Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 4, Issue 2, Summer 2017, Pages: 7-17

Original Article

doi: 10.18869/acadpub.johe.4.2.7

Study of Exposure to Cold Stress and Physiological Responses in Auto Mechanics in Hamadan, Iran

Keivan Saedpanah[1], Mohsen Aliabadi[2,*], Majid Motamedzade[3], Rostam Golmohammadi[3]

[1] *MSc Student, Department of Occupational Hygiene, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
[2] *Assistant Professor, Department of Occupational Hygiene, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
[3] *Professor, Department of Occupational Hygiene, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Mohsen Aliabadi, Department of Occupational Hygiene, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir*

Received: 12/04/2017
Accepted: 22/08/2017

How to Cite this Article:
Saedpanah K, Aliabadi M, Motamedzade M, Golmohammadi R. Study of Exposure to Cold Stress and Physiological Responses in Auto Mechanics in Hamadan, Iran. *J Occup Hyg Eng*. 2017; 4(2): 7-17. DOI: 10.18869/acadpub.johe.4.2.7

Abstract

Background and Objective: Constant exposure to cold is considered a workplace hazard in cold seasons. We aimed to determine the level of cold stress and its relationship with physiological responses in auto mechanics.

Materials and Methods: This analytical cross-sectional study was conducted in the winter of 2016 among auto mechanics in Hamadan, Iran. Physiological responses were measured in accordance with the ISO 9886 standard method. Body fat percentage was also quantified using Caliper model 01128, and the thermal resistance of the participants' clothing was calculated in clo using the ISO 9920 standard. Environmental measures such as air temperature and air velocity were measured simultaneously, based on which cold stress indices including wind chill factor and wind chill equivalent temperature were determined. Data were analyzed using SPSS, version 21.

Results: The means of wind chill index, equivalent chill temperature, and minimal required clothing insulation (IREQ) were 489.97±47.679 kcal/m^2.h, 13.78± 1.869˚c, and 2.04±0.246 clo, respectively. According to the results of cold stress indices, the studied employees were exposed to cold stress. Pearson correlation test reflected a significant relationship between cold stress indices and physiological responses ($P<0.05$), however, IREQ showed the highest association with the physiological responses of the subjects. Moreover, there was a significant correlation between body fat percentage and core temperature ($P<0.05$; $r=0.314$).

Conclusion: The results confirmed that IREQ index has high validity for the estimation of cold stress among auto mechanics. Moreover, the increase of body fat percentage boosts cold tolerance of employees.

Keywords: Auto Mechanics; Cold Stress Indices; Physiological Responses

Copyright © 2017 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.18869/acadpub.johe.4.2.7

بررسی میزان مواجهه با تنش‌های سرمایی و پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن کارگران مکانیک خودروی شهر همدان

کیوان ساعدپناه[۱]، محسن علی‌آبادی[۲،*]، مجید معتمدزاده[۳]، رستم گلمحمدی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

[۲] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

[۳] استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** محسن علی‌آبادی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

ایمیل: Mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: مواجهه مداوم با سرما یک عامل مخاطره‌آمیز در محیط‌های کاری در فصول سرد می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی شاخص‌های استرس سرمایی و ارتباط آن با پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن شاغلان مکانیک خودرو صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به روش تحلیلی- مقطعی در زمستان ۱۳۹۵ روی ۵۰ نفر از شاغلان مکانیک خودروی شهر همدان انجام شد. پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن با روش استاندارد ISO 9886 اندازه‌گیری شد. میزان درصد چربی بدن با استفاده از کالیپر مدل ۰۱۱۲۸ اندازه‌گیری شد و میزان مقاومت حرارتی لباس کارگران نیز بر حسب کلو با استفاده از استاندارد ISO 9920 تعیین گردید. پارامترهای محیطی هوا ازجمله دمای خشک و سرعت جریان هوا نیز به‌طور همزمان اندازه‌گیری شد. براساس پارامترهای محیطی، شاخص‌های استرس سرمایی ازجمله شاخص خنک‌کنندگی باد و دمای معادل خنک‌کنندگی تعیین گردید. گفتنی است داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: میانگین شاخص خنک‌کنندگی باد (WCI: Wind Chill Index) ۴۸۹/۹۷±۴۷/۶۷۹ کیلوکالری بر متر مربع در ساعت، دمای معادل خنک‌کنندگی (ECT: Equivalent Chill Temperature) ۱۳/۷۸±۱/۸۶۹ درجه سانتی‌گراد و شاخص حداقل عایق مورد نیاز ۲/۰۴±۰/۲۴۶ کلو به‌دست آمد. براساس نتایج شاخص‌های استرس سرمایی می‌توان گفت که شاغلان در مواجهه با استرس سرمایی قرار دارند. آزمون همبستگی پیرسون نشان داد بین شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن شاغلان رابطه معناداری وجود دارد ($P<0/05$). با توجه به ضریب همبستگی بین شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیک، شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز بالاترین همبستگی را با پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن شاغلان نشان داد. همچنین بین درصد چربی بدن شاغلان با دمای عمقی بدن رابطه مستقیم و معناداری وجود داشت ($r=0/314$، $P<0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز دارای قابلیت اطمینان بیشتری برای تعیین سطح استرس سرمایی در بین شاغلان مکانیک خودرو بود. علاوه بر آن درصد چربی بیشتر بدن سبب افزایش قدرت تحمل سرمای شاغلان شد.

واژگان کلیدی: پاسخ‌های فیزیولوژیک؛ شاخص‌های استرس سرمایی؛ کارگران مکانیک

مقدمه

اصولاً کارکردن در دمای خشک کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد، کار در محیط سرد محسوب می‌گردد. کار در سرما اختصاص به فصل‌های سرد ندارد و گروهی از شاغلان در طول سال نیز با این عامل مخاطره‌زای فیزیکی مواجه می‌شوند. از مشاغلی که با سرما برخورد دارند می‌توان به سردخانه‌ها، مشاغل کشاورزی، باغداری، جنگلبانی، کار در کوهستان و معادن

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

به‌خصوص معادن روباز اشاره کرد [۱]. گفتنی است مواجهه با سرما یک مخاطره مهم در محیط‌های کاری به‌شمار می‌رود و آسیب‌هایی را در پی دارد؛ به‌نحوی که سردشدن بافت‌ها موجب ناراحتی، کاهش عملکرد و درنتیجه افزایش خطاها می‌شود و می‌تواند در اندام‌های مختلف بدن تأثیر بگذارد. به‌طور مثال انجام فعالیت‌های فیزیکی در هوای سرد موجب ناراحتی‌های تنفسی می‌شود [۲]. براساس نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی، مواجهه با سرما سبب افزایش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک به اندازه ۲۶-۷ میلی‌متر جیوه در افراد سالم می‌شود [۳،۴]. همچنین مطالعات نشان داده‌اند که بیشتر مرگ و میرها و سکته‌های قلبی در فصل زمستان رخ می‌دهد [۵،۶].

