DOI: 10.22122/jhsr.v17i3.1423 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 17, No. 3, Autumn

Received: 05.03.2021 Accepted: 03.07.2021 Published: 07.10.2021

Investigating the Relationship between Heat Stress and Strain Indices with Human Productivity in Workers of a Steam Power Plant

Zohreh Mohebian[1], Habibollah Dehghan[2]

Original Article

Abstract

Background: Excessive work heat stress has profound effects on physiological responses that cause occupational injuries, losses, and reduced productivity. The aim of this study was to investigate the relationship between heat stress and strain indices with human productivity in workers of a steam power plant.

Methods: This descriptive cross-sectional study was performed on 104 workers of a steam power plant in summer season. Two indices of Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) and Heat Strain Score Index (HSSI) were used to measure heat stress and strain, respectively. Human productivity was also measured using Hersey and Goldsmit 26-item scale. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) test and Pearson correlation coefficient.

Findings: According to ANOVA results, there was no significant difference in WBGT in three heights of head, waist, and ankle. The highest value of WBGT index was related to the 4th floor boiler unit (27.3 ± 5.6) and the lowest value was related to the administrative unit (16.9 ± 3.5). The maximum and minimum values of HSSI were obtained for the 3th floor boiler unit (27.2 ± 0.4) and workshop facilities (12.0 ± 3.0), respectively. The highest and lowest values of human productivity was related to the welding (97.0 ± 25.9) and boiler (28.5 ± 2.8) units, respectively. The results of ANOVA analysis showed that the values of WBGT, HSSI indices, and productivity subscales in different units were significantly different ($P < 0.05$). Pearson correlation coefficient analysis showed that there was a significant inverse relationship between productivity and its subscales with the amount of heat stress and strain ($P < 0.05$).

Conclusion: There is a negative relationship between productivity, heat stress, and strain. Therefore, to protect workers' health and productivity, precautionary measures should be taken, including an appropriate rest-work ratio, short working hours, fluid replacement, and engineering controls such as the use of efficient cooling methods such as air conditioning, fan, or cooling clothing.

Keywords: Heat stress; Wet bulb globe temperature; Efficiency; Power plants

Citation: Mohebian Z, Dehghan H. **Investigating the Relationship between Heat Stress and Strain Indices with Human Productivity in Workers of a Steam Power Plant.** J Health Syst Res 2021; 17(3): 174-81.

1- Department of Occupational Hygiene Engineering, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr AND PhD Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

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

Corresponding Author: Zohreh Mohebian; Department of Occupational Hygiene Engineering, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr AND PhD Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: zohreh.mohebian@gmail.com

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.

DOI: 10.22122/jhsr.v17i3.1423 Published by Vesnu Publications

بررسی ارتباط بین شاخص‌های استرس و استرین گرمایی با بهره‌وری نیروی انسانی در کارگران یک نیروگاه بخار

زهره محبیان[1]، حبیب‌اله دهقان[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: استرس گرمایی شغلی بیش از حد، اثرات عمیقی بر واکنش‌های فیزیولوژیک دارد که باعث صدمات شغلی، تلفات و افت بهره‌وری می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی ارتباط بین شاخص‌های استرس و استرین گرمایی با بهره‌وری نیروی انسانی در کارگران یک نیروگاه بخار بود.

روش‌ها: این مطالعه توصیفی- مقطعی، بر روی ۱۰۴ نفر از کارگران یک نیروگاه بخار در فصل تابستان انجام شد. به منظور اندازه‌گیری استرس و استرین گرمایی، به ترتیب از دو شاخص دمای تر گویسان (Wet Bulb Globe Temperature یا WBGT) و شاخص نمره استرین گرمایی (Heat Stress Score Index یا HSSI) استفاده گردید. میزان بهره‌وری نیروی انسانی هم به وسیله مقیاس ۲۶ سؤالی Hersey و Goldsmith اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون ANOVA و ضریب همبستگی Pearson مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج آزمون ANOVA، تفاوت معنی‌داری در WBGT در سه ارتفاع سر، کمر و قوزک پا وجود نداشت. بیشترین مقدار شاخص WBGT مربوط به واحد بویلر طبقه ۴ با میانگین ۵/۶ ± ۲۷/۳ و کمترین مقدار مربوط به واحد اداری با میانگین ۳/۵ ± ۱۶/۹ بود. بیشترین نمره شاخص HSSI به واحد بویلر طبقه ۳ با میانگین ۰/۴ ± ۲۷/۲ و کمینه آن به تأسیسات کارگاهی با میانگین ۳/۰ ± ۱۲/۰ اختصاص داشت. میزان بهره‌وری در واحد جوشکاری دارای بیشترین مقدار (۲۵/۹ ± ۹۷/۰) و در واحد بویلر دارای کمترین مقدار (۲/۸ ± ۲۸/۵) بود. مطابق با نتایج آزمون ANOVA، اختلاف معنی‌داری در مقادیر شاخص‌های WBGT، HSSI و خرده مقیاس‌های بهره‌وری در واحدهای مختلف مشاهده گردید ($P < ۰/۰۵$). تحلیل ضریب همبستگی Pearson نشان داد که بین بهره‌وری و خرده مقیاس‌های آن با مقدار استرس و استرین گرمایی ارتباط معکوس و معنی‌داری وجود داشت ($P < ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: بین بهره‌وری، استرس و استرین گرمایی رابطه منفی وجود دارد. بنابراین، برای محافظت از سلامت و بهره‌وری کارگران، اقدامات پیشگیرانه‌ای شامل نسبت مناسب استراحت- کار، ساعت کاری کم، جایگزینی مایعات و کنترل‌های مهندسی مانند استفاده از روش‌های خنک‌کننده کارامد مانند تهویه مطبوع، فن یا پوشیدن لباس خنک‌کننده باید لحاظ شود.

واژه‌های کلیدی: استرس گرمایی؛ شاخص دمای تر گویسان؛ بهره‌وری؛ نیروگاه بخار

ارجاع: محبیان زهره، دهقان حبیب‌اله. **بررسی ارتباط بین شاخص‌های استرس و استرین گرمایی با بهره‌وری نیروی انسانی در کارگران یک نیروگاه بخار.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۰؛ ۱۷ (۳): ۱۸۱-۱۷۴

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۵ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۴/۱۲ تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۷/۱۵

مقدمه

استرس گرمایی یک مشکل در محیط‌های گرم است. فعالیت در محیط‌های خیلی گرم می‌تواند مکانیسم‌های حفاظتی بدن در برابر گرما را مختل کند. استرس گرمایی از عدم تعادل بین خواسته‌های شغلی و محیطی تحمیل شده بر کارگر و ظرفیت وی برای دفع گرما به وسیله لباس، حاصل می‌گردد (۱). استرس گرمایی که بر بدن انسان از سوی محیط های گرم تحمیل می‌شود، باعث ایجاد استرین‌های گرمایی بر بدن می‌شود که ممکن است باعث واکنش‌های فیزیولوژیک همچون افزایش دمای پوست و تولید عرق و افزایش میزان ضربان قلب و افزایش دمای عمقی شود (۲). استرین گرمایی شغلی تأثیر عمده‌ای بر توانایی کارگران برای داشتن زندگی سالم و بهره‌وری مطلوب دارد. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰، سالیانه نزدیک به ۱ میلیون نفر به دلیل تلفات ناشی از گرمازدگی و ۷۰ میلیون نفر نیز به دلیل کاهش بهره‌وری شغلشان را از دست بدهند (۴، ۳).

