# بررسی ارتباط شاخص استرین ادراکی با شاخص‌های نمره استرین گرمایی، دمای تر گوی‌سان و دمای هوا در شرایط گرم آزمایشگاهی

ایوب قنبری سرتنگ[1]، حبیب‌اله دهقان[2]

مقاله پژوهشی


## چکیده

**مقدمه:** در بسیاری از مشاغل، افراد در معرض استرین حرارتی قرار دارند و ارزیابی میزان مواجهه با گرما امری ضروری است. مطالعه حاضر با هدف اعتبارسنجی و بررسی ارتباط شاخص استرین ادراکی (Perceptual strain index یا PeSI) با دیگر شاخص‌های گرمایی در شرایط گرم آزمایشگاهی انجام شد.

**روش‌ها:** این مطالعه از نوع تجربی- آزمایشگاهی بود که به صورت مقطعی در پنج شرایط دمایی مختلف (۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد) و بر روی ۱۵ دانشجوی مرد، در اتاقک تنش حرارتی و بر روی تردمیل در سه سطح فعالیت سبک (۲/۴ کیلومتر بر ساعت)، متوسط (۴/۸ کیلومتر بر ساعت) و سنگین (۶/۳ کیلومتر بر ساعت) انجام گرفت. مقیاس احساس گرمایی (Thermal sensation یا TS)، شدت فعالیت اعمال شده ادراکی (Perceived exertion یا PE) جهت محاسبه PeSI و پرسش‌نامه شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی (Heat strain score index یا HSSI) تکمیل گردید. همچنین، شاخص دمای تر گوی‌سان (Wet-bulb globe temperature یا WBGT) و دمای هوا ثبت شد. در نهایت، داده‌ها با استفاده از آزمون همبستگی Pearson و آنالیز رگرسیون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** بر اساس آزمون همبستگی Pearson، بین شاخص‌های PeSI و HSSI همبستگی بالایی وجود داشت (r = ۰/۸۴، P = ۰/۰۰۱). همچنین، بین PeSI با شاخص WBGT و دمای هوا به ترتیب همبستگی خوب (r =۰/۷۶) و بالایی (r =۰/۸۱) مشاهده شد (P = ۰/۰۰۱).

**نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه حاضر نشان داد که می‌توان از PeSI در ارزیابی استرین گرمایی استفاده نمود؛ چرا که همبستگی قابل قبولی با دیگر شاخص‌های معتبر استرس گرمایی دارد و دارای کاربرد آسان و سریع و هزینه بسیار کمتری نسبت به دیگر شاخص‌های ارزیابی استرس گرمایی می‌باشد.


**واژه‌های کلیدی:** شاخص استرین ادراکی (PeSI)، شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی (HSSI)، شاخص دمای تر گوی‌سان (WBGT)، دمای هوا، اتاقک شرایط جوی

**ارجاع:** قنبری سرتنگ ایوب، دهقان حبیب‌اله. **بررسی ارتباط شاخص استرین ادراکی با شاخص‌های نمره استرین گرمایی، دمای تر گوی‌سان و دمای هوا در شرایط گرم آزمایشگاهی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۲): ۱۷۷-۱۷۲

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱/۲۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۴/۲۹

