DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 22, No. 2, Summer

Received: 30.10.2023 Accepted: 26.08.2024 Published: 06.07.2026

Investigating Physiological and Perceptual Indicators of Cold Stress among Stone-Cutting Workers in Isfahan City, Iran

Saeid Sabzehali[1], Ehsanollah Habibi[2], Habibolah Dehghan[3], Awat Feizi[4], Hossein Sabzehali[1]

Original Article

Abstract

Background: Cold exposure, especially during the winter months, presents significant hazards for workers, resulting in decreased performance, increased productivity loss, and a higher risk of occupational accidents. This study aims to assess the extent of cold stress among stone-cutting workers in Isfahan City, Iran.

Methods: Thirty workers with no prior history of illness were randomly selected for the study, and thermal conditions of their work environment were assessed by measuring indicators of thermal strain, including core and surface body temperatures, heart rate, systolic and diastolic blood pressure, and physiological responses before the commencement of work and two hours thereafter. Data analysis was performed using SPSS software.

Findings: The average wind chill index was 323.63 kcal/m²/h, the wind chill equivalent temperature was 20.3 °C, the minimum required clothing insulation was 0.93 clo, and the cold strain index was 2.15. Based on the results of the cold stress indices, it can be said that the workers were not significantly exposed to cold stress.

Conclusion: The findings suggest that at temperatures above 10 °C, with a wind chill index below 400 kcal/m²/h, the possibility of workers being exposed to cold stress is significantly low. Furthermore, the minimum required clothing insulation index proves to be a more reliable metric for assessing cold stress levels in stone-cutting workers.

Keywords: Wind chill index; Weather conditions; Stone cutting

Citation: Sabzehali S, Habibi E, Dehghan H, Feizi A, Sabzehali H. **Investigating Physiological and Perceptual Indicators of Cold Stress among Stone-Cutting Workers in Isfahan City, Iran.** J Health Syst Res 2026; 22(2): 357-63.

1- MSc Student, 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
3- Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Saeid Sabzehali; MSc Student, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: zsabzehalisaeid@yahoo.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.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]

DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679 Published by Vesnu Publications

ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک و ادراکی شرایط جوی کارگران سنگبری‌های شهرستان اصفهان

سعید سبزه‌علی[1]، احسان‌اله حبیبی[2]، حبیب‌اله دهقان[3]، آوات فیضی[4]، حسین سبزه‌علی[1]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: مواجهه با سرما به خصوص در فصل زمستان، خطر بزرگی برای شاغلان محسوب می‌شود که کاهش عملکرد و بهروری و افزایش وقوع حوادث شغلی، از جمله عوارض این عامل زیان‌آور محسوب می‌شود. هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی وضعیت تنش سرمایی در کارگران سنگبری‌های شهرستان اصفهان بود.

روش‌ها: پس از انتخاب تصادفی ۳۰ نفر از کارگران با شرط نداشتن سابقه بیماری، وضعیت حرارتی محیط، شاخص‌های استرین حرارتی شامل دمای عمقی و سطحی بدن، ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و پاسخ‌های فیزیولوژیکی آنان قبل از شروع به کار و دو ساعت بعد از شروع کار اندازه‌گیری گردید و داده‌ها در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین شاخص خنک‌کنندگی باد، ۳۲۳/۶۳ کیلوکالری بر مترمربع در ساعت، دمای معادل خنک‌کنندگی باد (Wind chill equivalent temperature یا WCET)، ۲۰/۳ درجه سانتی‌گراد، شاخص حداقل عایق مورد نیاز ۰/۹۳ کلو و شاخص استرین سرمایی ۲/۱۵ به دست آمد. بر اساس نتایج شاخص‌های استرس سرمایی، می‌توان گفت که شاغلان در مواجهه با استرس سرمایی قرار نداشتند.

نتیجه‌گیری: در دماهای بالا (بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد) با شاخص خنک‌کنندگی کمتر از ۴۰۰ کیلوکالری بر مترمربع در ساعت، امکان مواجهه کارگران با استرس سرمایی بسیار کم می‌باشد و شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز دارای قابلیت اطمینان بیشتری برای تعیین سطح استرس سرمایی در بین کارگران سنگبری بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های استرس سرمایی؛ شرایط جوی؛ سنگبری

ارجاع: سبزه‌علی سعید، حبیبی احسان‌اله، دهقان حبیب‌اله، فیضی آوات، سبزه‌علی حسین. **ارزیابی شاخص‌های فیزیولوژیک و ادراکی شرایط جوی کارگران سنگبری‌های شهرستان اصفهان.** مجله تحقیقات نظام سلامت؛ ۱۴۰۵؛ ۲۲ (۲): ۳۶۳-۳۵۷

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۸/۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۶/۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۵/۴/۱۵