یکی دیگر از اثرات مواجهه با سرما، کهیر سرمایی می‌باشد که موجب تورم پوستی و خارش می‌شود. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که بعد از مواجهه با هوای سرد، پوست دوباره در معرض هوای گرم قرار گیرد [۷]. همچنین در مطالعات مختلف مشاهده گردید که فعالیت در محیط‌های سرد به‌دلیل آنکه سیستم‌های مکانیکی بدن خوب کار نمی‌کنند موجب افزایش افسردگی، نارضایتی، بی‌خوابی و فقدان انگیزه می‌شود [۸]. کارکردن در سرما، سبب انقباض عروق صورت و درنتیجه کاهش جریان خون در انگشتان دست و پا می‌گردد [۹]. گفتنی است این کاهش جریان خون ممکن است سبب از بین رفتن حس، کاهش عملکرد کارهای دستی، قدرت چنگش و افزایش خطا شود [۱۰]. براساس مطالعات انجام‌شده مشخص گردید در درجه حرارت‌های کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد، درصورتی که تدابیر حفاظتی لازم صورت نگیرد انرژی از بدن بسیار سریع خارج خواهد شد و عوارض مختلف ناشی از آن فرد را با مشکلات فیزیولوژیک و حتی خطر مرگ مواجه خواهد نمود. درخور ذکر است در فاصله جنگ جهانی دوم، مطالعات زیادی درخصوص اثرات مواجهه افراد با سرما در محیط‌های کاری سرد صورت گرفته است. همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که دو عامل محیطی دمای خشک هوای محیط و سرعت جریان هوا در ایجاد اثرات سرما اهمیت بیشتری دارند. به‌عبارتی هرچقدر درجه حرارت هوا پایین‌تر و سرعت جریان هوا بیشتر باشد اثر سرما بیشتر خواهد بود [۱].

گفتنی است برای ارزیابی مواجهه انسان با سرما برخی شاخص‌های تنش سرمایی مهم ارائه شده است. از آنجا که جریان هوا در اطراف پوست بدن می‌تواند میزان انتقال گرما به محیط را از طریق جابه‌جایی افزایش دهد، از ترکیب دمای خشک محیط و سرعت جریان هوا شاخصی به نام شاخص خنک‌کنندگی باد (WCI: Wind Chill Index) ارائه شده است. این شاخص نشان‌دهنده اثر جریان هوا بر دمای خشک می‌باشد و به‌طور غیرمستقیم نمایانگر از دست دادن گرمای بدن در محیط‌های سرد است. شاخص مذکور توسط Siple و Passel در سال ۱۹۵۴ ارائه شده است [۱۱]. از شاخص‌های مهم در بحث استرس سرمایی می‌توان به شاخص دمای معادل خنک‌کنندگی (ECT: Equivalent Chill Temperature) اشاره کرد. دمای معادل خنک‌کنندگی، دمای هوا در شرایط جریان هوای آرام و با سرعت جریان کمتر از ۱/۸ متر بر ثانیه می‌باشد. سازمان انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ضمن برآورد مخاطرات کار در سرما با شاخص دمای معادل خنک‌کننده، محدوده‌های مختلف خطر شاخص مواجهه با سرما و جریان هوا را ارائه نموده است و پس از آن برنامه کار- استراحت در محیط سرد را براساس جدول‌های معرفی‌شده مشخص کرده است. در این جدول‌ها حدود مجاز در شرایط عادی کار به ازای هر یک ساعت، ۱۰ دقیقه استراحت (۵۰ دقیقه کار، ۱۰ دقیقه استراحت) می‌باشد [۱۲]. یکی دیگر از شاخص‌های مهم استرس سرمایی، شاخص میزان عایق لباس مورد نیاز (IREQ: Required Clothing Insulation) می‌باشد. میزان عایق لباس مورد نیاز معیاری برای بیان استرس سرمایی به‌شمار می‌رود. این شاخص دمای پوست بدن را در حدود مجاز ثابت نگه می‌دارد تا تعادل گرمایی بدن حفظ شود [۱۳]. از دیگر مشاغلی که با استرس سرمایی مواجه هستند شاغلان مکانیک خودرو می‌باشند که با توجه به نوع کارشان زمان زیادی از روز در معرض سرما قرار دارند. گفتنی است با توجه به مطالعات محدود درباره این موضوع، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیک در شاغلان مکانیک خودرو در فصول سرد صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه تحلیلی- مقطعی در زمستان سال ۱۳۹۵روی شاغلان مکانیک خودروی شهر همدان انجام شد و روش انتخاب و نمونه‌گیری در آن به‌صورت تصادفی ساده بود. تعداد نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱محاسبه شد.

$$n = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

رابطه ۱

در این رابطه، σ_1^2 و σ_2^2 واریانس، μ_1 و μ_2 میانگین‌های حاصل‌شده از مطالعه مشابه داخلی می‌باشد. سطح اطمینان این آزمون ۹۵ درصد و توان آزمون برابر ۸۰ درصد درنظر گرفته شد. با جایگزینی مقادیر مختلف، تعداد نمونه مورد نیاز در این مطالعه ۵۰ نمونه تعیین گردید. از شرایط ورود به این مطالعه: نداشتن سابقه مصرف سیگار، داروهای قلبی، کاهش‌دهنده قند خون، ضد افسردگی و آرام‌بخش، ضد هیستامین‌ها، داروهای ضد پارکینسون و سایر داروها، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی- عروقی، مشکلات تنفسی و اختلالات خواب بود. علاوه بر این با استفاده از فرم رضایت‌نامه، تمایل افراد برای شرکت در مطالعه تعیین گردید.

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

پس از انتخاب نهایی افراد واجد شرایط، کلیه آزمون‌ها برای افراد به‌طور کامل آموزش داده شد و فرم مشخصات دموگرافیک کارگران نیز تکمیل گردید. پاسخ‌های فیزیولوژیکی کارگران ازجمله: دمای عمقی و سطحی بدن، فشار خون و ضربان قلب و متغیرهای محیطی ازقبیل: دمای هوا، میزان رطوبت و سرعت جریان هوا در محیط کار شاغلان حداقل پس از گذشت دو ساعت از کار روزانه در نوبت صبح محاسبه شد. این پاسخ‌ها مطابق توصیه‌های بین‌المللی استاندارد ISO 9886 اندازه‌گیری گردید [۱۴].

در پژوهش حاضر برای اندازه‌گیری دمای عمقی، دمای مجرای شنوایی و اندازه‌گیری دمای سطحی بدن، دمای پیشانی اندازه‌گیری شد. همچنین برای اندازه‌گیری دمای عمقی از دستگاه Ear Thermometer مدل CE 0120 ساخت کشور کره استفاده شد که دقت اندازه‌گیری آن از ۳۵+ تا ۳۹/۲+ درجه سانتی‌گراد است. دمای سطحی نیز با استفاده از ترمومتر لیزری مدل KIMO ساخت کشور فرانسه اندازه‌گیری شد که دقت اندازه‌گیری آن از ۵۰- تا ۱۸۵۰+ درجه سانتی‌گراد است. گفتنی است با استفاده از دستگاه ضربان‌سنج مدل BN-A500 ساخت کشور انگلیس تعداد ضربان قلب در دقیقه سنجیده شد و فشار خون با دستگاه فشارسنج عقربه‌ای مدل CE0123 اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری میزان درصد چربی بدن نیز از کالیپر مدل 01128 استفاده شد (شکل ۱) و درنهایت، با توجه به رابطه ۲، میزان درصد چربی بدن افراد مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۵].

