مجله ارگونومی
فصلنامه انجمن ارگونومی و مهندسی عوامل انسانی ایران
دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳

اعتبار سنجی شاخص استرین ادراکی برای ارزیابی استرین گرمایی در شرایط گرم آزمایشگاهی

حبیب‌الله دهقان[۱*]، ایوب قنبری سر تنگ[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲

چکیده

مقدمه: بروز استرس گرمایی یکی از شایع ترین مشکلات در محیط های کاری و صنایع مختلف می باشد. مواجهه کارگران با گرما سبب بروز استرین حرارتی می‌شود. هدف از این مطالعه اعتبارسنجی شاخص استرین ادراکی از طریق ارتباط آن با شاخص استرین فیزیولوژیکی و شاخص دمای تر گوی‌سان در شرایط گرم آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به‌صورت مقطعی و بر روی ۱۵ نفر مرد در پنج شرایط دمایی مختلف (۳۵و۳۰،۲۷،۲۴،۲۱درجه سانتی‌گراد) در اتاقک شرایط جوی و بر روی تردمیل در سه سطح فعالیت سبک (۲/۴کیلومتربرساعت), متوسط (۴/۸کیلومتربرساعت) و سنگین (۶/۳کیلومتربرساعت) انجام‌گرفت. ضربان قلب و دمای دهانی برای محاسبه شاخص استرین فیزیولوژیکی, و همچنین احساس گرمایی و شدت فعالیت اعمال شده ادراکی برای محاسبه شاخص استرین ادراکی اندازه‌گیری شدند. درنهایت با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون و آنالیز رگرسیون همبستگی بین شاخص‌های موردنظر مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: آزمون همبستگی پیرسون بین شاخص استرین ادراکی با شاخص استرین فیزیولوژیکی همبستگی بالایی(r=۰/۹۴) را نشان داد(p=۰/۰۰۱). بین شاخص استرین ادراکی به ترتیب با دمای دهانی و ضربان قلب نیز همبستگی بالایی(r=۰/۷۸)(r=۰/۹۰)مشاهده شد(p=۰/۰۰۱)(p=۰/۰۰۱). همچنین بین شاخص استرین ادراکی با دمای تر گوی‌سان همبستگی متوسطی(r=۰/۷۱)وجود داشت (p=۰/۰۰۱)ولی بین شاخص استرین ادراکی با شاخص توده بدنی ارتباطی مشاهده نشد (r=۰/۰۰۰۹) (p=۰/۷۹).

نتیجه‌گیری: یافته‌های تحقیق نشان داد در مواقعی که دسترسی به سایر روش‌های ارزیابی استرس گرمایی وجود ندارد می‌توان از شاخص استرین ادراکی در ارزیابی استرین گرمایی استفاده کرد چون‌که همبستگی قابل قبولی با شاخص‌های معتبر استرس گرمایی داشت.

کلمات کلیدی: استرین ادراکی، استرین گرمایی، استرین فیزیولوژیکی، اتاقک شرایط جوی

۱. * **(نویسنده مسئول)** استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. پست الکترونیکی: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان ، اصفهان، ایران.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین مشکلات بهداشت شغلی در محیط‌های کاری شرایط جوی نامناسب و به عبارتی کار در محیط‌های گرم است. محیط کاری گرم علاوه بر کاهش قابلیت انجام کار در انسان می‌تواند باعث بروز بیماری‌های متعددی در انسان و سبب استرین حرارتی بشود. استرین حرارتی هرگونه پاسخ فیزیولوژیک انسان به استرس حرارتی است. همچنین گرما به‌عنوان یک ریسک فاکتور برای بیماری‌های قلبی- عروقی مطرح بوده و موجب افزایش حوادث ناشی از کار می‌گردد (۱).

استرس گرمایی خطری جدی در بسیاری از محیط‌های صنعتی ازجمله صنایع فولاد، پتروشیمی، شیشه‌سازی و آشپزخانه‌ها، نانوایی‌ها و جاده‌سازی‌ها است که می‌تواند به‌صورت مستقیم روی عملکرد و سلامتی افراد تأثیر بگذارد. شاخص‌های استرس گرمایی زیادی توسط محققین برای ارزیابی استرس گرمایی ارائه‌شده است. این شاخص‌ها درواقع معیاری برای نشان دادن میزان وخامت حرارتی محیط کار است (۲, ۳). بعضی از این شاخص‌ها عبارت‌اند از: شاخص تر گویسان که در سال ۱۹۰۵ توسط هالدن به‌عنوان اولین شاخص ارزیابی استرس حرارتی ارائه شد (۴) یا شاخص دمای مؤثر که در سال ۱۹۲۳ توسط هاوتون و یاگلو ارائه شد (۵) یا شاخص دمای تر گوی‌سان که در سال ۱۹۵۷ توسط یاگلو و مینارد ارائه شد (۶).

