Journal of Health and Safety at Work 2021; 11(1): 106-116

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Validation of Heat Pressure Assessment (HPA) Method and WBGT index in Iranian South Oil Company

A. Biabani[1], M. Falahati[2]*, I. Alimohammadi[3], M. Zokaei[1], H. Jalilian[4], A.Dehghani[5], M. Najafi Majareh[6]

[1] Department of Occupational Health and Safety Engineering, Social Determinants of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran.
[2] Department of Occupational Health and Safety Engineering, Social Determinants of Health Research Center, Saveh University of Medical Sciences, Saveh, Iran.
[3] Occupational health research center, Faculty of Health, Tehran University of medical sciences, Tehran, Iran.
[4] Department of Occupational Health and Safety Engineering, Faculty of health, Qom University Medical of Sciences, Qom, Iran.
[5] Management of Health, Supreme Council of Iran's Free Trade, Industrial and Especial Economic Zone, Iran
[6] HSE Management Department of Tehran Municipality, Tehran, Iran.

Received: 2019-03-09 Accepted: 2020-01-19

ABSTRACT

Introduction: Determining methods for assessing heat stress in different work environments is one of the major challenges for researchers in this field. The purpose of this study was to validate WBGT index and heat pressure assessment (HPA) by some physiological responses in Iranian South Oil Company.

Material and Methods: This descriptive-analytical study was carried out on 154 employees of Kharg, Asalouyeh and Mahshahr oil terminals recruited from three different working conditions including indoor, outdoor and rest environments in the summer. The amount of heat stress in the workplace was evaluated by WBGT index HPA method. To meet this purpose, the environmental parameters i.e., temperature, wet temperature, radiation temperature, relative humidity, water vapor pressure and air flow rate were determined. In addition to the direct reading method by the WBGT meter, ISO 7243 was used to calculate the WBGT index. In order to validate the heat stress indicators, physiological parameters of oral temperature, tympanic temperature and work metabolism were measured.

Results: The results of paired sample t-test showed a significant difference between WBGT index and HPA in indoor and outdoor environment (P<0.05). Moreover, there was a significant difference between the physiological indices of oral and tympanic temperatures and work metabolism in the indoor and outdoor environment (P<0.05). Furthermore, the correlation test was significant between WBGT index as an independent variable and HPA as a dependent variable (P<0.05) and showed a high correlation (R2=0.914) between WBGT index with oral temperature and tympanic temperature . Also, the rate of work metabolism was significantly related with the aforementioned parameters (P<0.05) and was equal to R2=0.423, R2=0.335, R2=0.552, respectively. The correlations were also significant between HPA with Oral temperature, tympanic temperature and work metabolism (P<0.05)and were equal to R2=0.632, R2=0.605, R2=0.557, respectively. The results showed also that the correlation rate between the HPA with physiological parameters is stronger than that between physiological parameters with the WBGT index.

Conclusion: This study showed that WBGT and HPA methods are useful for assessing the heat stress of Iranian South Oil Company. Also, the HPA method is more reliable for assessing heat stress in these regions.

Keywords: *WBGT, Heat stress, HPA, Physiological Parameters*

* Corresponding Author Email: *m.falahati@savehums.ac.ir*

Copyright © 2021 The Authors. Published by Tehran University of Medical Sciences.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

Table 1. Measurement results of thermal stress parameters and indicators

rest environment			Average difference	Outdoor environment			indoor environment			Workplace
Sd	mean	N	Sign level	Sd	mean	N	sd	mean	N	**parameters**
21.03	21.03	154	<0.0001	3.22	31.06	154	3.29	21.22	154	**$(c^0)WBGT_{TWA}$**
2.13	22.36	154	<0.0001	6.53	66.37	154	4.08	29.34	154	**HPA_{TWA}**
0.28	37.08	154	0.043	0.34	37.46	154	0.24	37.19	154	**Oral (c0)**
0.27	37.14	154	0.026	0.41	37.66	154	0.27	37.44	154	**Temp (c0)**
6.21	113.88	154	0.043	41.75	211.03	154	43.2	207.12	154	**Metabolism (w / m2)**

1. INTRODUCTION

Working at high temperatures and high humidity has the potential to cause heat stress among the employees, particularly for those responsible for performinghigh physical activity tasks. In addition to other factors such as age, the level of fitness and general health are also the two effective determinants in this regard; therefore, an appropriate index should be used to measure heat stress. A study by Falahati et al. indicated that the WBGT index is the most accurate method in assessing heat stress. Also, in the study of Monazzam et al., the HPA method with WBGT was used together to evaluate the thermal stress of a steel manufacturing company in Iran.

2. MATERIALS AND METHODS

The population under study included 154 personnel working in operational units such as industrial repair, transportation, facility and facility repair, offshore, HSE, operation and export, dock, security, laboratory, service units and the support of the oil terminals company.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the mean and standard deviation of environmental, physiological and thermal stress parameters in the indoor, outdoor and rest environmental conditions. The results of Paired sample t-test showed a significant difference between WBGT index and HPA in indoor and outdoor environments ($p<0.05$).The results of Table 1 also show that there is a significant difference between the physiological indices of oral temperature, tympanic temperature and working metabolism in the indoor and outdoor environment ($P <0.05$).

