

طراحی و ساخت پوشش‌های خنک‌کننده موضعی تبخیری و بررسی کارایی آن در بهبود برخی از شاخص‌های ادراکی در شرایط آزمایشگاهی

مهسا جهادی نائینی^۱ (M.Sc.)، حبیب‌الله دهقان^{۲*} (Ph.D.)

۱- مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۷

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۳۱-۳۷۹۲۲۲۶۴ ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

چکیده

هدف: یکی از روش‌های کنترل گرما استفاده از وسایل خنک‌کننده فردی نظیر مچ پوش دست و پا و سر و گردن می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر طراحی، ساخت، تعیین توان خنک‌کنندگی پوشش‌های خنک‌کننده موضعی و بررسی کارایی آن در بهبود برخی از شاخص‌های ادراکی در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در ابتدا طراحی و ساخت پوشش‌های خنک‌کننده موضعی با استفاده از ابعاد آنتروپومتری ایرانیان انجام شد. سپس توان خنک‌کنندگی پوشش‌های مذکور، محاسبه گردید. در نهایت کارایی پوشش‌های طراحی شده در بهبود برخی شاخص‌های ادراکی بر روی ۱۶ دانش‌آموز (۸ مرد و ۸ دختر) در یک اتاقک شرایط جوی با دمای 23 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد و رطوبت 55 ± 3 درصد آزمایش شد.

یافته‌ها: میانگین توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها در رطوبت ۳۰ درصد و دماهای ۳۰-۳۵-۴۰ به ترتیب ۸۹-۷۷-۶۷ وات و در رطوبت ۶۰ درصد و دماهای مذکور ۳۴-۴۰-۵۵ وات به دست آمد. هم‌چنین میانگین احساس گرمایی و راحتی گرمایی هنگام فعالیت با پوشش خنک‌کننده و بدون پوشش خنک‌کننده در حالت‌های نشسته و پیاده‌روی روی تردمیل معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری: پوشش‌های خنک‌کننده موضعی طراحی شده می‌توانند در دفع گرمای مازاد وارد شده به بدن موثر واقع شوند و منجر به بهبود شاخص‌های ادراکی شوند. بهترین کارایی پوشش‌های مذکور در محیط‌های گرم و خشک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: وسایل حفاظت فردی، توان خنک‌کنندگی، استرس گرمایی، شاخص‌های ادراکی

مقدمه

استرین‌های حرارتی می‌باشند که بدن انسان در پاسخ به مواجهه با محیط کار گرم از خود نشان می‌دهد. هم‌چنین مواجهه با گرمای شدید می‌تواند منجر به افزایش دمای عمقی بدن شود و در صورت پایدار ماندن موجب بروز اختلالاتی هم‌چون جوش گرمایی، ضعف و خستگی، گرفتگی عضلات و گرم‌زدگی شود. از این روی اهمیت کنترل مواجهه با گرما در محیط‌های کاری گرم مشخص می‌گردد [۶-۲].

به منظور کنترل مواجهه با گرما راه‌کارهای متنوعی شامل انجام اقدامات فنی، مدیریتی و فردی وجود دارد. به دلیل محدودیت‌های مالی، ایمنی، و تداخل در پروسه کاری، کمبود منابع انسانی و هم‌چنین وجود یک محیط روباز در بسیاری از موارد اقدامات کنترلی فنی نظیر استفاده از عایق‌های حرارتی یا اقدامات مدیریتی امکان‌پذیر نیست یا کفایت لازم برای کاهش شدت مواجهه با گرما را ندارند [۸،۷]. وسایل و

گرما یکی از عوامل زیان‌آور فیزیکی محیط کار است. مواجهه با این عامل زیان‌آور در برخی مشاغل اجتناب‌ناپذیر می‌باشد به طوری که گزارش شده است مواجهه با گرما در صنایع متخلفی مانند فولاد، ذوب آهن، صنعت نفت، سرامیک سازی و سیمان و غیره وجود دارد [۱-۳]. هم‌چنین مواجهه با گرما با منشا اقلیمی در مناطقی نظیر جنوب ایران نیز دیده می‌شود [۴]. گرما با منشاء اقلیمی بیش‌تر مشاغل روباز را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد مشاغلی ساخت و ساز، کشاورزی، کارکنان سایت‌های نفتی و غیر در معرض نوع مواجهه از گرما می‌باشند. هنگامی که انسان در محیط گرم مشغول به کار باشد بدن انسان نسبت به این وضعیت از خود پاسخ نشان می‌دهد که این وضعیت استرین حرارتی گفته می‌شود [۵]. بالارفتن ضربان قلب و فشار خون نمونه‌های از

نسبت به تنه در دفع گرما موثرتر عمل می‌کنند [۱۶-۱۸]. به نظر می‌رسد چنانچه سطح بیش‌تری از مساحت بدن توسط پوشش‌های خنک‌کننده موضعی در ناحیه سر، گردن، دست و پا پوشانده شوند انتظار می‌رود که میزان دفع گرمای مازاد از بدن با شدت بیش‌تری انجام گیرد. مطالعه‌ای که توسط Felicity و همکارانش انجام شده بود نشان داد که پوشش‌های خنک‌کننده ناحیه گردن با خنک کردن عروق خونی کاروتید منجر به کاهش احساس گرمایی و بهبود عملکرد افراد می‌شوند [۱۹]. هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر توسط Terun Desai نیز مشخص گردید که استفاده از خنک‌کننده‌های گردن در بهبود کیفیت تمرین و عملکرد تنیس بازان در حین مسابقه شده است [۲۰]. لذا با توجه به این که جلیقه‌های خنک‌کننده تبخیری نسبت به سایر جلیقه‌های خنک‌کننده، محدودیت‌های کاربردی (سبک وزن، عدم نیاز به برق، باتری و فریزر و هم‌چنین شارژ با آب در مدت زمان چند دقیقه) کم‌تری دارند و هم‌چنین در محیط‌های گرم و خشک عملکرد قابل قبولی در کاهش سطح استرس گرمایی از خود نشان داده‌اند [۲۱].

در این پروژه طراحی و بهینه‌سازی پوشش‌های خنک‌کننده تبخیری برای نواحی سر، گردن و ساعد و میچ دست و میچ پا با الهام از ماهیت ساختاری جلیقه خنک‌کننده تبخیری بومی‌سازی شده در ایران انجام شد و توان خنک‌کنندگی این پوشش‌ها در شرایط دمایی و رطوبتی مختلف ارزیابی شد. در نهایت تاثیر آن‌ها بر شاخص‌های ادراکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه تجربی در سه مرحله شامل طراحی و دوخت پوشش‌های خنک‌کننده موضعی، طراحی و ساخت اتاقک کوچک تنظیم شرایط دمایی و رطوبتی و تعیین توان خنک‌کنندگی پوشش‌های خنک‌کننده و ارزیابی اثربخشی پوشش‌های خنک‌کننده طراحی شده انجام شد. کلیه مراحل اجرای این مطالعه مطابق با کد اخلاق IR.MUI.RESEARCH.REC.1399.075 مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان بود.

