Archive of SID

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها
دوره ۲. شماره ۱. بهار ۱۳۹۳، صفحات ۵۵ تا ۶۴

مقاله اصلی
(Original Article)

مقایسه همبستگی شاخص‌های استرس گرمایی دمای تر گویسان، استرین فیزیولوژیکی و استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با ضربان قلب و دمای تمپان کارگران یک کارخانه شیشه

محمد جواد جعفری[۱]، غزال حورفراست[۱*]، سوسن صالح پور[۲]، سهیلا خداکریم[۱]، ناصح حیدرنژاد[۳]

۱. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. بیمارستان مسیح دانشوری، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده:

سابقه و هدف: استرس گرمایی یکی از اصلی‌ترین و شایع‌ترین مشکلات در محیط‌های کاری است. فشار گرمایی بیش از حد می‌تواند به نشـانه‌های مختلف کلینیکی از جمله سـردرد، تهوع و اسـتفراغ بینجامد. هدف از این مطالعه مقایسه رابطه همبستگی شاخص‌های اسـترس گرمایی دمای تر گویسان، استرین فیزیولوژیکی و استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با پارامترهای فیزیولوژیکی دمای تمپان و ضربان قلب در یک صنعت شیشه است.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی بر روی ۷۲ نفر کارگر مرد در یک کارخانه شیشه انجام گرفت.پارامترهای جوی دمای خشک، دمای تر طبیعی و دمای گوی‌سان اندازه‌گیری و شاخص‌های استرس گرمایی برآورد شد. دمای تمپان و ضربان قلب نیز اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن ورگرسیون خطی تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: همبسـتگی بین دمای تمپان و ضربان قلب با شـاخص‌ها معنی‌دار بود(p-value <۰/۰۵). میزان همبستگی بین شاخص دمای تر گویسـان با ضربان قلب و دمای تمپان به ترتیب (۰/۲۰۸) و (۰/۲۱٤)، بین شـاخص اسـترین فیزیولوژیکی با ضربان قلب و دمای تمپان (۰/٤۲۳) و (۰/۷۰۱) و بین شـاخص اسـترین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با ضربان قلب و دمای تمپان به ترتیب (۰/۵۷۹) و (۰/۰٦۸) می‌باشد.

نتیجه گیری: شـاخص اسـترین فیزیولوژیکی نسبت به شاخص‌های دیگر همبستگی بیشتری با پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه گیری شده در این مطالعه دارد بنابراین شاخص استرین فیزیولوژیکی برای ارزیابی استرس گرمایی در بین کارگران به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شود.

کلمات کلیدی: استرس، گرما، استرین، دما، فیزیولوژیک، شیشه

مقدمه

در بسـیاری از کشـورهای جهان، مواجهه با گرمای محیط کار به عنوان یک مشـکل عمده بهداشت شغلی به شمار می‌رود. مواجهه با گرما می‌تواند باعث بروز بیماری و مرگ شـود. هر ساله، هزاران نفـر از کارگران در اثر مواجهه با گرمای شـغلی، بیمار می‌شـوند. این بیماری و مرگ و میرها، قابل پیشـگیری هستند(۱). استرس گرمایی، خطری جدی است که می‌تواند باعث بروز مشکلاتی برای سلامتی کارگران شـاغل در برخی صنایع گردد و استرین گرمایی

* نویسنده مسؤل مکاتبات: ghazalhour@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

زمانی رخ می‌دهد که بدن تحت استرس شدید گرمایی قرار گرفته و سعی می‌کند بار گرمایی را از راه واکنش‌های فیزیولوژیکی دفع نماید.

اثراتی مانند خستگی گرمایی، کرامپ گرمایی، گرمازدگی و راش گرمایی به وفور در کارگران بسیاری از صنایع گرم مشاهده می‌شود(۱). کار کردن افراد در صنعت ممکن است آن‌ها را با شرایط گرم و مرطوبی روبرو کند که بارهای گرمایی غیرقابل جبرانی را تجربه نمایند. در صنایع ذوب آهن، استیل، شیشه، ریخته‌گری، معدن و سایر کارخانجات گرم، استرس گرمایی شدید وجود دارد. در صنایع تولید شیشه کارگران به صورت پیوسته و در طول ۸ ساعت نوبت کاریشان با دمای بالایی رویارو هستند(۲, ۳).

برای ارزیابی استرس ناشی از گرما در محیط‌های کاری پایش و کنترل محیطی، تعیین میزان مبادله گرما بین کارگر و محیط و هم چنین پایش برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی انسان سفارش شده است. در همین راستا، استاندارد جهانی ایزو ۷۲۴۳ جزئیات پایش و کنترل محیطی، استاندارد جهانی ایزو ۷۹۳۳ تعیین میزان مبادله گرما بین کارگر و محیط و استاندارد جهانی ایزو ۹۸۸۶ پایش دمای عمقی بدن، دمای پوست، ضربان قلب و میزان تعریق را سفارش و جزئیات آن را ارائه داده‌اند(۴). از میان پارامترهای سفارش شده برای اندازه‌گیری و ارزیابی میزان استرس گرما پایش محیطی عملی‌تر از دیگر روش‌هاست.