رابطه ۲

$$\text{درصد چربی بدن} = (0.43 * X1) + (0.58 * X2) + 1.47$$

در این معادله X1 و X2 به‌ترتیب ضخامت چین‌های پوستی سه سر بازو و کتف بر حسب میلی‌متر هستند.

شکل ۱: کالیپر برای اندازه‌گیری میزان درصد چربی بدن

در هر واحد کاری یک ایستگاه اندازه‌گیری در نزدیکی جبهه کاری افراد انتخاب گردید و همزمان با سنجش پاسخ‌های فیزیولوژیکی، متغیرهای محیطی نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری متغیرهای محیطی و محاسبه شاخص دمای خشک از دماسنج جیوه‌ای استفاده شد و میزان رطوبت نسبی با استفاده از رطوبت‌سنج آسمن تعیین گردید. برای سنجش سرعت جریان هوا نیز از آنمومتر حرارتی استفاده شد. همچنین متابولیسم افراد در حین فعالیت مکانیکی مطابق با روش استاندارد ISO 8996 و مقاومت حرارتی لباس کارگران برحسب کلو با استفاده از استاندارد ISO 9920 تعیین شد [۱۶،۱۷]. گفتنی است شاخص استرین سرمایی (CSI: Cold Strain Index) روشی برای اندازه‌گیری استرین سرمایی فیزیولوژیکی در زمان واقعی است. این شاخص براساس اختلاف میانگین دمای عمقی (Tcore) و میانگین دمای پوست (Tsk) بر مبنای مقیاس جهانی ۱ تا ۱۰ محاسبه می‌شود. شاخص استرین سرمایی براساس رابطه ۳ محاسبه شد [۱۸].

رابطه ۳

$$CSI = 6.67(T_{core\,t} - T_{core0}) \cdot (35 - T_{core0})^{-1} + 3.33(\overline{T}_{sk\,t} - \overline{T}_{sk0}) \cdot (20 - \overline{T}_{sk0})^{-1}$$

در این رابطه، Tcore0 و Tsk0 اندازه‌گیری‌های اولیه (قبل از مواجهه) و Tcoret و Tskt اندازه‌گیری حین مواجهه می‌باشد. همچنین نمره نهایی شاخص استرین سرمایی عددی بین ۰ تا۱۰ است که براساس آن به پنج سطح استرین ندارد/ جزئی، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم می‌شود. در مرحله بعد با توجه به روابط ذکرشده در پایین شاخص‌های استرس سرمایی محاسبه شد.

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های استرس سرمایی، شاخص خنک‌کنندگی باد (WCI) می‌باشد که نشان‌دهنده میزان از دست دادن دمای بدن در محیط‌های سرد است و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه ۴

$$WCI = (t_a)(10V^{0.5} - V + 10.45)$$

در این رابطه، شاخص خنک‌کنندگی باد بر حسب کیلوکالری بر متر مربع در ساعت، t_a دمای خشک محیط بر حسب درجه سانتی‌گراد و V سرعت جریان هوا بر حسب متر بر ثانیه است [۱۹]. همچنین دمای معادل خنک‌کنندگی، دمای هوا در شرایط جریان هوای آرام و با سرعت جریان کمتر از ۱/۸ متر بر ثانیه بود که براساس شاخص خنک‌کنندگی باد به‌صورت زیر تعیین شد.

رابطه ۵

$$ECT = 33 - \frac{WCI}{25.5}$$

در این رابطه شاخص خنک‌کنندگی باد بر حسب وات بر متر مربع می‌باشد [۲۰].

IREQ میزان عایق لباس مورد نیاز در شرایط واقعی محیط است؛ به‌گونه‌ای که دمای بدن و پوست در حدود قابل قبول تأمین

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

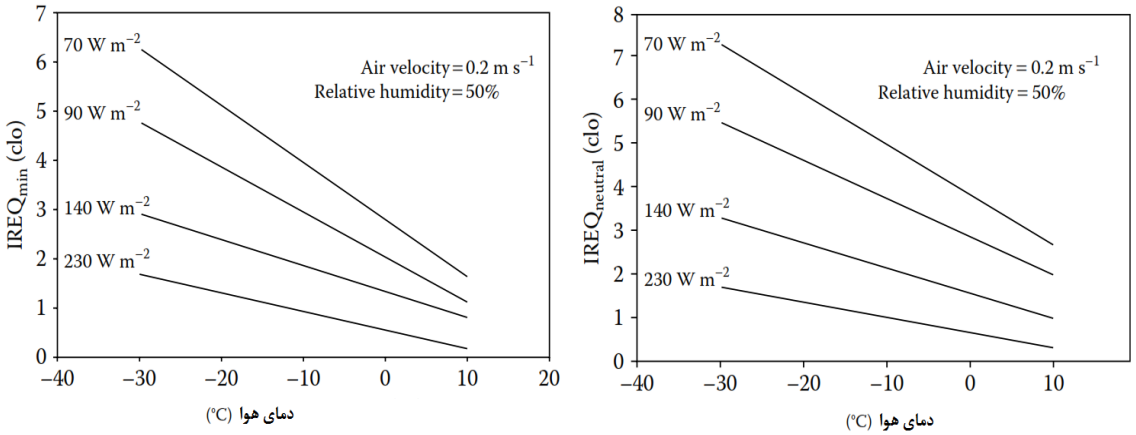
و تعادل حرارتی بدن حفظ شود. این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه شد [۲۱].

رابطه ۶

$$IREQ = \frac{(t_{sk} - t_{cl})}{M - W - H_{res} - E}$$

$$M - W - H_{res} - E - R - C = 0$$

در این رابطه، t_{sk} متوسط دمای پوست، t_{cl} دمای سطح پوشش داده‌شده، M میزان متابولیسم، W نرخ کار مکانیکی، H_{res} از دست دادن گرما از طریق تنفس، E از دست دادن گرما از طریق تبخیر، R از دست دادن گرما از طریق تابش، C از دست دادن گرما از طریق همرفت و K از دست دادن گرما از طریق هدایت می‌باشد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان عایق مورد نیاز می‌توان از نمودارهای معرفی‌شده توسط ISO 110791 استفاده کرد. در این مطالعه از این نمودارها استفاده شد [۲۱] (شکل ۲). درنهایت، داده‌های به‌دست آمده پس از جمع‌آوری با نرم‌افزار SPSS 21 و Excel 2010 تجزیه و تحلیل شد.



