کاربرد مدل معادلات ساختاری در تعیین روایی سازه یک روش غربال‌گری استرین گرمایی

حبیب‌اله دهقان شهرضا[1]، سید باقر مرتضوی[2]، محمد جواد جعفری[3]، محمد رضا مراثی[4]، علی خوانین[1]، مهدی جهانگیری[5]

چکیده

مقدمه: تنش گرمایی یکی از مهم‌ترین پیامدهای مواجهه با گرما در دنیاست. شاخص‌های موجود ارزیابی تنش گرمایی به دلیل داشتن محدودیت‌های ذاتی و کاربردی برای غربال‌گری تنش گرمایی، در کشورهای در حال توسعه مناسب نیستند. هدف این مطالعه بررسی روایی محتوایی و اعتبار سازه شاخص نمره تنش گرمایی (Heat Strain Score Index یا HSSI) در شرایط آب و هوایی ایران بود.

روش‌ها: این مطالعه مقطعی بر روی ۱۲۲ نفر از کارگران شرکت ملی صنایع پتروشیمی (عسلویه) و ذوب‌آهن اصفهان در ماه‌های تیر تا شهریور ۱۳۸۹ انجام شد. در مرحله تولید آیتم، ۴۵ آیتم انتخاب گردید. روایی محتوایی توسط متخصصین بهداشت حرفه‌ای انجام گرفت و ثبات درونی آیتم‌ها با محاسبه ضریب Cronbach's alpha بررسی شد. تحلیل عاملی اکتشافی برای کاهش تعداد آیتم‌ها به کار رفت.

یافته‌ها: در ارزیابی محتوایی، ۵ آیتم حذف گردید. در تحلیل همبستگی نیز، ۲۴ آیتم که دارای همبستگی کمتر از ۰/۳ با همبستگی کل داشتند، حذف شدند. ضریب Cronbach's alpha برای ۱۶ آیتم باقیمانده، برابر ۰/۹۲ (۰/۸۵-۰/۷۱) به دست آمد. در تحلیل عاملی اکتشافی سه زیر مقیاس قضاوت ذهنی، لباس حفاظتی و فعالیت جسمانی استخراج شد؛ به طوری که هر سه زیر مقیاس، در مجموع ۶۷/۷ درصد از واریانس را تبیین کردند. ثبات درونی بین زیر مقیاس‌ها بالا بود (۰/۹۱-۰/۷۳).

نتیجه‌گیری: نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد که سه عامل اساسی در مقیاس HSSI با ثبات درونی بالا وجود دارد. پایایی و روایی سازه نشان داد که مقیاس HSSI برای غربال‌گری تنش گرمایی در ایران یک روش روا و مناسب است.

واژه‌های کلیدی: شاخص نمره تنش گرمایی، اعتبار سنجی، تنش گرمایی، ایران.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۸۹/۸/۲۷ *پذیرش مقاله: ۸۹/۹/۲۹*

مقدمه

از زمان انقلاب صنعتی، به واسطه توسعه و ازدیاد واحدهای صنعتی، افراد زیادی در مواجهه با خطرات شغلی قرار گرفتند، که یکی از این خطرات گرما است. پیامدهای مواجهه با گرما در ابتدا به صورت بروز استرین گرمایی است و در مواجهه طولانی مدت منجر به بروز اختلالات کرامپ عضلانی، خستگی گرمایی، سنکوپ گرمایی، گرمازدگی، کاهش عملکرد جسمانی و ذهنی، کاهش بهره‌وری، افزایش میزان بروز

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: sbmortazav@modares.ac.irr

۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان،ایران.

۵- کارشناس، مسؤول بهداشت حرفه‌ای، شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران، تهران، ایران.

حوادث و کاهش سطح ایمنی در محیط‌های کار می‌شود (۲، ۱).

دانش ما از دامنه و بزرگی بار گرمای بیرونی و داخلی بدن، ما را قادر می‌سازد که پیامدهای مواجهه با گرما را پیش‌بینی کنیم. به همین منظور، امروزه در مباحث مدیریت تنش حرارتی، توجه زیادی به شناسایی و کنترل ریسک فاکتورهای مؤثر در بروز تنش گرمایی شده است (۳). لازمه انجام مداخلات کنترلی مؤثر جهت کنترل ریسک فاکتورهای استرین گرمایی، شناخت وضعیت موجود، ریسک فاکتورهای مرتبط و تعیین میزان سهم هر یک از ریسک فاکتورها در بروز استرین گرمایی است. از این رو در دهه‌های اخیر سعی شده است که اثرات این فاکتورهای محیطی و فردی بر روی استرین‌های فیزیولوژیک ناشی از گرما (ضربان قلب، دمای مرکزی بدن و میزان تعریق) مورد ارزیابی قرار گیرد و معیار یا شاخصی در قالب یک عدد تحت عنوان شاخص تنش گرمایی ارایه گردد. در سطح کشورهای صنعتی و بین‌المللی شاخص‌های متعددی شامل انواع شاخص‌های تجربی مانند شاخص WBGT و شاخص‌های تحلیلی مانند شاخص Swreq توسعه یافته‌اند. از طرفی در کشورمان در طول ماه‌های گرم سال، گرما مهم‌ترین عامل زیان‌آور فیزیکی در محیط‌های کار مناطق جنوب، مرکز و برخی از مناطق شمالی (استان‌های گیلان و مازندران) می‌باشد و بنا به دلایل زیر، جهت مدیریت مناسب استرین گرمایی در محیط‌های کار، نیاز به یک روش غربال‌گری استرین گرمایی برای کاربرد در شرایط آب و هوایی ایران احساس می‌شود.