مقدمه

سرما یکی از عوامل فیزیکی زیان‌آور محیط کار است که در بسیاری از نقاط جهان مواجهه با آن (به خصوص در فصل زمستان) یک خطر بزرگ برای مشاغل در فضاهای باز محسوب می‌شود (۱). کار در شرایطی که باعث ایجاد احساس ناراحتی ناشی از سرما می‌شود را کار در شرایط سرد می‌نامند. در کار بدنی سنگین، این حالت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد یا کمتر از آن اتفاق می‌افتد (۲). استانداردهای بین‌الملل دیگر کار در سرما را کار در دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌گویند (۴، ۳). مواجهه با سرمای داخل ساختمان‌ها می‌تواند در فرایندهای صنایع غذایی ایجاد شود و مواجهه با سرمای بیرونی می‌تواند در مشاغلی مانند کشاورزان، معدن‌کاران، جنگلبانان و ساختمان‌سازی به وجود آید (۵). مواجهه با سرما میتواند بر حسب نواحی بدن نیز متفاوت باشد. به طور مثال می‌تواند محدود به قسمت‌های انتهایی بدن (سر- دست و پا) گردد که در اثر تماس با اجسام سرد افزایش می‌یابد. این نوع از خنک شوندگی در فعالیت‌های شغلی رایج است و باعث بروز خطر آسیب‌های ناشی از سرما می‌شود(۶، ۱). سرما در محیط کار بسته و در محیط روباز می‌تواند منجر به اثرات متفاوتی بر سلامت انسان شود که کاهش عملکرد و بهروری، افزایش وقوع حوادث، ایجاد حس ناخوشایند و عدم آسایش از آن جمله می‌باشد (۸، ۷). در مجموع، سرما ممکن است باعث غیبت از کار به دلیل مرخصی استعلاجی شود (۷). در فصل زمستان مرگ و میر و بیماری‌های تنفسی افزایش می‌یابد (۸). شیوع علایم تنفسی مانند تنفس کوتاه، خس خس سینه، سرفه‌های طولانی و خلط سینه افرادی که در مناطق سرد سیر زندگی می‌کنند به میزان ۲۹-۲۵ درصد بیشتر است (۱۰، ۹).

دردهای اسکلتی- عضلانی ناشی از شکایت‌های رایج گزارش شده در پژوهش Raatikka و همکاران در فصل زمستان بوده است (۹). شکایت‌های مرتبط شامل درد در شانه، گردن، زانو و کمر می‌باشد (۱۱). افزایش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در مطالعه Mäkinen و همکاران نیز مشاهده شد (۱۲). اثر سرما بر روی عملکرد ایمنی بدن در تحقیقات Shephard و Shek

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، 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
۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: سعید سبزه‌علی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Email: sabzehalisaeid@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]
[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]

(۱۳) و Maniero و Carey (۱۴) گزارش شده است.

کاهش چابکی مشـــکلی جدی در کارهای دســـتی در طی مواجهه طولانی مدت با سـرما به شـمار می‌رود (۱۵). کاهش چابکی انگشـتان دست در پژوهش Daanen مورد بررســـی قرار گرفـت و نتیجـه این بود کـه در دمـای معـادل خنـک‌کنندگی باد (Wind chill equivalent temperature یا WCET) کمتر از ۲۰- درجـه ســـانتی‌گراد، عملکرد وظـایف یـدی کاهش می‌یابد که این کاهش ۱۲ درصد بود. در این حالت، دمای انگشتان کمتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد بود (۱۶).

عـملکرد ذهنی نقش مهمی در زمینـه‌هـای گونـاگون از جملـه ایمنی، تصـــمیم‌گیری و بهره‌وری در کار دارد و مواجهه با ســـرما می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد ذهنی و شناختی تأثیرگذار باشد (۱۸، ۱۷).

از جمله شـاخص‌های ارزیابی مواجهه انسـان با سـرما، می‌توان به WCI، دمای معادل خنک کنندگی (Equivalent chill temperature یا ECT) و شـاخص میزان عایق لباس مورد نیاز (Required clothing insulation یا IREQ) اشـاره کرد (۲۱-۱۹). از جمله مشـاغلی که با اسـترس سرمایی مواجهه دارند، کارگران سـنگبری می‌باشـند. با توجه به تأثیر سرما بر بیماری‌های قلبی- عروقی، بهروری کار، عدم آسایش کارگر، عملکردهای ذهنی و فیزیکی، غیبت از کـار، چـابکی، نیروی چنگش و در نهـایت، ایمنی در محیط کار و وقوع حوادث و همچنین، با توجه به این که کارگران شاغل در سنگبری به دلیل نوع کارشان در معرض ســـرما قرار دارند و مطالعات اندکی در این حرفه صـــورت گرفته اســـت، تحقیق حاضـــر با هدف تعیین وضـــعیت تنش ســـرمایی کارگران ســـنگبری در شهرستان اصفهان انجام شد.

