

## ارزیابی تأثیر جلیقه خنک‌کننده ایرانی حاوی ماده تغییر فاز بر روی شاخص‌های استرین در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب خلیج فارس

سمیه قره بائی<sup>۱</sup>، حبیب‌الله دهقان<sup>۲\*</sup>، بهزاد مهکی<sup>۳</sup>، فیروز ولی پور<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۴

### چکیده

**مقدمه:** مواجهه با گرما یکی عوامل زیان‌آور محیط‌های کار است. مواجهه کارگران با دمای بالای محیط موجب بروز استرین حرارتی هستند. هدف از این مطالعه بررسی قابلیت خنک‌کنندگی جلیقه ایرانی حاوی بسته‌های ماده تغییر فاز در شرایط گرم و مرطوب خلیج فارس بود.

**مواد و روش‌ها:** مطالعه مداخله‌ای حاضر بر روی ۶ نفر از دریانوردان بخش موتورخانه یک کشتی نفت‌کش در تابستان سال ۹۲ انجام گرفت. شاخص نمره استرین گرمایی، دمای دهانی و فشارخون افراد، در هر دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده به مدت دو ساعت، اندازه‌گیری شد و داده‌ها با استفاده از آزمون t زوجی مورد تحلیل قرار گرفت.

**یافته‌ها:** میانگین دمای دهانی در دقیقه سی‌ام مواجهه با گرما و در وضعیت بدون جلیقه خنک‌کننده برابر  $36/98 \pm 0/22^{\circ}\text{C}$  و در وضعیت با جلیقه خنک‌کننده  $36/68 \pm 0/2^{\circ}\text{C}$  بود ( $p=0/035$ ). در دقیقه شصتم مواجهه با گرما میانگین دمای دهانی در وضعیت بدون جلیقه خنک‌کننده برابر  $37/06 \pm 0/25^{\circ}\text{C}$  و در وضعیت با جلیقه خنک‌کننده برابر  $36/78 \pm 0/16^{\circ}\text{C}$  بود ( $p=0/042$ ) به دست آمد. همچنین شاخص نمره استرین گرمایی بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده  $12/72 \pm 3/03$  و در حالت استفاده از جلیقه خنک‌کننده  $8/65 \pm 2/9$  به دست آمد ( $p=0/039$ ).

**نتیجه‌گیری:** یافته‌های تحقیق نشان داد که جلیقه خنک‌کننده حاوی بسته‌های ماده تغییر فاز ایرانی موجب کاهش استرین گرمایی (دمای دهانی و گرمای درک شده) در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب خلیج فارس می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** جلیقه خنک‌کننده ایرانی، مواد تغییر فاز، استرس حرارتی، شاخص نمره استرین گرمایی، خلیج فارس

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲. \* (نویسنده مسئول) استادیار گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان. پست الکترونیکی: ha\_dehghan@hlth.mui.ac.ir

۳. استادیار گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۴. استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله

## مقدمه

یکی از عوامل زیان آور محیط‌های کار، گرما است. پیامدهای مواجهه شغلی با گرما در ابتدا به صورت بروز استرین گرمایی (پاسخ فیزیولوژیک بدن به گرما) است و مواجهه طولانی مدت، منجر به بروز اختلالات کرامپ عضلانی، خستگی گرمایی، سنکوپ گرمایی، گرم‌زدگی، کاهش عملکرد جسمانی و ذهنی، کاهش بهره‌وری، افزایش میزان بروز حوادث و کاهش سطح ایمنی در محیط‌های کاری می‌گردد (۱). از طرفی مواجهه با شرایط گرم و مرطوب محیطی و دفع گرما از طریق تعریق و تبخیر عرق، بار کاری سیستم قلبی عروقی را افزایش می‌دهد (۲). در ایالات متحده آمریکا حدود ۱۰-۵ میلیون کارگر سالیانه با استرس‌های حرارتی مواجهه دارند. یک بررسی ذهنی (روانی) که توسط وزارت امور اجتماعی فرانسه انجام شده بود نشان داد که ۱۶٪ (۳ میلیون) از کارگران فرانسوی، از مواجهه با گرمای روزانه یا مکرر در محیط کار شکایت داشته‌اند (۳). 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، نشان‌دهنده یک تخمین قابل‌ملاحظه از شواهد بیماری‌های ناشی از گرما و سند کوچکی درباره نقش آن در کاهش بهره‌وری، افزایش خطاها و کاهش ایمنی در اختیار می‌گذارند. از این رو 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 (۴). طبق آمار مرکز سلامت و محیط کار در سال ۸۹ تعداد کل کارگاه‌های صنعتی کشور ۶۲۵۰۰۰ کارگاه با ۲۵۰۰۰۰۰ نفر کارگر می‌باشد که ۱۰٪ از این کل کارگاه‌ها و ۹٪ از کارگران، در معرض عامل زیان آور گرما و رطوبت می‌باشند. تکنیک‌های زیادی جهت کاهش دمای عمقی بدن مطالعه شده است، از جمله غوطه‌وری کل بدن در آب خنک، اگر چه این روش‌ها موجود و عملی می‌باشند اما محدودیت‌هایی هم دارند (۵). یک روش کاربردی برای کنترل استرس و استرین حرارتی در محیط گرم این است که برای کارگران شاغل در این محیط‌های گرم یک دست لباس خنک‌کننده (جلیقه خنک‌کننده) تهیه شود، در طول سالها، روش‌های بسیار زیادی در جهت خنک کردن بدن برای کسانی که بیماری