۱- در اغلب کشورها و از جمله ایران درصد قابل توجهی از نیروی کار در کارگاه‌های با بعد کارگری، کمتر از ۲۰۰ نفر اشتغال دارند. میزان حوادث در این شرکت‌های کوچک تا متوسط در مقایسه با شرکت‌های با بعد کارگری بزرگ‌تر از ۲۰۰ نفر تا ۳۳ درصد بیشتر است و می‌توان چنین فرض کرد که مشکلات ناشی از گرما نیز وضعیت مشابهی دارند. از این رو برای بهبود شرایط کاری در این شرکت‌های کوچک و متوسط، دسترسی به ابزار مناسب برای ارزیابی ریسک‌های گرمایی ضروری است (۴).

۲- به علت موقعیت جغرافیایی ایران (فاصله کم از خط استوا) در مقایسه با کشورهای اروپایی و امریکای شمالی و ماهیت گرمازا بودن اکثر فعالیت‌های صنعتی در مناطق جنوب و مرکز ایران (صنایع ذوب و ریخته‌گری، نساجی، شیشه و بلور، کاشی، پالایش نفت و گاز و غیره) تعداد پست‌های کاری که دارای مشکلات گرمایی هستند، بسیار زیاد است و ارزیابی منظم تنش‌های گرمایی با روش‌های موجود با جزییات کامل در این پست‌های کاری غیر عملی است.

۳- هدف اصلی در مدیریت استرین گرمایی، تحلیل و تفسیر خود ریسک نیست، بلکه هدف پیش‌گیری از آن است. بنابراین روش‌های ارزیابی ریسک بایستی قادر باشند اطلاعات مورد نیاز برای یافتن و شناخت مناسب‌ترین راه حل را در اختیار ارزیاب قرار دهد. چنان چه اطلاعات جمع‌آوری شده، منجر به این شناخت نشود، روش مناسبی برای کنترل مخاطره اعمال نخواهد شد. بنابراین روش‌های ارزیابی استرین حرارتی، که فقط محدود به جمع‌آوری اطلاعات در خصوص شرایط محیطی یا شغلی یا فیزیولوژیک باشند، اطلاعات جامعی برای کنترل تنش گرمایی در اختیار قرار نمی‌دهند. برای مثال دمای تر طبیعی که متأثر از دمای خشک، میزان رطوبت، سرعت جریان هوا و دمای تشعشعی می‌باشد، فقط ابزاری برای غربال‌گری شرایط گرمای محیطی است و با تکیه بر آن و با نادیده گرفتن فاکتورهای شغلی و فردی مؤثر در بروز تنش گرمایی، به طور مؤثر نمی‌توان تنش گرمایی را کاهش داد.

۴- روش‌های غربال‌گری باید عمومی، فراگیر، ارزان و کاربردی آسان و سریع داشته باشند و این ویژگی‌ها در مورد شاخص WBGT قابل بحث است، چون که تهیه این دستگاه برای صنایع کوچک و متوسط به دلیل گران قیمت بودن آن محدود است و یک بار اندازه‌گیری آن حداقل ۳۰ دقیقه زمان نیاز دارد.

۵- در روش‌های غربال‌گری، برای تأمین حاشیه ایمن، روش مورد نظر بایستی دارای حساسیت خیلی زیادی باشد و نشان داده شده است که این ویژگی در خصوص شاخص WBGT صدق نمی‌کند (۴).

از بین روش‌های موجود برای ارزیابی ریسک فاکتورها، روش‌های مشاهده‌ای به دلیل کارایی خوب، صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها، مطلوبیت در نزد کاربران، ساده و ارزان بودن، ارایه پاسخ سریع و قابلیت کاربرد در محیط کار بدون تداخل با نیروی کار، به طور پیوسته مورد توسعه و استفاده قرار گرفته‌اند (۵). به طوری که این روش به طور موفقیت‌آمیزی برای ارزیابی ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی و تنش سرمایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۸-۶). در این راستا به استناد استراتژی چهار مرحله‌ای Malchaire و همکاران برای ارزیابی و پیش‌گیری از خطرات ناشی از کار و موفقیت‌آمیز بودن این استراتژی در طراحی و تدوین چک لیست‌های مشاهده‌ای، بر آن شدیم که بر اساس اصول زیر بنایی این استراتژی، یک روش غربال‌گری طراحی نماییم. این روش کمی، سریع، ارزان (بدون کاربرد تجهیزات اندازه‌گیری) و آسان (آموزش مختصر) بوده، بر اساس قضاوت ذهنی افراد در مواجهه با گرما و مشاهده عوامل مؤثر تحت عنوان" شاخص نمره تنش گرمایی (Heat strain score index) برای ارزیابی مقدماتی تنش گرمایی (غربال‌گری) در محیط‌های کار اعتبار سنجی شده است (۴).

بررسی متون

روش‌های متعددی برای ارزیابی ریسک‌های مختلف در محیط‌های کاری از روش‌های مشاهده‌ای تا روش‌های اندازه‌گیری دقیق و پیچیده وجود دارد که این روش‌ها اغلب توسط متخصصین برای کارشناسان مربوطه ارایه شده‌اند. یکی از این روش‌های ارزیابی که در سال‌های اخیر برای ارزیابی ریسک فاکتورهای محیط کار از آن استفاده شده است، تکنیک‌های مشاهده‌ای در قالب چک لیست‌های کمی می‌باشد، که به طور موفقیت‌آمیزی برای ارزیابی ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی- عضلانی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱-۹).