برای ارزیابی میزان استرس گرمایی با پایش محیطی حدود ۴۵ شاخص ابداع شده است که در سه گروه شاخص‌های منطقی، تجربی و مستقیم دسته بندی می‌شوند. همبستگی بین یک شاخص استرس گرمایی و پارامترهای فیزیولوژیکی متأثر از گرما به عنوان یکی از معیارهای مهم عملکرد شاخص استرس گرمایی به شمار می‌رود. در طول دوران صد ساله مطالعات استرس گرمای محیط‌های کاری، شاخص‌هایی پذیرفته شده‌اند که ارتباط بهتری با پارامترهای فیزیولوژیکی متأثر از گرما داشته‌اند. برای ارزیابی عملکرد شاخص‌های استرس گرمایی در محیط کار، عموماً همبستگی شاخص استرس گرمایی با پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه مطالعه می‌شود که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

دهقان شهرضا و همکاران شاخص استرس گرمایی تدوین شده خود را از راه پایش فاکتورهای محیطی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی در کارخانه ذوب فلزات انجام داد. دراین مطالعه، شاخص‌های دمای تر گویسان و استرین فیزیولوژیکی با استفاده از دمای کانال گوش و ضربان قلب ارزیابی شدند(۵).

فلاحتی شاخص‌های استرس گرمایی دمای تر گویسان و میزان عرق پیش بینی شده ۴ ساعته را در یک پایانه نفتی به کمک دمای عمقی بدن اعتبارسنجی کرد. اندازه‌گیری پارامترهای محیطی(دمای خشک، دمای تر و ...) و پارامترهای فیزیولوژیکی (دمای دهانی و پرده صماخ) انجام شد(۶).

میزان همبستگی یک شاخص استرس گرمایی با پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه در صنایع مختلف یکسان نیست. ممکن است شاخصی در یک صنعت گرم ارتباط بهتری با پارامترهای فیزیولوژیکی داشته و در صنعت دیگری این همبستگی بخوبی صنعت قبل نباشد. بنابراین لازم است همبستگی شاخص‌هایی که از سوی عموم پذیرفته شده و حتی به صورت استاندارد معرفی می‌شوند با پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه در صنایع مختلف مطالعه شده و نقاط قوت و ضعف آن‌ها مشخص گردد.

کارخانجات شیشه سازی از جمله محیط‌های کاری گرم و مرطوب به شمار می‌روند. مطالعات گذشته در این کارخانجات به طور عمده محدود به ارزیابی میزان استرس گرما بوده و به همبستگی بین پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه با شاخص‌های استرس گرمایی کمتر توجه شده است. پور مهابادیان و عادل خواه میزان مواجهه گرمایی کارگران کارخانه شیشه سازی را با شاخص‌های دمای تر گویسان، دمای موثر تصحیح شده و استرس گرمایی ارزیابی کردند. مقادیر پارامترهای محیطی و شاخص‌های استرس گرمایی بالا بودند و نتایج نشان داد که شاخص دمای تر گویسان شاخص مناسب و معتبری برای ارزیابی است(۷).

براهماپورکار برای مقایسه استرس گرمایی و اثرات آن، بین ۲۶۳ نفر از گروه کارگران کارخانه شیشه و ۲۶۳ نفر از گروه شاهد در فصول مختلف مطالعه‌ای انجام داد که در آن برای ارزیابی استرس گرمایی شاخص دمای تر گویسان مورد استفاده قرار گرفت(۲).

برخی از شاخص‌های استرس گرمایی نظیر شاخص دمای تر گویسان به صورت وسیعی فراگیر شده و در بسیاری از کشورها به عنوان شاخص استاندارد پذیرفته شده است. برخی از شاخص‌ها نیز نظیر شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی و شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب اصولاً شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی بوده

www.SID.ir

Archive of SID

و انتظار می‌رود همبستگی قوی‌تری با پارامترهای فیزیولوژیکی داشته باشند. بنابراین برای تعیین شاخصی مناسب جهت ارزیابی میزان استرس گرمایی صنایعی که کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند به نظر می‌رسد مقایسه این سه شاخص منطقی باشد.

شاخص دمای تر گویسان ترکیبی از دمای خشک(t_a)، دمای تر طبیعی (t_w) و دمای گوی‌سان (t_g) می‌باشد. مقداراین شاخص در مکان‌های سرپوشیده مانند مطالعه حاضر از رابطه زیر برآورد می‌شود:

۱) $WBGT= 0.7\times t_{nw}+0.3\times t_g$

این شاخص آثار مواجهه با گرما در یک دوره زمانی در فعالیتی خاص را روی افراد نشان می‌دهد(۸).

شاخص استرین فیزیولوژیکی شامل ترکیب ضربان قلب و دمای عمقی بدن است و به عنوان شاخص استرس گرمایی برای پایش استرس گرمایی بهره‌برداری می‌گردد. نمره دهی شاخص استرین فیزیولوژیکی برای ارزیابی میزان گرما بین صفر و ۵ است که صفر نشان دهنده نداشتن استرس گرمایی و ۵ نشان دهنده بیشترین مقدار استرس گرمایی است. برای محاسبه این شاخص از معادله ۲ استفاده می‌شود(۹):

۲) $PSI=\left[\frac{5\times(T_w-t_r)}{(39.5-T_r)}\right]+(5\times(HR_w-HR_r)\times(180-HR_r))$

نمره دهی شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب PSI_{HR}(بدون واحد) برای ارزیابی بین صفر تا ۱۰ است که صفر نشان دهنده نداشتن استرس گرمایی و ۱۰ نشان دهنده بیشترین استرس گرمایی است. شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب یا PSI_{HR}از معادله ۳ محاسبه می‌شود.