روش‌ها

این پژوهش تحلیلی- مقطعی بر روی ۳۰ نفر از کارگران سنگبری‌های شهرستان اصـفهان انجام شـد. نمونه ها به صـورت تصادفی انتخاب شدند. معیار ورود به مطالعه شـامل نداشـتن سـابقه بیماری های قلبی- عروقی، مشـکلات تنفسـی، نداشـتن سـابقه مصرف سیگار، دیابت، نداشتن سابقه مصرف داروهای قلبی، ضد افسردگی، ضد هیستامین، ضد پارکینسون و سایر داروها بود. عدم تمایل به ادامه همکـاری نیز بـه عنوان معیـار خروج در نظر گرفتـه شـــد. بعـد از انتخاب افراد، مشـخصـات دموگرافیک شـامل نام و نام خانوادگی، سـابقه کار، تحصیلات، سن، جنسـیت، وزن و قد توسط کارگران تکمیل گردید و در اهداف تحقیق توضیحات لازم به کارگران ارایه شد.

جهت بررسـی وضـعیت حرارتی محیط و تأثیر آن بر انسان، از شاخص‌های اسـترین حرارتی از جمله دمای عمقی و سـطحی بدن، ضـربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک و شاخص استرین سرمایی (Cold strain index یا CSI) به شـرح زیر اسـتفاده گردید. برای هر کارگر در نوبت کاری صـبح دمای پوسـت و عمقی بدن، فشـار خون، ضربان قلب و متغیرهای محیطی مانند دمای هوا، میزان رطوبت و سـرعت جریان هوا قبل از شـروع به کار، یک ساعت بعد از شـروع به کار (دقیقه ۶۰ مواجهه با شـرایط جوی محیط کار) و همچنین، پس از گذشـت دو ساعت از شروع کار(دقیقه ۱۲۰ مواجهه با شرایط جوی محیط کار) بر طبق اسـتاندارد ISO 9886 اندازه‌گیری شـد. در این نوبت، احساس سرمایی در قسمت دست، پا و سر و صورت نیز مورد سنجش قرار گرفت.

بـه منظور ســـنجش CSI، میانگین دمای پوســـت (Tsk) و دمای عمقی (Tcor) قبل از مواجهه و حین مواجهه به دسـت آمد و با استفاده از رابطه ۱، این شـاخص بر مبنای مقیاس صـفر تا ۱۰ در پنج طبقه‌بندی شـامل «استرین ندارد، استرین جزیی، استرین کم، استرین متوسط، استرین زیاد و استرین خلی زیاد» به دست آمد (۲۲).

$$CSI = 6.67\ (Tcort-Tcor0)\ (35-Tcor0)-1 + 3.33\ (Tskt-Tskn0)\ (20-Tskn0)\ -1$$ رابطه ۱

بـا توجه به این که میزان چربی زیر پوســـت بر دمای ســـطحی بدن و در نتیجه، بر چابکی و قدرت چنگش مؤثر اسـت، میزان درصـد چربی کارگران مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بدین منظور، چین‌های پوستی سه سر بازو (X1) و کتف (X2) با اسـتفاده از کالیپر بر حسـب میلی‌متر اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۲ درصد چربی بدن محاسبه شد (۲۳). با توجه به تأثیر سرما بر نیروی چنگش، این شاخص نیز با استفاده از دینامومتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

درصد چربی بدن = (۰/۴۳ * X1) + (۰/۵۸ * X2) + ۱/۴۷ رابطه ۲

در مرحلـه بعد، جهت ارزیابی وضـــعیت حرارتی محیط، اثر ســـرما بر بدن، واکنش انسـان به آن و سـطح اسـترس سـرمایی، از WCI و IREQ اسـتفاده گردید. به منظور تعیین این شـاخص، پس از به دسـت آوردن سرعت جریان هوا (V) و دمای خشک (ta) محیط، از رابطه ۳ استفاده شد.

$$WCI = (۳۳-ta)\ (۱۰V^{۰/۵}-V + ۱۰/۴۵)$$ رابطه ۳

واحد سرعت جریان هوا متر بر ثانیه و واحد دمای خشک درجه سانتی‌گراد و WCI بر حسـب کیلوکالری بر مترمربع در سـاعت است. با توجه به این که این شـاخص به تنهایی برای تعیین میزان مواجهه افراد کاربرد ندارد، طبق رابطه ۴ به ECT (دمای هوا در شـرایط جریان هوای آرام و با سـرعت جریان کمتر از ۱/۸ متر بر ثـانیـه) تبـدیل گردید و در نهایت، برای قضـــاوت در مورد اثر شـــاخص خنک‌کنندگی باد از استاندارد ISO 1993 استفاده شد (۲۴).

