

ارزیابی استرس حرارتی در شاغلین کارگاه های آجرپزی بر اساس شاخص WBGT در شهرستان قم

روح اله حاجی زاده^۱ - فریده گلبابایی^{۲*} - محمد رضا منظم اسماعیل پور^۳ - محمد حسین بهشتی^۴

احمد مهری^۵ - مصطفی حسینی^۶ - اسماعیل خداپرست^۷

fgolbabaei@sina.tums.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۱۲

چکیده

مقدمه: استرس گرمایی در محیط های کاری بیشتر مشاغل خصوصا مشاغلی که محیط کارشان روباز است و همچنین از طریق فرایند کار گرما دریافت می کنند، یک خطر جدی برای سلامتی و ایمنی کارگران به شمار می آید. هدف از این پژوهش بررسی وضعیت استرس گرمایی در کارگاه های آجرپزی شهرستان قم بر اساس شاخص WBGT و همچنین بررسی ارتباط بین WBGT و شاخص های فیزیولوژیکی است.

روش کار: این مطالعه در ۴۰ کارگاه آجرپزی شهرستان قم انجام شد. اندازه گیری WBGT بر اساس استاندارد ISO7243 صورت گرفت. همچنین پاسخ های فیزیولوژیکی ۱۸۴ نفر کارگر (یک تا ۵ نفر از هر کارگاه) شامل دمای دهانی، دمای پوست، دمای سرخرگ کاروتید گوش، نبض، فشارخون سیستولیک و دیاستولیک همزمان با سنجش شرایط جوی اندازه گیری شد. در نهایت با استفاده از نرم افزار SPSS16 تجزیه و تحلیل آماری انجام گرفت.

یافته ها: میانگین شاخص WBGT برای مشاغل مختلف آجرپزی شامل کوره، جابجایی بار، نوار نقاله، خشت زنی و گلگیری ترتیب $30/8^{\circ}\text{C}$ ، $26/74^{\circ}\text{C}$ و $26/58^{\circ}\text{C}$ و در مجموع میانگین WBGT، $27/98$ به دست آمد. میزان WBGT در مقایسه با میزان استاندارد ISO7243 در تمام کارگاه ها اندازه گیری شده بیشتر از حد مجاز است. میانگین WBGT در بخش کوره دارای بیشترین میزان WBGT بود ($30/8^{\circ}\text{C}$) میانگین WBGT در سه ارتفاع سر، شکم و پا اختلاف معناداری نداشت (آزمون T-test). اختلاف بین میانگین WBGT با میانگین دمای دهانی، دمای پوست و دمای سرخرگ کاروتید گوش به ترتیب $0/203$ ، $0/319$ ، $0/49$ به دست آمد که بیشترین ضریب همبستگی را با دمای سرخرگ کاروتید گوش نشان داد و همچنین بین شاخص WBGT با میانگین نبض، فشارخون سیستولیک و دیاستولیک رابطه معناداری مشاهده نشد ($P > 0/05$). شاخص WBGT در بخش های روباز و سرپوشیده اختلاف معناداری با هم دارند ($P < 0/05$).

نتیجه گیری: میزان استرس حرارتی در کلیه ی کارگاه های آجرپزی مورد مطالعه بیشتر از حدود مجاز توصیه شده بود و در این میان کارگران بخش کوره با استرس حرارتی بیشتری مواجه بودند که نیاز به کنترل های ویژه ای می باشد و باید تدابیری برای کنترل استرس حرارتی این کارگران اتخاذ شود.

کلمات کلیدی: شاخص WBGT، استرس گرمایی، کارگاه های آجرپزی، پارامترهای فیزیولوژیک

- ۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران
- ۲- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۳- دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۴- مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد
- ۵- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۶- استاد گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- ۷- کارشناس ارشد گروه ایمنی صنعتی، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران

مقدمه

در میان مشاغل موجود، بخش قابل توجهی در محیط‌های روباز انجام می‌شود و شاغلین این مشاغل به‌ویژه در اقلیم گرم می‌توانند در معرض استرس حرارتی قرار گیرند. بار حرارتی از طریق شرایط آب و هوایی و فرایند کار دریافت می‌شود (Enander and Hygge 1990) و می‌تواند باعث اختلال در سلامتی و کارکرد کارگران شود (Kovats and Hajat 2008). کارگرانی که در محیط‌های گرم مشغول کار هستند بعد از مدتی، دچار کاهش آب بدن و کاهش ترشح عرق می‌شوند که این امر منجر به افزایش دمای عمقی بدن می‌گردد. اگر دمای عمقی بدن به بیش از ۴۲ درجه سانتی‌گراد برسد باعث کاهش فشار خون می‌شود و در نتیجه خون کافی به اندام‌های حیاتی مثل کلیه و مغز نمی‌رسد که در صورت تداوم این شرایط می‌تواند به فرد آسیب برساند (Azari and motamedzadeh 2002) مواجهه‌ی طولانی مدت با گرما اختلالاتی همچون کرامپ عضلانی، خستگی گرمایی، جوش‌های پوستی، سنکوپ گرمایی، گرما زدگی، کاهش عملکرد جسمانی و ذهنی، علائم عصبی و روانی، کاهش هوشیاری و ادراک را سبب شده که بالتبع منجر به کاهش بهره‌وری، افزایش میزان بروز حوادث و کاهش سطح ایمنی در محیط‌های کاری می‌گردد (Misaqi 1976; Dematte, O'Mara et al. 1998; Lugo-Amador, Rothenhaus et al. 2004; Wan 2004; Morabito, et al. 2006; Moran and Epstein 2006; Kjellstrom, et al. 2009). انسان‌ها می‌توانند در محدوده‌ای از تغییرات گرمای محیط با استفاده از استراتژی‌های رفتاری و فیزیولوژیکی، تعادل ایجاد کنند؛ اگرچه از نظر کلینیکی دمای عمقی بدن باید در محدوده $36/7 \pm 0/3$ درجه سانتی‌گراد

