مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پنجم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۱، صفحات ۲۴۵ تا ۲۵۲

مقایسه شاخص‌های استرس حرارتی SW ,WBGT, DI با پاسخ‌های فیزیولوژیکی مردان در محیط کار گرم و مرطوب

فریده گلبابایی[۱]، محمدرضا منظم اسماعیل پور[۲]، رسول همت جو[۳]، پروین نصیری[۴]، غلامرضا پوریعقوب[۵]، مصطفی حسینی[۶]
نویسنده مسئول: بوشهر، بهمنی، پردیس دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط *r.hemmatjo@yahoo.com*

دریافت: ۹۰/۰۸/۲۸ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: *استرس گرمایی در بسیاری از صنایع از جمله صنایع پتروشیمی و فولاد یک خطر جدی برای سلامتی و ایمنی کارگران به شمار می‌آید. ارزیابی استرس گرمایی نه تنها از نظر پیشگیری از بیماری‌های ناشی از مواجهه با گرما، بلکه از نظر عملکرد و ایمنی کارگران در محیط کار نیز مهم است. شاخص‌هایی که هم اکنون برای ارزیابی استرس گرمایی مورد استفاده قرار می‌گیرند بسیار زیاد بوده و انتخاب یک شاخص مناسب برای محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی سخت است. هدف از انجام این مطالعه ارایه یک شاخص بهینه بر اساس پارامترهای فیزیولوژیکی بدن افراد در صنعت پتروشیمی است.*

روش بررسی: *این مطالعه در یک صنعت پتروشیمی واقع در عسلویه صورت پذیرفت و ۲۱ نفر کارگر مرد وارد مطالعه و بر اساس سازش یا عدم سازش فرد با گرما تقسیم بندی شدند. پارامترهای فیزیولوژیکی شامل ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، دمای پوست و دمای دهانی افراد طی دو هفته در طول روز کاری اندازه گیری شد. هم‌زمان با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی، پارامترهای شرایط جوی لازم برای محاسبه شاخص دمای تر گوی سان (Wet Bulb Globe Temperature (WBGT))، مقدار عرق مورد نیاز (Required Sweat(SW_{req}) Rate) و شاخص احساس ناراحتی (Discomfort Index (DI)) اندازه گیری شد.*

یافته‌ها: *میانگین شاخص‌های محاسبه شده برای افراد هر دو گروه سازش یافته و سازش نیافته در سایت کار به طور معنی‌داری بالاتر از سایت پذیرش بود ($P<۰/۰۵$). همچنین میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی افراد هر دو گروه در سایت کار بیشتر از سایت پذیرش بود ($P<۰/۰۵$).در مورد ضریب همبستگی بین شاخص‌های محاسبه شده با پارمترهای فیزیولوژیکی شاخص WBGT با ضربان قلب، فشار سیتولیک و دیلستولیک خون و دمای پوست به ترتیب ۰/۷۳۱ ، ۰/۴۵۱، ۰/۳۷۵ و۰/۶۹۵ بیشترین ضریب هم بستگی را دارا بود و شاخص DI به ترتیب ۰/۷۲۵، ۰/۴۴۶، ۰/۳۵۲ و ۰/۶۸۹ بود و SW_{req} با دمای عمقی بدن با مقدار ضریب همبستگی ۰/۷۶۶ بیشترین رابطه را داشت.*

نتیجه‌گیری: *یافته‌های این مطالعه ارتباط معنی‌داری را بین شاخص‌های محاسبه شده و پارامترهای فیزیولوژیکی را در سایت کار و پذیرش را نشان می‌دهد که نتایج مطالعات قبلی را تایید می‌کند. در این مطاله شاخص بهینه با توجه به مطالعات گذشته بر اساس ضربان قلب بررسی و چنین نتیجه‌گیری شد که شاخص WBGT بیشترین ضریب هم‌بستگی را با ضربان قلب داراست. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که برای ارزیابی استرس گرمایی با چنین شرایط آب و هوایی شاخص WBGT بهینه‌ترین شاخص کاربردی است.*

