

## بررسی استرس گرمایی بر مبنای شاخص WBGT و ارتباط آن با پارامترهای فیزیولوژیکی در مشاغل روباز شهرستان شبستر

فریده گلبابایی<sup>۱</sup> - مریم رستمی اقدم شندی<sup>۲\*</sup> - محمدرضا منظم<sup>۳</sup> - مصطفی حسینی<sup>۴</sup> - محسن یزدانی<sup>۵</sup>

*m\_rostami\_68@yahoo.com*

تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۳

### چکیده

**مقدمه:** کارگران شاغل در محیط های روباز علاوه بر گرمای ناشی از فرایند کاری، در معرض گرمای ناشی از شرایط جوی منطقه و تابش های خورشیدی می باشند که این امر با گرم شدن کره زمین حادث شده است. از اینرو هدف از انجام این مطالعه اندازه گیری و ارزیابی شاخص دمای ترگویسان به منظور ارزیابی استرس های حرارتی و نیز سنجش پاسخ های فیزیولوژیکی کارگران مشاغل روباز و تاکید بر لزوم توجه مضاعف به این گروه های شغلی می باشد.

**روش کار:** این مطالعه به صورت توصیفی تحلیلی در مرداد ماه سال ۱۳۹۳ انجام شد. اندازه گیری شاخص دمای ترگویسان یا WBGT در ساعات مختلف بر اساس استاندارد ISO7243 انجام شد و نیز پاسخ های فیزیولوژیکی ۵۳ نفر کارگر شامل ضربان قلب، فشارخون، دمای دهانی، دمای پوستی در ۹ گروه شغلی شامل کارگران شهرداری و بتن سازی، باربران، کارگران راه سازی و ساختمانی و سنگبری، کشاورزان، مامورین راهنمایی رانندگی و دستفروشان که در محیط روباز مشغول به فعالیت بودند، مورد سنجش قرار گرفت.

**یافته ها:** میانگین شاخص WBGT برای تمام مشاغل روباز اندازه گیری شده به جز کارگران شهرداری، دستفروشان، مامورین راهنمایی رانندگی و کارگران سنگبری، بیشتر از مقدار حد مجاز بود. بیشترین میزان میانگین WBGT مربوط به شغل راه سازی و کمترین میزان آن مربوط به کارگران شهرداری (به ترتیب ۲۷ و ۲۶ درجه سانتی گراد) می باشد. آزمون همبستگی نشان داد بین شاخص WBGT و پارامترهای فیزیولوژیک ارتباط مستقیم و مثبت معنادار وجود دارد و بیشترین ضریب همبستگی مربوط به ضربان قلب می باشد (۰/۴۹۲=r).

**نتیجه گیری:** کارگران کارگاه بتن سازی، راه سازی، باربری، ساختمانی و کشاورزی در تمامی ساعات روز در معرض بیشترین میزان مواجهه بر اساس شاخص WBGT بودند و کارگران شهرداری نیز کمترین میزان مواجهه را داشتند. از طرفی استرس حرارتی با استرس های مورد مطالعه همبستگی معنی داری داشت. بنابراین انجام مطالعات بیشتر و ایجاد تدابیری برای مراقبت از این کارگران امری ضروری است.

### کلمات کلیدی: شاخص WBGT، استرس گرمایی، مشاغل روباز، استرس گرمایی

- ۱- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- استاد گروه آمار حیاتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه تربیت مدرس

### مقدمه

استرس حرارتی یکی از عوامل فیزیکی زیان آور در بسیاری از صنایع است که می تواند باعث خستگی، بی حالی، کاهش بهره وری، افزایش خطا و افزایش تعداد حوادث و نیز بیماری های ناشی از گرما شود (Golbabaei, et al., 2012). مطالعه ای در تایلند گزارش داده است که مشکلات ناشی از گرما در ۲۴ درصد از صنایع کوچک وجود دارد (Yunibhand, et al., 1991). بنابراین گرمای محیط کار می تواند به عنوان یک مشکل جدی در مشاغل مختلف اعم از مشاغلی مطرح شود که در محیط های سرپوشیده یا روباز مانند فعالیت هایی که در ذوب فلزات، سرامیک سازی، صنایع غذایی، نیروگاه برق، صنایع ساختمانی و کشاورزی انجام می شود. (Bernard, et al., 1999). لازم به ذکر است که مشکلات ناشی از گرما در مشاغل روباز بیشتر گزارش شده است (Lee, et al., 2012). مطالعه ای در تایلند نشان داده است که میزان بهره وری در کارگران ساختمانی و صنایع سفالگری که در محیط روباز مشغول به کارند حدود ۱۰ تا ۶۰ درصد کاهش می یابد (Langkulsen, et al., 2012). در فعالیت هایی که در محیط روباز انجام می شود کارگران علاوه بر گرمای ناشی از فرایند کاری، در معرض گرمای ناشی از شرایط جوی منطقه و تابش های خورشیدی می باشند و این امر باتوجه به گرم شدن کره زمین حادث شده است به عبارتی دیگر افزایش دمای جهانی به معنای افزایش مواجهه افراد با گرما می باشد که در این میان شاغلین محیط های روباز بدلیل مواجهه مضاعف با گرمای فرایند و شرایط گرمایی منطقه و نیز ظرفیت تطابقی فیزیولوژیکی ناکافی و عدم آگاهی از خطرات و اقدامات مربوطه به کاهش آن در معرض خطر بیشتری می باشند. تقریباً

دو میلیارد نفر از کارگران محیط های روباز (به ویژه در آفریقا و آسیا) در معرض آسیب و تأثیرات ناشی از تغییرات آب و هوایی هستند ، و میزان مرگ و میر ناشی از گرما در کارگران تولید محصولات کشاورزی که در محیط روباز مشغول به فعالیتند تقریباً ۲۰ برابر بیشتر از سایر صنایع گزارش شده است (Phoung, 2013, Nilsson, 2010). بعضی از صناعی که در مطالعات بعنوان مشاغل در معرض ریسک معرفی شده اند و تحت تأثیر افزایش دمای کره زمین قرار گرفته اند عبارتند از کشاورزان، صیادان ماهی و دریانوردان، کارگران ساختمانی (Lin, 2009). از طرفی خطرات بالقوه کار در محیط های گرم، به میزان زیادی وابسته به فاکتورهای فیزیولوژیکی می باشد. در شرایطی که از محیط اطراف، حرارتی به بدن انسان وارد شود، می تواند منجر به ایجاد پاسخ هایی نظیر افزایش تعریق، افزایش دمای پوستی، افزایش دمای عمقی و افزایش ضربان قلب در بدن شود، که بستگی به سطح تطابق دارد (Jalil, et al., 2007). مطالعاتی محدودی در این مورد صورت گرفته است. یکی از این مطالعات این چنین بیان می کند فعالیت هایی که در محیط های روباز انجام می شود مثل کارگران ساختمانی یا کارگران خدمات شهری، در معرض خطرات ناشی از افزایش دمای عمقی بدن می باشند. بنابراین قضاوت حرفه ای در ارزیابی استرس حرارتی و تنش های گرمایی فیزیولوژیکی که رهنمودهای کافی را برای محافظت از کارگران سالم با در نظر گرفتن عوامل فردی و نوع کار در اختیار فرد می گذارد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است (ACGIH, 2010, Davoudin, et al., 2012). (Morika, et al., 2006). WBGT یا شاخص دمای تر گوپسان یکی از