باشد. اگر دمای عمقی بدن بیش از دو درجه کم و زیاد شود تعادل گرمایی بدن بهم می‌خورد. می‌توان با اندازه‌گیری دمای عمقی بدن مثل دمای مقعدی، دمای سرخرگ کاروتید گوش و همچنین دمای دهان میزان تنش حرارتی را ارزیابی کرد (Falahati, et al. 2011) شاخص WBGT یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی استرس حرارتی برای محیط‌های کار محسوب می‌شود (Falahati, et al. 2011). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که شاخص WBGT برای ارزیابی وضعیت شرایط جوی محیط کار شاخص مناسبی می‌باشد (Enander and Hygge 1990) هرچند مطالعاتی نیز وجود دارد که این شاخص را در ارزیابی محیط‌هایی شغلی نسبت به شاخص‌های دیگر ضعیف اعلام داشته‌اند (Clantary and Wsterlund 2005) در مطالعه‌ای که SadeghiAliabadi (1997) و همکاران بر روی شاخص‌های استرس حرارتی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که شاخص WBGT در مقایسه با شاخص میزان تعریق مورد نیاز یک شاخص ساده و مناسب می‌باشد (Falahati, et al. 2011).

کارگاه‌های آجرپزی از جمله فعالیت‌های شغلی است که تعداد آن در شهرستان قم قابل ملاحظه می‌باشد، طبق آمار اتحادیه‌ی آجرپزی شهرستان قم حدود ۵۶۳ کارگاه آجرپزی وجود دارد و تقریباً ۱۰۰۰۰ کارگر در آن به کار اشتغال دارند. لذا شرایط جوی و استرس‌های حرارتی محیط کار این کارگران همراه با شرایط اقلیمی منطقه به ویژه اینکه بخش قابل ملاحظه‌ای از نیروی کار در محیط‌های روباز مشغول به کار هستند، می‌تواند اثرات تلفیقی قابل ملاحظه‌ای را ایجاد نماید. با توجه به اهمیت اثرات گرما بر شاغلین کارگاه‌های آجرپزی که بخشی از کار در محیط‌های روباز و

گل گیری انجام می شود (شکل ۲) سپس این گل ها در قالب های مخصوصی به صورت دستی قرار می گیرد. پس از آن گلهایی که به شکل قالب در آمده در محلی جلوی آفتاب گذاشته می شود تا خشک گردد، در ادامه به صورت گنبدی بر روی کوره چیده می شوند، کوره ها را روشن می کنند و حدود ۱۰ تا ۱۵ روز در حالت روشن نگه می دارند تا آجرها کاملا پخته شود. بعد از این مرحله آجرها بارگیری شده و به محل مصرف منتقل می شود. در کارگاه هایی که فرایند کار در کوره های خمیری انجام می شود (شکل ۳)، مرحله گل گیری و خشت زنی به صورت ماشینی و توسط دستگاه خشت زنی انجام می شود. بعد از مرحله خشت زنی، خشت ها برای خشک شدن جلوی آفتاب قرار گرفته، سپس آجرها به کوره ها منتقل می شوند. تفاوت اساسی این فرایند با نوع اخیر آن است که مرحله آجر چینی و بارزنی آجر همزمان با روشن شدن کوره ها انجام می شود.

همچنین بخشی در محیط های سرپوشیده می باشد و همچنین شرایط اقلیمی شهر قم، دریافت گرما از طریق فرایند کار و همچنین مطالعات محدود در رابطه با بررسی اثرات حرارتی بر روی شاغلین کارگاه های آجرپزی، در این مطالعه چگونگی مواجهه با گرما و میزان تنش گرمایی محیط کار بر اساس شاخص WBGT در مورد کارگران کارگاه های آجرپزی شهرستان قم مورد بررسی قرار گرفته است.

روش کار

این مطالعه ی توصیفی و تحلیلی در بهار و تابستان سال ۱۳۹۲ در ایستگاه های کاری کارگاه های آجرپزی شهرستان قم انجام شد.

فرایند کار

فرایند کار در کارگاه های آجرپزی بر حسب نوع کوره، شامل کوره های گنبدی و کوره های خمیری متفاوت است. در نوع اول (شکل ۱) ابتدا



شکل ۲: مرحله گلگیری



شکل ۱: کوره گنبدی



شکل ۳: کوره خمیری

پارامترهای فیزیولوژیک ۱۸۴ نفر در سه نوبت اندازه گیری شد.

جمع آوری اطلاعات دموگرافیک کارگران در این مرحله با تکمیل پرسشنامه، اطلاعات دموگرافیک کارگران جمع آوری شد و همچنین پرسشنامه ارزیابی مقدماتی محیط کار تهیه و تکمیل گردید. علاوه بر آن احساس گرمایی کارگران از طریق پرسشنامه پرسیده و ثبت شد. میزان فعالیت کارگران و میزان متابولیسم آنها بر اساس حدود پیشنهادی توسط ACGIH (2010) و میزان کلو لباس بر اساس ISO 9920 برآورد گردید.