بسیاری از شاخص‌هایی که پیشنهاد شده‌اند در گروه شاخص‌های تحلیلی و تجربی قرار می‌گیرند. شاخص‌های تحلیلی شاخص‌هایی هستند که بر اساس تبادل حرارت بین انسان و محیط تدوین‌شده‌اند، شاخص‌های تجربی شاخص‌هایی هستند که بر اساس پاسخ انسان به عوامل مختلف پایه‌ریزی شده‌اند و برای همان شرایطی که تعریف‌شده‌اند کاربرد دارند و در شرایط جوی مختلف مورد استفاده قرار نمی‌گیرند (۱). با توجه به ماهیت گرمازا بودن اکثر فعالیت‌های صنعتی، تعداد پست‌های کاری که دارای مشکلات گرمایی هستند بسیار زیاد است و هرکدام از این شاخص‌هایی که برای ارزیابی استرس گرمایی ارائه‌شده‌اند، دارای معایبی هستند که در محیط‌های با شرایط جوی مختلف نمی‌توان از یک شاخص برای محیط‌های مختلف و ارزیابی استرس گرمایی استفاده کرد یا بعضی از شاخص‌ها دارای متغیرهایی هستند که اندازه‌گیری آن‌ها دشوار و زمان‌بر است (۷).

شاخص پیش‌بینی عرق موردنیاز که علاوه بر نیاز به ابزار و وسایل، روش محاسبه آن نیز پیچیده، وقت‌گیر و نیاز به کامپیوتر می‌باشد (۸). شاخص تنش حرارتی که محدودیت آن عدم امکان استفاده برای ارزیابی استرین حرارتی مثل دمای داخلی و ضربان قلب می‌باشد. از شاخص دمای مؤثر فقط در محیط‌هایی که اشباع از رطوبت است می‌توان استفاده کرد. شاخص آکسفورد که فقط در معادن کاربرد دارد و در محیط‌های با دمای تابشی بالا و قابل‌ملاحظه بکار نمی‌رود. شاخص میزان عرق چهارساعته فقط در محیط‌های با میزان رطوبت بالا کاربرد دارد و برای رطوبت پایین کاربرد ندارد (۱). شاخص استرین فیزیولوژیکی استفاده روتین آن به‌طور عملی در محیط کار امکان‌پذیر نیست و یا شاخص ناراحتی اصلاح‌شده که توسط موران در سال۱۹۹۹ ارائه شد دمای تابشی در محیط را برای ارزیابی استرس حرارتی لحاظ نمی‌کند (۲). از طرفی دیگر از بین روش‌های موجود برای ارزیابی خطر استرس گرمایی، روش‌های مشاهده‌ای و ادراکی به دلیل ساده و ارزان بودن، ارائه پاسخ سریع و قابلیت کاربرد در محیط کار بدون تداخل با محیط کار به‌طور پیوسته مورد توسعه و استفاده قرارگرفته‌اند (۹).

در رابطه با درک و قضاوت ذهنی افراد شاغل در محیط‌های گرم از گرمای محیط کار مطالعاتی در سطح دنیا انجام‌شده است.

چن و همکاران در مطالعه‌شان به این نتیجه رسیدند با افزایش میزان شاخص دمای تر گوی‌سان، میزان ضربان قلب، فشارخون سیستولیک و قضاوت ذهنی فرد از خستگی جسمی و ذهنی ناشی از گرما افزایش می‌یابد و یک رابطه معنادار مستقیمی بین شاخص دمای تر گوی‌سان، میزان ضربان قلب، فشارخون سیستولیک و خستگی ذهنی و جسمی افراد ناشی از گرما وجود دارد (۱۰). چونگ و همکاران پیشنهاد کردندکه درک ذهنی و پاسخ روان‌شناختی انسان نسبت به پاسخ به تنش حرارتی محیط بایستی موردتوجه قرارگیرد و در اکثر شاخص‌های استرس گرمایی، پاسخ ادراکی انسان به تنش حرارتی و افزایش دمای بدن در نظر گرفته نمی‌شود (۱۱). با توجه به معایب گفته‌شده در مورد شاخص‌های حرارتی، شاخص استرین ادراکی توسط تی کیوزیس و همکاران ارائه شده است که از طریق احساس گرمایی افراد و میزان شدت فعالیت اعمال‌شده ادراکی، میزان استرین گرمایی در افراد را اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص درواقع یک روش

ارزیابی ریسک گرمایی برای استرین گرمایی از طریق ادراکی است (۱۲). فرایند ارزیابی ریسک استرین گرمایی درواقع یک ابزار تصمیم‌گیری مدیریتی است که می‌توان با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده توسط آن، ایستگاه‌های کاری مختلف را ازلحاظ میزان استرین گرمایی اولویت‌بندی نموده و اقدامات مداخله‌ای را برنامه‌ریزی کرد (۹). این مطالعه باهدف اعتبارسنجی شاخص استرین ادراکی از طریق ارتباط آن با شاخص استرین فیزیولوژیکی و شاخص دمای تر گوی‌سان در شرایط گرم آزمایشگاهی انجام‌گرفت.