Keyserling و همکاران چک لیست دو صفحه‌ای را برای ارزیابی ریسک فاکتورهای ارگونومیک مرتبط با اختلالات ترومای تجمعی اندام‌های فوقانی برای افراد غیر متخصص اعتبار بخشیدند و به این نتیجه رسیدند که چک لیست‌های مشاهده‌ای یک ابزار غربال‌گری سریع و مؤثر برای شناسایی مشاغلی است که کارکنان در مواجهه با استرس‌های بالقوه ارگونومیک هستند (۱۲). Gerry Cole's و همکاران در استرالیا پیش‌نویس یک چک لیست"ارزیابی ریسک گرمایی" با سه سطح ریسک ارایه دادند که ترکیبی از گزینه‌های مشاهده‌ای، احساسی و اندازه‌گیری شاخص WBGT بود، که مبنایی برای طبقه‌بندی سطوح ریسک بیان نشده بود و همچنین روایی و پایایی بررسی نشده بود (۱۳).

در پژوهشی دیگر توسط Damian Bethea و Ken Parsons، تحت عنوان " توسعه متدولوژی ارزیابی تنش حرارتی برای کاربرد در صنایع انگلیس" پیش‌نویس یک چک لیست مشاهده‌ای برای ارزیابی ریسک تنش حرارتی شامل فاکتورهای دمای هوا، دمای تابشی، سرعت جریان هوا، میزان رطوبت، شدت کار و نوع لباس معرفی گردید، که معیار یا مبنایی برای امتیازگذاری گزینه‌های اسمی در چک لیست بیان نشده است و همچنین در خصوص پایایی و روایی آن نیز اقدامی صورت نگرفته است (۱۶).

Malchaire در روش ارزیابی ریسک گرمایی بر اساس مشاهده و قضاوت ذهنی افراد، ۷ فاکتور مؤثر بر تنش یا ناراحتی گرمایی شامل دمای هوا، رطوبت، پرتوهای گرمایی، حرکت هوا، فعالیت جسمانی، نوع لباس و نظر کارگران را به صورت گزینه‌های توصیفی یا اسمی با امتیازدهی رتبه‌ای برای هر فاکتور تدوین نمود، ولی روش فاقد سطح ریسک می‌باشد و معیار یا مبنایی برای امتیازدهی به گزینه‌ها و همچنین روایی و پایایی روش بیان نشده است (۱۴، ۴).

از طرفی به لحاظ اهمیت شاخص‌های درک گرمایی در ارزیابی تنش‌های حرارتی، در استاندارد کشور انگلیس (BS EN ISO 10551: 2001)، استاندارد جداگانه‌ای تحت عنوان "ارزیابی تأثیر محیط‌های گرم با استفاده از معیار قضاوت‌های فردی" آمده است که راهنمایی برای طراحی ابزارهای ارزیابی تنش حرارتی با استفاده از قضاوت‌های ذهنی یا احساسی است (۱۵).

Naoshi Kakitsuba در بررسی تغییرات احساس گرمایی با تغییر دما، شدت بزرگی احساس گرمایی را در مواجهه با شرایط دمایی ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد را در مقیاس توصیفی معادل" شرایط دمایی خنثی" و در مواجهه با شرایط دمایی ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد در مقیاس توصیفی معادل "داغ" گزارش کرد و در هنگام تغییر حالت مواجهه از شرایط دمایی خنثی به شرایط گرم، احساس گرمایی افراد نیز خیلی سریع تغییر می‌کرد (۱۶).

Potkanowicz و همکاران در بررسی تأثیر سن بر روی بیان احساس گرمایی، با مواجهه دادن افراد مسن (۷۰–۶۰ ساله) و افراد جوان (۳۰–۲۰ ساله) با دمای ۱۲، ۱۸ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ دقیقه، به این نتیجه رسیدند که بین پاسخ احساس گرمایی افراد مسن و جوان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (۱۷). بدون شک تأثیر تغییر دمای بدن در رفتار، به صورت تغییرات ادراکی، آغازی برای پاسخ رفتار–گرمایی و درک گرمایی آشکار می‌شود (۱۸).

Hostler و همکاران شاخص هیپر ترمی ادراکی را بر اساس یک پایلوت آزمایشگاهی توسعه دادند. داده‌ها در این بررسی نشان داد که همبستگی به نسبت قوی بین شاخص هیپر ترمی ادراکی و دمای عمقی بدن تحت بار گرمایی مختلف محیطی وجود دارد.(۲۰، ۱۹).

Moran و همکاران، شاخص استرین فیزیولوژیکی را با دخالت دادن میزان ضربان قلب و دمای عمقی بدن در پاسخ به بار گرمایی توسعه دادند.(۲۲، ۲۱). Epstrin و Moran شاخص‌های تجربی و تحلیلی را برای تعیین تنظیم دمای بدن پیشنهاد کردند (۲۳). اگر چه شاخص‌های مستقیم نسبت به سایر شاخص‌ها، کاربر مدار و قابل کاربردتر هستند، اما فقط متغیرهای محیطی مانند دمای خشک، دمای تر و دمای گوی سان را در بر می‌گیرند. بر این اساس Cheung پیشنهاد کرد که در استانداردهای مواجهه شغلی نباید فقط برون دادهای فیزیولوژیک مورد استفاده قرار گیرد، بلکه ادراک گرمایی (Thermal perceptions) که بازتاب پاسخ به تنش حرارتی است، بایستی مورد توجه قرار گیرد (۲۴).

Tikusisis و همکاران برای پایش ریسک آسیب‌های ناشی از گرما با استفاده از دو مقیاس میزان تلاش درک شده، میزان احساس گرمایی شاخص استرین ادراکی را توسعه دادند (۲۵).