واژگان کلیدی: WBGT ، شاخص استرس گرمایی، پاسخ‌های فیزیولوژیکی

۱- دکترای بهداشت حرفه ای، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۲- دکترای بهداشت حرفه ای، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳- کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای، عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر
۴- دکترای بهداشت حرفه ای، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۵- متخصص طب کار، دانشیار دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۶- دکترای آمار زیستی ، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

مقدمه

استرس گرمایی خطری جدی در بسیاری از محیط‌های صنعتی از جمله صنایع پتروشیمی، فولاد، شیشه‌سازی و حتی رختشوی‌خانه‌ها، آشپزخانه‌ها و پادگان‌های نظامی است که می‌تواند به طور مستقیم بر روی عملکرد و سلامتی افراد تاثیر بگذارد (۳-۱) . تلاش‌های بسیاری برای تخمین استرس گرمایی که به وسیله گستره وسیعی از شرایط آب و هوایی به بدن افراد تحمیل می شود، انجام شده است تا این شرایط حاکم در محیط کار را در قالب یک شاخص استرس گرمایی نشان دهد. شاخص‌های استرس گرمایی که توسط محققین برای ارزیابی استرس گرمایی ارایه شده است به بیش از ۴۵ شاخص می‌رسد (۱) که اولین آنها در سال ۱۹۰۵ توسط هوگتون با نام ترگوی‌سان (Wet Bulb Globe Temperature) ارایه شد (۴) و در مجموع شاخص‌هایی که برای ارزیابی استرس گرمایی توسعه داده شده‌اند در سه گروه شاخص‌های منطقی، تجربی و مستقیم طبقه‌بندی می‌شوند (۵و۶). همان‌گونه که ذکر شد شاخص‌های بسیار زیادی برای ارزیابی استرس گرمایی ابداع شده‌اند به هر حال یک شاخص منسجم جهانی برای ارزیابی استرس گرمایی در شرایط متنوعی از آب و هوایی مورد قبول واقع نشده است. هدف از این مطالعه این بوده است که مطابق با شرایط آب و هوایی در محیط کار بهره‌بردارن یک شرکت پتروشیمی واقع در عسلویه، سه شاخص، شاخص دمای تر گوی سان Globe Bulb Wet (WBGT) Temperature، مقدار عرق مورد نیاز Required (SW_{req}) Sweat Rate و شاخص احساس ناراحتی Discomfort Index (DI)با پارامترهای فیزیولوژیکی شامل ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، دمای عمقی و دمای سطح پوست مقایسه کرده و مقدار بهینه هر کدام از شاخص‌ها با پارامترهای فیزیولوژیکی مشخص شده و یک شاخص بر اساس پارامترهای فیزیولوژیکی برای ارزیابی چنین محیطی انتخاب شود. در این مطالعه دو شاخص، شاخص دمای تر گوی سان (WBGT) و شاخص احساس ناراحتی (DI) از شاخص‌های تجربی مستقیم و مقدار عرق مورد نیاز (SW_{req}) از شاخص‌های منطقی برای مقایسه با پارامترهای فیزیولوژیکی انتخاب شده اند. شاخص WBGT شاخصی است که توسط سازمان استاندارد جهانی با ISO 7243 برای ارزیابی سریع محیط‌های گرم توصیه شده است (۷) و شاخص DI بیش از چهار دهه است که در کنار WBGT برای ارزیابی سریع محیط‌های گرم توصیه شده است (۶)، همچنین شاخص SW_{req} توسط استاندارد جهانی با ISO 7933 برای ارزیابی دقیق‌تر و با جزییات بیشتر توصیه شده است (۸).