طراحی و دوخت پوشش‌های خنک‌کننده موضعی. در این مرحله ابعاد آنتروپومتریک سر و گردن، میچ دست و میچ پا که برای طراحی پوشش‌های خنک‌کننده موضعی مورد نیاز بود بر اساس مطالعات قبلی استخراج گردید [۲۲-۲۶]. بر اساس ابعاد آنتروپومتریک به‌دست آمده، الگوی پوشش‌های خنک‌کننده طراحی و دوخته شد (شکل ۱).

تجهیزات خنک‌کننده فردی آخرین مرحله از سلسله مراتب کنترل گرما در محیط‌های کاری می‌باشند. این تجهیزات باعث جذب گرمای اضافی با منشا متابولیسمی یا محیطی می‌گردند و موجب کاهش سطح استرین گرمایی، بهبود عملکرد ذهنی و جسمانی می‌شود [۹-۱۱]. این وسایل دارای مزایایی مانند قابلیت استفاده در هر دو محیط کاری مسقف و روباز، سهولت در استفاده، در دسترس بودن و هم‌چنین هزینه مالی تهیه این وسایل نسبت به سایر روش‌های کنترل گرما مناسب‌تر می‌باشد. تداخل در کار، عدم احساس راحتی، کارایی پایین در برخی محیط‌های کاری نیز از معایب گزارش شده در خصوص وسایل و تجهیزات خنک‌کننده فردی است [۹].

تجهیزات خنک‌کننده با سطح پوشش حدود ۳۵ الی ۴۰ درصد از مساحت بدن شامل جلیقه خنک‌کننده تبخیری، پوشش خنک‌کننده بر مبنای مواد تغییر فاز، لباس‌های خنک‌کننده دارای گردش مایعات سرد، لباس‌های خنک‌کننده دارای سیستم گردش هوای خنک و لباس‌های مجهز به سیستم خنک‌کننده تبریدی هستند. که استفاده از آن‌ها منجر به کاهش استرین گرمایی و بهبود شاخص‌های ادراکی می‌گردد [۱۲، ۱۳]. خنک‌کننده‌های تبخیری حاوی ژل یا کریستال‌های خاصی هستند که با خیساندن در آب متورم می‌شوند و از گرمای جذب شده از بدن کاربر برای تبخیر آب ذخیره شده در این کریستال‌ها استفاده می‌کنند [۱۴]. در واقع با استفاده از پوشش‌های خنک‌کننده، گرادیان حرارتی ایجاد شده بین قسمت مرکزی بدن و پوست باعث افزایش جریان خون در پوست می‌شود. هنگامی که آب ذخیره شده در کریستال‌ها تبخیر می‌شود، از گرمای بدن کاربر استفاده می‌شود. این پوشش‌ها از پارچه‌های آبدوست خاصی ساخته شده‌اند که اگر خیس شوند، امکان تبخیر مداوم آب را فراهم می‌کنند و در نتیجه لباس و پوست زیر آن را خنک می‌کنند [۱۵].

در مطالعه‌ای حداکثر توان خنک‌کنندگی در جلیقه‌های نوع تبخیری ۴۳ وات گزارش شده است [۱۲]. در برخی از محیط‌های کار، بار گرمایی وارده به بدن، از طریق گرمای محیطی و یا متابولیسمی، بسیار زیاد است و دفع این گرمای مازاد، بیش‌تر از توان خنک‌کنندگی بسیاری از جلیقه‌های خنک‌کننده (با سطح پوشش حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد از مساحت بدن) موجود در بازار است. از طرفی نیز وجود عروق خونی بزرگ و سطحی در ناحیه گردن، میچ دست و میچ پا که به طور تقریبی ۲۰ درصد از سطح بدن را شامل می‌شوند شرایط خوبی را برای خنک کردن جریان خون مهیا کرده است به طوری که ناحیه سروگردن، بازوها و پاها بالاترین میزان دفع حرارت را در پی دارند و در واحد سطح،

پوشش‌های خنک‌کننده به مدت ۵ دقیقه در آب با دمای معمولی غوطه‌ور شدند و سپس آب اضافی به‌وسیله فشردن از پوشش‌ها خارج شد و پوشش‌های خنک‌کننده به تفکیک به‌وسیله ترازو با دقت یک دهم گرم مدل EK4100i وزن گردیدند و بلافاصله پوشش خنک‌کننده سر و گردن بر روی مانکن و پوشش‌های ناحیه ساعد و میچ دست بر روی استوانه از جنس بی‌وی‌سی به قطر ۹ سانتی‌متر و پوشش خنک‌کننده میچ پا بر روی استوانه با قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر پیچیده شدند و به مدت ۱۲۰ دقیقه در داخل اتاقک با شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد قرار داده شدند. در طول مدت زمان انجام تست، شرایط دمایی و رطوبتی توسط اپراتور نظارت گردید و در صورت انحراف دما بیش‌تر از یک درجه و رطوبت نسبی بیش‌تر از ۵ درصد نسبت به شرایط آزمون، اپراتور با تغییر توان گرمایی هیتر و دبی پمپ، شرایط دمایی و رطوبتی داخل اتاقک را تنظیم می‌کرد. در پایان آزمون، پوشش‌های خنک‌کننده از اتاقک خارج شدند و بلافاصله مجدداً وزن شدند و اختلاف وزن هر پوشش در قبل و بعد از ورود به اتاقک به عنوان میزان تبخیر آب برای هر پوشش در حالت دمایی و رطوبتی خاصی محاسبه و ثبت شدند. به منظور کاهش خطاهای احتمالی برای هر حالت خاص دمایی و رطوبتی، آزمون سه مرتبه تکرار گردید و میانگین آن ثبت شد. تمام مراحل آزمایش فوق در دماهای ۳۰-۳۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد و یک‌بار در رطوبت نسبی ۶۰ درصد تکرار شد. و جمعاً ۶ حالت دمایی و رطوبتی مختلف و ۱۸ حالت آزمایش انجام شد.