شکل ۲: نمودارهای تعیین حداقل عایق مورد نیاز (IREQ min) و عایق مورد نیاز برای حفظ تعادل حرارتی بدن (IREQ neutral)

یافته‌ها

براساس نتایج پژوهش حاضر، میانگین سنی افراد مورد مطالعه ۹/۸۰±۴۱/۰۷ سال، میانگین سابقه کاری جمعیت مورد مطالعه ۸/۱۶±۱۷/۶۶ سال و میانگین و انحراف معیار قد و وزن افراد مورد مطالعه به‌ترتیب ۴/۲۳±۱۷۵/۱۸ سانتی‌متر و ۵/۱۷±۷۶/۰۸ کیلوگرم بود. در این بین، میانگین شاخص توده بدن (BMI: Body Mass Index) افراد مورد مطالعه، ۲/۰۳±۲۴/۷۶ کیلوگرم بر مجذور قد به‌دست آمد. همچنین ۶۴ درصد از این افراد، دارای تحصیلات زیر دیپلم، ۲۶ درصد دیپلم و ۱۰ درصد دارای مدرک فوق دیپلم بودند. نتایج پاسخ‌های فیزیولوژیکی افراد شامل: دمای عمقی، دمای پوست، ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین میزان متابولیسم کارگران مکانیک در حین فعالیت روزانه ۵±۱۵۰ وات بر متر مربع تعیین شد. گفتنی است میانگین درصد چربی بدن افراد مورد مطالعه، ۳/۱۴۲±۳۲/۶۰ درصد به‌دست آمد که با توجه به حد استاندارد توصیه‌شده برای مردان (۲۶-۱۸ درصد) [۲۲]، شاغلان این مطالعه دارای چربی اضافه می‌باشند. در جدول ۲ نتایج اندازه‌گیری پارامترهای محیطی هوا در کارگاه‌های مکانیکی ارائه شده است.

با توجه به جدول ۳، میانگین شاخص خنک‌کنندگی باد ۴۷/۶۷۹±۴۸۹/۹۷ کیلوکالری بر متر مربع در ساعت، دمای

جدول ۱: مقادیر پاسخ‌های فیزیولوژیک در شاغلان مکانیک خودرو در حین فعالیت روزانه

متغیر	انحراف معیار±میانگین	حداقل	حداکثر
دمای عمقی (درجه سانتی‌گراد)	۳۵/۴۹±۰/۳۰۹	۳۴/۹۰	۳۶
دمای پوست (درجه سانتی‌گراد)	۳۳/۴۱±۱/۳۲۵	۳۱/۲۰	۳۶/۳۰
ضربان قلب (تپش در دقیقه)	۷۸/۰۴±۴/۰۰۵	۶۹	۸۷
فشار سیستولیک (میلی‌متر جیوه)	۱۲۹/۴۰±۶/۵۵۳	۱۱۸	۱۴۷
فشار دیاستولیک (میلی‌متر جیوه)	۷۸/۷۸±۴/۸۴۶	۶۵	۸۷
شاخص نمره استرین سرمایی	۴/۳۸±۱/۷۸۸	۱/۳۱	۷/۷۶
میزان چربی بدن(درصد)	۳۲/۶۰±۳/۱۴۲	۲۴/۵۷	۳۷/۸۱
شاخص توده بدن (BMI)	۲۴/۷۶±۲/۰۳۶	۱۸	۲۹

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

جدول ۲: نتایج اندازه‌گیری پارامترهای محیطی هوا در کارگاه‌های مکانیکی

متغیر	انحراف معیار±میانگین	حداقل	حداکثر
دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	۱/۹۶±۰/۹۶۱-	۳/۲۰-	۰
رطوبت نسبی (درصد)	۶۱/۴۶±۷/۴۷۳	۴۶	۷۵
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	۰/۱۵±۰/۰۸۴	۰/۰۴	۰/۳۲

جدول ۳: نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های استرس سرمایی در کارگاه‌های مکانیکی

شاخص استرس سرمایی	انحراف معیار±میانگین	حداقل	حداکثر
شاخص خنک‌کنندگی باد (کیلوکالری بر متر مربع در ساعت)	۴۸۹/۹۷±۴۷/۶۷۹	۴۰۹/۵۳۰	۵۶۸/۳۲۰
دمای معادل خنک‌کنندگی (درجه سانتی‌گراد)	۱۳/۷۸±۱/۸۶۹	۱۰/۷۱	۱۶/۹۴
حداقل عایق مورد نیاز (IREQ min)	۲/۰۴±۰/۲۴۶	۱/۶۵	۲/۴۰
عامل مقاومت لباس در برابر حرارت (Icl)	۱/۸۵±۰/۲	۱/۵۵	۲/۲۵
عایق مورد نیاز جهت حفظ تعادل حرارتی بدن (IREQ neutral)	۲/۱۸±۰/۲۵۱	۱/۷۶	۲/۷۰

معادل خنک‌کنندگی ۱/۸۶۹±۱۳/۷۸ درجه سانتی‌گراد و شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز (IREQ min)، ۲/۰۴±۰/۲۴۶ کلو به‌دست آمد.