مواد و روش‌ها

این مطالعه طی دو هفته پی در پی در اواخر فصل بهار در مجتمع پتروشیمی در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی در شهرستان عسلویه و به فاصله ۲۷۰ کیلومتری جنوب شرقی بندر بوشهر اجرا گردید. این منطقه در جنوب ایران و حاشیه خلیج فارس و از نظر آب و هوا به طور کلی گرم (بیابان کناری) که در نواحی ساحلی گرم و نمناک و در قسمت های داخلی گرم و خشک است. متوسط دمای سالیانه ۲۴ درجه سانتی‌گراد است که بیشترین مقدار آن در تابستان به حدود ۵۰ درجه و کمترین مقدار آن به ۶ درجه می‌رسد. میزان بارندگی در این منطقه کم و متغیر است و ممکن است مقدار آن خیلی بیشتر یا کمتر از متوسط بارش سالیانه (۲۱۷ میلی‌متر) باشد. مساحت کل مجتمع پتروشیمی شامل فاز اول ، دوم جمعا حدود ۵۱ هکتار و هر فاز شامل واحد آمونیاک و اوره و یکی از بزرگترین تولیدکنندگان آمونیاک و اوره در سراسر ایران و نیز در سطح جهان است. این مطالعه در قسمت پرایمری واحد آمونیاک که گرم‌ترین قسمت مجتمع که قسمت داخلی آن که محل کراکینگ گاز طبیعی است و حدودا ۷۰۰ تا۸۰۰ درجه سانتی‌گراد گرما دارد، انجام گردید و بهره‌برداران در این قسمت مسئول ارزیابی نحوه سوخت گاز در قسمت پرایمری بودند این کار از طریق بازرسی از دریچه‌های تعبیه شده که در سه طبقه احداث شده بود به این منظور استفاده می‌شود، انجام گردید و سایت کار نامیده شد. این بخش مورد مطالعه استراحتگاه بهره‌برداران، محلی که در فاصله ۱۰۰متری از سایت کار قرار داشت، درنظر گرفته شد و لازم به ذکر است که بهره‌برداران در طول ۸ ساعت کاری حدود ۱ ساعت در قسمت

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

سایت کار مشغول انجام وظیفه بودند.
تعداد ۲۱ فرد که همگی مرد بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. لازم به توضیح است که کل افراد شاغل در فاز آمونیاک مرد بوده و تعداد نمونه انتخابی حداکثر نمونه ممکن بوده که با توجه به شرایط کاری کارگران انتخاب گردیده است. ضمنا تعداد نمونه در این تحقیق با توجه به مطالعات قبلی انتخاب شده است (۹و۱۰). در این مطالعه افراد به دو گروه سازش یافته ۱۰ نفر و گروه سازش نیافته ۱۱ نفر تقسیم شدند پارامترهای فیزیولوژیکی حدود ۷ تا ۱۰ بار بعد از اتمام فعالیت اندازه‌گیری شد و به عبارتی برای هر مهندس در طول روز که حدود ۷ تا ۱۰ با پارامترهای فیزیولوژیکی آن را همزمان با پارامترهای محیطی اندازه‌گیری می‌گردید تعداد پارامترهای فیزیولوژیکی و محیطی اندازه‌گیری شده در سایت پذیرش برای افراد سازش یافته ۴۳ و سازش نیافته ۴۷ بار در طول روز همچنین تعداد پارامترهای فیزیولوژیکی و محیطی اندازه‌گیری شده در سایت کار برای افراد سازش یافته ۵۱ و سازش نیافته ۵۷ بار در طول روز بود. فرد سازش یافته فردی است که حداقل ۷ روز به طور مداوم با گرما در تماس باشد و فرد سازش نیافته فردی است که مدت زمان مواجهه با گرما کمتر از این مدت و یا این که اصلا با گرما مواجهه نداشته باشد (۱). همه افراد از لحاظ سلامتی با توجه به پرونده‌های معاینات دوره ای در شرایط خوبی بودند و هیچ نوع بیماری در پرونده افراد گروه‌ها ذکر نشده بود.