## مقدمه

از جمله عوامل فیزیکی زیان‌آور محیط کار که می‌تواند کارگران را تحت تأثیر قرار دهد، گرما و شرایط جوی مرتبط با آن است. گرما می‌تواند اثر منفی بر روی راندمان تولید، سلامتی کارگران در محیط کار، بیماری‌های شغلی و حوادث ناشی از کار داشته باشد (۱). همچنین، مواجهه با گرمای محیط کار در بسیاری از کشورهای جهان، به عنوان یک مشکل عمده بهداشت شغلی محسوب می‌شود و می‌تواند باعث بروز بیماری‌هایی همچون خستگی گرمایی، کرامپ گرمایی، شوک گرمایی، ضعف گرمایی، گرمازدگی و مرگ شود (۲). استرس حرارتی مجموعه‌ای از شاخص‌های حرارتی داخلی و خارجی در اثر مواجهه با گرمای محیط کار می‌باشد و استرین گرمایی زمانی رخ می‌دهد که بدن تحت استرس گرمای شدیدی قرار گرفته باشد و سعی می‌کند بار گرمایی را از راه واکنش‌های فیزیولوژیک دفع نماید (۳). مطالعه‌ای که در صنایع اتومبیل‌سازی هند انجام شد، نشان داد که بیشتر از ۲۸ درصد کارگرانی که در فرایندهای مختلف این صنایع کار می‌کنند، در معرض خطر مواجهه با استرس حرارتی قرار دارند و بر شناسایی استرس حرارتی به عنوان یک خطر مهم برای سلامتی شاغلان تأکید شده است (۴) و باید آسایش حرارتی افراد را که در آن فرد از وضعیت حرارتی محیط به لحاظ روانی راضی است، فراهم کرد.

پایش و ارزشیابی استرین گرمایی وارد بر افراد شاغل و آگاهی از مواجهه کارگران با گرما و همچنین، اقدامات پیشگیری و کنترلی آن از ضروریات بهداشت شغلی می‌باشد. شاخص‌های مختلفی برای ارزیابی استرین گرمایی در محیط کار ارایه شده‌اند که هر کدام دارای معایبی هستند. بعضی از این شاخص‌ها مانند شاخص دمای تر گوی‌سان (Wet-bulb globe temperature یا WBGT)، نیازمند دستگاه است که گران و هزینه‌بر می‌باشد و از سوی دیگر، این شاخص استرین گرمایی ناشی از محدودیت تبخیر عرق حین مواجهه با گرما را در نظر نمی‌گیرد. شاخص تنش گرمایی نیازمند دستگاه‌های پیچیده است و سرعت جریان هوا روی این شاخص تأثیر می‌گذارد و سبب خطا در اندازه‌گیری می‌شود و در نهایت، نمی‌توان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
**نویسنده مسؤول:** حبیب‌اله دهقان
Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2024-04-29 ]

از یک شاخص برای تمام محیطها و ارزیابی استرس گرمایی و استرین گرمایی استفاده کرد. شاخص میزان عرق چهار ساعته فقط در محیطهای با میزان رطوبت بالای ۴۰ درصد کاربرد دارد و برای رطوبت پایین کاربردی ندارد؛ چرا که در اثر سازش با محیط کمتر از ۴۰ درصد رطوبت، فرد ۱۰ تا ۱۵ درصد بیش از حد طبیعی عرق می‌کند (۱).

استرین‌های فیزیولوژیک مربوط به استرس گرمایی شامل دمای عمقی، دمای پوست و ضربان قلب می‌باشد. یکی از شاخص‌هایی که امروزه برای ارزیابی استرین فیزیولوژیکی ناشی از گرما استفاده می‌شود، شاخص استرین فیزیولوژیکی (Physiological strain index) است که مقدار استرین فیزیولوژیکی را بر اساس ضربان قلب و دمای عمقی اندازه‌گیری می‌کند و دارای یک مقیاس ۱۰ نمره‌ای می‌باشد که اعداد صفر و ۱۰ به ترتیب نشانه عدم وجود استرین و بالاترین مقدار استرین می‌باشد (۵) و با توجه به این که اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای عمقی در محیط کار دشوار و زمانبر است، استفاده از این شاخص به طور معمول عملی نیست. از سوی دیگر، روش‌های مشاهده‌ای قضاوتی به دلیل کارایی خوب، صرفه‌جویی در هزینه و وقت، مطلوب بودن نزد استفاده کنندگان از این روش‌ها، ساده بودن، پاسخدهی سریع و قابلیت کاربرد در محیط کار بدون تداخل با نیروی کار، استفاده گسترده‌ای یافته‌اند. همچنین، با استفاده از نتایج به دست آمده توسط روش‌های قضاوتی و ذهنی، می‌توان ایستگاه‌های کاری مختلف را از لحاظ میزان آسایش حرارتی و استرس گرمایی اولویت‌بندی نمود و اقدامات مداخله‌ای را برنامه‌ریزی کرد.