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی ایرانشهر، ایرانشهر و دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده مسؤول: زهره محبیان؛ کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی ایرانشهر، ایرانشهر و دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: zohreh.mohebian@gmail.com

حدود یک سوم جمعیت جهان در معرض شرایط آب و هوایی قرار دارند که گرمای آن بیش از ظرفیت سیستم تنظیم حرارت انسانی است و منجر به افزایش عمده‌ای در مرگ و میر می‌شود (۷-۵). حتی اگر قرار بود فعالیت‌های سنگین کاهش یابد، تخمین‌ها حاکی از آن است که نیمی از جمعیت جهان تا سال ۲۱۰۰ در معرض افزایش عمده مرگ و میر قرار خواهند گرفت و مطالعات نشان می‌دهد که استرین گرمایی ناشی از شغل، با اثرات منفی روی بهره وری، افزایش فقر و نابرابری اقتصادی- اجتماعی، سلامتی کارگران را به طور مستقیم تهدید می‌کند (۱۱-۸). اغلب مشاغل از جمله کارگران، سربازان نظامی و مسافران در معرض شدت‌های مختلفی از استرس‌های گرمایی محیط‌های داخلی و خارجی می‌باشند که راندمان کاری و بهره‌وری این افراد را به صورت منفی تحت تأثیر قرار می‌دهد و حتی ممکن است تهدیدی برای سلامتی این افراد محسوب شود (۱۲). ظرفیت کاری و بهره‌وری و همچنین، وضعیت سلامتی انسان به واسطه مواجهه با گرمای بیش از حد محیطی مختل می‌شود (۱۰).

توجه به بهره‌وری نیروی انسانی و بهبود شرایط، منجر به افزایش اثربخشی و کارایی در سازمان می‌شود و ضایعات، حوادث و نارضایتی در نیروی انسانی را کاهش می‌دهد. بنابراین، برای تقویت بهره‌وری در نیروی انسانی، ابتدا باید عوامل تسهیل‌کننده و بازدارنده در افزایش کارایی را شناخت و سپس در جهت تقویت عوامل تسهیل‌کننده و کاهش عوامل بازدارنده اقدام کرد (۲۵). بهره‌وری نیروی انسانی تابع مواردی مانند عوامل فردی، سازمانی، اجتماعی و محیطی، شرایط دمایی محیط کار، سر و صدا، شدت روشنایی و... است (۲۶). همیشه اولین گام به منظور افزایش بهره‌وری نیروی انسانی، باید اعمال مداخلات برای ایجاد محیط کار سالم باشد. تفاوت‌های فردی زیادی در رابطه با تحمل شرایط محیطی و گرمای بالا و پایین حد بهینه وجود دارد. حتی اگر میانگین شاخص‌های محیطی معین برای عده‌ای از کارگران مناسب باشد، باز هم در بهره‌وری افرادی که تحمل کمتر دارند، کاهش چشمگیری اتفاق می‌افتد. تغییرات محیطی که موجب بهبود سازگاری گرمایی می‌شود، این مشکل را برطرف خواهدکرد (۲۷).

خطرات سلامتی و کاهش بهره‌وری نیروی انسانی، با افزایش گرمای محل کار مرتبط است (۱۰). تحقیقاتی در گذشته در این زمینه در مورد کارگران معدن در دهه ۱۹۶۰ در آفریقای جنوبی (۱۳) و کارگران کارخانه تولید سیگار در دهه ۱۹۸۰ در هند (۱۴) انجام شده است. پژوهش‌های تجربی انجام شده در اتاقک تنش‌های حرارتی، محدودیت‌های تحمل گرما را در میزان مختلف فعالیت بدنی نشان داده‌اند (۱۶، ۱۵). با این حال، اثرات گرما بر روی افراد شاغل در حال انجام کارهای معمولی روزانه گزارش نشده است. بیشتر مطالعات گذشته، تأثیرات منفی شرایط محیط داخلی و همچنین، محیط کار را بر روی عملکرد و بهره‌وری نیروی انسانی گزارش کرده‌اند (۲۹، ۲۸، ۹) که بیشتر به تأثیر آسایش حرارتی بر روی بهره‌وری نیروی انسانی پرداخته و بیشتر در واحدهای اداری انجام گرفته‌اند. بنابراین، تحقیقات زیادی در زمینه بررسی ارتباط شرایط دمایی با بهره‌وری نیروی انسانی به ویژه تأثیر تنش گرمایی در دسترس نمی‌باشد.

شرایط دمایی محیط در مناطق جنوبی و مرکزی ایران، مهم‌ترین عامل زیان‌آور محیط کار محسوب می‌شود؛ چرا که که بیش از ۶ ماه از سال شرایط اقلیمی این نواحی دارای هوای گرم و خشک در مرکز و گرم و مرطوب در مناطق جنوبی می‌باشد (۱۷). علاوه بر این، به دلیل ماهیت گرمازا بودن صنایع این مناطق (نیروگاه بخار، پتروشیمی و صنایع کشتی‌سازی)، شرایط گرم به صورت عمده در این مکان‌ها وجود دارد و می‌تواند بهره‌وری را تحت تأثیر خود قرار دهد. همچنین، ماهیت مشاغل ایران از لحاظ برخی موارد تأثیرگذار بر بهره‌وری مانند امنیت شغلی، نحوه مدیریت، قوانین کار، میزان حقوق دریافتی و نحوه دریافت آن، شرایط اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی با سایر کشورها تفاوت دارد. بنابراین، این سؤال مطرح می‌شود که آیا شرایط دمای محیطی می‌تواند ارتباطی با میزان بهره‌وری داشته باشد و اگر این ارتباط هست، میزان آن چقدر است؟ تا بتوان بر اساس آن، تغییرات شرایط دمای محیطی را در جهت افزایش بهره‌وری و کارایی نیروی انسانی بهبود بخشید. شواهد کمی از رابطه دو طرفه استرس و استرین گرمایی محیط کار با بهره‌وری کارگران نیروگاه بخار در دسترس است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط بین استرس و استرین گرمایی با میزان بهره‌وری نیروی انسانی در کارکنان نیروگاه سیکل ترکیبی انجام شد.

