DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 21, No. 4, Winter

Received: 06.06.2023 Accepted: 11.12.2024 Published: 05.01.2026

Evaluation of the Performance of the Phase Change Cooling Vest on the Heat Strain and Cognitive Indices of Women during the Use of Protective Clothing (Gown) in Laboratory Conditions

Yalda Tebeidian[1], Habibollah Dehghan[2]

Original Article

Abstract

Background: During the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic, the use of protective clothing (gown) has increased contributing to heat stress in users. This study aimed to evaluate the performance of the phase-change cooling vest containing sodium sulfate hydrate on heat strain and cognitive indices of women during the use of protective clothing (gown) in laboratory conditions.

Methods: In this study, 16 women participants underwent three stages: baseline (without gown and cooling vest), gown only, and gown with cooling vest. They walked on a treadmill at a speed of 2 kilometers per hour for 30 minutes to assess and compare physiological and cognitive parameters during the stages. Sweat rate, temperature and relative humidity inside the clothes, perception of skin wetness, thermal sensation, physiological strain index, skin temperature, heart rate, mental fatigue, the level of attention, and reaction time were measured in the three stages.

Findings: The mean difference in thermal sensation between the baseline and gown/cooling vest condition was 0.58, and between gown-only and gown/cooling vest was 1.23, which was statistically significant ($P < 0.05$). Additionally, the mean difference in temperature inside the clothes 0.60° C, perception of skin wetness 0.74, thermal discomfort 0.44, skin temperature 0.35° C, and level of attention was -0.29 more in gown condition than in the gown/vest condition ($P < 0.05$). A significant difference was observed between the average of reaction time in gown-only and gown/vest conditions.

Conclusion: Wearing a cooling vest containing sodium sulfate hydrate phase-change material along with an isolation gown in healthcare settings reduces heat-induced physiological and perceived strain in users.

Keywords: Personal protective equipment; Protective clothing; Heat stress; Cooling vest; Phase change materials

Citation: Tebeidian Y, Dehghan H. **Evaluation of the Performance of the Phase Change Cooling Vest on the Heat Strain and Cognitive Indices of Women during the Use of Protective Clothing (Gown) in Laboratory Conditions.** J Health Syst Res 2026; 21(4): 472-9.

1- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Habibollah Dehghan; Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629 Published by Vesnu Publications

ارزیابی عملکرد جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی روی شاخص‌های استرین گرمایی و شناختی خانم‌ها در هنگام استفاده از لباس حفاظتی گان در شرایط آزمایشگاهی

یلدا تبعیدیان[1]، حبیب‌اله دهقان[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در زمان پاندمی کووید ۱۹، استفاده از پوشش حفاظتی گان در مراکز درمانی افزایش یافت. این پوشش‌های حفاظتی موجب بروز استرس گرمایی در کاربران می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی کارایی جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی سدیم سولفات هیدراته بر شاخص‌های استرین گرمایی و شناختی خانم‌ها در هنگام استفاده از لباس حفاظتی گان در شرایط آزمایشگاهی بود.

روش‌ها: در این مطالعه، ۱۶ خانم در سه مرحله پایه (بدون گان و جلیقه خنک‌کننده)، گان و گان/ جلیقه خنک‌کننده، طی ۳۰ دقیقه روی تردمیل با سرعت ۲ کیلومتر در ساعت راه رفتند و شدت تعریق، دما و رطوبت نسبی داخل لباس، احساس خیسی پوست، احساس گرمایی، ناراحتی گرمایی، دمای پوست، ضربان قلب، خستگی ذهنی و میزان توجه و زمان واکنش در سه مرحله اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: اختلاف میانگین احساس گرمایی در دو حالت پوشش پایه و گان/ جلیقه، ۰/۵۸ و پوشش گان و گان/ جلیقه، ۱/۲۳ گزارش شد ($P < ۰/۰۵$). همچنین، اختلاف میانگین دمای داخل لباس ۰/۶۰ درجه سانتی‌گراد، احساس خیسی پوست ۰/۷۴، ناراحتی گرمایی ۰/۴۴، دمای پوست ۰/۳۵ درجه سانتی‌گراد و میزان توجه ۰/۲۹- درصد در حالت گان بیشتر از حالت گان/ جلیقه بود ($P < ۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری بین میانگین زمان واکنش در حالت پوشش گان و گان/ جلیقه مشاهده گردید ($P < ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: پوشیدن جلیقه خنک‌کننده حاوی بسته‌های مواد تغییر فازی سدیم سولفات هیدراته همراه با گان ایزوله در محیط‌های درمانی، استرین فیزیولوژیکی و ادراکی ناشی از گرما را در کاربران کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تجهیزات حفاظت فردی؛ لباس حفاظتی؛ استرس گرمایی؛ جلیقه خنک‌کننده؛ مواد تغییر فاز

ارجاع: تبعیدیان یلدا، دهقان حبیب‌اله. **ارزیابی عملکرد جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی روی شاخص‌های استرین گرمایی و شناختی خانم‌ها در هنگام استفاده از لباس حفاظتی گان در شرایط آزمایشگاهی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۴؛ ۲۱ (۴): ۴۷۹-۴۷۲

