بررسی ارتباط شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی و شاخص دمای تر گوی سان با شاخص استرین فیزیولوژیکی در محیط کار گرم در مردان

حبیب‌اله دهقان [۱]، احسان‌اله حبیبی [۲]، بهنام خدارحمی [۳]، حسینعلی یوسفی [۴]، اکبر حسن‌زاده [۵]

چکیده

مقدمه: استرس گرمایی یک مشکل معمول و همیشگی در بعضی صنایع می‌باشد. برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود که یکی از این شاخص ها، WBGT (Wet bulb globe temperature) می‌باشد؛ ولی این شاخص دارای محدودیت‌هایی نظیر هزینه و زمان پاسخ‌گویی بالا می‌باشد. لذا این شاخص یک ابزار غربالگری مناسب نیست. شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی (HSSI یا Heat strain scoring index) نیز یک تکنیک مشاهده‌ای‌قضاوتی است که جهت غربالگری اولیه تدوین شده است. هدف از این مطالعه، بررسی همبستگی شاخص HSSI با شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI یا Physiological strain index) در شرایط نرمال است تا در صورت وجود همبستگی بالا بتوان از HSSI به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه استرین گرمایی در محیط کار استفاده کرد.

روش‌ها: این مطالعه یک مطالعه تحلیلی می‌باشد که بر روی ۱۴۵ نفر نمونه مرد سالم انجام شد. ضربان قلب و دمای دهانی (جهت محاسبه شاخص PSI) با استفاده از دستگاه ضربان‌سنج قلب (مدل POLAR ۱۰۰ RS) و دماسنج دهانی (مدل ۱۰۰ TB) در حین استراحت و سپس به مدت ۱/۵ ساعت در حین فعالیت کاری ثبت شد و به طور همزمان شاخص WBGT ثبت و پرسش‌نامه شاخص HSSI نیز تکمیل شد. در نهایت با استفاده از آزمون همبستگی Pearson و Regression analysis، همبستگی این سه شاخص بررسی شد.

یافته‌ها: آزمون همبستگی Pearson بین شاخص HSSI و PSI ارتباط مستقیم و معنی‌داری را نشان داد (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۵۷). بین شاخص WBGT و PSI نیز ارتباط مستقیم معنی‌داری مشاهده شد (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۳۹۷) و همچنین بین شاخص HSSI و دمای دهانی نیز همبستگی بالایی مشاهده شد (r = ۰/۵۵۶).

نتیجه‌گیری: شاخص HSSI در مقایسه با شاخص WBGT همبستگی بالاتری با شاخص PSI نشان داد، همچنین مقادیر شاخص‌های WBGT، PSI و دمای دهانی برای سطوح ریسک شاخص HSSI روندی افزایشی داشت. در نتیجه با توجه به همبستگی بالاتر شاخص HSSI و مزایای دیگر آن، این شاخص می‌تواند به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه استرین گرمایی در محیط‌های کاری ایران استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص WBGT، شاخص PSI، شاخص HSSI، استرین گرمایی.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۹۰/۴/۱۲ *پذیرش مقاله: ۹۰/۷/۲۳*

۱- مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. (نویسنده مسؤول)
Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۵- مربی، مرکز تحقیقات امنیت غذایی، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

در بعضی از صنایع، استرس گرمایی به عنوان یک مشکل معمول و همیشگی می‌باشد و کارگران به طور مداوم با استرس گرمایی مواجه می‌شوند و این شرایط در صنایعی مانند: ذوب فلزات، سرامیک سازی، صنایع غذایی، نیروگاه برق، صنایع ساختمانی و کشاورزی مشاهده می‌شود (۱).

استرس گرمایی باعث بروز بیماری‌هایی نظیر سنکوپ گرمایی، خستگی گرمایی، کرامپ گرمایی، شوک گرمایی، گیجی، کاهش تمرکز و خستگی و همچنین تحمیل هزینه‌هایی نظیر کاهش تولید، از دست رفتن درامد کارگران و افزایش هزینه‌های اجتماعی می‌شود (۶-۲).

نظر به این که پارامترهای محیطی نظیر دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و سرعت جریان هوا همراه با فعالیت فرد و نوع لباس وی در ایجاد تنش و مقدار آن مؤثر هستند، سعی گردیده است شرایط حاکم خلاصه شده و به صورت یک عدد ارایه شود که این عدد همان شاخص حرارتی است.

هدف از ارایه یک شاخص، خلاصه کردن ارتباطات داخلی میان پارامترهای محیطی، لباس و فعالیت در قالب یک عدد است (۷). شاخص‌های زیادی تدوین شده است تا میزان استرس گرمایی اعمال شده بر روی فرد را اندازه‌گیری کند (۹، ۸) که به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- شاخص‌های تحلیلی ۲- شاخص‌های تجربی.