Hostler و همکاران در بررسی اثرات هیپر هیدراسیون بر روی پرسنل فوریت‌های پزشکی در حال فعالیت بر روی نوار گردان و با لباس حفاظتی مقاوم در برابر مواد شیمیایی، شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی (PhSI) و استرین ادراکی (PeSI) را برای هر فرد تحت تنش گرمایی محاسبه کردند. مقادیر نامساوی بین شاخص‌های استرین حرارتی فیزیولوژکی و ادراکی در شرایط یکسان از نظر بار گرمایی منجر به این پیشنهاد گردید که فاکتورهای دیگری به غیر از دمای عمقی بدن و ضربان قلب بر روی استرین گرمایی درک شده، اثر گذارند. یکی از این فاکتورهای احتمالی، درک تلاش جسمانی (Perception of physical exertion) به صورت فردی است که با شاخص‌های ذهنی استرین حرارتی مانند احساس گرمایی تحت شرایط محیطی داغ تداخل می‌کند (۱۹).

Malchaire یک استراتژی برای ارزیابی و پیش‌گیری از خطرات ناشی از کار در محیط‌های گرم پیشنهاد کرد که مبتنی بر دو اصل مشارکت افراد در انجام ارزیابی و ساختار چهار مرحله‌ای– غربالگری، مشاهده، ارزیابی معمولی و ارزیابی تخصصی است (۱۴). بر طبق نظر محققین، زیربنای فلسفی این استراتژی، فقط برای ارزیابی اختلالات اسکلتی–عضلانی نیست و این استراتژی برای تدوین چک لیست

مشاهده‌ای جهت ارزیابی ریسک فاکتورهای موجود در محیط سرد نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۱۸). از این رو این استراتژی برای ارزیابی و پیش‌گیری خطرات ناشی از کار در محیط‌های گرم نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس این استراتژی بعد از انجام غربال‌گری در محیط کار، برای شناسایی و ارزیابی مشکلات مرتبط با کار در محیط گرم از روش مشاهده استفاده می‌شود و در صورت وجود استرس گرمایی در حد غیر قابل قبول، فرایند ارزیابی وارد مرحله سوم شده، ارزیابی به طور دقیق‌تر با کاربرد وسایل اندازه‌گیری معمولی (اندازه‌گیری ریسک فاکتورهای محیطی) انجام می‌شود و در صورت وجود استرس گرمایی در حد غیر قابل قبول، در مرحله بعدی انجام ارزیابی‌های تخصصی‌تر (اندازه‌گیری استرین‌های گرمایی) انجام می‌گیرد (۱۴).

روش‌ها

پژوهش حاضر، یک مطالعه تحلیلی از نوع مقطعی است که بر روی ۱۲۲ نفر از شاغلین دو منطقه انتخابی گرم- خشک (۵۲ نفر از ذوب‌آهن اصفهان) و گرم- مرطوب (۷۰ نفر از عسلویه) در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور سال ۱۳۸۹ انجام شد.

افراد در این پژوهش با توجه به مشخصه‌های شرایط محیطی، شغلی و فردی در ایستگاه‌های کاری به نحوی انتخاب شدند که در مواجهه با مقادیر متفاوتی از ریسک فاکتورهای مهم و کلیدی استرین گرمایی مانند دمای خشک، میزان رطوبت، میزان حرکت هوا و میزان دمای تشعشعی قرار داشتند. این مطالعه در سه مرحله به شرح زیر انجام گرفت:

مرحله اول: شناسایی ریسک فاکتورهای مؤثر بر تنش گرمایی

با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و مروری بر مقالات و منابع مرتبط موجود و مشورت با متخصصین مربوطه، ۴۵ عامل مؤثر (به طور احتمالی) در بروز تنش گرمایی شناسایی گردید که شامل دمای هوا، میزان رطوبت، منابع گرمایی، دمای سطوح مجاور، جریان هوا، وضعیت سیستم تهویه، وضعیت تابش آفتاب، ابعاد فضای کار، وضعیت دسترسی به آب شرب، دمای آب، نمک آب، فاصله تا محل استراحت خنک، شدت فعالیت شغلی، نوع لباس، اندازه لباس، رنگ لباس، جنس لباس، نوع وسایل حفاظت فردی، مدت زمان مواجهه، وضعیت مواجهه (پیوسته یا متناوب)، وضعیت بدن، نوبت کاری، تعداد وقفه‌های زمانی برای استراحت، پیچیدگی و تمرکز در کار، محدودیت در ترک پست کاری برای شرب آب، وضعیت سازگاری با گرما، سن، شاخص توده بدن، وضعیت مصرف نمک، وضعیت آموزش فرد، وضعیت اقدام به نوشیدن آب، تعداد لیوان آب مصرفی در یک شیفت کاری، سابقه گرمازدگی، محدودیت در تعریق پوستی، شدت تعریق، شدت خستگی، شدت تشنگی، شدت ناراحتی، بی‌خوابی، شدت سر و صدا و علایم بالینی می‌شود. سپس برای قابل اندازه‌گیری کردن این عامل‌ها از طریق بیان احساس فردی یا مشاهده، برای هر عامل یک سؤال و چند گزینه توصیفی یا عددی تدوین گردید که مجموع آن‌ها تشکیل پیش‌نویس روش (Draft) را دادند. در تدوین عبارات توصیفی سعی شد از شیوه نگارش سلیس و روان و جمله‌بندی مناسب استفاده شود. در این خصوص از نظرات ۲ نفر از متخصصین ادبیات فارسی استفاده شد. امتیازدهی به گزینه‌های هر آیتم با در نظر گرفتن ضرایب تأثیر برخی از ریسک فاکتورها در شاخص‌های تجربی و تحلیلی استرس گرمایی موجود و با مشورت با متخصصین بهداشت حرفه‌ای صورت گرفت.