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۳/۱۶ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۹/۲۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

مقدمه

مواجهه با گرما، یکی از خطرات رایج و مهم در محیط‌های کاری می‌باشد (۱). پایداری تنش گرمایی می‌تواند سبب بروز بثورات پوستی، ضعف و خستگی، گرفتگی عضلات و گرمازدگی گردد (۲). از طرف دیگر، باعث مشکلات شناختی همچون کاهش عملکرد ذهنی (کاهش دقت و توجه حین کار) و بهره‌وری فرد نیز می‌شود (۲). همچنین، ضربان قلب، دمای دهانی و میزان تعریق تحت تأثیر گرما تغییر می‌کنند (۳). در بسیاری از مشاغل، افراد با توجه به ماهیت شغلشان باید از لباس‌های محافظ و ایزوله در مقابل آسیب‌های فیزیکی- شیمیایی و بیولوژیکی استفاده کنند (۴). در سال‌های اخیر به دلیل شیوع بیماری کرونا و لزوم استفاده از وسایل حفاظت فردی توسط کارکنان مراقبت‌های بهداشتی، استفاده از گان‌های ایزوله گسترش یافته است. این پوشش‌ها با وجود این که از افراد در مقابل آسیب‌های محیطی کار حفاظت می‌کند، اما سطح بدن را می‌پوشاند و تبادل هوا با پوست بدن را محدود می‌کند و بدین ترتیب، باعث ایجاد تنش گرمایی در بدن افراد می‌شود (۵). نتایج پژوهش Quinn وهمکاران نشان داد که پوشیدن لباس‌های ایزوله توسط کارکنان مراقبت‌های بهداشتی، باعث بروز استرین گرمایی در افراد می‌شود (۶).

جلیقه خنک‌کننده یکی از بهترین و ارزان‌ترین سیستم‌های خنک‌کننده فردی می‌باشد که قادر است گرمای مازاد ناشی از سوخت و ساز بدن را جذب نماید (۳). جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی، یکی از این نوع جلیقه‌ها است. مواد تغییر فازی می‌توانند در طول تغییر فاز بین دو حالت ماده انرژی زیادی را به شکل گرمای نهان جذب، ذخیره یا رها کنند (۷). شناخته شده‌ترین ماده تغییر فازی آب است که دارای گرمای نهان ۳۳۵ ژول بر گرم می‌باشد. از دیگر مواد تغییر فازی شناخته شده، نمک‌های فلزی هیدراته می‌باشد. نمک‌های هیدراته‌ای که دارای گرمای نهان بالا و قدرت تبادل حرارت مناسب باشند، برای ذخیره گرمایی دمای پایین مناسب هستند و به طور گسترده مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند (۸). سولفات سدیم ده آبه از جمله این نمک‌ها به شمار می‌رود که به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: حبیب‌اله دهقان؛ استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Email: ha_dehghan@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

عنوان مواد تغییر فازی شناخته شده است (۹). از دیگر مزایای نمک‌های فلزی هیدراته می‌توان به قیمت کم، دسترسی آسان و غیر قابل اشتعال بودن و بالا بودن چگالی ذخیره انرژی آن‌ها اشاره کرد. از ترکیب نمک‌های فلزی هیدراته به همراه سایر افزودنی‌ها مانند مواد هسته‌ساز و ژله‌کننده، می‌توان به ویژگی خنک‌کنندگی مناسب دست یافت (۱۱، ۱۰). با توجه به این که جلیقه‌های خنک‌کننده تغییر فازی با پایه معدنی در ایران در دسترس نیست و نمونه‌های خارجی آن هم قیمت نسبتاً بالایی دارند و به تازگی بومی‌سازی و ساخت این بسته‌های خنک‌کننده انجام شده است، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی نمک سدیم سولفات هیدراته بر شاخص‌های استرین گرمایی و شناختی زنان در هنگام استفاده از لباس حفاظتی گان در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

روش‌ها

این مطالعه که از نوع تجربی مداخله‌ای بود، با توجه به نوع آن و به استناد تحقیقات مشابه (۱۱، ۱۰) بر روی ۱۶ خانم با میانگین قد ۵/۳ ± ۱۶۴/۵ سانتی‌متر، میانگین وزن ۴/۸ ± ۵۶/۶ کیلوگرم و سن ۲/۲ ± ۲۴/۶ سال انجام گرفت. معیارهای ورود شامل شاخص توده بدنی (Body mass index یا BMI) نرمال در محدوده ۲۴/۹-۱۸/۵ کیلوگرم بر مترمربع و عدم وجود بیماری‌های تنفسی، قلبی- عروقی، صرع و پرکاری تیروئید بود که با پرسش از فرد مشخص گردید (۱۳، ۱۲). همچنین، از افراد درخواست شد ۱۲ ساعت قبل از آزمایش، از مصرف کلیه داروهای مداخله‌ای و تأثیرگذار بر حرارت بدن و همچنین، از مصرف نوشیدنی‌های الکلی و مواد غذایی کافئین‌دار پرهیز کنند.

