اعتبار سنجی شاخص Humidex در ارزیابی استرس گرمایی مشاغل روباز در نواحی بیابانی و نیمه بیابانی کشور ایران

حمیدرضا حیدری[۱] - فریده گلبابایی[۲*] - شهرام ارسنگ جنگ[۳] - علی اکبر شمسی پور[۴]

fgolbabaei@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۳۱

چکیده

مقدمه: با توجه به توسعه شاخص‌های گرمایی متعدد و محدودیت‌های مربوط به هر یک، در این مطالعه کاربردپذیری و اعتبار سنجی شاخص دما- رطوبت (Humidex) در مقابل شاخص استاندارد دمای تر گویسان (WBGT) و دمای تیمپانیک افراد مد نظر بوده است.

روش کار: این مطالعه به‌صورت مقطعی در بهار و تابستان ۱۳۹۲ در مشاغل روباز نواحی بیابانی و نیمه بیابانی کشور ایران و بر روی۱۶۳کارگر مرد انجام گرفت. پارامترهای محیطی و دمای تیمپانیک افراد به‌طور هم‌زمان اندازه‌گیری و شاخص‌های حرارتی تعیین شدند. با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20، نمودارهای هم‌بستگی خطی و ضریب توافق Kappa تجزیه و تحلیل آماری انجام شد.

یافته ها: هم‌بستگی دو شاخص Humidex و WBGT در هر دو ناحیه بیابانی و نیمه بیابانی، بسیار بالا به‌دست آمد (r>۰/۹۸) درحالی‌که شاخص Humidex با دمای تیمپانیک هم‌بستگی متوسطی رانشان داد (r= ۰/۵-۰/۸). بر اساس ضریب توافق به‌دست آمده Kappa نیز به‌طور کلی ضریب توافق دو شاخص Humidex و WBGT برابر ۰/۸۷۸ و ضریب توافق دو شاخص Humidex و دمای تیمپانیک برابر ۰/۲۲۶ حاصل شد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد شاخص Humidex می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای شاخص استاندارد WBGT مورد استفاده قرار گیرد، اما چنان‌چه ارزیابی شرایط دمایی پایین و یا بسیار بالا مد نظر باشد، اکتفا به نتایج ارزیابی شاخص Humidex نمی تواند برآورد واقع بینانه ای از استرین‌های حرارتی وارد بر فرد را نشان دهد.

کلمات کلیدی: *اعتبار سنجی، WBGT، Humidex، نواحی بیابانی و نیمه بیابانی، استرس گرمایی، مشاغل روباز*

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- کارشناس ارشد، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۴- دانشیار، گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

مقدمه

توسعه و ارتقاء ایمنی و بهداشت شغلی کارگران در محیط‌های کاری مختلف باعث توجه فزاینده ای به این مقوله در سطح جهانی شده است. اثرات سوء ناشی از شرایط اقلیمی در کنار نیازمندی‌های متفاوت شغلی هم‌چون نوع وظیفه، پوشش افراد، تجهیزات حفاظت فردی، ساعات مواجهه طولانی و عدم برخورداری از تسهیلات کنترلی و رفاهی مناسب به‌ویژه در مشاغل روباز باعث شده است، بروز و شیوع استرس‌های گرمایی به‌ویژه در فصول گرم سال افراد بسیاری را رنج دهد، به‌طوری که عوارضی هم‌چون راش‌های پوستی، ضعف گرمایی، کرامپ گرمایی و گرمازدگی سالیانه تعداد کثیری از افراد در معرض را در سنین مختلف حتی کودکان و سالمندان را دچار می‌کند (۱).

کشور ایران از تنوع اقلیمی بسیار گسترده ای شامل نواحی کاملا بیابانی (۳۵/۵%)، بیابانی (۲۹/۲%)، نیمه بیابانی (۲۰/۱%)، معتدل (۵ %) و مرطوب (۱۰%) برخوردار است و به‌طور کلی ۸۲% سرزمین ایران در نواحی بیابانی و نیمه بیابانی جهان قرار گرفته است. این مناطق که بیش‌تر نواحی مرکزی و جنوبی ایران را شامل می‌شوند، اغلب تابستان‌های بسیار گرم را تجربه می‌کنند (۲).