با توجه به این که مرکز تنظیم دمای بدن هیپوتالاموس می‌باشد و هیپوتالاموس تعداد زیادی نورون‌های حسی حساس به گرما دارد که این نورون‌ها به عنوان گیرنده‌های حسی- دمایی بدن عمل می‌کنند و افراد می‌توانند با استفاده از این مکانیسم، افزایش درجه حرارت بدن، احساس گرما و استرس حرارتی را به صورت ادراکی و انتقال پیام از هیپوتالاموس قدامی به هیپوتالاموس خلفی تشخیص دهند (۶)، یکی از شاخص‌هایی که بر اساس تکنیک مشاهده‌ای- ادراکی توسط دهقان و همکاران تدوین شده است، پرسش‌نامه شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی (Heat strain score index یا HSSI) می‌باشد. میزان ضریب Cronbach's alpha برای این پرسش‌نامه توسط مؤلفان، ۰/۹۰ گزارش شده است (۷).

Di Corleto و همکاران در کشور استرالیا، پرسش‌نامه ارزیابی ریسک حرارتی را با عنوان Basic Thermal Risk Assessment ارایه نمودند. این روش یک روش قضاوتی ذهنی برای ارزیابی آسایش حرارتی، اما فاقد سطح خطر بود و امکان استفاده در محیطهای کاری را نداشت (۸). شاخص دیگری که بر اساس ادراک فرد از گرما تدوین شده است، شاخص استرین ادراکی (Perceptual strain index یا PeSI) می‌باشد که توسط Tikuisis و همکاران مطرح شد و از طریق احساس گرمایی (Thermal sensation یا TS) افراد و میزان شدت فعالیت اعمال شده ادراکی (Perceived exertion یا PE)، میزان استرین گرمایی در افراد را اندازه‌گیری می‌کند. ارزیابی استرین گرمایی به وسیله PeSI، روش ارزان و ساده‌ای است و می‌تواند برای تعیین میزان مخاطرات بهداشتی کارگران در مواجهه با گرما مورد استفاده قرار گیرد. فرایند ارزیابی خطر استرین گرمایی در واقع یک ابزار تصمیم‌گیری مدیریتی می‌باشد که می‌توان با استفاده از نتایج به دست آمده توسط آن، ایستگاه‌های کاری مختلف را از لحاظ میزان استرین گرمایی اولویت‌بندی نمود و اقدامات مداخله‌ای را برنامه‌ریزی کرد (۹). این مطالعه با هدف اعتبارسنجی و بررسی همبستگی PeSI با HSSI، شاخص WBGT و دمای هوا در شرایط گرم آزمایشگاهی انجام شد.

## روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی و تجربی- آزمایشگاهی بود که بر روی ۱۵ مرد، در آزمایشگاه تنش حرارتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان صورت گرفت. روش انتخاب نمونه به صورت تصادفی ساده با در نظر گرفتن معیارهای ورود افراد به مطالعه بود. معیارهای ورود افراد به مطالعه شامل عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی، پرفشاری خون، اسکلتی- عضلانی و عدم مصرف قهوه و کافئین قبل از انجام تست بود. افراد برای انجام تست توجیه شدند و با رضایت شخصی در مطالعه شرکت نمودند. انتخاب و تعداد نمونه بر اساس مطالعات تجربی و مشابه (۹، ۵) انجام گرفت.