جلیقه خنک‌کننده مورد استفاده دارای جنس لاکرا و پلی‌استر، متشکل از ۵ جیب حاوی بسته‌های خنک‌کننده تغییر فازی سدیم سولفات ده آبه همراه با مواد هسته‌ساز و ژله‌کننده (شکل ۱) با دمای تغییر فاز ۲۴/۳ درجه سانتی‌گراد و دمای نهان ذوب ۲۴۹/۷ کیلوژول بر کیلوگرم و وزن ۲/۰ کیلوگرم بود.

شکل ۱. نمایی از جلیقه خنک‌کننده سدیم سولفات ده آبه

پژوهش در اتاقک شرایط جوی با میانگین دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۴ درصد و طی سه مرحله شامل حالت پوشش لباس عادی (حالت شاهد)، حالت پوشش گان حفاظتی و حالت پوشش گان حفاظتی و جلیقه خنک‌کننده انجام شد. در هر مرحله، افراد به مدت ۳۰ دقیقه بر روی تردمیل با سرعت ۲ کیلومتر بر ساعت و شیب صفر درجه (به منظور شبیه‌سازی با سطح فعالیت واقعی و معادل کار سبک) فعالیت داشتند (۱۲). در هر مرحله از آزمون، با قرار دادن پروب ترمو رطوبت‌سنج (مدل TES1364، شرکت TES Electrical Electronic، تایوان) (با دقت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد) در داخل لباس افراد و در مجاورت با پوست بدن، شاخص‌های دما و رطوبت نسبی داخل لباس در دقایق ۵، ۱۵ و ۳۰ اندازه‌گیری گردید. دمای پوست نیز با استفاده از دماسنج لیزری (مدل BENETECH GM 320، Shenzhen Jumaoyuan Since And Technology Co /Ltd، چین) در نواحی ساعد دست، کتف، گردن و ساق پا در دقایق ۵، ۱۵و ۳۰ اندازه‌گیری شد و میانگین حاصل از نقاط برای دمای پوست در نظر گرفته شد (۱۴). همچنین، شاخص‌های احساس خیسی پوست (احساس تعریق) و ناراحتی گرمایی به وسیله مقیاس Likert (۱۵)، احساس گرمایی به کمک مقیاس ASHRAE (۱۶) و ضربان قلب با استفاده از اسپرت تستر Polar، هر ۵ دقیقه یک بار در طی مراحل اندازه‌گیری و ثبت گردید. شاخص استرین فیزیولوژیک نیز از طریق رابطه ۱ هر ۵ دقیقه یک بار طی مراحل محاسبه و ثبت شد (۱۷) که در آن، HRc0 ضربان قلب در حالت استراحت و HRct ضربان قلب در حالت فعالیت بود.

$$PSI = 5\times (HRct-HRc0)/(180-HRc0) \quad \text{رابطه ۱}$$

وزن افراد با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل OMEGA، شرکت Omega Electronic Scale Company Limited، چین) به دقت ۰/۰۱۰ کیلوگرم ابتدا و پایان هر مرحله اندازه‌گیری گردید و شدت تعریق از طریق محاسبه اختلاف بین وزن فرد در ابتدا و پایان به دست آمد. شاخص‌های شناختی شامل خستگی ذهنی با استفاده از دستگاه فلیکر فیوژن (۱۸)، درصد توجه با کمک آزمون عملکرد پیوسته و زمان واکنش به وسیله دستگاه ری‌اکشن تایم (۱۹) در حالت استراحت قبل از مراحل و پایان هر مرحله از آزمایش اندازه‌گیری شد.

برای تحلیل داده‌ها از آماره‌های توصیفی میانگین و انحراف معیار استفاده گردید. جهت مقایسه میانگین متغیرهای مورد بررسی در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون پارامتریک Paired t و در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها، از آزمون ناپارامتریک Wilcoxon استفاده شد. در نهایت، داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ (version 27, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. $P < ۰/۰۵$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

شاخص‌های فیزیولوژیک

شدت تعریق: میانگین شدت تعریق در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۰/۱۴ ± ۰/۰۴، ۰/۱۴ ± ۰/۰۱ و ۰/۳۱ ± ۰/۰۷ کیلوگرم بود. میانگین شدت تعریق در سه مرحله آزمایش در هر کدام از موقعیت‌ها دو به دو معنی‌دار نبود و در حالت گان/ جلیقه از دو حالت پوشش دیگر بیشتر بود.

دما و رطوبت نسبی داخل لباس: میانگین دمای داخل لباس در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۱/۶۲ ± ۳۰/۱۳، ۱/۳۰ ± ۳۱/۱۱ و ۱/۲۵ ± ۳۰/۵۰ درجه سانتی‌گراد گزارش گردید. میانگین دمای داخل لباس در حالت پوشش گان بیشتر از حالت شاهد بود ($P = ۰/۰۱۰$) (جدول ۱).

