

بررسی تأثیر جنس لباس کار بر شاخص استرین فیزیولوژیکی مردان در شرایط آب و هوایی گرم در اتاقک شرایط جوی

حبیب‌اله دهقان^۱، احسان‌اله حبیبی^۲، روح‌اله پروری^۳، سیامک پورعبدیان^۴، محمدرضا مرادی^۵

چکیده

مقدمه: لباس کار می‌تواند تبادلات حرارتی میان انسان و محیط را محدود کند و سبب ایجاد تنش‌های حرارتی، اختلالات جسمانی و روانی و کاهش راندمان کار و بهره‌وری گردد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر جنس لباس کار بر شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI یا Physiological strain index) مردان در شرایط آب و هوایی گرم در اتاقک شرایط جوی انجام گرفت.

روش‌ها: این پژوهش به صورت مداخله‌ای بر روی ۱۸ دانشجوی پسر در ۱۶ حالت ترکیبی از چهار نوع لباس کار معمولی (۱، ۲، ۳، ۴)، دو سطح فعالیت (سبک و متوسط) و دو نوع شرایط آب و هوایی (گرم و خشک، گرم و مرطوب) انجام شد. ضربان قلب و دمای عمقی افراد به ترتیب با استفاده از دستگاه‌های پایش ضربان قلب (Polar RS100) و پایش دمای عمقی بدن از طریق گوش (Questemp II) اندازه‌گیری و ثبت شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تکرار مشاهدات توسط نرم‌افزار SPSS انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در شرایط گرم و مرطوب، کمترین مقدار PSI در فعالیت سبک و متوسط به ترتیب مربوط به لباس نوع ۱۰۰ درصد پنبه و ۳۰ درصد پنبه-۷۰ درصد پلی‌استر بود. در شرایط گرم و خشک، کمترین مقدار PSI در هر دو فعالیت، مربوط به لباس نوع ۳۰ درصد پنبه-۷۰ درصد پلی‌استر بود. میانگین شاخص PSI در شرایط گرم و مرطوب و هنگام انجام فعالیت متوسط، برای انواع لباس‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P = 0/044$).

نتیجه‌گیری: یافته‌های تحقیق نشان داد که در راستای کاهش استرین گرمایی برای شرایط گرم و مرطوب در سطح فعالیت سبک، لباس ۱۰۰ درصد پنبه و در فعالیت متوسط لباس ۳۰ درصد پنبه-۷۰ درصد پلی‌استر و در شرایط گرم و خشک لباس ۳۰ درصد پنبه-۷۰ درصد پلی‌استر مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: لباس کار، شاخص استرین فیزیولوژیکی، شرایط آب و هوایی گرم، دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

نوع مقاله: تحقیقی

پذیرش مقاله: ۹۰/۹/۲۵

دریافت مقاله: ۹۰/۶/۱۸

* این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد.

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- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

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

مقدمه

دارد. لباس (وضعیت پوشش فردی) به عنوان یکی از این عوامل، بر تبدلات حرارتی میان انسان و محیط از راه‌های هدایت، تابش و تبخیر و در نتیجه ایجاد تنش‌های حرارتی تأثیرگذار است. حتی در ارزشیابی تنش‌های حرارتی محیط کار و نیز در کنترل و کاهش آن، لباس نقش قابل ملاحظه‌ای دارد. به طور مثال، در شاخص دمایی تر گویسان (WBGT یا Wet bulb globe temperature)، با توجه به جنس لباس، فاکتور تطابق لباس محاسبه و به مقدار شاخص WBGT محیطی اضافه می‌شود. بنابراین استفاده از لباس مناسب در محیط‌های گرم موجب افزایش کارایی و کاهش اختلالات ناشی از گرما در کارگران خواهد شد (۱-۳).

در صنعت، به دلیل وجود عوامل زیان‌آور فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی از جمله لباس کار الزامی است. پوشیدن لباس‌های کار، به دلیل اینکه مانع از دست دادن گرما به وسیله راه‌های هدایت، تابش و تبخیر از بدن می‌شود، کارگر را در معرض خطر تنش گرمایی قرار می‌دهد. وقتی دمایی بدن انسان از حدود 40°C بالاتر رود، مکانیسم‌هایی که در حالت طبیعی دمایی بدن را در حدود 37°C حفظ می‌کنند، با عواقب بالقوه کشنده‌ای از کار می‌افتند و اگر بدن نتواند گرمای اضافی را دفع کند، حتی مقادیر کوچکی از گرمای تولیدی به وسیله انجام کار فیزیکی سبب ایجاد استرین گرمایی در کمتر از ۳۰ دقیقه خواهد شد (۵).