روش‌ها

این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۹۶ بر روی ۱۰۴ نفر از کارگران نیروگاه بخار (۷۰ نفر کارکنان تعمیرات و نگهداری و ۳۴ نفر کارکنان اتاق‌های فرمان) شهرستان ایرانشهر به روش غیر احتمالی سرشماری انجام شد. انواع تعمیرات و نگهداری که در این نیروگاه انجام می‌شود شامل مکانیک (تعمیرات توربین، تأسیسات کمکی، شیمی، کارگاه‌های تراشکاری، عایق‌کاری، جوشکاری و گیربوکس)، الکتریک (تعمیرات فشار قوی و فشار ضعیف) و ابزار دقیق و کنترل می‌باشد. معیارهای ورود به تحقیق شامل داشتن حداقل یک سال سابقه کار، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی، اسکلتی- عضلانی و دیابت بود. عدم تمایل فرد به همکاری یا تکمیل ناقص پرسش‌نامه بهره‌وری نیز به عنوان معیار خروج در نظر گرفته شد.

جهت اندازه‌گیری میزان گرمای ایستگاه‌های کاری، از دستگاه شاخص دمای تر گویسان (Wet Bulb Globe Temperature یا WBGT) (مدل PCE، آلمان) مطابق پروتکل‌های توصیه شده توسط استاندارد ISO-7243 در یک محیط سربسته استفاده گردید. اندازه‌گیری‌ها در گرم‌ترین زمان روز یعنی بازه زمانی ۱۰ صبح تا ۱۴:۳۰ ظهر انجام شد. در ایستگاه‌هایی که اختلاف مقدار WBGT اندازه‌گیری شده در ارتفاعات معادل قوزک پا (۰/۱ متر)، کمر (۱/۱ متر) و سر (۱/۷ متر) بیشتر از۵ درصد بود، مقدار این شاخص در سه ارتفاع معادل قوزک پا، کمر و سر اندازه‌گیری و سپس میانگین آن از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$WBGTi = (WBGTLeg + 2\ WBGT\ Waste + WBGT\ Head)/4 \quad \text{رابطه ۱}$$

در ایستگاه‌هایی که اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده WBGT در سه ناحیه قوزک پا، کمر و سر کمتر از ۵ درصد بود، اندازه‌گیری فقط در ناحیه کمر انجام گرفت (۱۰).

به منظور ارزیابی سطح استرین گرمایی، از شاخص نمره استرین گرمایی (Heat Stress Score Index یا HSSI) استفاده شد. این شاخص بر اساس قضاوت ذهنی افراد در مواجهه با گرما و مشاهده عوامل مؤثر توسط دهقان و همکاران ارایه شده است و شامل ۱۷ سؤال همچون دمای هوا، رطوبت هوا، حرکت هوا، شدت تعریق، شدت خستگی، شدت تشنگی، شدت ناراحتی، علایم بالینی، دمای سطوح، وضعیت تهویه، نوع لباس کار، رنگ لباس کار، جنس لباس

کار، نوع وسایل حفاظت فردی، شدت فعالیت جسمانی و پوسچر بدن می‌باشد و میزان پایایی این شاخص، ۰/۹۲ گزارش گردید. میزان ضریب Cronbach's alpha برای پرسش‌نامه HSSI توسط دهقان و همکاران، ۰/۹۰ گزارش شده است (۱۸). در این شاخص، سطح استرین گرمایی تا ۱۳/۵ بیانگر عدم وجود استرین گرمایی برای فرد (سطح اول ریسک استرین گرمایی یا منطقه سبز)، نمره بین ۱۳/۶ تا ۱۸ عنوان می‌کند که فرد احتمالاً دارای استرین گرمایی و نیاز است که ارزیابی دقیق‌تری صورت پذیرد (سطح دوم ریسک استرین گرمایی یا منطقه زرد) و نمره بیشتر از ۱۸/۱ نشان دهنده آن است که فرد دارای استرین گرمایی می‌باشد و لازم است اقدامات کنترلی مناسب برای کاهش استرین انجام گیرد (سطح سوم ریسک استرین گرمایی یامنطقه قرمز) (۱۹).

جهت تعیین میزان بهره‌وری، از مقیاس ۲۶ سؤالی Hersey و Goldsmith استفاده شد. بر این اساس، متغیرهای مربوط به بهره‌وری افراد به صورت مدل ACHIEVE تعریف می‌شود و ۷ متغیر «توانایی، وضوح، کمک، انگیزه، ارزیابی، اعتبار و محیط» را مورد بررسی قرار می‌دهد. نمره‌گذاری این مقیاس بر اساس طیف پنج گزینه‌ای لیکرت می‌باشد. روایی و پایایی مقیاس میزان بهره‌وری توسط نصیری‌پور و همکاران با استفاده از ضریب Cronbach's alpha، ۰/۸۱ به دست آمد(۲۰). در نهایت، داده‌ها با استفاده از آمارهای توصیفی، آزمون ANOVA و ضریب همبستگی Pearson در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ (version 20, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین شاخص‌های استرس و استرین گرمایی با بهره‌وری نیروی انسانی کارگران نیروگاه بخار شهرستان ایرانشهر در فصل تابستان انجام شد. میانگین شاخص WBGT، شاخص HSSI و دمای خشک برای واحدهای مختلف در جدول ۱ ارایه شده است. بر اساس نتایج آزمون ANOVA، تفاوت معنی‌داری در WBGT در سه ارتفاع سر، کمر و قوزک پا مشاهده نشد. بیشترین مقدار شاخص WBGT مربوط به واحد بویلر طبقه ۴ با میانگین ۵/۶ ± ۲۷/۳ و کمترین مقدار آن مربوط به واحد اداری با میانگین ۳/۵ ± ۱۶/۹ بود. با توجه به مقادیر حد مجاز تعریف شده استرس گرمایی توسط سازمان American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) و نوع کار افراد در این مشاغل، برای هر یک از این واحدها مقادیر به دست آمده کمتر از حد مجاز به دست آمد؛ بدین معنی که فرد در شرایط اندازه‌گیری، فاقد استرس گرمایی بوده است.