مواد و روش‌ها

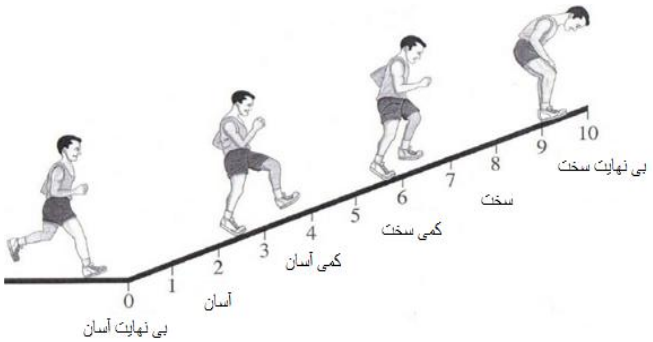
این مطالعه تجربی بر روی ۱۵ نفر دانشجوی مرد در آزمایشگاه تنش حرارتی دانشکده بهداشت انجام شد. روش انتخاب نمونه به‌صورت فراخوان با در نظر گرفتن معیارهای ورود به مطالعه انجام شد. معیارهای ورود به مطالعه فاقد بیماری‌های قلبی- عروقی، ریوی، فشارخون، دیابت، عصبی، اسکلتی-عضلانی، عدم مصرف قهوه، کافئین و الکل ۱۲ ساعت قبل از انجام تست بود. افراد نسبت به نحوه انجام تست توجیه شدند و رضایت‌نامه‌ی حضور در تحقیق را امضا کردند. انتخاب و تعداد نمونه بر اساس مطالعات تجربی و مشابه انجام گرفت (۱۲, ۱۳).

پس از طی شدن مراحل تائید فرد برای انجام تست، ابتدا دستگاه ضربان سنج قلب مدل RS 100 POLAR که در پژوهش‌های مختلف از این دستگاه استفاده‌شده است (۱۴, ۱۵). بر روی سینه و مچ دست فرد بسته شد و به مدت ۱۵ دقیقه به استراحت می‌پرداخت و در پایان ۱۵ دقیقه استراحت ضربان قلب و دمای دهانی به ترتیب با استفاده از ضربان سنج قلب و دماسنج دهانی Rossmax (Digital Thermometer مدل TB۱۰۰) و متغیرهای احساس گرمایی و میزان شدت فعالیت اعمال‌شده ادراکی ثبت شدند. پس از پایان استراحت، فرد به مدت ۴۵ دقیقه در ۵ مرحله دمایی متفاوت که شامل دماهای ۲۷،۲۴،۲۱، ۳۰ و۳۵ درجه سانتی‌گراد بود به فعالیت بدنی (راه رفتن) پرداخت. هر مرحله دمایی در یک روز متفاوت انجام شد و هر مرحله دمایی شامل ۴۵ دقیقه فعالیت بدنی بر روی تردمیل بود. در ۱۵ دقیقه اول فرد با سرعت۲/۴ کیلومتر بر ساعت (فعالیت سبک)، ۱۵ دقیقه دوم فرد با سرعت۴/۸کیلومتر بر ساعت (فعالیت متوسط) و ۱۵ دقیقه سوم فرد با سرعت ۶/۳ کیلومتر بر ساعت (فعالیت سنگین) بر روی تردمیل به فعالیت بدنی در هر یک از دماها می‌پرداخت(۱). فعالیت بدنی با لباس معمولی(۰/۶ کلو) انجام شد و در انتهای هر ۱۵ دقیقه میزان ضربان قلب و دمای عمقی بدن در حالت فعالیت برای محاسبه شاخص استرین فیزیولوژیکی و احساس گرمایی و میزان نیروی اعمال‌شده توسط فرد برای محاسبه شاخص استرین ادراکی در هریک از سرعت‌ها و دماهای موردنظر ثبت شدند. امتیازگذاری شاخص استرین ادراکی در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است، همچنین نحوه محاسبه شاخص استرین ادراکی در زیر آورده شده است: (۱۲)

$$PeSI = 5\times\{(TS - 1) /4)\} + 5\times(PE /10)$$

جدول۱ – امتیاز گذاری ارزیابی متغیرهای شاخص استرین ادراکی

امتیاز شاخص احساس گرمایی(TS)	ارزیابی
۱	راحت
۲	کمی گرم
۳	گرم
۴	داغ
۵	خیلی داغ



شکل۱- امتیاز شاخص شدت فعالیت اعمال‌شده ادراکی(PE)

امتیاز نهایی شاخص استرین ادراکی بین صفرتا ده است که امتیاز صفرتا دو نشان‌دهنده عدم وجود استرین گرمایی، امتیاز سه تا چهار نشان‌دهنده استرین گرمایی کم، امتیاز پنج‌تا شش نشان‌دهنده استرین گرمایی متوسط، امتیاز هفت‌تا هشت نشان‌دهنده استرین گرمایی بالا، امتیاز نه تا ده نشان‌دهنده استرین گرمایی خیلی بالا و

شدید است. یک شاخص مهمی که در این مطالعه به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تعیین اعتبار سنجی شاخص استرین ادراکی استفاده‌شده است شاخص استرین فیزیولوژیکی می‌باشد. این شاخص یک شاخص ارزیابی استرین فیزیولوژیکی ناشی از گرما است که بار وارده به سیستم قلبی-عروقی و تنظیم حرارتی بدن را لحاظ می‌کند.