مرحله دوم: تعیین و اصلاح روایی صوری و محتوایی

برای تعیین روایی صوری و محتوایی پیش‌نویس در خصوص این که سؤالات تا چه میزانی معرف محتوا یا از حوزه محتوایی تنش گرمایی انتخاب شده است، از قضاوت ۹ نفر از متخصصین بهداشت حرفه‌ای و مدرس درس شرایط جوی در گروه‌های بهداشت حرفه‌ای دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور استفاده شد. در ارزیابی روایی محتوایی، ویژگی‌های "مربوط بودن سؤال به حوزه تنش گرمایی"، "وضعیت امتیازدهی گزینه‌های هر سؤال"، "وضوح و شفافیت سؤال و گزینه" و

"سادگی بیان آیتم‌ها" ارزیابی شد.

مرحله سوم: تعیین میزان پایایی و روایی

در این پژوهش، پیش‌نویس روش توسط ۱۲۲ نفر از کارگران در پست‌های کاری مختلف و تحت تنش گرمایی و در مواجهه با ریسک فاکتورهای مختلف تنش گرمایی، تکمیل شد. با توجه به این که گزینه‌های موجود در روش به صورت چند ارزشی بودند و هیچ کدام از آن‌ها درست یا غلط محسوب نمی‌شدند، جهت تعیین همسانی درونی، ضریب Cronbach's alpha برای هر گزینه و همچنین کل روش، محاسبه شد. آیتم‌هایی که میزان همبستگی آن‌ها با همبستگی کل کمتر از ۰/۳ بود، از ورود به مرحله تحلیل روایی سازه حذف شدند. برای بررسی روایی سازه از تحلیل عاملی اکتشافی و نرم‌افزار $SPSS_{۱۶}$ استفاده گردید (۲۸).

یافته‌ها

مشخصات افراد

روش‌های آمار توصیفی برای توصیف مقدماتی داده‌ها نشان داد که در این پژوهش، تعداد کل ۱۲۲ نفر شرکت کننده در این مطالعه دارای میانگین (انحراف معیار) سن ۳۱/۸ (۷/۲) سال، قد ۱/۷۳ (۰/۰۶) متر، وزن ۷۵/۲۶ (۱۲/۳) کیلوگرم، سابقه کار ۵/۹ (۴/۹) سال و شاخص توده بدن ۲۴/۹۹ (۳/۶۰) کیلوگرم بر مجذور قد بودند.

نتایج تحلیل پایایی

در ارزیابی محتوایی توسط متخصصین بهداشت حرفه‌ای، ۵ آیتم از مجموعه آیتم‌ها حذف گردید و محاسبه مقدماتی Cronbach's alpha بر روی ۴۰ متغیر باقیمانده برابر با ۰/۸۸۱ برآورد گردید، که متغیر "وسایل حفاظت فردی" دارای بیشترین همبستگی (۰/۷۵۶) و سابقه گرمازدگی دارای کمترین همبستگی (۰/۰۰۷) با همبستگی کل بود. برای آماده‌سازی متغیرها برای ورود به بررسی سازه (تحلیل عاملی) می‌بایست متغیرهایی حذف گردند که همبستگی پایین با همبستگی کل دارند. از این رو در این مطالعه ۲۴ آیتم که همبستگی آن‌ها با همبستگی کل کمتر از ۰/۳ بود، از مطالعه حذف شدند و ۱۶ متغیر شامل دمای هوا، میزان رطوبت، دمای سطوح مجاور، جریان هوا، وضعیت سیستم تهویه، شدت فعالیت، نوع لباس، رنگ لباس، جنس لباس، نوع وسایل حفاظت فردی، وضعیت بدن، شدت تعریق، شدت خستگی، شدت تشنگی، شدت ناراحتی و علایم بالینی جهت ورود به مرحله تحلیل عاملی اکتشافی باقی ماندند. حذف متغیرهای کم اهمیت، موجب افزایش مقدار Cronbach's alpha از ۰/۸۸ به ۹۲/. گردید، که متغیر شدت تشنگی دارای بیشترین همبستگی (۰/۷۷۵)و رنگ لباس کمترین همبستگی (۰/۳۳) را با همبستگی کل نشان داد.

نتایج بررسی مقدماتی داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی

در این پژوهش مشخصه آماری کرویت بارتلت برابر با ۱۵۴۸ با درجه آزادی ۱۳۶ و سطح معنی‌داری کوچکتر از ۰/۰۰۱ محاسبه شد، که از لحاظ آماری معنی‌دار است. اما کفایت نمونه‌برداری یا شاخص KMO برابر با ۰/۸۵۹ (بالاتر از ۰/۶) به دست آمد. بنابراین بر اساس دو ملاک فوق می‌توان نتیجه گرفت که اجرای تحلیل عاملی اکتشافی بر اساس ماتریس همبستگی‌های متغیرهای مورد مطالعه قابل توجیه است و بر پایه این داده‌ها می‌توان به استخراج عامل‌های پنهان اطمینان کرد.

نتایج تحلیل عاملی اکتشافی

در تحلیل آماری اکتشافی از روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش اکوماکس استفاده شد. سه عامل با ۱۶ متغیر استخراج گردید. عامل اول به تنهایی ۳۲/۴۲۵، عامل دوم ۲۵/۸۱۴ و عامل سوم ۹/۴۲۴ درصد از واریانس و هر سه عامل در مجموع ۶۷/۶۶۳ درصد از واریانس متغیرها را تبیین کردند. ۱۶ متغیر در سه عامل پنهان آشیان شدند. ۸ آیتم در عامل یک، ۶ آیتم در عامل دو و ۲ آیتم در عامل سه برگزیده شدند (جدول ۱).

متغیرهای احساسی- قضاوتی شامل دمای هوا، رطوبت هوا، حرکت هوا، شدت تعریق، شدت خستگی، شدت تشنگی، شدت ناراحتی و علایم بالینی که همگی بر اساس احساس و قضاوت فردی اندازه‌گیری شده بودند در فاکتور یک بار شدند، که ما این فاکتور را "عامل احساسی- قضاوتی" نام‌گذاری کردیم.