https://hsr.mui.ac.ir

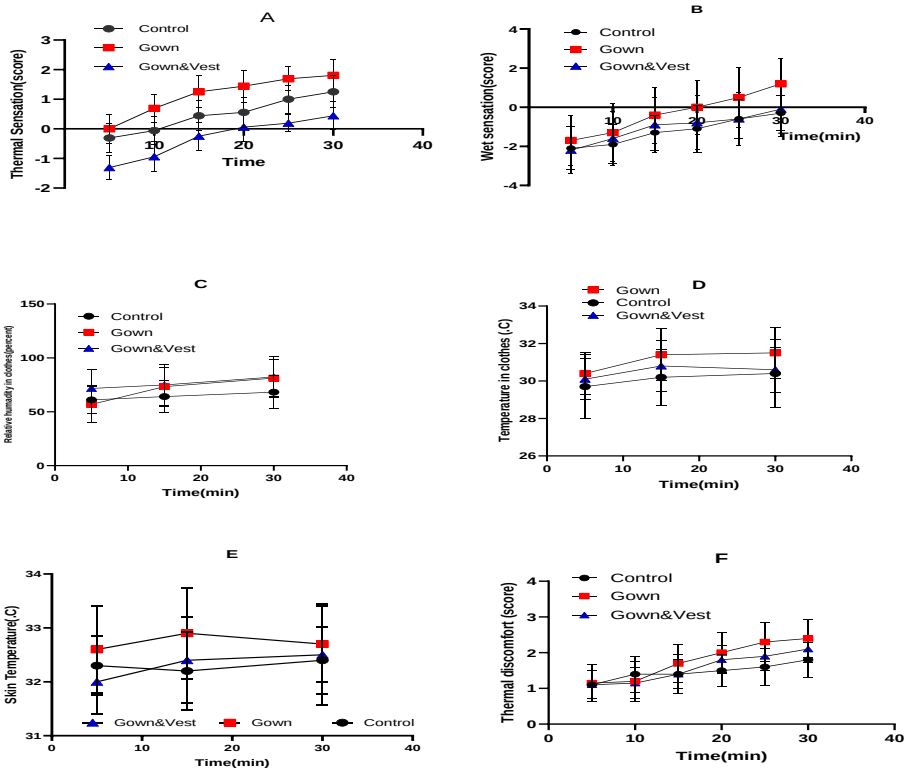
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

جدول ۱. میانگین شاخص‌های فیزیولوژیک، ادراکی و شناختی در دو حالت با پوشش گان و گان/ جلیقه خنک‌کننده

شاخص‌های فیزیولوژیک، ادراکی و شناختی		گان	گان/ جلیقه	مقدار P
شاخص‌های فیزیولوژیک و ادراکی	شدت تعریق (کیلوگرم)	۰/۰۱ ± ۰/۱٤	۰/۰۷ ± ۰/۳۱	۰/٤۸٤
	دمای داخل لباس (درجه سانتی‌گراد)	۳۱/۱۱ ± ۱/۳۰	۳۰/۵۰ ± ۱/۲۵	۰/۰۲۵
	دمای خارج لباس (درجه سانتی‌گراد)	۲٤/٦٤ ± ۰/٦۹	۲٤/۹۰ ± ۰/۹۳	۰/۲۸۵
	رطوبت داخل لباس (درصد)	۷۰/٤٤ ± ۱۷/۲٤	۷٦/۲٦ ± ۱۸/۱۸	−۰/۰۸۹
	رطوبت خارج لباس (درصد)	۵٦/۰٤ ± ۵/۵۸	۵٤/۵۷ ± ۸/۹۰	۰/۳۲۷
	احساس خیسی پوست	−۰/۲۹ ± ۱/٤۵	−۱/۰۳ ± ۱/۳۹	۰/۰۲٤
	احساس گرمایی	۰/۸۱ ± ۰/۵٤	−۰/٤۲ ± ۰/٤۹	۰/۰۰۱
	ضربان قلب (تعداد در دقیقه)	۱۰۰/۳۳ ± ۸/۹۳	۹۹/۲۸ ± ۹/۰۱	۰/۳۰۸
	ناراحتی گرمایی	۱/۸۱ ± ۰/۵۵	۱/۳۷ ± ۰/٤۰	۰/۰۰۲
	استرین فیزیولوژیک	۰/٤٦ ± ۰/٤۳	۰/٤۰ ± ۰/٤۵	۰/۲۹۸
	دمای پوست (درجه سانتی‌گراد)	۳۲/۷۲ ± ۰/۸۳	۳۲/۳۷ ± ۰/۷٦	۰/۰۲۹
شاخص‌های شناختی	میزان توجه (درصد)	۹۹/۵۰ ± ۰/۵۲	۹۹/۷۹ ± ۰/۳۲	۰/۰٤۸
	زمان واکنش (میلی‌ثانیه)	٤٤۹/۹٤ ± ٦۵/٤۹	٤۲۸/۱۹ ± ٦۸/۱٦	۰/۰٤٤
	خستگی ذهنی	٤۱/۰۵ ± ٤/٦۷	٤۲/۰۸ ± ۳/۸۰	۰/۰۵۵

همچنین، میانگین دمای داخل لباس در حالت پوشش گان بیشتر از پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده (P = ۰/۰۲۵) و این تفاوت معنی‌دار بود (شکل ۲).