نحوه محاسبه شاخص استرین فیزیولوژیکی در زیر آورده شده است:

$$PSI = 5\times(T_{ct} - T_{c0}) / (39.5 - T_{c0}) + 5\times(HR_{ct} - HR_{c0}) / (180 - HR_{c0})$$

که T_{c0} دمای عمقی بدن(دمای دهانی) در حالت استراحت, Tctدمای عمقی بدن(دمای دهانی) در هنگام انجام فعالیت, HRct تعداد ضربان قلب در هنگام انجام فعالیت و HRc0 تعداد ضربان قلب در حالت استراحت است (۱۳). امتیاز نهایی شاخص استرین فیزیولوژیکی همانند شاخص استرین ادراکی است. پایش محیطی دما با استفاده از دستگاه دمای تر گوی‌سان مدل Cassella ساخت انگلیس انجام شد. نتایج مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و درنهایت جهت تعیین ارتباط شاخص استرین ادراکی با شاخص استرین فیزیولوژیکی، دمای دهانی، ضربان قلب، دمای تر گوی‌سان و شاخص توده بدنی از آزمون همبستگی پیرسون و آنالیز رگرسیون استفاده شد.

یافته‌ها

شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۱۵ نفر مرد با میانگین (انحراف معیار) سنی ۲۴/۵۳±۲/۴۷ سال, قد ۱۷۴/۶۶±۱۲/۳۱ سانتیمتر, وزن ۷۱/۴۱±۴/۴۹ کیلوگرم با شاخص توده بدنی ۲۳/۲۸±۳/۸۶ کیلوگرم بر مترمربع بودند.

میانگین (انحراف معیار) شاخص‌های موردمطالعه و متغیرهای آن به‌صورت کلی در جدول ۲ ارائه‌شده است.

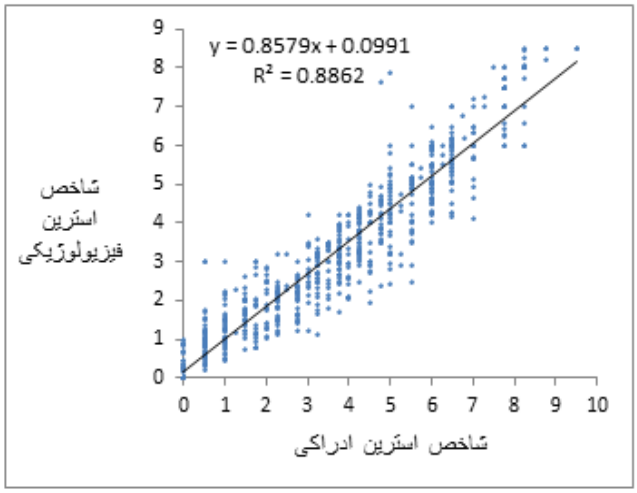
بررسی ارتباط شاخص استرین ادراکی با شاخص استرین فیزیولوژیکی, دمای دهانی و ضربان قلب:

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص استرین ادراکی و شاخص استرین فیزیولوژیکی همبستگی بسیار بالایی (r =۰/۹۴) وجود دارد (p=۰/۰۰۱).

شکل۲ آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی و شاخص استرین فیزیولوژیکی را نشان می‌دهد که بین این دو شاخص همبستگی بسیار بالایی وجود دارد که با افزایش شاخص استرین فیزیولوژیکی میزان شاخص استرین ادراکی نیز افزایش می‌یابد. معادله خط و ضریب همبستگی خطی درروی شکل نشان داده‌شده است.

جدول۲ - میانگین (انحراف معیار) شاخص‌های موردمطالعه و متغیرهای آن

شاخص	میانگین (انحراف معیار)	بیشترین- کمترین رنج
احساس گرمایی	(۱/۲)۳/۴۸	۵- ۱
شدت فعالیت بدنی	(۳/۶)۶/۲	۱۰- ۰
شاخص استرین ادراکی	(۳/۴)۶/۵۲	۹/۵- ۰
دمای دهانی (درجه سانتی‌گراد)	(۱/۲)۳۷/۴	۳۸/۹- ۳۵/۸
ضربان قلب	(۱۲/۸)۱۴۸	۱۷۳- ۶۶
شاخص استرین فیزیولوژیکی	(۲/۸۹)۶/۹۷	۸/۵- ۰