سنجش پارامترهای محیطی

در این بررسی جهت ارزیابی پارامترهای محیطی شامل دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای تابشی از دستگاه WBGT متر کالیبره شده ساخت شرکت casella مدل MK427JY و برای سنجش سرعت جریان هوا از آنومتر حرارتی مدل yk-2004ah ساخت شرکت Lutron استفاده شد.

حجم نمونه

برای تعیین حجم نمونه در مطالعه حاضر از فرمول‌های مربوط به تعیین حجم نمونه (فرمول ۱) جهت مطالعه همبستگی صفات استفاده شده است. در این فرمول r ضریب همبستگی صفت مربوطه با شاخص WBGT می باشد:

$$n_0 - 3 = \left[\frac{Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta}}{\omega - \omega_0} \right]^2 \quad (1)$$

$$r = 0.25 \quad \omega = \frac{1}{2} \times \ln \frac{1+0.25}{1-0.25} \quad (2)$$

$$\Rightarrow \omega = 0.255 \quad \omega_0 = 0$$

حال با در نظر گرفتن اطمینان آماری ۹۵٪ ($\alpha=0.05$) و توان آزمون ۹۰٪ ($\beta=0.10$) حجم نمونه لازم در فرمول فوق قرار داده می شود:

$$n_{01} = \left[\frac{Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta}}{\omega - \omega_0} \right]^2 + 3 = \left[\frac{1.96 + 1.28}{0.255 - 0} \right]^2 + 3 = 165$$

طبق فرمول بالا حجم نمونه برای اندازه گیری پارامترهای فیزیولوژیک، ۱۶۵ نفر به دست آمد که در این پژوهش برای افزایش اعتبار نتایج،

سنجش پارامترهای فیزیولوژیکی

فشار خون و نبض کارگران مورد مطالعه توسط دستگاه فشارسنج مچی مدل DW-701 ساخت کشور چین، دمای سرخرگ کاروتید گوش با استفاده از ترمومتر مدل FT4919 ساخت شرکت AEG آلمان، دمای پوست (میانگین دماهای پیشانی، سینه، پشت و پشت دست) به وسیله دستگاه ترمومتر پوست مدل TM905 ساخت شرکت LUTRON و دمای دهان از طریق دماسنج های دهانی طبی همزمان با سنجش پارامترهای محیطی مطابق استاندارد ISO9886 (ISO 1992) اندازه گیری شد.

کلیه ی اندازه گیری ها مطابق با توصیه های ISO7243 و در سه ارتفاع سر، سینه و شکم و همچنین در سه مقطع زمانی (۸-۱۰، ۱۰-۱۳ و ۱۶-۱۹) انجام و سپس متوسط زمانی آنها در طول شیفت کار محاسبه گردید. مقطع زمانی ۱۳-۱۶ به دلیل عدم فعالیت کارگران در محاسبات وارد نشده است.

از آنجایی که محیط های کاری کارگرانی که با نوار نقاله و خشت زنی کار می کنند و همچنین کارگرانی که مشغول آجر چینی و آجر بارکنی از کوره های گنبدی (به دلیل اینکه کوره ها موقع کار خاموش بودند) بودند، بر اساس پیش آزمون از لحاظ دمایی متجانس بود، اندازه گیری ها فقط در ناحیه ی کمر کارگران (۱،۱ متر) انجام شد. ولی در ایستگاه های کاری کارگرانی که مشغول آجرچینی در کوره و آجر بارکنی در کوره های خمیری بودند اندازه گیری ها در سه ارتفاع پا، شکم انجام شد و طبق فرمول ۳ متوسط WBGT محاسبه گردید. علاوه بر آن برای محاسبه ی مقدار WBGT کارگران جابجایی بار، به دلیل اینکه حدود ۰/۱ زمان کار را

در داخل کوره ها سپری می کردند متوسط WBGT از طریق فرمول ۴ محاسبه شد:

$$WBGT = (WBGT_{\text{ارتفاع سر}} + (WBGT_{\text{ارتفاع پا}} + (WBGT_{\text{شکم}} \times 2)) / 4 \quad (3)$$

$$WBGT = 0.1 WBGT_{\text{(داخل کوره)}} + 0.9 WBGT_{\text{(بیرون کوره)}} \quad (4)$$

با توجه به آن که کارگران در هنگام کار از لباس کار معمولی شامل پیراهن آستین بلند و شلوار استفاده می کردند فاکتور تصحیح معادل ۰/۶ در محاسبات WBGT منظور گردید. برای آنالیز آماری از نرم افزار SPSS 18 و EXCEL استفاده شد.