طبق برآورد کشور ایران حدود ۱۶ میلیون کارگر در۲ میلیون واحد شغلی در حال فعالیت هستند که از این تعداد، ۴۵ درصد نیروی کاری خدماتی،۳۰ درصد در بخش کشاورزی و ۲۵ درصد در بخش‌های صنعتی شاغل هستند که به شکل‌های مختلف در معرض عوامل زیان آور بهداشتی ناشی از فعالیت کاری قرار دارند. با توجه به این می‌توان پیش بینی نمود که تعداد کارگران مشاغل روباز نسبت به مشاغل سرپوشیده بسیار بالاتر باشد (حدود سه برابر)(۳). این کارگران که اغلب ساعات مواجهه طولانی مدتی را در محیط‌های روباز و زیر تابش مستقیم خورشید سپری می‌کنند، علاوه بر رویارویی با استرس‌های گرمایی به‌صورت طبیعی (ناشی از تابش خورشید) ممکن است در برخی مشاغل هم‌چون آسفالت کاران، کوره‌های آجرپزی، کارگران پالایش‌گاه‌ها و پتروشیمی‌ها و غیره با فرایندهای مصنوعی گرما زا نیز مواجهه داشته باشند که در این حالت ریسک مواجهه با استرس‌های گرمایی برای آنها بیش از پیش نمایان می‌شود.

در این راستا اولین گام در اتخاذ سیاست‌های پیش‌گیرانه و مدیریتی، ارزیابی ریسک مواجهه با گرما و شناسایی افراد در معرض می‌باشد. شاخص‌های متعددی برای ارزیابی استرس‌های گرمایی تا کنون ارایه شده‌اند که برخی از آنها هم‌چون شاخص دمای تر گویسان (WBGT) معتبر و استاندارد بوده و کاربرد پذیری و مقبولیت وسیعی در سراسر دنیا دارند. این شاخص در سال ۱۹۵۷ توسط Yaglue و Minard معرفی و در سال ۱۹۸۹ با استاندارد ISO-7243 پذیرفته شده است و برای محیط‌های روباز و سرپوشیده روابط جداگانه ای را ارایه می‌نماید (۴). علیرغم مزایای همراه این شاخص هم‌چون معتبر بودن، سهولت اندازه‌گیری و کاربرد پذیری وسیع این شاخص در سراسر جهان، عواملی هم‌چون نیاز به کالیبراسیون دقیق سنسورهای اندازه‌گیری به‌ویژه سنسور دمای تابشی، زمان تعادل نسبتا طولانی (حدود ۲۰ دقیقه) برای ثبات دمایی سنسورهای اندازه‌گیری، نیاز به برآورد پارامتر هایی هم‌چون مقاومت عایقی لباس و متابولیسم و تصحیحات مربوطه و همچنین دقت پایین آن در شرایط محیطی با رطوبت بسیار بالا و یا سرعت جریان های بسیار پایین هوا باعث شده است که شاخص‌های