بیشترین نمره HSSI مربوط به واحد بویلر طبقه ۳ با میانگین ۰/۴ ± ۲۷/۲ و کمینه آن مربوط به تأسیسات کارگاهی با میانگین ۳/۰ ± ۱۲/۰ بود. بر اساس مقادیر به دست آمده از HSSI، ۱۲/۳ درصد از افراد شاغل فاقد استرین گرمایی، ۱۲/۳ درصد احتمالاً دارای استرین گرمایی بودند و در سطح دوم ریسک استرین گرمایی یا منطقه زرد قرار گرفتند. همچنین، مشخص شد که ۵۷/۹ درصد افراد هم دارای استرین گرمایی و در سطح سوم ریسک استرین گرمایی یا منطقه قرمز قرار داشتند که لازم است اقدامات کنترلی مناسب به منظور کاهش استرین گرمایی در این واحدها صورت گیرد.

در بخش‌های مختلف، بیشینه زیرمقیاس توانایی مربوط به واحدهای شیمی و جوشکاری (۰/۹۷ ± ۱۱/۰۰) و کمینه آن مربوط به کارگران طبقه ۴ بویلر (۰/۰۵ ± ۳/۰۰) بود.

جدول ۱. میانگین شاخص Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)، دمای خشک و شاخص Heat Stress Score Index (HSSI) در واحدهای مختلف

نام واحد	WBGT	دمای خشک	شاخص HSSI
آشپزخانه	۰/۱ ± ۲۰/۲	۰/۷ ± ۲۵/٤	۱/٤ ± ۲٦/۷
اداری	۳/٥ ± ۱٦/۹	۰/۸ ± ۲٤/٥	٤/۹ ± ۱۳/۹
تراشکاری	۱/۲ ± ۱۷/۳	۱/۱ ± ۲۲/۳	۳/٥ ± ۲۳/۳
ابزار دقیق	۱/۲ ± ۱۷/۲	۱/۰ ± ۲۲/۳	٤/۸ ± ۱٤/۰
تأسیسات کارگاهی	۲/۱ ± ۱۸/٤	۲/٤ ± ۲۲/۲	۳/۰ ± ۱۲/۰
کارگاه گیربکس	۳/۲ ± ۱۸/۷	٤/۷ ± ۲٤/۸	۰/۸ ± ۲۳/۸
کارگاه عایق‌کاری	۲/۲ ± ۱۷/٥	۲/۸ ± ۲۲/۳	۰/۰۱ ± ۲۰/۳
ایمنی و آتش‌نشانی	۱/٦ ± ۱۹/٦	۱/۸ ± ۲٤/۲	۲/۹ ± ۲۳/۷
شیمی	۱/۳ ± ۲۰/۷	۱/٤ ± ۲٥/٦	٤/۹ ± ۱۳/۳
کمپرسورخانه	۰/۱ ± ۱۹/۰	۲/۲ ± ۲٥/۲	۱/۹ ± ۱۲/۹
بهره‌برداری	۱/۰ ± ۱۹/٥	۰/۹ ± ۲٥/٥	٥/٤ ± ۱۸/٤
سالن توربین	۰/۳ ± ۲۲/٦	۰/٤ ± ۲۹/۸	۳/۸ ± ۲۲/۸
جوشکاری	۰/۹ ± ۱۸/۷	۲/۲ ± ۲۳/۲	٥/٤ ± ۱۹/٦
تعمیرات الکتریک	۰/۷ ± ۱۸/۸	۰/۷ ± ۲٦/٤	۷/۳ ± ۱۷/۰
بویلر			
همکف	٦/۱ ± ۲٤/۱	٤/۲ ± ۲٦/۹	۳/٥ ± ۲۳/۳
طبقه ۱	۰/۸ ± ۲۱/۳	۰/٦ ± ۲۸/۱	۱/۳ ± ۲۷/۰
طبقه ۲	۰/۰۲ ± ۱۹/۷	۰/٦ ± ۲٦/۸	۳/۳ ± ۲٥/۳
طبقه ۳	٥/۸ ± ۲٥/۰	۱/٥ ± ۳۰/۰	۰/٤ ± ۲۷/۲
طبقه ٤	٥/٦ ± ۲۷/۳	۲/۷ ± ۲۹/۹	۲/۷ ± ۲٥/۲

WBGT: Wet Bulb Globe Temperature; HSSI: Heat Stress Score Index

داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

منظور از درک و شناخت، همان پذیرش نحوه کار، محل و چگونگی انجام کار است که این زیرمقیاس در واحد جوشکاری بیشترین مقدار (۲/۴ ± ۱۷/۰) و در واحد بویلر کمترین مقدار (۱/۱ ± ۴/۰) را به خود اختصاص داد. حمایت سازمانی شامل بودجه و تجهیزاتی است که برای کامل کردن تکلیف لازم است. بیشینه این زیرمقیاس مربوط به واحد جوشکاری (۴/۰ ± ۱۵/۳) و کمینه آن مربوط به واحد بویلر (۰/۰۱ ± ۴/۰۰) بود. انگیزش یا تمایل در مورد تکالیفی بیشتر است که دارای پاداش درونی یا بیرونی برای فرد باشد. این زیرمقیاس در واحد جوشکاری مقدار بیشینه (۴/۹ ± ۱۴/۷) و در واحد بویلر و تراشکاری مقدار کمینه (۰/۰۱ ± ۴/۰۰) را به خود اختصاص داد. ارزیابی، بازخورد روزانه عملکرد و بررسی‌های گاه به گاه است. اگر اشخاص از مشکلات عملکرد خویش آگاه نباشند، انتظار بهبود عملکرد، انتظاری غیر واقع‌گرایانه است. بیشینه این خرده مقیاس در واحد جوشکاری (۴/۵ ± ۱۵/۳) و کمترین آن در واحد بویلر (۱/۲ ± ۴/۰) گزارش شد.