پس از انتخاب افراد برای انجام تست، فرد به مدت ۱۰ دقیقه به استراحت می‌پرداخت و در پایان ۱۰ دقیقه استراحت، متغیرهای TS و PE و همچنین، پرسش‌نامه HSSI توسط شرکت کنندگان مطالعه تکمیل شد. شاخص WBGT و دمای هوا نیز ثبت گردید. پس از پایان استراحت، فرد به مدت ۴۵ دقیقه و در ۵ مرحله دمایی متفاوت که شامل دماهای ۲۱، ۲۴، ۲۷، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود، به فعالیت بدنی (راه رفتن) پرداخت. هر مرحله دمایی در یک روز متفاوت انجام می‌شد و شامل ۴۵ دقیقه فعالیت بدنی بر روی تردمیل بود. در ۱۵ دقیقه اول، فرد با سرعت ۲/۴ کیلومتر بر ساعت (فعالیت سبک)، ۱۵ دقیقه دوم با سرعت ۴/۸ کیلومتر بر ساعت (فعالیت متوسط) و ۱۵ دقیقه سوم با سرعت ۶/۳ کیلومتر بر ساعت (فعالیت سنگین) بر روی تردمیل به فعالیت بدنی در هر یک از دماها می‌پرداخت (۲) و در انتهای هر ۱۵ دقیقه، متغیرهای TS و PE توسط فرد برای محاسبه PeSI و پرسش‌نامه HSSI نیز در هر یک از سرعت‌ها و دماهای موردنظر تکمیل گردید. امتیازبندی این پرسش‌نامه به صورت امتیاز کمتر از ۱۳/۵ فرد فاقد استرین حرارتی، امتیاز ۱۸-۱۳/۶ فرد احتمالاً دارای استرین حرارتی و امتیاز بیشتر از ۱۸ فرد دارای استرین حرارتی می‌باشد و در انتهای هر ۱۵ دقیقه نیز شاخص WBGT و دمای هوا ثبت شد.

نحوه محاسبه PeSI در رابطه ۱ ارایه شده است (۹).

$$PeSI = ۵ \times [(TS-۱)/۴)] + ۵ \times (PE/۱۰) \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، TS احساس گرمایی و PE شدت فعالیت اعمال شده ادراکی می‌باشد.

امتیازگذاری و ارزیابی متغیرهای PeSI در جدول ۱ و امتیازگذاری نهایی PeSI در جدول ۲ آمده است.

پایش محیطی دما با استفاده از دستگاه WBGT (مدل Casella، انگلستان) که حساسیت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد داشت، انجام شد. در نهایت، داده‌ها با استفاده از آزمون‌های همبستگی Pearson و آنالیز رگرسیون در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ (version 18, SPSS Inc., Chicago, IL) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2024-04-29 ]

**جدول ۱. امتیازگذاری و ارزیابی متغیرهای PeSI (Perceptual strain index)**

| متغیرهای PeSI | امتیاز | ارزیابی |
|---|---|---|
| احساس گرمایی | ۱ | راحت |
| | ۲ | کمی گرم |
| | ۳ | گرم |
| | ۴ | داغ |
| | ۵ | خیلی داغ |
| شدت فعالیت اعمال شده ادراکی | ۰-۱ | بی‌نهایت آسان |
| | ۲-۳ | آسان |
| | ۴-۵ | کمی آسان |
| | ۶-۷ | کمی سخت |
| | ۸-۹ | سخت |
| | ۱۰ | بسیار سخت |

PeSI: Perceptual strain index

**جدول ۲. امتیازگذاری نهایی PeSI (Perceptual strain index)**

| امتیاز نهایی PeSI | ارزیابی |
|---|---|
| ۰-۲ | عدم استرین گرمایی |
| ۳-۴ | استرین گرمایی کم |
| ۵-۶ | استرین گرمایی متوسط |
| ۷-۸ | استرین گرمایی بالا |
| ۹-۱۰ | استرین گرمایی خیلی بالا و شدید |

PeSI: Perceptual strain index

## یافته‌ها

۱۵ نفر مرد با میانگین سن ۱/۴۷ ± ۲۶/۴۳ سال، قد ۹/۱۱ ± ۱۷۹/۶۶ سانتی‌متر، وزن ۳/۹۹ ± ۷۵/۲۱ کیلوگرم و شاخص توده بدنی ۳/۸۶ ± ۲۴/۱۸ کیلوگرم بر مترمربع در مطالعه حاضر شرکت کردند. میانگین شاخص‌های مورد مطالعه و متغیرهای آن در جدول ۳ ارایه شده است.