4. CONCLUSION

The results showed that HPA and WBGT methods were used to evaluate heat stress in the Iranian South Oil Company.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۱/ شماره ۱/ بهار ۱۴۰۰ صفحات ۱۰۶-۱۱۶

اعتبارسنجی روش ارزیابی فشار گرمایی و شاخص WBGT در مناطق نفت خیز جنوب ایران

اعظم بیابانی[۱]، محسن فلاحتی[۲*]، ایرج علیمحمدی[۳]، مجتبی ذکایی[۱]، حامد جلیلیان[۴]، علی دهقانی[۵]، محمد نجفی مجره[۶]

[۱] مرکز تحقیقات مولفه های اجتماعی موثر بر سلامت ساوه، دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران
[۲] مرکز تحقیقات مولفه های اجتماعی موثر بر سلامت ساوه، دانشکده علوم پزشکی ساوه، ساوه، ایران
[۳] گروه آموزشی مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
[۴] گروه آموزشی مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
[۵] مدیریت سلامت، دبیرخانه شورایعالی مناطق آزاد تجاری صنعتی و ویژه اقتصادی، ایران
[۶] سامانه مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) شهرداری تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۱۲/۱۸، تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/ ۱۰/۲۹

چکیده

مقدمه: تعیین روش هایی جهت ارزیابی استرس های حرارتی در محیط های کاری مختلف یکی از چالش های مهم محققین در این زمینه می باشد. مطالعه حاضر با هدف اعتبارسنجی شاخص های WBGT و ارزیابی فشارگرمایی (HPA) از طریق اندازه گیری برخی پاسخ های فیزیولوژیک در مناطق نفت خیز جنوب ایران انجام گردید.

روش کار: این مطالعه توصیفی- تحلیلی بر روی ۱۵۴ نفر از شاغلین پایانه های نفتی خارک، عسلویه و ماهشهر در سه شرایط کاری شامل محیط مسقف، محیط روباز و محیط استراحت در فصل تابستان انجام گردید. میزان استرس حرارتی موجود در محیط کار توسط شاخص WBGT و روش ارزیابی فشار گرمایی[۱] مورد بررسی قرار گرفت، که بدین منظور پارامترهای محیطی دمای خشک،دمای تر، دمای تشعشعی، رطوبت نسبی، فشار بخارآب و سرعت جریان هوا تعیین شد. بمنظور محاسبه شاخص WBGTعلاوه بر روش قرائت مستقیم توسط دستگاه WBGT meter از استاندارد ISO-۷۲۴۳ نیز استفاده گردید. به منظور اعتبار سنجی شاخص های مذکور نیز اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیکی دمای دهانی، دمای تمپان و متابولیسم فعالیت همزمان با اندازه گیری پارامترهای محیطی صورت گرفت.

یافته ها: نتایج آزمون آماری Paired Sample T-test نشان می دهد میانگین شاخص WBGT و ارزیابی احتمال فشار گرمایی در محیط مسقف و روباز دارای اختلاف معنادار می باشد($p<۰/۰۵$). همچنین میانگین شاخص های فیزیولوژیک دمای دهانی و دمای تمپان و متابولیسم کاری در محیط مسقف و روباز دارای اختلاف معنادار می باشد($p<۰/۰۵$). آزمون همبستگی بین شاخص WBGT بعنوان متغییر مستقل و روش ارزیابی فشار گرمایی بعنوان متغییر وابسته معنادار بوده ($P<۰.۰۵$) و از همبستگی بالایی برخوردار است ($R^2= ۰/۹۱۴$) میزان همبستگی بین شاخص WBGT با پارامتر های دمای دهانی، دمای تمپان و میزان متابولیسم کاری معنادار بوده ($P<۰.۰۵$) و بترتیب برابر ($R^2= ۰/۴۲۳$)، ($R^2= ۰/۳۳۵$) و ($R^2= ۰/۵۲۳$) می باشد. میزان همبستگی بین روش ارزیابی احتمال فشار گرمایی(HPA) با پارامتر های دمای دهانی، دمای تمپان و میزان متابولیسم کاری معنادار بوده ($P<۰.۰۵$) و بترتیب برابر ($R^2= ۰/۶۳۲$)، ($R^2= ۰/۶۰۵$) و ($R^2= ۰/۵۷۹$) می باشد. این نتایج نشان می دهد میزان همبستگی بین روش ارزیابی احتمال فشار گرمایی با پارامترهای فیزیولوژیک بیشتر از میزان همبستگی WBGT با این پارامترها می باشد.

نتیجه گیری: این تحقیق نشان داد با توجه به ماهیت شغلی کارکنان شاغل در مناطق نفت خیز شاخص WBGT و ارزیابی فشار گرمایی روش های مفیدی جهت ارزیابی استرس حرارتی موجود در پایانه های نفتی می باشند. همچنین مشخص گردید ارزیابی فشار گرمایی برای اندازه گیری استرس حرارتی در این مناطق از اعتبار بالاتری برخوردار می باشد.

کلمات کلیدی: *ارزیابی فشار گرمایی، WBGT، استرس حرارتی، شاخص فیزیولوژیک*

1 HPA (Heat Pressure Assessment)

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *m.falahati@savehums.ac.ir*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

