با فوم عایق (مشابه ایرپلاگ) کاملاً محصور شد. اندازه‌گیری‌ها برای هرکدام از شاخص‌ها سه بار تکرار و میانگین آن‌ها به‌عنوان عدد اصلی ثبت شد. ضربان قلب و بازیابی ضربان قلب نیز توسط دستگاه ضربان‌سنج مچی Sport Tester انجام پذیرفت. این دستگاه دارای یک سنسور و گیرنده مچی است که به ترتیب بر روی سینه و مچ دست نصب می‌شود. ضربان قلب در زمان پیک کار و با گذشت ۱۵ دقیقه از زمان نصب ضربان سنج بر روی سینه فرد، ثبت شد. اندازه‌گیری بازیابی ضربان قلب به این صورت انجام شد که کارگر پس از پیک کار به یک منطقه بدون تنش گرمایی وارد و پس از گذشت یک دقیقه ضربان قلب او ثبت شد. جهت اندازه‌گیری دمای ادرار نیز از دماسنج الکترونیکی مدل Bliss استفاده گردید. به این صورت که دماسنج الکترونیکی با پاسخ سریع به داخل بطری‌های پلاستیکی مخصوص جمع‌آوری ادرار قرار داده شد و از افراد خواسته شد که نمونه ادرار را در آن قرار دهند. پس از جمع‌آوری نمونه، میزان دمای ادرار تعیین‌شده توسط دماسنج بلافاصله ثبت شد. کلیه اندازه‌گیری‌ها در فصل تابستان و در نامطلوب‌ترین شرایط جوی محیط کار انجام پذیرفت.

در این مطالعه همچنین زمان صرف شده برای اندازه‌گیری هر یک از شاخص‌های واتنش حرارتی به‌منظور شناسایی بهترین شاخص ازلحاظ صرف زمان موردنیاز برای اندازه‌گیری و میزان زمانی که در فرآیند کاری افراد وقفه ایجاد می‌نماید توسط کرنومتری که قابل‌نصب به مچ دست بود ثبت شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری توسط نرم‌افزار SPSS16 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. به‌منظور تعیین همبستگی میان شاخص تنش حرارتی به‌عنوان متغیر مستقل و شاخص‌های واتنش حرارتی به‌عنوان متغیرهای وابسته از آزمون رگرسیون خطی ساده استفاده شد. کلیه تحلیل‌های آماری در سطح معناداری ۹۵ درصد انجام پذیرفت.

یافته‌ها

خصوصیات دموگرافیکی افراد موردمطالعه در جدول ۱ آمده است. میانگین (انحراف معیار) نمایه توده بدنی (به‌عنوان یک عامل مؤثر در دمای عمقی) افراد موردبررسی عبارت بود از (۲/۲) ۲۳/۲. اطلاعات حاصل از پرسشنامه نشان داد که طی ۱۲ ساعت قبل اندازه‌گیری‌ها هیچ‌یک از افراد الکل و مواد مخدر استفاده نکرده بودند.

نتایج مربوط به وضعیت تنش گرمایی محیط کار شاغلین در جدول ۲ ارائه شده‌است. بررسی تنش حرارتی هر یک از شاغلین موردبررسی نشان داد که در ۸۰ درصد افراد مقدار شاخص WBGT_TWA با لحاظ متابولیسم کاری و میزان کلوی لباس، از حد مجاز کشوری و حدود مجاز توصیه‌شده توسط ACGIH برای افراد سازش یافته تجاوز نموده بود.

نتایج ثبت‌شده از پارامترهای فیزیولوژیک شامل دمای زیرزبانی، دمای تمپانی، دمای ادرار، ضربان قلب و بازیابی ضربان قلب در جدول ۳ ارائه شده‌است.

در میان شاخص‌های برآورد دمای عمقی، دمای تمپان بیشترین (۳۷/۵) و دمای ادرار کمترین (۳۷/۱) میانگین را به خود اختصاص داد. میزان همبستگی مقادیر ثبت‌شده برای شاخص WBGT به‌عنوان یک متغیر مستقل و شاخص‌های فیزیولوژیکی به‌عنوان یک متغیر وابسته، توسط آزمون رگرسیون خطی ساده موردبررسی قرار گرفت. بیشترین همبستگی این شاخص، به ترتیب با دمای تمپان (R^2=۰/۷۸ ، Pvalue <۰/۰۱) و دمای زیرزبانی (R^2=۰/۷, Pvalue<۰/۰۱) به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مربوط به زمان صرف شده برای اندازه‌گیری هر یک از شاخص‌های واتنش گرمایی و مدت‌زمان وقفه ایجادشده در فرآیند کاری نشان داد که کمترین مقدار در مورد اندازه‌گیری دمای تمپان است (زمان اندازه‌گیری: ۱ دقیقه، زمان وقفه در فرآیند: ۱ دقیقه) (جدول ۳).