برداری از محیط کاری افراد و سنجش پارامترهای فیزیولوژیک افراد متمایل به همکاری صورت گرفت. پس از تایید افراد بر اساس معیارهای ورود به مطالعه، هدف از انجام پژوهش و روش کار به طور کامل برای آن‌ها توضیح داده شد. معیارهای ورود به مطالعه نداشتن بیماری‌های قلبی- عروقی، بیماری‌های تیروئید، بیماری‌های کلیوی و پوستی، فشار خون، دیابت، بیماری‌های تبار و عفونی، عدم پر کاری تیروئید، عدم مصرف داروهای آنتی بیوتیک و داروهای موثر بر ضربان قلب، عدم گرم‌زدگی قلبی و بومی بودن فرد با محیط بود.

در مجموع ۶ نفر از کارگران شهرداری، ۵ نفر از کارگران کارگاه بتن سازی، ۴ نفر از کارگران باربر، ۵ نفر از دست‌فروشان بازاری، ۸ نفر از کشاورزان، ۱۰ نفر از کارگران راه‌سازی، ۴ نفر از مامورین راهنمایی و رانندگی، ۸ نفر از کارگران ساختمانی، ۳ نفر از کارگران سنگ‌بری انتخاب شدند که ساعت کاری آن‌ها از ۸ صبح الی ۱۶ بعداز ظهر بود و کلیه معیارهای ورود به مطالعه را داشتند و متمایل به همکاری بودند که پاسخ‌های فیزیولوژیکی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به استاندارد ISO7243، شرایط جوی محیط کاری روباز ممکن است در ساعات مختلف شیفت کاری متغیر باشد (ISO 7243., 2003). در نتیجه، مقدار شاخص WBGT باید در مقاطع مختلف زمانی طی شیفت کاری سنجش و سپس متوسط زمانی آن محاسبه شود. بدین منظور اندازه‌گیری‌ها هم در زمان استراحت افراد یعنی پیش از شروع به کار و بعد از خاتمه کار (ساعت ۸ صبح و ۱۶) و ۳ مرحله کاری (۸ تا ۱۰ صبح، ۱۰ تا ۱۲ ظهر، ۱۲ تا ۱۶ بعد از ظهر) صورت گرفت

شاخص‌های ارزیابی استرس حرارتی است که با در نظر گرفتن دمای تر، دمای خشک و گرمای تابشی شرایط گرمایی محیط را به صورت یک عدد نشان می‌دهد. این شاخص در عین این‌که از ساده‌ترین و مناسب‌ترین روش‌های ارزیابی شرایط گرمایی محیط است، از راندمان بالایی نیز برخوردار می‌باشد (Haji Azimi, et al., 2011). با توجه به این‌که تعداد زیادی از نیروی کاری کشور در مشاغل روباز حضور دارند و به دلیل تمرکز تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌های مختلف ایمنی و بهداشت بر صنایع و شرکت‌های بزرگ، باعث شده این بخش مهم از نیروی کاری غافل بماند. هدف از انجام این مطالعه اندازه‌گیری و ارزیابی شاخص WBGT، بررسی وضعیت استرس حرارتی و نیز پاسخ‌های فیزیولوژیکی در کارگران مشاغل روباز شهرستان شبستر می‌باشد.

### روش کار

این مطالعه به صورت توصیفی - تحلیلی و مقطعی در گرمترین روزهای تابستان (مرداد ماه) ۱۳۹۳ انجام شد. روزهای نمونه برداری با بررسی اطلاعات هواشناسی پنج سال اخیر و نیز اطلاع و استعلام از سازمان هواشناسی کشور و پیش بینی شرایط آب و هوایی انتخاب شدند. مطالعه در ۹ گروه شغلی به عنوان مشاغل اصلی در محیط‌های روباز در شهرستان شبستر انجام گرفت. جامعه پژوهشی کلیه کارگران شاغل در محیط‌های روباز شهرستان شبستر بودند. با تهیه نقشه شهری، ایستگاه بندی شهر و تعیین محل و تعداد اندازه‌گیری‌ها، محیط‌کاری مورد بازرسی قرار گرفت. با توجه به وظایف شغلی روباز در محل و تعداد آن‌ها نیز نوع مشاغل در دسترس با توجه به روباز بودن محل کار انتخاب شد و اقدام به نمونه

و در هر مرحله اندازه گیری‌ها سه بار تکرار شد. تعیین زمان و فواصل اندازه‌گیری نیز با بررسی دیتای هواشناسی و تعیین ساعاتی که تغییر مشهود در روند دمای هوا به وجود می‌آمد انجام شد. از آن جایی که تمامی سایت‌های انتخاب شده از لحاظ دمایی (بر اساس پیش آزمون) متجانس بودند، اندازه‌گیری‌ها فقط در ناحیه کمر (۱/۱ متر) انجام شد. برای محاسبه متوسط زمانی شاخص دمای تر گوی سان یا WBGT.TWA از رابطه زیر استفاده شده است.

$$WBGT.TWA = \frac{(WBGT1 \times T1) + (WBGT2 \times T2) + (WBGTn \times Tn)}{T1 + T2 + T3 + \dots + Tn}$$

WBGT.TWA: متوسط زمانی شاخص دمای تر گوی سان (C°)  
WBGTn: شاخص دمای تر گوی سان در ساعات مختلف شیفت کاری (C°)  
Tn: مدت زمان مواجهه (ساعت)