مولتیپل اسکلروز (multiple sclerosis) داشتند و همچنین کسانی که تحمل گرما را نداشتند، وجود داشته است. امروزه جلیقه‌های خنک‌کننده و فن‌آوری خنک‌کننده غیرفعال به خوبی تثبیت و مردمی شده‌اند. باین‌حال تمام جلیقه‌های خنک‌کننده باهم برابر نیستند، طرح‌ها و سبک‌های متفاوت و همچنین تکنولوژی‌های متفاوتی جهت خنک‌کنندگی وجود دارد (۶). لباس‌های خنک‌کننده در اواخر سال ۱۹۵۰ تولید شده‌اند تا افرادی که از این لباس‌ها استفاده می‌کنند را از محیط‌های گرم حفاظت کند، در درجه اول این لباس‌ها برای نظامیان و اکتشافات فضایی در نظر گرفته شده بود، اما امروزه استفاده از این نوع لباس‌ها برای انواع فعالیت‌های غیرنظامی گسترش پیدا کرده است (۷). در مطالعه‌ای از کوکلان و همکارانش، نشان دادند که سرعت خنک‌کنندگی جلیقه‌های ماده تغییر فاز یک همبستگی مثبتی با گرادیان دمای بین مانکن حرارتی و دمای ذوب داشته است (۸). و کارتر و همکارانش نیز در مطالعه‌ای دیگر اثر جلیقه‌های نمک ماده تغییر فاز را در یک محیط بسیار گرم مورد مطالعه قرار داده‌اند (۹). گائو و همکارانش نیز در مطالعات قبلی‌شان نشان دادند که جلیقه خنک‌کننده ماده تغییر فاز (عمدتاً سولفات سدیم، با نقطه ذوب C ۲۸۰) هم بر روی مانکن حرارتی و هم بروی افراد مؤثر بوده است (۱۰). همچنین در مطالعه‌ای دیگر از کوکلان با هدف بررسی خنک‌کننده فردی نوع ماده تغییر فاز بر روی بهبود راحتی حرارتی افراد در یک دفتر کار شبیه‌سازی شده با دمای C ۳۴۰ با مطالعه‌ای بروی ۸ داوطلب مرد در یک اتاقک شرایط جوی نشان دادند که دمای پوست تنه افراد حدود C ۲-۳ کاهش پیدا کرده و در حد CO ۳۳,۳ باقی مانده است و نتایج نشان داده است که خنک‌کننده نوع ماده تغییر فاز می‌تواند به عنوان گزینه‌ای برای راحتی گرمایی جهت کارکنان دفاتر اداری بدون استفاده از تهویه هوا باشد (۱۱). ماده تغییر فاز (phase change material) یا PCM را می‌توان به ۳ دسته گرمایشی، خنک‌کننده و بافری تقسیم‌بندی کرد، PCM گرمایشی موادی هستند که دمای انتقال شده از آنها بالاتر از دمای نرمال پوست بدن است، PCM‌های خنک‌کننده موادی هستند که دمای انتقال شده از آنها پایین‌تر از دمای نرمال پوست بدن است، PCM‌های بافری موادی هستند که دمای انتقال شده از آنها بسیار پایین‌تر از دمای نرمال پوست است که می‌تواند وابسته به

تعبیه‌شده است، PCM در حالت عادی به شکل مایع است، نحوه استفاده از آن به این صورت است که بسته‌های خنک‌کننده PCM را به مدت ۲ ساعت درون فریزر قرار داده تا شارژ شود (جامد شوند) و سپس آنها را داخل جیب‌هایی که در جلیقه تعبیه‌شده است قرار داده می‌شود و به مدت ۲ ساعت استفاده می‌شود. این نوع جلیقه برای فعالیت‌های نیمه سنگین بکار برده می‌شود.

### لباس‌ها

جهت جلوگیری از تأثیرات متفاوت مقاومت لباس‌های داوطلبان بر روی استرین حرارتی و یکسان‌سازی شرایط استفاده از جلیقه، همه داوطلبان از یک‌دست لباس کار مشابه استفاده کردند. که لباس کار به‌صورت یکسره و از جنس ۳۰٪ پنبه و ۷۰٪ پلی‌استر بود.