یافته ها

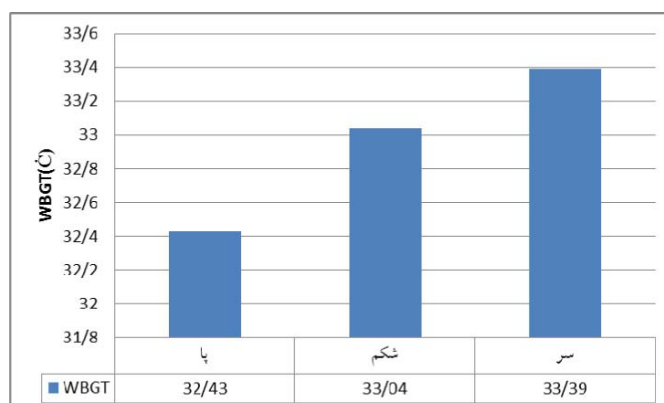
کارگاه های مورد مطالعه بین ۳-۳۰ نفر کارگر داشتند. ۱۸۴ کارگر مورد مطالعه مرد با ردیف سنی ۹ - ۷۰ سال و سابقه کار ۱-۳۷ سال بودند. محیط کار ۱۳۲ نفر از افراد مورد بررسی، روباز و ۵۲ نفر سرپوشیده بود. ۴۱ نفر (۲۲/۲۸٪) در قسمت نوار نقاله، ۶۶ نفر (۳۵/۸۶٪) در بخش کوره، ۲۱ نفر (۱۱/۴٪) در بخش خشت زنی دستی و گلگیری و ۵۵ نفر (۲۹/۸٪) در بخش جابجایی بار فعالیت داشتند.

میانگین و انحراف معیار پارامترهای محیطی سنجش شده در مشاغل مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.

میانگین و انحراف معیار شاخص WBGT در سه ارتفاع سر، شکم و قوزک پا در کارگران آبریزی بخش کوره های خمیری در شکل ۴ ارائه شده است. مقادیر WBGT در سه ارتفاع بر اساس آزمون T-test اختلاف معناداری با یکدیگر نداشتند ($P < 0/05$).

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار پارامترهای محیطی در مشاغل مختلف کاری کارگاه های آجرپزی

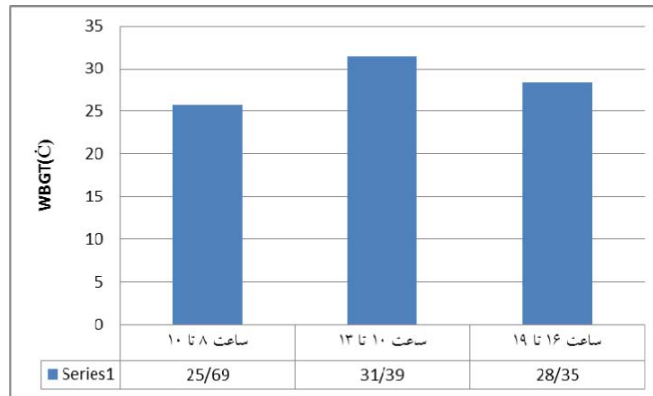
خشت زنی و گلگیری	نوار نقاله	کوره	جابجایی بار	شغل	
				پارامترهای محیطی	
۳۴/۹	۳۷/۲۷	۴۲/۷۴	۳۷/۵۶	میانگین	دمای خشک (°C)
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۳/۶۲	۱/۱۴	۴/۳۸	۲/۲۷	میانگین	رطوبت نسبی (%)
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۱۱/۴۴	۳/۳۹	۱۶/۰۴	۱۱/۶۴	میانگین	دمای گوی سان (°C)
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۱۹/۱۴	۱۷/۰۸	۳۱/۶۳	۱۷/۸۷	میانگین	دمای تر طبیعی (°C)
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۲/۹۹	۳/۶۸	۱/۳۷	۴/۹	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۸/۲۵	۱۰/۵	۴۴/۲۵	۲۹/۲۵	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۴۳/۹۷	۴۵/۰۱	۵۰/۶۳	۴۵/۲۷	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۲/۹۸	۱/۳۲	۵/۷	۱/۹۹	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۱۳/۶	۴/۶۹	۲۳/۷۶	۹/۲۴	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۱۹/۲۹	۲۰/۶	۲۴/۲۱	۲۰/۷۵	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۱/۴	۰/۸۶	۲/۸۵	۱/۶۹	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۳/۹۱	۲/۸	۱۱/۱۱	۸/۹۶	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۰/۴۴	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۲۲	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۱۶	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	
۰/۶۵	۰/۱۳	۰/۷۳	۰/۶۸	میانگین	سرعت جریان هوا
				انحراف معیار	
				ضریب تغییرات	



شکل ۴: میانگین و انحراف معیار WBGT در سه ارتفاع مختلف مورد سنجش در کارگران مورد مطالعه

همچنین میانگین WBGT در ساعات ۱۰ تا ۱۳ و ۱۶ تا ۱۹ اختلاف معناداری باهم داشتند ($P < 0/05$). احتمال تفاوت در میزان مواجهه کارگران در مشاغل مختلف به لحاظ آماری مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۲). نتایج به دست آمده حاکی از آن است که میانگین شاخص WBGT در بخش کوره، نسبت به سایر بخش‌های آجرپزی بیشتر است و اختلاف

با توجه به تغییرات شرایط جوی در مقاطع مختلف زمانی شیفت کار، (شکل ۵) اختلاف میانگین شاخص WBGT در مقاطع مختلف تحت آزمون آماری قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین WBGT در ساعات ۸ تا ۱۰ با میانگین WBGT در ساعات ۱۰ تا ۱۳ و ۱۶ تا ۱۹ اختلاف معناداری با یکدیگر داشته ($P < 0/05$) و