$$33-\frac{WCI}{25/5} = CET$$ رابطه ۴

واحد شـــاخص خنک‌کنندگی باد در این رابطه بر حســـب وات بر مترمربع می‌باشـد. به منظور تعیین سـطح اسـترس سـرمایی، IREQ مورد اسـتفاده قرار گرفت. این شاخص آثار دمای هوا، میانگین دمای تابشی، رطوبت، سرعت جریان هوا و گرمای متابولیکی را با هم ادغام و مقدار تنش را بیان می‌کند. بدین منظور، می‌توان از رابطـه ۵ و همچنین، از نمودارهـای معرفی شـــده به وســـیله ISO 110791 اسـتفاده کرد که در مطالعه حاضـر از نمودارهای ISO (۲۵) اسـتفاده شد.

$$IREQ = \frac{tsk-tcl}{M-W-Hres-E}$$ رابطه ۵

در رابطه ۵، t_{sk} متوسـط دمای پوسـت، t_{cl} دمای سطحی پوشش داده شده، M میزان متابولیسـم، W نرخ کار مکانیکی، Hres از دست دادن گرما از طریق تنفس و E از دست دادن گرما از طریق تبخیر می‌باشد.

بعد از انجام مراحل فوق، داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ (version 26, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]

یافته‌ها

میانگین سنی افراد مورد بررسی ۱۱/۲۸ ± ۳۸/۰۰ سال، میانگین سابقه کاری آنان ۸/۰۰ ± ۷/۲۹ سال و میانگین قد و وزن آن‌ها به ترتیب ۰/۰۷ ± ۱۷۳/۵۰ سانتی‌متر و ۱۲/۵۳ ± ۷۱/۵۵ کیلوگرم بود. میانگین شاخص توده بدن (BMI یا Body mass index) شرکت‌کنندگان ۱۰/۳۸ ± ۱۸/۸۱ کیلوگرم بر مترمربع به دست آمد که در محدوده نرمال قرار داشت. همچنین، ۱۸ درصد از این افراد بی‌سواد، ۶۰ درصد دارای تحصیلات زیر دیپلم، ۱۶درصد دیپلم و ۵ درصد دارای مدرک تحصیلی کاردانی بودند. نتایج پاسخ‌های فیزیولوژیک افراد شامل دمای عمقی، دمای پوست، ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در جدول ۱ ارایه شده است.

لازم به ذکر است که میانگین درصد چربی بدن افراد مورد بررسی، ۶/۱۰ ± ۲۰/۷۱ درصد گزارش شد که با توجه به حد استاندارد توصیه شده برای مردان (۲۶–۱۸ درصد)، نمونه‌ها دارای چربی اضافه نبودند. در جدول ۲ نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های محیطی هوا ارایه شده است.

بر اساس داده‌های جدول ۳، میزان Icl (عامل مقاومت لباس) بیشتر از IREQ min می‌باشد که نشان می‌دهد لباس، عایق کافی در مقابل سرما ایجاد کرده است و شاغلان دچار استرس سرمایی نشده‌اند. با توجه به نموگرام تعیین شاخص خنک‌کنندگی باد در ناحیه ۴۰۰–۳۰۰ کیلوکالری بر مترمربع در ساعت و WCET در ناحیه خنثی تا مختصری خنک قرار داشت و خطر استرس سرمایی و یخزدگی اندام برای فرد وجود نداشت.

نتایج ضریب همبستگی مربوط به شاخص‌های استرس سرمایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک اندازه گیری شده در افراد در جدول ۴ ارایه شده است. بر این اساس، آزمون همبستگی Pearson نشان داد که بین شاخص خنک‌کنندگی باد و ضربان قلب (P = ۰/۰۳۶)، دمای انگشتان پا (P = ۰/۰۰۱) و دمای انگشتان دست (P = ۰/۰۵۲) رابطه معنی‌داری وجود داشت. با توجه به ضریب همبستگی بین شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیک، IREQ بالاترین همبستگی را با پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن شاغلان نشان داد.

بین دمای هوا با نیروی چنگش رابطه معنی‌دار و مستقیمی مشاهده گردید؛ بدین معنی که با کاهش دمای هوا، میزان نیروی چنگش نیز کاهش یافت، اما رابطه دمای هوا با دمای عمقی معنی‌دار نبود.

بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی وضعیت تنش سرمایی در شاغلان کارخانجات سنگبری اصفهان صورت گرفت. در مطالعه حاضر دمای هوا با دمای سطحی بدن رابطه مستقیمی داشت (P = ۰/۰۰۸، r = ۰/۴۲)، اما بین دمای هوا با دمای عمقی، ضربان قلب و فشار خون رابطه معنی‌داری مشاهده نشد که علت آن می‌تواند وجود دمای هوای بالاتر در بررسی حاضر باشد؛ چرا که تأثیر دمای هوا بر دمای عمقی بدن، ضربان قلب و فشار خون در دماهای خیلی پایین‌تر اتفاق می‌افتد. تحقیق Cortili و همکاران نیز می‌تواند مؤید این علت باشد؛ چراکه در دمای خیلی پایین (۲– و ۲۰– درجه سانتی‌گراد) این تاثیر نمایان شد. در پژوهش Kim و همکاران مشاهده گردید که در شرایط دمایی خیلی سرد (۲۵– درجه سانتی‌گراد)، میزان شاخص‌های محیطی مانند دمای عمقی و دمای سطحی به طور معنی‌داری کاهش و پاسخ‌های فیزیولوژیک از جمله فشار خون و ضربان قلب افزایش می‌یابد (۲۶).

جدول ۱. مقادیر پاسخ های فیزیولوژیک در کارگران سنگبری در حین فعالیت

متغیر	زمان مواجهه با شرایط جوی محیط کار	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حد اکثر
دمای عمقی (درجه سانتی‌گراد)	قبل از مواجهه	۳۶/۴۱ ± ۰/۴۶	۳۵/۳	۳۷/۲
	دقیقه ۶۰	۳۵/۹۲ ± ۱/۱۸	۳۱/۶	۳۷/۴
	دقیقه ۱۲۰	۳۶/۱۶ ± ۰/۸۴	۳۲/۶	۳۷/۴
دمای پوست (درجه سانتی‌گراد)	قبل از مواجهه	۳۵/۷۰ ± ۱/۸۰	۲۷/۹	۳۷/۰
	دقیقه ۶۰	۳۵/۲۱ ± ۰/۹۷	۳۲/۲	۳۶/۵
	دقیقه ۱۲۰	۳۵/۴۲ ± ۱/۰۸	۳۱/۷	۳۸/۸
ضربان قلب (تپش در دقیقه)	قبل از مواجهه	۷۴/۴۲ ± ۹/۴۰	۵۷	۱۰۱
	دقیقه ۶۰	۸۳/۹۴ ± ۱۳/۳۰	۶۱	۱۲۶
	دقیقه ۱۲۰	۷۸/۶۸ ± ۱۱/۹۳	۵۸	۱۱۱
فشار خون سیستولیک (میلی‌متر جیوه)	قبل از مواجهه	۱۳۰/۱۳ ± ۱۷/۶۸	۱۰۳	۱۶۷
	دقیقه ۶۰	۱۳۹/۲۶ ± ۱۷/۶۰	۱۰۵	۱۹۷
	دقیقه ۱۲۰	۱۳۹/۰۵ ± ۱۵/۰۵	۱۰۸	۱۸۶
فشار خون دیاستولیک (میلی‌متر جیوه)	قبل از مواجهه	۸۴/۰۸ ± ۱۳/۹۱	۵۹	۱۲۰
	دقیقه ۶۰	۸۷/۸۷ ± ۱۳/۱۶	۴۵	۱۳۰
	دقیقه ۱۲۰	۸۷/۹۵ ± ۱۳/۶۱	۶۲	۱۳۹
شاخص نمره استرین سرمایی	دقیقه ۶۰	۲/۰۹ ± ۱/۲۰	۰/۵	۴/۷
	دقیقه ۱۲۰	۱/۵۷ ± ۰/۵۵	۰/۷	۲/۶

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]

جدول ۲. مقادیر شاخص‌های محیطی در کارگران سنگبری در حین فعالیت

متغیر	زمان مواجهه با شرایط جوی محیط کار	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حد اکثر
دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	قبل از مواجهه	۱۹/۳۷ ± ۲/۰۱	۱۷/۰	۲۴/۹
	دقیقه ۶۰	۱۰/۲۲ ± ۲/۹۷	۴/۲	۱۶/۰
	دقیقه ۱۲۰	۱۱/۰۰ ± ۲/۱۱	۶/۵	۱۴/۵
رطوبت نسبی (درصد)	قبل از مواجهه	۲۴/۰۷ ± ۱۰/۱۱	۴/۸	۳۹/۵
	دقیقه ۶۰	۴۷/۳۱ ± ۱۵/۴۰	۲۸/۶	۷۸/۴
	دقیقه ۱۲۰	۴۴/۶۳ ± ۱۶/۱۸	۲۰/۵	۸۵/۵
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	قبل از مواجهه	۰/۰۲ ± ۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۳
	دقیقه ۶۰	۰/۱۶ ± ۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۴
	دقیقه ۱۲۰	۰/۱۸ ± ۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۶

در مطالعه Rissanen و Rintamäki نیز ارتباط مستقیم دمای عمقی و دمای سطحی بدن با دمای هوا مشاهده شد؛ به طوری که در دمای ۲۵- درجه سانتی‌گراد، دمای پوست به ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد، دمای انگشتان دست به ۱۵ درجه سانتی‌گراد رسید (۲۷).