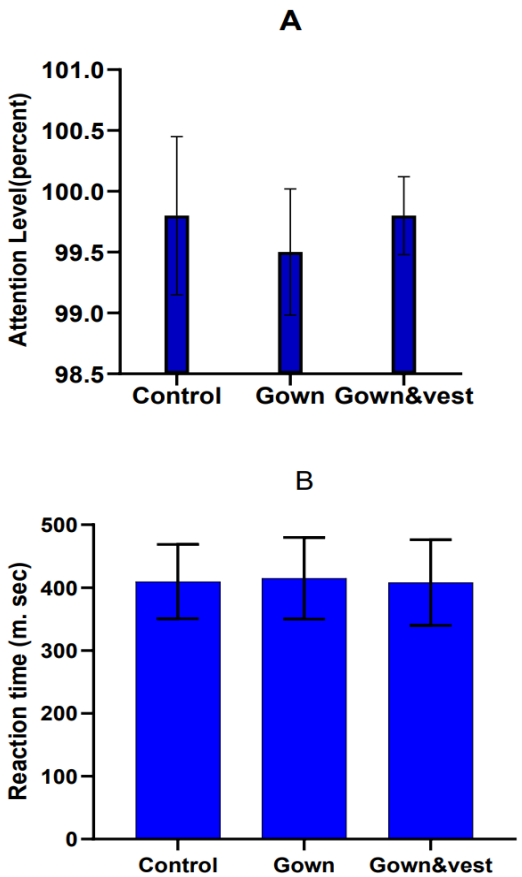


شکل ۲. تغییرات شاخص‌های احساس گرمایی (A)، احساس خیسی (B)، رطوبت نسبی داخل لباس (C)، دمای خارج لباس (D)، دمای پوست (E) و احساس ناراحتی گرمایی (F) در سه حالت پوشش

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

میانگین رطوبت نسبی داخل لباس در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۱۳/۸۹ ± ۶۴/۴۰، ۱۷/۲۴ ± ۷۰/۴۴ و ۱۸/۱۸ ± ۷۶/۲۶ درصد بود. میانگین رطوبت نسبی داخل لباس نیز در حالت پوشش گان و جلیقه بیشتر از حالت شاهد (P = ۰/۰۰۳) و معنی‌دار گزارش شد (شکل ۲).

احساس خیسی پوست و احساس گرمایی و ناراحتی گرمایی: میانگین نمره احساس خیسی پوست در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۱/۱۲ ± ۱/۲۲، ۱/۴۵ ± ۰/۲۹- و ۱/۳۹ ± ۱/۰۳- بود (شکل ۲). میانگین احساس گرمایی در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۰/۵۳ ± ۰/۱۷، ۰/۵۴ ± ۰/۸۱ و ۰/۴۹ ± ۰/۴۲- گزارش گردید. میانگین ناراحتی گرمایی نیز در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۰/۵۱ ± ۱/۴۴، ۰/۵۵ ± ۱/۸۱ و ۰/۴۰ ± ۱/۳۷ به دست آمد (جدول ۱). میانگین‌های هر سه متغیر احساس خیسی پوست، احساس گرمایی و ناراحتی گرمایی در گروه پوشش گان نسبت به گروه‌های شاهد و پوشش گان/ جلیقه بیشتر و معنی‌دار (P < ۰/۰۵۰) (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۳. تغییرات شاخص‌های میزان توجه (A) و زمان واکنش (B) در سه حالت پوشش

دمای پوست: میانگین دمای پوست در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۰/۶۵ ± ۳۲/۳۱، ۰/۸۳ ± ۳۲/۷۲ و ۰/۷۶ ± ۳۲/۳۷ درجه سانتی‌گراد به دست آمد (جدول ۱). میانگین دمای پوست در گروه پوشش گان بیشتر از گروه‌های شاهد (P = ۰/۰۳۲) و پوشش گان/ جلیقه (P = ۰/۰۲۹) گزارش گردید. بر این اساس، میانگین دمای پوست در گروه پوشش گان نسبت به گروه‌های شاهد و پوشش گان و جلیقه معنی‌دار بود (شکل ۲).

ضربان قلب: میانگین ضربان قلب در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۹/۲۴ ± ۱۰۰/۰۴، ۸/۹۳ ± ۱۰۰/۳۳ و ۹/۰۱ ± ۹۹/۲۸ تعداد در دقیقه بود و میانگین این متغیر در سه حالت دو به دو به معنی‌دار نبود (جدول ۱).

شاخص استرین فیزیولوژیک: میانگین شاخص استرین فیزیولوژیک (نمره) در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۰/۴۳ ± ۰/۴۴، ۰/۴۳ ± ۰/۴۶ و ۰/۴۵ ± ۰/۴۰ به دست آمد و میانگین این متغیر در سه حالت دو به دو به معنی‌دار نبود (جدول ۱).

شاخص‌های شناختی

میزان توجه: میانگین میزان توجه (درصد) در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۰/۵۴ ± ۹۹/۶۲، ۰/۵۲ ± ۹۹/۵۰ و ۰/۳۲ ± ۹۹/۷۹ درصد بود. میانگین میزان توجه در گروه پوشش گان/ جلیقه بیشتر از گروه پوشش گان (P = ۰/۰۴۸) بود. تفاوت معنی‌داری بین گروه پوشش گان/ جلیقه با پوشش گان وجود داشت (شکل ۳).