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

جدول ۱- ویژگی‌های دموگرافیک افراد مورد مطالعه

ویژگی	تعداد	انحراف معیار±میانگین	کمینه	بیشینه
سن	۴۰	۳۵/۳ ± ۵/۴	۲۴	۴۹
قد (cm)	۴۰	۱۷۳ ± ۵/۸	۱۶۰	۱۸۷
وزن (kg)	۴۰	۶۹/۷ ± ۷/۹	۵۴	۸۷
شاخص توده بدنی (BMI)	۴۰	۲۳/۲ ± ۲/۲	۱۸/۷	۲۹/۷

جدول ۲- وضعیت گرمای محیطی ثبت‌شده در افراد موردبررسی

شاخص	تعداد	انحراف معیار ± میانگین	کمینه	بیشینه
دمای خشک (Ta)	۴۰	۳۱/۴ ± ۱/۷	۲۷/۵	۳۴
دمای تر (Tw)	۴۰	۲۲/۷ ± ۲/۸	۱۶/۲	۲۷
دمای گویسان (Tg)	۴۰	۳۸/۲ ± ۶	۲۴/۱	۴۷/۳
شاخص دمای تر گویسان (WBGT)	۴۰	۲۷/۶ ± ۳/۵	۲۴	۳۳

جدول ۳- پارامترهای فیزیولوژیکی ثبت‌شده در افراد موردبررسی و ارتباط آن با شاخص دمای تر گویسان (°C)

شاخص	تعداد	انحراف معیار ± میانگین	مدت‌زمان اندازه‌گیری*	وقفه در کار**	R^2 (P.value)***
دمای تمپان	۴۰	۳۷/۵±۱/۰۶	۱	۱	۰/۷۸ (۰/۰۰۱)
دمای زیرزبانی	۴۰	۳۷/۴±۱/۰۷	۱۵	۲	۰/۷ (۰/۰۰۱)
دمای ادرار	۴۰	۳۷/۱±۰/۹۲	۱۰	۱۰	۰/۶۴ (۰/۰۰۱)
ضربان قلب	۴۰	۱۱۵±۲۱/۷	۱۰	۵	۰/۵۵ (۰/۰۰۱)
بازیابی ضربان قلب	۴۰	۱۰۳ ± ۱۸	۱۰	۴	۰/۴۵ (۰/۰۰۱)

*مدت‌زمان لازم برای اندازه‌گیری هر پارامتر در محیط کار برحسب دقیقه

**مدت وقفه ایجادشده در پروسه کاری به دلیل اندازه‌گیری هر یک از پارامترها در محیط کار برحسب دقیقه

***ضریب تعیین آزمون رگرسیون خطی ساده با سطح اطمینان ۹۵٪ بین شاخص‌های فیزیولوژیکی و وضعیت محیطی بر مبنای شاخص دمای تر گویسان

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این مطالعه ارزیابی استرس گرمایی بر مبنای شاخص تجربی دمای تر گویسان WBGT و استرین‌های گرمایی ناشی از آن بر مبنای پارامترهای دمای زیرزبانی، دمای ادرار، تعداد ضربان قلب، دمای تمپان و میزان بازیابی ضربان قلب در کارگران دارای مواجهه گرمایی و تحلیل ارتباط بین آن‌ها در راستای تعیین شاخص بهینه به منظور کاربردهای میدانی بود. مقدار WBGT_TWA در این مطالعه با لحاظ فعالیت کاری و کلوی لباس، در ۸۰٪ از افراد از حد مجاز کشوری و همچنین از استاندارد ارائه شده توسط ACGIH تجاوز کرده بود. این نتایج منطبق با نتایج حاصل از دیگر محققین است که در فرآیندهای ذوب فلزات انجام شده بود. در این مطالعه برای ارزیابی میزان استرین فیزیولوژیکی وارد بر بدن در اثر استرس حرارتی محیط از شاخص‌های اندازه‌گیری دمای عمقی بدن شامل دمای زیرزبانی، دمای تمپان، دمای ادرار و همچنین از شاخص ضربان قلب و میزان بازیابی ضربان قلب استفاده شد تا در نهایت از بین این شاخص‌ها مناسب‌ترین شاخص برای اندازه‌گیری مستقیم استرین فیزیولوژیکی وارده بر افراد شاغل در محیط‌های شغلی گرم معرفی شود. از بین شاخص‌های استرین مورد بررسی، دمای تمپان ارتباط قوی‌تری را با شاخص WBGT نشان داد. بر این اساس به‌علت سهولت اندازه‌گیری، ماهیت غیرتهاجمی، قابل قبول بودن توسط کارگران، اندازه‌گیری سریع و عدم تداخل در فرآیند کاری، دمای تمپان می‌تواند به‌عنوان یک شاخص کاربردی‌تر نسبت به دیگر شاخص‌ها به منظور اندازه‌گیری استرین‌های فیزیولوژیکی در محیط‌های کاری گرم مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه قسمتی از یک طرح تحقیقاتی به شماره ۹۱۰۹۰۷۳۱۹۸ می‌باشد که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان موردحمایت قرار گرفته‌است. همچنین محققین از مدیریت و پرسنل صنایع مورد مطالعه و به‌خصوص آقای مهندس شهریار پناه کارشناس بهداشت حرفه‌ای مرکز بهداشت پردیس تهران به خاطر همکاری در انجام مطالعه مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منابع

1. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices.Industrial Health. 2006;44(3):388-98.

2.Inaba R, Mirbod SM. Comparison of subjective symptoms and hot prevention measures in summer between traffic control workers and construction workers in Japan. Industrial Health. 2007;45(1):91-9.

3.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.

4.Tanaka M. Heat stress standard for hot work environments in Japan. Industrial Health. 2007;45(1):85-90.

5.Sund Levander M, Forsberg CH, Wahren LK. Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. Scandinavian Journal of Caring Sciences. 2002;16(2):122–128.

6.Schneider J, Dip G, editors. Identification and management of thermal stress and strain. Queensland Mining Industry Health and Safety; Central Queensland University;1999.

7.Varley F. A study of heat stress exposures and interventions for mine rescue workers. J Transactions. 2004;316:32-8.

8.Occupational Safety and Health Division (OSHA). Heat stress guide USA: Minnesota Department of Labor and Industry; 2009.

9.Wan M. Assessment of occupational heat strain [Phd thesis]. USA: University of South Florida; 2006.

10.Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Industrial Health. 2006;44(3):368-79.

11.Alimohamadi I, Falahati M, Farshad A, Zokaie M, Sardar A. Evaluation and validationof heat stress indices in Iranian Oil Terminals. Int J Occup Hyg. 2012;4:21-5.

12.ISO-9886. ergonomics-evaluation of thermals strain by physiological measurement. Switzerland: International standard organization; 2004.

13.Joubert D, Bates G, Dhabi A, Emirates UA. Occupational heat exposure. Occupational health-Part 2: The measurement of heat exposure (stress and strain) in the occupational environment. Industrial

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

health. 2008;16:34-41.

14.Matsuzuki H, ITO A, Ayabe M, Haruyama Y, Tomita S, Katamoto5 S, et al. The Effects of Work Environments on Thermal Strain on Workers in Commercial Kitchens. Industrial health. 2011;49:605-13 .

15.Miller V, Bates G. Hydration of outdoor workers in north-west Australia. J Occup Health Safety. 2007;23(1):79-87.

16.ISO-7243. Hot Environments—Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Geneva: International Standards Organization; 2003.

17.ISO-8996. Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic heat production. Belgium: International Standard Organization; 2004.

18.ISO 9920:2007(E). Ergonomics of the thermal environment. Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. 2 ed .

Switzerland: International Standards Organization; 2007.

19.ACGIH TLV. Threshold limit values for chemical substances and physical agents biological exposure indices. USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010.

20.Azimi E, Khavanin A, Aghajani M, Soleymanian A. [calculated of Heat Stress on the basis WBGT index in the melting industry]. J Mil Med. 2012;13(2):59-64.[persian]

21.Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Maracy MR, Jahangiri M. The evaluation of heat stress through monitoring environmental factors and physiological responses in melting and casting industries workers. International Journal of Environmental Health Engineering. 2012;1(1):21-9.

22.Binti Hussin N. Occupational safety and health improvement at casting plant [MSc thesis]. Malaysia: Universiti Teknologi; 2010.

23.Malik HJ, Cheema KJ. Preliminary survey to assess the health status of iron and steel industry workers. Pakistan Journal of Science. 2010;62(1):15-21.

24.Shrivastava AK, editorHealth hazards of foundries and forges. 57th foundry congress; Kolkata-India, 2009.

25.Singh LP, Bhardwaj A, Deepak KK, Singh S. Occupational heat exposure in extreme weather conditions in small and medium enterprises (SME) in India. International journal of human geography and environmental studies. 2009;1(1):32-8.