شاخص‌های تحلیلی بر اساس اصول تبادلات حرارتی عمل می‌کنند و شاخص‌های تجربی بر اساس پاسخ انسان به عوامل مختلف محیطی پایه‌ریزی شده است. از بین شاخص‌های تجربی، شاخص WBGT (Wet bulb globe temperature) در ارزیابی محیط‌های گرم بیش‌ترین استفاده را دارد (۷). این شاخص بر پایه اندازه‌گیری سه پارامتر دمای تر طبیعی (N_{WB})، دمای هوا (t_a) و دمای گوی سان (g_t) می‌باشد.

با وجود استفاده گسترده از شاخص WBGT (به ویژه در ایران)، این شاخص دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. اصلی‌ترین محدودیت آن این است که هنگامی که در اثر افزایش رطوبت یا کاهش جریان هوا میزان تبخیر عرق محدود می‌شود شاخص دمای تر گوی سان نمی‌تواند این استرین اضافه شده در اثر محدود شدن تبخیر را به درستی منعکس کند. از طرفی تفسیر مقادیر شاخص WBGT به تعیین فاکتورهای شدت فعالیت و نوع لباس کار نیاز دارد که بر آورد این فاکتورها با کاربرد روش‌های رایج (مانند مشاهده یا استفاده از جدول) خطای قابل توجهی دارد (۶). در روش غربالگری و ارزیابی تنش گرمایی جهت تعیین حاشیه ایمن، روش مورد استفاده باید دارای حساسیت بالایی باشد که این شاخص فاقد این ویژگی می‌باشد (۱۰)، همچنین دستگاهی که این شاخص را اندازه‌گیری می‌کند در ایران به نسبت گران قیمت می‌باشد و برای استفاده در صنایع کوچک صرفه اقتصادی ندارد و زمان پاسخ‌گویی دستگاه به گرمای تابشی محیط نیز طولانی می‌باشد، در نتیجه Grahame بیان می‌کند که شاخص دمای تر گوی سان برای ارزیابی استرس حرارتی محیط نمی‌تواند یک شاخص مناسب باشد (۶).

پاسخ بدن به استرس گرمایی به عنوان استرین شناخته می‌شود که به وسیله پارامترهای فیزیولوژیکی و سایکولوژیکی اندازه‌گیری می‌شود. بزرگی این پاسخ‌ها به میزان مواجهه بدن با استرس گرمایی بستگی دارد (۱۱). استرین‌های فیزیولوژیک مربوط به استرس گرمایی شامل دمای عمقی، دمای پوست و ضربان قلب می‌باشد (۱۲).

استرین‌های فیزیولوژیکی یکی دیگر از روش‌های ارزیابی تنش گرمایی در محیط کار می‌باشد. یکی از شاخص‌هایی که امروزه برای ارزیابی استرین فیزیولوژیکی استفاده می‌شود، شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI یا Physiological strain index) می‌باشد. این شاخص 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 می‌باشند (۱۳) و با توجه به این که اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای عمقی در محیط کار دشوار و زمان‌بر می‌باشد؛ لذا استفاده از شاخص PSI به صورت روتین نیز عملی نیست.

علاوه بر روش‌های ذکر شده در بالا (WBGT و PSI)، سایر روش‌های دیگر که در سال‌های اخیر برای ارزیابی ریسک فاکتورها از آن استفاده می‌شود، تکنیک‌های

www.mui.ac.ir

مشاهده‌ای- ادراکی می‌باشد. روش‌های مشاهده‌ای- قضاوتی به دلیل کارایی خوب، صرفه‌جویی در وقت و هزینه، مطلوب بودن در نزد استفاده کنندگان از این روش‌ها، ساده بودن، پاسخ‌دهی سریع و قابلیت کاربرد در محیط کار بدون تداخل با نیروی کار استفاده گسترده‌ای یافته است.

یکی از شاخص‌هایی که به تازگی بر اساس تکنیک مشاهده‌ای- ادراکی تدوین شده است، شاخص امتیازگذاری استرین گرمایی (Heat Strain Score Index یا HSSI) می‌باشد (۱۴، ۱۰). این شاخص در قالب یک پرسش‌نامه (که عوامل متعدد مربوط به ایجاد استرس و استرین گرمایی در آن گنجانده شده است) تنظیم شده که تعدادی از سؤالات آن بر پایه مشاهده و تعدادی نیز بر پایه ادراک و قضاوت فرد می‌باشد و عدد حاصل از آن تحت عنوان شاخص HSSI نام‌گذاری شده است و دارای سه سطح ریسک شامل فاقد استرین، احتمال استرین و استرین قطعی می‌باشد. تدوین و طراحی شاخص HSSI در محیط‌های با WBGT بالا (عسلویه) صورت گرفته است و لذا در این مطالعه سعی شده است میزان ارتباط این شاخص با شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI) و دمای دهانی در محیطی با WBGT نرمال مورد بررسی قرار گیرد تا در صورت وجود همبستگی بالا، بتوان از این پرسش‌نامه به عنوان یک ابزار ارزیابی مقدماتی (غربالگری اولیه) استرین گرمایی در محیط کاری با دمای نرمال نیز استفاده کرد.