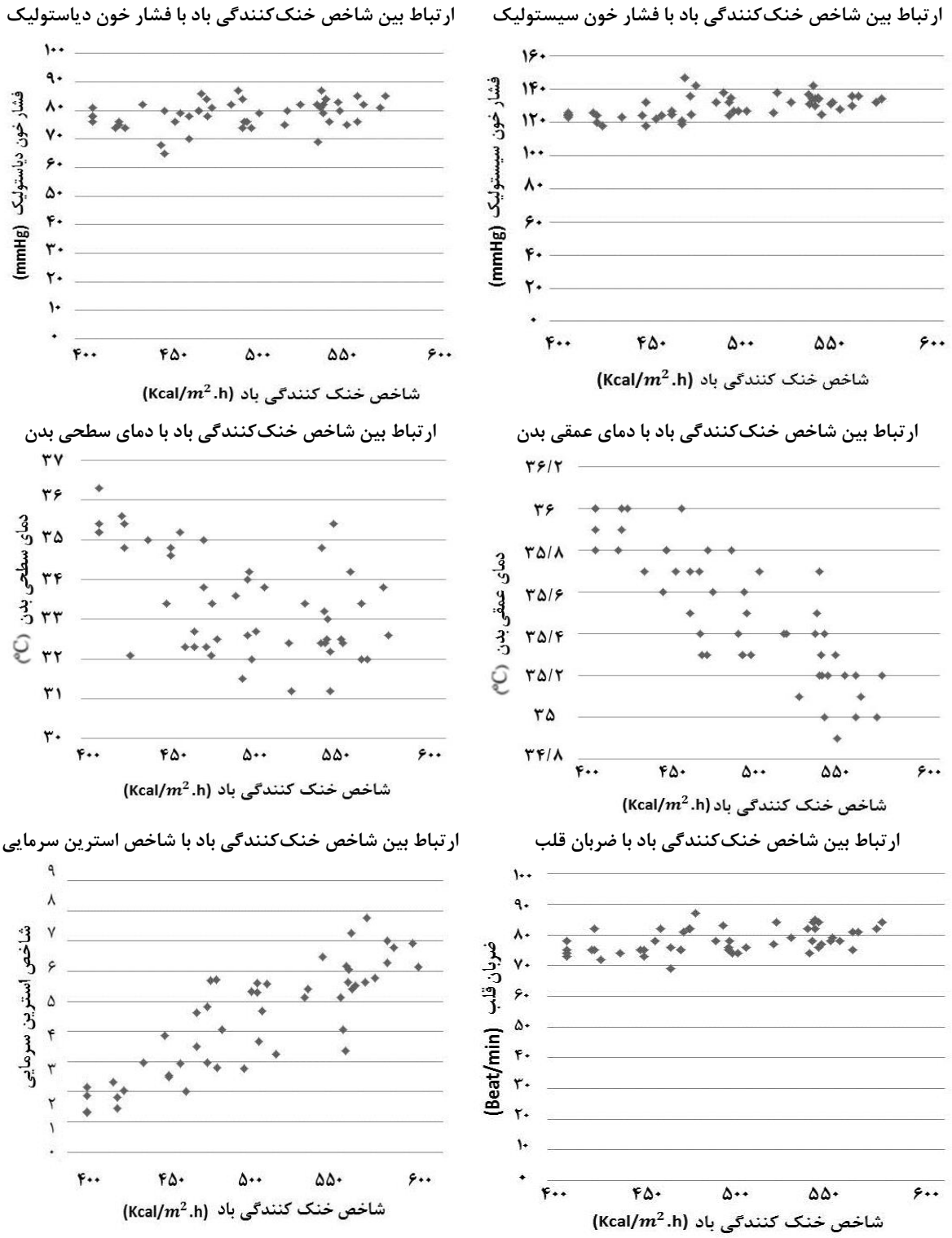
همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود میزان Icl (عامل مقاومت لباس) کمتر از IREQ min می‌باشد که نشان‌دهنده آن است لباس، عایق کافی در مقابل سرما ایجاد نکرده است و شاغلان دچار استرس سرمایی شده‌اند. با توجه به نموگرام تعیین شاخص خنک‌کنندگی باد در ناحیه ۵۰۰-۴۰۰ کیلوکالری بر متر مربع در ساعت، دمای هوا در ناحیه خنک تا خیلی خنک قرار دارد. همچنین از لحاظ دمای معادل خنک‌کنندگی، خطر یخ‌زدگی اندام برای فرد با لباس حداقل وجود دارد [۱۲]. نتایج ضریب همبستگی مربوط به شاخص‌های استرس سرمایی به‌عنوان یک متغیر مستقل و پاسخ‌های فیزیولوژیکی اندازه‌گیری‌شده در افراد به‌عنوان متغیر وابسته در جدول ۴ ارائه شده است. در بررسی ارتباط شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی، آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین همه شاخص‌های استرس سرمایی مورد بررسی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی رابطه معناداری وجود دارد (P<۰/۰۵). با توجه به ضریب همبستگی بین شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیک، شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز بالاترین همبستگی را با پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن شاغلان نشان داد.

نمودارهای پراکنش شکل‌های ۳، ۴ و ۵ ارتباط بین شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار پراکنش، بین شاخص خنک‌کنندگی باد و حداقل عایق مورد نیاز با دمای عمقی بدن رابطه معنادار

جدول ۴: ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مورد بررسی در شاغلان مکانیک خودرو

متغیر	شاخص خنک‌کنندگی باد	دمای معادل خنک‌کنندگی	حداقل عایق لباس مورد نیاز
شاخص خنک‌کنندگی باد	۱	-	-
دمای معادل خنک‌کنندگی	P<۰/۰۵ r=-۱	۱	-
میزان عایق لباس مورد نیاز	P<۰/۰۵ r=۰/۸۷۱	P<۰/۰۵ r= -۰/۸۷۱	۱
فشار خون سیستولیک	P<۰/۰۵ r=۰/۵۴۰	P<۰/۰۵ r= -۰/۵۴۰	P<۰/۰۵ r=۰/۶۲۵
فشار خون دیاستولیک	P<۰/۰۵ r=۰/۳۴۴	P<۰/۰۵ r=-۰/۳۴۳	P<۰/۰۵ r=۰/۴۲۴
دمای عمقی	P<۰/۰۵ r=-۰/۸۴۳	P<۰/۰۵ r=۰/۸۴۳	P<۰/۰۵ r= -۰/۹۲۶
دمای پوست	P<۰/۰۵ r=-۰/۵۲۸	P<۰/۰۵ r=۰/۵۲۸	P<۰/۰۵ r= -۰/۶۸۶
ضربان قلب	P<۰/۰۵ r=۰/۴۴۰	P<۰/۰۵ r=-۰/۴۴۰	P<۰/۰۵ r=۰/۴۳۶
شاخص استرین سرمایی	P<۰/۰۵ r=۰/۸۵۳	P<۰/۰۵ r=-۰/۸۵۳	P<۰/۰۵ r=۰/۹۵۵

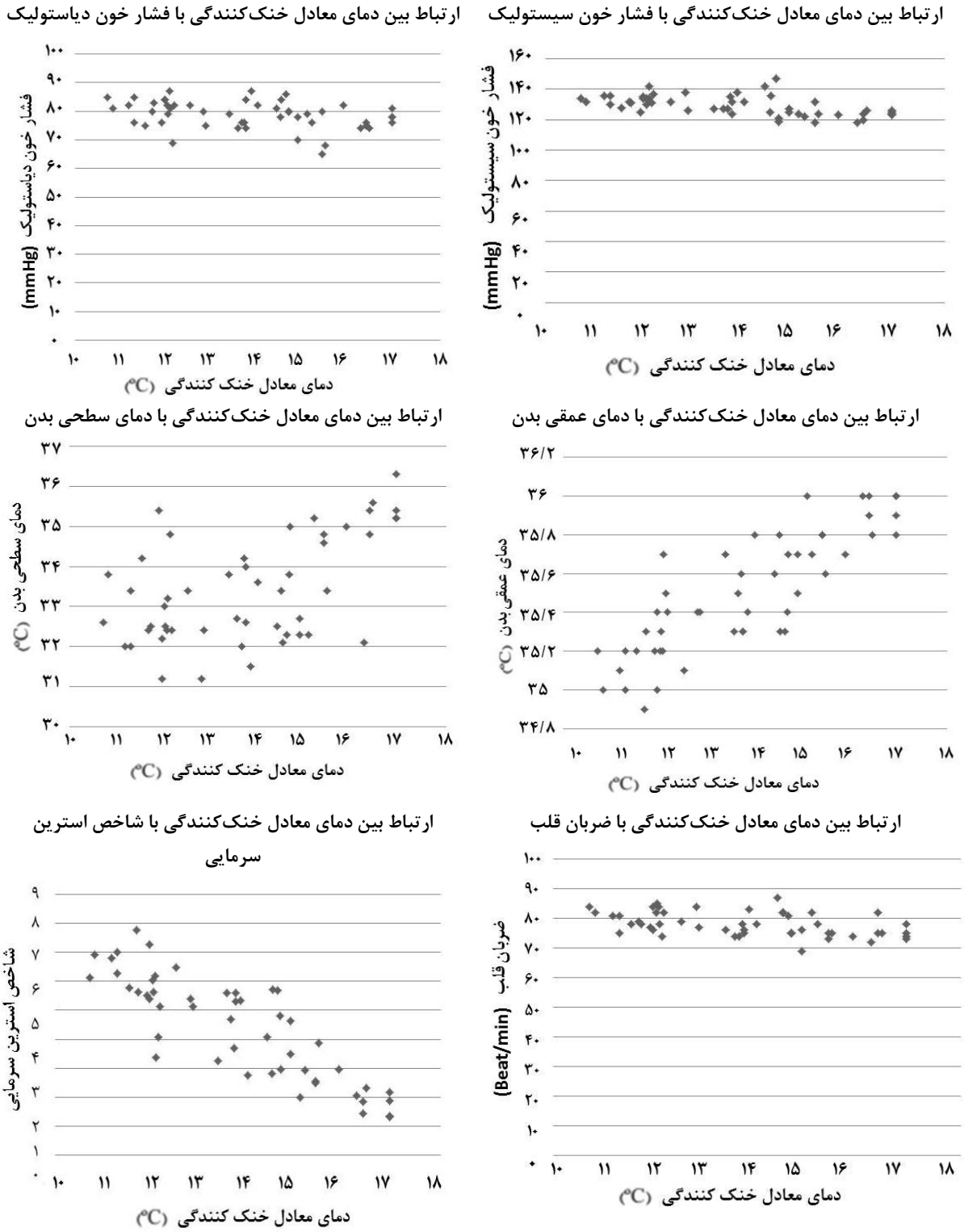
Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018