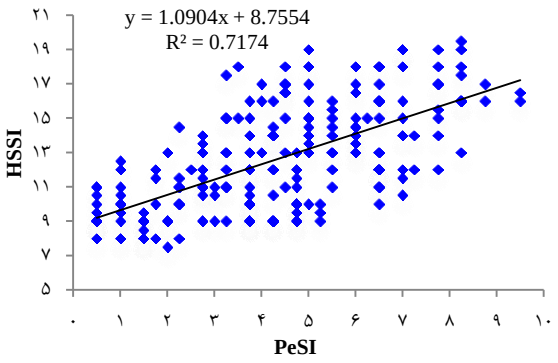
**جدول ۳. میانگین شاخص‌های مورد مطالعه و متغیرهای آن**

| شاخص | میانگین ± انحراف معیار | بیشترین- کمترین بازه |
|---|---|---|
| احساس گرمایی | ۱/۴۰ ± ۳/۷۸ | ۱/۰-۵/۰ |
| شدت فعالیت اعمال شده ادراکی | ۲/۲۰ ± ۷/۱۰ | ۰-۹/۰ |
| PeSI | ۲/۹۱ ± ۶/۷۸ | ۰-۹/۵ |
| HSSI | ۴/۲۰ ± ۱۴/۷۰ | ۷/۵-۱۹/۵ |
| دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) | ۹/۱۰ ± ۳۳/۰۰ | ۱۸/۹-۴۲/۸ |

PeSI: Perceptual strain index; HSSI: Heat strain score index

آزمون همبستگی Pearson نشان داد که بین PeSI و HSSI همبستگی بالایی (r = ۰/۸۴) وجود داشت (P = ۰/۰۰۱).

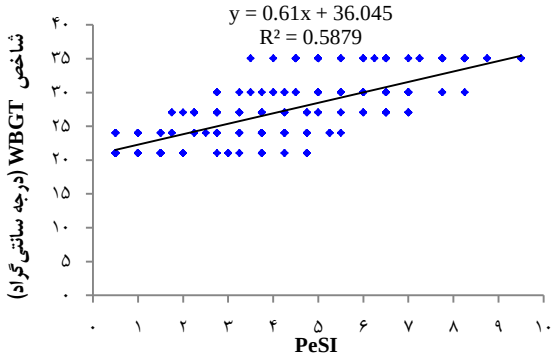
آنالیز رگرسیون خطی بین PeSI و HSSI در شکل ۱ آمده است. بین این دو شاخص همبستگی بالایی مشاهده شد؛ به طوری که با افزایش شاخص HSSI، میزان PeSI نیز افزایش یافت.




**شکل ۱. آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص‌های PeSI (Perceptual strain index) و HSSI (Heat strain score index)**

بر اساس نتایج آزمون همبستگی Pearson، بین PeSI و شاخص WBGT همبستگی خوبی (r = ۰/۷۶) مشاهده شد (P = ۰/۰۰۱).

آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص‌های PeSI و WBGT در شکل ۲ ارایه شده است. بین این دو شاخص همبستگی خوبی وجود داشت؛ به طوری که با افزایش شاخص WBGT، میزان PeSI نیز افزایش یافت.



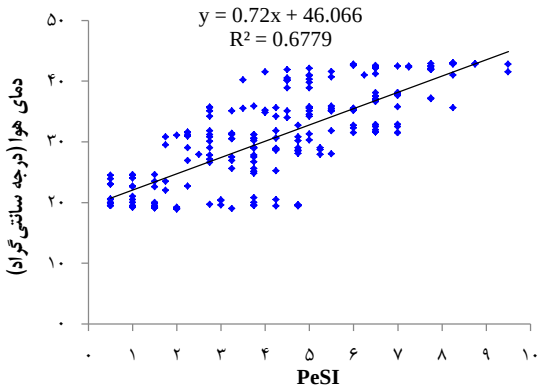

**شکل ۲. آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص‌های PeSI (Perceptual strain index) و WBGT (Wet-bulb globe temperature)**

بر اساس نتایج آزمون همبستگی Pearson، بین PeSI و دمای هوا همبستگی بالایی (r = ۰/۸۱) وجود داشت (P = ۰/۰۰۱).