به منظور محاسبه توان خنک‌کنندگی هر پوشش خنک‌کننده، از اختلاف وزن پوشش در قبل و بعد از ورود به هر شرایط دمایی و رطوبتی خاص استفاده شد. (جدول شماره ۱) به طوری که این اختلاف وزن در میزان گرمای نهان تبخیر آب در هر شرایط دمایی و فشاری ضرب شد و میزان توان خنک‌کنندگی هر پوشش برحسب وات محاسبه گردید. (جدول شماره ۲)

ارزیابی اثربخشی پوشش‌های خنک‌کننده، به منظور بررسی اولیه اثربخشی پوشش‌های خنک‌کننده ۱۶ دانشجوی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان (۸ مرد و ۸ زن) با میانگین سنی ۲۶+۳/۷۱ سال و وزن ۶۹±۱۰/۵۵ کیلوگرم وارد مطالعه شدند. حجم نمونه در این مطالعه با توجه به مطالعه Desai T و همکاران [۲۰] کارولین و همکاران مشخص گردید [۲۷]. معیارهای ورود شامل نداشتن سابقه قلبی عروقی، ریوی، عصبی، تشنج، دیابت، عدم مصرف قهوه، کافئین و الکل ۱۲ ساعت قبل از آزمایش بود. معیارهای

ساختار پوشش‌های خنک‌کننده متشکل از سه لایه با ماهیت عملکردی متفاوت بود که لایه داخلی و بیرونی از پارچه‌ای سبک وزن و تنفس‌پذیر یا حداقل ویژگی جذب آب و لایه میانی نسبتاً ضخیم حاوی کریستال‌های جاذب آب تشکیل شده بود.



شکل ۱. پوشش‌های خنک‌کننده موضعی تبخیری طراحی شده

به منظور رفع عیوب احتمالی، نمونه اولیه پوشش خنک‌کننده سر و گردن، پس از ۵ دقیقه غوطه‌وری در آب، توسط ۱۲ نفر از کارگران شاغل در کارخانه رنگ و پوشش لوله در فضای باز و در معرض گرما به مدت یک ساعت مورد استفاده قرار گرفت، سپس از کاربران سوالاتی نظیر راحتی استفاده، متناسب بودن ابعاد و وزن پوشش‌ها پرسیده شد. سپس بر اساس نظر کاربران تغییراتی نظیر استفاده از دکمه به جای چسب برای تنظیم پوشش گردن و تغییر پهنای پوشش گردن اعمال گردید. در نهایت مساحت پوشش‌های خنک‌کننده سر و گردن، ساعد و میچ دست و میچ پا به ترتیب ۱۲۷۰، ۹۳۰ و ۱۴۷۰ cm² محاسبه گردید.

طراحی و ساخت اتاقک تنظیم شرایط دمایی و رطوبتی و تعیین توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها، در این مرحله اتاقکی به طول ۸۰cm، عرض ۶۰cm و ارتفاع ۸۰cm از جنس ورق شفاف بی‌وی‌سی طراحی و ساخته شد. به منظور کنترل رطوبت نسبی در اتاقک از یک پمپ مکنده با دبی متغیر ۱۵ تا ۳۰ لیتر در دقیقه استفاده شد. پایش درجه حرارت محیط داخل اتاقک توسط یک دستگاه اندازه‌گیری دما و رطوبت مدل HTC-2 انجام شد. همچنین به منظور تامین درجه حرارت مورد نیاز در اتاقک دمای اتاقک از هیتر برقی با توان حرارتی ۵۰۰ وات مدل hs-860 استفاده گردید. سرعت هوا، ثابت و در محدوده ۰/۰-۲/۴m/s تعیین شد. با تعبیه دو عدد فن اکسیال کوچک در ناحیه مرکزی اتاقک با دبی ۶۰cfm اختلاف هوا در اتاقک انجام شد.

دادند. برای اطمینان از صحت مقادیر (دمای 23 ± 0.35 درجه سانتی‌گراد، رطوبت 0.5 ± 0.3 درصد و سرعت هوا $2/0$ متر بر ثانیه) از دستگاه Cassella WBGT ساخت انگلستان و بادسنج مدل KIMO VT110/115 حین تست‌ها استفاده شد. در نهایت اطلاعات به‌دست‌آمده وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ شد. آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که توزیع داده‌ها غیرنرمال است ($p\text{-value} < 0.05$). بنابراین از آزمون آماری Wilcoxon برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در دو مورد با و بدون پوشش خنک‌کننده استفاده شد.

نتایج

نتایج نشان داد در رطوبت نسبی ۳۰ و ۶۰ درصد با افزایش دما از دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد شدت تبخیر آب افزایش یافته است. شدت تبخیر آب در یک دمای معین، مانند دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، در رطوبت نسبی ۳۰ درصد در مقایسه با رطوبت نسبی ۶۰ درصد بیشتر بود.

در جدول ۱ میانگین تبخیر آب در شرایط دمایی و رطوبتی مختلف برای انواع پوشش‌های خنک‌کننده شامل کلاه و گردن پوش، مچ پوش دست و مچ پوش پا ارائه شده است.

در جدول ۲ میانگین توان خنک‌کنندگی در شرایط دمایی و رطوبتی مختلف برای انواع پوشش‌های خنک‌کننده شامل کلاه و گردن پوش، مچ پوش دست و مچ پوش پا ارائه شده است. توان خنک‌کنندگی کلاه و گردن پوش در محدوده دمایی ۳۰ الی ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد بین ۲۶ تا ۳۵ وات، برای مچ پوش‌های دست بین ۱۵ تا ۲۰ وات و برای مچ پوش‌های پا بین ۲۵ تا ۳۳ وات متغیر بود. البته در همین شرایط دمایی و در رطوبت نسبی ۶۰ درصد، توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها به شدت کاهش یافته است.

خروج از مطالعه نیز شامل افزایش ضربان قلب به ۱۴۰ ضربه در دقیقه و خستگی مفرط بود.

ابتدا افراد وارد اتاقی خارج از اتاقک اقلیمی شدند و ضمن توضیح کامل نحوه انجام آزمون، رضایت‌نامه کتبی به شرکت‌کنندگان ارائه شد. تمام آزمودنی‌ها از یک نوع لباس زیر ۱۰۰ درصد کتان، تی شرت ۷۰ درصد پلی‌استر و شلوار ۳۰ درصد کتان استفاده کردند. کلیه آزمایشات در یک اتاقک شرایط جوی 3×4 متر با دمای 23 ± 0.35 درجه سانتی‌گراد، رطوبت 5 ± 0.3 درصد و سرعت هوا $0.4 - 0.2$ متر بر ثانیه انجام شد.