جهت انجام اندازه‌گیری های محیطی یک WBGT متر ساخت کمپانی CASELLA انگلیس کالیبره شده برای اندازه‌گیری دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای تابشی و رطوبت نسبی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار شاخص دمای تر گوی سان (WBGT) با توجه با استاندارد ISO 7243 محاسبه شد (۷).
برای محیط خارج و روباز از فرمول زیر طبق استاندارد ایزو ۷۲۴۳ برای محاسبه WBGT استفاده گردید به نحوی که در مرحله اول دمای تر طبیعی، دمای تابشی و دمای خشک توسط دستگاه ذکر شده اندازه‌گیری شد و بعد توسط فرمول‌های ذکر شده در زیر مطابق با استاندارد ISO 7243 برای محاسبه WBGT استفاده گردید.
برای محیط باز از فرمول زیر طبق استاندارد ISO 7243 برای محاسبه WBGT استفاده می‌شود.

$$WBGT_{out} = 0/7\ T_{nwt} + 0/2\ T_g + 0/1\ T_{db}$$

T_{nwt}: دمای تر طبیعی
T_g: دمای تابشی
T_{db}: دمای خشک

برای محیط داخل و بسته از فرمول زیر طبق استاندارد ISO 7243 برای محاسبه WBGT استفاده می شود.

$$WBGT_{out} = 0/7\ T_{nwt} + 0/3\ T_g$$

مطابق استاندارد در صورتی که محیط نامتجانس است لازم است شاخص دمای تر گوی سان در سه ارتفاع قوزک پا، ناحیه کمر و ناحیه سر اندازه گیری گردد.

$$WBGT_{out} = WBGT_{head} + (2\times WBGT_{waist}) + WBGT_{ankle}/4$$

مقدار شاخص WBGT در مقاطع مختلف زمانی در طی شیفت کار با توجه به استاندارد توسط رابطه زیر محاسبه گردید:

$$WBGT_{(TWA)} = (WBGT_1\times WBGT_1) + (WBGT_2\times T_2) + \ldots + (WBGT_n\times T_n)/\ T_1+T_2+\ldots +T_n$$

برای محاسبه شاخص DI به دو پارامتر برای اندازه‌گیری نیاز داریم (۶) . ۱- دمای خشک هوا ۲- دمای تر اجباری هوا:

$$DI\ 0/5 = T_{nwt} + 0/5\ T_{db}$$

T_{nwt}: دمای تر طبیعی

T_{db}: دمای خشک

شاخص SWreq در حال حاضر از سوی سازمان استاندارد جهانی برگزیده شده (ISO 7933) و در واقع زمانی که نیاز به تفصیل بیشتری است مکمل شاخص دمای ترگوی سان یا WBGT است (۸). روش محاسبه بر اساس استاندارد (ISO7933) و برمبنای رابطه تعادل گرمایی بدن انسان و عرق لازم برای تعادل گرمایی، تخمین زده می‌شود. میزان تبخیر مورد نیاز، $E_{reg}(w/m^2)$ حداکثر میزان تبخیر، $E_{max}(w/m^2)$ میزان تری مورد نیاز $w_{reg}(dimensionless)$ و کارایی تبخیر عرق $r_{reg}(dimensionless)$ است که همه این پارامترها بر اساس استاندارد ISO 7933 محاسبه شده است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

$$W_{req} = \frac{E_{req}}{E_{max}}$$

$$SW_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}}$$

$$r_{req} = 1 - \frac{W_{req}^{2}}{2}$$

همچنین پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده شامل ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، دمای پوست و دمای دهانی بود. پارامترهای فیزیولوژیکی حدود ۷ تا ۱۰ بار بعد از اتمام فعالیت اندازه‌گیری شد و به عبارتی برای هر بهره‌بردار در طول روز که در این مطالعه شرکت کرده بودند حدود ۷ تا ۱۰ بار پارامترهای فیزیولوژیکی شخص همزمان با پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده است. ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک با استفاده از دستگاه فشارسنج دیجیتالی LAICA مدل AD6132 ساخت کشور ایتالیا اندازه‌گیری شد، دمای پوست بدن با استفاده از ترمومتر پوست در رنج سنجش ۲۵ تا ۴۲ مدل 905 TM ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد و برای اندازه‌گیری دمای دهانی از دماسنج دیجیتالی در ردیف سنجش ۳۲ تا ۴۲ مدل VT801 ساخت کمپانی آلمان استفاده شد قبل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی به افراد توصیه‌های لازم شد تا ۱۵ دقیقه قبل از