متغیرهای مشاهده‌ای شامل نوع وسایل حفاظت فردی، نوع لباس، رنگ لباس، جنس لباس، وضعیت تهویه مطبوع و دمای سطوح مجاور در عامل دو آشیان شدند، که با توجه با ماهیت اکثر متغیرها در این عامل، ما نام این عامل را "عامل پوشش حفاظتی" نام‌گذاری کردیم.

متغیرهای شدت فعالیت کاری و وضعیت بدن فرد در هنگام انجام کار (پوسچر) در عامل سوم آشیان شدند، که با توجه به ماهیت متغیرها و قرابت آن‌ها به یکدیگر، نام این عامل را "عامل فعالیت جسمانی" گذاشتیم.

جدول ۱: عوامل استخراج شده در تحلیل عامل اکتشافی پس از چرخش اکوماکس

نام متغیر	عامل احساسی قضاوتی	عامل پوشش حفاظتی	عامل فعالیت جسمانی
دمای هوا	۰/۸۲۴		
رطوبت هوا	۰/۸۱۹		
حرکت هوا	۰/۵۲۹		
شدت نعریق	۰/۸۶۲		
شدت خستگی	۰/۷۲۲		
شدت تشنگی	۰/۷۱۴		
شدت ناراحتی	۰/۷۶۴		
علایم بالینی	۰/۶۰۶		
دمای سطوح		۰/۶۰۴	
وضعیت تهویه		۰/۵۴۷	
نوع لباس کار		۰/۸۶۳	
رنگ لباس کار		۰/۷۵۴	
جنس لباس کار		۰/۸۶۱	
نوع وسایل حفاظتی		۰/۸۱۵	
شدت فعالیت جسمانی			۰/۷۷۰
پوسچر بدن			۰/۸۸۰

بحث

استرین گرمایی شاغلین یکی از مهم‌ترین تنش‌هایی است که به خصوص در فصول گرم نقش مهمی در سلامتی و عملکرد جسمی و ذهنی، بهره‌وری و ایمنی افراد دارد. از این رو لزوم دسترسی به ابزارهای اندازه‌گیری علمی تنش گرمایی که مطابق با شرایط آب و هوایی ایران باشد، امری اجتناب ناپذیر

است. پژوهش حاضر با هدف بررسی پایایی و روایی (محتوایی و سازه) یک روش احساسی- مشاهده‌ای با کاربرد روش مدل معادلات ساختاری جهت معرفی یک روش غربال‌گری تنش گرمایی در محیط‌های کاری انجام شد. متغیرهای برگزیده شده، در سازه HSSI، جزء مهم‌ترین و اصلی‌ترین پارامترهای مؤثر در بروز تنش گرمایی است. نتایج مطالعات زیر تأیید کننده این نتیجه‌گیری می‌باشد:

در محاسبه شاخص WBGT، دمای هوا، رطوبت هوا و دما تابشی که از فاکتورهای اصلی و مهم در بروز تنش گرمایی هستند، توسط انواع دماسنج‌ها مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند و پارامترهای لباس (به صورت ضریب تصحیح) و شدت فعالیت که از طریق مشاهده تعیین می‌شوند (۳۰)، در ارزیابی و تفسیر این شاخص مورد استفاده قرار می‌گیرند. خوشبختانه تمام پارامترهای دخیل در اندازه‌گیری و تفسیر این شاخص جهانی در سازه مذکور با بار عاملی بالا پذیرفته شده است.

G.M. Budd در تعیین تنش گرمایی ۶ متغیر، دمای هوا، دمای تابشی، فشار بخار اب، سرعت جریان هوا، لباس و میزان فعالیت را بیان کرده است که این ۶ متغیر در سازه فوق وارد شده است (۳۱).

J. Malchaire و همکاران با ارایه یک مقیاس نمره‌گذاری برای ارزیابی مشاهده‌ای استرین گرمایی، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در بروز تنش گرمایی شامل دمای هوا، رطوبت، دمای تابشی، حرکت هوا، بار کاری، لباس کار، و نظر کارگران را انتخاب نموده است. هر چند که روایی و پایایی این مقیاس بررسی نشده است، تمام پارامترهای این مقیاس در سازه مطالعه ما وارد شده است (۱۴).

Damian Bethea & Ken Parsons در چک لیست مشاهده‌ای (Draft) تعیین ریسک تنش حرارتی متغیرهای دمای محیط، دمای تابشی، رطوبت هوا، سرعت جریان هوا، شدت کار و نوع و جنس لباس را به عنوان عوامل کلیدی در تعیین تنش گرمایی به کار برده‌اند (۶)، که تمام این متغیرها در سازه فوق با بار عاملی بالا و معنی‌دار پذیرفته شده‌اند.

Gerry Coles و همکاران در مستند توسعه استاندارد تنش حرارتی برای کاربرد در استرالیا، در پیش‌نویس (Draft) تعیین ریسک گرمایی ۱۳ پارامتر مشاهده‌ای- احساسی و اندازه‌گیری شاخص WBGT را انتخاب نمودند (۱۳)، که ۵ متغیر مشاهده‌ای- احساسی شامل دمای سطوح، نوع لباس، حرکت هوا، نوع وسایل حفاظتی و شدت فعالیت از پیش‌نویس فوق در سازه ما وارد شده است. البته ۷ پارامتر وارد نشده جزء پارامترهای انتخاب شده در مرحله روایی محتوایی بودند، ولی به دلیل داشتن همبستگی پایین با همبستگی کل، در مرحله آماده‌سازی داده‌ها برای ورود به تحلیل عاملی از مطالعه حذف شدند.