مقدمه

توسعه و ارتقای بهداشت و ایمنی شغلی در محیط های کاری مختلف سبب توجه فزاینده ای به این مقوله در سطح جهانی شده است. اثرات سو ناشی از شرایط اقلیمی در کنار نیازمندی های متفاوت شغلی همچون پوشش شاغلین، بارکاری و متابولیسم بالا، مواجهه طولانی مدت، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و عدم برخورداری از امکانات کنترلی و رفاهی مناسب به ویژه در مشاغل روباز باعث بروز و شیوع استرس های حرارتی به ویژه در فصول گرم سال شده که باعث ایجاد عوارضی همچون راش های پوستی، ضعف گرمایی، کرامپ عضلانی و گرمازدگی سالیانه در تعداد کثیری از افراد در معرض می گردد(۱). کار در شرایط دمایی بالا و رطوبت زیاد و همچنین فعالیت های جسمانی شدید پتانسیل بالایی را برای ایجاد استرس گرمایی در کارکنان دارد(۲). علاوه بر عوامل محیطی فاکتورهای دیگری همچون سن، سطح آمادگی جسمانی و سلامت کلی نیز در این زمینه موثر می باشد(۳). لذا بمنظور ارزیابی استرس گرمایی باید به دنبال یک شاخصی بود که علاوه بر پارامترهای محیطی فاکتورهای دیگری نیز همچون متابولیسم ، زمان تماس، پیچیدگی کار، فاصله زیاد از استراحت گاه خنک و... مورد سنجش قرار دهد. تحقیقات بمنظور تعیین یک شاخص برای ارزیابی استرس گرمایی در محیط کار هنوز یک موضوع بحث برانگیز است که توسط مطالعات و شاخص ها یی که در طی ۵۰ سال گذشته بررسی گردیده تایید شده است(۴) .با این حال امروزه دو شاخص WBGT و PHS در سطح استاندارد بین المللی مورد تایید قرار گرفته اند(۵, ۶). یکی از شاخص های معتبر و استاندارد که مقبولیت و کاربردپذیری وسیعی در سرارسر دنیا دارد شاخص WBGT می باشد که توسط Minard و Yaglue در سال ۱۹۵۷ معرفی و در سال ۱۹۸۹ به عنوان استاندارد ISO-7243 پذیرفته شده است (۷). مطالعات مختلفی در سراسر ایران و جهان در ارتباط با میزان کارایی شاخص های تجربی و تحلیلی در برآورد استرس گرمایی انجام شده است که نتایج حاکی از آن است که شاخص WBGT شاخصی مناسب جهت ارزیابی سریع وضعیت شرایط جوی محیط است(۸, ۹). در مطالعه ای که توسط HOORFARASAT و همکاران در صنعت تولید شیشه در سال ۲۰۰۸ انجام گردید با توجه به همبستگی مثبت بین مقادیر شاخص WBGT و پارامترهای فیزیولوژیکی مورد بررسی شاخص WBGT به عنوان شاخص پذیرفته شده تری نسبت به HSSI برای ارزیابی استرس حرارتی معرفی شد

در مطالعه ای که توسط گلمحمدی انجام گرفت ارتباط مثبتی بین شاخص های WBGT و HSI بدست آمد ولیکن مشخص شد به دلیل وابستگی بالای شاخص HSI به سرعت جریان هوا ، پراکندگی داده های محاسبه شده زیاد بوده لذا با توجه به نتایج مطالعه مشخص گردید توزیع شاخص HSI نسبت به شاخص WBGT دارای ضعفهای متعددی می باشد(۱۰). علی رغم مزایایی همچون معتبر بودن و کاربردپذیری وسیع شاخص WBGT ، عواملی همچون دقت پایین آن در شرایط محیطی با سرعت جریان های پایین هوا و یا شرایط محیطی با رطوبت بالا، عدم درنظر گرفتن فاکتوری های فردی و فیزیکی باعث گردید تا علاوه بر شاخص مذکور از روش ارزیابی فشار گرمایی دیگری نیز استفاده گردد که فاقد چالش ها و نواقص شاخص WBGT باشد (۱, ۱۱). این روش، نه‌تنها به پارامترهای سایکرومتری هوا (عامل جوی) توجه دارد، بلکه پارامترهای دیگری از قبیل نوع کار، بارکاری، فاصله محل کار تا محل استراحت یا آبخوری و وسیله حفاظت فردی را مورد توجه قرار می دهد(۱۲). در مطالعه منظم وهمکاران این روش به همراه WBGT جهت ارزیابی استرس حرارتی کارخانه فولاد بصورت ترکیبی مورد استفاده قرار گرفت (۱۳). با توجه به محدودیت های اشاره شده برای شاخص WBGT و مزایای اشاره شده برای روش HPA و همچنین عدم وجود مطالعات کافی در مورد اعتبار این روش، هدف این مقاله اعتبار سنجی شاخص WBGT و روش HPA در پایانه های نفت خیز ایران توسط پارامترهای فیزیولوژیک بود. برای ارزیابی عملکرد شاخص های استرس حرارتی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

در محیط های کاری عموما همبستگی شاخص استرس حرارتی با پارامترهای فیزیولوژیکی مربوطه مطالعه می شود؛همبستگی دمای دهانی و دمای پرده سماخ با دمای رکتال در شرایطی که امکان اندازه گیری مستقیم دمای رکتال میسر نباشد معرفی شده است(۷). در واقع پارامتر فیزیولوژیکی دمای تمپان ودمای دهانی نسبت به دیگر دماهای عمقی غیر تهاجمی بوده و خللی در کار کارگر ایجاد نمی کند و می تواند به عنوان یک شاخص کاربردی تر نسبت به دیگر دماهای عمقی برای اندازه گیری واکنش فیزیولوژیکی در محیط کاری گرم مورد استفاده قرار گیرد(۱۴). در مطالعه ای که توسط حیدری و همکاران با هدف اعتبار سنجی شاخص جدید آنتالپی در ارزیابی استرس های حرارتی محیط های گرم و خشک انجام گردید پارامتر فیزیولوژیکی دمای تیمپانیک گوش افراد بمنظور اعتبارسنجی شاخص مذکور استفاده شد(۱۵). در مطالعه گلبابایی و همکاران با عنوان بررسی استرس گرمایی بر مبنای شاخصWBGT و ارتباط آن با پارامترهای فیزیولوژیکی در مشاغل روباز شهرستان شبستر بین شاخص WBGTو شاخص های فیزیولوژیک ارتباط مستقیم و مثبتی دیده شد(۱۶). لذا در گام دوم پاسخ های فیزیولوژیک دمای دهانی و دمای پرده صماخ شاغلین در معرض گرما هم به عنوان مبنای اعتبار سنجی مورد سنجش قرار گرفتند.