۳) $PSI_{HR}=\left[\frac{5\times(HR_w-HR_r)}{(180-HR_r)}\right]$

در معادله‌های ۲ و ۳، T_r و T_w به ترتیب دمای عمقی بدن در حالت استراحت و کار(^oC) و HR_r و HR_w به ترتیب معرف ضربان قلب در حالت استراحت و کار (beat/min) می‌باشد. هر دو شاخص بدون واحد می‌باشند.

شاخص توده بدنی از تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) بر قد(بر حسب متر) به توان دو بدست می‌آید و واحد آن کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد. این شاخص از معادله ۴ بدست می‌آید.

۴) $BMI=\frac{mass\ (kg)}{(height\ (m))^2}$

مطالعات مختلفی در سطح ایران وجهان در ارتباط با میزان کارایی شاخص‌های مختلف گرمایی در برآورد و تعیین استرس گرمایی، انجام شده است که در آن‌ها شاخص دمای تر گویسان شاخص مناسبی برای ارزیابی وضعیت شرایط آب و هوایی محیط معرفی شده است(۶).

در اثر مواجهه انسان با گرما پارامترهای فیزیولوژیکی مختلفی تحت تأثیر قرار می‌گیرند اما برای ارزیابی میزان استرین ناشی از مواجهه با گرما، به پارامترهای دمای عمقی بدن، دمای پوست، ضربان قلب و میزان تعریق بیشتر توجه شده است و وسیله سازمان‌های معتبری مانند سازمان جهانی استاندارد سفارش شده‌اند. شاید علت اصلی سفارش این پارامترها این است که آن‌ها را می‌توان به آسانی و به صورت غیرتهاجمی اندازه‌گیری کرد.

هدف از مطالعه حاضر ارزیابی استرس گرمایی و مقایسه همبستگی شاخص‌های استرس گرمایی دمای تر گویسان، استرین فیزیولوژیکی و استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با دمای تمپان و ضربان قلب در یک کارخانه شیشه سازی می‌باشد.

کارخانه مطالعه شده در تهران قرار داشته و در آن فرایند تولید بطری شیشه‌ای شامل مراحل آماده سازی مواد خام، ذوب، قالب دهی، باز پخت، کنترل کیفی و بسته‌بندی است. در این کارخانه به طور معمول ۹۵ درصد مواد خام استفاده شده شیشه‌های جمع‌آوری شده مورد استفاده و ۵ درصد مخلوطی از خاک، سدیم و مواد شیمیایی است. با عنایت به نوع سفارش، حدود ۴۰۰-۵۰۰ کیلوگرم مواد خام به کوره اضافه می‌شود. برای تولید گرما از گاز طبیعی استفاده می‌شود. هنگامی که تمام مواد در مخلوط‌کن ذوب شدند، دمای مخلوط‌کن تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه مقطعی بر روی ۷۲ نفر از کارگران صنعت شیشه سازی در فصل تابستان ۱۳۹۲ انجام گرفت. جمع‌آوری نمونه‌ها به صورت تمام شماری از کارگران بخش تولید وبسته بندی انجام شد. همچنین در فرم دموگرافیک کارگران، از وجود هر نوع بیماری و مصرف دارو پایش شدند. همه افرادی که از داروهای بتابلوکرها، فنوتیازین، دیورتیک‌ها، آنتی کوسینرژیک، آنتی اسپاسمودیک، سایکوتروپیک، آنتی هیستامین‌ها، ضدفشارخون، آمفتامین و دکنژستنت استفاده می‌کردند، از مطالعه حذف شدند. افراد دچار

www.SID.ir

Archive of SID

بـه بیماری‌های عفونی یا تب دار، ریوی، قلبی عروقی، فشـارخون بالا، کلیوی، پرکاری غده تیروئید، دیابت، دارای حالت‌های اسـهال یا اسـتفراغ وارد مطالعه نشدند. افراد شرکت کننده در مطالعه باید حداقل از دو هفته پیش در مکان کاری مطالعه شـده مشـغول به کار می‌بودند.

پیش از انجام طرح همه مراحل اجرای آن وسـیله کمیته اخلاق معاونت پژوهشـی دانشـگاه علوم پزشـکی و خدمات بهداشتی درمانی دانشـگاه شـهید بهشـتی تأیید شـد. در این مطالعه از هیچ‌گونه آزمایش تهاجمی اسـتفاده نشد و همه نکات درج شده در اعلامیه هلسـینکی در باره مطالعات مرتبط با انسـان رعایت شد. پیش از شروع اقدام‌ها، توضیح‌های لازم در باره این مطالعه به کارگران داده شـد و رضایت کتبی آن‌ها برای شرکت در این مطالعه گرفته شـد. به کارگران اطمینان داده شـد که اطلاعات شخصیشـان محرمانه خواهـد ماند و در انتشـار مطالب رعایت امانت خواهد شد.

در روز پیـش از اندازه‌گیری، هدف از انجام مطالعه و رعایت نکاتی مانند اسـتراحت کافی در شب، اسـتفاده نکردن از قهوه و الکل به افراد یادآوری شـد. در روز اندازه‌گیری پس از تکمیل پرسشـنامه دموگرافیک، ضربان قلب و دمای عمقی بدن در دو مرحله بر اساس استاندارد ایزو ۹۸۸۶(۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد(۱).