زمان واکنش: میانگین زمان واکنش (میلی‌ثانیه) در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۵۹/۱۳ ± ۴۴۱/۰۶، ۶۵/۴۹ ± ۴۴۹/۹۴ و ۶۸/۱۶ ± ۴۲۸/۱۹ میلی‌ثانیه به دست آمد. میانگین این متغیر در گروه پوشش گان بیشتر از گروه پوشش گان/ جلیقه (P = ۰/۰۴۴) بود. همچنین، تفاوت معنی‌داری در میانگین زمان واکنش در گروه پوشش گان با حالت پوشش گان/ جلیقه مشاهده گردید (شکل ۳).

خستگی ذهنی: میانگین خستگی ذهنی (نمره) در گروه‌های شاهد، پوشش گان و پوشش گان/ جلیقه خنک‌کننده به ترتیب ۳/۶۰ ± ۴۰/۱۳، ۴/۶۷ ± ۴۱/۰۵ و ۳/۸۰ ± ۴۲/۰۸ گزارش گردید (جدول ۱). میانگین این متغیر در گروه پوشش گان/ جلیقه بیشتر از گروه شاهد (P = ۰/۰۰۶) به دست آمد. میانگین خستگی ذهنی در گروه پوشش گان/ جلیقه نسبت به گروه شاهد معنی‌دار بود (شکل ۳).

بحث

در پژوهش حاضر به اثربخشی جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی نمک سولفات سدیم پرداخته شد. یافته‌ها نشان داد که متغیرهای فیزیولوژیک شامل دمای داخل لباس، احساس خیسی پوست، احساس گرمایی، ناراحتی گرمایی و دمای پوست در حالت پوشش جلیقه خنک‌کننده نسبت به پوشش پایه و گان پایین‌تر بود. همچنین، متغیرهای شناختی شامل میزان توجه (درصد توجه) در حالت پوشش جلیقه خنک‌کننده نسبت به گان بالاتر و زمان واکنش در حالت پوشش جلیقه خنک‌کننده نسبت به گان پایین‌تر گزارش شد، اما رطوبت داخل لباس، ضربان قلب، شدت تعریق، شاخص استرین فیزیولوژیک و خستگی ذهنی

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

در حالت پوشش جلیقه خنک‌کننده کاهش نداشت. با توجه به یکسان بودن شرایط دمایی و شرایط آزمایش داخل اتاقک جوی، این یافته نشان دهنده اثربخشی این نوع جلیقه خنک‌کننده در مورد تعدادی از متغیرهای فیزیولوژیک و شناختی می‌باشد.

مطالعه Gao و همکاران با هدف اثربخشی جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی بر روی ۸ مرد هنگام انجام کار اداری انجام شد و نتایج نشان داد که دمای پوست در قسمت بالاتنه (در نواحی کتف، قفسه سینه، شکم و کمر) در زمان استفاده از جلیقه خنک‌کننده، کاهش دمایی بین ۲ تا ۳ درجه سانتی‌گراد داشت. همچنین، احساس گرمایی در قسمت بالاتنه و احساس گرمایی در کل بدن تحت تأثیر جلیقه خنک‌کننده قرار گرفت (۲۰) با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی داشت. نتایج پژوهش دیگری از Gao و همکاران که با هدف بررسی تفاوت و اثربخشی دو جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی با دماهای تغییر فاز ۲۴ و ۲۸ درجه سانتی‌گراد هنگام استفاده از لباس‌های محافظ آتش‌نشانی انجام گرفت، حاکی از آن بود که جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی ۲۴ درجه سانتی‌گراد، اثر خنک‌کنندگی بیشتری بر روی دمای پوست در قسمت بالاتنه افراد نسبت به جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی ۲۸ درجه سانتی‌گراد داشت و به طور کلی، نتایج بیان‌کننده اثربخشی جلیقه‌های خنک‌کننده بر میانگین دمای پوست و به دنبال آن، دمای داخل لباس بود (۲۱). از نتایج مطالعه Gao و همکاران، اثر بهبودی جلیقه خنک‌کننده بر روی متغیرهای دمای پوست و دمای داخل لباس را می‌توان مشاهده نمود (۲۱).

تحقیق Hu و همکاران به منظور تعیین اثربخشی جلیقه خنک‌کننده بر احساس ناراحتی گرمایی در ناحیه سر و صورت بر روی ۱۰ مرد و ۱۴ زن کارکنان درمان در دو حالت با پوشش وسایل حفاظت فردی و حالت پوشش وسایل حفاظت فردی همراه با جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی با دمای تغییر فاز ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در پژوهش آنان، نمره احساس گرمایی به نمره خنثی نزدیک بود و دمای پوست نیز در هنگام پوشش جلیقه خنک‌کننده کاهش یافت که نشان دهنده اثربخشی جلیقه بر روی احساس گرمایی، ناراحتی گرمایی و دمای پوست افراد بود (۲۲) که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌راستا می‌باشد. نتایج تحقیق Song و همکاران که با هدف بررسی پوشش خنک‌کننده هیبریدی بر روی کارکنان اداری انجام گردید، نشان داد که احساس گرمایی کل بدن، احساس خیسی پوست و راحتی گرمایی در حالت استفاده از پوشش خنک‌کننده، اثر بهبودی نسبت به حالت شاهد دارد که نشان دهنده اثربخشی پوشش‌های خنک‌کننده بر روی شاخص‌های ادراکی می‌باشد (۲۳).

