

## 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<sup>۱</sup>، غزال حورفراس<sup>۱\*</sup>، سوسن صالح پور<sup>۲</sup>، سهیلا خداکریم<sup>۱</sup>، ناصح حیدرنژاد<sup>۲</sup>

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 نشانه‌های مختلف کلینیکی از جمله سردرد، تهوع و استفراغ بینجامد. هدف از این مطالعه مقایسه رابطه همبستگی شاخص‌های استرس 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 گوی سان 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 و رگرسیون خطی تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: همبستگی بین دمای تمپان و ضربان قلب با شاخص‌ها معنی‌دار بود ( $p\text{-value} < 0/05$ ). میزان همبستگی بین شاخص دمای تر گویسان با ضربان قلب و دمای تمپان به ترتیب  $(0/208)$  و  $(0/214)$ ، بین شاخص استرین فیزیولوژیکی با ضربان قلب و دمای تمپان  $(0/423)$  و  $(0/701)$  و بین شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با ضربان قلب و دمای تمپان به ترتیب  $(0/579)$  و  $(0/681)$  می‌باشد.

نتیجه‌گیری: شاخص استرین فیزیولوژیکی نسبت به شاخص‌های دیگر همبستگی بیشتری با پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری 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

نفر از کارگران در اثر مواجهه با گرمای شغلی، بیمار می‌شوند. این بیماری و مرگ و میرها، قابل پیشگیری هستند (۱). استرس گرمایی، خطری جدی است که می‌تواند باعث بروز مشکلاتی برای سلامتی کارگران شاغل در برخی صنایع گردد و استرین گرمایی

در بسیاری از کشورهای جهان، مواجهه با گرمای محیط کار به عنوان یک مشکل عمده بهداشت شغلی به شمار می‌رود. مواجهه با گرما می‌تواند باعث بروز بیماری و مرگ شود. هر ساله، هزاران

در کارخانه ذوب فلزات انجام داد. در این مطالعه، شاخص‌های دمای تر گویسان و استرس 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).

براهماپور کار 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 استرس فیزیولوژیکی و شاخص استرس فیزیولوژیکی بر پایه ضربان قلب اصولاً شاخص‌های استرس فیزیولوژیکی بوده

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، گرم‌زدگی 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 روبرو 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 گرمایی 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

شاخص‌های مختلف گرمایی در برآورد و تعیین استرس گرمایی، انجام شده است که در آن‌ها شاخص دمایی 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 استرس ناشی از مواجهه با گرما، به پارامترهای دمایی عمقی بدن، دمایی 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 دمایی تر گویسان، استرس فیزیولوژیکی و استرس فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با دمایی 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، دمایی 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 بسته 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 دکنزستنت استفاده می‌کردند، از مطالعه حذف شدند. افراد دچار

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

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

$$1) \text{WBGT} = 0.7 \times t_{nw} + 0.3 \times t_g$$

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

شاخص استرس فیزیولوژیکی شامل ترکیب ضربان قلب و دمایی عمقی بدن است و به عنوان شاخص استرس گرمایی برای پایش استرس گرمایی بهره‌برداری می‌گردد. نمره دهی شاخص استرس 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):

$$2) \text{PSI} = \left[ \frac{5 \times (T_w - t_f)}{39.5 - T_f} \right] + (5 \times (\text{HR}_w - \text{HR}_f) \times (180 - \text{HR}_f))$$

نمره دهی شاخص استرس فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب  $\text{PSI}_{\text{HR}}$  (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 استرس فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب یا  $\text{PSI}_{\text{HR}}$  از معادله ۳ محاسبه می‌شود.

$$3) \text{PSI}_{\text{HR}} = \left[ \frac{5 \times (\text{HR}_w - \text{HR}_f)}{180 - \text{HR}_f} \right]$$

در معادله‌های ۲ و ۳،  $T_w$  و  $T_f$  به ترتیب دمایی عمقی بدن در حالت استراحت و کار ( $^{\circ}\text{C}$ ) و  $\text{HR}_w$  و  $\text{HR}_f$  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 قدر (بر حسب متر) به توان دو بدست می‌آید و واحد آن کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد. این شاخص از معادله ۴ بدست می‌آید.

$$4) \text{BMI} = \frac{\text{mass (kg)}}{(\text{height (m)})^2}$$

مطالعات مختلفی در سطح ایران و جهان در ارتباط با میزان کارایی

دمای عمقی، شاخص دمای تر گویسان در زمان استراحت و کار با دستگاه شاخص دمای تر گویسان، مدل Quetemp10 ساخت شرکت ایکویپ کو از کشور آمریکا و بر اساس استاندارد ایزو ۷۲۴۳ نیز اندازه‌گیری شد. دامنه اندازه‌گیری این دستگاه صفر تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد و دقت آن معادل  $\pm 0.5$  درجه سانتی‌گراد اعلام شده است.