دمـای گوش با اسـتفاده از دماسـنج تمپان مدل FT 70 سـاخت شـرکت بئورر کشـور آلمان اندازه‌گیری شـد. دقت این دسـتگاه معادل۰/۲±درجه سـانتی‌گراد و دامنه انـدازه گیری آن۳۴ تا ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ضربان قلب با استفاده از شمارش نبض رادیال اندازه‌گیری شـد. در مرحله اول، فرد در اتاق خنک به مدت ۳۰ دقیقـه قرار گرفت. محدوده شـاخص دمای تر گویسـان اتاق خنک ۱/۴±۲۳/۶ درجه سـانتی‌گراد بود. اندازه‌گیری ضربان قلب و دمـای عمقی در زمان‌هـای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه پس از ورود به اتـاق خنک صـورت گرفت و میانگین آن به عنـوان اطلاعات پایه ثبت شد.

پـس از پایـان اندازه‌گیری‌های قبـل از مواجهه با گرمـا، از فرد خواسته شد که به محل کار خود برود و کار خود را شروع نماید. پس از شـروع به کار، با نظارت همیشـگی پژوهشگر، اندازه‌گیری ضربـان قلب و دمای تمپان در زمان‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ دقیقه پس از شـروع به کار ثبت شـد. هم‌زمان با اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای عمقی، شـاخص دمای تر گویسان در زمان استراحت و کار با دستگاه شـاخص دمای تر گویسان، مدل Quetemp10 ساخت شـرکت ایکویپ‌کو از کشـور آمریکا و بر اسـاس اسـتاندارد ایزو ۷۲۴۳ نیز اندازه‌گیری شـد. دامنه اندازه گیری این دستگاه صفر تا۶۰ درجه سـانتی‌گراد و دقت آن معادل ۰/۵±درجه سانتی‌گراد اعلام شده است.

در ایسـتگاه‌های کاری که شاخص دمای تر گویسان در ارتفاع‌های مقابل قوزک پا(۰/۱ متر)، کمر(۱/۱ متر) و سر (۱/۷ متر)با یکدیگر تفاوت دارد مقدار این شاخص در سه ارتفاع، اندازه‌گیری و میانگین مقدار آن از رابطه ۵ برآورد می‌گردد.

$$(۵)\ WBGT_i = \frac{WBGT_{Leg} + 2\,WBGT_{Waste} + WBGT_{Head}}{4}$$

اما در محیط‌های همانند که اختلاف پارامترهای اندازه‌گیری شده در آن بیشـتر از ۵٪ نیسـت اندازه‌گیری فقط در ناحیه شکم انجام می‌گیرد(۱۰). در این مطالعه محیط بررسـی شـده همانند بود و بنابرایـن پارامترهـای آب و هوایی برای برآورد شـاخص دمای تر گویسـان در ارتفاع کمر اندازه‌گیری شدند. اندازه گیری هر متغیر در طول نوبت کاری ۶ بار انجام گرفت.

شـاخص دمای تر گویسـان برای هر شـغل، از راه برآورد میانگین وزنی –زمانی شـاخص بالا در تمام ایستگاه‌های کاری هرشغل و از رابطه ۶ محاسبه شد.

$$(۶)\ WBGT = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} WBGT_i \times t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}$$

میزان متابولیسـم بر اسـاس فعالیت ایزو ۸۹۹۶ (۱۹۹۰) برای هر وظیفه تعیین شـد. سـپس با برآورد میانگین وزنـی زمانی میزان متابولیسم تمام وظایف هر شغل، از رابطه ۷ برآورد گردید.

$$(۷) Metabolism = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Metabolism_i \times t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i}$$

مقدار متابولیسـم بـرای کارگران کنترلچی به صورت کار سـبک نشسـته با یک بازو، برای اپراتور خط تولید و کارگران بسته بندی نیز کار متوسط با تمام بدن (تنه) در نظر گرفته شد.

داده‌ها با اسـتفاده از تجزیـه و تحلیل آماری ضریب همبسـتگی پیرسون و اسپیرمن و رگرسیون خطی تجزیه و تحلیل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۷۲ مرد با میانگین و انحراف معیار سنی ۸/۴۶±۳۴/۹۹ سال، قد ۱۰/۸۶±۱۷۵/۴۲ سانتی‌متر، وزن ۱۰/۸۶±۷۷/۱۹ کیلوگرم با شاخص توده بدنی ۳/۳۰±۲۵/۱۳ کیلوگرم بر مترمربع بودند.

نتایج نشان داد که اپراتورهای خط تولید دارای بیشترین میانگین دمای تمپان (۳۷/۷۸ درجه سانتی‌گراد) و ضربان قلب (۸۷/۷۱ ضربه در دقیقه) بودند. گروه کنترلچی دارای کمترین میانگین دمای تمپان (۳۷/۰۷ درجه سانتی‌گراد) و شاغلین بسته بندی کمترین میانگین ضربان قلب (۸۷/۷۱ ضربه در دقیقه) را داشتند.

شاخص‌های گرمایی کارگران مشاغل مطالعه شده در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار هر سه شاخص در اپراتورهای خط تولید بیش از سایر گروه‌های شغلی مطالعه شده بود.