روش‌ها

این مطالعه یک مطالعه تحلیلی بود که به صورت مقطعی (Cross sectional) انجام شد. تعداد ۱۴۵ نفر نمونه مرد سالم که در محیط‌های کاری گرم مشغول فعالیت بودند در این پژوهش شرکت کردند. روش انتخاب و نمونه‌گیری از مشاغل و افراد نیز به صورت تصادفی ساده انجام شد. پس از تأیید فرد بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، هدف از انجام پژوهش و روش کار به طور کامل برای فرد توضیح داده شد و در صورت تمایل فرد به همکاری، فرم رضایت‌مندی توسط فرد تأیید شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل نداشتن بیماری‌های قلبی- عروقی، بیماری‌های تیرویید، فشار خون، دیابت، بیماری‌های تب‌دار و عفونی، عدم پر کاری تیرویید، عدم مصرف داروهای آنتی دیورتیک و همچنین فرد داروهای مؤثر بر ضربان قلب مصرف نکند. پس از طی شدن مراحل تأیید فرد، ابتدا دستگاه ضربان‌سنج قلب (sport tester POLAR، مدل POLAR ۱۰۰ RS ساخت فنلاند) که در پژوهش‌های مختلف نیز از این دستگاه استفاده شده است (۱۶، ۱۵) بر روی سینه و مچ دست فرد بسته شد و به مدت ۵ دقیقه به استراحت می‌پرداخت و در پایان ۵ دقیقه استراحت، ضربان قلب و دمای دهانی به ترتیب با استفاده از ضربان‌سنج قلب و دماسنج دهانی (Rossmax Digital Thermometer مدل TB ۱۰۰) ثبت شد. پس از پایان استراحت، فرد به فعالیت کاری روزانه خود می‌پرداخت و در طی انجام فعالیت، محیط فعالیت فرد و خود فرد به مدت ۱/۵ ساعت مورد پایش قرار گرفت، پایش محیطی با استفاده از دستگاه WBGT (مدل Cassella ساخت انگلیس)انجام شد. به این صورت که به فاصله هر ۱۰ دقیقه یک‌بار عدد مربوط به شاخص WBGT ثبت شد. همزمان با اندازه‌گیری محیطی، اندازه‌گیری فردی نیز انجام شد، به این صورت که به فاصله هر ۱۰ دقیقه یک‌بار ضربان قلب و دمای دهانی فرد به ثبت رسید. همچنین همزمان با اندازه‌گیری‌های محیطی و فیزیولوژیکی، پرسش‌نامه "شاخص امتیازگذاری استرین گرمایی (HSSI)" نیز به فاصله هر ۱۰ دقیقه یک‌بار از فرد سؤال شد. در مجموع در طول ۱/۵ ساعت پایش، ۹ مرتبه اعداد مربوط به WBGT، PSI و HSSI ثبت شد. محاسبه شاخص PSI حاصل متغیرهای ضربان قلب و دمای عمقی می‌باشد که با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$PSI = ۵ (T_{ret} - T_{re0}). (۳۹/۵ - T_{re0})^{-۱} + ۵ (HR_t - HR_0). (۱۸۰ - HR_0)^{-۱}$$

که در آن T_{ret} و HR_t به ترتیب برابر اندازه‌گیری همزمان دمای عمقی و ضربان قلب در حین فعالیت می‌باشد. T_{re0} و HR_0 برابر اندازه‌گیری همزمان دمای عمقی و ضربان قلب در حالت استراحت است (۱۳).

پرسش‌نامه شاخص HSSI مورد استفاده، که روایی و

www.mui.ac.ir

پایایی آن نیز در مطالعه‌ای توسط مرتضوی و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است (۱۰)، حاوی ۱۸ سؤال بود که در آن متغیرهایی شامل: دمای هوا، رطوبت هوا، حرکت هوا، شدت تعریق، شدت تشنگی، شدت خستگی، شدت ناراحتی، علایم بالینی، دمای سطوح، وضعیت تهویه، نوع لباس کار، رنگ لباس کار، جنس لباس کار، نوع وسایل حفاظتی، بار کاری، وضعیت بدنی، ابعاد فضای کار و محل انجام وظایف مورد بررسی قرار می‌گیرند و نمره به دست آمده از این پرسش‌نامه تحت عنوان شاخص امتیازگذاری استرین گرمایی (HSSI) نام‌گذاری می‌شد.