### پروتکل آزمایش

آزمایش‌ها هم با استفاده از جلیقه و هم بدون استفاده از جلیقه بر روی ۶ نفر از افرادی که در موتورخانه کشتی کار می‌کردند، انجام شد و شاخص‌های فیزیولوژیکی: میزان فشارخون، دمای دهانی، احساس حرارتی و میزان راحتی جلیقه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

ساعات کاری افراد مورد بررسی بدین‌صورت بود که از ساعت ۸ صبح الی ۱۱،۳۰ در موتورخانه با دمای  $24 \pm 40$  درجه سانتی‌گراد با میزان رطوبت نسبی حدود ۷۰٪ مشغول به کار بودند و از ساعت ۱۱،۳۰ الی ۱ ظهر برای صرف ناهار و استراحت می‌رفتند، و از ساعت ۱ ظهر الی ۵ بعدازظهر دوباره مشغول به کار می‌شدند، از آنجا که بیشترین تابش گرمای خورشید ۱ ظهر به بعد می‌باشد، زمان آزمایش از ۱ ظهر در نظر گرفته شد و از آنجائی که مدت دشارژ شدن pcm ۲ ساعت طول می‌کشد و با در نظر گرفتن مدت همکاری پرسنل به مدت ۲ ساعت، میانگین دشارژ شدن pcm، یعنی ۲ ساعت را برای مدت آزمایش در نظر گرفتیم به عبارتی ۱ الی ۳ بعدازظهر. دمای محیط موتورخانه بدلیل اینکه کلیه دستگاه‌ها در شرایط یکسان بکار برده می‌شدند در طول روز ثابت باقی می‌ماند و تنها دمای هوای بیرون بر میزان کاهش یا افزایش دمای موتورخانه تأثیر داشت که برای جلوگیری از این نوع خطا نیز آزمایش‌ها در روزهایی که دمای هوا یکسان بود انجام شد.

محیط و شرایط متابولیکی به‌عنوان جذب یا آزاد کننده گرما باشد(۱۲).

حمل نفت خام در مقادیر زیاد و مسافت‌های طولانی غالباً توسط نفت‌کش‌های بزرگ صورت می‌گیرد. از آنجائی که یکی از عوامل استرس‌زا برای کارکنان این نفت‌کش‌های بزرگ، به‌خصوص در ماه‌های گرم سال، مواجهه با گرما است و تاکنون مطالعه‌ای در این خصوص بر روی کارکنان کشتی نفت‌کش صورت نگرفته است، هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر جلیقه خنک‌کننده PCM بر روی شاخص‌های استرین حرارتی کارکنان بخش موتورخانه یک کشتی نفت‌کش در دمای حدود  $40 \pm 0^{\circ}C$  بود. نتایج این مطالعه می‌تواند در صنایع مشابه که فعالیت‌های گرمازا دارند جهت جلوگیری از بیماری‌های حاد ناشی از گرما، مناسب و کاربردی باشد.

### مواد و روش‌ها

#### افراد مورد مطالعه

این پژوهش مداخله‌ای از نوع تجربی بود از آنجا که محل مورد مطالعه ما در این کشتی نفت‌کش، بدلیل قرار گرفتن (لنگر بودن) کشتی در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب جزیره خارک، موتورخانه کشتی که دمایی بیش از  $40^{\circ}C$  می‌باشد در نظر گرفته شد، و با توجه به تعداد دریانوردانی که در موتورخانه این کشتی مشغول به کار هستند (۶ نفر مهندسین مکانیک و برق) با میانگین سنی  $32.5 \pm 26.83$  سال، میانگین BMI  $22.96 \pm 21.62$  کیلوگرم بر متر مربع به‌طور سرشماری انتخاب شدند. از آنجا که پرسنل کشتی نفت‌کش توسط پزشک معتمد شرکت ملی نفت‌کش، قبل از سوارشدن به کشتی از نظر برخورداری از سلامت کامل جسمی و نداشتن بیماری، بررسی می‌شوند، و کارت سلامت برای آنها صادر می‌شود لذا معیار ورود افراد به این آزمایش داشتن کارت سلامت پرسنل در نظر گرفته شد.

#### ویژگی‌های ماده تغییر فاز مورد استفاده در جلیقه

در این مطالعه از جلیقه خنک‌کننده نوع PCM استفاده شد. جنس جلیقه حاوی ماده PCM از کتان ۷۰/۳۰ که شامل ۳۰٪ پنبه و ۷۰٪ مواد پلی‌اتیلنی می‌باشد. داخل جلیقه ۸ جیب برای بسته‌های PCM

پرسشنامه احساس حرارتی هم در شرایط استفاده از جلیقه و هم بدون استفاده از آن، ولی چکلیست میزان راحتی جلیقه فقط در شرایط استفاده از جلیقه توسط افراد مورد آزمایش تکمیل شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه‌ی تغییرات در طول زمان و اثر استفاده از جلیقه بر این تغییرات با استفاده از آزمون اندازه‌های مکرر انجام شد. در ادامه از آزمون t مستقل نیز جهت مقایسه تغییرات بین دو گروه در هر زمان اندازه‌گیری نسبت به زمان آغاز، استفاده شد. تمام تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد و سطح معنی‌داری برای کلیه‌ی آزمون‌ها نیز ۰,۰۵ در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه در دو حالت استفاده از جلیقه خنک‌کننده و حالت بدون استفاده از جلیقه، بررسی و مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج در ادامه، آمده است.