در این پژوهش از یک دستگاه WBGT متر کالیبره شده مدل QUES TEMP ساخت شرکت آلمان برای اندازه‌گیری دمای خشک، دمای تر، دمای تابشی و رطوبت نسبی استفاده شد و در هر اندازه‌گیری ۲۰ الی ۳۰ دقیقه جهت هم دما شدن دماسنج‌های موجود در دستگاه، در نظر گرفته شد. سرعت جریان هوا با استفاده از یک دستگاه آنومتر پره ای مدل LCA6000 ساخت شرکت AIR FLOW آمریکا، سنجیده شد. بادسنج پره‌ای در جهت وزش باد غالب که از سازمان هواشناسی استعلام شده بود قرار داده شد. البته برای اطمینان از جهت باد از یک بادنمای کوچک نیز استفاده گردید. اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیک نیز همزمان با اندازه‌گیری پارامترهای محیطی صورت گرفت. تمامی پارامترهای فیزیولوژیک در ۴ مرحله‌ی قبل از شروع به کار در صبح، در فاصله زمانی

$$T_{sk} = \sum k_i \times t_{ski}$$

Tsk: متوسط دمای پوست

Ki: ضرایب سطحی نقاط انتخاب شده پوست  
Tski: دمای سطح پوست در نقاط انتخاب شده  
میزان متابولیسم افراد در طی شیفت کاری بر اساس جدول ISO 8996 تعیین شد (ISO 8996, 2001). لازم به ذکر است که افراد در ساعت استراحت محل کاری خودشان را ترک نمی‌کردند. تمامی افراد مورد بررسی در این مطالعه دارای لباس کار یک لایه‌ای نسبتاً سبک با پارچه نخی بودند که لباس‌شان به عنوان لباس تابستانی ۰/۶ کلو مدنظر قرار

تمامی افراد شرکت کننده در مطالعه با محیط کاری خود کاملا تطابق یافته بودند (ACGIH, 2000). آزمون های آماری نشان داد که بین سن، سابقه کاری و شاخص توده بدنی در گروه های مورد مطالعه اختلاف معنی داری وجود ندارد.

میانگین پارامترهای محیطی در کارگاه های مورد بررسی در جداول ۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از جدول بیانگر آن است که بر اساس استاندارد ISO7243، میانگین WBGT تمام مشاغل روباز اندازه گیری شده به جز کارگران شهرداری، دستفروشان بازاری، مامورین راهنمایی و رانندگی و کارگران سنگبری، بیشتر از مقدار حد مجاز بوده و این حاکی از آن است که اکثر کارگران مشاغل اندازه گیری شده در معرض استرس حرارتی قرار داشتند. میانگین پاسخ های فیزیولوژیکی افراد در چهار بازه زمانی و میانگین کل روز در مشاغل مختلف در جدول ۳ آورده شده است.

همان گونه که نتایج جدول ۳ نشان می دهد تمامی افراد در گروه های شغلی مختلف در بازه زمانی ۱۲ تا ۱۶ بعدازظهر - که دمای هوا نیز در بالاترین میزان خود می باشد - دارای بیشترین میزان فشار خون و ضربان قلب و سایر پارامترهای فیزیولوژیکی می باشند. لازم به ذکر است که کارگران ساختمانی و باربران

گرفته شد. در نهایت با توجه به بار کاری هر فرد (سبک، متوسط، یا سنگین)، مدت زمان مواجهه او با گرمای محیط کار (ریتم کار - استراحت) و میزان متابولیسم، مقادیر اندازه گیری شده با شاخص استاندارد گرمایی ISO7243 مقایسه گردید. برای شاخص های مرکزی و پراکندگی متغیرهای مستقل (اطلاعات دموگرافیک) و متغیر وابسته (پاسخ های فیزیولوژیکی) و نیز برای بررسی اختلاف معناداری استرس حرارتی بین مشاغل مختلف از آزمون های آماری استفاده شد. در جهت تجزیه تحلیل داده ها علاوه بر نرم افزار SPSS 18، نرم افزار STATA11.0 نیز به کار گرفته شد.

### یافته ها

این پژوهش بر روی ۵۳ نفر از کارگران شاغل در محیط های روباز در شهرستان شبستر در ۹ گروه شغلی اشاره شده، در گرمترین روزهای فصل تابستان (مرداد ماه) انجام گرفته است. جدول ۱ نشان دهنده اطلاعات دموگرافیک افراد شرکت کننده در مطالعه می باشد. همان طور که قابل مشاهده است، تمامی افراد شرکت کننده در مطالعه سن کمتر از ۴۵ سال (بامیانگین کلی ۳۲±۹/۲۵ سال) و سابقه کاری پیوسته بیشتر از ۲ سال داشتند (میانگین سابقه کاری ۷/۵±۵/۰۳ سال). این امر حاکی از آن است که

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک جامعه مورد تحقیق (N=53)

مشاغل مورد اندازه گیری	تعداد	سن (سال)	سابقه کاری (سال)	شاخص توده بدنی (BMI)
کارگران شهرداری	۶	۳۹/۳۳±۶/۷	۱۱/۱±۳/۴۸	۲۲/۵۳±۰/۵
کارگران کارگاه بتن سازی	۵	۳۴/۲±۹/۳	۸/۸±۴/۹۶	۲۲/۳۲±۰/۶۱
کارگران باربر	۴	۳۳/۷۵±۱۰/۰۷	۹±۷/۱۱	۲۲/۲۸±۰/۴
دستفروشان بازاری	۵	۲۶±۱۰/۶۷	۵±۳/۳۹	۲۲/۴±۰/۴۵
کشاورزان	۸	۲۸/۳۷±۸/۳	۶±۴/۴	۲۲/۹۲±۰/۵۲
کارگران راه سازی	۱۰	۳۴/۸±۸/۴	۹/۴±۴/۶۴	۲۲/۹±۰/۷
مامورین راهنمایی و رانندگی	۴	۳۳/۲۵±۹/۲۸	۶/۲۵±۵/۴۳	۲۲/۸۳±۰/۵۶
کارگران ساختمانی	۸	۳۲±۸	۵/۷۵±۳/۸۸	۲۱/۹۱±۱/۵
سنگبری	۳	۲۸/۶۶±۱۱/۱	۴±۴/۳۵	۲۲/۹۹±۰/۱۸
مجموع	۵۳	۳۲±۹/۲۵	۷/۵±۵/۰۳	۲۲/۵±۰/۶
P value	-	۰/۳۷۴	۰/۱۸۶	۰/۲۱۵