شکل ۳: نمودار پراکنش ارتباط بین شاخص خنک‌کنندگی باد با پاسخ‌های فیزیولوژیکی

و معکوسی وجود دارد. به‌عبارت دیگر با کاهش دمای عمقی بدن، میزان این دو شاخص استرس سرمایی افزایش می‌یابد؛ درحالی که بین دمای معادل خنک‌کنندگی و میزان دمای عمقی بدن رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد. با توجه به نمودار پراکنش می‌توان گفت که بین شاخص‌های استرس سرمایی با فشار خون و ضربان قلب ارتباط مستقیم و معناداری وجود دارد. همچنین بین شاخص خنک‌کنندگی باد و حداقل عایق مورد نیاز با شاخص استرین سرمایی رابطه معنادار و معکوسی مشاهده شد؛ درحالی که بین دمای معادل خنک‌کنندگی و شاخص استرین سرمایی رابطه‌ای مستقیم و معنادار وجود داشت. نمودار پراکنش شکل ۶، ارتباط بین درصد چربی بدن با میزان دمای عمقی بدن را نشان داد. همچنین بین درصد چربی بدن با دمای عمقی بدن رابطه مستقیم و معناداری مشاهده شد ($r=۰/۳۱۴$، $P<۰/۰۵$).

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

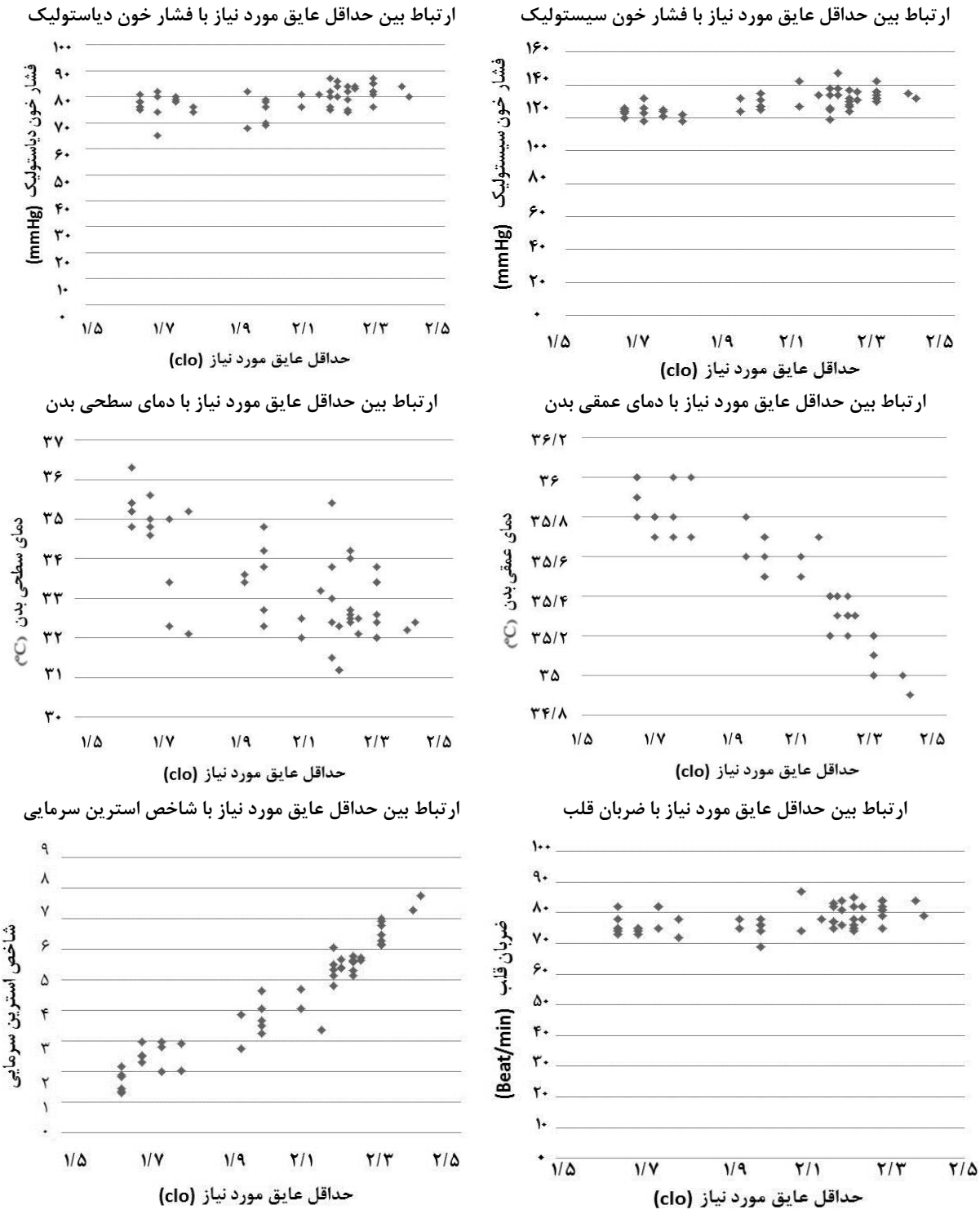


شکل ۴: نمودار پراکنش ارتباط بین دمای معادل خنک‌کنندگی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیک در شاغلان مکانیک خودرو صورت گرفت. در این مطالعه به‌منظور بررسی دمای عمقی بدن از پارامتر فیزیولوژیکی دمای تمپان استفاده گردید. مطالعات گذشته نشان دادند که پارامتر فیزیولوژیکی دمای عمقی تمپان نسبت به دیگر دماهای عمقی روشی غیرتهاجمی می‌باشد و خللی در کار کارگر ایجاد نمی‌کند [۲۳،۲۴]. براساس مطالعه‌ای که توسط Kim Etal در سال ۲۰۰۷ درباره ارتباط پاسخ‌های فیزیولوژیک و میزان بار کاری در شرایط دمایی خیلی سرد صورت گرفت، مشاهده شد که در شرایط دمایی خیلی سرد میزان