#### ۳-۱- دمای دهانی

میانگین دمای دهانی افراد در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده در شکل ۱ نشان داده شده است. که در این نمودار زمان صفر، زمان شروع آزمایش (ساعت ۱۳) و زمان ۱۲۰ دقیقه، زمان پایان آزمایش (ساعت ۱۵) می‌باشد که اندازه‌گیری‌های به فواصل ۱۵ دقیقه انجام شده است که در فواصل زمانی ۳۰ تا ۹۰ دقیقه میزان کاهش دمای دهانی بیشتر بوده است. آزمون اندازه‌های مکرر تفاوت معنی‌داری بین تغییرات متغیر دمای دهانی در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده در طول زمان نشان نداد ( $p=0/070$ ). آزمون t مستقل نشان داد اختلاف مقادیر دمای دهانی در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه در زمان‌های ۳۰ دقیقه ( $p=0/035$ ) و ۶۰ دقیقه ( $p=0/042$ ) معنی‌دار است و در بقیه زمان‌ها اختلاف مقادیر با و بدون استفاده از جلیقه، معنی‌دار نبودند ( $p>0/05$ ).

#### شاخص نمره استرین گرمائی

میانگین شاخص نمره استرین گرمائی افراد در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین نمره استرین گرمائی افراد با جلیقه نسبت به حالت بدون جلیقه کمتر است. گرچه نتایج آزمون اندازه‌های مکرر نشان داد که

دمای دهانی (با استفاده از دماسنج طبی مدل امرون)، و میزان فشارخون (با استفاده از فشارسنج طبی جیوه ای) اندازه‌گیری و ثبت شد. احساس حرارتی و دمای دهانی نیز در هر ۱۵ دقیقه به مدت ۲ ساعت و میزان فشارخون هر ۱ ساعت، هم برای حالت بدون استفاده از جلیقه و هم برای حالت استفاده از جلیقه ثبت شد. و در پایان آزمایش حالت استفاده از جلیقه خنک‌کننده، چکلیست میزان راحتی جلیقه نیز توسط پرسنل تکمیل شد. جهت جمع‌آوری داده‌های احساس حرارتی از پرسشنامه شاخص نمره استرین حرارتی یا HSSI استفاده شد: این پرسشنامه شامل ۱۷ سؤال از شرایط جوی محیط می‌باشد که سؤالات شماره ۱ الی ۱۲ از طریق پرسش و سؤالات شماره ۱۳ تا ۱۷ از طریق مشاهده فرد مورد آزمایش تیک زده می‌شود و نمره هر گزینه (که داخل پرانتز در روبروی هر گزینه نوشته شده است) تیک زده‌شده در عدد ضریب تأثیر (که در داخل پرانتز در روبروی هر سؤال نوشته شده است)، ضرب شده و حاصل ضرب در مربع روبروی هر سؤال ثبت می‌گردد و در نهایت اعداد داخل مربع جمع می‌گردد و چنانچه:

- جمع کل نمرات کمتر از ۱۳/۵ باشد، نشان‌دهنده این است که فرد فاقد استرین حرارتی است (سطح اول ریسک استرین حرارتی یا منطقه سبز)

- جمع کل نمرات بین ۱۳/۶ تا ۱۸ نشان‌دهنده این است که فرد احتمالاً دارای استرین گرمایی است و نیاز است که ارزیابی دقیق‌تری صورت پذیرد (سطح دوم ریسک استرین حرارتی یا منطقه زرد)

- جمع کل نمرات بزرگ‌تر از ۱۸/۱ نشان‌دهنده این است که فرد دارای استرین حرارتی است و لازم است اقدامات کنترلی مناسب برای کاهش استرین انجام گیرد. (سطح سوم ریسک استرین حرارتی یا منطقه قرمز).

جهت جمع‌آوری داده‌های میزان راحتی جلیقه نیز از چکلیست میزان راحتی جلیقه استفاده شد (۷). که شامل ۹ سؤال از میزان راحتی جلیقه از جمله تنگ بودن، راحتی، انعطاف‌پذیری، پوشیدن و در آوردن راحت، محدود کردن حرکات بدن و تنظیم کردن آن متناسب با سایز بدن و طراحی جلیقه است که افراد مورد آزمایش، نظرات خود را روبروی گزینه‌های کاملاً مخالفم، مخالفم، معمولی است، موافقم و کاملاً موافقم تیک زدند.

ارزیابی تاثیر جلیقه خنک‌کننده ایرانی حاوی ماده تغییر فاز بر روی...