آنالیز رگرسیون خطی بین PeSI و دمای هوا در شکل ۳ نشان داده شده است. بین این دو شاخص همبستگی بالایی مشاهده شد؛ به گونه‌ای که با افزایش دمای هوا، میزان PeSI افزایش داشت.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2024-04-29 ]




**شکل ۳. آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص‌های PeSI (Perceptual strain index) و دمای هوا**

## بحث

استرس گرمایی یکی از مشکلات معمول در بیشتر صنایع می‌باشد و عدم حفاظت افراد در برابر آن، خطر مهمی برای سلامتی انسان و بهره‌وری در محیط‌های کاری به شمار می‌رود. Hall در مطالعه خود بیان کرد که هیپوتالاموس مرکز تنظیم دمای بدن است و هیپوتالاموس قدامی و هسته‌های قدامی- بصری دارای تعداد زیادی نورون‌های حسی حساس به گرما می‌باشند که این نورون‌ها به عنوان گیرنده‌های حسی- دمایی بدن عمل می‌کنند و افراد می‌توانند با استفاده از این مکانیسم، افزایش درجه حرارت بدن و استرس حرارتی را به صورت ادراکی تشخیص دهند. سیگنال‌های حسی از ناحیه هیپوتالاموس قدامی- جلو بصری به هیپوتالاموس خلفی فرستاده می‌شوند و بدین ترتیب افراد افزایش یا کاهش درجه حرارت بدن را به صورت ادراکی تشخیص می‌دهند (۱۰). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که افراد به صورت ذهنی و ادراکی می‌توانند استرس گرمایی را تحت شرایط دمایی مختلف تشخیص دهند که با یافته‌های Hall (۱۰) همخوانی دارد.

امروزه برای ارزیابی استرس گرمایی، از شاخص WBGT استفاده می‌شود. با این وجود، چنین شاخصی دارای محدودیت‌هایی مانند گران قیمت بودن و زمانبر بودن می‌باشد. همچنین، هنگامی که رطوبت محیط افزایش پیدا می‌کند یا جریان هوا کاهش می‌یابد، تبخیر عرق محدود می‌شود و شاخص WBGT نمی‌تواند برآورد خوبی از استرین اضافه شده (که در اثر محدود شدن تبخیر به وجود آمده است) داشته باشد. Malchaire و همکاران به این نتیجه رسیدند که شاخص WBGT نمی‌تواند روش غربالگری مطلوبی باشد (۱۱). نتایج مطالعه Rastogi و همکاران که بررسی ارتباط بین شاخص WBGT و ضربان قلب در کارگران شیشه‌سازی پرداخت، نتیجه‌گیری نمود که این شاخص به تنهایی جهت ارزیابی استرین گرمایی کافی نیست (۱۲). PeSI ارتباط معنی‌داری را با HSSI که به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه معرفی شده است، نشان داد. پژوهش دهقان شهرضا و همکاران به بررسی روایی و پایایی پرسش‌نامه HSSI پرداخت و گزارش کرد که با افزایش میزان شاخص WBGT، میزان امتیاز نهایی HSSI نیز افزایش می‌یابد (۱۳) که با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت داشت. همچنین، PeSI همبستگی بالایی را با دمای هوا نشان داد.

Gallagher و همکاران، شاخص هیپرترمی ادراکی (Perceptual hyperthermia index) را ارایه نمودند و به این نتیجه رسیدند که ارتباط مستقیم معنی‌داری بین این شاخص و دمای هوا تحت شرایط مختلف آزمایشگاهی وجود دارد و افراد ادراک ذهنی مناسبی از گرما داشتند (۱۴) که با یافته‌های مطالعه حاضر مشابهت داشت. مطالعه حبیبی و همکاران رابطه بین HSSI را با شاخص WBGT در زنان در اتاقک شرایط جوی بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که بین این دو شاخص رابطه معنی‌داری وجود دارد و با افزایش شاخص WBGT، میزان HSSI نیز افزایش می‌یابد (۱۵) که با یافته‌های مطالعه حاضر همسو بود.