جدول۱:ویژگی‌های دموگرافیک افراد مورد مطالعه

گروه	سازش یافته	سازش نیافته	
تعداد افراد	۱۰	۱۱	مقدار P
سن (سال)	۲۸ ± ۱/۶۲	۲۷/۵ ± ۱/۰۸	۰/۴۱
وزن (کیلوگرم)	۷۲/۳ ± ۴/۰۵	۶۹/۷ ± ۵/۵	۰/۲۲
قد (سانتی‌متر)	۱۷۲/۲ ± ۲/۶	۱۷۲/۴ ± ۲/۳	۰/۷۲
بار کاری (وات)			
سنگین			
متوسط	۱۰۰	۱۰۰	۱
سبک			
نوع لباس (درصد)			
تک لایه	۱۰۰	۱۰۰	۱
دو لایه			

اندازه‌گیری هیچ موادی از قبیل سیگار و مایعات استفاده نکنند. داده‌ها پس از ورود به بانک اطلاعات رایانه ای به وسیله نرم افزار آماری SPSS16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. متغیرهای کمی با Mean±Std. deviation ومتغیرهای کیفی به صورت درصد بیان شدند. توزیع متغیرهای کمی با توجه به توزیع آنها با استفاده از آزمون پارامتریک T-test مقایسه گردید. جهت بررسی ضریب همبستگی بین شاخص‌های استرس حرارتی با پارامترهای فیزیولوژیکی با استفاده از آزمون Model effect Random Analysis Regression مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه (P<۰/۰۵) به لحاظ آماری معنی دار در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها

جدول ۱ میانگین، انحراف و مقدار P بین افراد دو گروه را نشان می‌دهد که این مقادیر با استفاده از آزمون T-test به دست آمده و نشان می‌دهد که افراد دو گروه در هیچ کدام از مشخصات دموگرافیکی فردی از قبیل قد، وزن، سابقه کار، سن و نوع لباس کار با همدیگر اختلاف معنی داری (P>۰/۰۵) نداشتند.

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده دمای خشک و رطوبت نسبی و شاخص‌های محاسبه شده، SW_{req} ،DI ،WBGT را نشان می‌دهد و مشخص شده است که مقدار اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در سایت کار بهره‌برداران هر دو گروه سازش یافته و سازش نیافته به طور معنی داری بیشتر از سایت پذیرش بود و با استفاده از آزمون T-test نشان داده شد که این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۳ مقدار پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده به همراه نتایج آزمون Independent sample T-tset در سایت کار و سایت پذیرش بین افراد سازش یافته و سازش نیافته را نشان می‌دهد و مقدار پارامترهای فیزیولوژیکی در سایت کار برای افراد هر دو گروه به طور معنی‌داری بیشتر از سایت پذیرش بود (P<۰/۰۵).

نتایج ضریب هم‌بستگی مربوط به شاخص‌های استرس حرارتی محاسبه شده با پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

جدول ۲: پارامترهای محیطی اندازه گیری شده

محل کار	سایت پذیرش		سایت کار	
گروه	سازش یافته	سازش نیافته	سازش یافته	سازش نیافته
تعداد پارامترهای اندازه‌گیری شده	۴۳	۴۷	۵۱	۵۷
دمای خشک (سانتی‌گراد)	۲۵±۱/۳۹	۲۴/۳۱±۱/۴۶	۳۸/۷۵±۴/۱	۳۹/۹۱±۳/۹
رطوبت نسبی (درصد)	۶۳±۰/۰۵	۶۰±۰/۰۵	۵۱±۰/۱۲	۴۴±۰/۰۹
شاخص دمای تر گوی سان (سانتی‌گراد)	۲۲/۲۶±۰/۰۳	۲۰/۹۲±۰/۰۴	۳۲/۹۵ ± ۰/۰۸	۳۳ ± ۰/۰۸
شاخص احساس ناراحتی (سانتی‌گراد)	۲۱/۹۶±۰/۰۳	۲۰/۷۵±۰/۰۴	۳۲/۸۱ ± ۰/۰۸	۳۲/۸۹ ±۰/۰۹
مقدار عرق مورد نیاز(گرم بر ساعت)	۱۸۶±۰/۱۵	۱۵۰±۰/۰۱۲	۴۱۹ ± ۰/۳۳	۴۲۴ ± ۰/۴۲