در پژوهش حاضر، شاخص شدت تعریق و رطوبت نسبی داخل لباس در هنگام پوشیدن جلیقه خنک‌کننده کاهشی نداشت که شاید به علت ایجاد لایه اضافی و وزن جلیقه‌های خنک‌کننده باشد که با ایجاد لایه عایق حرارتی اضافه بین پوست با محیط اطراف، بر روی میزان شدت تبخیر عرق اثر کاهشی نداشت؛ البته نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که جلیقه خنک‌کننده ایس‌ژل، بر میزان تعریق تأثیرگذار می‌باشد (۲۵، ۲۴) که این تفاوت در اثرگذاری می‌تواند به دلیل توان خنک‌کنندگی متفاوت جلیقه‌های خنک‌کننده ایس‌ژل با جلیقه‌های خنک‌کننده تغییر فازی سولفات سدیم ده آبه باشد. نتایج تحقیق یوسفی و همکاران که با هدف بررسی اثربخشی جلیقه خنک‌کننده تغییر فازی نمک سدیم سولفات ده آبه در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب با پوشش‌های لباس‌های ضخیم و ایزوله انجام گرفت، نشان داد که جلیقه در طول مدت زمان سه ساعت آزمایش که ۳۰ دقیقه تست بر روی تردمیل با جلیقه بود، بر میانگین ضربان قلب و فشار خون تأثیری نداشت، اما احساس حرارتی افراد را تحت تأثیر قرار داده بود (۱۱). تاکنون پژوهش‌های مختلفی راجع به اثربخشی جلیقه‌های خنک‌کننده تغییر فازی انجام شده است که از جمله موارد تأثیرگذار بر روی اثربخشی و مدت زمان اثربخشی این نوع جلیقه‌ها، می‌توان به گرمای نهان ذوب، جرم مواد تغییر فازی و گرادیان دمایی اشاره کرد (۲۶).

در بررسی عملکرد جلیقه‌های خنک‌کننده، شاخص‌های ضربان قلب و استرین فیزیولوژیک در مطالعات مختلفی مورد توجه قرار گرفته‌اند. د Jaipurkar و همکاران در تحقیق خود بر روی کارگران مشغول به کار در یک موتورخانه دارای شرایط جوی گرم و مرطوب، به این نتیجه دست یافتند که ضربان قلب و شاخص استرین فیزیولوژیک هنگام پوشش جلیقه خنک‌کننده کاهش محسوسی داشت. همچنین، شاخص‌های شناختی مانند زمان واکنش، سطح هوشیاری، توجه کارگران و سطح اضطراب عملکرد مؤثرتری را هنگام پوشش جلیقه خنک‌کننده نشان داد (۲۷). در صورتی که در پژوهش حاضر تغییر محسوسی در دو شاخص استرین فیزیولوژیک و ضربان قلب مشاهده نشد. به نظر می‌رسد با توجه به زمان ماند جلیقه خنک‌کننده در مطالعه مذکور که ۴ ساعت بود (۲۷)، این دو شاخص با افزایش زمان دچار تغییر می‌شوند. از طرف دیگر، در مورد اثربخشی جلیقه خنک‌کننده بر شاخص‌های شناختی، نتایج مطالعه Jaipurkar و همکاران (۲۷) با یافته‌های بررسی حاضر همسو بود؛ به طوری که زمان واکنش افراد به محرک‌ها هنگام استفاده از جلیقه خنک‌کننده کاهش و میزان توجه افزایش یافت و با نتایج تحقیق Tokizawa و همکاران مبنی بر تأثیر جلیقه‌های خنک‌کننده بر میزان واکنش افراد (۲۸) هم‌راستا بود.

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به مشکل متقاعد کردن نمونه‌ها جهت شرکت در آزمون‌ها اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

جلیقه خنک‌کننده حاوی مواد تغییر فازی سدیم سولفات هیدراته، متغیرهای احساس گرمایی، دمای داخل لباس، احساس خیسی پوست، ناراحتی گرمایی، دمای پوست، میزان توجه و زمان واکنش را کاهش داد و پیشنهاد می شود از آن برای کاهش استرین گرمایی افراد در هنگام پوشیدن گان ایزوله در محیط‌های بیمارستانی و آزمایشگاهی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۳۴۰۰۸۹۶ و کد اخلاق IR.MUI.RESEARCH.REC.1400.496، مصوب معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از معاونت مذکور و دانشجویانی که در انجام این تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