این شاخص دارای سه سطح ریسک به شرح زیر می‌باشد؛ سطح ۱. اگر مقدار شاخص کم‌تر از ۱۳/۵ باشد، فرد فاقد استرین است. سطح ۲. اگر مقدار شاخص بین ۱۸- ۱۳/۶ قرار داشته باشد، فرد شاید دارای استرین است که در این سطح جهت تعیین وجود یا عدم وجود استرین، آنالیز بیش‌تری مورد نیاز است و سطح ۳. در صورتی است که مقدار شاخص بیش‌تر از ۱۸/۱ به دست آید، در این حالت فرد به طور قطع دارای استرین است. در نهایت جهت تعیین ارتباط شاخص PSI، HSSI وWBGT از آزمون همبستگی Pearson و Regression analysis و جهت مقایسه میانگین شاخص PSI، WBGT و دمای دهانی در سطوح مختلف ریسک شاخص HSSI از آزمون ANOVA در نرم‌افزار $SPSS_{۱۶}$ استفاده شد.

یافته‌ها

در این پژوهش تعداد ۱۴۵ نفر نمونه مرد شرکت کردند که مشخصات آن‌ها دارای میانگین (انحراف معیار)؛ سن ۳۴/۹ (۸/۵) سال، وزن ۶۹/۶ (۸/۳) کیلوگرم، قد ۱۷۲/۶ (۶/۲) سانتی‌متر، شاخص توده بدن ۲۳/۳ (۲/۳)، مشخصات محیطی شامل شاخص دمای تر گوی سان ۲۵/۶ (۲/۹) درجه سانتی‌گراد که محدوده تغییرات آن نیز بین ۳۳- ۱۹ قرار داشت و همچنین مشخصات استرین‌های فیزیولوژیکی افراد شامل ضربان قلب ۹۵/۴ (۱۱/۶) با محدوده تغییرات ۱۳۶- ۹۵ ضربه در دقیقه، دمای دهانی ۳۶/۶ (۰/۱) با محدوده تغییرات ۳۷- ۳۶/۲ درجه سانتی‌گراد، شاخص استرین فیزیولوژیکی ۱/۰۶ (۰/۴۵) با محدوده تغییرات ۲/۵- ۰/۱۲، شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی ۱۲/۶ (۴/۵) با محدوده تغییرات ۲۸- ۴/۸، ضربان قلب در حال استراحت ۷۵/۸ (۶/۳) ضربه در دقیقه، دمای دهانی در حال استراحت ۳۶/۶ (۰/۱۴) درجه سانتی‌گراد بودند.

با توجه به سطح ریسک تعریف شده برای شاخص نمره‌گذاری استرین گرمایی، ۶۶/۲ درصد از نمونه‌ها فاقد استرین بودند، ۲۲/۱ درصد از نمونه‌ها شاید دارای استرین بوده و ۱۱/۷ درصد از آن‌ها نیز به طور قطع دارای استرین بوده‌اند. همچنین با توجه به سطح ریسک تعریف شده برای شاخص استرین فیزیولوژیکی (۱۳)، ۴۸/۳ درصد از نمونه‌ها فاقد استرین فیزیولوژیکی و ۵۱/۷ درصد از آن‌ها دارای استرین فیزیولوژیکی کم بودند.

مقادیر میانگین (انحراف معیار) شاخص‌های PSI، WBGT و دمای دهانی (Tor) برای هر سه سطح ریسک شاخص HSSI در جدول ۱ آمده است که آزمون ANOVA نشان داد که میانگین شاخص‌های PSI، WBGT و همچنین دمای دهانی در سطوح ریسک شاخص HSSI دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد ($P < ۰/۰۰۱$).

جدول ۱: مقادیر میانگین (انحراف معیار) شاخص PSI، WBGT و دمای دهانی بر اساس سطوح ریسک HSSI

سطوح ریسک HSSI	شاخص PSI	شاخص WBGT	دمای دهانی (Tor)
سطح ۱: فاقد استرین	(۰/۳۹) ۰/۹۶	۲۴/۸ (۲/۵)	۳۶/۶۰ (۰/۰۹)
سطح ۲: احتمال استرین	(۰/۳۹) ۱/۰۹	۲۶/۷ (۲/۹)	۳۶/۶۷ (۰/۰۸)
سطح ۳: استرین قطعی	۱/۶ (۰/۵۰)	۲۷/۷ (۳/۴)	۳۶/۷۲ (۰/۱۲)

WBGT: Wet bulb globe temperature; HSSI: Heat strain scoring index; PSI: Physiological strain index