آزمایش‌ها در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول آزمودنی‌ها وارد اتاقک شرایط جوی شدند و به مدت ۳۰ دقیقه روی صندلی ارگونومیک داخل آن نشستند. در این مدت هر ۱۰ دقیقه یک بار احساس گرمایی موضعی و کلی بر اساس مقیاس لیکرتی (خیلی سرد=۱، سرد=۲، کمی سرد=۳، خنثی=۴، کمی گرم=۵، گرم=۶، خیلی گرم=۷) و راحتی گرمایی موضعی و کلی بر اساس مقیاس لیکرتی (راحت=۰، کمی ناراحت=۱، ناراحت=۲، خیلی ناراحت=۳) مورد پرسش قرار گرفت و توسط پژوهشگر ثبت شد. پس از ۳۰ دقیقه، آزمودنی به مدت ۳۰ دقیقه بر روی تردمیل با شیب ۰ درجه و سرعت ۲٫۲ کیلومتر در ساعت پیاده‌روی کرد و شاخص‌های ادراکی مجدد ثبت شد. سپس فرد از اتاقک اقلیمی خارج شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۴-۲۱ درجه سانتی‌گراد استراحت کرد. سپس پوشش‌ها به مدت ۵ دقیقه در آب در دمای اتاق غوطه‌ور شدند و فشار داده شدند تا آب اضافی خارج شود.

در مرحله دوم، آزمودنی‌ها پوشش‌های خنک‌کننده خود را پوشیده و وارد اتاقک شرایط جوی شدند. آزمودنی‌ها تمام مراحل فوق را با استفاده از پوشش‌های خنک‌کننده انجام

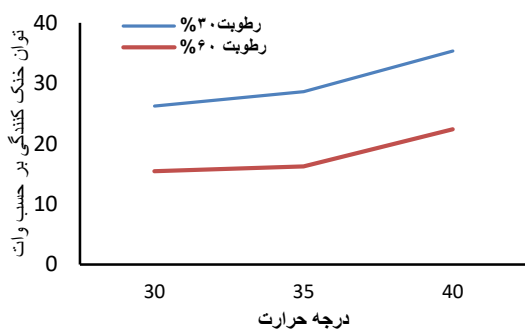
جدول ۱. میانگین اختلاف وزن پوشش در قبل و بعد از ورود به هر شرایط دمایی و رطوبتی خاص

| نوع پوشش خنک‌کننده | میانگین (انحراف معیار) تبخیر آب در رطوبت نسبی ۳۰ درصد (گرم) | | | میانگین (انحراف معیار) تبخیر آب در رطوبت نسبی ۶۰ درصد (گرم) | | |
|--------------------|---|-------------------|--------------------|---|-------------------|-------------------|
| | ۳۰ | ۳۵ | ۴۰ | ۳۰ | ۳۵ | ۴۰ |
| کلاه و گردن پوش | $77.7 \pm (18.9)$ | $85.2 \pm (13.6)$ | $105.8 \pm (26.9)$ | $45.7 \pm (13.6)$ | $48.4 \pm (12.5)$ | 24 ± 6.7 |
| مچ پوش دست | $22.5 \pm (10.9)$ | $25.7 \pm (7.4)$ | $30.6 \pm (8.4)$ | $12.9 \pm (8.6)$ | $13.5 \pm (6.5)$ | $15.9 \pm (9.4)$ |
| | $23.5 \pm (13.7)$ | $27.2 \pm (8.5)$ | $28.9 \pm (14.4)$ | $12.1 \pm (12.5)$ | $11.1 \pm (6.2)$ | $18.9 \pm (12.5)$ |
| مچ پوش پا | $35.9 \pm (16.1)$ | $48.9 \pm (6.8)$ | 47.27 ± 4 | $17.5 \pm (14.1)$ | $27.1 \pm (8.8)$ | $25.5 \pm (23.3)$ |
| | $39 \pm (22.8)$ | $43.9 \pm (17.6)$ | $51.9 \pm (16.2)$ | $11.5 \pm (12.6)$ | $18.2 \pm (15.5)$ | $35.9 \pm (14.6)$ |

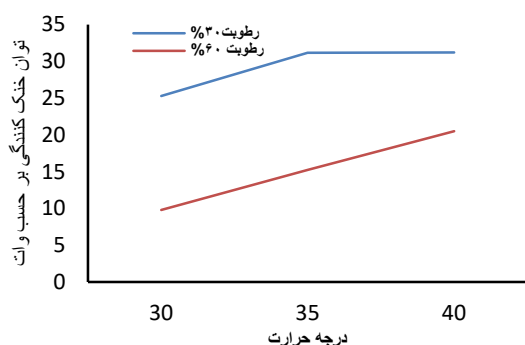
جدول ۲. میانگین توان خنک‌کنندگی انواع پوشش‌های خنک‌کننده در شرایط دمایی و رطوبتی مختلف

| نوع پوشش خنک‌کننده/ شرایط دمایی و رطوبتی | میانگین توان خنک‌کنندگی در رطوبت نسبی ۳۰ درصد (وات) | | | میانگین توان خنک‌کنندگی در رطوبت نسبی ۶۰ درصد (وات) | | |
|--|---|------|------|---|------|------|
| | ۴۰ | ۳۵ | ۳۰ | ۴۰ | ۳۵ | ۳۰ |
| کلاه و گردن پوش | ۲۶/۲ | ۲۸/۶ | ۳۵/۴ | ۲۲/۴ | ۱۶/۳ | ۱۵/۴ |
| مچ پوش دست | ۱۵/۶ | ۱۷/۸ | ۱۹/۹ | ۱۱/۶ | ۸/۳ | ۸/۵ |
| مچ پوش پا | ۲۵/۳ | ۳۱/۲ | ۳۳/۲ | ۲۰/۵ | ۱۵/۲ | ۹/۸ |

وضعیت‌های نشستن و راه رفتن روی تردمیل معنی‌دار بود ($p < 0.05$).



شکل ۲. ارتباط بین دما (۳۰، ۳۵، ۴۵ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی (۳۰ و ۶۰٪) با توان خنک‌کنندگی کلاه و گردن پوش



شکل ۳. ارتباط بین دما (۳۰، ۳۵، ۴۵ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی (۳۰ و ۶۰٪) با توان خنک‌کنندگی مچ پوش‌های پا

نتایج نشان داد میانگین راحتی گرمایی موضعی در حین فعالیت با پوشش خنک‌کننده و فعالیت بدون پوشش خنک‌کننده در وضعیت‌های نشستن و راه رفتن روی تردمیل معنی‌دار است ($p < 0.05$).

میانگین راحتی گرمایی کلی با پوشش خنک‌کننده و بدون پوشش خنک‌کننده در وضعیت نشستن معنادار نبود ($p > 0.05$). اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های ادراکی در دو جنسیت زن و مرد مشاهده نشد ($p > 0.05$).