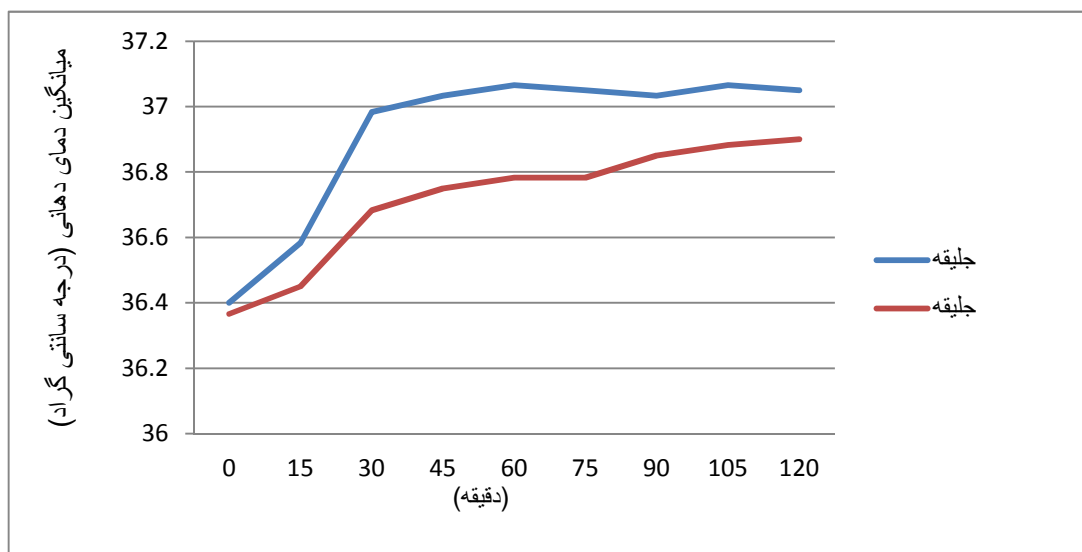
تغییرات دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده در طول زمان آزمایش بر روی متغیر شاخص نمره استرین گرمایی معنی‌دار نبوده است ( $p=0/184$ )، آزمون  $t$  مستقل اختلاف مقادیر نمره استرین گرمایی را در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه در زمان ۰ دقیقه ( $p=0/039$ ) معنی‌دار نشان داد و در بقیه زمان‌های اندازه‌گیری اختلاف مقادیر با و بدون استفاده از جلیقه معنی‌دار نبودند ( $p=0/216$ ).

### میزان راحتی جلیقه

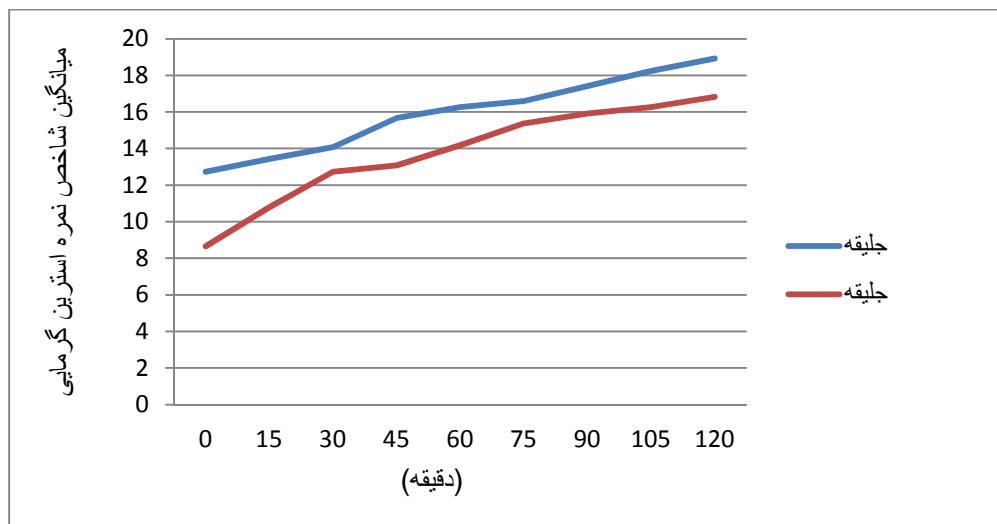
در مورد میزان راحتی و طراحی جلیقه نیز، بیشتر افراد نظر موافق داشته‌اند اما در مورد میزان انعطاف‌پذیری جلیقه اکثر افراد نظر معمولی داشتند. (شکل ۵).