جدول ۱. شاخص‌های گرمایی و میزان متابولیسم

شغل	دمای تر گویسان (^{O}C)		استرین فیزیولوژیکی		استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب	
	$\bar{x}\pm\sigma$	دامنه	$\bar{x}\pm\sigma$	دامنه	$\bar{x}\pm\sigma$	دامنه
اپراتور خط	۱/۰۶ ±۳۰/۲۰	۳۱/۳۷- ۲۷/۲۲	۲/۹۴±۱/۳	۵/۵۱-۰/۵۷	۱/۰۳±۰/۳۷	۱/۷۲-۰/۱۷
بسته‌بندی	۱/۰۴ ±۲۷/۶۳	۲۸/۸۸- ۲۵/۲۷	۱/۵۵±۰/۵۹	۲/۹۹- ۰/۸۱	۰/۶۸±۰/۲۷	۱/۵-۰/۲۹
کنترلچی	۰/۵۸±۲۸/۳۷	۲۸/۷۷- ۲۷/۲۲	۱/۵۸±۰/۵۹	۳/۳۷- ۰/۸۸	۰/۵۵±۰/۲۳	۰/۱۹-۰/۹۳
کل	۲/۶۳±۳۱/۹۹	۳۵/۸-۲۶/۴	۲/۲۲±۱/۲۱	۵/۵۲-۰/۵۸	۰/۸۲±۰/۳۸	۱/۷۲-۰/۱۸

حدود مجاز مواجهه با گرما در گروه‌های شغلی مطالعه شده به همراه نتایج ارزیابی میزان مواجهه آنان با گرما در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر میانگین شاخص دمای تر گویسان فقط در گروه شغلی اپراتور خط تولید بیش از حد مجازسفارش شده وسیله اداره بهداشت محیط و حرفه‌ای وزارت بهداشت ایران است و در دیگر گروه‌ها پایین‌تراز حد مجازمی‌باشد. در دیگر شاخص‌ها نیز میانگین پایین‌تر از حد مجاز بود.

جدول ۲. ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با گرما

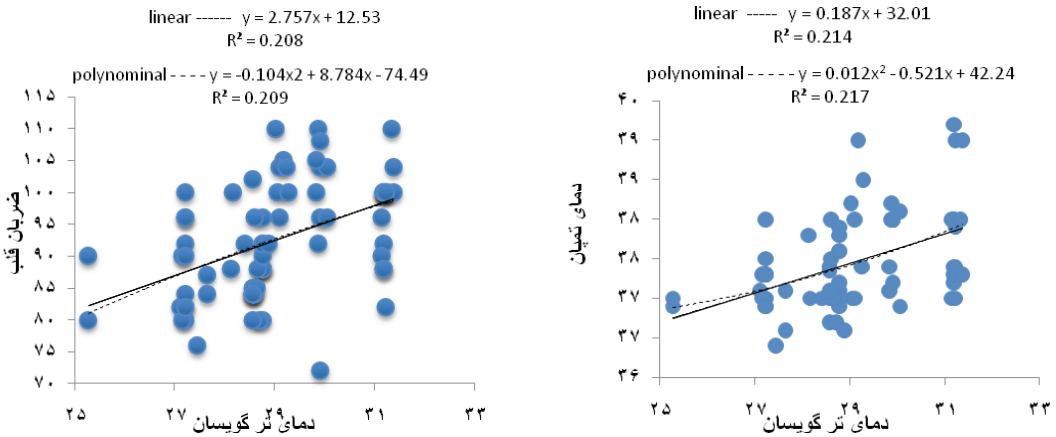
شغل	دمای تر گویسان (^{O}C)		استرین فیزیولوژیکی		استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب	
	میانگین	حد مجاز	میانگین	حد مجاز	میانگین	درصد*
اپراتور خط (n=۳۴)	۳۰/۲۰	۲۸	۲/۹۴	۳/۷۶	۱/۰۳	۲۰/۶
بسته‌بندی (n=۲۱)	۲۷/۶۳	۲۸	۱/۵۵	۳/۷۶	۰/۶۸	۱۳/۶
کنترلچی (n=۱۷)	۲۸/۳۷	۳۰	۱/۵۸	۳/۷۶	۰/۵۵	۱۱
کل (n=۷۲)	-	-	۲/۲۲	۳/۷۶	۰/۸۲	۱۶/۴

*در این جدول منظور از درصد نسبت به حداکثر استرس تعیین شده در شاخص محاسبه شده است.

با توجه به اینکه ضرایب همبستگی خطی بین شاخص‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی مطالعه شده بسیار ضعیف بود بنابراین مناسب‌ترین رابطه بین این شاخص‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی مورد مطالعه بررسی و به دست آمد که در شکل‌های زیر ارائه شده‌اند. نتایج نشان داد که برای شاخص دمای تر گویسان و دمای تمپان نمودار چند اسمی بیشترین میزان ضریب همبستگی و نمودار لگاریتمی و چند اسمی بین شاخص دمای تر گویسان و ضربان قلب بیشترین ضریب همبستگی را در بین دیگر نمودارها داشت. برای دیگر شاخص‌ها با پارامترهای فیزیولوژیک نمودار چند اسمی بیشترین ضریب همبستگی را در بین دیگر نمودارها داشت. ارتباط خطی و مناسب‌ترین نمودار همبستگی بین شاخص دمای تر گویسان و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در شکل ۱ ارائه شده است. معادله خط و ضریب همبستگی خطی و غیر خطی در روی شکل نشان داده شده است.