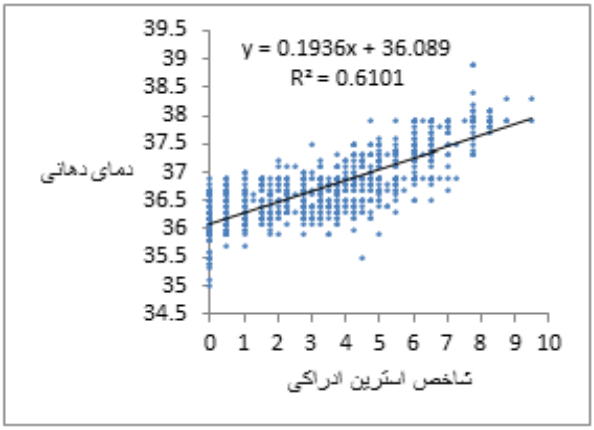


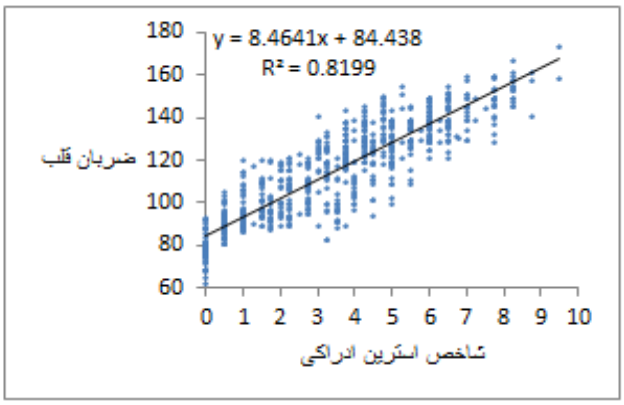
شکل۲: آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی و شاخص استرین فیزیولوژیکی

همچنین آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص استرین ادراکی به ترتیب با دمای دهانی و ضربان قلب همبستگی بالایی (r=۰/۷۸)(r=۰/۹۰) وجود دارد (p=۰/۰۰۱).

در شکل۳ آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی با دمای دهانی و ضربان قلب نشان داده‌شده است که بین شاخص استرین ادراکی با دمای دهانی و ضربان قلب همبستگی بالایی وجود دارد.

معادله خط و ضریب همبستگی خطی درروی شکل نشان داده‌شده است.





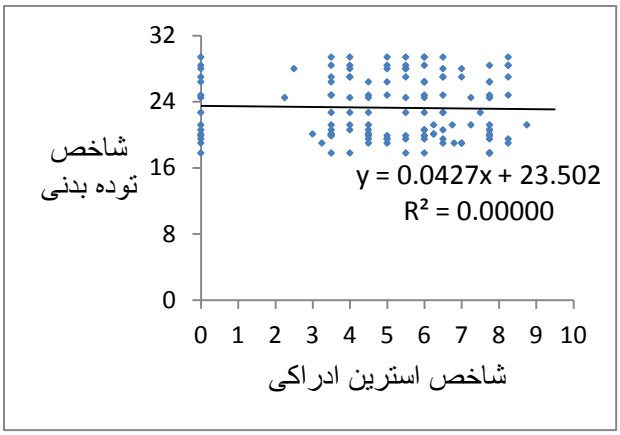
شکل۳: آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی با دمای دهانی و ضربان قلب

بررسی ارتباط شاخص استرین ادراکی با شاخص توده بدنی و شاخص دمای تر گوی‌سان:

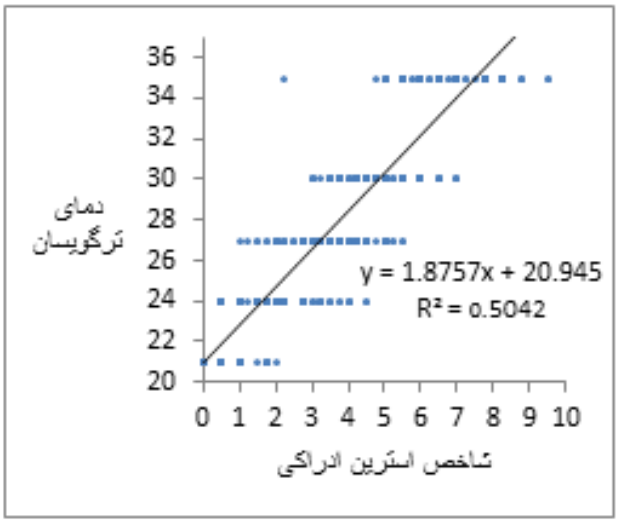
در آزمون همبستگی پیرسون بین شاخص استرین ادراکی و شاخص توده بدنی رابطه‌ای مشاهده نشد (p=۰/۷۹ و r=۰/۰۰۰۹)

در شکل ۴ آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی با شاخص توده بدنی نشان داده‌شده است که بین شاخص استرین ادراکی با شاخص توده بدنی رابطه‌ای وجود ندارد. معادله خط و ضریب همبستگی خطی درروی شکل نشان داده‌شده است.