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار فاکتورهای محیطی و شاخص WBGT در فعالیت های مورد بررسی در تابستان ۱۳۹۳

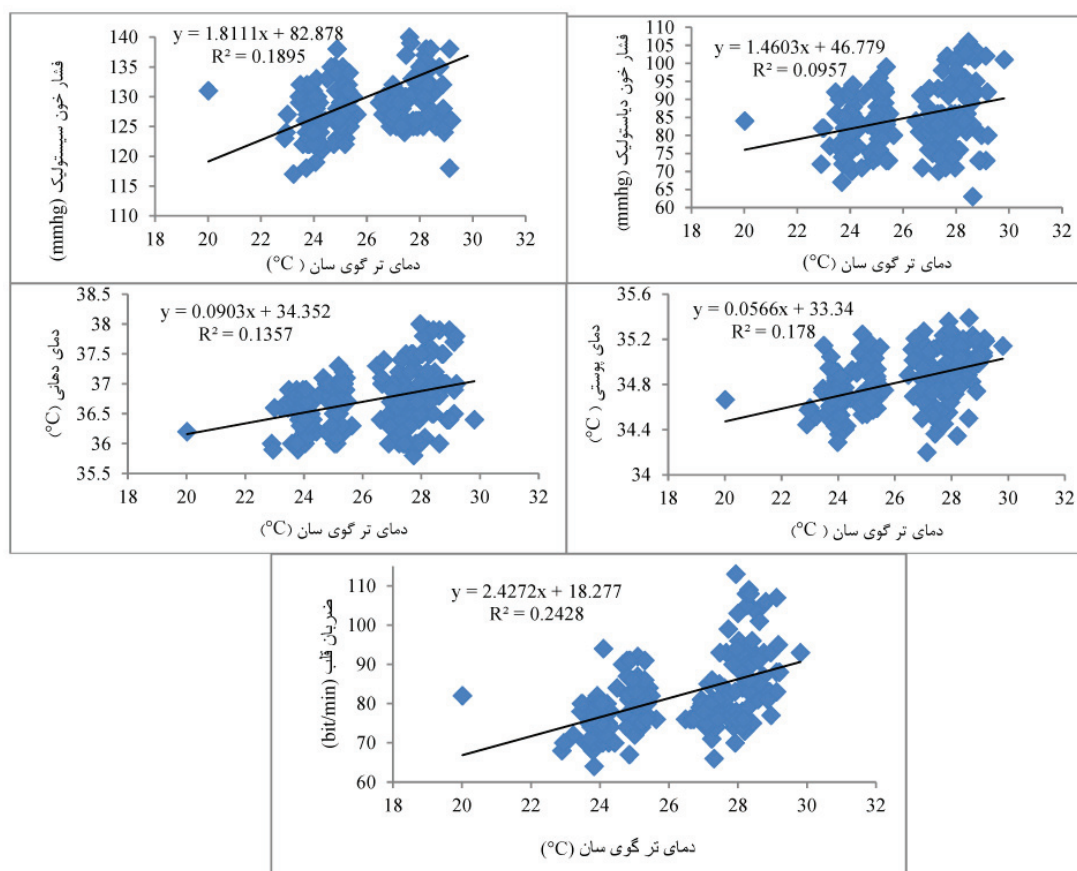
مشاغل مورد اندازه گیری	دمای خشک (°C)	دمای تر طبیعی (°C)	دمای گوی سان (°C)	سرعت جریان هوا (m/s)	رطوبت نسبی (%)	دامنه WBGT (°C)	میانگین زمانی WBGT (°C)	حد مجاز WBGT (°C)	میزان متابولیسم کاری
کارگران شهرداری	۳۶/۵۶±۰/۵۶	۲۱/۰۳±۰/۴۵	۳۸/۱۲±۰/۹۸	۲/۲۷±۰/۷/۱	۲۱/۸۳±۱/۳۳	۲۲/۲۲-۲۷/۹۸	۲۱±۱/۴۲	۲۸	متوسط
کارگران کارگاه بتن سازی	۳۶/۵۵±۰/۷۹	۲۱/۲۹±۰/۴	۳۸/۷۸±۰/۹۹	۱/۷۵±۰/۸	۲۰/۲۳±۱/۵	۲۲/۵۹-۲۸/۲۲	۲۶/۲۲±۱/۲۹	۲۳	خیلی سنگین
کارگران باربر	۳۶/۵۵±۰/۷۲	۲۱/۵۲±۰/۵	۳۹/۵۵±۱	۱/۵۷±۰/۸	۱۹/۱۶±۱/۳	۲۲/۵۷-۲۸/۵۷	۲۶/۶۸±۲	۲۵	سنگین
دستفروشان بازاری	۳۶/۷۱±۰/۵۹	۲۱/۳۷±۰/۴۲	۳۸/۵۷±۰/۹۳	۱/۳±۰/۳۹	۱۹/۴۸±۱/۴۲	۲۲/۴۵-۲۸/۱۵	۲۶/۳۸±۲/۲۷	۳۰	سبک
کشاورزان	۳۷/۷±۰/۷۱	۲۱/۸۱±۰/۳۳	۳۹/۳±۱/۱	۱/۳۱±۰/۷۲	۱۹/۷±۱/۱۲	۲۲/۶۷-۲۸/۷۹	۲۶/۸۸±۱/۰۶	۲۵	سنگین
کارگران راهسازی	۳۷/۷±۰/۶۲	۲۱/۹۴±۰/۴۵	۳۹/۳۱±۰/۸۹	۱/۲±۰/۶۲	۲۰/۱±۰/۹۹	۲۲/۶۸-۲۸/۹۶	۲۷±۱/۹	۲۳	خیلی سنگین
مامورین راهنمایی و رانندگی	۳۷/۰۳±۰/۵۲	۲۱/۵۷±۰/۳۲	۳۸/۵۵±۱/۱	۱/۱۵±۰/۴۱	۲۰/۰۸±۱/۱	۲۲/۶۶-۲۸/۱۹	۲۶/۵۲±۰/۸۴	۳۰	سبک
کارگران ساختمانی	۳۷/۷۸±۰/۴۳	۲۱/۸۸±۰/۳۷	۳۹/۱۸±۰/۹۸	۱/۲۴±۰/۶۹	۲۰/۱۶±۰/۹۲	۲۲/۵۷-۲۸/۹۰	۲۶/۹۴±۱/۱۲	۲۵	سنگین
کارگران سنگبری	۳۷/۲۴±۰/۶۷	۲۱/۲۲±۰/۴۲	۳۷/۹۷±۰/۷	۱/۲۳±۰/۸	۱۹/۶۷±۱/۳	۲۲/۵۷-۲۷/۵۹	۲۶/۱۸±۰/۹۷	۲۸	متوسط