در ایستگاه‌های 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.

$$(۵) \text{WBGT}_i = \frac{\text{WBGT}_{\text{Leg}} + 2 \text{WBGT}_{\text{Waste}} + \text{WBGT}_{\text{Head}}}{4}$$

اما در محیط‌های همانند که اختلاف پارامترهای اندازه‌گیری شده در آن بیشتر از ۵٪ نیست اندازه‌گیری فقط در ناحیه شکم انجام می‌گیرد (۱۰). در این مطالعه محیط بررسی شده همانند بود و بنابراین پارامترهای آب و هوایی برای برآورد شاخص دمای تر گویسان در ارتفاع کمر اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری هر متغیر در طول نوبت کاری ۶ بار انجام گرفت.

شاخص دمای تر گویسان برای هر شغل، از راه برآورد میانگین وزنی - زمانی شاخص بالا در تمام ایستگاه‌های کاری هر شغل و از رابطه ۶ محاسبه شد.

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

میزان متابولیسم بر اساس فعالیت ایزو ۸۹۹۶ (۱۹۹۰) برای هر وظیفه تعیین شد. سپس با برآورد میانگین وزنی زمانی میزان متابولیسم تمام وظایف هر شغل، از رابطه ۷ برآورد گردید.

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

مقدار متابولیسم برای کارگران کنترلچی به صورت کار سبک نشسته با یک بازو، برای اپراتور خط تولید و کارگران بسته بندی نیز کار متوسط با تمام بدن (تنه) در نظر گرفته شد. داده‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن و رگرسیون خطی تجزیه و تحلیل شد.

به بیماری‌های عفونی یا تب دار، ریوی، قلبی عروقی، فشارخون بالا، کلیوی، پرکاری غده تیروئید، دیابت، دارای حالت‌های اسهال یا استفراغ وارد مطالعه نشدند. افراد شرکت کننده در مطالعه باید حداقل از دو هفته پیش در مکان کاری مطالعه شده مشغول به کار می‌بودند.

پیش از انجام طرح همه مراحل اجرای آن وسیله کمیته اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی دانشگاه شهید بهشتی تأیید شد. در این مطالعه از هیچ‌گونه آزمایش تهاجمی استفاده نشد و همه نکات درج شده در اعلامیه هلسینکی در باره مطالعات مرتبط با انسان رعایت شد. پیش از شروع اقدام‌ها، توضیح‌های لازم در باره این مطالعه به کارگران داده شد و رضایت کتبی آن‌ها برای شرکت در این مطالعه گرفته شد. به کارگران اطمینان داده شد که اطلاعات شخصیشان محرمانه خواهد ماند و در انتشار مطالب رعایت امانت خواهد شد.

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

دمای گوش با استفاده از دماسنج تمپان مدل FT 70 ساخت شرکت بئورر کشور آلمان اندازه‌گیری شد. دقت این دستگاه معادل  $\pm 0.2$  درجه سانتی‌گراد و دامنه اندازه‌گیری آن ۳۴ تا ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ضربان قلب با استفاده از شمارش نبض رادیال اندازه‌گیری شد. در مرحله اول، فرد در اتاق خنک به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. محدوده شاخص دمای تر گویسان اتاق خنک  $1/4 \pm 23/6$  درجه سانتی‌گراد بود. اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای عمقی در زمان‌های ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه پس از ورود به اتاق خنک صورت گرفت و میانگین آن به عنوان اطلاعات پایه ثبت شد.

پس از پایان اندازه‌گیری‌های قبل از مواجهه با گرما، از فرد خواسته شد که به محل کار خود برود و کار خود را شروع نماید. پس از شروع به کار، با نظارت همیشگی پژوهشگر، اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای تمپان در زمان‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ دقیقه پس از شروع به کار ثبت شد. هم‌زمان با اندازه‌گیری ضربان قلب و

## یافته‌ها

ضربه در دقیقه) بودند. گروه کنترلچی دارای کمترین میانگین دمای تمپان ( $37/07$  درجه سانتی‌گراد) و شاغلین بسته بندی کمترین میانگین ضربان قلب ( $87/71$  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.

شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۷۲ مرد با میانگین و انحراف معیار سنی  $34/99 \pm 8/46$  سال، قد  $175/42 \pm 10/86$  سانتی‌متر، وزن  $77/19 \pm 10/86$  کیلوگرم با شاخص توده بدنی  $25/13 \pm 3/30$  کیلوگرم بر مترمربع بودند.