مطالعه کلیانی و جمشیدی با هدف مقایسه تأثیر لباس حفاظتی آتش‌نشانی و لباس کار معمولی بر استرین گرمایی، نشان داد که لباس آتش‌نشانی سبب افزایش ضربان قلب، دمایی عمقی و شاخص استرین فیزیولوژیکی و در نتیجه افزایش تنش گرمایی و کاهش زمان تحمل گرما نسبت به لباس کار معمولی می‌شود (۹). در مطالعه دیگری توسط Selkirk و McLellan در کانادا نشان داده شد که استفاده از شورت به جای شلوار بلند، در زیر لباس حفاظتی آتش‌نشانی، سبب کاهش تنش گرمایی ناشی از پوشیدن لباس‌های حفاظتی می‌شود و در صورتی که شدت فعالیت فرد، سبک باشد، توانایی فرد برای مواجهه با گرما را حدود ۱۰ تا ۱۵

کار در محیط گرم، بدن را در معرض استرس گرمایی قرار می‌دهد. اعمال این استرس می‌تواند با آثار ذهنی و فیزیولوژیکی متعددی مانند افزایش تحریک‌پذیری، عصبانیت، برافروختگی، تغییر در خلق و خو، افسردگی، افزایش فعالیت قلب، تعریق، عدم تعادل آب و الکترولیت و تغییر در میزان جریان خون سطحی همراه باشد. حاصل ترکیب پاسخ‌های ذهنی و جسمی به صورت تسریع ظهور خستگی، کاهش تمرکز و در نتیجه افزایش خطاها و کاهش راندمان کار و بهره‌وری بروز می‌کند (۱). در صورتی که استرس گرمایی از حدود مجاز بیشتر شود، می‌تواند موجب اختلالاتی مانند سردرد، سرگیجه، تغییر در الگوی تنفس و ضربان قلب، جوش گرمایی (عرق جوش)، کرامپ عضلانی (گرفتگی عضلانی)، ضعف گرمایی، تعریق شدید، گرم‌زدگی و کاهش کارایی گردد (۱-۳).

در سال ۲۰۰۲، تعداد مرگ‌های ناشی از استرس‌های گرمایی در محیط کار در آمریکا و کانادا، سالیانه ۲۲۰ مورد گزارش شد. اداره بهداشت تورنتوی کانادا پیش‌بینی کرده است که مرگ و میرهای ناشی از گرما در محیط‌های کار در این ایالت از ۲۰ مورد در سال ۲۰۰۱ به حدود ۳۰۰ مورد در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید (۴). شواهد بیماری‌های مرتبط با گرما به حدی بالا است که هر سال در هونگ کونگ، در عملیات نظامی و آموزشی از هر ۵۰۰ نفر یک نفر و در بریتانیا حدود ۸۰ نفر از پرسنل خدماتی، بستری می‌شوند. همه این ارقام، نشان دهنده یک تخمین قابل ملاحظه از شواهد بیماری‌های ناشی از گرما و سند کوچکی درباره نقش آن در کاهش بهره‌وری، افزایش خطاها و کاهش ایمنی در اختیار می‌گذارند (۵).

بنابراین بر طبق مطالعات انجام شده، گرما علاوه بر ایجاد عوارض فیزیولوژیکی در انسان، در مسایل مختلف تولید و بهره‌وری اقتصادی هم مؤثر است. از این‌رو کنترل این عامل فیزیکی نه تنها می‌تواند از بروز مشکلات بهداشتی جلوگیری نماید، بلکه سبب بالا رفتن بازده کاری افراد و در نهایت بالا رفتن کیفیت تولید می‌گردد (۶-۸).

ابتلا به اختلالات ناشی از گرما، به عوامل مختلفی بستگی

نمونه‌ها به صورت نمونه‌گیری غیر احتمالی در دسترس بود. داوطلبین جهت دارا بودن معیارهای ورود به مطالعه، توسط پزشک متخصص طب کار معاینه شدند. معیارهای ورود شامل داشتن شاخص توده بدنی (BMI) نرمال (۲۵-۱۸/۵)، عدم سوابق بیماری‌های قلبی-عروقی، ریوی، عصبی-عضلانی، اسکلتی-عضلانی، صرع، تشنج، دیابت، عدم مصرف داروهای فشار خون و داروهای تأثیرگذار بر ضربان قلب، عدم مصرف قهوه، کافئین و الکل از ۱۲ ساعت قبل از انجام تست و عدم وجود رسوبات پارافینی در مجرای گوش بود که در صورت وجود رسوبات، شست و شوی مجرای گوش انجام شد. در هر لحظه از انجام تست که ضربان قلب فرد بالاتر از ۱۸۰b/min و دمای عمقی بالاتر از ۳۹°C قرار می‌گرفت، تست متوقف می‌شد (۱۳-۱۴).