بین بهره‌برداران در جدول ۴ نشان داده شده است. ضریب هم بستگی پارامترهای فیزیولوژیکی ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک و دمای پوست بدن به ترتیب ۰/۷۳۱، ۰/۴۵۱، ۰/۳۷۵ و۰/۶۹۵ با شاخص WBGT بیشترین مقدار بود و بعد شاخص DI به ترتیب۰/۷۲۵، ۰/۴۴۶ ، ۰/۳۵۴ و ۰/۶۸۹ بیشترین مقدار را دارا بود و در مقایسه ضریب هم‌بستگی دمای عمقی بدن با شاخص‌ها نشان داد که بیشترین مقدار با شاخص SW_{req}، ۰/۷۶۶ بود.

بحث

تحقیق حاضر نشان داد که میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده افراد هر دو گروه در سایت کار به طور معنی‌داری بیشتر ازسایت پذیرش بود با این حال میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی افراد هر دو گروه کمتر از حد مجازی بودند که توسط سازمان ACGIH توصیه شده است.

Chen Lien-Mei در سال ۲۰۰۳ در بررسی استرس گرمایی در کارگران گروه‌های مختلف در کارخانه فولاد این رانشان

جدول ۳: پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده

محل کار	سایت پذیرش		سایت کار	
گروه	سازش یافته	سازش نیافته	سازش یافته	سازش نیافته
تعدادپارامترهای اندازه‌گیری شده	۴۳	۴۷	۵۱	۵۷
ضربان قلب (تعداد ضربه در دقیقه)	۷۳/۸۸±۵/۴	۳۷/۹۱±۰/۷۸	۹۷/۸ ± ۹/۳	۱۰۷±۹/۴
فشار سیستولیک خون (میلی‌متر جیوه)	۱۲۲/۷۹±۹/۴	۱۲۱/۵۱±۰/۰۳	۱۳۵/۳ ± ۶/۹	۱۳۷/۲ ±۶/۲
فشار دیاستولیک خون (میلی‌متر جیوه)	۷۷/۶۷±۶/۹	۷۶/۴۵±۹/۲	۹۰/۷±۱۲/۸	۹۲/۷±۷/۰۷
دمای عمقی بدن (سانتی‌گراد)	۳۷/۵۷±۰/۰۳	۳۷/۵۷±۰/۰۳	۳۷/۷۴±۰/۰۹	۳۷/۸±۰/۱۲
دمای پوست (سانتی‌گراد)	۳۶/۳۳±۰/۳۶	۳۳/۳۸±۶/۱	۳۵/۰۱±۰/۴۷	۳۵/۰۴±۰/۴۷

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

دادند که پارامترهای فیزیولوژیکی قبل از کار کمتر از بعد از کار بود. هم‌چنین در این مطالعه نشان داده شد که پارامترهای فیزیولوژیکی ضربان قلب، فشار سیستولیک و دیاستولیک خون و دمای پوست بیشترین رابطه را با شاخص WBGT و پارامتر فیزیولوژیکی دمای عمقی بیشترین رابطه را با شاخص SW_{req} دارد. Moran و همکاران در سال ۱۹۹۸ شاخص (PSI) Physiological Strain Index را برای ارزیابی استرین گرمایی توسعه دادند که بر اساس ضربان قلب و دمای عمقی بدن استوار بود و تنش فیزیولوژیکی را در محدوده ۱۰ – ۰ برآورد می کرد (۱۱). Frank و همکاران در سال ۱۹۹۶ شاخص Strain

جدول۴: ضریب هم بستگی پارامترهای فیزیولوژیکی با شاخص‌های استرس گرمایی اندازه گیری شده