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

متعدد دیگری نیز در این حوزه در سال‌های متمادی معرفی شوند (۶-۵). یکی از این شاخص ها، شاخص دما- رطوبت (Humidex) می‌باشد. Humidex یا HD یک شاخص استرس حرارتی است که توسط Masterton و Richardson در سال ۱۹۷۹ برای ارتباط شرایط آسایش حرارتی با دو پارامتر مهم از پارامترهای هواشناسی شامل دمای هوا و رطوبت نسبی معرفی گردید (۷). فرمول ارایه شده برای این شاخص بر پایه دو فرضیه مرتبط با سیستم تنظیم حرارت بدن استوار است که عبارتند از: ۱) نقطه تعادل بدن انسان که در هوای ساکن و به‌صورت برهنه با گرما مواجه است، بر اساس معادله تعادل بدن، در گستره ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و ۲) بدن انسان قادر به فایق آمدن بر گرمای بیش از ۳۲ درجه در حضور رطوبت بیش از ۷۵ درصد نمی باشد (۸). بر اساس دو فرضیه فوق، می‌توان گفت که شاخص Humidex یک شاخص تجربی است که برای شرایط اقلیمی خاص (نواحی معتدل کانادا) به‌کار می‌رود و بسیاری از عوامل موثر بر استرس‌های حرارتی هم‌چون مقاومت لباس، میزان متابولیسم، سرعت جریان‌های هوا و رطوبت‌های مختلف را ذاتا در نظر نمی گیرد (۹). اگرچه این شاخص در ابتدا به منظور پیش بینی وضع هوا مورد استفاده قرار می‌گرفت، اما به دلیل استفاده راحت و ساده آن (حتی ساده تر از شاخص WBGT) و بی نیازی به وسایل اندازه‌گیری پیچیده، کاربرد آن در ارزیابی استرس‌های گرمایی محیط‌های حرارتی روباز و سرپوشیده مورد توجه قرار گرفت. Santee و همکاران (۲۰۰۵) به منظور اعتبار سنجی این شاخص، دمای رکتال پیش بینی شده بر اساس معادله تعادل حرارتی را با مقادیر به‌دست آمده از شاخص Humidex مورد مقایسه قرار دادند که نتایج آنها حاکی از ارتباط بسیار خوب بین آن دو بود (۱۱-۱۰). Conti و همکاران نیز با بررسی میزان مرگ و میر ناشی از گرما در سال ۲۰۰۴ در ایتالیا به این نتیجه رسیدند که شیوع بالای مرگ و میر با مقادیر بالای شاخص Humidex در ارتباط است (۱۲). مقدار پذیرفته شده این شاخص برای کاهش ریسک‌های گرمایی بیش از اندازه، ۳۵°C می‌باشد (۱۳). همچنین در گستره دمایی بین۴۵°C-۴۰ اکثر افراد احساس ناراحتی می‌کنند و در مقادیر بالاتر از ۴۵°C انجام بسیاری از کارها باید محدود گردد (۱۴).

با توجه به آنچه در فوق بدان اشاره شد، هدف این مقاله بررسی و اعتبار سنجی شاخص Humidex در ارزیابی شرایط گرمایی در نواحی اقلیمی بیابانی و نیمه بیابانی حاکم بر کشور ایران بود. از این‌رو، شاخص استاندارد استرس گرمایی WBGT و هم‌چنین پاسخ فیزیولوژیکی دمای پرده صماخ افراد در معرض گرما به‌عنوان مبنای اعتبارسنجی و مقایسه قرار گرفت. هم‌بستگی دمای پرده صماخ با دمای رکتال در مطالعات متعددی بررسی و مورد تایید قرار گرفته است و به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای دمای رکتال در شرایطی که امکان سنجش مستقیم دمای رکتال میسر نمی باشد (همانند محیط‌های واقعی کار در مشاغل روباز که مد نظر مطالعه حاضر می‌باشد) معرفی شده است، اگرچه برخی از مطالعات نیز نتایج متفاوتی ارایه نموده اند (۱۹-۱۵).

روش کار

در این مطالعه با توجه به مشخصات اقلیمی نواحی مختلف کشور (۱)، و با تاکید بر شرایط اقلیمی حاکم بر این نواحی در فصول گرم سال، شش