جدول ۲. میانگین نمره بهره‌وری نیروی انسانی و زیرمقیاس‌های آن

نام واحد	توانایی	شناخت	حمایت سازمانی	انگیزش	بازخورد	اعتبار	سازگاری محیطی	بهره‌وری
آشپزخانه	۲/۲ ± ٤/٤	٥/۲ ± ۲/۷	۳/٥ ± ۷/۳	۲/۸ ± ٥/۷	۳/٤ ± ۸/۷	۳/٤ ± ۷/۸	۳/۳ ± ۲/٥	۳/۲ ± ٥/٥
اداری	۲/٦ ± ۹/۱	۱/٤ ± ۱۲/۰	٦/۹ ± ۱۱/۱	۲/٤ ± ۱۱/۱	۱/۱ ± ۱۳/۱	۱/٥ ± ۱۲/۱	۷/۲ ± ۹/۲	۹/٥ ± ۷۸/۳
تراشکاری	٥/۷ ± ۸/۱	۳/٥ ± ۷/۰	۷/۲ ± ۱/۰	۰/۰۱ ± ٤/۰	٥/٦ ± ۹/۰	٥/۷ ± ٦/۱	۰/۰۱ ± ۳/۰	٥/۹ ± ٤٥/۲
ابزار دقیق	٥/٥ ± ۸/۰	٦/۳ ± ۱۱/۲	٦/۳ ± ۱۰/۲	۱/٦ ± ۱۱/۱	٤/۰ ± ۱۰/۱	٥/۸ ± ۱۲/۲	٦/۸ ± ۹/۱	٥/۳ ± ۷۳/٦
تأسیسات کارگاهی	٤/۲ ± ۷/۲	۳/۸ ± ۱۰/۰	۸/۸ ± ۱۲/۲	۸/۲ ± ۹/۳	۳/۲ ± ۱۳/۰	٤/۸ ± ۱۲/۲	۲/۹ ± ۱۱/۰	۸/۳ ± ۷٤/۲
کارگاه گیربکس	۳/۲ ± ۷/۰	۳/۲ ± ۷/۰	۳/۹ ± ٦/۱	۷/۰ ± ٤/۱	۳/٤ ± ٥/۱	۱/۸ ± ٦/۰	۲/۳ ± ٥/۷	۱۳/٤ ± ٤۲/٦
کارگاه عایق‌کاری	۰/۰۱ ± ٦/۰	۱/۲ ± ۹/۰	۲/۲ ± ۱۱/۰	۱/۱ ± ۱۱/۰	۱/۱ ± ۱۲/۰	۰/٥ ± ۱٤/۰	۱/۲ ± ۱۰/۰	۰/۲ ± ۰/۷
ایمنی و آتش‌نشانی	۲/٤ ± ۹/۸	۱/۹ ± ۱٤/۰	۲/۹ ± ۱۳/۷	۱/۹ ± ۹/۸	۱/٤ ± ۱۳/۸	۳/۳ ± ۱٥/۷	٤/۰ ± ۹/۲	۱۳/۲ ± ۸٥/۳
شیمی	۰/۹۷ ± ۱۱/۰۰	۲/٤ ± ۱۳/٥	۲/۲ ± ۱۰/۸	۳/۲ ± ۱۰/۱	۳/٦ ± ۱۰/٥	۲/۹ ± ۱۱/۹	۳/۲ ± ۸/۸	۱۳/۰ ± ۷۷/۰
کمپرسورخانه	۰/۰۱ ± ۸/۰	۰/٥ ± ۱۰/۷	۰/٥ ± ۸/۷	۰/۰۱ ± ۸/۰	۰/۰۱ ± ۱۱/۰	۰/٥۱ ± ۹/۳	۰/۰۱ ± ۱۰/۰	۱/۰ ± ٦٥/۷
بهره‌برداری	٥/٤ ± ۹/۱	۲/٤ ± ۱۰/۱	٦/٦ ± ۸/۲	۳/٤ ± ۷/۲	۲/٥ ± ۹/٤	٦/۰ ± ۱۰/۲	٥/٦ ± ۸/۳	٦/٤ ± ٦٤/۸
سالن توربین	۳/۷ ± ۸/۳	۸/٤ ± ۱۰/٤	۸/۹ ± ۹/۱	٥/۱ ± ٦/۳	۸/۸ ± ۱۱/۳	۸/۷ ± ۹/٤	۳/۷ ± ۷/۲	۰/٥ ± ٦۳/۲۰
جوشکاری	۰/۱ ± ۳/۱۱	۰/٤ ±	۳/۰ ± ۱٥/٤	۷/۹ ± ۱٤/٤	۳/٥ ± ۱٥/٤	۰/۲ ± ۱۷/۳	۳/۱ ± ۱۱/۳	۰/۹ ± ۲٥/۹۷
تعمیرات الکتریک بویلر	۳/۷ ± ۹/۹	۹/٦ ± ۱۱/۳	۰/٦ ± ٤/۱۲	۸/۷ ± ۹/۳	۳/۰ ± ۱۲/۱	۳/۲ ± ۱۰/۸	۰/۳ ± ۱۰/۲	۰/۲ ± ۷۷/۱
همکف	۱/۷ ± ۸/٥	۰/٥ ± ۳/۷	۰/۲ ± ۱/۷	۰/۰۱ ± ٤/۰	۰/٦ ± ۹/٥	۱/۷ ± ٦/٥	۰/۰۱ ± ۳/۰	٥/۹ ± ٤٥/۲
طبقه ۱	۳/۹ ± ٦/۸	۳/۱ ± ۸/۹	۱/۱ ± ۷/٤	۲/۸ ± ٤/۷	٤/٤ ± ۸/٤	۳/۳ ± ۹/۱	۱/٥ ± ۸/۷	۹/۳ ± ٥٥/۱
طبقه ۲	۳/۲ ± ۹/۰	۳/۱ ± ۹/۰	۱/٥ ± ۱۱/۰	۱/٥ ± ۸/۰	۲/۱ ± ۹/۷	۱/۰ ± ۱۰/۳	۷/۳ ± ۹/۲	۳/۲ ± ٦۳/۹
طبقه ۳	٤/۰ ± ٦/٥	۲/۹ ± ٦/٥	۱/۲ ± ٥/۰	۰/۰۱ ± ٤/۰	۲/۳ ± ۹/۰	٦/٤ ± ۱۰/٥	۱/۰ ± ۸/۲	٥/۷ ± ٤۹/۱
طبقه ٤	۰/۰٥ ± ۳/۰	۰/۰۱ ± ٤/۰	۱/۱ ± ٤/۰	۱/۰ ± ٤/۰	۰/۰۱ ± ٤/۰	۱/۲ ± ٤/۰	٦/۰ ± ۳/۰	٥/۸ ± ۲۸/۲

داده‌ها بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

http://hsr.mui.ac.ir

اعتبار همان مناسب بودن و حقیقی بودن تصمیمات مدیر در مورد منابع انسانی است که واحد جوشکاری دارای بالاترین مقدار (۳/۲ ± ۱۷/۰) و واحد بویلر دارای کمترین مقدار (۱/۲ ± ۴/۰) این زیرمقیاس بودند. بیشینه مقدار خرده مقیاس سازگاری با محیط یا تناسب محیطی مربوط به واحد جوشکاری و تأسیسات کارگاهی (۳/۱ ± ۱۱/۳) و کمینه آن مربوط به واحدهای بویلر و تراشکاری (۰/۵۸ ± ۳/۰۰) بود. در نهایت، مشخص گردید که میزان بهره‌وری در واحد جوشکاری بیشترین مقدار (۲۵/۹ ± ۹۷/۰) و در واحد بویلر کمترین مقدار (۲/۸ ± ۲۸/۵) را داشت (جدول ۲).

نتایج به دست آمده از آزمون ANOVA نشان داد که مقادیر شاخص‌های WBGT، HSSI و زیرمقیاس‌های بهره‌وری در واحدهای مختلف اختلافشان معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵۰$).