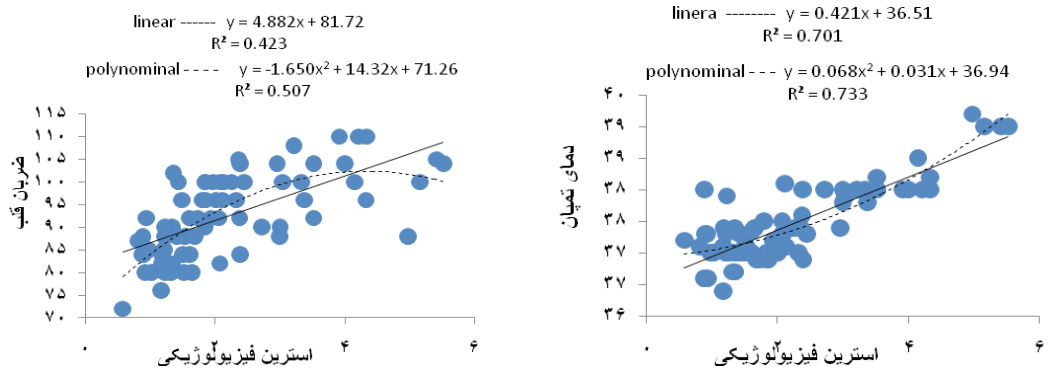
www.SID.ir

Archive of SID



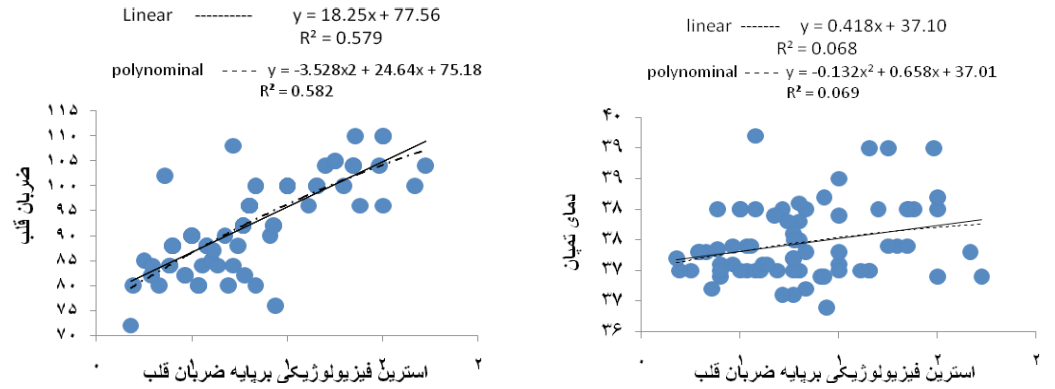
شکل ۱ : نمودارهای همبستگی خطی و چند اسمی بین شاخص دمای تر گویسان و پارامترهای فیزیولوژیک

ارتباط خطی و مناسب‌ترین نمودار همبستگی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده نیز در شکل ۲ ارائه شده است. معادله خط و ضریب همبستگی خطی و غیر خطی بر روی شکل نشان داده شده است.



شکل۲: نمودارهای همبستگی خطی و چند اسمی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی و پارامترهای فیزیولوژیک

ارتباط خطی و مناسب‌ترین نمودار همبستگی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در شکل ۳ ارائه شده است. معادله خط و ضریب همبستگی خطی و غیر خطی بر روی شکل نشان داده شده است.



شکل۳: نمودارهای همبستگی خطی و چند اسمی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب و پارامترهای فیزیولوژیک

ضرایب همبستگی خطی و غیر خطی بین شاخص‌ها و پارامترهای مطالعه شده برای مقایسه در جدول شماره ۳ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی

شغل	دمای تر گویسان (^{O}C)		استرین فیزیولوژیکی		استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب	
	خطی	غیر خطی	خطی	غیر خطی	خطی	غیر خطی
دمای تمپان(^{O}C)	۰/۲۱۴	۰/۲۱۷	۰/۷۰۱	۰/۷۳۳	۰/۰۶۸	۰/۰۶۹
ضربان قلب(beat/min)	۰/۲۰۸	۰/۲۰۹	۰/۴۲۳	۰/۵۰۷	۰/۵۷۹	۰/۵۸۲

ارزیابی اســترس گرمایی با استفاده از شــاخص دمای تر گویسان نشــان داد که حدود۴۴/۴۴ درصد از افراد مطالعه شده در کارخانه دارای اســترس گرمایی هستند و شاخص دمای تر گویسان بیشتر از حدود آستانه مجازســفارش شده وسیله اداره بهداشت محیط و حرفه‌ای وزارت بهداشت ایران است.

در این مطالعه اندازه‌گیری دمای تمپان نشــان داد که ۹/۷۲ درصد از افراد مطالعه شــده در خطر فشــار گرمایــی (منطقه قرمز دمای بیشتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد) هستند. اندازه‌گیری ضربان قلب نیز نشان داد که ضربان قلب افراد مطالعه شده در حد مجاز می‌باشد.