References

1. Xiang J, Bi P, Pisaniello D, Hansen A. Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review. Industrial health. 2014; 52(2): 91-101.
2. Bongers CC, de Korte JQ, Zwartkruis M, Levels K, Kingma BR, Eijsvogels TM. Heat Strain and Use of Heat Mitigation Strategies among COVID-19 Healthcare Workers Wearing Personal Protective Equipment—A Retrospective Study. International journal of environmental research and public health. 2022; 19(3): 1905.
3. Dehghan H, Maghsoudi K. The Impact of Two Types of Cooling Vests on Physiological Heat Strain Responses When Wearing Acid-Resistant Protective Clothing in Climatic Chamber. Journal of Health System Research. 2018; 14(2): 258-64.
4. Holmér I. Protective clothing and heat stress. Ergonomics. 1995; 38(1): 166-8.۲
5. Soleimani N, Habibi P, Dehghan H, Dehghan H. Effect of Air Blowing inside Isolated Hospital Clothing on Perceptual and Physiological Heat Strain in Laboratory Conditions. 2022.
6. Quinn T, Kim J-H, Strauch A, Wu T, Powell J, Roberge R, et al. Physiological evaluation of cooling devices in conjunction with personal protective ensembles recommended for use in West Africa. Disaster medicine and public health preparedness. 2017; 11(5): 573-9.
7. Zalba B, Marın JM, Cabeza LF, Mehling H. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. Applied thermal engineering. 2003; 23(3): 251-83.
8. Hou P, Mao J, Chen F, Li Y, Dong X. Preparation and thermal performance enhancement of low temperature eutectic composite phase change materials based on Na2SO4· 10H2O. Materials. 2018; 11(11): 2230.
9. Jiang Z, Tie S. Preparation and thermal properties of Glauber's salt-based phase-change materials for Qinghai–Tibet Plateau solar greenhouses. International Journal of Modern Physics B. 2017; 31(16-19): 1744085.
10. Bonell A, Nadjm B, Samateh T, Badjie J, Perry-Thomas R, Forrest K, et al. Impact of personal cooling on performance, comfort and heat strain of healthcare workers in ppe, a study from west africa. Frontiers in public health. 2021: 1294.
11. Yousefi S, Jamekhorshid A, Tahmasebi S, Sadrameli SM. Experimental and numerical performance evaluation of a cooling vest subtending phase change material under the extremely hot and humid environment. Thermal Science and Engineering Progress. 2021; 26: 101103.
12. 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. Iranian Journal of Ergonomics. 2015; 3(3): 1-11.
13. Chooi YC, Ding C, Magkos F. The epidemiology of obesity. Metabolism. 2019; 92: 6-10.
14. AC08013723 A. Ergonomics-Evaluation of thermal strain by physiological measurements: ISO; 2004.
15. Wang J, Wang Z, de Dear R, Luo M, Ghahramani A, Lin B. The uncertainty of subjective thermal comfort measurement. Energy and Buildings. 2018; 181: 38-49.
16. Zaki SA, Damiati SA, Rijal HB, Hagishima A, Abd Razak A. Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. Building and Environment. 2017; 122: 294-306.
17. Sartang AG, Dehghan H. Validation of Physiological Strain Index Based on Heart Rate in Experimental Hot Conditions. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. 2016; 3(2): 535-9.
18. Arghami S, Ghoreishi A, Kamali K, Farhadi M. Investigating the consistency of mental fatigue measurements by visual analog scale (VAS) and flicker fusion apparatus. Iranian Journal of Ergonomics. 2013; 1(1): 66-72.
19. Mohebian Z, Farhang Dehghan S, Dehghan H. Evaluation of the combined effects of heat and lighting on the level of attention and reaction time: climate chamber experiments in Iran. The Scientific World Journal. 2018; 2018.
20. 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): 523-30.
21. Gao C, Kuklane K, Holmér I. Cooling vests with phase change materials: the effects of melting temperature on heat strain alleviation in an extremely hot environment. European journal of applied physiology. 2011; 111: 1207-16.
22. Hu C, Wang Z, Bo R, Li C, Meng X. Effect of the cooling clothing integrating with phase change material on the thermal comfort of healthcare workers with personal protective equipment during the COVID-19. Case Studies in Thermal Engineering. 2023; 42: 102725.
23. Song W, Wang F, Wei F. Hybrid cooling clothing to improve thermal comfort of office workers in a hot indoor environment. Building and Environment. 2016; 100: 92-101.
24. Zhao M, Gao C, Wang F, Kuklane K, Holmer I, Li J. The torso cooling of vests incorporated with phase change materials: a sweat evaporation perspective. Textile Research Journal. 2013; 83(4): 418-25.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]

25. Smolander J, Kuklane K, Gavhed D, Nilsson H, Holmér 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): 111-7.
26. Gao C, Kuklane K, Holmér I. Cooling vests with phase change material packs: the effects of temperature gradient, mass and covering area. Ergonomics. 2010; 53(5): 716-23.
27. Jaipurkar R, Mohapatra S, Banerjee C, Bobde S, Karade S. Changes in the psychophysiological and cognitive parameters of the sailors wearing cooling vest while working in high ambient temperature condition of the engine room onboard a naval ship: An experimental study. Journal of Marine Medical Society. 2021; 23(2): 183-90.
28. Tokizawa K, Son SY, Oka T, Yasuda A. Effectiveness of a field-type liquid cooling vest for reducing heat strain while wearing protective clothing. Industrial health. 2020; 58(1): 63-71.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1629]