نتایج نشان داد که اپراتورهای خط تولید دارای بیشترین میانگین دمای تمپان ( $37/78$  درجه سانتی‌گراد) و ضربان قلب ( $87/71$ )

جدول ۱. شاخص‌های گرمایی و میزان متابولیسم

شغل	دمای تر گویسان ( $^{\circ}\text{C}$ )		استرین فیزیولوژیکی		استرین فیزیولوژیکی بر پایه ضربان قلب	
	دامنه	$\bar{x} \pm \sigma$	دامنه	$\bar{x} \pm \sigma$	دامنه	$\bar{x} \pm \sigma$
اپراتور خط	۲۷/۲۲ - ۳۱/۳۷	$30/20 \pm 1/06$	۰/۵۷ - ۵/۵۱	$2/94 \pm 1/3$	۰/۱۷ - ۱/۷۲	$1/03 \pm 0/37$
بسته‌بندی	۲۵/۲۷ - ۲۸/۸۸	$27/63 \pm 1/04$	۰/۸۱ - ۲/۹۹	$1/55 \pm 0/59$	۰/۲۹ - ۱/۵	$0/68 \pm 0/27$
کنترلچی	۲۷/۲۲ - ۲۸/۷۷	$28/37 \pm 0/58$	۰/۸۸ - ۳/۳۷	$1/58 \pm 0/59$	۰/۹۳ - ۰/۱۹	$0/55 \pm 0/23$
کل	۲۶/۴ - ۳۵/۸	$31/99 \pm 2/63$	۰/۵۸ - ۵/۵۲	$2/22 \pm 1/21$	۰/۱۸ - ۱/۷۲	$0/82 \pm 0/38$

خط تولید بیش از حد مجازسفرارش شده وسیله اداره بهداشت محیط و حرفه‌ای وزارت بهداشت ایران است و در دیگر گروه‌ها پایین‌تر از حد مجازمی‌باشد. در دیگر شاخص‌ها نیز میانگین پایین‌تر از حد مجاز بود.

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

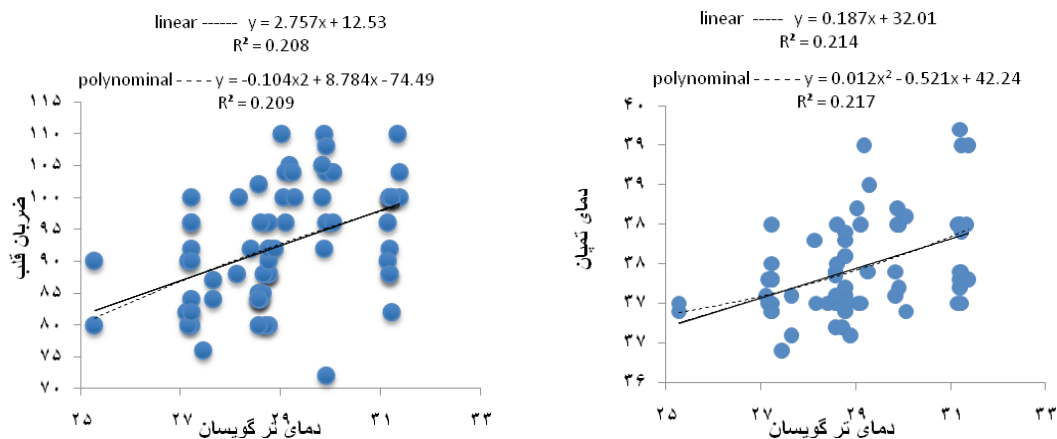
جدول ۲. ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران با گرما

شغل	دمای تر گویسان ( $^{\circ}\text{C}$ )		استرین فیزیولوژیکی		استرین فیزیولوژیکی بر پایه 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.

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.