دهقان و همکاران در مطالعه خود به اعتبارسنجی پرسش‌نامه HSSI در زنان در اتاقک شرایط جوی پرداختند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که افراد به صورت ادراکی و ذهنی پاسخ صحیحی از گرمای محیط کار دارند (۱۶) که این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد. در پژوهش Gonzales و همکاران، پاسخ‌های فیزیولوژیکی و روانی ناشی از استرس گرمایی در شرایط آزمایشگاهی در سه نوع لباس از جنس پلی‌استر بررسی گردید. آنان به این نتیجه رسیدند که افراد به صورت ذهنی افزایش گرمای محیط را تشخیص می‌دهند(۱۷) که مطابق با یافته‌های مطالعه حاضر بود. نتایج تحقیق Gonzalez-Alonso و همکاران که به بررسی افزایش دمای بدن و میزان خستگی افراد به صورت ذهنی در شرایط گرم آزمایشگاهی پرداخت، حاکی از آن بود که با افزایش میزان دمای بدن، خستگی افراد از گرما نیز افزایش می‌یابد و افراد به صورت ذهنی خستگی ناشی از گرما را تشخیص می‌دهند (۱۸) که این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر مشابهت داشت.

## نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که PeSI همبستگی بالایی با HSSI و دمای هوا داشت. همچنین، همبستگی PeSI با شاخص نمره استرین گرمایی در مقایسه با شاخص WBGT بالاتر بود که حاکی از توانایی بیشتر PeSI در مقایسه با شاخص WBGT، در ارزیابی استرین گرمایی می‌باشد و از طرف دیگر، شاخص PeSI دارای کاربرد آسان و سریع و هزینه بسیار کمتری است. با توجه به معایب دیگر شاخص‌های استرین گرمایی و عدم استفاده از یک شاخص برای تمام محیط‌ها، ارزیابی استرین گرمایی با استفاده از PeSI، روش ارزان و ساده‌ای می‌باشد و می‌تواند برای تعیین میزان مخاطرات بهداشتی کارگران در مواجهه با گرما و ارزیابی خطر استرین گرمایی مورد استفاده قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد به شماره ۳۹۳۲۶۵ می‌باشد که در آزمایشگاه تنش حرارتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. بدین وسیله نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری صمیمانه خانم مهندس پیمانه حبیبی، مسؤول آزمایشگاه اتاقک تنش‌های حرارتی، سپاسگزاری نمایند.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2024-04-29 ]

## References


1. Golmohammadi R, Aliabadi M. Air conditioning control in Workplace. Hamadan, Iran: Daneshjoo Publications; 2012. p. 124-70. [In Persian].
2. Golbabaee F, Omidvari M. Man and thermal environments. Tehran, Iran: University of Tehran Press; 2002. p. 80-90, 190-225. [In Persian].
3. Jafari MJ, Hoorfarasat G, Salehpour S, Khodakarim S, Haydarnezhad N. 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. Safety Promotion and Injury Prevention 2014; 2(1): 55-64. [In Persian].
4. Ayyappan R, Sankar S, Rajkumar P, Balakrishnan K. Work-related heat stress concerns in automotive industries: a case study from Chennai, India. Glob Health Action 2009; 2(3): 102-10.
5. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. Am J Physiol 1998; 275(1 Pt 2): R129-R134.
6. Ganong WF, Barrett KE. Review of medical physiology. New York, NY: McGraw-Hill P. 100-105; 2005.
7. Dehghan H, Habibi E, Khodarahmi B, Yousefi H, Hasanzadeh A. A Survey of the relationship of heat strain scoring index and wet bulb globe temperature index with physiological strain index among men in hot work environments. J Health Syst Res 2011; 7(6): 1148-57. [In Persian].
8. Di Corleto R, Coles G, Firth I. Heat stress standard & documentation developed for use in the Australian environment. Tullamarine Victoria, Australia: Australian Institute of Occupational Hygienists; 2003.
9. Tikuisis P, McLellan TM, Selkirk G. Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(9): 1454-61.
10. Hall JE. Guyton and Hall textbook of medical physiology. Philadelphia, PA: Elsevier Health Sciences p. 700-705; 2010.
11. Malchaire J, Gebhardt HJ, Piette A. Strategy for evaluation and prevention of risk due to work in thermal environments. Ann Occup Hyg 1999; 43(5): 367-76.
12. Rastogi SK, Gupta BN, Husain T. Wet-bulb globe temperature index: a predictor of physiological strain in hot environments. Occup Med (Lond) 1992; 42(2): 93-7.
13. Dehghan Shahreza H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Meraci MR, Khavanin A. Designing and investigating content validity and reliability of a questionnaire for preliminary assessment of heat stress at workplace. J Health Syst Res 2011; 7(2): 228-45. [In Persian].
14. Gallagher M, Jr., 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 2012; 112(6): 2025-34.
15. Habibi P, Dehghan H, Rezaei SH, Maghsoudi K. Relationship between physiological strain index and wet bulb globe temperature index in women in the climate chamber. J Health Syst Res 2014; 10(3): 442-9. [In Persian].
16. Dehghan H, Habibi E, Habibi P, Maracy MR. Validation of a questionnaire for heat strain evaluation in women workers. Int J Prev Med 2013; 4(6): 631-40.
17. Gonzales BR, Hagin V, Guillot R, Placet V, Groslambert A. Effects of polyester jerseys on psycho-physiological responses during exercise in a hot and moist environment. J Strength Cond Res 2011; 25(12): 3432-8.
18. Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. J Appl Physiol (1985) 1999; 86(3): 1032-9.