شاخص‌های استرس گرمایی	SW_{req} (g/h)	DI (^{0}C)	WBGT (^{0}C)
پارامترهای فیزیولوژیکی			
ضربان قلب (تعداد ضربه در دقیقه)	۰/۵۶۳	۰/۷۲۵	۰/۷۳۱
فشار سیستولیک خون (میلی‌متر جیوه)	۰/۳۵۲	۰/۴۴۶	۰/۴۵۱
فشار دیاستولیک خون (میلی‌متر جیوه)	۰/۲۷۷	۰/۳۵۴	۰/۳۷۵
دمای عمقی بدن (سانتی‌گراد)	۰/۷۶۶	۰/۷۱۳	۰/۷۱۷
دمای پوست (سانتی‌گراد)	۰/۴۷۵	۰/۶۸۹	۰/۶۹۲

CHSI) Cumulative Heat Index) را برای ارزیابی استرین گرمایی ارایه دادند که بر اساس ضربان قلب و دمای عمقی بدن استوار بود وتنش فیزیولوژیکی را در محدوده ۰ تا چند هزار برآورد می‌کرد (۱۲) و همچنین Logan و همکاران در سال ۱۹۹۹ در ارزیابی استرس و استرین گرمایی بر اساس اندازه‌گیری ضربا ن قلب و دمای عمقی بدن عمل کرده است (۱۰) و از طرفی سازمان ACGIH ضربان قلب را به عنوان یک شاخص فیزیکی اولیه که در مواجهه با گرما افزایش پیدا می‌کند معرفی کرده و بیان می‌کند که در بیشتر بیماری‌های که ناشی از مواجهه با گرما بوده است دمای عمقی به حد مجاز خود نرسیده است و لازم به ذکر است که در این زمینه مقایسه‌ای با شاخص‌ها انجام نداده است، از طرفی این سازمان هم برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط‌های صنعتی از شاخص WBGT استفاده می‌کند که بیشتر به دلیل ساده بودن آن با حداقل وسایل اندازه‌گیری است (۶) همچنین Minard گزارش داده است زمانی که میانگین ضربان قلب در طول یک شیفت ۸ ساعته از ۱۱۵ ضربه در دقیقه تجاوز کند عملکرد فیزیکی کارگران کاهش پیدا می‌کند (۱۳) و میزان ضربان بازیافت به عنوان یک تکنیک ساده برای ارزیابی استرس در آغاز زمان است که حدود ۵۰ سال پیش ارایه شده است (۱۴).

نتیجه‌گیری

پس در مطالعه حاضر برای ارایه یک شاخص بهینه بر اساس یکی از این پنج پارامتر فیزیولوژیکی عمل شد که بر اساس دلایل و مطالعات ذکر شده مقدار بهینه شاخص‌ها را بر اساس رابطه با ضربان قلب ارایه گردید. بر اساس نتایج پژوهشی حاضر WBGT بیشترین رابطه را با ضربان قلب داشته و بیشترین مقدار بهینه را در مقایسه با دو شاخص دیگر دارد. ناگفته نماند که شاخص WBGT در شرایط هوایی که ذکر شد بیشترین مقدار بهینه را داراست و این یافته‌ها پیشنهادکننده آنست که برای ارزیابی سریع استرس گرمایی در چنین شرایط محیطی کار شاخص WBGT همواره شاخص معتبرتری نسبت به شاخص‌های دیگر است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای با عنوان "بررسی شاخص‌های استرس حرارتی DI، WBGT, SW در برآورد تنش فیزیولوژیکی کارکنان یکی از صنایع پتروشیمی" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران در سال ۱۳۸۹ با است که با حمایت مالی شرکت ملی پتروشیمی جمهوری اسلامی ایران انجام شده است.

نویسندگان از دکتر قدرت ا ... نصیری و دکتر مهدی جهانگیری و سلیمان خواجی که نهایت همکاری را برای اجرای این طرح پژوهشی داشته‌اند کمال امتنان را دارند.