شکل ۵: میانگین WBGT در ساعات مختلف

جدول ۲: میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر شاخص WBGT در مشاغل مختلف آبریزی

WBGT (°C)				شغل
حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین	
۳۷/۳۶	۲۴/۵۱	۳/۴۵	۳۰/۸	کوره
۳۲/۲۹	۲۴/۵۱	۱/۴	۲۶/۷۴	جابجایی بار
۲۷/۳	۲۵/۸۱	۰/۴۶	۲۶/۵۸	نوار نقاله
۲۷/۳	۲۳/۸۱	۱/۰۴	۲۵/۲۴	خشت زنی دستی و گل گیری
۳۷/۳۶	۲۳/۸۱	۳/۱۱	۲۷/۹۸	کل

جدول ۳: میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر شاخص WBGT بر حسب نوع محیط کار (رو باز و سرپوشیده)

WBGT (°C)				نوع محیط
حداکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین	
۳۲/۲۹	۲۳/۸۱	۱/۳۱	۲۶/۴۲	رو باز
۳۷/۳۶	۲۶/۳۶	۲/۸	۳۲	سرپوشیده

نتایج بخش پارامترهای فیزیولوژیک کارگران مورد مطالعه بر حسب نوع شغلشان در جدول ۴ ارائه شده است. جدول ۶ میانگین پارامترهای فیزیولوژیک کارگران مورد مطالعه را بر حسب نوع محیط کار (محیط روباز و سرپوشیده) نشان می دهد. همان طور که در جدول زیر نشان داده می شود بین WBGT با دمای پوست، دهان و

معناداری با میانگین WBGT بخش های دیگر دارد ($P < 0/05$). از آنجایی که پیش بینی می شد کارگران بر حسب نوع محیط کارشان (رو باز و سرپوشیده) با مقادیر مختلف استرس گرمایی مواجهه داشته باشند، میانگین این شاخص بر حسب نوع کاری محاسبه و در جدول ۳ ارائه شد که شاخص WBGT در بخش های روباز و سرپوشیده اختلاف معناداری با هم داشتند ($P < 0/05$).

جدول ۴: شاخص‌های آماری پارامترهای فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده کارگران مورد مطالعه بر حسب نوع شغل

نوع شغل (تعداد در دقیقه)	فشار خون دیاستولیک (mmhg)	فشار خون سیستولیک (mmhg)	دمای سرخرگ کاروتید گوش (C°)	دمای دهان (C°)	دمای پوست (C°)	پارامترهای فیزیولوژیک	
						شاخص آماری	کارگاه‌های اندازه‌گیری
کوره	۸۱/۵۱	۱۲۹/۸۶	۳۶/۷۴	۳۶/۸۷	۳۶/۲۱	میانگین	کوره
	۸/۵۶	۱۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۵۲	انحراف معیار	
	۴۱/۶۷	۴۴/۶۷	۶۳/۶۷	۱/۹۷	۳/۷	دامنه تغییرات	
جابجایی بار	۷۵/۵	۱۲۷/۳۲	۳۶/۲۸	۳۶/۳۸	۳۵/۶۳	میانگین	جابجایی بار
	۱/۰۲	۱۳/۰۶	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۴۹	انحراف معیار	
	۴۲/۶۷	۶۳	۵۵	۱/۶۳	۲/۵۳	دامنه تغییرات	
نوار نقاله	۸۰/۸۵	۱۲۶/۹۱	۳۶/۱۵	۳۶/۲۳	۳۵/۴۲	میانگین	نوار نقاله
	۹/۷	۹/۲۸	۰/۳	۰/۳۴	۰/۴۴	انحراف معیار	
	۴۲/۳۳	۴۰	۵۵/۳۳	۱/۲۳	۱/۴۷	دامنه تغییرات	
خشت زنی و گلگیری	۷۸/۰۳	۱۲۵/۶۶	۳۶/۳۶	۳۶/۹۱	۳۶/۲۷	میانگین	خشت زنی و گلگیری
	۱/۱۵	۹/۵۵	۰/۳۸	۱/۰۱	۰/۷۱	انحراف معیار	
	۴۰/۳۳	۳۹/۳۳	۵۵/۳۳	۱/۳۷	۳/۳	دامنه تغییرات	
کل	۷۵/۳۶	۱۲۷/۹۵	۳۶/۴۳	۳۶/۵۸	۳۵/۸۶	میانگین	کل
	۹/۷۲	۱۱/۱۳	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۶۳	انحراف معیار	
	۴۷/۶۷	۶۳	۷۵/۳۳	۲۰/۳	۳/۷	دامنه تغییرات	

جدول ۵: میانگین دمای پوست به تفکیک قسمت‌های مختلف بدن در بخش‌های مختلف کارگران شاغل در آجرپزی