Ingvar Holmer پارامترهای خیسی پوست، سرعت جریان هوا، وضعیت بدن، رنگ لباس، دمای هوا و میانگین دمای تابشی را فاکتورهای مؤثر در تبادل گرما بین بدن انسان و محیط بیان کرده است. حرکت بدن و جریان هوا تهویه هوای محبوس بین بدن و لباس را تسریع می‌کند و اثر عایق بودن لباس را کاهش می‌دهد (۳۲). این پارامترهای مؤثر نیز در سازه فوق وارد شده‌اند.

Peter Tikuisis و همکاران در محاسبه شاخص استرین ادراکی از پارامترهای احساس گرمایی و مقیاس تلاش درک شده (RPE) استفاده کردند، که این دو پارامتر نیز در سازه فوق برگزیده شده است (۳۳).

G. Havenith، احساس گرمی یا سردی و خیسی پوست را، عامل‌های تعیین کننده راحتی بیان کرده است (۳۴). A.P. Gagge و همکاران، همبستگی بین احساس گرمایی با دمای هوا و دمای متوسط پوست و همچنین رابطه بین ناراحتی از گرما را با تعریق پوستی بالا به دست آورد (۳۵). Wong در شرایط گرم و مرطوب، همبستگی بین دمای پوست و احساس گرما را ۰/۷۱ و همبستگی بین رطوبت پوست و رطوبت احساس شده را ۰/۹۶ به دست آورد (۳۶). از این رو با توجه به نتایج این مطالعات، احساس گرما و رطوبت می‌تواند به عنوان متغیرهای ارزیابی تنش حرارتی مورد استفاده قرار گیرد.

سن و شاخص توده بدن در بسیاری از مطالعات آزمایشگاهی به عنوان عوامل مؤثر در بروز تنش گرمایی مطرح شده‌اند (۳۷) و ما این دو عامل را در پیش‌نویس (Draft) مطالعه وارد کردیم، ولی هر دو پارامتر همبستگی پایینی با همبستگی کل داشتند و حذف شدند. یکی از دلایل حذف شدن این دو متغیر از مطالعه این است که میزان تأثیر این دو عامل بر روی تنش گرمایی در شرایط محیطی خیلی گرم (در این مطالعه در ۱۲۲ ایستگاه کاری متوسط و انحراف معیار شاخص WBGT به ترتیب برابر ۳۲/۱ و ۳/۳ اندازه‌گیری شد) اندک است. در واقع اثر این دو عامل توسط عوامل مؤثرتر (عوامل محیطی مانند دما و رطوبت) پوشیده (ماسکه) می‌شوند. به عبارت دیگر در شرایط محیطی خیلی گرم (عسلویه و ذوب‌آهن) حتی سنین پایین با دارا بودن شاخص توده بدنی پایین دچار تنش گرمایی می‌شوند.

نتایج این مطالعه سه نکته را برای ما مشخص نمود، یکی این که ریسک فاکتورهای مهم تنش گرمایی که در اندازه‌گیری و ارزیابی شاخص‌های تجربی، تحلیلی و چک لیست‌ها و پرسش‌نامه‌های ارزیابی تنش گرمایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، همگی در سازه HSSI جمع شده‌اند و یک سازه متحد را تشکیل داده‌اند. دوم این که ریسک فاکتورهای مؤثر در بروز تنش گرمایی این قابلیت را دارند که از طریق قضاوت و مشاهده اندازه‌گیری شوند؛ چرا که ریسک فاکتورهای قضاوتی– احساسی و مشاهده‌ای در سازه HSSI، واریانس بالایی (حدود ۶۸ درصد) را تبیین کردند و این نشان دهنده این است که قسمت اعظم تغییرات در تنش گرمایی توسط تغییرات این ۱۶ متغیر به وجود می‌آید و این میزان در تحلیل عاملی مقدار مطلوبی به شمار می‌رود و سوم این که به دلیل تبیین مطلوب واریانس توسط ریسک فاکتورهای وارد شده در روش HSSI، دور از انتظار می‌باشد که فاکتورهای مهم و کلیدی مؤثر در بروز تنش گرمایی وجود داشته است، ولی از چشم ما دور مانده باشد.

نتیجه گیری

با توجه به این که ۱۶ متغیر قابل اندازه‌گیری از طریق بیان احساس فردی و مشاهده در سازه HSSI با متغیرهای شاخص اندازه‌گیری تنش گرمایی WBGT و سایر پرسش‌نامه‌ها یا چک لیست‌ها، نقاط مشترک بالایی دارند و هم‌خوان هستند و کل سازه HSSI از روایی و پایایی بالایی برخوردار است، نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد که سه عامل اساسی در مقیاس HSSI با ثبات درونی بالا وجود دارد. پایایی و روایی سازه نشان داد که مقیاس HSSI برای غربال‌گری تنش گرمایی یک روش روا و مناسب است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از حمایت‌های شرکت ملی صنایع پتروشیمی و ذوب‌آهن اصفهان و همچنین همکاری صمیمانه آقای دکتر مجید قناعی پزشک طب کار و آقای مهندس احمدی مسؤول HSE شرکت ذوب‌آهن اصفهان و مهندس خواجی مسؤول بهداشت حرفه‌ای صنایع پتروشیمی عسلویه تشکر نمایند.

References

1. Morabito M, Cecchi L, Crisci A, Modesti PA, Orlandini S. Relationship between Work-Related Accidents and Hot Weather Conditions in Tuscany (Central Italy). Industrial Health 2006; 44(3): 458-64.
2. Kjellstrom T, Lemke D. Loss of worker productivity due to projected climate change. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2009; 6(52).
3. Li G, Buetle Pete R. Evaluation change in exploiter to basic for musculoskeletal disorders –a practical tool. Surrey: University of Surrey; 1999.
4. Ergonomics of the thermal environment -- Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions. Geneva: International Standards for Business, Government and Society, 2004.