### فشارخون سیستول و دیاستول

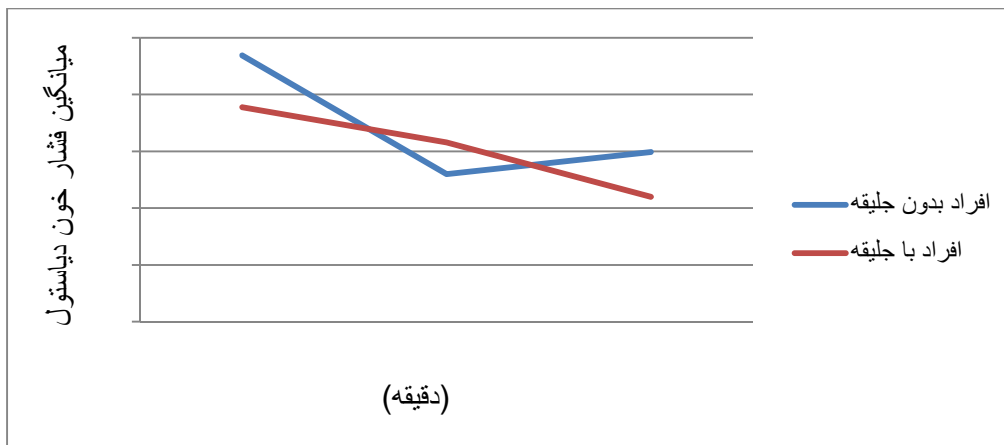
میانگین فشارخون سیستول و دیاستول افراد در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. استفاده از جلیقه خنک‌کننده تأثیری بر میزان کاهش یا افزایش میانگین فشارخون سیستول یا دیاستول نداشته است. نتایج آزمون اندازه‌های مکرر نشان داد که تغییرات دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده در طول زمان آزمایش بر روی متغیرهای فشارخون سیستول و دیاستول معنی‌دار نبوده است ( $p=0/429$ ) و



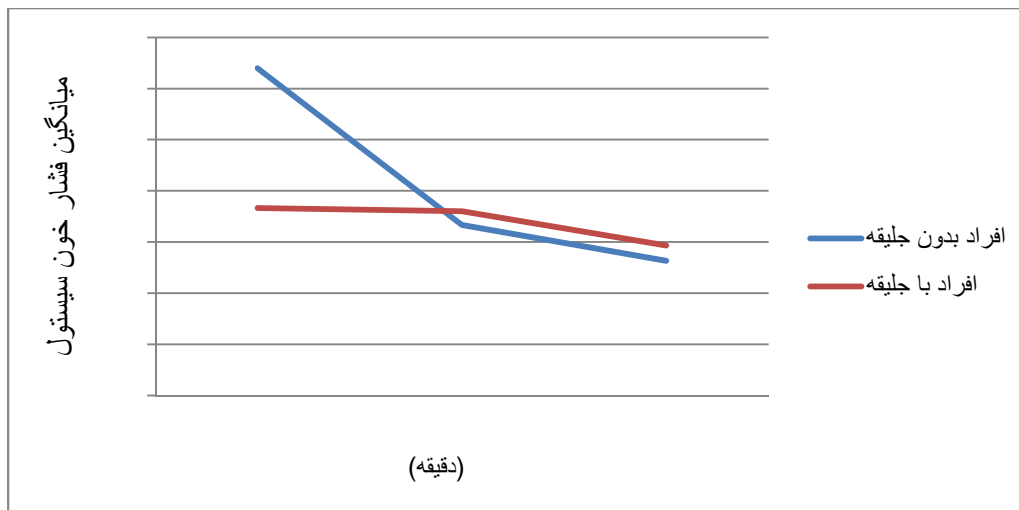
شکل ۱- میانگین دمای دهانی در زمان‌های مختلف



شکل ۲- میانگین شاخص نمره استرین گرمایی در زمان‌های مختلف



شکل ۳- میانگین فشارخون دیاستول در زمان‌های مختلف



شکل ۴- میانگین فشارخون سیستول در زمان‌های مختلف

جدول ۱- نتایج آزمون اندازه‌های مکرر و آزمون t مستقل برای مقایسه تغییرات شاخص‌ها در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه به فواصل زمانی ۱ ساعت

متغیر	زمان	۰ (زمان شروع)	دقیقه ۶۰	دقیقه ۱۲۰	P <sup>++</sup>
دمای دهانی	بدون جلیقه	۳۶/۴±۰/۳۶	۳۷/۰۶±۰/۲۵	۳۷/۰۵±۰/۲۸	
	با جلیقه	۳۶/۳۶±۰/۳۲	۳۶/۷۸±۰/۱۶	۳۶/۹±۰/۲۸	۰/۰۷۰
	P <sup>+</sup>	۰/۸۷۲	۰/۰۴۲	۰/۳۸۴	
نمره استرس گرمایی	بدون جلیقه	۱۲/۷۲±۳/۰۳	۱۶/۲۶±۲/۲۶	۱۸/۹۲±۲/۵۶	
	با جلیقه	۸/۶۵±۲/۹	۱۴/۱۸±۴/۰۴	۱۶/۸۱±۶/۲۵	۰/۱۸۴
	P <sup>+</sup>	۰/۰۳۹	۰/۲۹۷	۰/۴۷۱	
فشارخون سیستول	بدون جلیقه	۱۲۷±۱۹/۵۴	۱۱۱/۶۶±۵/۱۶	۱۰۸/۱۶±۷/۶۷	
	با جلیقه	۱۱۳/۳۳±۴/۰۸	۱۱۳±۱۱/۹۱	۱۰۹/۶۶±۱۲/۵۹	۰/۴۲۹
	P <sup>+</sup>	۰/۱۲۵	۰/۸۰۷	۰/۸۰۸	
فشارخون دیاستول	بدون جلیقه	۷۶/۶۶±۷/۵۲	۶۸/۶۶±۶/۵۳	۷۳/۳۳±۸/۱۶	
	با جلیقه	۷۶/۶۶±۵/۱۶	۷۲/۱۶±۱۰/۰۲	۶۶/۶۶±۸/۱۶	۰/۷۰۳
	P <sup>+</sup>	۱	۰/۴۹۵	۰/۱۸۸	