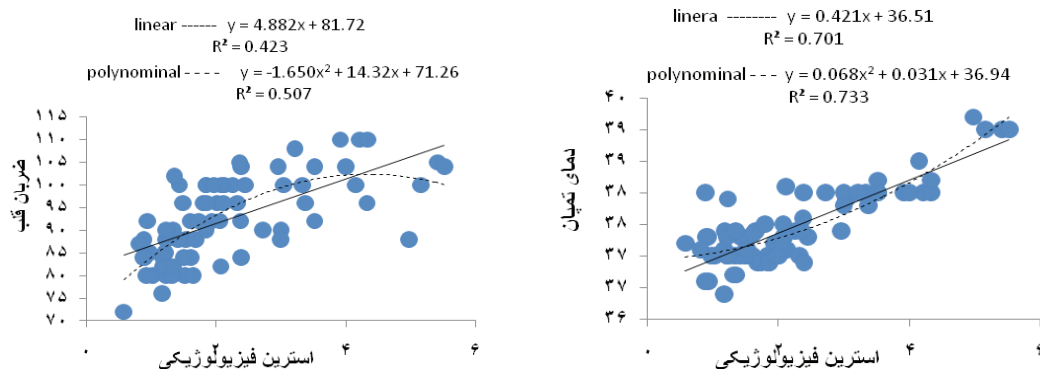
با توجه به اینکه ضرایب همبستگی خطی بین شاخص‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی مطالعه شده بسیار ضعیف بود بنابراین مناسب‌ترین رابطه بین این شاخص‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی مورد مطالعه بررسی و به دست آمد که در شکل‌های زیر ارائه شده‌اند. نتایج نشان داد که برای شاخص دمای تر گویسان و دمای تمپان نمودار چند اسمی بیشترین میزان ضریب همبستگی و نمودار لگاریتمی و چند اسمی بین شاخص دمای تر گویسان و



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

شکل ۲ ارائه شده است. معادله خط و ضریب همبستگی خطی و غیر خطی بر روی شکل نشان داده شده است.

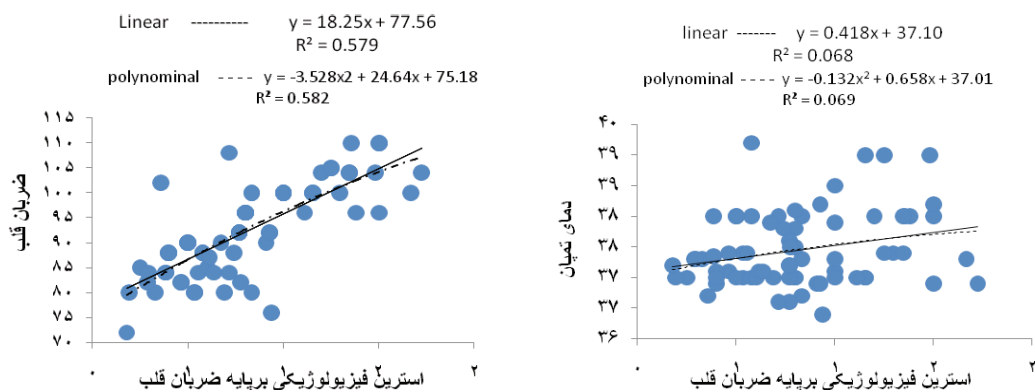
ارتباط خطی و مناسب‌ترین نمودار همبستگی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده نیز در



شکل ۲: نمودارهای همبستگی خطی و چند اسمی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی و پارامترهای فیزیولوژیک

اندازه‌گیری شده در شکل ۳ ارائه شده است. معادله خط و ضریب همبستگی خطی و غیر خطی بر روی شکل نشان داده شده است.

ارتباط خطی و مناسب‌ترین نمودار همبستگی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب و پارامترهای فیزیولوژیکی



شکل ۳: نمودارهای همبستگی خطی و چند اسمی بین شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب و پارامترهای فیزیولوژیک

مطالعه شده برای مقایسه در جدول شماره ۳ آمده است.

ضرایب همبستگی خطی و غیر خطی بین شاخص‌ها و پارامترهای

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها و پارامترهای فیزیولوژیکی

شغل	دمای تر گویسان (°C)		استرین فیزیولوژیکی		استرین فیزیولوژیکی بر پایه ضربان قلب	
	خطی	غیر خطی	خطی	غیر خطی	خطی	غیر خطی
دمای تمپان (°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

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

نتایج بررسی برهماپورکار نشان داد که در مجموع ۷۷ نفر (۲۲/۳٪) از همه کارگران و ۶۱ نفر (۴۰/۱ درصد) از کارگران بخش تولید تحت تأثیر گرما هستند. 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 مداخله‌گرهای مطالعه حاضر می‌توان سرعت جریان هوا را در نظر گرفت زیرا در شاخص دمای تر گویسان سرعت جریان هوا دخالت مستقیم ندارد و این یکی از معایب این شاخص به حساب می‌آید. میزان رطوبت نسبی مربوط به بخش‌های اندازه‌گیری پایین بود که می‌تواند بر میزان دمای تر اندازه‌گیری شده و شاخص دمای تر گویسان تأثیر داشته باشد. از عوامل مداخله‌گر دیگر در مطالعه می‌توان به صدای قابل ملاحظه ناشی از دستگاه‌ها در بخش تولید اشاره نمود که بر میزان ضربان قلب کارگران ممکن است اثر گذاشته باشد.