در این آزمایش به طور کلی ترکیبی از چهار نوع لباس کار معمولی (۱، ۲، ۳، ۴)، دو نوع بار کاری (سبک و متوسط) و دو نوع شرایط آب و هوایی (گرم و خشک، گرم و مرطوب) بر روی هر فرد اعمال شد که در مجموع شامل ۱۶ وضعیت آزمایشی بود. لباس‌ها توسط متخصصان رشته نساجی مورد آنالیز قرار گرفتند (جدول ۱). شدت فعالیت با استفاده از دستگاه تریدمیل (مدل کنترل) به طوری که در فعالیت سبک، سرعت ۴/۸ km/h و شیب ۰ درصد و در فعالیت متوسط، سرعت ۴/۸ km/h و شیب ۵ درصد تنظیم شد (۱۵). آزمایش‌ها در اتاقک شرایط جوی (Climatic Chamber) انجام شد که دارای قابلیت تنظیم دما و رطوبت بود. دمای هوا و رطوبت برای شرایط گرم و خشک به ترتیب ۳۸°C و ۴۰ درصد و برای شرایط گرم و مرطوب به ترتیب ۳۵°C و ۷۰ درصد بود (۱۳-۱۵).

به منظور کنترل تأثیر لباس‌های زیر و اصطکاک ناشی از تماس کفش و صفحه دستگاه تریدمیل بر روی استرین گرمایی، برای تمام داوطلبین زیرپوش و شورت پنبه‌ای و کفش یکسان تهیه شد.

در هنگام انجام آزمایش، شرکت کننده‌ها، در ابتدا لباس‌های مورد نظر را پوشیدند و دستگاه اندازه‌گیری ضربان

درصد افزایش می‌دهد (۱۰). در مطالعه‌ای که توسط Kwon و همکاران در ژاپن بر روی سه نوع لباس A (مخلوطی از پشم و پنبه با خاصیت جذب رطوبت بالا)، B (۱۰۰ درصد پنبه با خاصیت جذب رطوبت متوسط) و C (۱۰۰ درصد پلی استر با خاصیت جذب رطوبت کم) صورت گرفت، دمای مقعدی و پوست در حالت A به طور معنی‌داری کمتر از B و C بود. تعداد ضربان قلب در حالت C به طور معنی‌داری بالاتر از A و B بود. نتایج نشان داد که خواص آب دوستی بافت لباس می‌تواند سبب کاهش استرین فیزیولوژیکی در مدت استراحت و فعالیت شود (۱۱).

در مطالعه دیگری که توسط Brazaitis و همکاران در لیتوانی با هدف بررسی اثر تشرت بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و روانی انجام شد، دو نوع تشرت آستین بلند از جنس پلی استر (PES) و پنبه (CT) مورد مقایسه قرار گرفتند. شاخص استرین فیزیولوژیکی نشان داد که فعالیت یک حالت استرس گرمایی خیلی بالایی تولید می‌کند. در حالت پلی استر در مقایسه با پنبه، تعریق بالاتر و جذب رطوبت کمتر بود، اما احساس حرارتی-فیزیولوژیکی و ذهنی در مورد هر دو لباس یکسان بود. در حالت پلی استر، دمای پوست سریع‌تر به مقدار پایه خود رسید و احساس حرارتی و لرزش/تعریق در بعد از فعالیت کمتر بود (۱۲).

از آنجایی که در صنعت، پوشیدن لباس کار الزامی است و لباس می‌تواند تبدلات حرارتی میان انسان و محیط را محدود کند و سبب ایجاد تنش‌های حرارتی و اختلالات ناشی از گرما در کارگران و در نتیجه کاهش راندمان کار و بهره‌وری شود و همچنین عدم انجام پژوهشی در زمینه تأثیر جنس لباس کار بر میزان تنش حرارتی کارگران، این مطالعه با هدف تعیین تأثیر جنس لباس کار بر شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI) در شرایط آب و هوایی گرم در اتاقک شرایط جوی انجام شد.

روش‌ها

این پژوهش از نوع مداخله‌ای بود که بر روی ۱۸ دانشجوی پسر از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. انتخاب

عروقی و تنظیم حرارتی بدن را لحاظ می‌کند که طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود (۱۴).

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

T_{c0} : دمای عمقی بدن در حالت استراحت قبل از شروع پروتکل فعالیت

T_{c0} : دمای عمقی بدن در هر لحظه اندازه‌گیری

HR_{c0} : ضربان قلب در حالت استراحت قبل از شروع پروتکل فعالیت

HR_{c0} : ضربان قلب در هر لحظه اندازه‌گیری

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون آماری Repeated Measures و با استفاده از نرم‌افزار SPSS_{۱۶} انجام شد.