P<sup>+</sup>: نتیجه آزمون t برای مقایسه تغییرات در دو گروه در هر زمان  
 P<sup>++</sup>: نتیجه آزمون اندازه‌های مکرر برای مقایسه تغییرات کلی در دو گروه



شکل ۵- نظرات افراد در مورد میزان راحتی جلیقه خنک کننده

به‌وسیله بسته‌های PCM جذب شده و باعث کاهش دما و شاخص استرین حرارتی شده است، مواد تغییر فاز (PCM) می‌تواند مقدار زیادی از انرژی را به‌صورت گرمای نهان در طول انتقال فاز بین جامد و مایع، جذب، ذخیره و آزاد کند (۱۳). همچنین در مطالعه‌ای از کوکلان و همکارانش، نشان دادند که سرعت خنک‌کنندگی

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان داد که جلیقه خنک‌کننده نوع PCM در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب بر میزان کاهش دمای دهانی و شاخص استرین گرمایی تأثیرگذار بوده است، بدلیل اینکه حرارت بدن که توسط سیستم گردش جریان خون به سطح پوست می‌رسد،

صورت گرفته بود که بدلیل کم بودن تعداد نمونه هیچ کدام از آزمون‌های آماری، معنی دار نبودند، هم‌خوانی دارد (۱۴). که با نتایج اماری به دست آمده از آزمون اندازه‌های مکرر که در هیچ کدام از متغیرها معنی دار نشد نیز هم‌خوانی دارد.

استفاده از جلیقه خنک‌کننده نوع ماده تغییر فاز تأثیری بر افزایش یا کاهش میانگین فشارخون سیستول و دیاستول افراد نداشته است. بررسی نظرات افراد در مورد میزان راحتی جلیقه‌ها نیز نشان داد که بیشتر افراد در مورد میزان راحتی، پوشیدن و در آوردن و طراحی جلیقه نظرات موافق داشتند، اما در مورد میزان انعطاف‌پذیری جلیقه بیشتر نظرات معمولی بود. که آن را می‌توان بدلیل بزرگ و جامد بودن بسته‌های PCM دانست که میزان تحرک پوشنده را کاهش می‌دهد که با نتیجه مطالعه Kopyas، که از جمله معایب جلیقه خنک‌کننده PCM را کاهش تحرک پوشنده دانسته است، هم‌خوانی دارد (۱۴).

### نتیجه گیری

یافته‌های تحقیق نشان داد که در آب و هوای گرم و مرطوب، جلیقه خنک‌کننده حاوی بسته‌های ماده تغییر فاز (نوع PCM) بر کاهش میزان دمای دهانی و شاخص استرین گرمایی (در ساعت اول استفاده) مؤثر بوده است. ولی بر میزان فشارخون افراد تأثیری نداشته است. پیشنهاد می‌شود که کارایی این جلیقه‌ها در سایر شرایط آب و هوایی نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

جلیقه‌های PCM یک همبستگی مثبتی با گرادیان دمای بین مانکن حرارتی و دمای ذوب داشته است (۸). و کارتر و همکارانش نیز در مطالعه‌ای دیگر اثر جلیقه‌های PCM را در یک محیط بسیار گرم مورد مطالعه قرار داده‌اند (۹). گائو و همکارانش نیز در مطالعات خود نشان دادند که جلیقه خنک‌کننده PCM (عمدتاً" سولفات سدیم، با نقطه ذوب C ۲۸۰) هم بر روی مانکن حرارتی و هم بر روی افراد مؤثر بوده است (۱۰). همچنین در مطالعه‌ای دیگر از کولان با هدف بررسی خنک‌کننده فردی نوع PCM بر روی بهبود راحتی حرارتی افراد در یک دفتر کار شبیه‌سازی شده با دمای C ۳۴۰ با مطالعه‌ای بروی ۸ داوطلب مرد در یک اتاقک شرایط جوی نشان دادند که دمای پوست تنه افراد حدود C ۲-۳ کاهش پیدا کرده و در حد C ۳۳/۳۰ باقی مانده است و نتایج نشان داده است که خنک‌کننده نوع PCM می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای برای راحتی گرمایی جهت کارکنان دفاتر اداری بدون استفاده از تهویه هوا باشد (۱۱). که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد. از طرفی بررسی آزمون t مستقل نشان داد که دمای دهانی در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ دقیقه آزمایش و شاخص نمره استرین گرمایی در زمان شروع آزمایش اختلاف مقادیرشان در دو حالت با و بدون استفاده از جلیقه خنک‌کننده از نظر آماری معنی دار بودند و در بقیه زمان‌ها با وجود اینکه جلیقه خنک‌کننده دمای دهانی و نمره استرین گرمایی را نسبت به حالت بدون استفاده از جلیقه، کاهش داده است اما نتایج از نظر آماری معنی دار نبود، همچنین با نتایج مطالعه‌ای که توسط Smolander و همکاران در سوئد با هدف بررسی اثر بخشی جلیقه یخ بر روی ۴ آتش‌نشان