پشت دست (C°)	سینه (C°)	دمای پشت (C°)	دمای پیشانی (C°)	پارامترهای فیزیولوژی		کارگاه‌های اندازه‌گیری
				شاخص آماری	کارگاه‌های اندازه‌گیری	
کوره	۳۵/۸۳	۳۵/۴۶	۳۵/۹	۳۵/۷۹	میانگین	کوره
	۰/۵۲	۱/۰۷	۰/۶۴	۰/۶۴	انحراف معیار	
	۱/۸۳	۴/۱	۲/۵۷	۲/۲۳	دامنه تغییرات	
سروپوشیده	۳۶/۲۷	۳۶/۲۷	۳۶/۲۹	۳۶/۵۸	میانگین	سروپوشیده
	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۵۴	انحراف معیار	
	۲/۴۷	۲/۲	۳/۱۳	۲/۵	دامنه تغییرات	
جابجایی بار	۳۵/۹۴	۳۵/۳۹	۳۵/۶۱	۳۵/۵۶	میانگین	جابجایی بار
	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۳	انحراف معیار	
	۳/۴۷	۴/۱۳	۳/۶۷	۴/۰۷	دامنه تغییرات	
نوار نقاله	۳۵/۵۲	۳۵/۱۳	۳۵/۶۳	۳۵/۳۹	میانگین	نوار نقاله
	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۲	انحراف معیار	
	۴/۰۳	۲/۴۳	۲/۲۷	۲/۵۳	دامنه تغییرات	
خشت زنی و گلگیری	۳۶/۱۳	۳۶/۱۸	۳۶/۷۱	۳۶/۰۵	میانگین	خشت زنی و گلگیری
	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۸۷	۱/۰۷	انحراف معیار	
	۴/۲۷	۳/۲۷	۴/۵۳	۴/۳۳	دامنه تغییرات	
کل	۳۵/۸۵	۳۵/۶۷	۳۶/۰۵	۳۵/۸۸	میانگین	کل
	۰/۷۳	۰/۸۴	۰/۷۲	۰/۸	انحراف معیار	
	۶/۰۷	۴/۴۳	۴/۵۳	۴/۹۳	دامنه تغییرات	

خون سیستولیک، دیاستولیک ارتباط معنا داری مشاهده نشد. به منظور پاسخ به این سوال که آیا شاخص WBGT در کارگاه‌های آجرپزی توانایی

نبض ارتباط معناداری وجود دارد و WBGT بیشترین همبستگی را با دمای سرخرگ کاروتید گوش دارا می‌باشد ولی بین WBGT با فشار

جدول ۶: میانگین پارامترهای فیزیولوژیک کارگران مورد مطالعه مشاغل در محیط های روباز و سرپوشیده

نوع محیط کار (رو باز یا سرپوشیده)	پارامترهای فیزیولوژیک شاخص آماری	دمای پوست (C°)	دمای دهان (C°)	دمای سرخرگ کاروتید گوش (C°)	فشار خون سیستولیک (mmhg)	فشار خون دیاستولیک (mmhg)	نبض (تعداد در دقیقه)
سرپوشیده	میانگین	۳۶/۳۱	۳۶/۹	۳۶/۸۱	۱۲۹/۴۷	۸۱/۱۶	۷۷/۲۳
	انحراف معیار	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۳۸	۱۳/۳۴	۱۱/۰۹	۹/۳۷
	دامنه تغییرات	۲/۳۸	۱/۷	۱/۹۷	۶۳/۶۷	۴۴/۶۷	۴۵
رو باز	میانگین	۳۵/۶۹	۳۶/۴۶	۳۶/۲۸	۱۲۷/۳۴	۷۸/۳۵	۷۴/۶۱
	انحراف معیار	۰/۶	۰/۶۵	۰/۳۷	۱۳/۶۸	۱۱/۰۸	۹/۷۹
	دامنه تغییرات	۴/۳۵	۳/۶۳	۱/۸	۶۲/۶۷	۶۳	۴۷/۶۷

جدول ۷: همبستگی پیرسون بین شاخص WBGT و پارامترهای فیزیولوژیک

متغیرهای آماری	دمای دهان	دمای پوست	دمای سرخرگ کاروتید گوش	نبض	فشار خون سیستولیک	فشار خون دیاستولیک	WBGT
ضریب همبستگی	۰/۲۰۳	۰/۳۱۹	۰/۴۹	۰/۱۲۴	۰/۰۵۳	۰/۰۹۱	
P-value	۰/۰۰۶	۰/۰۹۷	۰/۴۷	۰/۲۲	

برآورد پاسخ های فیزیولوژیکی کارگران را دارد یا خیر، همبستگی میان این شاخص و پاسخ فیزیولوژیکی تعیین گردید. بر این اساس مشخص گردید که شاخص WBGT با دمای پوست، دهان و نبض کارگران همبستگی معناداری دارد، اما بیشترین همبستگی میان شاخص WBGT و دمای سرخرگ کاروتید به دست آمد ($r=0/49$, $p\leq 0/05$). در حالی که فشارخون، پارامتر فیزیولوژیکی مناسبی جهت ارزیابی فیزیولوژیک مواجهه با گرما تشخیص داده نشد و ارتباطی میان شاخص WBGT و فشارخون سیستولیک و دیاستولیک مشاهده نگردید ($P<0/05$).