یافته‌ها

آزمون‌ها بر روی ۱۸ دانشجو با میانگین سنی $22/50 \pm 1/83$ سال و میانگین BMI $1/92 \pm 23/02$ کیلوگرم بر متر مربع انجام شد. میانگین دمای خشک، دمای تر، دمای گویسان، رطوبت نسبی و شاخص دمای تر گویسان (WBGT) هنگام انجام آزمایش‌ها در شرایط گرم و مرطوب به ترتیب $30/4 \pm 0/5$ ، $35/1 \pm 0/4$ و $31/9 \pm 0/9$ و در شرایط گرم و خشک به ترتیب $37/8 \pm 0/6$ ، $37/4 \pm 0/9$ ، $38/2 \pm 0/7$ و $42/4 \pm 1/9$ و

قلب (Polar RS100) و دستگاه اندازه‌گیری دمای مجرای گوش (مدل Questemp II) را نصب کردند (۱۷-۱۶) و بعد از ۱۵ دقیقه استراحت بر روی تخت، ضربان قلب و دمای مجرای گوش آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. قابل ذکر است که روش‌های اندازه‌گیری دمای عمقی از نظر دقت و صحت به ترتیب شامل روش دمای مقعدی، چپیس‌های خوراکی و دمای مجرای گوش می‌شوند که با توجه به تهاجمی بودن (۱۷-۱۹) و در دسترس نبودن سنسور مقعدی و قرص‌های خوراکی، روش مجرای گوش انتخاب شد.

پروتکل آزمون برای هر داوطلب شامل ۸ بار مراجعه به آزمایشگاه و در هر بار مراجعه، ۶۰ دقیقه دویدن بر روی دستگاه تردمیل شامل ۳۰ دقیقه فعالیت سبک و ۳۰ دقیقه فعالیت متوسط بود که بعد از فعالیت سبک ۱۵ دقیقه استراحت وجود داشت. در طول هر فعالیت، ضربان قلب و دمای عمقی فرد در فواصل زمانی یک دقیقه‌ای اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس با استفاده از ضربان قلب و دمای عمقی، شاخص PSI محاسبه گردید.

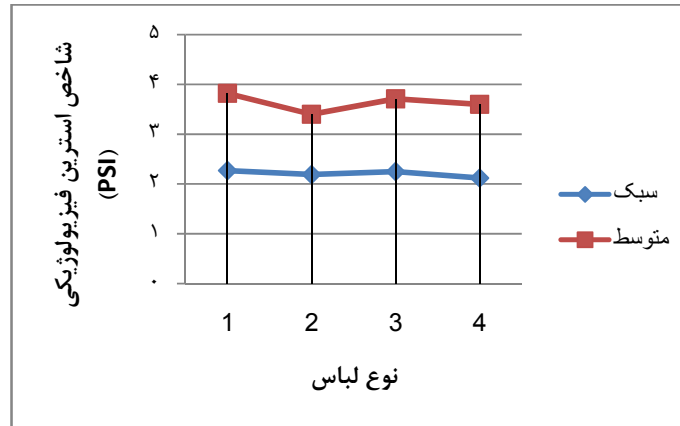
شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI)، یک شاخص‌های ارزیابی استرین گرمایی و فیزیولوژیکی است که استرین گرمایی را در محدوده ۱۰-۰ مقیاس‌بندی می‌کند. عدد صفر، نشان دهنده فقدان استرین و عدد ده، نشان دهنده حداکثر استرین می‌باشد. این شاخص بار وارده به سیستم قلبی-

جدول ۱: مشخصات لباس کارهای مورد آزمون

| نوع لباس | شرکت تولید کننده | جنس و درصد اجزای پارچه | وزن واحد سطح (gr/m^2) | تراکم نخ‌های تار ($1/cm$) | تراکم نخ‌های پود ($1/cm$) | نمره نخ‌های تار (tex) | نمره نخ‌های پود (tex) | نوع بافت |
|----------|------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| ۱ | - | ۱۳/۷٪ ویسکوز- ۸۶/۳٪ پلی استر | ۲۲۳/۱۵ | ۳۴ | ۲۴ | ۴۸ | ۲۱ | سرژه ۱ و ۲ |
| ۲ | شرکت پادجامه | ۳۰/۲٪ پنبه- ۶۹/۸٪ پلی استر | ۲۵۳/۵۶ | ۳۱ | ۲۴ | ۴۸ | ۳۵ | تافته |
| ۳ | شرکت جی کار | ۶۸/۵٪ پنبه- ۳۱/۵٪ پلی استر | ۲۴۹/۰۰ | ۳۳ | ۲۳ | ۳۰ | ۳۰ | ساده |
| ۴ | شرکت جی کار | ۱۰۰٪ پنبه | ۳۹۲/۷۷ | ۲۸ | ۱۹ | ۷۷ | ۶۴ | سرژه |