بررسی ارتباط شاخص WBGT با شاخص PSI، دمای دهانی (Tor) و ضربان قلب (HR):

آزمون همبستگی Pearson نشان داد که بین شاخص

www.mui.ac.ir

WBGT و شاخص PSI رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۳۹۷) و معادله پیش‌بینی PSI بر حسب WBGT به صورت زیر به دست آمد؛

PSI = -۰/۵۲۲ + ۰/۰۶۲ WBGT

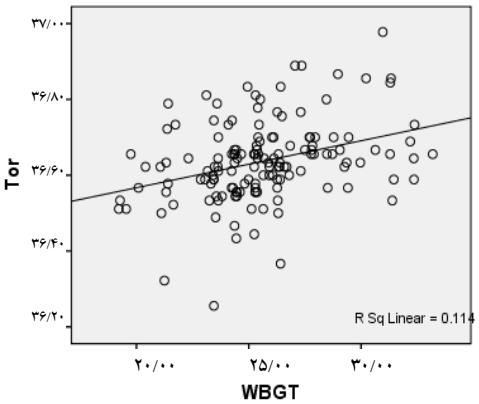
همچنین آزمون همبستگی Pearson نشان داد که بین شاخص WBGT با دمای دهانی و ضربان قلب ارتباط معنی‌داری وجود دارد (P < ۰/۰۰۱) و مقادیر r برای دمای دهانی و ضربان قلب به ترتیب برابر ۰/۳۷۷ و ۰/۴۳۹ به دست آمد. شکل ۱ و ۲ نمودار پراکنش و خط رگرسیون PSI و Tor بر حسب WBGT را نشان می‌دهد.

بررسی ارتباط شاخص HSSI با شاخص PSI، دمای دهانی (T_{or}) و ضربان قلب (HR):

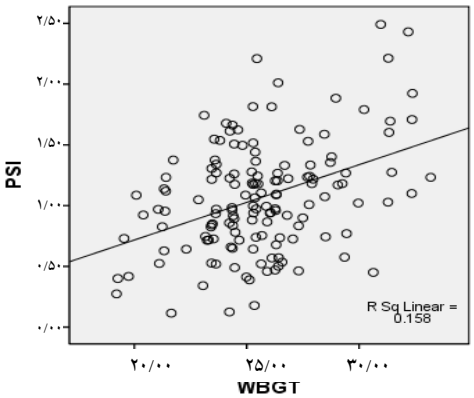
آزمون همبستگی Pearson نشان داد که بین شاخص HSSI و شاخص PSI رابطه خطی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (P < ۰/۰۰۱ و r = ۰/۵۷) و معادله پیش‌بینی مقادیر PSI بر حسب HSSI به صورت زیر به دست آمد؛

PSI = ۰/۳۵۹ + ۰/۰۵۶ HSSI

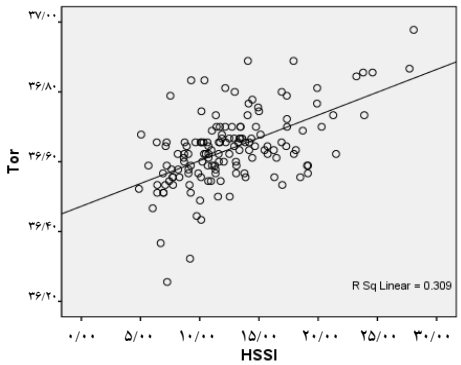
همچنین آزمون همبستگی Pearson بین شاخص HSSI با دمای دهانی و ضربان قلب ارتباط معنی‌داری را نشان داد (P < ۰/۰۰۱) و مقادیر r برای دمای دهانی و ضربان قلب به ترتیب برابر ۰/۵۵۶ و ۰/۴۲۸ به دست آمد. شکل ۳ و ۴ نیز نمودار پراکنش و خط رگرسیون PSI و T_{or} را بر حسب HSSI را نشان می‌دهد.



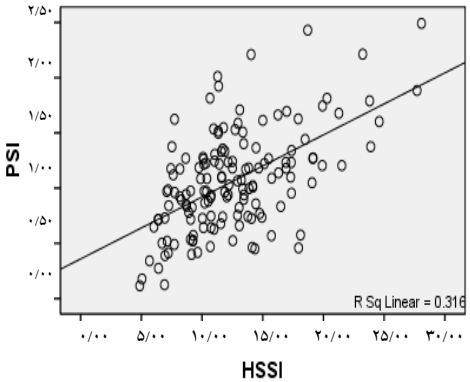
شکل ۱: نمودار پراکنش و خط رگرسیون Tor بر حسب WBGT