بحث و نتیجه گیری

کارگاه های آبریزی از جمله محیط های کاری هستند که کارگران آن هم به دلیل فرایند کار و هم به دلیل مواجهه با تابش مستقیم خورشید در معرض استرس حرارتی می باشند. تعداد قابل

توجه کارگاه های آبریزی و شاغلین آن در سطح کشور به ویژه در مناطق گرم - خشک نظیر قم بر ضرورت و اهمیت توجه به بحث استرس حرارتی در این کارگاه ها تاکید می نماید. لذا این پروژه به منظور ارزیابی میزان مواجهه کارگران شاغل در این کارگاه ها با گرما در شهر قم انجام شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، کارگران شاغل در بخش کوره، بیشترین سهم دریافت انرژی حرارتی و استرس حاصل از آن را تجربه می کنند. فاصله کم میان کوره و کارگران، یکی از دلایل دریافت انرژی گرمایی بیشتر نسبت به سایر کارگران است. حاج عظیمی و همکاران (Haji Azimi 2012) نیز کم بودن فاصله میان چشمه گرما و کارگر را در مطالعه خود، یکی از دلایل اصلی دریافت استرس گرمایی دانسته اند که با مطالعه ما همخوانی دارد. علاوه بر آن روباز بودن محیط و تابش های خورشیدی علل اصلی استرس حرارتی در کارگران می باشد. مطالعه ای که

شاخص WBGT نشان داد که بین WBGT و دمای پوست، دمای دهانی و دمای سرخرگ کاروتید گوش همبستگی معناداری وجود دارد که این همبستگی دلیلی قطعی برای مناسب بودن شاخص WBGT در ارزیابی استرس حرارتی در کارگاه‌های آجرپزی مورد مطالعه است. گلپایایی و همکاران نیز در مطالعه خود به چنین یافته‌ای دست پیدا کرده بودند (Golbabaie, et al. 2012) اما در میان پاسخ‌های فیزیولوژیک فشارخون سیستولیک و دیاستولیک چنین ارتباطی یافت نشد. از آنجایی که دو پارامتر فیزیولوژیک اخیر تحت تاثیر عوامل مختلف فردی، فعالیتی، شیفیت کاری تغذیه و ... می‌باشند به نظر می‌رسد این پاسخ‌ها برای ارزیابی استرس حرارتی شاغلین چندان موثر نبوده و دمای پوست، گوش و دهان پارامترهای مناسبتری برای بررسی پاسخ‌های بدن می‌باشد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده میانگین WBGT در تمام کارگاه‌ها بیشتر از حد مجاز بوده (ACGIH 2010) و می‌توان نتیجه گرفت که کارگران شاغل در کارگاه‌های آجرپزی در معرض مواجهه با تنش حرارتی بیشتر از حد مجاز قرار دارند. در این میان کارگران بخش کوره بیش از سایر کارگران در معرض استرس حرارتی بودند. هرچند که میانگین مواجهه در دوره‌های مختلف زمانی سنجش در طی روزکاری متفاوت بوده است و بیشترین مواجهه مربوط به ساعت ۱۰ تا ۱۳ بوده است، اما کارگران انرژی گرمایی یکسانی را در نواحی مختلف بدن (سه ارتفاع سر، سینه و شکم) دریافت کرده و به عبارتی می‌توان گفت که محیط کار کارگران از لحاظ گرمایی، انرژی متجانس را به قسمت‌های مختلف بدن کارگران وارد نموده است.

langkulsen و همکاران در تایلند بر روی کشاورزان به عنوان یک شغل روباز انجام دادند نیز کار در محیط‌های روباز و انرژی خورشیدی را علل اصلی استرس گرمایی نسبت به شاغلین دیگر صنایع دانسته است (Langkulsen, et al. 2010) در آجرپزی نیز کارگران بخش‌های مختلف که محیط کارشان روباز می‌باشد به دلیل تابش خورشیدی و کار در این شرایط، استرس گرمایی بیشتری دریافت کرده‌اند که با مطالعه اخیر هماهنگ است. آذری و همکاران نیز کارگران پست‌های کاری کوره را کارگران در معرض خطر گرما اعلام داشته‌اند که در مطالعه ما نیز یافته مشابهی به‌دست آمده است.

میانگین پارامترهای فیزیولوژیک (دمای پوست، دمای دهان و دمای سرخرگ کاروتید گوش) و WBGT در محیط‌های سرپوشیده بیشتر از محیط‌های روباز می‌باشد. مطالعه‌ای که فلاحتی و همکاران (Fala-hati, et al. 2012) برای اعتبار سنجی شاخص WBGT و P4SR انجام دادند نشان داد که میانگین پارامترهای فیزیولوژیک و WBGT در محیط روباز بیشتر از محیط سرپوشیده می‌باشد. مطالعه فلاحتی و همکاران و مطالعه‌ی ما نشان می‌دهد که میانگین پارامترهای فیزیولوژیک در محیط‌هایی که WBGT بالایی دارند نسبت به محیط‌هایی با WBGT پایین‌تر، بیشتر می‌باشد. یافته‌ها نشان می‌دهد که میانگین WBGT در سه ارتفاع سر، شکم و پا اختلاف معناداری ندارند. با توجه به این نتایج محیط کار در کارگاه‌های آجرپزی از نظر میزان دریافت گرما متجانس می‌باشد و در ارزیابی استرس گرمایی نیازی به اندازه‌گیری پارامترهای محیطی در سه ارتفاع نمی‌باشد. همبستگی بین پارامترهای فیزیولوژیک و

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان ارزیابی استرس حرارتی در شاغلین کارگاه های آبریزی شهرستان قم مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران به شماره ۲۲۸۷۷ در سال ۱۳۹۲ می باشد. نویسندگان مراتب تشکر خود را از حمایت های مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران اظهار می دارند.