حیب‌اله دهقان و همکاران



نمودار ۱: میانگین شاخص PSI در شرایط گرم و مرطوب

PSI: Physiological strain index

جدول ۲: میانگین، انحراف معیار و سطح معنی‌داری شاخص استرین فیزیولوژیکی

| شرایط جوی | بار کاری | جنس لباس کار | میانگین (انحراف معیار) | سطح معنی‌داری |
|-------------|----------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| گرم و مرطوب | متوسط | ۱۳/۷٪ ویسکوز-۳/۸۶٪ پلی استر | ۲/۲۷ (۰/۴۸) | ۰/۰۴۴ |
| | | ۳۰/۲٪ پنبه-۸/۶۹٪ پلی استر | ۲/۱۹ (۰/۴۷) | |
| | سبک | ۶۸/۵٪ پنبه-۵/۳۱٪ پلی استر | ۲/۲۵ (۰/۵۳) | |
| | | ۱۰۰٪ پنبه | ۲/۱۲ (۰/۴۲) | |
| گرم و خشک | متوسط | ۱۳/۷٪ ویسکوز-۳/۸۶٪ پلی استر | ۳/۸۲ (۰/۵۴) | ۰/۱۱۱ |
| | | ۳۰/۲٪ پنبه-۸/۶۹٪ پلی استر | ۳/۴۰ (۰/۶۴) | |
| | سبک | ۶۸/۵٪ پنبه-۵/۳۱٪ پلی استر | ۳/۷۱ (۰/۷۵) | |
| | | ۱۰۰٪ پنبه | ۳/۶۰ (۰/۷۶) | |
| گرم و خشک | متوسط | ۱۳/۷٪ ویسکوز-۳/۸۶٪ پلی استر | ۲/۰۶ (۰/۵۰) | ۰/۱۱۳ |
| | | ۳۰/۲٪ پنبه-۸/۶۹٪ پلی استر | ۱/۸۵ (۰/۴۷) | |
| | سبک | ۶۸/۵٪ پنبه-۵/۳۱٪ پلی استر | ۲/۰۹ (۰/۵۲) | |
| | | ۱۰۰٪ پنبه | ۱/۹۵ (۰/۴۰) | |

لباس نوع ۱ بود، که با انجام آزمون مشاهدات تکراری (Repeated Measures) و با استفاده از روش Sphericity Assumed، تفاوت معنی‌داری در مقادیر میانگین این شاخص در چهار حالت لباس‌های نوع ۱، ۲، ۳ و ۴ یافت

۰/۵ ± ۳۰/۶ محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط گرم و مرطوب، در فعالیت سبک، کمترین مقدار شاخص استرین فیزیولوژیکی (PSI) مربوط به لباس نوع ۴ و بیشترین مقدار آن مربوط به

انجام فعالیت سبک، کمترین مقدار میانگین شاخص PSI مربوط به لباس نوع ۴ و بیشترین مقدار آن مربوط به لباس نوع ۱ می‌باشد. با توجه به اینکه لباس نوع ۴ از الیاف ۱۰۰ درصد پنبه تشکیل شده است و پنبه خاصیت جذب رطوبت بالایی دارد، پس سبب افزایش سطح تبخیر عرق می‌شود و در نتیجه کاهش شاخص PSI را به دنبال داشته است.

در مطالعه‌ای که توسط Kwon و همکاران در ژاپن بر روی سه نوع لباس A (مخلوطی از پشم و پنبه با خاصیت جذب رطوبت بالا)، B (۱۰۰ درصد پنبه با خاصیت جذب رطوبت متوسط) و C (۱۰۰ درصد پلی استر با خاصیت جذب رطوبت کم) در دمای 30°C و رطوبت نسبی ۵۰ درصد صورت گرفت. دمای مقعدی و پوست در حالت A به طور معنی‌داری کمتر از B و C بود. تعداد ضربان قلب در حالت C به طور معنی‌داری بالاتر از A و B بود. نتایج نشان داد که خواص آب دوستی بافت لباس می‌تواند سبب کاهش استرین فیزیولوژیکی در مدت استراحت و فعالیت شود (۱۱)، که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که در شرایط گرم و مرطوب، هنگام انجام فعالیت متوسط، کمترین مقدار میانگین شاخص PSI مربوط به لباس نوع ۲ و بیشترین مقدار آن مربوط به لباس نوع ۱ بوده است. بنابراین در شرایط گرم و مرطوب، لباس‌های نوع ۲ و ۴ سبب کمترین و لباس نوع ۱ سبب بیشترین میزان تنش حرارتی گردیده‌اند (نمودار ۱).