همچنین آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص استرین ادراکی و شاخص دمای تر گوی‌سان همبستگی متوسطی (r=۰/۷۱)وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش میزان شاخص دمای تر گوی سان, میزان شاخص استرین ادراکی نیز افزایش می یابد. (p=۰/۰۰۱) در شکل ۵ آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی با دمای تر گوی‌سان نشان داده‌شده است که بین شاخص استرین ادراکی با دمای تر گوی‌سان همبستگی متوسطی وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش دمای تر گوی‌سان از ۲۱ درجه سانتی‌گراد تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد امتیاز شاخص استرین ادراکی افزایش می یابد. معادله خط و ضریب همبستگی خطی درروی شکل نشان داده شده است.



شکل۴: آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی با شاخص توده بدنی



شکل۵: آنالیز رگرسیون خطی بین شاخص استرین ادراکی با دمای تر گوی‌سان

بحث

در مطالعه حاضر همبستگی بالایی بین شاخص استرین ادراکی با شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی, دمای دهانی, ضربان قلب و نیز همبستگی متوسطی بین شاخص‌استرین‌ادراکی با شاخص دمای تر گوی‌سان وجود داشت که بیانگر مناسب بودن این شاخص برای

ارزیابی استرین گرمایی در محیط کاری است. همبستگی دمای عمقی(دمای دهانی)که استاندارد طلایی تنش گرمایی است با شاخص استرین ادراکی بالا است که نشان می‌دهد این شاخص برای ارزیابی استرین گرمایی در محیط‌های کاری مناسب است. استفان چئونگ و همکاران نیز در مطالعه‌شان به این نتیجه رسیدندکه پاسخ ادراکی انسان به گرما با پاسخ‌های فیزیولوژیک ارتباط دارد به‌طوری‌که با افزایش متغیرهای فیزیولوژیک, افراد می‌توانند استرین گرمایی را از طریق ادراکی تشخیص دهند (۱۱). گاگه و همکاران که به بررسی رابطه احساس گرمایی افراد با پاسخ‌های فیزیولوژیک پرداختند به این نتیجه رسیدند که وقتی افراد ازنظر گرمایی احساس راحتی داشتند پاسخ‌های فیزیولوژیک دمای پوست و ضربان قلب در وضعیت مطلوبی قرار دارد و ادراک افراد از گرما متناسب با پاسخ‌های فیزیولوژیک آن‌ها است (۱۶). هاستلر و همکاران که به بررسی تأثیر افزایش تعریق روی شاخص استرین ادراکی و فیزیولوژیکی پرداختند به این نتیجه رسیدند که هر دو شاخص استرین ادراکی و فیزیولوژیکی نتایج مشابهی را نشان دادند و بین این دو شاخص همبستگی بالایی مشاهده شد (۱۷). در مطالعه ونگ و همکاران که به بررسی رابطه بین پاسخ‌های فیزیولوژیک و ادراک ناشی از گرما پرداختند به این نتیجه رسیدند که پاسخ‌های ادراکی فرد تحت تأثیر گرما قرار دارند و همچنین بین رطوبت اندازه‌گیری شده پوست و احساس فرد از رطوبت همبستگی بالایی مشاهده شد (r=۰/۹۶) که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۱۸). دهقان و همکاران شاخص مشاهده‌ای- ادراکی را با عنوان شاخص امتیاز گذاری استرین گرمایی را که به‌صورت پرسشنامه بود مورد ارزیابی قراردادند و به این نتیجه رسیدند افراد ادراک ذهنی مناسبی از استرس گرمایی محیط کاردارند و امتیاز به‌دست‌آمده از این شاخص با شاخص استرین فیزیولوژیکی، ضربان قلب و دمای دهانی به‌دست‌آمده ارتباط مستقیم معناداری دارد. همچنین بین این شاخص با دمای تر گوی‌سان ارتباط مستقیم و معناداری وجود داشت. که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۱۹). گالاگر و همکاران شاخص هیپرترمی ادراکی را بر اساس یک پایلوت آزمایشگاهی در آتش‌نشانان با توجه به پوشیدن لباس حفاظتی در طول تمرین توسعه دادند و به این نتیجه رسیدند که یک ارتباط مستقیم معناداری بین شاخص هیپرترمی ادراکی و شاخص استرین فیزیولوژیکی تحت گرمای مختلف محیطی وجود دارد و افراد ادراک ذهنی مناسبی از گرما داشتند که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد(۱۴) تی کیوزیس و همکاران شاخص استرین ادراکی را برای ارزیابی استرین گرمایی ارائه دادند به این نتیجه رسیدند بین شاخص استرین ادراکی و پاسخ‌های ادراکی فرد از گرما با شاخص استرین فیزیولوژیکی رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد. همچنین بین شاخص استرین ادراکی و دمای دهانی و ضربان قلب رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد. که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد(۱۲). هارویاما و همکاران که قضاوت ذهنی افراد از استرس گرمایی را با استفاده از پرسشنامه مقیاس قضاوت ذهنی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین پرسشنامه مقیاس قضاوت ذهنی با شاخص دمای تر گوی‌سان وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش شاخص دمای تر گوی‌سان میزان امتیاز پرسشنامه مقیاس قضاوت ذهنی افزایش می‌یافت و افراد ادراک مناسبی از گرمای محیط کار داشتند که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۲۰). انسالدی و همکاران که به بررسی آسایش حرارتی افراد و پاسخ‌های ذهنی آن‌ها در کلاس درس پرداختند در مطالعه‌شان به این نتیجه رسیدند که وقتی افراد پاسخ ذهنی راحت از گرمای محیط کار داشتند دمای محیط نیز در ناحیه مطلوبی قرار داشت و با افزایش دمای محیط کلاس پاسخ‌های ذهنی افراد نیز تغییر می‌کرد که با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد (۲۱). در مطالعه حبیبی و همکاران که به بررسی ارتباط بین شاخص استرین فیزیولوژیکی با شاخص امتیاز گذاری استرین گرمایی در زنان پرداختند به این نتیجه رسیدند که با افزایش شاخص استرین فیزیولوژیکی میزان شاخص استرین گرمایی نیز افزایش می‌یافت و افراد پاسخ ذهنی مناسبی نسبت به تنش گرمایی داشتند که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۲۲). بین شاخص استرین ادراکی و شاخص توده بدنی رابطه‌ای مشاهده نشد. تومالا و همکاران که بر روی تأثیر مشخصات فردی و نمایه توده بدنی روی احساس گرمایی افراد توسط شاخص میانگین رأی پیش‌بینی کننده مطالعه می‌کردند به این نتیجه رسیدند که بین احساس گرمایی افراد و افراد با شاخص توده بدنی کمتر از ۲۵ رابطه‌ای وجود ندارد که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد و افراد شرکت‌کننده در مطالعه حاضر