جدول ۳. میانگین پارمترهای فیزیولوژیک اندازه گیری شده در ساعات مختلف روز بر اساس نوع حرفه

ساعت اندازه گیری	کارگران شهرداری	کارگران کارگاه بتن سازی	کارگران باربر	دستفروشان بازاری	کشاورزان	کارگران راهسازی	مامورین راهنمایی و رانندگی	کارگران ساختمانی	کارگران سنگبری
۸	۱۲۴/۳۳±۴/۵۴	۱۲۶/۴±۳/۷۸	۱۲۷/۲±۳/۳۰	۱۲۵/۴±۴/۲۲	۱۲۵/۵±۳/۱۶	۱۲۵/۶±۲/۹۹	۱۲۴±۲/۴۵	۱۲۸±۲/۵۰	۱۲۵/۶۷±۱/۵۲
۸-۱۲	۱۲۶/۳۳±۴/۳۱	۱۳۰/۲±۳/۹۶	۱۲۴±۳/۳۴	۱۲۸±۴/۳۸	۱۲۷/۸±۳/۲۸	۱۲۸/۸±۱/۷۰	۱۲۶/۷±۱/۷۰	۱۳۱/۵±۳/۸۸	۱۲۶/۶۷±۱/۱۵
۱۲-۱۶	۱۳۴/۵±۹/۲۰	۱۴۱/۲±۱۱/۵۱	۱۴۱/۲±۱۱/۳۷	۱۳۳/۴±۶/۶۵	۱۴۱/۷±۱۱/۳۷	۱۴۰/۸±۱۳/۷۱	۱۳۹/۲±۳/۲۴	۱۴۱/۷±۵/۸۸	۱۳۳/۶±۳/۲۱
۱۶	۱۲۸±۲/۶۸	۱۲۷/۸±۳/۵۶	۱۲۸/۵±۱/۲۹	۱۲۷/۴±۲/۳۸	۱۲۷/۴±۲/۳۸	۱۲۷/۷±۲/۲۱	۱۲۶/۵±۲/۰۸	۱۲۹/۱۲±۲/۱۷	۱۲۸/۳۳±۱/۱۵
میانگین	۱۲۰/۴۱	۱۲۵/۷	۱۲۶/۲	۱۲۳/۸	۱۲۴/۸	۱۲۴/۸	۱۲۸	۱۳۶/۲	۱۳۰/۱۷
۸	۷۹/۱۷±۶/۴۶	۷۹/۸±۳/۰۳	۷۸/۷±۷/۸۹	۸۰/۸±۲/۳۸	۸۱/۶±۵/۹۰	۸۱/۶±۳/۳۱	۷۷/۷±۵/۶۴	۸۳/۷±۵/۹۰	۸۳/۳۳±۸/۰۸
۸-۱۲	۸۴/۸±۳/۷۳	۸۳±۶/۵۲	۸۵/۷±۶/۱۵	۸۱/۸±۴/۳۸	۸۶/۷±۵/۴۷	۸۳/۵±۳/۵۵	۸۱/۲±۵/۸۵	۸۸/۲±۵/۶۵	۸۶/۶۷±۴/۶۲
۱۲-۱۶	۹۲/۱±۱۲/۷	۹۵/۴±۸/۶۲	۹۸/۲±۱۱/۲۴	۸۴/۴±۱۷/۱۴	۸۸/۶±۱۲/۲۴	۹۴/۸±۹/۹۷	۹۴/۵±۴/۵	۹۹/۶±۲/۵۷	۸۷/۶۷±۱۴/۵۷
۱۶	۷۹±۶/۳۲	۸۱/۳±۳/۹۶	۸۰±۶/۸۷	۸۱±۳/۳۲	۸۳/۳±۵/۷۵	۸۱/۵±۳/۸۵	۷۹/۳±۵/۳۸	۸۵/۳۷±۷/۰۲	۸۱/۳۷±۵/۱۳
میانگین	۸۸/۳۹	۸۹/۲	۹۲	۸۳/۱	۸۷/۸	۸۹/۵	۸۲/۳۵	۹۳/۹۳	۸۷/۱۷
۸	۷۴/۵±۵/۱۳	۷۵/۲±۳/۳۲	۷۷/۲±۲/۶۳	۷۵/۶±۶/۸	۷۶/۲±۲/۳۹	۷۶/۲±۲/۳۹	۷۵/۵±۱/۹۱	۷۵/۷±۴/۹۵	۷۷±۲/۶۵
۸-۱۲	۸۲/۵±۸/۹۶	۸۱/۳±۳/۹۶	۸۴±۵/۹۴	۸۱/۳±۸/۷	۸۱/۷±۳/۵۴	۸۰/۱±۸/۶	۷۷±۱/۴۱	۸۳/۳±۷/۲۷	۸۱/۶۷±۲/۰۸
۱۲-۱۶	۸۶±۶/۸۲	۹۸/۶±۱۲/۰۵	۱۰۴±۱۱/۶۹	۹۱±۸/۳۷	۸۷/۷±۱۱/۱۴	۹۳/۷±۱۰/۳۴	۷۹/۵±۹/۱۲	۹۷/۷±۵/۷۳	۹۴/۳±۳/۵۵
۱۶	۷۹/۸±۴/۶۲	۷۹±۴	۷۹/۵±۱۲/۹	۷۹/۵±۸/۷	۷۸/۳±۶/۵۶	۷۶/۱±۲/۶۶	۷۶/۵±۱	۷۶/۳±۲/۶۶	۷۹/۳±۳/۱۵
میانگین	۸۴/۳۵	۸۹/۹	۹۴	۸۶/۱	۸۴/۵	۸۶/۹	۷۸/۱۵	۹۰/۶۸	۸۸
۸	۳۶/۵±۰/۲۴	۳۶/۲±۰/۳۳	۳۶/۴±۰/۳۳	۳۶/۵±۰/۳۳	۳۶/۴±۰/۳۳	۳۶/۴±۰/۳۳	۳۶/۴±۰/۳۳	۳۶/۸±۰/۳۳	۳۶/۵±۰/۳۳
۸-۱۲	۳۶/۵±۰/۳۴	۳۶/۵±۰/۳۴	۳۶/۶±۰/۳۵	۳۶/۵±۰/۳۷	۳۶/۵±۰/۳۷	۳۶/۵±۰/۳۸	۳۶/۱±۰/۳۵	۳۶/۸±۰/۳۵	۳۶/۷±۰/۳۵
۱۲-۱۶	۳۶/۸±۰/۳۶	۳۷/۱±۰/۳۷	۳۷/۱±۰/۳۷	۳۶/۵±۰/۳۶	۳۶/۴±۰/۳۶	۳۷/۱±۰/۳۵	۳۶/۵±۰/۳۵	۳۷/۵±۰/۳۸	۳۷/۵±۰/۳۴
۱۶	۳۶/۶±۰/۳۵	۳۶/۱±۰/۳۵	۳۶/۴±۰/۳۶	۳۶/۴±۰/۳۸	۳۶/۴±۰/۳۳	۳۶/۴±۰/۳۳	۳۶/۱±۰/۳۳	۳۶/۱±۰/۳۳	۳۶/۷±۰/۳۳
میانگین	۳۶/۸۸	۳۶/۸۵	۳۶/۸۵	۳۶/۵۱	۳۶/۵۱	۳۶/۵۱	۳۶/۹۵	۳۷/۲۲	۳۷/۱۳
۸	۳۴/۶±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲	۳۴/۷±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲	۳۴/۵±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲	۳۴/۸±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲
۸-۱۲	۳۴/۷±۰/۱۲	۳۴/۸±۰/۱۲	۳۴/۸±۰/۱۲	۳۴/۷±۰/۱۲	۳۴/۷±۰/۱۲	۳۴/۷±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲	۳۴/۸±۰/۱۲	۳۴/۶±۰/۱۲
۱۲-۱۶	۳۴/۷±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵	۳۵/۰±۰/۱۵
۱۶	۳۴/۵±۰/۱۴	۳۴/۷±۰/۱۴	۳۴/۷±۰/۱۴	۳۴/۶±۰/۱۴	۳۴/۶±۰/۱۴	۳۴/۶±۰/۱۴	۳۴/۶±۰/۱۴	۳۴/۸±۰/۱۴	۳۴/۸±۰/۱۴
میانگین	۳۴/۷۴	۳۴/۹۱	۳۴/۹۵	۳۴/۸۷	۳۴/۹۶	۳۴/۹۶	۳۴/۸۹	۳۴/۹۹	۳۴/۸۴