بحث

بیشتر مطالعات انجام شده، شاخص دمای تر گویسان را به عنوان شاخصی معتبر برای ارزیابی استرس حرارتی در نظر گرفته‌اند(۶, ۱۱). شــاخص استرین فیزیولوژیکی نیز به عنوان شاخصی معتبر برای ارزیابی اســترس گرمایی در نظر گرفته شــده است.در این مطالعــه ارزیابی اســترس گرمایی برای کارگــران تطابق یافته با اســتفاده از شاخص دمای تر گویسان نشان داد که حدود۴۴/۴۴ درصد از افراد مطالعه شــده در کارخانه دارای اســترس گرمایی هستند

در مطالعه فلاحتی شــاخص‌های استرس گرمایی با دمای تمپان ارتباط معنی‌داری دارند و شــاخص دمای تر گویســان بیشترین دقــت را در ارزیابی اســترس حرارتی نشــان داد(۶). در مطالعه حاضر سه شاخص اســترس گرمایی مطالعه شده با دمای تمپان ارتباط معنی‌داری دارند اما بیشترین همبستگی خطی مربوط به شــاخص استرین فیزیولوژیکی با ضریب ۰/۷۰۱ است. در مطالعه فلاحتــی با افزایش شــاخص‌های دمای تر گویســان و اســترین فیزیولوژیکی دمای عمقی بدن افزایش یافته است(۶). در مطالعه حاضر نیز پارامترهای فیزیولوژیکی با افزایش شــاخص‌ها افزایش یافته است.

نتایج مطالعه دهقان و همکاران نشان داد که مقادیر شاخص دمای تر گویســان در ۶۹٪ ایستگاه‌های کاری بیشتر از حد مجازسفارش شــده وسیله اداره بهداشت محیط و حرفه‌ای وزارت بهداشت ایران بود. شــاخص استرین فیزیولوژیکی نیز در ۳۱٪ از کارگران بالاتر از ۵ بود. همبســتگی بین شاخص دمای تر گویســان با دمای کانال گوش و شــاخص اســترین فیزیولوژیکی، ۰/۶۷ و ۰/۶۹ بود(۵). در مطالعه حاضر بیشترین همبستگی دمای تمپان با شاخص استرین فیزیولوژیکــی معادل ۰/۷۰۱ بود که با نتایج مطالعه آن‌ها مطابقت خوبی دارد.

نتایج بررسی براهماپورکار نشان داد که در مجموع ۷۷ نفر(۲۲/۳٪) از همــه کارگران و ۶۱ نفر(۴۰/۱ درصــد) از کارگران بخش تولید تحت تأثیر گرما هســتند. مقادیر دمای تر گویسان در بخش تولید بالاتر از حد مجاز بود اما در بخش بسته بندی در حد مجاز بود(۲). در مطالعه حاضر نیز دمای تر گویسان کارگران بخش بسته بندی و کنترلچی در حد مجاز بودند و تنها کارگران بخش تولید در مواجهه گرمای بالاتر از حد مجاز بودند.

از مداخله‌گرهــای مطالعه حاضر می‌توان ســرعت جریان هوا را در نظر گرفت زیرا در شــاخص دمای تر گویســان سرعت جریان هوا دخالت مســتقیم ندارد و این یکی از معایب این شاخص به حساب می‌آید. میزان رطوبت نسبی مربوط به بخش‌های اندازه‌گیری پایین بود کــه می‌تواند بر میزان دمای تر اندازه‌گیری شــده و شــاخص دمای تر گویســان تأثیر داشته باشــد. از عوامل مداخله‌گر دیگر در مطالعه می‌توان به صدای قابل ملاحظه ناشی از دستگاه‌ها در بخش تولید اشــاره نمود که بر میزان ضربان قلب کارگران ممکن اســت اثرگذاشته باشد.

در مطالعه حاضربیشــترین مقدار میانگین وزنی – زمانی شــاخص دمــای تر گویســان،۳۱/۳۷ درجه ســانتی‌گراد مربــوط به اطراف دستگاه‌ها در بخش تولید بود که حد آستانه مجاز مربوط به آن ۲۸ درجه سانتی‌گراد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

تمامی کارگران مطالعه شـده لباس کار معمولی تابسـتانی به تن داشـتند و وسـایل حفاظت فردی شامل ماسـک معمولی، گوشی ایرپـلاگ و دسـتکش نخی اسـتفاده می‌کردند. تمامـی کارگران مطالعه شـده تطابق یافته بودند. کارخانه سیسـتم تهویه نداشت و جریان هوای داغ و گرمی در بخش‌ها وجود داشت.کارگران حداقل از دو هفته پیش در مکان کاری مطالعه شده مشغول به کار بودند. همـه اندازه‌گیری‌های مطالعه حاضر در ماه مـرداد و در گرم‌ترین سـاعات روز در یک نوبت کاری انجام شد که این کار از نقاط قوت مطالعه به شمار می‌رود.

نتایج این مطالعه نشـان داد که دمای تر گویسان در تمام نقاط اندازه‌گیری بیشتر از دمای خشک است. گرمای تابشی در واحد تولیـد گرمای قابل توجهی را به محیط وارد می‌کند. شـاخص اسـترین فیزیولوژیکی همبستگی بیشـتری نسبت به شاخص دمای تر گویسان و شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلـب با پارامترهای فیزیولوژیک دارد. دلیل همبسـتگی پایین شـاخص شـاخص اسـترین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با دمـای تمپان می‌تواند به دلیل این باشـد کـه در فرمول این شـاخص تأثیر دمای تمپان در نظر گرفته نمی‌شود درحالی‌که ضربـان نبض یکـی از ضرایب موثـر در فرمول این شـاخص می‌باشد.