در تحلیل شاخص‌های محیطی و بر اساس نتایج تحقیق حاضر، با افزایش شاخص خنک‌کنندگی باد، ضربان قلب نیز افزایش یافت (P = ۰/۰۳۶)، اما این افزایش بر روی فشار خون تأثیری نداشت. همچنین، این شاخص با دمای انگشتان پا نیز دارای رابطه معنی‌دار ومعکوس (P = ۰/۰۰۱، r = -۰/۵۲) و با WCET دارای رابطه معنی‌دار و مستقیمی بود (P = ۰/۰۰۱، r = ۰/۵۲)؛ به گونه‌ای که افزایش شاخص خنک‌کنندگی باد، کاهش دمای انگشتان پا را به دنبال داشت. از دیگر شاخص‌های تأثیرگذار بر ضربان قلب که پژوهش حاضر نشان داده شد، سرعت جریان هوا بود که به صورت مستقیم، باعث افزایش ضربان قلب گردید. همچنین، ارتباط این پاسخ فیزیولوژیک (ضربان قلب) با شاخص استرین سرمایی معنی‌دار و مستقیم بود (P = ۰/۰۴۰، r = ۰/۳۲).

نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر با یافته‌های تحقیقات Budd و War haft (۲۸) و Zhang و همکاران (۲۹) که حاکی از تأثیر دمای محیط بر ضربان قلب بود، همخوانی داشت.

جدول ۳. مقادیر شاخص‌های استرس سرمایی در کارگران سنگبری در حین فعالیت

متغیر	زمان مواجهه با شرایط جوی محیط کار	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حد اکثر
شاخص خنک‌کنندگی باد (کیلوکالری بر مترمربع در ساعت)	قبل از مواجهه	۱۵۹/۷ ± ۲۴/۱	۹۵/۹	۲۰۸/۲
	دقیقه ۶۰	۳۲۳/۶ ± ۵۴/۸	۲۱۳/۰	۴۴۷/۷
	دقیقه ۱۲۰	۳۱۳/۶ ± ۴۷/۰	۲۲۹/۶	۴۴۷/۸
WCET	قبل از مواجهه	۲۶/۷ ± ۰/۹	۲۴/۸	۲۹/۲
	دقیقه ۶۰	۲۰/۳ ± ۲/۲	۱۵/۴	۲۴/۶
	دقیقه ۱۲۰	۲۰/۷ ± ۱/۸	۱۵/۵	۲۴/۰
IREQ min	قبل از مواجهه	۰/۴ ± ۰/۳	۰/۰۲	۰/۱
	دقیقه ۶۰	۰/۹ ± ۰/۳	۰/۵	۱/۳
	دقیقه ۱۲۰	۰/۹ ± ۰/۳	۰/۵	۱/۴
عامل مقاومت لباس در برابر حرارت (Icl)	قبل از مواجهه	۱/۴	–	–
	دقیقه ۶۰			
	دقیقه ۱۲۰			
عایق مورد نیاز جهت حفظ تعادل حرارتی بدن (IREQ neutral)	قبل از مواجهه	۰/۲ ± ۰/۱	۰/۱	۰/۳
	دقیقه ۶۰	۱/۲ ± ۰/۳۳	۰/۶	۱/۵
	دقیقه ۱۲۰	۱/۱ ±۰/۳	۰/۷	۱/۵
شاخص نمره استرین سرمایی	دقیقه ۶۰	۲/۲ ± ۱/۲	۰/۵	۴/۷
	دقیقه ۱۲۰	۱/۶ ± ۰/۶	۰/۷	۲/۶

WCET: Wind chill equivalent temperature; IREQ: Required clothing insulation

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]

جدول ۴. ضریب همبستگی Pearson بین متغیرهای مورد بررسی در شاغلان سنگبری

متغیر	شاخص خنک‌کنندگی باد	WCET	IREQ
شاخص خنک‌کنندگی باد	–	-	r = ۰/۳۸ ،P = ۰/۰۱۶
WCET	r = −۰/۱	-	r = ۰/۴۰ ،P = ۰/۰۱۲
ضربان قلب	r = ۰/۳۳ ،P = ۰/۰۳۶	رابطه ندارد.	r = ۰/۷۳ ،P = ۰/۰۰۱
دمای سطحی پوست	r = ۰/۳۰ ،P = ۰/۰۶۰	r = −۰/۱۶ ،P = ۰/۰۳۰	r = ۰/۳۸ ،P = ۰/۰۱۸
فشار خون	رابطه ندارد.	رابطه ندارد.	رابطه ندارد.
دمای عمقی	رابطه ندارد.	رابطه ندارد.	رابطه ندارد.
دمای انگشتان پا	r = ۰/۵۲ ،P = ۰/۰۰۱	r = ۰/۳۶ ،P = ۰/۰۰۱	r = −۰/۲۸ ،P = ۰/۰۸۰
شاخص استرین سرمایی	رابطه ندارد.	رابطه ندارد.	r = ۰/۸۲ ،P = ۰/۰۰۱