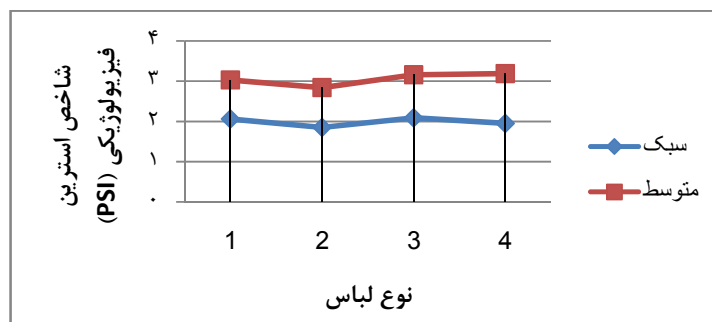
نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط گرم و خشک، هنگام انجام فعالیت سبک، کمترین مقدار میانگین شاخص

نشد ($F_{(3, 48)} = 0/554, P = 0/648$) و در شرایط گرم و مرطوب، در فعالیت متوسط، کمترین مقدار شاخص استرین فیزیولوژیکی فرد مربوط به لباس نوع ۲ و بیشترین مقدار آن مربوط به لباس نوع ۱ بود، که با انجام آزمون مشاهدات تکراری و با استفاده از روش Greenhouse- Geisser، اختلاف معنی‌داری در مقادیر میانگین شاخص در چهار حالت لباس‌های نوع ۱، ۲، ۳ و ۴ به دست آمد ($P = 0/044$ ، Bonferroni). $F_{(3, 48)} = 2/912$ که بر اساس آزمون Post Hoc از نوع این اختلاف مربوط به دو حالت لباس‌های ۱ و ۲ بود ($P = 0/065$) (جدول ۲ و نمودار ۱).

در شرایط گرم و خشک، در فعالیت سبک، کمترین مقدار شاخص PSI در لباس نوع ۲ و بیشترین مقدار آن در لباس نوع ۳ بود که با انجام آزمون مشاهدات تکراری و با استفاده از روش Sphericity Assumed، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر میانگین این شاخص در چهار حالت مشاهده نشد ($F_{(3, 42)} = 2/130, P = 0/111$) در شرایط گرم و خشک، در فعالیت متوسط، کمترین مقدار شاخص PSI مربوط به لباس ۲ و بیشترین مقدار آن مربوط به لباس ۴ بود که اختلاف معنی‌داری در مقادیر شاخص در چهار حالت دیده نشد ($F_{(3, 42)} = 2/113, P = 0/113$) قابل ذکر است که در تمامی حالات، هنگام انجام آزمون مشاهدات تکراری، فرض تساوی واریانس‌ها کنترل گردید (جدول ۲ و نمودار ۲).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط گرم و مرطوب، هنگام



نمودار ۲: میانگین شاخص PSI در شرایط گرم و خشک

اختلاف‌های مقادیر میانگین شاخص PSI به جز در شرایط گرم و مرطوب هنگام انجام فعالیت متوسط، معنی‌دار نبودند (جدول ۲). همچنین، در مطالعه Gavin و همکاران در هند بر روی دو لباس پلی استر (SYN) و پنبه سنتی (COT) در دمای $1 \pm 0^\circ\text{C}$ و رطوبت نسبی $5 \pm 35\%$ درصد، تفاوتی در متوسط دمای بدن، دمای مقعدی یا متوسط دمای پوست در طول و بعد از فعالیت دیده نشد. همچنین، تفاوتی در میزان اکسیژن مصرفی، تعداد ضربان قلب و احساس راحتی مشاهده نشد (۲۹) و نیز در مطالعه دیگری که توسط Brazaitis و همکاران در لیتوانی بر روی دو نوع تی‌شرت آستین بلند از جنس پلی استر (PES) و پنبه (CT) در دمای 25°C و رطوبت نسبی ۶۰ درصد انجام شد، احساس حرارتی- فیزیولوژیکی و ذهنی در مورد هر دو لباس یکسان بود که مؤید مطالعه حاضر می‌باشند (۱۲).

نتیجه گیری

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط گرم و مرطوب، لباس $30/2\%$ درصد پنبه- $69/8\%$ درصد پلی استر و 100% درصد پنبه سبب کمترین و لباس $13/7\%$ درصد ویسکوز- $86/3\%$ درصد پلی استر سبب بیشترین میزان تنش گرمایی می‌شوند. اما در شرایط گرم و خشک، لباس $30/2\%$ درصد پنبه- $69/8\%$ درصد پلی استر دارای کمترین و لباس های $68/5\%$ درصد پنبه- $31/5\%$ درصد پلی استر و 100% درصد پنبه دارای بیشترین میزان تنش گرمایی می‌باشند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که در راستای کاهش استرین گرمایی، برای شرایط گرم و مرطوب در سطح فعالیت سبک، لباس 100% درصد پنبه و در فعالیت متوسط، لباس $30/2\%$ درصد پنبه- $69/8\%$ درصد پلی استر و در شرایط گرم و خشک، لباس $30/2\%$ درصد پنبه- $69/8\%$ درصد پلی استر مناسب است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و دانشجویانی که پژوهشگران را در اجرای این مطالعه مساعدت نمودند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

PSI مربوط به لباس نوع ۲ و بیشترین مقدار آن مربوط به لباس نوع ۳ بوده است. در شرایط گرم و خشک و فعالیت متوسط، کمترین مقدار میانگین شاخص PSI مربوط به لباس نوع ۲ و بیشترین مقدار مربوط به لباس نوع ۴ می‌باشد. بنابراین در شرایط گرم و خشک، لباس نوع ۲ دارای کمترین و لباس‌های نوع ۳ و ۴ دارای بیشترین میزان تنش حرارتی بوده‌اند (نمودار ۲).