دارای بیشترین میانگین فشارخون سیستولیک (۱۳۶/۶۲ میلی متر جیوه) و مامورین راهنمایی و رانندگی دارای کمترین میزان (۱۲۸ میلی متر جیوه) می باشند. در مورد فشار خون دیاستولیک نیز این شرایط صادق می باشد. بالاترین و کمترین میزان ضربان قلب نیز به کارگران باربر با ۹۴ ضربه در دقیقه (بیشترین میزان) و مامورین راهنمایی و رانندگی با ۷۸ ضربه در دقیقه (کمترین میزان) اختصاص یافته است. هم چنین نتایج این جدول نشان می دهد که بیشترین میانگین دمای دهانی مربوط به کارگران

ساختمانی و کمترین میزان آن مربوط به مامورین راهنمایی و رانندگی بوده است، اما بیشترین دمای پوستی مربوط به کارگران راهسازی (۳۵±۰/۱۳) °C و کمترین میزان آن به کارگران شهرداری (۳۴/۷۴±۰/۱۸) °C اختصاص یافته است. مقادیر I برای فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، ضربان قلب، دمای دهانی و دمای پوستی به ترتیب برابر با ۳۱/۴۳۵، ۰/۰۴۹۲، ۰/۳۶۸ و ۰/۴۲۱ به دست آمد. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، بیشترین همبستگی بین



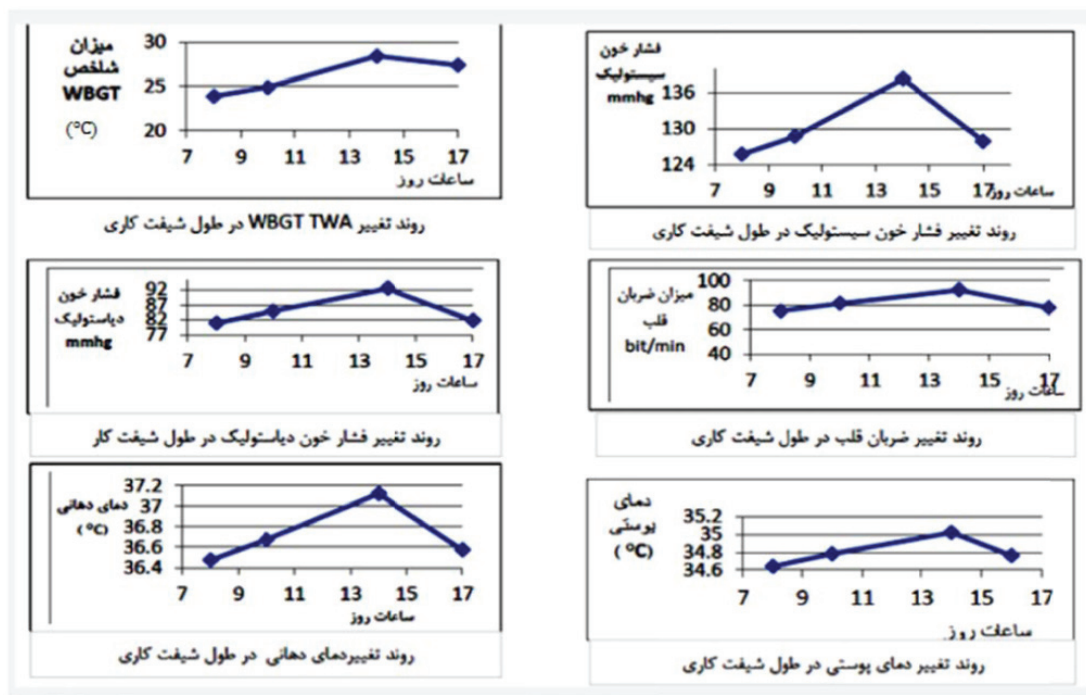
شکل ۱. نمودارهای همبستگی خطی بین شاخص دمای تر گوی سان و پارامترهای فیزیولوژیکی

مطابق شکل بیشترین مقدار میانگین WBGT و پارامترهای فیزیولوژیکی در ساعات ۱۳-۱۶ قرار دارند، بنابراین می توان گفت بیشترین میزان استرس حرارتی در این ساعات اتفاق می افتد.