WCET: Wind chill equivalent temperature; IREQ: Required clothing insulation

در پژوهش Moran و همکاران که با هدف ارزیابی شاخص‌های استرس محیطی با استفاده از متغیرهای فیزیولوژیک و شاخص استرین فیزیولوژیک در متابولیسم‌های مختلف صورت گرفت نیز همبستگی بین شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیک از جمله ضربان قلب نشان داده شد (۲۲).

در ارزیابی ارتباط میزان عایق مورد نیاز با دیگر شاخص‌های ارزیابی سرما بر اساس داده‌های جدول ۴، IREQ همبستگی بالایی را با شاخص‌های فیزیولوژیک از جمله دمای سطحی پوست و ضربان قلب و دیگر شاخص‌های استرس سرمایی مانند شاخص خنک‌کنندگی باد، شاخص استرین سرمایی و WCET نشان داد. بر همین اساس، سازمان بین‌المللی استاندارد، IREQ را به عنوان شاخص اصلی استرس سرمایی معرفی کرده است. این نتایج با یافته‌های مطالعه ساعدپناه و همکاران که بر روی شاغلان مکانیک خودرو صورت گرفت (۳۰)، هم‌راستا می‌باشد. لازم به ذکر است که کاهش دمای سطحی بدن به ویژه در کف دست، منجر به کاهش چابکی و قدرت چنگش دست می‌گردد. کاهش عملکرد وظایف یدی در تحقیق Daanen وقتی دمای انگشتان کمتر از ۱۴ درجه سانتی‌گراد بود، ۱۲ درصد تخمین زده شد (۱۶). در پژوهش حاضر نیز دمای سطحی پوست و دمای هوا به ترتیب با نیروی چنگش رابطه مستقیم و معنی‌داری داشت و با کاهش دمای هوا (P = ۰/۰۴۸) و دمای سطحی پوست(P = ۰/۰۱۴)، نیروی چنگش نیز کاهش یافت.

در بررسی میزان چربی زیرپوستی نیز می‌توان گفت با توجه به این که افزایش چربی زیرپوست مانند لایه عایقی بین سطح پوست و بافت‌های عمقی به ویژه در اندام‌های انتهایی، شکم و تنه عمل می‌کند و این لایه چربی به طور تئوریک انتقال حرارت از طریق رسانش را از عضلات به سطح پوست کاهش می‌دهد و باعث می‌شود که دمای عمقی نیز افزایش یابد، اما در پژوهش حاضر بین درصد چربی بدن با دمای عمقی بدن رابطه مستقیم و معنی‌داری مشاهده نشد و دلیل آن می‌تواند درصد چربی پایین کارگران سنگبری باشد که به طور میانگین ۲۰ درصد و در محدوده قابل قبول قرار داشت.

با توجه به این که مطالعه حاضر در محیط کاری (غیر آزمایشگاهی) انجام شد، در اختیار گرفتن کارگران جهت اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک در حین کار از جمله محدودیت‌ها بود که با اقناع کارفرما درباره اهمیت تحقیق و همکاری کارگران مرتفع گردید.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر درباره ارزیابی وضعیت تنش سرمایی و شاخص‌های فیزیو لوژیک مربوطه، مشاهده شد که کارگران شاغل در سنگبری‌های مورد بررسی در فصل سرد دچار استرس سرمایی نبودند؛ چرا که در دماهای بالاتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد با شاخص خنک‌کنندگی کمتر از ۴۰۰ کیلوکالری بر مترمربع در ساعت، امکان مواجهه کارگران با استرس سرمایی بسیار کم می‌شود. علاوه بر این، مشاهده شد که IREQ نسبت به دیگر شاخص‌های استرس سرمایی دارای قابلیت اطمینان بیشتری برای تعیین سطح استرس سرمایی در بین کارگران سنگبری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۱۹۸۳۰۸ می‌باشد که با کد اخلاق IRMUIRESEARCHREC.1399079 تحت حمایت معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به تصویب رسید. بدین وسیله از همکاری و مشارکت کارفرمایان و کارگران شاغل در سنگبری‌های اصفهان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Holmér I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. Industrial Health. 2009; 47(3): 228-34.
2. International Organization for Standardization. Ergonomics of the Thermal Environment: Cold Workplaces: Risk Assessment and Management. ISO; 2008.
3. BS 7915. Ergonomics of the thermal environment: guide to design and evaluation of working practices for cold indoor environments.
4. Mäkinen TM. Human cold exposure, adaptation and performance in a northern climate. University of Oulu; 2006.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]