تحت شرایط آب و هوایی معتدل، هنگامی که فرد فعالیتی ندارد، بدن میزان تعریق اندکی دارد و پوشیدن لباس پنبه‌ای یا پلی استری، تفاوت معنی‌داری در احساس فرد ایجاد نمی‌کند (۲۰). اما در هوای گرم، دیگر مکانیسم‌های هدایت، جابه‌جایی و تابش قادر به حفظ تعادل حرارتی بدن نیستند و تعریق محسوسی با هدف از دست دادن گرما توسط تبخیر عرق در سطح پوست شروع می‌شود (۲۱).

الیاف طبیعی مانند پشم و پنبه که آب دوستند، توانایی جذب مقادیر زیاد رطوبت را دارند (۲۲). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در شرایط تولید عرق یکسان، لباس‌های پشمی و پنبه‌ای نسبت به پلی پروفیلن و پلی استر مقدار عرق بیشتری جذب می‌کنند (۲۳-۲۴). اما بر طبق مطالعه Bakkevig، رطوبت جذب شده در بافت آب دوست مانند پنبه و پشم، می‌تواند به عنوان یک حائل (مانع یا سد) در برابر انتقال مؤثر رطوبت عمل کند و به آرامی به داخل هوای اطراف آزاد شود. در صورتی که الیاف سنتتیک مانند پلی استر، نایلون و آکرلیک آب دوست نیستند و مقادیر به نسبت کمی از رطوبت را جذب می‌کنند، اما به خاطر آب دوستی سطح فیبر آن‌ها، توانایی انتقال رطوبت را دارند (۲۵) و سبب تبخیر بیشتری می‌شوند (۲۶). به همین دلیل، لباس نوع ۲ (دارای $69/8\%$ درصد پلی استر) که نسبت به انواع ۳ و ۴، درصد پلی استر بیشتری داشت، سبب مقدار شاخص PSI کمتری شده است. از طرفی، بر طبق مطالعات صورت گرفته، افزایش وزن لباس سبب افزایش بهای سوخت و ساز و تولید گرما در بدن می‌شود (۲۷-۲۸). به دلیل اینکه لباس نوع ۲ دارای وزن واحد سطح کمتری بود، سبب کاهش مقادیر شاخص PSI شد و لباس نوع ۴ به دلیل وزن بیشتر در واحد سطح، سبب شاخص PSI بالاتری شده است.