### منابع

1. Dehghan H, Mortazavi B, Jafari M, Maracy M. comparison between cardiac strain of normal weight and overweight workers in hot and humid weather of the south of iran Health Systems Research. 2012;8(5):866-875.
2. 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):375-379.
3. Furtado AL, Craig BN, Chard JT, Zaloom VA, Chu H. Cooling suits, physiological response, and task performance in hot environments for the power industry. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2007;13(3):227-239.
4. Dehghan H, Habibi E, Parvari R, Pourabdian S, Maracy M. Effects of work clothing material on physiological strain index of men in hot conditions in the climatic chamber. Journal of Health Systems Research. (2012);7(6):891-900. [Persian]
5. Fujii RK, Horie S, Tsutsui T, Nagano C. Effectiveness of a head wash cooling protocol using non-refrigerated water in reducing heat stress. Journal of occupational health. 2008;50(3):251-61.
6. <http://www.stacoolvest.com/news/110504-cooling-vest-comparison>.



7. Branson DH, Cao H, Jin B, Peksoz S, Farr C, Ashdown S. Fit Analysis of Liquid Cooled Vest Prototypes Using 3D Body Scanning Technology. 2005;25-32.

8. Gao C, Kuklane K, Holmer I. Cooling vests with phase change material packs: the effects of temperature gradient, mass and covering area. *Ergonomics*. 2010;53(5):716-723.

9. Carter J, Rayson M, Wilkinson D, Richmond V, Blacker S. Strategies to combat heat strain during and after firefighting. *Journal of Thermal Biology*. 2007;32(2):109-116.

10. Gao C, Kuklane K, Holmér I, editors. Cooling effect of a PCM vest on a thermal manikin and on humans exposed to heat. 12th International Conference on Environmental Ergonomics; 2007: Biomed doo, Ljubljana, Slovenia.

11. Gao C, Kuklane K, Wang F, Holmér I. Personal cooling with phase change materials to improve thermal comfort from a heat wave perspective. *Indoor air*. 2012;22(6):523-530.

12. Buckley TM. Multilayer composite material and method for evaporative cooling. Google Patents; 2002.

13. Kopyas K, Bogdan A. Thermal Manikin evaluation of PCM cooling vests. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2010;18(1):78-86.

14. Smolander J, Kuklane K, Gavhed D, Nilsson H, Holmer I. Effectiveness of a light-weight ice-vest for body cooling while wearing fire fighter's protective clothing in the heat. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2004;10(2):111-117.

## Effect of Iranian cooling vests with phase change material packs on heat strain indices in hot/ humid conditions in Persian Gulf

Somayeh Gharebaei<sup>1</sup>, Habibollah Dehghan\*<sup>2</sup>, Behzad Mahaki<sup>3</sup>, Firouz Valipour<sup>4</sup>

Received: 2014/09/06

Accepted: 2014/15/09

### Abstract

**Introduction:** Heat exposure is one of the harmful factors at work environments. Workers in high temperature environments are susceptible to heat strain. The purpose of this study was to evaluate the performance of Iranian cooling vests containing phase change material in hot and humid conditions of the Persian Gulf.

**Materials and Methods:** This interventional study was performed on six staff of oil tanker ship's engine room in summer of 2013. The Heat Strain Score Index (HSSI), oral temperature and blood pressure were measured with and without wearing cooling vest for two hours. Data was analyzed using paired T-test.

**Results:** The mean oral temperature was  $36.98 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$  (without cooling vest) and  $36.68 \pm 0.68^{\circ}\text{C}$  (cooling vest) at 30th minutes in heat exposure. The mean oral temperature was  $37.06 \pm 0.25^{\circ}\text{C}$  (without cooling vest) and  $36.78 \pm 0.16^{\circ}\text{C}$  (cooling vest) at 60th minutes in heat exposure ( $p=0.042$ ). Besides, HSSI was  $12.72 \pm 3.03$  without cooling vest and  $8.65 \pm 2.9$  with cooling vest ( $p=0.039$ ).

**Conclusion:** Cooling vests with phase change material packs reduced heat strain (oral temperature and perceptual heat) in hot and humid climates of the Persian Gulf

**Keywords:** Iranian Cooling Vest; Phase Change Material; Heat Stress; HSSI Index; Persian Gulf

1.MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

2\*.(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](mailto:ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir)

3.Department of Statistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

4. Health Research Center & Department of occupational health, school of health, baqiyatallah university of medical sciences, Tehran,Iran