5. Mäkinen TM, Raatikka VP, Rytkönen M, Jokelainen J, Rintamäki H, Ruuhela R, Näyhä S, Hassi J. Factors affecting outdoor exposure in winter: population-based study. International journal of biometeorology. 2006; 51(1): 27-36.
6. Holmér I. Assessment of cold exposure. International journal of circumpolar health. 2001; 60(3): 413-21.
7. Mäkinen TM, Hassi J. Health problems in cold work. Industrial health. 2009; 47(3): 207-20.
8. Schwartz J. Who is sensitive to extremes of temperature? A case-only analysis. Epidemiology. 2005; 16(1): 67-72.
9. Raatikka VP, Rytkönen M, Näyhä S, Hassi J. Prevalence of cold-related complaints, symptoms and injuries in the general population: the FINRISK 2002 cold sub study. International journal of biometeorology. 2007; 51(5): 441-8.
10. Harju T, Mäkinen T, Näyhä S, Laatikainen T, Jousilahti P, Hassi J. Cold-related respiratory symptoms in the general population. The clinical respiratory journal. 2010; 4(3): 176-85.
11. Piedrahita H. Working in cold conditions indoors: effects on musculoskeletal symptoms and upper limb movements (Doctoral dissertation, Lulea Tekniska University).
12. Mäkinen TM, Palinkas LA, Reeves DL, Pääkkönen T, Rintamäki H, Leppäluoto J, Hassi J. Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. Physiology & behavior. 2006; 87(1): 166-76.
13. Shephard RJ, Shek PN. Cold exposure and immune function. Canadian journal of physiology and pharmacology. 1998; 76(9): 828-36.
14. Maniero GD, Carey C. Changes in selected aspects of immune function in the leopard frog, Rana pipiens, associated with exposure to cold. Journal of Comparative Physiology B. 1997; 167(4): 256-63.
15. Müller R. Arbeit in Kälte: insbesondere beim Löschen von Frost-u. Frischfisch. Wirtschaftsverl. NW; 1982.
16. Daanen HA. Manual performance deterioration in the cold estimated using the wind chill equivalent temperature. Industrial Health. 2009; 47(3): 262-70.
17. Palinkas LA. Mental and cognitive performance in the cold. International Journal of Circumpolar Health. 2001; 60(3): 430-9.
18. Pilcher JJ, Nadler E, Busch C. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. Ergonomics. 2002; 45(10): 682-98.
19. Carder M, McNamee R, Beverland I, Elton R, Cohen GR,Boyd J, et al. The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland. Occup Environ Med. 2005; 62(10): 702-10.
20. Parsons K. Human thermal environments, the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance.3rded. New York: Taylor & Francis Group; 2002
21. Kuklane K, Gao C, Holmér I, Giedraityte L, Bröde P, Candas V, et al. Calculation of clothing insulation by serial and parallel methods: effects on clothing choice by IREQ and thermal responses in the cold. Int J Occup Saf Ergon. 2007; 13(2): 103-16.
22. Moran DS, Castellani JW, O'Brien C, Young AJ, Pandolf KB Evaluating physiological strain during cold exposure using a new cold strain index. Am J Physiol. 1999; 277(2): R556-64.
23. Farajzadeh S.Sports geomorphologic.Tehran: Publication of the National Olympic Committee of the Islamic Republic of Iran; 1985. [In Persian].
24. Apte M. Comparison between required clothing insulation and that actually worn by workers exposed to artificial cold. Appl Ergon. 1988; 19(4): 301-5.
25. ISO11079. Ergonomics of the thermal environment determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. Geneva: International Organization for Standardization; 2007.
26. Cortili G, Mognoni P, Saibene F. Work tolerance and physiological responses to thermal environment wearing protective NBC clothing. Ergonomics. 1996; 39(4): 620-33.
27. Rissanen S, Rintamäki H. Cold and heat strain during coldweather field training with nuclear, biological, and chemical protective clothing. Mil Med. 2007; 172(2): 128-32.
28. Budd GM, War haft N. Body temperature, shivering, blood pressure and heart rate during a standard cold stress in Australia and Antarctica. J Physiol. 1966; 186(1): 216-32.
29. Zhang X, Zhang S, Wang C, Wang B, Guo P. Effects of moderate strength cold air exposure on blood pressure and biochemical indicators among cardiovascular and cerebrovascular patients. Int J Environ Res PublicHealth. 2014; 11(3): 2472-87.
30. Saedpanah, Keivan, et al. Study of Exposure to Cold Stress and Physiological Responses in Auto Mechanics in Hamadan, Iran. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume, 2017, 4(2): 7-17.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-06-30]

[DOI: 10.48305/jhsr.v22i2.1679]