نتایج تحلیل ضریب همبستگی Pearson بین HSSI، دمای خشک، بهره‌وری و زیرمقیاس‌های آن نشان داد که بین بهره‌وری و زیرمقیاس‌های آن با مقدار HSSI ارتباط معکوس و معنی‌داری وجود داشت ($P < ۰/۰۵۰$)؛ به این معنی که با افزایش میزان دمای خشک و استرس گرمای محیطی، مقدار بهره‌وری فرد کاهش یافت. همچنین، در تحلیل ضریب همبستگی Pearson مشخص گردید که بین نمره HSSI و بهره‌وری و زیرمقیاس‌های آن ارتباط معکوس و معنی‌داری وجود داشت؛ به این معنی که با افزایش ریسک مواجهه فرد با گرما، مقدار پاسخ‌های فیزیولوژیک ناشی از گرما که همان استرین گرمایی است، افزایش یافت و به همان میزان مقدار بهره‌وری و زیرمقیاس‌های آن کاهش پیدا کرد (جدول ۳).

بحث

شاخص‌های مختلف محیطی بر میزان بهره‌وری و رضایتمندی کارگران در محیط‌های کاری تأثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به استرس گرمایی اشاره نمود. با توجه به نتایج مطالعات پیشین، گرمای محیط می‌تواند اثرات منفی بر روی سلامتی و بهره‌وری کارگران محیط‌های شغلی مختلف بگذارد و از این‌رو، منجر به خسارات اقتصادی قابل توجهی شود. تحقیقات معدودی به بررسی ارتباط بین مواجهه با گرما و بهره‌وری در شرایط میدانی پرداخته‌اند.

اندازه‌گیری کمی تنش گرمایی در پژوهش حاضر نشان داد که کارگران نیروگاه بخار در معرض گرمایی قرار دارند که در محدوده مجاز سطح کار ایمن توصیه شده توسط ACGIH تجویز شده است، اما میزان استرین گرمایی آن‌ها بالاتر از حد مجاز بود که می‌تواند پیامدهای نامطلوبی بر سلامتی و بهره‌وری داشته باشد. افزایش استرین گرمایی به عنوان پیامد مواجهه با تنش گرمایی در کارگران مشاهده گردید. بر اساس نتایج آزمون ANOVA، ۹/۶ درصد تغییرات بهره‌وری تحت تأثیر شاخص WBGT قرار گرفته است. به عبارت دیگر، ۹۰/۴ درصد تغییرات آن تحت تأثیر شاخص‌های دیگر می‌باشد. همچنین، در محدوده دمایی ۱۸ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد، تغییرات بهره‌وری به میزان ۷/۷ درصد تحت تأثیر دمای خشک قرار دارد. به بیان دیگر، ۹۲/۳ درصد تغییرات آن متأثر از شاخص‌های دیگر است. علاوه بر این، ۲۰/۳ درصد از تغییرات بهره‌وری تحت تأثیر شاخص HSSI قرار گرفت و میزان ۷۹/۶ درصد تغییرات آن از شاخص‌های دیگر تأثیر می‌پذیرد.

واحدهای مختلف کاری بسته به مواجهه با گرما و شدت کار، میزان‌های مختلفی از بهره‌وری را نشان دادند. برآوردها نشان داد که بهره‌وری کارگران کاهش قابل توجهی را نشان داد که می‌تواند تأثیرات منفی بر موفقیت سازمان داشته باشد. از سوی دیگر، نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن بود که با افزایش دمای خشک، مقدار بهره‌وری فرد کاهش می‌یابد و افزایش دما بر خرده مقیاس‌های بهره‌وری نیز مؤثر است. همچنین، با افزایش ریسک مواجهه فرد با گرما، مقدار پاسخ‌های فیزیولوژیک ناشی از گرما که همان استرین گرمایی است، افزایش یافت و به همان میزان، مقدار بهره‌وری و زیرمقیاس‌های آن نیز کاهش پیدا کرد. از ۱۰۴ کارگر تحقیق حاضر، ۵۷/۹ درصد در سطح سوم ریسک استرین گرمایی یا منطقه قرمز قرار داشتند. کاملاً واضح است که استرس گرمایی به دلایل ایجاد ناتوانی جسمی و مختل نمودن شرایط فیزیولوژیکی طبیعی، باعث کاهش سرعت و ظرفیت انجام کار توسط کارگران می‌شود (۲۱) که با گزارش‌های کارگران در مورد ارتباط منفی گرما و بهره‌وری در بررسی حاضر، مطابقت داشت. بر اساس نتایج به دست آمده، در کارگرانی که در معرض منابع مستقیم گرما از جمله کارگران تعمیر و نگهداری واحد بویلر که در معرض گرمای تابشی ناشی از کوره هستند، نسبت به افرادی که در معرض حرارت غیر مستقیم قرار دارند، به طور قابل توجهی افت بهره‌وری بالاتری مشاهده شد. یافته‌های حاصل شده در خصوص کاهش بهره‌وری با افزایش میزان WBGT، به عنوان یک کار اساسی برای نشان دادن تأثیرات بالقوه شرایط جوی بر میزان بهره‌وری عمل می‌کند که با نتایج پژوهش‌های پیشین (۲۳، ۲۲، ۱۰) مطابقت داشت. نتایج مطالعه Sahu و همکاران، ارتباط منفی بین بهره‌وری و WBGT در برداشت برنج در هند را گزارش کرد (۱۰) که مواجهه با گرما به طور قابل توجهی بالاتر از تحقیق حاضر بود.

جدول ۳. نتایج تحلیل ضریب همبستگی Pearson بین بهره‌وری و زیرمقیاس‌های آن با شاخص‌های Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) و Heat Stress Score Index (HSSI)

		توانایی	شناخت	حمایت سازمانی	انگیزش	بازخورد	اعتبار	سازگاری محیطی	بهره‌وری
WBGT	ضریب همبستگی Pearson	−۰/۱۷۵	−۰/۲۲۷	−۰/۲۹۳	−۰/۳۵۵	−۰/۲۴۱	−۰/۲۴۸	−۰/۲۴۹	−۰/۳۱۰
	مقدار P	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
HSSI	ضریب همبستگی Pearson	−۰/۲۹۶	−۰/۳۲۷	−۰/۳۳۹	−۰/۵۳۱	−۰/۳۵۶	−۰/۳۰۷	−۰/۳۶۴	−۰/۴۵۱
	مقدار P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دمای خشک	ضریب همبستگی Pearson	−۰/۱۳۰	−۰/۱۹۴	−۰/۲۷۵	−۰/۳۷۲	−۰/۲۲۳	−۰/۲۵۱	−۰/۱۶۶	−۰/۲۷۸
	مقدار P	۰/۶۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۶۰	۰/۰۰۱