روش کار

این مطالعه توصیفی – تحلیلی در پایانه های نفتی خارک، عسلویه و ماهشهر در فصل تابستان انجام شد.جمعیت مورد مطالعه در این تحقیق شامل ۱۵۴ پرسنل شاغل در واحدهای عملیاتی از قبیل واحد تعمیرات صنعتی، واحد ترابری، واحد تعمیرات اماکن و تأسیسات، واحد عملیات دریایی، واحد HSE، واحد عملیات و صادرات، اسکله ، واحد حراست، واحد آزمایشگاه، واحد خدمات و پشتیبانی شرکت پایانه های نفتی در دو گروه سازش یافته و سازش نیافته بودند. جهت انجام این طرح ابتدا اطلاعات فردی از طریق تکمیل پرسش نامه ای جمع آوری شد، سپس مطالعه وارد فاز اندازه گیری گردید. اندازه گیری پارامترهای محیطی (دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای تر چرخان، دمای تشعشعی، رطوبت نسبی، فشار بخارآب و سرعت جریان هوا) و پارامترهای فیزیولوژیکی (دمای دهانی، پرده صماخ[1]) با توجه به شرایط محیطی هر کدام از سمت های شغلی در سه شرایط کاری شامل محیط مسقف، محیط روباز و محیط استراحت در طول شیفت کار در هر سه پایانه فوق الذکر صورت گرفت. جهت اندازه گیری پارامترهای محیطی از WBGT meter دیجیتال مدل MK-42VJY ساخت شرکت Casella و آنمومتر حرارتی مدل 50VT ساخت شرکت Kimo استفاده شد. برای اندازه گیری دمای دهانی از دماسنج طبی مدل 12PCS و جهت اندازه گیری دمای پرده صماخ از دماسنج دیجیتالی مدلCentel Temp 510 ساخت شرکت Omron استفاده گردید. در این مطالعه بمنظور محاسبه شاخص WBGT علاوه بر روش قرائت مستقیم توسط دستگاه WBGT meter از استاندارد ISO-۷۲۴۳ نیز استفاده گردید(۱۷).

همچنین در این پژوهش میزان استرس حرارتی موجود در محیط کار توسط روش ابداعی HPA نیز مورد بررسی قرار گرفت. HPA روشی است که میزان استرس حرارتی را برای شخص مورد مطالعه می سنجد و شامل سه بخش شرایط جوی، خصوصیات فردی و شرایط و نحوه انجام کار می باشد. در بخش ۱ پارامترهایی مانند دمای خشک، دمای گوی سان، سرعت جریان باد و رطوبت سنجیده می شود. بخش ۲ شامل پارامترهایی مانند سن، مصرف دارو، عوارض قلبی مزمن، عفونت های حادو... می باشد. در بخش ۳ نیز شرایط انجام کار مانند مدت مواجهه، فضای سرپوشیده، پیچیدگی کار، فاصله از استراحتگاه و چند پارامتر دیگر بررسی می گردد. سپس باتوجه به امتیاز اختصاص داده شده برای هریک از بخش های مذکور امتیاز نهایی از حاصلضرب این ۳ بخش بدست می آید. چنانچه مجموع امتیاز حاصل کمتر از ۲۸ باشد، احتمال وجود شرایط گرمایی نامناسب کم تا متوسط است. اگر

1 Tympanic Temperature

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

جدول ۱ . نتایج اندازه گیری پارمترها و شاخص های استرس حرارتی

محیط کار	محیط مسقف			محیط روباز			اختلاف میانگین	محیط استراحت	
پارامترها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین	انحراف معیار	سطح معناداری	تعداد	میانگین	انحراف معیار
$WBGT_{TWA}(c^0)$	۱۵۴	۲۱/۲۲	۳/۲۹	۱۵۴	۳۱/۰۶	۳/۲۲	<۰/۰۰۰۱	۱۵۴	۲۱/۰۳	۲/۰۳
HPA_{TWA}	۱۵۴	۲۹/۳۴	۴/۰۸	۱۵۴	۶۶/۳۷	۶/۵۳	<۰/۰۰۰۱	۱۵۴	۲۲/۳۶	۲/۱۳
دمای دهانی(c^0)	۱۵۴	۳۷/۱۹	۰/۲۴	۱۵۴	۳۷/۴۶	۰/۳۴	۰/۰۴۳	۱۵۴	۳۷/۰۸	۰/۲۸
دمای تمپان(c^0)	۱۵۴	۳۷/۴۴	۰/۲۷	۱۵۴	۳۷/۶۶	۰/۴۱	۰/۰۲۶	۱۵۴	۳۷/۱۴	۰/۲۷
متابولیسم (w/m^2)	۱۵۴	۲۰۷/۱۲	۴۳/۲	۱۵۴	۲۱۱/۰۳	۴۱/۷۵	۰/۰۴۳	۱۵۴	۱۱۳/۸۸	۶/۲۱

مقدار آن بین ۲۸ تا ۶۰ باشد، احتمال شروع بیماریهای ناشی از گرما وجود دارد و در صورتیکه مقدار کل بیش از ۶۰ باشد، احتمال شروع بیماری های ناشی از گرما بسیار بالاست و اقدامات کنترلی بسرعت باید انجام شوند(۱۸).

اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیکی نیز همزمان با اندازه گیری پارامترهای محیطی صورت گرفت.نحوه اندازه گیری بدین صورت بود که جهت سنجش دمای دهانی به کارگر اعلام شد نیم ساعت قبل از اندازه گیری از خوردن، آشامیدن و کشیدن سیگار خودداری کند و همچنین قبل از اندازه گیری دمای پرده صماخ از طریق معاینه و بررسی پرونده پزشکی هر کدام از نمونه ها از سالم بودن گوش و عدم عفونت اطمینان حاصل می گردید. میزان متابولیسم افراد در طول شیفت کاری بر اساس استاندارد ISO-8996 تعیین شد(۱۹). سپس با استفاده از معادله (۱) میانگین متابولیسم کاری در طول شیفت کاری برای هر یک از کارکنان محاسبه گردید.

$$M_{TWA}=\frac{(M1*T1)+(M2*T2)+\ldots(Mn*Tn)}{T1+T2+\ldots+Tn} \quad (۱)$$

ر نهایت اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS 21 مورد تحلیل قرار گفت و میزان همبستگی بین شاخص WBGT، HPA و پارامترهای فیزیولوژیکی تعیین شد.

یافته ها

در این مطالعه مطابق روش تحقیق، شاخص های استرس و استرین حرارتی ۱۵۴ نفر از پرسنل در سمت های شغلی مختلف اندازه گیری شد که نتایج آن در جدول یک آمده است.

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار پارامترهای محیطی، فیزیولوژیکی و شاخصهای استرس حرارتی در سه شرایط محیطی مسقف، روباز و استراحت نشان می دهد. نتایج آزمون آماری t زوجی Paired Sample T-test نشان می دهد میانگین شاخص WBGT و ارزیابی فشار گرمایی(HPA) در محیط مسقف و روباز دارای اختلاف معنادار می باشد($p<۰/۰۵$). همچنین نتایج جدول ۱ نشان می دهد میانگین شاخص های فیزیولوژیک دمای دهانی و دمای تمپان و متابولیسم کاری در محیط مسقف و روباز دارای اختلاف معنادار می باشد($p<۰/۰۵$).

در جدول ۲ نتایج نرمال بودن متغیرها با استفاده از آزمون ناپارامتریک One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test ارائه گردیده است. با استفاده از نتایج مربوطه می توان آزمون آماری مناسب برای تعیین همبستگی بین شاخص ها و پارامترهای محاسبه شده در یک شیفت کاری را انتخاب کرد.

نتایج جدول ۲ نشان می دهد توزیع آماری شاخص WBGT در یک شیفت کاری نرمال بوده ($P>۰.۰۵$) و توزیع آماری متغیرهای HPA، دمای دهانی، دمای تمپان و متابولیسم کل غیرنرمال می باشد ($P<۰.۰۵$). براساس نتایج آزمون ناپارامتریک انجام شده ، آزمون های آماری مناسب جهت تعیین همبستگی بین متغییرها تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

جدول ۲. نتایج آزمون نرمالیتی متغیرها

پارامترها	تعداد	میانگین	انحراف معیار	P value
WBGT کل (c^0)	۱۵۴	۲۶/۲۷	۳/۰۱	۰/۱۳۴
HPA کل	۱۵۴	۵۷/۴۵	۴/۱۸	۰/۰۱۴
دمای دهانی کل(c^0)	۱۵۴	۳۷/۳۱	۰/۲۸	۰/۰۱۳
دمای تمپان کل (c^0)	۱۵۴	۳۷/۴۹	۰/۳۶	۰/۰۱۱
متابولیسم کل w/m^2	۱۵۴	۱۹۶/۱۲	۳۲/۲	۰/۰۰۳

جدول ۳. نتایج همبستگی بین شاخص های استرس حرارتی و پارامترهای فیزیولوژیک

پارامترها		WBGT کل (c^0)	HPA کل	دمای دهانی کل(c^0)	دمای تمپان کل (c^0)	متابولیسم کل
WBGT کل (c^0)	r	---	٭۰/۹۱۴	٭۰/۴۲۳	٭۰/۳۳۵	٭۰/۵۲۳
	P-value	---	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵
HPA کل	r	٭۰/۹۱۴	---	٭٭۰/۶۳۲	٭٭۰/۶۰۵	٭٭۰/۵۷۹
	P-value	p<۰/۰۵	---	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵
دمای دهانی کل(c^0)	r	٭۰/۴۲۳	٭٭۰/۶۳۲	---	٭٭۰/۸۹۲	٭٭۰/۵۸۲
	P-value	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	---	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵
دمای تمپان کل (c^0)	r	٭۰/۳۳۵	٭٭۰/۶۰۵	٭٭۰/۸۹۲	---	٭٭۰/۵۴۸
	P-value	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	---	p<۰/۰۵
متابولیسم کل	r	٭۰/۵۲۳	٭٭۰/۵۷۹	٭٭۰/۵۸۲	٭۰/۵۴۸	---
	P-value	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	p<۰/۰۵	---

٭آزمون آماری همبستگی پیرسون ٭٭آزمون آماری همبستگی اسپیرمن

جدول ۴. مقدار استاندارد شاخص های استرس و استرین حرارتی و درصد مقادیر بالاتر از حد مجاز آنها

پارامتر مورد ارزیابی	شاخص استرس و استرین حرارتی					
	دمای تمپان	دمای دهانی	WBGT		PHA		
			سازش یافته	سازش نیافته	سطح ۱	سطح۲	سطح۳
مقدار استاندارد (c)	۳۷.۶	۳۷.۶	۲۸	۲۶	<۲۸	۲۸-۶۰	>۶۰
درصد بالاتراز حدمجاز در محیط روباز	۴۷٪	۴۲٪	۸۲٪	۸۷٪	۱۰٪	۳۳٪	۵۷٪
درصد بالاتر از حدمجاز در محیط مسقف	۳۳٪	۱۵٪	۴۴٪	۷۰٪	۳۹٪	۲۴٪	۳۷٪

جدول ۳ آزمون همبستگی بین روش های ارزیابی استرس حرارتی با یکدیگر و همچنین همبستگی بین شاخص ها با پارامترهای فیزیولوژیکی را نشان میدهد. در این جدول ملاحظه میگردد همه شاخصها و پارامترهای فیزیولوژیک دارای همبستگی معناداری با یکدیگر میباشند ($P<۰.۰۵$).