اکثراً شاخص توده بدنی کمتر از ۲۵ داشتند (۲۳). در مطالعه دهقان و همکاران که به بررسی ارتباط بین استرین قلبی با شاخص توده بدنی پرداختند به این نتیجه رسیدند افراد با شاخص توده بدنی بیشتر از ۲۵ در مقایسه با افراد با شاخص توده بدنی کمتر از ۲۵ در معرض استرین قلبی قرار داشتند و این افراد نباید در شرایط گرم و مرطوب کار کنند (۲۴).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه همبستگی شاخص استرین ادراکی با شاخص استرین فیزیولوژیکی, دمای دهانی و ضربان قلب در مقایسه با شاخص دمای تر گوی‌سان بالاتر بود که نشان می‌دهد شاخص استرین ادراکی توانایی لازم را در ارزیابی استرین گرمایی دارد و از طرفی این شاخص داری کاربرد آسان و سریع و همچنین هزینه بسیار کمتری است. درواقع ارزیابی استرین گرمایی به‌وسیله شاخص استرین ادراکی یک روش ارزان و ساده بوده و همچنین می‌تواند برای تعیین میزان مخاطرات بهداشتی کارگران در مواجهه با گرما و ارزیابی ریسک استرین گرمایی مورداستفاده قرار گیرد. فرایند ارزیابی ریسک استرین گرمایی به‌وسیله شاخص استرین ادراکی درواقع یک ابزار تصمیم‌گیری مدیریتی است که می‌توان با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده توسط آن، ایستگاه‌های کاری مختلف را ازلحاظ میزان استرین گرمایی اولویت‌بندی نموده و اقدامات مداخله‌ای را برای کنترل گرمای محیط کار از طریق این شاخص انجام داد. نتایج این مطالعه نشان داد در مواقعی که دسترسی به سایر روش‌های ارزیابی استرس گرمایی وجود ندارد می‌توان از شاخص استرین ادراکی در ارزیابی استرین گرمایی استفاده کرد چون‌که همبستگی قابل قبولی با شاخص‌های معتبر استرس گرمایی دارد و هم‌چنین دارای کاربرد آسان و سریع و هزینه بسیار کمتری برای ارزیابی استرین گرمایی در محیط‌های کاری دارد.

این مطالعه بر روی جامعه مردان و در شرایط آزمایشگاهی انجام‌شده است پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابهی در شرایط واقعی محیط کار در صنایع گرم برای ارزیابی این شاخص انجام داد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان با طرح تحقیقاتی شماره ۳۹۳۲۶۵ به‌عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد انجام شد. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه خانم مهندس پیمانه حبیبی مسئول آزمایشگاه اتاقک تنش‌های حرارتی در طول تحقیق تشکر نمایند.