WBGT: Wet Bulb Globe Temperature; HSSI: Heat Stress Score Index

تفاوت در سازگاری و عوامل فرهنگی و اجتماعی- اقتصادی مانند روش‌های رفع کم‌آبی بدن و دسترسی به تغذیه خوب و آب تمیز نیز ممکن است بر بهره‌وری تأثیر بگذارد و به تفاوت در یافته‌های بین جمعیت بررسی حاضر و سایر پژوهش‌ها (۲۴، ۱۰) کمک کند. بهره‌وری پایین ممکن است زمانی اتفاق بیفتد که کارگران تجربه کمتر و مدت زمان شیفت طولانی‌تری داشته باشند. ساعات کاری طولانی‌تر برای انجام وظایف دشوار، ممکن است کارایی را کاهش دهد. پیش‌بینی تأثیر تغییرات شرایط جوی بر بهره‌وری در شرایط متفاوت اجتماعی- اقتصادی آینده چالش‌برانگیز است.

Krishnamurthy و همکاران به این نتیجه دست یافتند که مواجهه با گرما و بار کاری سنگین، بر سلامتی کارگران تأثیر منفی می‌گذارد و ظرفیت‌های کاری آن‌ها را کاهش می‌دهد. گرمای زیاد و شرایط نامناسب کار و رفاهی در محل کار، به طور بالقوه بیشتر کارمندان را در معرض خطرات سلامتی استرس گرمایی قرار می‌دهد (۲۵). Meade و همکاران در مطالعه‌ای که در کارگران تأسیسات برق انجام دادند، سطح بالایی از استرین گرمایی و قلبی- عروقی را در کارگران هنگام مواجهه با گرما گزارش نمودند (۲۶) که با یافته‌های بررسی حاضر همسو بود.

Quiller و همکاران در تحقیق خود گزارش نمودند که با افزایش WBGT، روند کاهش بهره‌وری مشاهده گردید، اما این ارتباط از نظر آماری معنی‌دار نبود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در نظر نگرفتن عوامل فردی، شغلی و اقتصادی مؤثر بر استراحت و بهبودی در پیش‌بینی تأثیرات تغییرات آب و هوایی، می‌تواند منجر به تخمین بیش از حد در کاهش بهره‌وری در آینده و دست کم گرفتن خطر بیماری ناشی از گرما شود (۹). نتایج پژوهش مروری Flouris و همکاران نشان داد که کار در شرایط گرم (WBGT بیشتر از ۲۲ درجه سانتی‌گراد برای کارهای بسیار شدید) (WBGT بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای اغلب مشاغل)، احتمال تجربه استرین گرمایی شغلی را با اثرات مضر قابل توجه آن بر سلامتی و بهره‌وری افزایش می‌دهد (۲۷) که این یافته با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که ۳۰ درصد از افرادی که در شرایط تنش گرمایی کار می‌کنند، کاهش بهره‌وری داشتند. این کاهش به میزان ۲/۶ درصد به ازای هر درجه افزایش WBGT، بیش از ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود (۲۷). نتایج تحقیق Lam و همکاران نشان داد که گرما باعث کاهش میزان بهره‌وری می‌شود و به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش WBGT، زمان و بازدهی انجام کار به میزان ۳۳ درصد کاهش می‌یابد (۲۴) که با یافته‌های بررسی حاضر هم‌راستا می‌باشد. Langkulsen و همکاران به انجام پژوهشی، افت بهره وری را در میان کارگران مواجهه یافته با گرما به میزان ۱۰ تا ۶۰ درصد گزارش نمودند (۲۸).

بهره‌وری نیروی انسانی، هسته اصلی رشد اقتصادی یک صنعت محسوب می‌شود. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، استرس و استرین گرمایی ممکن است باعث کاهش بهره‌وری کارگران شود. اگرچه بیشتر کارگران خود را با مواجهه با گرما سازگار می‌کنند و برای یافتن امداد اقدام کرده‌اند، سازمان باید گرما را به همراه سایر آلاینده‌های صنعتی که سلامت کارگران و همچنین، مردم را تهدید می‌کند، به عنوان یک خطر بهداشتی در نظر گیرد. در صورت اختلال در سلامت کارگر، بهره‌وری و به دنبال آن ضررهای اقتصادی، بنیاد منابع انسانی صنعت را بی‌ثبات می‌کند که ممکن است تأثیرات سوئی بر خود شغل داشته باشد. صنایع باید سیاست‌ها و مداخلات پیشگیرانه را از طریق تأمین خدمات رفاهی و مکان‌های خنک‌تر برای کارگران به منظور کاهش مواجهه با گرما در پیش گیرند. پاسخ‌ها و محدودیت‌های فیزیولوژیک، سازگاری و تحمل بدن انسان به تغییرات دما، بستگی به مدت زمان و میزان مواجهه با گرما دارد که باید به عنوان یک مؤلفه اصلی در ایجاد کنترل‌هایی که ممکن است به کارگران در مدیریت مسأله تنش گرمایی کمک کند، در نظر گرفته شود (۲۵). نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که تأثیر گرمای زیاد بر سلامتی و بهره‌وری کارگران را می‌توان با استفاده از روش‌های خنک‌کننده کارامد مانند تهویه مطبوع، فن یا پوشیدن لباس خنک‌کننده کنترل نمود (۳۰، ۲۹). اگرچه خنک‌کننده‌های هوا به عنوان سازگارترین یا دایمی‌ترین راه‌حل برای مسأله گرما نیستند، اما همان‌طور که چند دهه پیش در معادن آفریقای جنوبی انجام شد، با کاهش میزان WBGT با استفاده از مداخلات خنک‌کننده مانند بهبود روش‌های تبرید (۳۱) و خنک‌کننده تهویه (۳۲) و استفاده از جلیقه‌های خنک‌کننده (۲۵)، در بهره‌وری کارگران پیشرفت حاصل شد.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین بهره‌وری، استرس و استرین گرمایی رابطه منفی وجود دارد که احتمال می‌رود این مسأله منجر به مشکلات سلامتی و افت بهره‌وری کارگران شود. افت بهره‌وری می‌تواند منجر به بروز خسارات اقتصادی قابل توجه و بروز اثرات منفی بر موفقیت سازمان شود. سلامتی کارگران شاغل در کشورهای گرمسیری در حال توسعه به دلیل کمبود مواد خنک‌کننده برای محافظت از آن‌ها، در معرض تهدید جدی خطرات ناشی از گرمای بیش از حد قرار دارد. برای محافظت از سلامت و بهره‌وری کارگران، اقدامات پیشگیرانه‌ای شامل نسبت مناسب استراحت- کار، ساعت کاری کم، جایگزینی مایعات و کنترل‌های مهندسی مانند استفاده از روش‌های خنک‌کننده کارامد مانند تهویه مطبوع، فن یا پوشیدن لباس خنک‌کننده باید در نظر گرفته شود. برای کاهش بیشتر خطرات سلامتی و خسارات اقتصادی، باید سیاست‌های محافظتی دقیق برای محافظت از سلامت کارگران اعلام شود.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۷-۹۶۱۳، مصوب دانشگاه علوم پزشکی ایرانشهر می‌باشد که با حمایت این دانشگاه انجام شد. بدین وسیله نویسندگان از همکاری صمیمانه نیروگاه بخار شهرستان ایرانشهر تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورند.