26.Zakaria AM, Noweir KH, El-Maghrabi G. Evaluation of Occupational Hazards in Foundries.J Egypt Public Health Assoc. 2005;70(3):433-62.

27.Falahati M, Alimohammadi I, Farshad AA, Zokaei M, Sardar A. [Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature]. Iran occup health. 2012;9(1):22-31.[persian]

28.Kawanami S, Horie S, Inoue J, Yamashita M. Urine temperature asan index for the core temperature of industrial workers in hot or cold environments. Int J Biometeorol. 2011;3:1-7.

29.Gallagher M, Robertson RJ, Goss FL, Nagle-Stilley EF, Schafer MA, Suyama J, et al. Development of a perceptual hyperthermia index to evaluate heat strain during treadmill exercise. Eur J Appl Physiol. 2011;112(6):2025-34.

30.Lee JY, Nakao K, Takahashi N, Son SY, Bakri I, Tochihara Y. Validity of Infrared Tympanic Temperature for the Evaluation ofHeat Strain While Wearing Impermeable Protective Clothing in Hot Environments. Industrial Health. 2012;49(6):714-25.

31.Mazerolle SM, Ganio MS, Casa DJ, Vingren J, Klau J. Is oral temperature an accurate measurement of deep body temperature? A systematic review. J Athl Train. 2012;46(5):566-74.

32.Amoateng AY, Del Mundo J, Manthous CA. Accuracy of an Infrared Tympanic Thermometer. Chest Journal. 1999;115(4):1002-5.

33.Casa DJ, Becker SM, Ganio MS, Brown CM, Yeargin SW, Roti MW, et al .Validity of devices that assess body temperature during outdoor exercise in the heat. J Athl Train. 2007;42(3):333-9.

34.Chung W, Chen C. Evaluation of performance and uncertainty of infrared tympanic thermometers. IEEE Sens J. 2010;10(4):3073-89.

35.Huggins R, Glaviano N, Negishi N, Casa DJ, Hertel J. Comparison of Rectal and Aural Core Body Temperature Thermometry in Hyperthermic, Exercising Individuals: A Meta-Analysis. J Athl Train. 2011;47(3):329-38.

36.VanStaaij BK, Rovers MM, Schilder AG, Hoes AW. Accuracy and feasibility of daily infrared tympanic membrane temperature measurements in the identification of fever in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2003;67(10):1091-99.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

Research Article

Investigating the Association between Heat Stress and its Psychological Response to Determine the Optimal Index of Heat Strain

Amir Negahban [1], Mohsen Aliabadi[2], Yusuf Babayi Mesdaraghi [1], Maryam Farhadian [3], Mehdi Jalali [4*], Behzad Kalantari [5], Mehdi MolaKazemiha [5]

Received: 20 December 2013 Accepted: 21 January 2014

Abstract

Background & Objectives: Exposure to high temperatures is common among workers in warm environments leading to some undesirable effects. The aim of this study was to examine physiological responses to heat stress to determine the optimal index for direct measurement of physiological strain in workers of hot environments.

Methods: In this study, 40 workers of melting and casting process were evaluated. Thermal stress was evaluated based on the WBGT index and physiological strain by measuring oral and tympanic temperature, urine temperature, heart rate, and recovery heart rate. Data was analyzed using SPSS v.16 software.

Results: Heat stress exceeded the national and international recommended limits based on the WBGT index in 80% of cases of workstations. The correlations between heat strains including tympanic temperature, oral temperature, urine temperature, heart rate and heart rate recovery to heat stress index were significant, while tympanic temperature had a stronger association according to simple linear regression ($P<0.01$, $R^2=0.78$).

Conclusion: Tympanic temperature had a stronger correlation with the WBGT index among the investigated indices. Accordingly, tympanic temperature could be a useful indicator compared to other parameters for measuring physiological strain in warm workplaces due to the ease of measurement, noninvasive nature, acceptance by workers, and fast and non-interference in the measurement process.

Keywords: Heat stress, Heat strain, Hot workplaces, Tympanic temperature

Please cite this article as: Negahban A, Aliabadi M, Babayi Mesdaraghi Y, Farhadian M, Jalali M, Kalantari B, MolaKazemiha M. Investigating the Association between Heat Stress and its Psychological Response to Determine the Optimal Index of Heat Strain. *Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014; 1(1):8-15.*

1. Msc Student of Occupational Health , Student Research Committee, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
2. Department of occupational health , School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
3. PhD Student of Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
4 *. (Corresponding author) Msc Student of Occupational Health, Student Research Committee, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: m.jalali@umsha.ac.ir
5. Shemiranat Health Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]