منابع

1. Golbabaee F. Man and thermal environments. 2002:80-90 ، 190-225. Tehran University Press. [Persian]
2. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial health. 2006;44(3):388-398.
3. Wing JF. Upper thermal tolerance limits for unimpaired mental performance. Aerospace Medicine. 1965;36(10):960-694.
4. Haldane J. The Influence of High Air Temperatures No. I. Journal of Hygiene. 1905;5(04):494-513.
5. Houghton F, Yaglou C. Determining equal comfort lines. J ASHVE. 1923;29:165-176.
6. Yaglou C, Minard D. Control of heat casualties at military training centers. AMA Archives of Industrial Health. 1957;16(4):302-316.
7. Brake R, Bates G. A valid method for comparing rational and empirical heat stress indices. Annals of Occupational Hygiene. 2002;46(2):165-174.
8. Malchaire J, Gebhardt H, Piette A. Strategy for evaluation and prevention of risk due to work in thermal environments. Annals of Occupational Hygiene. 1999;43(5):367-376.
9. Rostam Golmohammadi MA. Air Conditioning control in Workplace. 2012:124 - 170. Hamedan University of Medical Sciences. [Persian]
10. Chen ML, Chen CJ, Yeh WY, Huang JW, Mao IF. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. AIHA Journal. 2003;64(3):352-359.
11. Cheung SS. Neuropsychological determinants of exercise tolerance in the heat. Progress in Brain Research. 2007;162:45-60.
12. Tikuisis P, Mclellan TM, Selkirk G. Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2002;34(9):1454-1461.
13. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 1998;275(1):R129-R134.

14. Gallagher Jr M, 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. European journal of applied physiology. 2012;112(6):2025-2034.
15. Li Y, Tokura H, Guo Y, Wong A, Wong T, Chung J, et al. Effects of wearing N95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. International archives of occupational and environmental health. 2005;78(6):501-509.
16. Gagge AP, Stolwijk J, Hardy J. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environmental Research. 1967;1(1):1-20.
17. Hostler D, Gallagher Jr M, 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. European Journal of Applied Physiology. 2009;105(4):607-613.
18. Wong A, Li Y. Relationship between thermophysiological responses and psychological thermal perception during exercise wearing aerobic wear. Journal of Thermal Biology. 2004;29(7):791-796.
19. Dehghan H HE, khodarahmi B, Yousefi Hasan, 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. Journal of Health System Research. 2012:7(6):5-6. [persian]
20. Haruyama Y, Muto T, Matsuzuki H, Ito A, Tomita S, Muto S, et al. Evaluation of subjective thermal strain in different kitchen working environments using subjective judgment scales. Industrial Health. 2010;48(2):135-144.
21. Ansaldi R, Corgnati SP, Filippi M. Comparison between thermal comfort predictive models and subjective responses in Italian university classrooms. Proceedings of Clima, WellBeing Indoors. 2007:3 -7.
22. Habibi P, Dehghan H, Rezaei S, Maghsoudi K. Thermal, physiological strain index and perceptual responses in Iranian Muslim women under Thermal Condition in order to Guide in Prevention of Heat Stress. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. 2014;1(4):172-176.
23. Tuomaala P, Holopainen R, Piira K, Airaksinen M. Impact of individual characteristics such as age,gender,BMI and fitness on human thermal sensation. Proceedings of BS 2013(4-8);13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.
24. Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Maracy MR. Cardiac Strain between Normal Weight and Overweight Workers in Hot/Humid Weather in the Persian Gulf. International Journal of Preventive Medicine. 2013;4(10):1147.

Validating the perceptual strain index for the evaluation of heat strain under hot laboratory conditions

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

Received: 25/12/2014 Accepted: 21/02/2015

Abstract

Introduction: The incidence of heat stress is one of the most common problems in work environments as well as many different industries. The exposure of workers to heat results in heat strain. The purpose of the present study was to validate the Perceptual Strain Index through determining its relationship to the Physiological Strain Index and the Wet Bulb Globe Temperature Index under hot laboratory conditions.

Materials and Methods: The present cross-sectional study was conducted on 15 men in five different temperature conditions (21, 24, 27, 30 and 35ºC) in a climate chamber and on the treadmill with three different activity levels –light (2.4km/h), medium (4.8km/h) and heavy (6.3km/h). Participants' heart rate and oral temperature were measured in order to calculate the Physiological Strain Index, and their thermal sensation and the rate of perceived exerted activity were measured for calculating the Perceptual Strain Index. The correlations between the indices were then evaluated using Pearson's correlation test and the regression analysis.

Results: Pearson's correlation test showed a significant correlation between the Perceptual Strain Index and the Physiological Strain Index (P=0.001 and r=0.94). The Perceptual Strain Index was also found to have a significant correlation with oral temperature and heart rate (p=0.001 and r=0.78; (p=0.001 and r=0.90). In addition, a significant correlation was found between the Perceptual Strain Index and the Wet Bulb Globe Temperature Index (p=0.001 and r=0.71); however, no relationship was observed between the Perceptual Strain Index and the Body Mass Index (p=0.79 and r=0.0009).

Conclusion: The findings of the study showed that the Perceptual Strain Index can be used for evaluating heat strain in the absence of access to other methods of evaluating heat stress as it has an acceptable correlation with valid indices of heat stress.

Keywords: Perceptual strain, Heat strain, Physiological strain, Climate chamber

1*. **(Corresponding Author)** Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of health , Isfahan University of medical sciences , Isfahan , Iran. Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir.

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