[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2024-04-29 ]

**Journal of Health System Research**
Received: 11.04.2015
**Vol. 12, No. 2, Summer 2016**
Accepted: 20.07.2015

# An Investigation of the Relationship of Perceptual Strain Index with Indices of Heat Strain Score, Wet-Bulb Globe Temperature, and Air Temperature under Hot Laboratory Conditions

**Ayoub Ghanbary-Sartang[1], Habibollah Dehghan[2]**

**Original Article**

## Abstract

**Background:** In many jobs, individuals are exposed to thermal stress, and thus, evaluation of heat stress is necessary. This study was conducted with the purpose of investigating the relationship of perceptual strain index (PeSI) with other heat indexes under hot laboratory conditions.

**Methods:** This empirical-experimental and cross-sectional study was performed in 5 different temperatures (21 ºC, 24 ºC, 27 ºC, 30 ºC, and 35 ºC). It was carried out on 15 male students in the climate chamber and on the treadmill with the three levels of light (2.4 km/hour), medium (4.8 km/hour), and heavy (6.3 km/hour) activity. The thermal sensation scale and perceived exertion rate were recorded to calculate PeSI and the Heat Strain Score Index (HSSI) was completed. Moreover, wet-bulb globe temperature (WBGT) and air temperature were recorded. Data were analyzed using Pearson correlation test and regression analysis.

**Findings:** Pearson correlation test showed a high correlation (r = 0.84) between PeSI and HSSI (P = 0.001). Furthermore, Pearson correlation test showed, respectively, a good correlation (r = 0.74) and a high correlation (r = 0.81) between PeSI and WBGT, and air temperature (P = 0.001).

**Conclusion:** The results of this study showed that PeSI can be used for the evaluation of heat strain since it has an acceptable correlation with other heat strain indices, can be easily and rapidly applied, and its cost is much less than other heat strain evaluation indices.

**Keywords:** Perceptual Strain Index (PeSI), Heat strain score index (HSSI), Wet-bulb globe temperature (WBGT), Air temperature, Climate chamber

**Citation:** Ghanbary-Sartang A, Dehghan H. **An Investigation of the Relationship of Perceptual Strain Index with Indices of Heat Strain Score, Wet-Bulb Globe Temperature, and Air Temperature under Hot Laboratory Conditions.** J Health Syst Res 2016; 12(2): 172-7.

1- MSc Student, Department of Occupational Health, Student Research Committee, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
**Corresponding Author:** Habibollah Dehghan, Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2024-04-29 ]