5. Mishriky AM, Moussa AZ. Heat. Stress in an Occupational Setting in Madinat .Yanbu AI-Sinaiyah (MYAS): Review of Wet Bulb Globe temperature Standards.
6. Bethea D, Parsons K. The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry . 1st ed. Loughborough University, 2002.
7. David G, Woods V, Li G, Buckle P. The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. Appl Ergon 2008; 39(1): 57-69.
8. Giedraityte L. Identification and validation of risk factors in cold work, [Thesis]. Lulea University of technology, Department of human work sciences, 2005.
9. .....
10. McAtamney L, Nigel CE. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Appl Ergon 1993; 24(2): 91-9.
11. Graves RJ, Way K, Riley D, Lawton C, Morris L. Development of risk filter and risk assessment worksheets for HSE guidance--'Upper Limb Disorders in the Workplace' 2002. Appl Ergon 2004; 35(5): 475-84.
12. Bethea D, Parsons K.The Development of a Practical Heat Stress Assessment Methodology for Use in Industry. Loughborough: Loughborough University; 2002: p.105-17.
13. DiCorleto R, Firth I, Coles G. Documentation of the Heat Stress Standard Developed for Use in the Australian Environment. AIOH Inc; 2002: p.32-3.
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. Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Humanics Ergonomics, European Ergonomic Standards, 2001.
16. Kakitsuba N. Dynamic changes in sweat rates and evaporation rates through clothing during hot exposure. Journal of Thermal Biology 2004; 29(7-8): 739-42.
17. Motamedzade M, Azari R. Heat Stress Evaluation Using Environmental and Biological Monitoring. Pakistan Journal of Biological Sciences 2006; 9(3): 457-9.
18. Schlader ZJ, Stannard SR, Mundel T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - a prospective review. Physiol Behav 2010; 99(3): 269-75.
19. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
20. 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.
21. Moran DS. Stress evaluation by the physiological strain index (PSI). J Basic Clin Physiol Pharmacol 2000; 11(4): 403-23.
22. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. Am J Physiol 1998; 275(1 Pt 2):R129-R134.
23. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
24. Cheung SS. Neuropsychological determinants of exercise tolerance in the heat. Prog Brain Res 2007; 162: 45-60.
25. Saif AA. Educational Measurement, Assessment and Evaluation. 3rd ed. Tehran: Alameh Tabatabaie University, 2005.
26. Beckstead JW. Content validity is naught. Int J Nurs Stud 2009; 46(9): 1274-83.
27. Yaghmaei F. Content Validity and its Estimation. Journal of Medical Education 2003; 3(1): 25-7.
28. Meyers L, Gamst G, Guarino AJ. Applied multivariate research: Design and interpretation. Thousand Oaks: SAGE, 2006.
29. Rao CR, Miller JP, Rao DC. Handbook of Statistics. Amsterdam: North Holland, 2007.
30. Harris RL. Patty's Industrial Hygiene. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2000.
31. Budd GM. Assessment of thermal stress—the essentials. Journal of Thermal Biology 2001; 26(4-5): 371-4.
32. Holmer I. Protective clothing in hot environments. Ind Health 2006; 44(3): 404-13.
33. Tikuisis P, McLellan TM, Selkirk G. Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(9): 1454-61.
34. Havenith G. Heat balance when wearing protective clothing. Ann Occup Hyg 1999; 43(5): 289-96.
35. Gagge AP, Stolwijk JAJ, Hardy JD. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environmental Research 1967; 1(1): 1-20.

36. Wong ASW, 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.
37. ACGIH. Heat stress and strain. [Online]. [Cited 2001 May 9]; Available from: http://www.acgih.org/tlv/04_TL-VPA-Update_AIHce06.pdf.

Construct validation of a heat strain score index with structural equation modeling

Habibollah Dehghan[1], Seyed Bagher Mortazavi[2], Mohammad Javad Jafari[3], Mohammad Reza Meraci[4], Ali Khavanin[1], Mehdi Jahangiri[5]

Abstract

Background: Heat stress is one of the most important consequences of occupational heat exposure worldwide. Current heat stress indexes are not suitable for heat strain screening in developing countries due to their inherent and applied limitations. A new observation and subjective screening method is required that needs no instrument. In this study, a scale is developed based on the most important known risk factors (environmental, occupational, personal, and physiological). The aim of this study was to develop and validate the "Heat Strain Score Index (HSSI) in Iran's climatic conditions.

Methods: The Cross-sectional experiment was conducted on 122 workers selected from national petrochemical company (Asalouyeh) and Esfahan steel company between July and September 2010. In the stage of item generation, the initial 45 samples were selected. Content validity was conducted by health professionals and the items internal consistencies were investigated by Chronbach's alpha coefficients. Exploratory factor analysis was used to reduce the number of items.

Findings: In content validity evaluation 5 items were considered as invalid and removed. Also in correlation analysis 24 items, which had correlation less than 0.3, were omitted. Internal consistency of the 17 remained items was obtained at 0.92 (0.71–0.85). Exploratory factor analysis indicated three subscales: subjective judgment, protective clothes and physical activity which explained 67.7% of the variance. The internal consistency was high in three subscales (α = 0.73–0.91).

Conclusion: Exploratory factor analysis revealed that there are three vital factors with high internal consistency in HSSI. Structural validity and reliability indicated that HSSI is a valid and suitable method for screening heat strain in Iran.

Key word: Heat Strain Score Index, Validation, Heat Strain, Iran

1- PhD Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Medicine Sciences, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Occupational Health, School of Medicine Sciences, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran (Corresponding Author) Email: sbmortazav@modares.ac.ir
3- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4- Associate Professor, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Esfahan, Iran.
5- BSc, Department of HSE, National Petrochemical Company, Tehran, Iran.