رابطه بین شاخص WBGT بعنوان متغییر مستقل و ارزیابی فشار گرمایی (HPA) بعنوان متغییر وابسته معنادار بوده ($P<۰.۰۵$) و از همبستگی بالایی برخوردار است ($r^2=۰/۹۱۴$) میزان همبستگی بین شاخص WBGT با پارامتر های دمای دهانی، دمای تمپان و میزان متابولیسم کاری معنادار بوده ($P<۰.۰۵$) و بترتیب برابر ($r^2= ۰/۴۲۳$) ، ($r^2= ۰/۳۳۵$) و ($r^2= ۰/۵۲۳$) می باشد. میزان همبستگی بین ارزیابی فشار گرمایی(HPA) با پارامتر های دمای دهانی، دمای تمپان و میزان متابولیسم کاری معنادار بوده ($P<۰.۰۵$) و بترتیب برابر ($r^2= ۰/۶۳۲$) ، ($r^2= ۰/۶۰۵$) و ($r^2= ۰/۵۷۹$) می باشد. این نتایج نشان می دهد میزان همبستگی بین ارزیابی احتمال فشار گرمایی با پارامترهای فیزیولوژیک بیشتر از میزان همبستگی WBGT با این پارامترها می باشد.

جدول ۴ مقدار استاندارد شاخص های استرس و استرین حرارتی و همچنین درصد مقادیر بالاتر از حد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

مجاز آنها را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است دمای دهانی و دمای تمپان در محیط روباز نسبت به محیط مسقف درصد بالاتری از مقادیر حد مجاز را به خود اختصاص داده اند. شاخص WBGT در هردو گروه سازش یافته و نیافته در محیط روباز بیش از ۸۰٪ بالاتر از حد مجاز می باشد و در نهایت بیش از ۵۰٪ شاخص HPA در محیط روباز در سطح ۳ قرار دارند و نیازمند اقدام کنترلی می باشند.

بحث

نتایج مطالعه نشان داد بین شاخص WBGT در محیط مسقف و روباز اختلاف معنا داری وجود دارد که با نتایج مطالعه حویزی و قاسم خانی با هدف مقایسه ارزیابی استرس حرارتی در دو محیط مسقف و روباز و مطالعه Błażejczyk و همکاران در سال ۲۰۱۴ همخوانی داشت (۲۰, ۲۱) . با توجه به مطالعات قبلی انجام شده که در آن دمای عمقی بدن (دمای دهانی و تمپان) به عنوان بهترین پارامتر برای ارزیابی سطوح گرمایی مطرح گردیده اند(۲۲-۲۴) ؛ در این مطالعه نیز از این دو شاخص و همچنین میزان متابولیسم که رابطه مستقیمی با دمای عمقی دارد برای اعتبارسنجی شاخص های استرس حرارتی استفاده گردید؛که اختلاف معناداری که در دمای عمقی بدن در دو محیط مسقف و روباز مشاهده گردید. این یافته ها با نتایج مطالعه حاجی زاده و همکاران در خصوص رابطه بین شاخص WBGT و دمای عمقی بدن همخوانی دارد(۲۵). با توجه به نتایج حاصل می توان بیان کرد علت اصلی این اختلاف بین پارامترهای مختلف در محیط روباز و سرپوشیده، قرار گرفتن در معرض تابش خورشید در محیط روباز و همچنین وجود سیستم های سرمایشی در محیط سرپوشیده می باشد. مطالعه ای که توسط Langkulsen و همکاران در تایلند بر روی کشاورزان به عنوان یک شغل روباز انجام دادند نیز کار درمحیط های روباز و انرژی خورشیدی را علل اصلی استرس می داند(۲۶) و از طرفی در این مطالعه مشخص گردید متابولیسم کاری در محیط روباز بیشتر از محیط بسته و دارای اختلاف میانگین معنادار می باشد بنابراین متابولیسم کاری نیز بعنوان یک متغییر اثرگذار می تواند اختلاف میانگین دمای عمقی در محیط روباز و مسقف را توجیه نماید. در محاسبه شاخص HPA علاوه بر فاکتورهای محیطی مورد بررسی در محاسبه شاخص WBGT پارامترهای دیگری مثل سرعت جریان هوا، رطوبت موجود در هوا، فاصله از آبخوری و استراحت گاه خنک و میزان متابولیسم نیز مد نظر است که این عوامل در محیط روباز عدد بیشتری را به خود اختصاص داده و موجب اختلاف این شاخص در دو محیط متفاوت می شود. در مطالعه ای که توسط فلاحتی و همکاران با عنوان ارزیابی و اعتبار بخشی شاخص های استرس حرارتی در پایانه های نفتی ایران انجام گرفت؛ بیان گردیدکه میانگین پارامتر های محیطی در محیط روباز بالاتر از محیط سرپوشیده است؛ همچنین علیرغم بار کاری یکسان در هر دو محیط روباز و سرپوشیده پارامترهای فیزیولوژی اختلاف معنا داری را بایکدیگر نشان دادند(۹). تفاوت این مطالعه با مطالعه فلاحتی و همکاران این است که متابولیسم کاری در محیط روباز و محیط مسقف باهم دارای اختلاف معنادار می باشد(جدول ۱، $P<0.043$). نتایج نشان داد بین شاخص WBGT و HPA همبستگی بالایی وجود دارد که با نتایج حاصل از مطالعه منظم و همکاران هم راستا بود (۱۳). رابطه بین دمای دهانی، تمپان و متابولیسم با شاخص های WBGT و HPA نشان دهنده همبستگی بالای آنها بود که این امر در محیط های روباز نسبت به محیط سرپوشیده نمود بیشتری داشت. از دلایل این همبستگی می توان به اثر ترکیبی مواجهه با گرمای محیطی و تولید گرمای متابولیک(داخلی) ناشی از فعالیت جسمانی اشاره کرد که می تواند باعث استرین گرمایی بیشتری در بدن شود. در این مطالعه بعلت یکسان بودن پوشش کارکنان میزان عایق حرارتی لباس بعنوان یک متغییر تاثیرگذار در تعیین میزان استرس حرارتی حذف گردید. نتایج این تحقیق با مطالعه کلانتری و علی آبادی با عنوان بررسی شاخص های استرس حرارتی و اعتبارسنجی آنها