منابع

- journal of work, environment and health: 44-50.
- Falahati, M., eraj alimohammadi, et al. (2011). "Heat Stress Index validation WBGT and P4SR help deep body temperature." *Iran Occupational Health* 9 (3).
- Falahati, M., I. Alimohammadi, et al. (2012). "Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature." *Iran Occupational Health* 9(3): 22-31.
- Golbabaie, F., M. R. M. Esmaili, et al. (2012). "Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the Men Physiological Parameters in Hot and Humid Environment." *Iranian Journal of Health and Environment* 5 (2).
- Haji Azimi E, K. A., Soleymanian A, firooz valipoor, habib alah dehgan (2012). "Heat stress control platform designed to melt the metals smelter Tehran." *Health Systems Research*.
- ISO, I. (1992). "Evaluation of Thermal Strain by Physiological Measurements." *International Organisation for Standardisation*.
- Kjellstrom, T., R. S. Kovats, et al. (2009). "The direct impact of climate change on regional labor productivity." *Archives of Environmental & Occupational Health* 64(4): 217-227.
- Kovats, R. S. and S. Hajat (2008). "Heat stress and public health: a critical review." *Annu. Rev. Public Health* 29: 41-55.
- 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.
- Azari, M and m. motamedzadeh (2002). "A comparative evaluation of heat stressem- ployees Bandar Imam in two ways: envi- ronmental and Physiological monitoring " *PEJOUHANDEH*(4): 307-312.
- Clantary, A. and M. Sadeghi Aliabadi (2005). "Assessment of Heat Stress Index, and evaluation of their validity in Mobarakeh Steel Association's Mobarakeh Steel Asso- ciation's." *Iran Occupational Health* 2(1): 52-56.
- Dematte, J. E., K. O'Mara, et al. (1998). "Near- fatal heat stroke during the 1995 heat wave in Chicago." *Annals of Internal Medicine* 129(3): 173-181.
- Enander, A. E. and S. Hygge (1990). "Thermal stress and human performance." *Scandinavian*

- Morabito, M., L. Cecchi, et al. (2006). "Relationship between work-related accidents and hot weather conditions in Tuscany (central Italy)." *Industrial Health* 44(3): 458-464.
- Moran, D. S. and Y. Epstein (2006). "Evaluation of the environmental stress index (ESI) for hot/dry and hot/wet climates." *Industrial Health* 44(3): 399-403.
- Wan, M. (2004). "Occupational exposure to hot environments: Florida workers need help." *Florida Public Health Review* 1: 53-55.
- Langkulsen, U., N. Vichit-Vadakan, et al. (2010). "Health impact of climate change on occupational health and productivity in Thailand." *Global Health Action* 3.
- Lugo-Amador, N. M., T. Rothenhaus, et al. (2004). "Heat-related illness." *Emergency medicine clinics of North America* 22(2): 315-327.
- Misaqi, L. (1976). Heat stress in hot US mines and criteria for standards for mining in hot environments, US Department of the Interior, Mining Enforcement and Safety Administration.

Assessing the heat stress of brick-manufacturing units' workers based on WBGT index in Qom city

R. Hajizadeh¹; F. Golbabaie^{2*}; M. R. Monazam Esmailpour³; M. H. beheshti⁴; A. Mehri¹; M. Hosseini⁵; I. Khodaparast⁶

¹MSc. of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

²Professor of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, Faculty of Health, University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³Associate Professor of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, Faculty of Health, University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴Educator of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁵Professor of Biostatistics, Department of Biostatistics, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶Msc. of Industrial Safety, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Shahed Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Heat stress is considered as a serious risk factor to the health and safety of workers in most working environments, especially in outdoor works and jobs that workers are exposed to heat due to the working process. This study aimed to evaluate heat stress among workers of brick-manufacturing units in Qom city based on WBGT index as well as the relationship between WBGT and physiological indicators.

Material and Method: The present study was conducted in 40 brick-manufacturing units in Qom city. WBGT measurements were performed according to ISO7243 standard. Physiological responses of 184 workers (up to 5 people per unit) and also atmospheric parameters were measured. The physiological responses included oral temperature, skin temperature, and temperature for the carotid artery of the ear, heart rate, systolic and diastolic blood pressure. Statistical analysis was done using SPSS software version 16.

Result: Mean WBGT index for various brick-manufacturing jobs including firing, manual material handling, working with conveyors, molding, and tempering were 30.8 °C, 26.74 °C, 26.58 °C and 24.25 °C, respectively and the average WBGT was estimated 27.98 °C. WBGT levels measured in all units exceeded the level provided in ISO7243 standard. The highest mean WBGT was belonged to kiln section (30.8 °C). The mean WBGT at three heights of head, abdomen and legs were not statistically different (using t-test). The correlation coefficients between mean WBGT and mean oral, skin and ears temperatures were 0.203, 0.319, and 0.490, respectively, with the highest correlation belonged to the carotid arteries of ears. Moreover, WBGT showed no significant association with the mean heart rate, systolic, and diastolic blood pressure (P-value>0.05). Indoor and outdoor WBGT index was significantly different (P-value<0.05).

Conclusion: The level of heat stress in all brick-manufacturing units was higher than the recommended limits, and the workers in kiln unit were more exposed to heat stress, in comparison with other units. Therefore, special countermeasures should be adopted to control heat stress for this occupational group.

Key words: WBGT index, heat stress, brick-manufacturing unit, physiological parameters

* Corresponding Author Email: fgolbabaie@sina.tums.ac.ir