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018



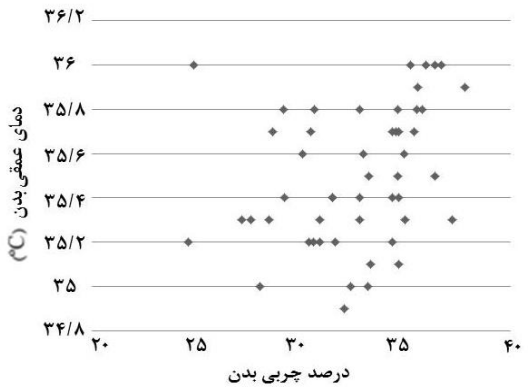
شکل ۵: نمودار پراکنش ارتباط بین حداقل عایق مورد نیاز با پاسخ‌های فیزیولوژیکی

پاسخ‌های فیزیولوژیک ازقبیل دمای عمقی و دمای سطحی به‌طور معناداری کاهش و پاسخ‌های فیزیولوژیک ازجمله فشار خون و ضربان قلب افزایش یافت [۲۵]. گفتنی است نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر همخوانی داشت. در مطالعه Rissanen و همکاران مشاهده شد که در شرایط دمایی سرد، میزان دمای عمقی و دمای سطحی با کاهش دما دارای رابطه مستقیم بود [۲۶] و این نتایج با مطالعه حاضر همخوانی داشت. کاهش دمای سطحی بدن وابسته به دمای عمقی و همچنین میزان متابولیسم افراد است.

در مطالعه حاضر در دمای ۱/۹۶- درجه سانتی‌گراد، میانگین دمای پوست ۳۳/۴۱ درجه سانتی‌گراد بود؛ درحالی که در مطالعه Cortili و همکاران در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد، دمای پوست ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد بود [۲۷]. نتایج مطالعه ذکرشده نشان می‌دهد که هرچقدر دمای هوا کاهش یابد، دمای عمقی بدن کمتر می‌شود و به‌دنبال آن میزان دمای سطحی کاهش می‌یابد.

براساس نتایج مطالعه حاضر، با افزایش شاخص‌های استرس سرمایی در محیط، ضربان قلب و فشار خون شاغلان افزایش

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018



شکل ۶: نمودار پراکنش ارتباط بین درصد چربی بدن با دمای عمقی بدن

یافت؛ به‌نحوی که افزایش در هرکدام از شاخص‌های استرس سرمایی ازقبیل: شاخص خنک‌کنندگی باد، حداقل عایق مورد نیاز و دمای معادل خنک‌کنندگی در مقابل موجب افزایش میزان ضربان قلب و فشار خون در افراد مورد مطالعه شد. در مطالعه Budd و همکاران و Xiakun و همکاران نیز نشان داده شد که کاهش دمای محیط منجر به افزایش ضربان قلب و افزایش فشار خون می‌شود [۲۸،۲۹]. در مطالعه Moran و همکاران با هدف ارزیابی شاخص‌های استرس محیطی با استفاده از متغیرهای فیزیولوژیکی ازجمله: دمای عمقی، ضربان قلب، میزان تعریق و شاخص استرین فیزیولوژیکی در متابولیسم‌های مختلف و نیز لباس‌های متفاوت، ارتباط مناسبی بین شاخص‌های استرس محیطی و متغیرهای فیزیولوژیکی مشاهده شد و همبستگی بین شاخص استرس محیطی و متغیرهای فیزیولوژیکی با افزایش مقدار شاخص استرس محیطی بیشتر شد [۳۰] که این نتایج با مطالعه حاضر همخوانی داشت.

آزمون همبستگی پیرسون در بررسی ارتباط شاخص‌های استرس سرمایی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی، نشان داد شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز بالاترین همبستگی را با پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن شاغلان دارد. نتایج این مطالعه تأیید نمود که این شاخص نسبت به دیگر شاخص‌های استرس سرمایی ازقبیل خنک‌کنندگی باد و دمای معادل خنک‌کنندگی، قابلیت اطمینان بیشتری برای تعیین سطح استرس سرمایی در بین شاغلان مکانیک خودرو دارد. بر این اساس، سازمان بین‌المللی استاندارد، شاخص عایق لباس مورد نیاز را به‌عنوان شاخص اصلی استرس سرمایی معرفی نموده است. همچنین نتایج نشان داد که بین درصد چربی بدن با دمای عمقی بدن رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد. افزایش چربی زیرپوستی همانند لایه عایقی بین سطح پوست و بافت‌های عمقی به‌ویژه در اندام‌های انتهایی، شکم و تنه عمل می‌کند. این لایه چربی به‌طور تئوریکی انتقال حرارت از طریق رسانش را از عضلات به سطح پوست کاهش می‌دهد. مطالعه Pretorius و همکاران نیز نشان داد که افزایش چربی زیر پوستی دفع حرارت از بدن را کاهش می‌دهد [۳۱].

با این حال باید به این نکته توجه داشت که افزایش مساحت سطح بدن نسبت به افزایش وزن در اثر بیشترشدن چربی بدن می‌تواند در کاهش قدرت تحمل سرما تأثیرگذار باشد؛ زیرا مساحتی که انتقال حرارت از آن صورت می‌گیرد، افزایش یافته است. از طرف دیگر، چربی زیرپوستی به این دلیل که اجازه انتقال حرارت از عمق بدن به سطح را نمی‌دهد ممکن است سبب کاهش دمای سطحی بدن افراد شود. گفتنی است کاهش دمای سطحی بدن به‌ویژه در کف دست منجر به کاهش چابکی و قدرت چنگش دست می‌گردد. با توجه به استفاده‌نکردن شاغلان مکانیک از دستکش در حین کار در مواجهه با سرما می‌توان گفت که دمای سطحی در این قشر قطعاً کاهش می‌یابد. مطالعات نشان داده است پوشاندن بخش سر و پیشانی در مواجهه با سرما می‌تواند سبب کاهش انتقال جریان خون به قسمت سر و درنتیجه، حفظ بیشتر دمای انگشتان دست گردد [۳۲]؛ بنابراین پیشنهاد می‌گردد کارگران مکانیک در مواجهه با سرما تا حد امکان از کلاه و پیشانی‌بند استفاده نمایند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج مطالعه حاضر درباره پاسخ‌های فیزیولوژیک بدن در مواجهه با سرما مشاهده شد که شاغلان مکانیک در فصول سرد دچار استرین سرمایی هستند که بر سلامتی و همچنین عملکرد فیزیکی و ذهنی آن‌ها در حین فعالیت اثر منفی می‌گذارد. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص حداقل عایق لباس مورد نیاز نسبت به دیگر شاخص‌های استرس سرمایی ازقبیل: شاخص خنک‌کنندگی باد و شاخص دمای معادل خنک‌کنندگی قابلیت اطمینان بیشتری برای تعیین سطح استرس سرمایی در بین شاغلان مکانیک خودرو دارد. علاوه بر آن مشاهده شد که درصد چربی بیشتر بدن منجر به افزایش قدرت تحمل شاغلان مکانیک در برابر سرما شده و خطر ایجاد استرس سرمایی را کاهش داده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مطالعه از همکاری و مشارکت فعال شاغلان مکانیک خودروی شهر همدان در این پژوهش تشکر و قدردانی ویژه می‌نمایند. این مطالعه بخشی از پایان‌نامه تحقیقاتی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای به شماره ۹۵۰۹۰۹۵۱۳۷ می‌باشد که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان حمایت شده است.