بر اساس داده‌های جدول ۳، میانگین توان خنک‌کنندگی مجموع خنک‌کننده‌ها در رطوبت نسبی ۳۰ درصد برابر ۷۸ وات و در رطوبت نسبی ۶۰ درصد ۴۲ وات اندازه‌گیری شد.

شکل ۲، ارتباط توان خنک‌کنندگی کلاه و گردن پوش را با شرایط دمایی و رطوبتی مختلف نشان می‌دهد. با افزایش دما در یک وضعیت رطوبت معین، توان خنک‌کنندگی یک روند افزایشی را نشان می‌دهد که شیب این افزایش در درجه حرارت ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر است.

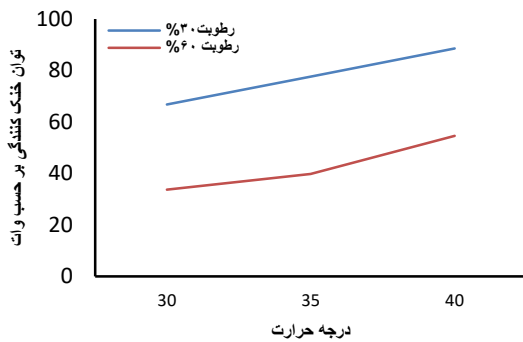
شکل ۳، ارتباط توان خنک‌کنندگی مچ پوش پا را با شرایط دمایی و رطوبتی مختلف نشان می‌دهد. با افزایش دما در یک وضعیت رطوبت معین، توان خنک‌کنندگی یک روند افزایشی را نشان می‌دهد به طوری که توان خنک‌کنندگی در رطوبت نسبی ۳۰ درصد، حدود دو برابر رطوبت نسبی ۶۰ درصد است.

شکل ۴، ارتباط توان خنک‌کنندگی مچ پوش دست را با شرایط دمایی و رطوبتی مختلف نشان می‌دهد. با افزایش دما در رطوبت نسبی ۳۰ درصد، توان خنک‌کنندگی یک روند افزایشی پیوسته را نشان می‌دهد که افزایش یک‌ناختی در درجه حرارت ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. در رطوبت نسبی ۶۰ درصد یک روند نامنظم در درجه حرارت‌های مختلف مشاهده می‌شود به طوری که توان خنک‌کنندگی در دمای ۳۰ تا ۳۵، بدون تغییر و در دمای ۳۵ تا ۴۰ حالت افزایشی مشاهده می‌شود.

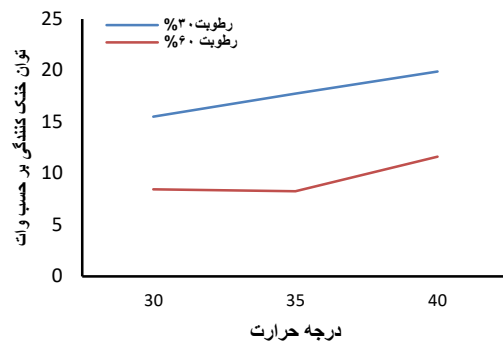
شکل ۵، ارتباط توان خنک‌کنندگی مجموع پوشش‌های خنک‌کننده را با شرایط دمایی و رطوبتی مختلف نشان می‌دهد. توان خنک‌کنندگی با افزایش دما در یک وضعیت رطوبت معین، در محدوده دمایی ۳۰ تا ۴۰ درجه یک روند افزایشی را نشان می‌دهد.

جداول ۴ و ۵ میانگین و انحراف معیار شاخص‌های ادراکی اندازه‌گیری شده در حالت‌های نشستن و پیاده‌روی روی تردمیل را با و بدون پوشش خنک‌کننده نشان می‌دهد.

بر اساس یافته‌ها میانگین احساس گرمایی در حین فعالیت با پوشش خنک‌کننده و فعالیت بدون پوشش خنک‌کننده در



شکل ۵. ارتباط بین دما (۳۰، ۳۵، ۴۵ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی (۳۰ و ۶۰٪) با توان خنک‌کنندگی مجموع پوشش‌ها



شکل ۴. ارتباط بین دما (۳۰، ۳۵، ۴۵ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی (۳۰ و ۶۰٪) با توان خنک‌کنندگی میچ پوشش‌های دست

جدول ۳. میانگین توان خنک‌کنندگی مجموع پوشش‌های خنک‌کننده در شرایط دمایی و رطوبتی مختلف

| شرایط دمایی / توان خنک‌کنندگی | میانگین توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها در رطوبت نسبی ۳۰ درصد (وات) | توان خنک‌کنندگی سانتیمتر مربع بر وات در رطوبت نسبی ۳۰ درصد | میانگین توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها در رطوبت نسبی ۶۰ درصد (وات) | توان خنک‌کنندگی وات بر سانتیمتر مربع در رطوبت نسبی ۶۰ درصد |
|-------------------------------|---|--|---|--|
| ۳۰ | ۶۷ | ۵۵ | ۳۴ | ۱۰۸ |
| ۳۵ | ۷۷ | ۴۸ | ۴۰ | ۹۲ |
| ۴۰ | ۸۹ | ۴۱ | ۵۵ | ۶۷ |

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار احساس گرمایی در حالت‌های نشسته و پیاده روی روی تردمیل با و بدون پوشش خنک‌کننده

| نوع پوشش خنک‌کننده | میانگین و انحراف معیار احساس گرمایی بدون پوشش نشسته | P-value | میانگین و انحراف معیار احساس گرمایی بدون پوشش -تردمیل | P-value | میانگین و انحراف معیار احساس گرمایی با پوشش -تردمیل | P-value |
|--------------------|---|---------|---|---------|---|---------|
| سر و گردن | ۰/۴±۶/۷۳ | ۰/۰۱۵ | ۰/۵±۶۵/۶۳ | ۰/۰۱۵ | ۰/۴±۷۱/۶۳ | ۰/۰۱ |
| میچ پا | ۰/۴±۷۴/۸۶ | ۰/۰۱۱ | ۰/۵±۸۳/۵۳ | ۰/۰۱۱ | ۰/۴±۵۴/۳۳ | ۰/۰۱۲ |
| میچ دست | ۰/۴±۶/۷۳ | ۰/۰۱۲ | ۰/۵±۶۱/۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۴±۴۹/۳۳ | ۰/۰۰۸ |
| مجموع پوشش‌ها | ۰/۵±۵/۵۳ | ۰/۰۱۲ | ۰/۵±۵۳/۹۶ | ۰/۰۱۲ | ۰/۵±۵۲/۱۶ | ۰/۰۰۷ |