References

1. Goldman, RF. Standards for human exposure to heat. In: Mekjavic IB, Banister EW, Morrison JB, editors. Environmental ergonomics. London, UK: Taylor & Francis; 1988. p. 99-136.
2. Smith KR. The global burden of disease from unhealthy buildings: Preliminary results from comparative risk assessment. Healthy Buildings 2003; 1: 118-26.

3. Lundgren K, Kjellstrom T. Sustainability challenges from climate change and air conditioning use in Urban Areas. Sustainability 2013; 5(7): 3116-28.
4. Kjellstrom T, Lemke B, Otto M, Hyatt O, Briggs D, Freyberg C. Threats to occupational health, labor productivity and the economy from increasing heat during climate change: an emerging global health risk and a challenge to sustainable development and social equity. Mapua, Nelson, New Zealand: Health and Environment International Trust; 2014.
5. Mora C, Dousset B, Caldwell IR, Powell FE, Geronimo RC, Bielecki C, et al. Global risk of deadly heat. Nat Clim Chang 2017; 7(7): 501-6.
6. Borden KA, Cutter SL. Spatial patterns of natural hazards mortality in the United States. Int J Health Geogr 2008; 7: 64.
7. Luber G, McGeehin M. Climate change and extreme heat events. Am J Prev Med 2008; 35(5): 429-35.
8. Ioannou LG, Tsoutsoubi L, Samoutis G, Bogataj LK, Kenny GP, Nybo L, et al. Time-motion analysis as a novel approach for evaluating the impact of environmental heat exposure on labor loss in agriculture workers. Temperature (Austin) 2017; 4(3): 330-40.
9. Quiller G, Krenz J, Ebi K, Hess JJ, Fenske RA, Sampson PD, et al. Heat exposure and productivity in orchards: Implications for climate change research. Arch Environ Occup Health 2017; 72(6): 313-6.
10. Sahu S, Sett M, Kjellstrom T. Heat exposure, cardiovascular stress and work productivity in rice harvesters in India: Implications for a climate change future. Ind Health 2013; 51(4): 424-31.
11. Kenny GP, Groeller H, McGinn R, Flouris AD. Age, human performance, and physical employment standards. Appl Physiol Nutr Metab 2016; 41(6 Suppl 2): S92-S107.
12. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-98.
13. Wyndham C. Adaptation of Bushmen to heat and cold. The Leech 1969; 39: 46-9.
14. Nag A, Nag PK. Heat stress of women doing manipulative work. Am Ind Hyg Assoc J 1992; 53(12): 751-6.
15. Parsons K. Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance. 2nd ed. New York, NY: Taylor & Francis; 2003.
16. Zhao J, Zhu N, Lu S. Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance analysis. Build Environ 2009; 44(11): 2202-7.
17. 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: 5171582.
18. Dehghan H, Habibi E, khodarahmi B, Yousefi H, Hasanzadeh A. A survey of the relationship of heat strain scoring index and wet bulb globe temperature index with physiological strain index among men in hot work environments. J Health Syst Res 2012; 7(6): 1148-56. [In Persian].
19. Dehghan H, Mortazav SB, Jafari MJ, Meraci MR, Khavanin A, Jahangiri M. Construct validation of a heat strain score index with structural equation modeling. J Health Syst Res 2011; 6(4): 601-12. [In Persian].
20. Nasiripour AA, Raeisi P, Hedayati SP. The relationship between organizational cultures and employees productivity. J Health Adm 2009; 12(35): 17-24. [In Persian].
21. Kjellstrom T, Holmer I, Lemke B. Workplace heat stress, health and productivity - an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. Glob Health Action 2009; 2: 2047.
22. Lundgren K, Kuklane K, Gao C, Holmer I. Effects of heat stress on working populations when facing climate change. Ind Health 2013; 51(1): 3-15.
23. Zander KK, Botzen WJW, Oppermann E, Kjellstrom T, Garnett ST. Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia. Nat Clim Chang 2015; 5(7): 647-51.
24. Lam M, Krenz J, Palmandez P, Negrete M, Perla M, Murphy-Robinson H, et al. Identification of barriers to the prevention and treatment of heat-related illness in Latino farmworkers using activity-oriented, participatory rural appraisal focus group methods. BMC Public Health 2013; 13: 1004.
25. Krishnamurthy M, Ramalingam P, Perumal K, Kamalakannan LP, Chinnadurai J, Shanmugam R, et al. Occupational heat stress impacts on health and productivity in a steel industry in Southern India. Saf Health Work 2017; 8(1): 99-104.
26. Meade RD, D'Souza AW, Krishen L, Kenny GP. The physiological strain incurred during electrical utilities work over consecutive work shifts in hot environments: A case report. J Occup Environ Hyg 2017; 14(12): 986-94.
27. Flouris AD, Dinas PC, Ioannou LG, Nybo L, Havenith G, Kenny GP, et al. Workers' health and productivity under occupational heat strain: A systematic review and meta-analysis. Lancet Planet Health 2018; 2(12): e521-e531.

28. Langkulsen U, Vichit-Vadakan N, Taptagaporn S. Health impact of climate change on occupational health and productivity in Thailand. Glob Health Action 2010; 3: 5607.
29. Katsuura T, Tomioka K, Harada H, Iwanaga K, Kikuchi Y. Effects of cooling portions of the head on human thermoregulatory response. Appl Human Sci 1996; 15(2): 67-74.
30. Kaufman JW, FATKIN LT. Assessment of advanced personal cooling systems for use with chemical protective outer garments. Patuxent River, MD: Naval Air Warfare Center Aircraft Division; 2001.
31. Pielke RA, Adegoke J, Niyogi D, Kallos G, Seastedt TR, Hossain F. Climate vulnerability: Understanding and addressing threats to essential resources. Amsterdam, Netherlands; Academic Press; 2013.
32. Wyndham CH. A survey of the causal factors in heat stroke and of their prevention in the gold mining industry. J South Afr Inst Min Metall 1965; 66: 125-56.