REFERENCES

1. Golmohammadi R, Aliabadi M. Air conditioning control in workplace. 1st ed. Hamadan: Student Publications; 2012. [Persian]
2. Holmer I. Evaluation of cold workplaces: an overview of standards for assessment of cold stress. *Int Health.* 2009;**47**(3):228-34.PMID: 19531908

Downloaded from johe.umsha.ac.ir at 10:50 +0330 on Thursday January 18th 2018

3. Korhonen I. Blood pressure and heart rate responses in men exposed to arm and leg cold pressor tests and whole-body cold exposure. *Int J Circumpolar Health*. 2006;**65**(2):178-84. PMID: 16711469
4. Komulainen S, Rintamäki H, Virokannas H, Keinänen-Kiukaanniemi S. Blood pressure responses to whole-body cold exposure: effect of metoprolol. *J Hum Hypertens*. 2004;**18**(12):905-6. PMID: 15269706DOI: 10.1038/sj.jhh.1001758
5. Mäkinen TM, Hassi J. Health problems in cold work. *Ind Health*. 2009;**47**(3):2007-20. PMID: 19531906
6. Näyhä S. Environmental temperature and mortality. *Int J Circumpolar Health*. 2005;**64**(5):451-8. PMID: 16440607
7. Gregson W, Black MA, Jones H, Milson J, Morton J, Dawson B, et al. Influence of cold water immersion on limb and cutaneous blood flow at rest. *Am J Sports Med*. 2011;**39**(6):1316-23. PMID: 21335348DOI: 10.1177/0363546510395497
8. Skandfer M, Talykova L, Brenn T, Nilsson T, Vaktskjold A. Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics. *Ergonomics*. 2014;**57**(10):1541-8. PMID: 25105930 DOI: 10.1080/00140139.2014.904005
9. Taylor NA, Machado-Moreira CA, van den Heuvel AM, Caldwell JN. Hands and feet: physiological insulators, radiators and evaporators. *Eur J Appl Physiol*. 2014;**114**(10):2037-60. PMID: 25011493DOI: 10.1007/s00421-014-2940-8
10. Caldwell JN, Mayumi-Nakamura M, Taylor NA. Three-dimensional interactions of mean body and local skin temperatures in the control of hand and foot blood flows. *Eur J Appl Physiol*. 2014;**114**(8):1679-89. PMID: 24819447 DOI: 10.1007/s00421-014-2894-x
11. 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. PMID: 16169916DOI: 10.1136/oem.2004.016394
12. 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.
13. 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. PMID: 17599786 DOI: 10.1080/10803548.2007.11076714
14. ISO9886. Evaluation of thermal strain by physiological measurement. 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization; 2004.
15. Farajzadeh S.Sports geomorphologic.Tehran: Publication of the National Olympic Committee of the Islamic Republic of Iran; 1985. [Persian]
16. ISO8996. Ergonomics of the thermal environment-determination of metabolic rate. 2nd ed. Geneva: International Organization for Standardization; 2004.
17. International Organization for Standardization. Ergonomics of the environment-Estimation of the thermal insulation evaporative resistance of a clothing ensemble. Geneva: International Organization for Standardization; 1995.
18. 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. PMID: 10444564
19. Daanen HA. Manual performance deterioration in the cold estimated using the wind chill equivalent temperature. *Ind Health*. 2009;**47**(3):262-70. PMID: 19531912
20. Apte M. Comparison between required clothing insulation and that actually worn by workers exposed to artificial cold. *Appl Ergon*. 1988;**19**(4):301-5. PMID: 15676672
21. 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.
22. HaeriBehbahani B, Dorosty AR, Eshraghian MR. Assessment of obesity in children: fat mass index versus body mass index. *Tehran Univ Med J*. 2009;**67**(6):408-14. [Persian]
23. Varley F. A study of heat stress exposures and interventions for mine rescue workers. *Transactions*. 2004;**316**:133-42.
24. Jafari MJ, Hoorfarasat G, Salehpour S, Khodakarim S, Haydarnezhad N. Comparison of correlation between wet bulb globe temperature, physiological strain index and physiological strain index based on heart rate with heart rate and tympanic temperature on workers in a glass factory. *Saf Prom Inj Prev*. 2014;**2**(1):55-64.
25. Kim TG, Tochihara Y, Fujita M, Hashiguchi N. Physiological responses and performance of loading work in a severely cold environment. *Int J Ind Ergon*. 2007;**37**(9):725-32. DOI:org/10.1016/j.ergon.2007.05.009
26. Rissanen S, Rintamäki H. Cold and heat strain during cold-weather field training with nuclear, biological, and chemical protective clothing. *Mil Med*. 2007;**172**(2):128-32. PMID: 17357763
27. Cortili G, Mognoni P, Saibene F. Work tolerance and physiological responses to thermal environment wearing protective NBC clothing. *Ergonomics*. 1996;**39**(4):620-33. PMID: 8854982 DOI: 10.1080/00140139608964485
28. Budd GM, Warhaft 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. PMID: 5914255
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 Public Health*. 2014;**11**(3):2472-87. PMID: 24583830 DOI: 10.3390/ijerph110302472
30. Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez RR. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. *J Thermal Biol*. 2003;**28**(1):43-9. DOI:org/10.1016/S0306-4565(02)00035-9
31. Pretorius T, Lix L, Giesbrecht G. Shivering heat production and body fat protect the core from cooling during body immersion, but not during head submersion: astructural equation model. *Comput Biol Med*. 2011;**41**(3):154-8.PMID: 21295291 DOI: 10.1016/j.compbiomed.2011.01.005
32. O'Brien C, Castellani JW, Sawka MN. Thermal face protection delays finger cooling and improves thermal comfort during cold air exposure. *Eur J Appl Physiol*. 2011;**111**(12):3097-105. PMID: 1461929 DOI: 10.1007/s00421-011-1931-2