شکل ۲: نمودار پراکنش و خط رگرسیون PSI برحسب WBGT



شکل ۳: نمودار پراکنش و خط رگرسیون Tor بر حسب HSSI



شکل ۴: نمودار پراکنش و خط رگرسیون PSI بر حسب HSSI

www.mui.ac.ir

بحث

استرس گرمایی در بعضی از صنایع به عنوان یک مشکل معمول و همیشگی است. امروزه برای ارزیابی استرس گرمایی از شاخص WBGT استفاده می‌شود. با این وجود این شاخص دارای محدودیت‌هایی نظیر گران قیمت بودن و زمان‌بر بودن می‌باشد، همچنین هنگامی که رطوبت محیط افزایش یافته یا جریان هوا کاهش یابد تبخیر عرق محدود می‌شود و شاخص دمای تر گوی سان نمی‌تواند براورد خوبی از استرین اضافه شده که در اثر محدود شدن تبخیر به وجود آمده است داشته باشد، لذا Malchaire و همکاران بیان می‌کنند که شاخص WBGT نمی‌تواند یک روش غربالگری ایده‌آل باشد (۱۴).

در مطالعه حاضر بین شاخص WBGT با شاخص PSI، دمای عمقی و ضربان قلب ارتباط معنی‌داری مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$)، با این وجود به علت این که مقدار r کم‌تر از ۰/۵ به دست آمد؛ لذا همبستگی این شاخص با شاخص استرین فیزیولوژیکی بالا نبود ($r = ۰/۳۹۷$) و معادله پیش بینی قابل قبولی به دست نیامد و این یافته حاکی از آن است که شاخص دمای تر گوی سان یک روش غربالگری مناسب نیست که با نتایج مطالعه Malchaire و همکاران مطابقت دارد.

شاخص امتیازگذاری استرین گرمایی (HSSI) که به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه معرفی شده است نیز ارتباط معنی‌داری را با شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI)، دمای عمقی و ضربان قلب نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$) و همچنین جدول ۱ که در آن مقادیر میانگین PSI و دمای دهانی در سه سطح ریسک HSSI بیان شده است، نشان می‌دهد که روند تغییرات مقادیر PSI و دمای دهانی به صورت افزایشی می‌باشد که این افزایش نیز یک افزایش معنی‌دار است. به عنوان مثال افرادی که در ارزیابی شاخص HSSI در سطح ریسک ۳ قرار گرفته‌اند، دارای بیش‌ترین مقدار PSI و دمای دهانی می‌باشند و افرادی که در سطح ریسک ۱ قرار گرفته‌اند دارای کم‌ترین مقدار PSI و دمای دهانی بوده‌اند که این امر مؤید آن است که شاخص HSSI در دسته‌بندی افراد در سطوح مختلف استرین نیز موفق بوده است.

از طرفی همان گونه که خط رگرسیونی شکل ۴ نیز نشان می‌دهد، رابطه بین دو شاخص HSSI و PSI به صورت خطی مستقیم می‌باشد و با توجه به این که مقدار r بین این دو شاخص بیش‌تر از ۰/۵ می‌باشد ($r = ۰/۵۷$)، در نتیجه شاخص HSSI در مقایسه با شاخص دمای تر گوی سان، همبستگی بهتر و بالاتری را با شاخص استرین فیزیولوژیکی نشان داد.

همبستگی دمای عمقی نیز (که به عنوان استاندارد طلایی تنش گرمایی است) با شاخص HSSI در مقایسه با شاخص WBGT بهتر و بالاتر می‌باشد ($r = ۰/۵۵۶$). در مطالعه‌ای که Baker و همکاران به بررسی ارتباط شاخص استرین فیزیولوژیکی با تلاش ادراکی پرداختند، به این نتیجه رسیدند که در طول یک فعالیت متوسط کوتاه مدت (۱۲ دقیقه)، مقدار شاخص PSI نسبت به تلاش ادراکی بیش‌تر است، ولی در یک فعالیت طولانی مدت (۶۰ دقیقه)، این شاخص همبستگی بالایی با تلاش ادراکی نشان داد (۱۷) که این مطالعه با نتایج Baker و همکاران همخوانی داشت.

در مطالعه‌ای مشابه که Wong و Li به بررسی ارتباط بین پاسخ‌های فیزیولوژیک و ادراکی ناشی از گرما پرداختند، به این نتیجه رسیدند که هر دو پاسخ‌های ادراکی و فیزیولوژیکی به طور معنی‌داری تحت تأثیر گرما قرار گرفتند و بین رطوبت اندازه‌گیری شده پوست و احساس فرد از رطوبت همبستگی بالایی مشاهده شد ($r = ۰/۹۶$) و مقایسه الگوی ادراکی و فیزیولوژیکی نشان داد که الگوی ادراکی تصویر واضح‌تری از گرمای ذهنی و درک رطوبت ارایه می‌دهد (۱۸).