References

1. Ghol Babaei F, Tirgar A, Alimohammadei E. Occupational health in hot environments, evaluation and prevention. Tehran: Tehran University Press; 2004.
2. Ghol Babaei F, Omdvari M. Human and environmental heat stress. Tehran: Tehran University Press; 2008.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Heat stress and strain [Online]. 2001; Available from: URL: [www.http://en.wikipedia.org/wiki/American_Conference_of_Governmental_Industrial_Hygienists/](http://en.wikipedia.org/wiki/American_Conference_of_Governmental_Industrial_Hygienists/)
4. Canada laboru code training program. Bakery worker death of heat storke [Online]. 2002; Available from: URL: www.hrsdc.gc.ca > Home > Health and Safety/
5. Crockford GW. Protective clothing and heat stress: introduction. *Ann Occup Hyg* 1999; 43(5): 287-8.
6. Bijlani RL, Sharma KN. Effect of dehydration and a few regimes of rehydration on human performance. *Indian J Physiol Pharmacol* 1980; 24(4): 255-66.
7. Enander AE, Hygge S. Thermal stress and human performance. *Scand J Work Environ Health* 1990; 16 (Suppl 1): 44-50.
8. Rodahl AP. Textbook of work physiology. *Physiological Bases of Exercise*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Company p. 295-391; 1986.
9. Kalyani M, Jamshidi N. Comparing the effect of firefighting protective clothes and usual work clothes during physical activity on heat strain. *Pak J Med Sci* 2009; 25(3): 375-9.
10. McLellan TM, Selkirk GA. Heat stress while wearing long pants or shorts under firefighting protective clothing. *Ergonomics* 2004; 47(1): 75-90.
11. Kwon A, Kato M, Kawamura H, Yanai Y, Tokura H. Physiological significance of hydrophilic and hydrophobic textile materials during intermittent exercise in humans under the influence of warm ambient temperature with and without wind. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998; 78(6): 487-93.
12. Brazaitis M, Kamandulis S, Skurvydas A, Daniuseviciute L. The effect of two kinds of T-shirts on physiological and psychological thermal responses during exercise and recovery. *Appl Ergon* 2010; 42(1): 46-51.
13. Gotshall RW, Dahl DJ, Marcus NJ. Evaluation of a Physiological Strain Index for Use during Intermittent Exercise in the Heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001; 33(4): S161.
14. Moran DS, Shitzer A, Pandolf KB. A physiological strain index to evaluate heat stress. *Am J Physiol* 1998; 275 (1 Pt 2): R129-R134.
15. Moran DS, Shapiro Y, Laor A, Izraeli S, Pandolf KB. Can gender differences during exercise-heat stress be assessed by the physiological strain index? *Am J Physiol* 1999; 276(6 Pt 2): R1798-R1804.
16. Richardson JE, Capra MF. Physiological responses of firefighters wearing level 3 chemical protective suits while working in controlled hot environments. *J Occup Environ Med* 2001; 43(12): 1064-72.
17. Szama M. The effect of vapor permeable versus non-vapor permeable shirts on heat stress [MSc Thesis]. Madison, WI: University of Wisconsin; 2001.
18. Newsham KR, Saunders JE, Nordin ES. Comparison of rectal and tympanic thermometry during exercise. *South Med J* 2002; 95(8): 804-10.
19. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore* 2008; 37(4): 347-53.
20. Hollies NR, Goldman R. Psychological scaling in comfort assessment. *Clothing Comfort: Interaction of Thermal, Ventilation, Construction, and Assessment Factors*. Proceedings of the Symposium on clothing comfort; 1977 Nov 12; Washington, DC, USA; 1977. p. 107-20.
21. Folk G. Responses to a hot environment. In: Folk GE, Editor. *Textbook of environmental physiology*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1974. p. 217-77.
22. Smith BF, Block I. Natural fiber. In: Smith BF, Block I, editors. *Textiles in perspective*. New York: Prentice-Hall; 1982. p. 70-156.
23. HALL JF, Jr., POLTE JW. Effect of water content and compression on clothing insulation. *J Appl Physiol* 1956; 8(5): 539-45.
24. Nielsen R, Endrusick TL. The Role of Textile Material in Clothing on Thermoregulatory Responses to Intermittent Exercise [Online]. 1988 [cited 1988 Jan 8]; Available from: URL: <http://www.stormingmedia.us/99/9952/A995291.html>
25. Bakkevig MK. The impact of clothing textiles and construction in a clothing system on thermoregulatory responses, sweat accumulation and heat transport. Trondheim: Universitetet i Trondheim; 1995.



حبیب‌اله دهقان و همکاران

26. Havenith G. Heat balance when wearing protective clothing. *Ann Occup Hyg* 1999; 43(5): 289-96.
27. Duggan A. Energy cost of stepping in protective clothing ensembles. *Ergonomics* 1988; 31(1): 3-11.
28. Teitlebaum A, Goldman RF. Increased energy cost with multiple clothing layers. *J Appl Physiol* 1972; 32(6): 743-4.
29. Gavin TP, Babington JP, Harms CA, Ardelt ME, Tanner DA, Stager JM. Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(12): 2124-30.

Effects of Work Clothing Material on Physiological Strain Index of Men in Hot Conditions in the Climatic Chamber

***Habib Allah Dehghan¹, Ehsan Allah Habib², Rooh Allah Parvari³,
Syamak Pourabdian⁴, Mohammad Reza Maracy⁵***

Abstract

Background: Work clothing can limit heat exchange between humans and the environment and cause thermal strain and heat-related disorders in workers. It can thus reduce both efficiency and productivity. The purpose of this study was to examine the effects of work clothing material on physiological strain index (PSI) in climatic chamber.

Methods: An interventional study was conducted on 18 male students. Heart rate and core temperature of individuals were measured (by Polar RS100 and Questemp II) and recorded in 16 tests that were the combination of 4 normal work clothing (1-4), two activity levels (low and moderate), two kinds of conditions (hot and dry and hot and wet). Data analysis was performed using repeated measures in SPSS.

Findings: Our findings showed that in hot and wet conditions, the lowest average value of PSI in low and moderate activities were related to clothing types 4 and 2, respectively. In the hot and dry conditions, the highest average value of PSI in both activity levels were related to clothing type 2. Average value of PSI of clothing types had a significant difference in hot and wet conditions during moderate activity ($P = 0.044$).

Conclusion: Our results indicated that in order to reduce heat strain in hot and wet conditions, it is suggested to use 100% cotton clothing for light activity and 30.2% cotton-69.8% polyester clothing for moderate activity. In hot and dry conditions, 30.2% cotton-69.8% polyester clothing is suggested.

Keywords: Work Clothing, Physiological Strain Index, Hot Condition, Isfahan University of Medical Sciences.

* This article was derived from an MSc thesis.

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

2- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

3- MSc Student, Student Research Committee, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

5- Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.