### بحث

بخش قابل توجهی از نیروی کاری کشور در محیط های روباز مشغول فعالیتند. اما به دلیل این که بیشتر مشاغل روباز به صورت پیمانکاری می باشند، بنابراین تحت پوشش ارزیابی های بهداشت حرفه ای قرار نمی گیرند. از این رو، چنین می توان گفت که توجه به سلامتی و رضایت مندی شاغلین حرفه های روباز و بررسی عوارض و اثرات سوء ناشی از گرما،

WBGT و ضربان قلب وجود دارد ( $r = 0.492$ ). همچنین آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که ضربان قلب در ساعات مختلف روز کاری متفاوت می باشد ( $p > 0.001$ ). به عبارت دیگر با تغییر ریتم کاری افراد در ساعات مختلف شیفت کاری، میزان ضربان قلب تغییر یافته است. میانگین مقادیر WBGT اندازه گیری شده در طول مدت کاری، به همراه روند تغییر پارامترهای فیزیولوژیکی در طول ساعات روز در شکل ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که با افزایش شاخص WBGT میزان دمای عمقی بدن، فشار خون و نبض و یا میزان استرین حرارتی افزایش یافته است که نمایانگر متناسب بودن این شاخص برای ارزیابی استرس حرارتی در محیط مورد نظر می باشد.



شکل ۲. روند تغییرات میانگین پارامترهای فیزیولوژیکی و شاخص WBGT در طول شیفت کاری

شیفت کاری در روز می توان این چنین بیان کرد که کارگران راه سازی، ساختمانی و کشاورزی در تمامی ساعات روز دارای بیشترین میزان شاخص WBGT بوده و کارگران شهرداری نیز کمترین میزان این شاخص را داشتند. یکی از علل مهم و موثر در میزان افزایش بار حرارتی محیط کار تابش مستقیم نور خورشید بوده که توسط محققین مختلف به اثبات رسیده است. در مطالعه‌ای که LANGKULSEN و همکارانش در تایلند انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کارگران کشاورزی به دلیل رو باز بودن و تابش مستقیم نور خورشید بیشتر از صنایع مورد بررسی دیگر در معرض استرس حرارتی قرار دارند (Langkulsen, et al., 2010). از دلایل دیگر این امر مکان فعالیت افراد است، زیرا اکثر شاغلین شهرداری در این ساعات در پارک‌های شهری و فضاهای سبز مشغول فعالیت هستند و مهم‌ترین تاثیر فضای سبز در شهرها می تواند تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی،

پایش و ارزیابی میزان فشار گرمایی احتمالی در این افراد و آگاهی از اختلالات ناشی از آن و نیز اقدامات پیشگیری و کنترلی در این خصوص از ضروریات بهداشت شغلی و از الزاماتی غیر قابل انکار است.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۳ توسط کمیته توسعه و سلامت ویتنام انجام شد، کارگران ساخت و ساز، کارگران شیلات، کشاورزان، فروشندگانی و باربرها به عنوان گروه های آسیب پذیر انتخاب شدند و به این نتیجه رسیدند که مواجهه با گرما در محیط کار این افراد شایع و جدی می باشد و اکثریت این کارگران شرایط بسیار گرم محل کار خود را گزارش کرده‌اند (Phoung, 2013). در این تحقیق نیز مشاغل بتن سازی، باربری، کشاورزی، کارگران راه سازی و کارگران ساختمانی به ترتیب در معرض متوسط شاخص استرس حرارتی  $26/32^{\circ}\text{C}$ ،  $26/68$ ،  $26/88$ ،  $27$ ،  $26/94$  بوده و جزء مشاغل آسیب پذیر معرفی شدند. با در نظر گرفتن ۸ ساعت

شاخص WBGT داشت. شاخص های فیزیولوژیکی نیز با همه دماهای محیطی به جز دمای تر چرخان مربوط بود. (Macqueen, 2012). در کشور ایران به دلیل تمرکز نیروهای بهداشت حرفه ای و محققین سایر رشته‌ها روی مشاغل و صنایع بزرگ، مطالعات کمتری در زمینه برآورد استرس حرارتی در مشاغل روباز انجام شده است. بنابراین می توان چنین نتیجه گیری کرد که کارگران شاغل در محیط‌های روباز به دلیل عدم به کار گیری اصول بهداشت کار از یک طرف و متاثر شدن از تابش های خورشیدی به ویژه در مناطق گرم در معرض استرس های حرارتی بوده و لزوم به کارگیری موازین سلامت شغلی برای آنان ضرورت دارد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه خانم مریم رستمی به راهنمایی دکتر فریده گل‌بابایی و دکتر محمد رضا منظم می‌باشد. نویسندگان وظیفه خود می دانند که از دانشگاه علوم پزشکی تهران که امکان اجرای این مطالعه را فراهم نمود، تشکر و قدردانی نمایند.

### منابع

- ACGIH, (2010). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices ACGIH Defining the Science of Occupational and Environmental Health, ACGIH, 200-218
- American Conference of Industrial Hygienists, (2000). Threshold limit values for chemical substances and physical agents. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2000
- Beheshti, M.; Hajizade, R.; Khodaparast, E.; (2013). Investigation heat stress in small enterprise

لطافت هوا و جذب گرد و خاک باشد. از طرفی کارگران راهسازی علاوه بر گرمای ناشی از هوا در مواجهه با گرمای ناشی از فرایند کاری (حرارت ناشی از مخلوط آسفالت) نیز قرار داشتند. نتایج محاسبه شده در این مطالعه نیز نشان از افزایش تدریجی دما در طول روز دارند که نمودارهای ترسیم شده نشان دهنده حداکثر دما در ساعات بعدازظهر (۱۳-۱۶) هستند. این امر نشات گرفته از تابش های خورشیدی بوده و اثرات افزایشی آن با شرایط جوی ایستگاه های هواشناسی نیز مرتبط بوده است. در مطالعه ای که محمد حسین بهشتی و همکارانش روی مشاغل کوچک شهرستان قم انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که بیشترین میزان شاخص WBGT بین ساعات ۱۳ تا ۱۸ بوده که در ساعات ۱۶ تا ۱۸ در بیشترین میزان خود بوده است. (Beheshti., et al., 2013). آزمون همبستگی نشان داد که بین شاخص WBGT و پارامترهای فیزیولوژیک ارتباط مستقیم و مثبت معنادار وجود دارد، یعنی با افزایش دما میزان پارامترهای عمقی نیز افزایش می یابد. در مطالعه فلاحتی شاخص های استرس گرمایی با دمای تمپان ارتباط معناداری داشته اند و شاخص دمای تر گوی سان بیشترین دقت را در ارزیابی استرس حرارتی نشان داده است. در مطالعه فلاحتی با افزایش شاخص دمای تر گوی سان و استرین فیزیولوژیکی دمای عمقی نیز افزایش یافته است (Falahati, et al., 2012). در مطالعه ای که توسط استفان و مک کوبین در سال ۲۰۱۲ به منظور ارزیابی استرس حرارتی با اندازه گیری دمای بدن، ضربان قلب، کاهش وزن بدن بر روی ۱۸ نفر از کارگران مزرعه گوجه فرنگی انجام شد، به این نتیجه رسیدند که یک سوم کارگران ۱/۵ درصد کاهش وزن داشته اند که نشانه ای از کم آبی بدن بود و ضربان قلب ارتباط معنی داری با