برنامه کار- اسـتراحت (۷۵٪ - ۲۵٪) تعیین شده برای کارگران نیز با توجه به این بار گرمایی مطلوب نیسـت. پیشـنهادهای کنترلی برای کاهش مواجهه با گرمای تابشی شامل طراحی جاذب گرمای تابشـی در اطراف منابع تولید گرما، اسـتفاده از وسـایل حفاظت فردی مناسـب و تعبیه سیستم تهویه کارآمد در مکان‌هایی که بار گرمایی بسیار بیشتر از حد مجاز است سفارش می‌شود.

تشکر و قدردانی:

این مقاله برگرفته از پایان نامه خانم غزال حورفراست به راهنمایی دکتر محمد جواد جعفری اسـت که بخشـی از یک طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشـکی شهید بهشتی می‌باشد. نویسندگان وظیفه خود می‌دانندکه از دانشـگاه علوم پزشـکی شهید بهشتی و همچنین شرکت شیشه مینا که امکان اجرای این مطالعه را فراهم نمودند تشکر و قدردانی نمایند.

REFERENCES

1. Sung T-I, Wu P-C, Lung S-C, Lin C-Y, Chen M-J, Su H-J. Relationship between heat index and mortality of 6 major cities in Taiwan. Science of the total environment. 2013;442:275-81.
2. Brahmapurkar P, Ashok G, Sanjay PZ, Vaishali KB, Gautam MK, Subhash B, et al. Heat Stress and its Effect in Glass Factory Workers of Central India. International Journal of Engineering Research & Technology. 2012;1(8):9-12.
3. Dehghan H, Habibi E, Khodarahmi B, Yousefi HA, Hasanzadeh A. The relationship between observational–perceptual heat strain evaluation method and environmental/physiological indices in warm workplace. Pakistan Journal of Medical Sciences. 2013;29(1).
4. knottnerus JA. presentation of advisory letter heat stress in the workplace :Health Council of Netherlands; November 24, 2008.
5. Dehghan H, Mortazavi S, Jafari M, Maracy M, 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.
6. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad A, Zokaei M, Sardar A. Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. Iran Occupational Health. 2012;9(3).
7. Pourmahabadian M, Adelkhah M, Azam K. Heat exposure assessment in the working environment of a glass manufacturing unit. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2008;5(2).
8. Golbabaie F, Monazam Esmaieli MR, Hemmatjou R, Gholam Reza Pour Y, Hosseini M. Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the Men Physiological Parameters in Hot and Humid Environment. Iranian Journal of

www.SID.ir

Archive of SID

Health and Environment. 2012;5(3):245-52.

9. Dehghan Shahreza H, Mortazavi SB, Jafari MJ MM, Khavanin A, Jahangiri M, . Combined application of Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) and Physiological strain index based on heart rate (PSIHR) in hot wet and hot dry conditions: A guide to better estimation of the heat strain. Seven Congress of Occupational Safety and Health; Iran2011. p. 1-11.
10. Golbabaei F, Omidvar M, . man thermal environment. second, editor: university of tehran; 2008.
11. Lee J-Y, Nakao K, Takahashi N, Son S-Y, Bakri I, Tochihara Y. Validity of Infrared Tympanic Temperature for the Evaluation of Heat Strain While Wearing Impermeable Protective Clothing in Hot Environments. Industrial health. 2011;49(6):714-25.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparison of Correlation between Wet Bulb Globe Temperature, Physiological Strain Index and Physiological Strain Index Based on Heart Rate with Heart Rate and Tympanic Temperature on Workers in a Glass Factory

Jafari MJ[1], Hoorfarasat GH [1*], Salehpour S[2], Khodakarim S[1], Haydarnezhad N[3]

Abstract

Backgrounds and Objective: Heat stress is one of the main and the most common problems in the work environments. Extreme heat exposure can cause different clinical symptoms, including headache, nausea, vomiting. The aim of this study is to compare the correlation of Wet Bulb Globe Temperature, Physiological Strain Index and Physiological Strain Index based on heart rate heat stress indices with tympanic temperature and heart rate among the workers of a glass factory.

Materials and Methods : This cross- sectional study was conducted in a glass factory located in Tehran. 72 male subjects were participated in the study. Atmospheric parameters including dry temperature, natural wet bulb temperature and globe temperature were measured to determine the heat stress indices. Tympanic temperature and heart beat rates were also measured. The data were statistically analyzed using the Pearson and Spearman correlation as well as the linear regression tests.

Results: The correlation between tympanic temperature and heart rate with heat stress indices was significant (p-value<0.05). The poly-nominal correlation (R^2) between Wet Bulb Globe Temperature Index with heart rate and tympanic temperature was 0.208 and 0.214 respectively. This correlation between Physiological Strain Index with heart rate and tympanic temperature was 0.423 and 0.701 respectively. The correlation between Physiological strain index based on heart rate with heart rate and tympanic temperature was 0.579 and 0.068 respectively.

Conclusion : The Physiological Strain Index heat stress index had higher correlation with measured physiological parameters in this study.

Keywords: Stress, Heat, Strain, Temperature, Physiologic, Glass

1. Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Massih Daneshvari Hospitals, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
*** Corresponding Author:** ghazalhour@yahoo.com

www.SID.ir