منابع

1. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial Health. 2006;44(3):388-98.
2. Wing JF. Upper thermal tolerance limits for unimpaired mental performance. Aerospace Medicine. 1965;36(10):960-4.
3. Bell PA. Physiological, comfort, performance, and social effects of heat stress. Journal of Social Issues.1981;37(1):71-94.
4. Haldane JS. The influence of high air temperature. Journal of Hygiene. 1950;5(4):494–513.
5. Parson K. Human Thermal Environmental: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance. 2nd ed. London: Taylor and Francis; 2002.
6. NIOSH. Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to hot environments (Revised Criteria 1986). Washengton DC: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center For Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Standards Development and Technology Transfer; 1986 Apr. Report No.: 86-113.
7. ISO. Hot environments-estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index. Geneva: International Standards Organization; 1989 Jul. Report No.: ISO 7243:1989.
8. ISO. Hot environments - analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. Geneva: International Standards Organization; 1989 Jul. Report No.: ISO 7933:1989.
9. Chen ML, Chen CJ, Yen WY, Huang JW, Mao IF. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. American Industrial Hygiene Association Journal. 2003;64(3):352-9.
10. Logan PW, Bernard TE. Heat stress and strain in an aluminum smelter. American Industrial Hygiene Association Journal. 1999;60(5):659-65.
11. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 1998;275(1):129-34.
12. Frank A, Belokopytov M, Shapiro Y, Epstein Y. The cumulative heat strain index – a novel approach to assess the physiological strain induced by exercise-heat stress. European Journal of Applied Physiology. 2001;84(6):527-32.
13. Minard D. Prevention of heat casualties in Marine Corps recruits. Period of 1955-60, with comparative incidence rates and climatic heat stresses in other training categories. Military Medicine. 1961;126:261-72.
14. Priban IP. Physiology in industry – evaluation of industrial stresses by physiological reactions of the workers. British Journal of Industrial Medicine. 1962;19(2):145-6.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]

Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the Men Physiological Parameters in Hot and Humid Environment

Farideh Golbabaie[1], Mohammad Reza Monazam Esmaielpour[1], *Rasoul Hemmatjou[2], Parvin Nasiri[1], Gholam Reza Pouryaaghoub[3], Mostafa Hosseini[4]

[1]Department of Occupational Health, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[2]Department Of Medicine, Faculty of Medicine, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

[3]Department Of Medicine, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[4]Department of Biostatics, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received; 19 November 2011 Accepted; 20 February 2012

ABSTRACT

Background and Objectives: Heat stress is considered as a serious threat to the health and safety of workers in many industries, including petrochemical and steel. Assessment of the heat stress is important from the disease prevention point of view and also for the safety and performance of workers at workplace. Although there are many indices to evaluate the heat stress, it is hard to select an applicable index for a wide range of weather conditions. The purpose of the study was to develop an optimal index based on physiological parameters in a petrochemical industry.

Materials and Methods: The study was conducted in a petrochemical industry located in Assaluyeh (south of Iran). Twenty one healthy young men at different levels of fitness and heat acclimation volunteered to participate in the study. Physiological parameters including heart rate, systolic and diastolic blood pressure, skin temperature and oral temperature were measured during the working day over two consecutive weeks. Simultaneously, we measured the climatic parameters required to calculate the wet bulb globe temperature (WBGT), required sweat rate (SWreq), and the discomfort index (DI) indices.

Results: All the measurements took place on 2 sites: Kar (working place) and Paziresh (resting room). Our results showed that the mean values of indices and physiological parameters in Kar for both acclimated and unacclimated groups were significantly higher than Paziresh ($P<0.05$). There was the strongest linear correlation between WBGT and heart rate (0.731), systolic blood pressure (0.695) and diastolic blood pressure (0.375) and skin temperature (0.451) respectively. The amounts of DI were 0.725, 0.446, 0.352, and 0.689 respectively. But the strongest linear relationship existed between SWreq and deep body temperature (0.766).

Conclusion: There were significant differences in the present indices and physiological parameters of Kar and Paziresh, confirming the previous studies findings. Finally, WBGT was considered optimal index and the results revealed the almost perfect linear correlation between WBGT and heart rate. We propose WBGT can be the most applicable index for evaluating heat stress in this climate.

Keywords: WBGT, Heat stress index, Physiological parameters

***Corresponding Author**: *r.hemmatjo@yahoo.com*
Tel:** +98 937 2004062, **Fax:

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-04-04]