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

در واحد ریخته گری مجتمع فولاد مبارکه و همچنین مطالعات مشابه از قبیل Moran و همکاران، منظم و همکاران در سال۲۰۱۴ و همچنین حاجی زاده و همکاران در سال۲۰۱۶ همخوانی داشت(۲۷-۳۱). علی رغم همبستگی بالای بیان شده در مطالعات مختلف بین شاخص WBGT با پارامترهای دیگر این شاخص نیز دارای معایبی می باشد؛ به عنوان مثال شاخص WBGT به دلیل نیازمندی به برآورد برخی از پارامترهای مؤثر در آن همچون متابولیسم و عایق حرارتی لباس، خطاهای احتمالی ناشی از برآورد آنها در محیطهای کاری مختلف و نیز غیرحساسبودن آنها به تأثیر خنک کنندگی سرعت جریان هوا در میزان استرسهای حرارتی با نقصهایی مواجه میباشد .این موارد اغلب باعث شده است که نتایج به دست آمده با استفاده از شاخص WBGT عموماً محافظه کارانه تر باشند(۳۲). Beta و Parson در سال ۲۰۰۲ اعلام نمودند که یکی از محدودیت های استفاده از شاخص WBGT در ارزیابی استرس حرارتی عدم توجه به پوشش افراد می باشد(۳۳). لذا در این مطالعه از روش دیگری به نام HPA نیز استفاده شد، از آنجایی که فاکتورهای مورد بررسی در این شاخص محدود به پارامترهای محیطی نمی باشد و عواملی همچون زمان مواجهه ، فاصله از محل آبخوری و استراحتگاه خنک، متابولیسم افراد و پوشش وسایل حفاظتی نیز مورد سنجش قرار می گیرند و با عنایت به اینکه عوامل ذکر شده تاثیر زیادی بر روی متابولیسم و همچنین دمای عمقی دارد این شاخص همبستگی بیشتری را نسبت به WBGT با شاخص های فیزیولوژیک نشان داد.

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده حاکی از موفقیت آمیز بودن استفاده از روش های ارزیابی فشار گرمایی و WBGT بمنظور ارزیابی استرس حرارتی در مناطق نفت خیز جنوب کشور بود. همانگونه که در نتایج مشهوداست مقدار شاخص WBGTو HPA و همچنین شاخص های فیزیولوژیک مورد مطالعه در محیط های روباز و سرپوشیده با یکدیگر اختلاف معناداری داشتند که این نتایج با مطالعات مختلفی که در این زمینه انجام گرفته بود هم خوانی داشت. نتایج همبستگی میان شاخص ها نیز مهر تاییدی بر این یافته ها بود که به دنبال بالارفتن شاخص WBGT شاخص های استرین حرارتی نیز افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که میزان همبستگی بین شاخص HPA با شاخص های استرین حرارتی بیشتر از شاخص WBGT است که دلیل آن تاثیر پارامترهای بیشتر در محاسبه نهایی مقدار HPA می باشد. در نهایت می توان نتیجه گرفت شاخص WBGT و همچنین HPA شاخص های مناسبی برای ارزیابی استرس حرارتی در مناطق نفت خیز می باشند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایانامه کارشناسی ارشد است که با هزینه مصوب دانشگاه علوم پزشکی ایران و با همکاری شرکت ملی پایانه های نفتی ایران انجام شد. همچنین از کلیه کارکنان شرکت ملی پایانه های نفتی ایران تشکر و قدردانی میشود.