جدول ۵. میانگین و انحراف معیار راحتی گرمایی در حالت‌های نشسته و پیاده روی روی تردمیل با و بدون پوشش خنک‌کننده

| نوع پوشش خنک‌کننده | میانگین و انحراف معیار راحتی گرمایی بدون پوشش - نشسته | P-value | میانگین و انحراف معیار راحتی گرمایی بدون پوشش - تردمیل | P-value | میانگین و انحراف معیار راحتی گرمایی با پوشش - تردمیل | P-value |
|--------------------|---|---------|--|---------|--|---------|
| سر و گردن | ۰/۱±۱ | ۰/۰۴۹ | ۱/۱±۱/۷ | ۰/۰۴۹ | ۰/۱±۰۲/۴ | ۰/۰۹۲ |
| میچ پا | ۰/۰±۰۲/۸۹ | ۰/۰۳۹ | ۱/۱±۲۱/۸۶ | ۰/۰۳۹ | ۰/۱±۰۴/۰۶ | ۰/۰۰۴ |
| میچ دست | ۰/۰±۱/۵ | ۰/۰۳۸ | ۰/۱±۰۱/۳ | ۰/۰۳۸ | ۰/۰±۱۵/۸۳ | ۰/۰ |
| مجموع پوشش‌ها | ۰/۰±۱۴/۹ | ۰/۰۹۲۵ | ۰/۱±۲۲/۸ | ۰/۰۹۲۵ | ۰/۱±۲۵/۳۶ | ۰/۰۱ |

بحث و نتیجه‌گیری

مواجهه با گرمای ناشی از شرایط اقلیمی یا فرایندی در بسیاری از محیط‌های کار یا زندگی روزمره وجود دارد. لباس‌های خنک‌کننده به عنوان پوشش‌های حفاظتی موثری به منظور حذف گرمای مازاد بدن در مواجهه با گرما شناخته شده‌اند [۲۸]. مطالعه حاضر با هدف تعیین توان خنک‌کنندگی پوشش‌های خنک‌کننده موضعی و بررسی تاثیر استفاده از

آن‌ها بر برخی شاخص‌های ادراکی انجام پذیرفت. محاسبه توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها در اتاقک شرایط جوی با دماها و رطوبت‌های مختلف و سرعت جریان هوای ۰/۴-۰/۲ متر بر ثانیه انجام شد.

در مطالعه حاضر با افزایش دما در رطوبت نسبی ۳۰ و ۶۰ درصد میزان توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها در محدوده دمایی ۳۰ تا ۴۰ درجه افزایش یافته است. از دیگر نتایج

طور قابل توجهی احساس گرمایی کلی و راحتی گرمایی افراد را در محیط گرم بهبود بخشد [۳۱]. همچنین در مطالعه‌ای از جلیقه خنک‌کننده ترکیبی مواد تغییر فاز و فن به منظور کاهش استرس گرمایی ۱۴۰ کارگران ساختمانی هنگ‌کنگ استفاده شد. نتایج نشان داد که احساس گرمایی و فعالیت درک شده هر دو در طول استفاده از جلیقه خنک‌کننده کاهش یافته است. در مطالعه‌ای که با هدف بررسی اثرات خنک‌کننده گردن بر عملکرد ۸ تنیس باز انجام شد نیز از کیسه یخ به منظور خنک‌سازی گردن استفاده شده بود. نتایج حاکی از کاهش یافتن احساس حرارتی بود. در نتیجه بهبود عملکرد تنیس بازان را به دنبال داشت.

بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از خنک‌کننده‌های موضعی با اثر بر شاخص‌های ادراکی نظیر احساس گرمایی می‌تواند توانایی تحمل گرما را افزایش دهد و باعث بهبود عملکرد افراد در شرایط مواجهه با گرما شود [۳۲].

بر اساس نتایج مطالعه حاضر راحتی گرمایی کلی در حالت نشسته هنگام استفاده و عدم استفاده از پوشش‌های خنک‌کننده معنادار نبود. با توجه به این‌که زمان اجرای این مطالعه هم‌زمان با شیوع بیماری کووید ۱۹ بود محققان ناچار شدند که به دلیل رعایت مسائل اخلاقی و پروتکل‌های بهداشتی زمان اجرای آزمایشات را کوتاه‌مدت تعیین نمایند. به نظر می‌رسد این کاهش زمان اجرای آزمایشات موجب شده که در حالت نشسته تغییر محسوس در دو حالت استفاده و عدم استفاده از پوشش‌های خنک‌کننده مشاهده نشود.

بنابر نتایج مطالعه حاضر احتمالاً پوشش‌های خنک‌کننده موضعی طراحی شده بر اساس مکانیسم تبخیری می‌توانند در دفع گرمای وارد شده به بدن موثر واقع شوند. بهترین کارایی پوشش‌های مذکور در محیط‌های گرم و خشک می‌باشد. اما با توجه به این‌که پوشش‌ها در شرایط قابل کنترل و دما و رطوبت‌های مشخص مورد آزمایش قرار گرفته‌اند انتظار می‌رود هنگام استفاده از آن‌ها در شرایط واقعی و در نتیجه شرایط محیطی مختلف، متفاوت عمل کنند به‌طور مثال خنک‌کننده‌های فردی تبخیری در رطوبت‌های پایین‌تر و سرعت هوای بالاتر به دلیل تبخیر بیش‌تر خنک‌کنندگی بهتری ارائه می‌دهند [۱۲]. در این مطالعه جهت بررسی اولیه تاثیر استفاده از پوشش‌ها شاخص‌های ادراکی افراد سنجیده شد که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی تاثیر استفاده از آن‌ها بر پارامترهای فیزیولوژیکی و شناختی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

مطالعه می‌تواند به کاهش توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها با افزایش میزان رطوبت نسبی اشاره کرد. به‌طوری‌که توان خنک‌کنندگی پوشش‌ها در شرایط محیطی با رطوبت نسبی ۶۰ درصد کم‌تر از رطوبت نسبی ۳۰ درصد بود؛ که این رخداد دور از انتظار نیست چرا که با افزایش میزان بخار آب در هوا در یک دمای معین، پذیرش محیط برای تبخیر آب بافت پوشش‌های خنک‌کننده کاهش می‌یابد. همچنین این یافته مطابق با مطالعه George Havenith و همکاران می‌باشد. در واقع با افزایش رطوبت، بازده پوشش‌های خنک‌کننده تبخیری کاهش می‌یابد [۲۹].