Tikuisis و همکاران از دو شاخص استرین فیزیولوژیکی و شاخص استرین ادراکی برای ارزیابی تنش گرمایی در دو گروه آموزش‌دیده و آموزش‌ندیده استفاده کردند که در طول اولین ساعت مواجهه شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI) در هر دو گروه یکسان و شاخص استرین ادراکی در گروه آموزش‌ندیده کم‌تر بود و در پایان مواجهه نیز هر دو گروه شاخص استرین ادراکی یکسانی را نشان دادند (۱۹). مطالعه Tikuisis و همکاران نشان می‌دهد که هر دو شاخص استرین فیزیولوژیکی و ادراکی در ارزیابی تنش گرمایی در بین دو گروه آموزش‌دیده و آموزش‌ندیده نتایج مشابهی را به دست آورده‌اند، به عبارت دیگر هنگامی که شاخص استرین

www.mui.ac.ir

فیزیولوژیکی نشان داده است که بین دو گروه تنش یکسان وجود دارد، شاخص استرین ادراکی نیز نشان داده است که بین دو گروه تنش یکسان وجود دارد و این بیانگر این نکته است که بین شاخص استرین فیزیولوژیکی و ادراکی همبستگی وجود دارد که در مطالعه حاضر نیز مشخص شد که بین شاخص فیزیولوژیکی و ادراکی همبستگی وجود دارد.

همچنین Gagge و همکاران به براورد حسی راحتی و احساس گرمایی و ارتباط آن با پاسخ فیزیولوژیکی پرداختند، در این مطالعه که افراد در محیط‌های گرم و سرد مشغول یک فعالیت پاسیو بودند، نتایج نشان داد که در مواجهه مداوم با محیط‌های سرد و گرم، راحتی گرمایی و احساس دمایی خنثی در محدوده‌ای دمایی قرار دارد که از نظر فیزیولوژیکی نیز خنثی می‌باشد. همچنین ناراحتی با کاهش دمای پوست در محیط سرد و افزایش شدت تعریق در محیط گرم همبستگی خوبی را نشان داد (۲۰).

در مطالعه‌ای دیگر نیز Hostler و همکاران به بررسی تأثیر هایپرهیدراسیون بر روی استرین‌های فیزیولوژیکی و ادراکی پرداختند و دریافتند که هر دو شاخص استرین فیزیولوژیکی و شاخص استرین ادراکی بین شرایط هیدراته و غیر هیدراته نتایج مشابهی را نشان دادند که نشان دهنده این است که بین شاخص استرین ادراکی و فیزیولوژیکی همبستگی وجود دارد و همچنین بین شاخص استرین ادراکی و دمای عمقی همبستگی بالایی مشاهده شد (۲۱) که در مطالعه حاضر نیز بین دمای عمقی و شاخص امتیازگذاری استرین گرمایی (HSSI) همبستگی بالای ۰/۵ به دست آمد که در مقایسه با شاخص WBGT، همبستگی بهتر و بالاتری بود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، همبستگی شاخص HSSI با شاخص استرین فیزیولوژیکی و دمای عمقی در مقایسه با شاخص WBGT بالاتر می‌باشد که نشان می‌دهد شاخص HSSI در مقایسه با شاخص WBGT توانایی بیش‌تری در پیش‌بینی استرین فیزیولوژیکی دارد و از طرفی دیگر با توجه به این که شاخص HSSI دارای کاربرد آسان‌تر و سریع‌تر و همچنین هزینه بسیار کم‌تر می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که این شاخص می‌تواند به عنوان یک ابزار ارزیابی اولیه جهت غربالگری در محیط کار استفاده شود.

این مطالعه بر روی جامعه مردان و در یک گستره نرمال از WBGT و BMI انجام شده است، پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابهی بر روی جامعه زنان و در گستره‌های مختلفی از WBGT و BMI انجام شود.

تشکر و قدردانی

در این جا از همکاری‌های صنایع واقع در شهرک صنعتی جی و مورچه‌خورت و همچنین همکاری صمیمانه آقای محمد زین‌الدینی کارشناس مسؤول مرکز بهداشت شماره ۱ اصفهان جهت هماهنگی با واحد صنعت کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

References

1. Bernard TE, Cross RR. Heat stress management: Case study in an aluminum smelter. International Journal of Industrial Ergonomics 1999; 23(5-6): 609-20.
2. Wan M. Occupational exposure to hot environments: Florida workers need help. Florida Public Health Review 2004; 1: 53-5.
3. Moran DS, Epstein Y. Evaluation of the environmental stress index (ESI) for hot/dry and hot/wet climates. Ind Health 2006; 44(3): 399-403.
4. Lugo-Amador NM, Rothenhaus T, Moyer P. Heat-related illness. Emerg Med Clin North Am 2004; 22(2): 315-27, viii.
5. Dematte JE, O'Mara K, Buescher J, Whitney CG, Forsythe S, McNamee T, et al. Near-fatal heat stroke during the 1995 heat wave in Chicago. Ann Intern Med 1998; 129(3): 173-81.
6. Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)--its history and its limitations. J Sci Med Sport 2008; 11(1): 20-32.
7. Golbabaei F. Human thermal stress at work. Tehran: Tehran University Press; 2002.