REFERENCES

1. Heidari HR, Golbabaei F, Arsang Jang S, Shamsipour AA. Validation of humidex in evaluating heat stress in the outdoor jobs in arid and semi-arid climates of Iran. Health and Safety at Work. 2016;6(3):29-42.
2. Morioka I, Miyai N, Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. Industrial health. 2006;44(3):474-80.
3. Saskatchewan. occupational health and safety regulations. Working under hot conditions.1996.
4. Alfano FRdA, Palella BI, Riccio G. Thermal Environment Assessment Reliability Using Temperature—Humidity Indices. Industrial health. 2010:1008190028-.
5. ISO. (1989) Hot environments - estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

bulb globe temperature) – ISO 7243 Standard. Geneva,Switzerland:International Organization for Standardization.
6. ISO. (2004a) Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain – ISO 7933 Standard. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
7. Nassiri P, Monazzam MR, Golbabaei F, Shamsipour A, Arabalibeik H, Mortezapour AR, et al. Applicability of Modified discomfort index (MDI) in Outdoor occupational environments: a case study of an open pit mines in Tehran Province. Iran Occupational Health. 2018;15(1):136-45.
8. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad A, Zokaii M, Sardar A. Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. Iran Occupational Health. 2012;9(3):22-31.
9. ALIMOHAMADI I, FALAHATI M, FARSHAD A, ZOKAIE M, SARDAR A. Evaluation and validation of heat stress indices in Iranian oil terminals. International Journal of Occupational Hygiene. 2012;4(2):21-5.
10. Golmohamadi. R ea. Comparison of HSI and WBGT heat stress index of Hamadan city bakery. National congress of occupational health & safeaty. 2004.
11. Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)—its history and its limitations. Journal of Science and Medicine in Sport. 2008;11(1):20-32.
12. Wästerlund DS. A review of heat stress research with application to forestry. Applied ergonomics. 1998;29(3):179-83.
13. Monazzam M, Jafariroodbandi A, Amirzadeh F, Tabatabaee S. A study on heat stress and its risk assessment in a steel factory. Iran Occupational Health. 2013;9(4).
14. Negahban A, Aliabadi M, Mesdaraghi YB, Farhadian M, Jalali M, Kalantari B, et al. Investigating the association between heat stress and its psychological response to determine the optimal index of heat strain. Muhandisī-i bihdāsht-i ḥirfah/ī. 2014;1(1):8-15.
15. Heidari H, Rahimifard H, Mohammadbeigi A, Golbabaei F, Sahranavard R, Shokri Z. Validation of air enthalpy in evaluation of heat stress using wet bulb globe temperature (WBGT) and body core temperature: A case study in a hot and dry climate. Health and Safety at Work. 2018;8(1):81-92.
16. Golbabaei F, Rostami Aghdam Shendi M, Monazzam M, Hosseini M. Investigation of heat stressbased on WBGT index and its relationship with physiological parameters among outdoor workers of Shabestar city. Health and Safety at Work. 2015;5(2):85-94.
17. Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Industrial health. 2006;44(3):368-79.
18. Golbabaei. F, Tirgar. A, Alimohamadi.I. Occupational Health In Hot Environment. Isbn. 2003;964-03:7839-42.
19. Montana Department of Labor & Industry PfME, Occupational Safety & Health Bureau, Department of Labor and Industry. P.O. Box 8251.
20. Hoveizi F, Ghasemkhani M. Determination and comparison of TWL and WBGT thermal stress indices of an onshore drilling rig workers in Ahvaz. Iran Occupational Health. 2015;12(4):1-10.
21. Błażejczyk K, Baranowski J, Błażejczyk A. Heat stress and occupational health and safety–spatial and temporal differentiation. Miscellanea Geographica-Regional Studies on Development. 2014;18(1):61-7.
22. .A. N. EVALUTION OF TERMAL STRESSON LEAD AND ZINC MINE AND THE DETERMINE MODEL FOR PREDICTING THE AMOUNT OF WORKERS TOLERATING. MSc Thesis, Tehran University, Tehran IRAN,. 1996.
23. Kalantary. A, M. S. Evaluation and validation of heat stress

350 indices in a single casting Mobarakeh Steel. National Congress of Occupational Health & Safety. 2007.

24. Logan PW, Bernard TE. Heat stress and strain in an aluminum smelter. American Industrial Hygiene Association Journal. 1999;60(5):659-65.
25. Hajizadeh R, Golbabaie F, Monazam Esmaielpour M, Mehri A, Hosseini M, Khodaparast I. Assessing the heat stress of brick-manufacturing units' workers based on WBGT index in Qom city. Journal of Health and Safety at Work. 2015;4.
26. Langkulsen U, Vichit-Vadakan N, Taptagaporn S. Health impact of climate change on occupational health and productivity in Thailand. Global health action. 2010;3(1):5607.
27. Moran D, Pandolf K, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez R. Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. Journal of thermal biology. 2003;28(1):43-9.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]

28. Clantary A, Sadeghi Aliabadi M. Assessment of Heat Stress Index, and evaluation of theirvalidity in Mobarakeh Steel Association's Mobarakeh Steel Association's. Iran Occupational Health. 2005;2(1):52-6.
29. Jafari MJ, Assilian Mahabadi H, Khodakarim S, Teimori GH. Heat stress in an open-pit iron ore mine and its relationship with physiological strain. Health and Safety at Work. 2016;6(4):51-62.
30. MONAZZAM M, Golbabaei F, HEMATJO R, Hosseini M, Nassiri P, FAHANG-DEHGHAN S. Evaluation of DI, WBGT, and SWreq/PHS heat stress indices for estimating the heat load on the employees of a petrochemical industry. International journal of occupational hygiene. 2014;6(1):6-10.
31. Hajizadeh R, Golbabaei F, Farhang Dehghan S, Beheshti MH, Jafari SM, Taheri F. Validating the heat stress indices for using in heavy work activities in hot and dry climates. Journal of research in health sciences. 2016;16(2):90-5.
32. Heidari. H, Rahimifard. H, Arsang-Jang. SH, Sahranavard. R, A. S. Correlation between Wet Bulb Globe Temperature and Thermal Work Limit Compared to the Modified Threshold Limit of Tympanic Temperature. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2018;4(4):31-8.
33. Bethea D, Parsons K. The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry2002.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-05]