با توجه به این موضوع که مطالعه حاضر اولین مطالعه انجام شده در کشور می‌باشد امکان مقایسه با مطالعات مشابه داخلی وجود ندارد. با این وجود در مطالعه Urša Ciuha و همکاران در سال ۲۰۲۰ که با هدف سنجش میزان مقاومت تبخیری و مقاومت گرمایی انواع مختلف جلیقه‌های خنک‌کننده فردی و در شرایط محیطی با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۳۵ درصد طی مدت زمان ۸ ساعت انجام شد حداکثر توان خنک‌کنندگی یکی از انواع جلیقه‌های خنک‌کننده تبخیری ۴۳ وات بر متر مربع گزارش شد. اختلاف در نتایج به‌دست آمده می‌تواند به علت تفاوت در شرایط محیطی، تفاوت در نوع پوشش‌های استفاده شده و اختلاف زمان قرارگیری پوشش در اتاقک شرایط محیطی باشد [۱۲].

در مطالعه wen و همکاران در سال ۲۰۱۷ که با هدف ارزیابی تأثیر جلیقه خنک‌کننده ترکیبی طراحی شده برای کارگران ساختمانی در کاهش استرس گرمایی انجام شد، توان خنک‌کنندگی جلیقه‌ها در شرایط دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و سرعت هوای ۰/۱ محاسبه گردید. توان خنک‌کنندگی جلیقه تازه طراحی شده ۶۷ وات و جلیقه قبلی ۵۶ وات بود. در شرایط جوی مذکور توان خنک‌کنندگی مجموع پوشش‌های خنک‌کننده موضعی در این مطالعه ۴۰ وات به‌دست آمد. اختلاف در مقادیر توان خنک‌کنندگی می‌تواند به دلیل اختلاف در سطح پوشش بدن توسط جلیقه و مجموع پوشش‌های خنک‌کننده موضعی و نوع مکانیسم‌های خنک‌کننده باشد [۳۰].

در مطالعه حاضر استفاده از خنک‌کننده‌های موضعی منجر به کاهش احساس گرمایی موضعی و کلی و راحتی گرمایی موضعی شد. این نتیجه هم‌سو با مطالعه انجام شده توسط Yang و همکارانش بر روی ۲۰ نفر استفاده‌کننده از خنک‌کننده موضعی در قسمت‌های مختلف تنه از جمله قفسه سینه، شکم، قسمت فوقانی کمر و پایین کمر بود. نتایج در مطالعه Yang نشان داد که خنک‌کننده موضعی تنه می‌تواند به

industrial noise control measures. *Theoretical Issues Ergon Sci* 2021; 1-14.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.3892190>

[12] Ciuha U, Valenčić T, Mekjavic IB. Cooling efficiency of vests with different cooling concepts over 8-hour trials. *Ergonomics* 2020; 1-15.

<https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1853820>

PMid:33222661

[13] Yazdani Rad S, Dehghan H. The design and manufacturing of phase change material cooling vests and their effectiveness in reducing thermal strain under laboratory conditions. *Iran J Ergon* 2015; 3: 1-11.

[14] Panchabikesan K, Vellaisamy K, Ramalingam V. Passive cooling potential in buildings under various climatic conditions in India. *Renewable Sustainable Energy Rev* 2017; 78: 1236-1252.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.030>

[15] Filingeri D, Fournet D, Hodder S, Havenith G. Mild evaporative cooling applied to the torso provides thermoregulatory benefits during running in the heat. *Scand J Med Sci Sports* 2015; 25: 200-210.

<https://doi.org/10.1111/sms.12322>

PMid:25943671

[16] Mokhtari Yazdi M, Sheikhzadeh M. Personal cooling garments: a review. *J Textile Instit* 2014; 105: 1231-1250.

<https://doi.org/10.1080/00405000.2014.895088>

[17] Hyde JL. The influence of head cooling combined with various cooling modalities on cooling rate after exercise in the heat. 2015.

[18] Krishnan A, Singh K, Sharma D, Upadhyay V, Singh A. Effect of wrist cooling on aerobic and anaerobic performance in elite sportsmen. *Med J Armed Forces India* 2018; 74: 38-43.

<https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2017.04.004>

PMid:29386730 PMCid:PMC5771761

[19] Bright FM, Chaseling GK, Jay O, Morris NB. Self-paced exercise performance in the heat with neck cooling, menthol application, and abdominal cooling. *J Sci Med Sport* 2019; 22: 371-377.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.225>

PMid:30270195

[20] Desai T, Bottoms L. Neck cooling improves table tennis performance amongst young national level players. *Sports* 2017; 5: 19.

<https://doi.org/10.3390/sports5010019>

PMid:29910379 PMCid:PMC5969003

[21] Ashtekar S, Mishra S, Kapadia V, Nag P, Singh G. Workplace heat exposure management in Indian construction workers using cooling garment. *Workplace Health Saf* 2019; 67: 18-26.

<https://doi.org/10.1177/2165079918785388>

PMid:30303042

[22] Motamedzade M, Choobineh A, Mououdi MA, Arghami S. Ergonomic design of carpet weaving hand tools. *Intern J Indust Ergon* 2007; 37: 581-587.

<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.03.005>

[23] Taghizade M, Mohebbi I, Khalkhali H, Ahmadi-Arablu P, Torfeh A, Hajaghadzadeh M. The study of anthropometric dimensions of hand in office staffs in Urmia. *Iran J Ergon* 2018; 6: 1-10. (Persian).

<https://doi.org/10.30699/jergon.6.1.1>

[24] Emamgholizadeh Minaei R, Hajaghadzadeh M, Allahyari T, Khalkhali H, Keramat M. Anthropometric dimensions of foot in students. *Iran J Ergon* 2016; 4: 28-38.

<https://doi.org/10.21859/joe-04014>

[25] Mououdi MA, Golitalari H, Nonorimoghaddam S, Ghorbanirameneti N, Ghaempanah F, Mahdavi M. Anthropometric engineering approach in conceptual design of sleeping pillow. *Occup Med* 2019.

<https://doi.org/10.18502/tkj.v10i4.1737>

[26] Bizheh N, Abdollahi A, Jaafari M, Ajam Zibad Z. Relationship between neck circumferences with cardiovascular risk factors. *J Babol Univ Med Sci* 2011; 13: 36-43.

[27] Sunderland C, Stevens R, Everson B, Tyler CJ. Neck-cooling improves repeated sprint performance in the heat. *Front Physiol* 2015; 6: 314.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00314>

PMid:26594177 PMCid:PMC4633514

تشکر و قدردانی

محققان بر خود لازم می‌دانند از دانشجویان دانشکده بهداشت که در آزمایشات شرکت داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

مشارکت و نقش نویسندگان

نقش هر یک از نویسندگان این مقاله به شرح زیر است: نویسنده اول: جمع‌آوری داده‌ها، نگارش نسخه اولیه مقاله، آنالیز دیتاها و تفسیر نتایج. نویسنده مسئول: ایده و طراحی مطالعه و تایید نهایی مقاله را انجام داده‌اند. همه نویسندگان نتایج را بررسی نموده و نسخه نهایی مقاله را تایید نمودند.