www.mui.ac.ir

8. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Ind Health 2006; 44(3): 368-79.
9. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
10. Mortazavi SB, Dehghan Shahreza H, Jafari MJ, Meraci MR, Khavanin A, Jahangiri M. Structural Equation Modeling Application to Determine Validity of the Structure of a Thermal Strain Screening Method. Journal of Health System Research 2010; 6(4): 601-12.
11. Misaqi FL, Mining Enforcement and Safety Administration. Heat stress in hot U.S. mines and criteria for standards for mining in hot environments. Washington, DC: U.S. Dept. of the Interior, Mining Enforcement and Safety Administration; 1976.
12. Luecke CL. Gender differences during heat strain at critical WBGT [PhD Thesis]. Florida: University of South Florida; 2006.
13. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. Am J Physiol 1998; 275 (1 Pt 2): R129-R134.
14. 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.
15. Li Y, Tokura H, Guo YP, Wong AS, Wong T, Chung J, et al. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. Int Arch Occup Environ Health 2005; 78(6): 501-9.
16. Laird IS, Goldsmith R, Pack RJ, Vitalis A. The effect on heart rate and facial skin temperature of wearing respiratory protection at work. Ann Occup Hyg 2002; 46(2): 143-8.
17. Baker SJ, Grice J, Roby L, Matthews C. Cardiorespiratory and thermoregulatory response of working in fire-fighter protective clothing in a temperate environment. Ergonomics 2000; 43(9): 1350-8.
18. Wong AS, Li Y. Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear. Journal of Thermal Biology 2004; 29(7-8): 791-6.
19. Tikuisis P, McLellan TM, Selkirk G. Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(9): 1454-61.
20. Gagge AP, Stolwijk JA, Hardy JD. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environ Res 1967; 1(1): 1-20.
21. Hostler D, Gallagher M, Jr., Goss FL, Seitz JR, Reis SE, Robertson RJ, et al. The effect of hyperhydration on physiological and perceived strain during treadmill exercise in personal protective equipment. Eur J Appl Physiol 2009; 105(4): 607-13.

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

***Habibollah Dehghan*[1], *Ehsanollah Habibi*[2], *Behnam khodarahmi*[3], *Hoseinali Yousefi*[4], *Akbar Hasanzadeh*[5]**

Abstract

Background: Heat stress is a common and usual problem in industries. Several indices, including wet bulb globe temperature (WBGT), are used to evaluate heat stress. However, WBGT index has limitations such as high cost and response time. It is not thus suitable as a screening tool. Heat strain scoring index (HSSI) is also an observational-judgmental technique that has been developed for primary screening. The purpose of this study was to survey the correlation between HSSI and physiological strain index (PSI) in normal conditions. In case of a strong correlation, HSSI could be used as a primary screening tool for heat strain in the workplace.

Methods: This analytical study was conducted on 145 healthy men. Heart rate and oral temperature were respectively measured using a heart rate meter (RS100POLAR model) and an oral thermometer (TB100 model) at rest and after 1.5 hours of work. WBGT index was recorded and the HSSI questionnaire was completed simultaneously. Finally, the correlations between the indices were evaluated using Pearson's correlation test.

Results: Pearson's correlation test showed a significant correlation between HSSI and PSI ($P < 0.001$; $r = 0.397$). WBGT and PSI were also significantly correlated ($P < 0.001$; $r = 0.57$). A strong correlation was observed between HSSI and oral temperature ($r = 0.556$).

Conclusion: In comparison with WBGT index, HSSI showed a higher correlation with PSI. The values of WBGT, PSI, and oral temperature had increasing trends for levels of risk of HSSI. As a result, according to the higher correlation of HSSI with PSI, and its inexpensiveness and ease of use, this index can be used as a primary screening tool for heat strain in the workplace.

Keywords: Wet Bulb Globe Temperature Index, Physiological Strain Index, Heat Strain Scoring Index, Heat Strain

1- Lecture, Department of Occupational Health, School of health, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran (Corresponding Author). Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Occupational Health, School of health, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran.

3 MSc Student, Student Research Committee, Department of Occupational Health, School of health, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran.

4- Lecture, Department of Occupational Health, School of health, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran.

5- Lecture, Food Security Research Center, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of health, Isfahan University of Medical Science, Isfahan, Iran.