- (2007). heat stress investigation on laundry workers analysis, International Conference on Ergonomics (ICE07), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Langkulsen ,U.;Vichit-Vadakan, N.; Taptagaporn, S.:( 2010). Health impact of climate change on occupational health and productivity in Thailand. Global health action. 2010;3
- Lee,N., Lee,B.K.,Jeong,S.,Yi,G.Y.and Shin,J. 2012. Work environments and exposure to hazardous substances in korean tire manufacturing. Safety and Health at Work 3:2, 130–9.
- Lin R-T, Chan C-C.(2009). Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan. Global Health Action. 2009;2
- McQueen, S.L.,) 2012( .Evaluation of Heat Stress in Migrant Farmworkers.supervisors Chair Ken Silver , Maier Kurt ,Florence Joseph . A thesis presented to the faculty of the Department of Environmental Health East Tennessee State University.
- Morioka, I.; Miyai, N.; Miyashita, K.:( 2006). Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. Industrial health.;44(3):474-80.
- Nilsson M, Kjellstrom T.(2010). Invited Editorial: Climate change impacts on working people: how to develop prevention policies. Global health action. 2010;3.
- Phoung V, Few R, Winkels A.(2013). Heat stress and adaptive capacity of low-income outdoor workers and their families in the city of Da Nang, Vietnam
- Yunibhand, S., Intaranont, K. and Vanwongerghem, K.( 1991). Ergonomic assessment of workload in Thai Industries. In: Quéinnec, Y. and Daniellou, F. (Eds) Designing for Everyone. Volume 2. Proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association.
- in Qom city. Journal of health and safety at work,vol3,no4.(Persian).Journal of Health and Safety at Work Vol. 3; No.4; Winter 2013-Bernard ,TE.; Cross ,RR.:( 1999). Heat stress management: Case study in an aluminum smelter. International Journal of Industrial Ergonomics; 23(5-6): 609-20.
- Davoudin talab, A.; Azari,GH.; Meshkani,M.; Tabatabaei, F.:(2012). evaluation of heat stress in melting industry in summer . 1(2):8-51(Persian).
- Falahati,M.;Alimohammadi,I.;Farshad.A.A.;Zoka ei,M.;Sardar,A.(2012)reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. Iran Occupational Health, Vol. 9, No. 1.spring 2012(Persian).
- Golbabaee,F.; Monazzam, M.;Hematjo,R.; Hosseini , M.:(2012). The Assessment of Heat Stress and Heat Strain in Pardis Petrochemical Complex, Tehran, Iran. IJOH. 5: 6-11(Persian).
- Haji Azimi, E.; , Khavanin, A.; Aghajani, M.; , Soleymanian, A.(2011). Thermal stress measurement according to WBGT index in smelting industry. Iranian Journal of Military Medicine Summer 2011, Volume 13, Issue 2; 59-64(Persian).
- ISO 7243,(2003). Hot Environments- Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature). Geneva: International Standards Organization; 2003: 5-38
- ISO 8996,(2001).Ergonomics of the thermal environment determination of metabolic heat production Geneva: International Standards Organization; 2001:1-24
- ISO 9886,(2004).Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements Geneva: International Standards Organization; 2004
- Jalil, A.S.; Dor, Z.; Yahya, M.S.; Batcha, M.F.,

## Investigation of heat stress based on WBGT index and its relationship with physiological parameters among outdoor workers of Shabestar city

F. Golbabaei<sup>1</sup>, M. Rostami Aghdam Shendi<sup>2</sup>, M. R. Monazzam<sup>1</sup>, M. Hosseini<sup>1</sup>, M. Yazdani avval<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> MSc. of occupational health engineering, Tehran University of Medical Sciences

<sup>3</sup> MSc. of occupational health engineering, Tarbiat modarres university

### Abstract

**Introduction:** Outdoor workers are exposed to heat from solar radiation and the atmospheric conditions, in addition to the heat from the working process, which is worse by global warming. The purpose of this study was to evaluate heat stress based on wet bulb globe temperature index and also to examine the relationship between WBGT and physiological indices among outdoor workers of Shabestar city.

**Material and Method:** This cross-sectional study was conducted in August 2014. WBGT measurements were taken according to ISO7243 standard in different hours. The physiological response of 53 outdoor workers (including heart rate, systolic and diastolic blood pressure, oral temperature, and skin temperature) were measured among 9 occupational groups, including municipal workers, concrete makers, porters, construction and road making workers, stonemasons, farmers, traffic officers, and street vendors.

**Result:** The mean WBGT index for all outdoor workers, except for municipal workers, street vendors, traffic officers and stonemason, was greater than threshold limit. The highest average WBGT index was for construction workers and the lowest was for municipal workers (respectively 27 and 26 °C). Moreover, a significant direct association was reported between the WBGT index and physiological parameters ( $P < 0.0001$ ), with the highest correlation coefficient belonged to heart rate ( $r=0.492$ ).

**Conclusion:** According to WBGT index, porters, Concrete makers, construction and road makers, and farmers had the highest exposure at all times of the day while the lowest level was related to municipal workers. What is more, heat stress showed a significant correlation with the study strains. Therefore, it is essential to conduct further research and in order to represent preventive countermeasures for the workers in this field.

**Keywords:** WBGT index, Heat stress, Outdoor workers, Heat strain

\* Corresponding Author Email: [rostami\\_68@yahoo.com](mailto:rostami_68@yahoo.com)