در مطالعه حاضر بیشترین مقدار میانگین وزنی - زمانی شاخص دمای تر گویسان، ۳۱/۳۷ درجه سانتی‌گراد مربوط به اطراف دستگاه‌ها در بخش تولید بود که حد آستانه مجاز مربوط به آن ۲۸ درجه سانتی‌گراد بود.

ارزیابی استرس گرمایی با استفاده از شاخص دمای تر گویسان نشان داد که حدود ۴۴/۴۴ درصد از افراد مطالعه شده در کارخانه دارای استرس گرمایی هستند و شاخص دمای تر گویسان بیشتر از حدود آستانه مجاز سفارش شده وسیله اداره بهداشت محیط و حرفه‌ای وزارت بهداشت ایران است.

در این مطالعه اندازه‌گیری دمای تمپان نشان داد که ۹/۷۲ درصد از افراد مطالعه شده در خطر فشار گرمایی (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 شاخص معتبر برای ارزیابی استرس حرارتی در نظر گرفته‌اند (۶، ۱۱). شاخص استرین فیزیولوژیکی نیز به عنوان شاخص معتبر برای ارزیابی استرس گرمایی در نظر گرفته شده است. در این مطالعه ارزیابی استرس گرمایی برای کارگران تطابق یافته با استفاده از شاخص دمای تر گویسان نشان داد که حدود ۴۴/۴۴ درصد از افراد مطالعه شده در کارخانه دارای استرس گرمایی هستند

در مطالعه فلاحتی شاخص‌های استرس گرمایی با دمای تمپان ارتباط معنی‌داری دارند و شاخص دمای تر گویسان بیشترین دقت را در ارزیابی استرس حرارتی نشان داد (۶). در مطالعه حاضر سه شاخص استرس گرمایی مطالعه شده با دمای تمپان ارتباط معنی‌داری دارند اما بیشترین همبستگی خطی مربوط به شاخص استرین فیزیولوژیکی با ضریب ۰/۷۰۱ است. در مطالعه فلاحتی با افزایش شاخص‌های دمای تر گویسان و استرین فیزیولوژیکی دمای عمقی بدن افزایش یافته است (۶). در مطالعه حاضر نیز پارامترهای فیزیولوژیکی با افزایش شاخص‌ها افزایش یافته است.

شاخص تأثیر دمای تمپان در نظر گرفته نمی‌شود در حالی که ضربان نبض یکی از ضرایب موثر در فرمول این شاخص می‌باشد.

برنامه کار- استراحت (۷۵٪ - ۲۵٪) تعیین شده برای کارگران نیز با توجه به این بار گرمایی مطلوب نیست. پیشنهاد‌های کنترلی برای کاهش مواجهه با گرمای تابشی شامل طراحی جاذب گرمای تابشی در اطراف منابع تولید گرما، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب 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 حورفراس به راهنمایی دکتر محمد جواد جعفری است که بخشی از یک طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می‌باشد. نویسندگان وظیفه خود می‌دانند که از دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و همچنین شرکت شیشه مینا که امکان اجرای این مطالعه را فراهم نمودند تشکر و قدردانی نمایند.

تمامی کارگران مطالعه شده لباس کار معمولی تابستانی به تن داشتند و وسایل حفاظت فردی شامل ماسک معمولی، گوشی ایرپلاگ و دستکش نخی استفاده می‌کردند. تمامی کارگران مطالعه شده تطابق یافته بودند. کارخانه سیستم 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. همه اندازه‌گیری‌های مطالعه حاضر در ماه مرداد و در گرم‌ترین ساعات روز در یک نوبت کاری انجام شد که این کار از نقاط قوت مطالعه به شمار می‌رود.

نتایج این مطالعه نشان داد که دمای تر گوئسان در تمام نقاط اندازه‌گیری بیشتر از دمای خشک است. گرمای تابشی در واحد تولید گرمای قابل توجهی را به محیط وارد می‌کند. شاخص استرین فیزیولوژیکی همبستگی بیشتری نسبت به شاخص دمای تر گوئسان و شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با پارامترهای فیزیولوژیک دارد. دلیل همبستگی پایین شاخص شاخص استرین فیزیولوژیکی برپایه ضربان قلب با دمای تمپان می‌تواند به دلیل این باشد که در فرمول این

## 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 Esmaili 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*



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. Golbabaee 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, Tochiara 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.

## 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<sup>1</sup>, Hoorfarasat GH<sup>1\*</sup>, Salehpour S<sup>2</sup>, Khodakarim S<sup>1</sup>, Haydarnezhad N<sup>3</sup>

### 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