منابع

- [1] Mousavi SM, Abbasi M, Yazdanirad S, Yazdanirad M, Khatooni E. Fuzzy AHP-TOPSIS method as a technique for prioritizing noise control solutions. *Noise Control Engin J* 2019; 67: 415-421. (Persian). <https://doi.org/10.3397/1/376738>
- [2] Habibi E, Dehghan H, Mousavi SM, Illbag P. Investigating the combined effects of heat and light color temperature on precision and speed in female students in laboratory conditions. *Arch Hygiene Sci* 2021; 10: 315-322. <https://doi.org/10.32598/AHS.10.4.345.1.3>
- [3] Koohpaei A. Semi-quantitative risk assessment of occupational exposure area industrial wastewater Treatment unit in an oil refinery and chemical contaminants. *Iran Occup Health* 2019; 15: 10-20.
- [4] Yazdanirad S, Foroushani AR, Monazzam MR, Dehghan H, Golbabaee F. Development of an observational-perceptual heat strain risk assessment (OPHSRA) index and its validation. *BMC Public Health* 2021; 21: 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12325-z> PMid:34969389 PMCid:PMC8717656
- [5] Yazdanirad S, Mousavi SM, Moradirad R, Zeiniodini M. Investigating the prevalence of fungal infections among operating personnel at a petroleum refinery complex on warm and humid conditions. *Int J Occup Hygiene* 2019; 11: 312-322.
- [6] Azizpour Y, Delpisheh A, Sayehmiri K. Prevalence of musculoskeletal disorders in Iranian dentists: a systematic review and meta-analysis. *Koomesh* 2018; 20. (Persian). <https://doi.org/10.1186/s12912-017-0243-1> PMid:28912666 PMCid:PMC5594574
- [7] Yazdanirad S, Golbabaee F, Monazzam MR, Dehghan H, Foroushani AR. Identification, classification, and prioritization of effective factors in producing thermal strain in men at workplaces using fuzzy AHP technique. *Indian J Occup Environ Med* 2020; 24: 106. <https://doi.org/10.4103/ijoom.IJOEM.93.19> PMid:33281381 PMCid:PMC7703818
- [8] Asadi M, Mokhlessin M, AsadollahPoor F, Kaviyani S, Noruzi R, MirmohammadKhani M, et al. The impact of voice problems on emotions, job performance, social and communicative abilities of primary school teachers. *koomesh* 2016; 265-275. (Persian).
- [9] Yazdanirad S, Dehghan H. Designing of the cooling vest from paraffin compounds and evaluation of its impact under laboratory hot conditions. *Int J Prev Med* 2016; 7. <https://doi.org/10.4103/2008-7802.177890> PMid:27076885 PMCid:PMC4809117
- [10] Hamdan H, Ghaddar N, Ouahrani D, Ghali K, Itani M. PCM cooling vest for improving thermal comfort in hot environment. *Int J Therm Sci* 2016; 102: 154-167. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2015.12.001>
- [11] Haghghat M, Yazdanirad S, Faridan M, Jahadi Naeini M, Mousavi SM. Application of hybrid Shannon's entropy-PROMETHEE methods in weighing and prioritizing

198: 528-541.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.004>

[32] Chan AP, Zhang Y, Wang F, Wong FF, Chan DW. A field study of the effectiveness and practicality of a novel hybrid personal cooling vest worn during rest in Hong Kong construction industry. *J Therm Biol* 2017; 70: 21-27.

<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.07.012>

PMid:29074022

[28] Shaid A, Wang L, Padhye R. The thermal protection and comfort properties of aerogel and PCM-coated fabric for firefighter garment. *J Industr Textil* 2016; 45: 611-625.

<https://doi.org/10.1177/1528083715610296>

[29] Havenith G, Bröde P, Hartog Ed, Kuklane K, Holmer I, Rossi RM, et al. Evaporative cooling: effective latent heat of evaporation in relation to evaporation distance from the skin. *J Appl Physiol* 2013; 114: 778-785.

<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01271.2012>

PMid:23329814

[30] Yi W, Zhao Y, Chan AP. Evaluating the effectiveness of cooling vest in a hot and humid environment. *Ann Work Expo Health* 2017; 61: 481-494.

<https://doi.org/10.1093/annweh/wxx007>

PMid:28355411

[31] Yang H, Cao B, Ju Y, Zhu Y. The effects of local cooling at different torso parts in improving body thermal comfort in hot indoor environments. *Energy Buildings* 2019;

Design and construction of evaporative local cooling coatings and evaluate their efficiency in improving some perceptual indicators in laboratory conditions

Mahsa Jahadinaeini (M.Sc)¹, Habibollah Dehghan (Ph.D)^{*2}

1- Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2 - Department of Occupational Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

* Corresponding author. +98 31 37923264 ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

Received: 31 Jul 2021; Accepted: 7 May 2022

Introduction: One way to reduce the level of heat strain is to use personal evaporative cooling coats. such as the wrist, ankle, head and neck. The purpose of this study is to design, construct, and determine the cooling power of local cooling coatings and evaluate their efficiency in improving perceptual indicators in the laboratory.

Materials and Methods: Initially, the design and construction of local cooling coatings were performed using anthropometry. Then the cooling power of the mentioned coatings was calculated. Finally, the efficiency of the coatings designed to improve perceptual indicators on 16 students (8 men and 8 women) was tested in a climate chamber with a temperature of $35 \pm 0.23^{\circ}\text{C}$ and a temperature of $30 \pm 5\%$.

Results: The average cooling power of cooling coats at 30% relative humidity at 30°C , 35°C and 40°C was 67, 77 and 89 watts, respectively. At the mentioned temperature and in 60% relative humidity, the cooling power was 34, 40 and 55 watts. As the relative humidity increased, the cooling power of the coats decreased. Also, the mean of thermal sensation and heat comfort during activity with a cooling cover and without a cooling cover in sitting and walking treadmill positions were significant ($P\text{-value} \leq 0.05$).

Conclusion: Local evaporative cooling coat on the head, neck, wrists and ankles can be reasonably effective in repelling excess heat entering the body and improving perceptual indicators. The best performance of these coats is in hot and dry environments.

Keywords: Personal Protective Equipment, cooling power, heat stress, perceptual indicators