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

ناحیه شامل چهار ناحیه بیابانی (شهرستان‌هایی نظیر قم، کرمان، بندر عباس و یزد) و دو ناحیه نیمه بیابانی (شهرستان‌هایی نظیر اهواز و مشهد) به‌عنوان محل‌های اجرای مطالعه به منظور بررسی کاربردپذیری شاخص Humidex انتخاب شدند (جدول ۱). به منظور انتخاب اقلیم‌های مورد مطالعه از طبقه بندی دمارتن اصلاح شده استفاده گردید (۱). در هر ناحیه تعداد مشخصی از افراد به‌صورت تصادفی از مشاغل روباز انتخاب و پس از تبیین اهداف پژوهش و آموزش‌های لازم به ایشان، به‌طور داوطلبانه وارد پژوهش شدند. در انتخاب افراد، پارامتر هایی هم‌چون سازش با گرما، نداشتن سابقه بیماری‌های قلبی عروقی، کلیوی، فشار خون، تب و نیز عدم مصرف دارو، مورد توجه قرار گرفت. هم‌چنین از ورود افرادی با سابقه کم‌تر از یک سال کار در شرایط محیط‌های روباز اجتناب به‌عمل آمد. با توجه به میزان بار کاری افراد که غالبا در گستره متوسط قرار داشت، میانگین میزان متابولیسم افراد در این مطالعه مطابق با استاندارد ISO- 8996، ۲۰۰۴(۲۰) در گستره متابولیسم متوسط (۲۳۴ تا ۳۶۰ وات) قرار گرفت. از طرفی، مقاومت عایقی پوشش افراد مطابق با استاندارد ISO-9920، ۲۰۰۷ (۲۱)برآورد گردید. در مجموع ۱۶۳ کارگر از پنج ناحیه اقلیمی انتخابی در این مطالعه وارد شدند، به‌طوری‌که ۱۰۶ نفر از نواحی بیابانی و ۵۷ نفر از نواحی نیمه بیابانی انتخاب و وارد مطالعه گردیدند.

پارامترهای محیطی شامل دمای هوا، دمای تر طبیعی و دمای گوی سان و شاخص WBGT توسط دستگاه پیشرفته سنجش WBGT مدل Microther-mCassella، ساخت کشور انگلستان، رطوبت نسبی و نقطه شبنم توسط دستگاه مدلLotron – PHB 318 ساخت کشور تایوان در فواصل زمانی سه ساعته در ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵ و در ایستگاه‌های کاری افراد اندازه‌گیری و ثبت گردید. کالیبراسیون کلیه دستگاه‌های سنجش قبل از نمونه برداری مورد توجه و از طریق مراکز ذی صلاح، مورد تایید قرار گرفت. با توجه به مقادیر پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده، دو شاخص WBGT (C°) برای محیط‌های روباز و Humidex (C°) به ترتیب بر اساس روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند(۴ و ۸).

$$t_a\ 1/0 + t_g\ 2/0 + t_{nw}\ 7/0 = WBGT_{Outdoor} \quad (1)$$

که در این رابطه t_{nw} ،t_a و t_g به ترتیب دمای

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی نواحی و شهرستان مورد مطالعه(۱)

طبقه اقلیمی	توزیع تعداد نمونه در هر اقلیم	مشخصات اقلیمی*	ایستگاه‌های سینوپتیکی** در منطقه اقلیمی	شهرستان انتخابی***
بیابانی (n=۱۰۶)	۲۵	نواحی بیابانی، خنک و گرم تا بسیار گرم	تهران، قم، اراک، قزوین، سمنان، کاشان	قم
	۳۰	نواحی بیابانی، خنک و گرم	بیرجند، کرمان	کرمان
	۲۴	نواحی بیابانی، خنک و بسیار گرم	یزد، زاهدان، اصفهان	یزد
	۲۷	نواحی بیابانی، متوسط و بسیار گرم	بوشهر، چابهار، بندرعباس	بندرعباس
نیمه بیابانی (n=۵۷)	۲۷	نواحی نیمه بیابانی، متوسط و بسیار گرم	اهواز، ایلام	اهواز
	۳۰	نواحی نیمه بیابانی، خنک و گرم	بجنورد، زنجان، شیراز، مشهد	مشهد

* عبارت خنک در مشخصات اقلیمی یکی از مشخصات شرایط آب و هوایی در فصل زمستان است و ضرورتا در فصول گرم سال (بهار و تابستان) وجود ندارد.

** Synoptic stations

*** علت انتخاب مراکز استان در هر ناحیه انتخابی به‌علت تمرکز صنایع و شاغلین بیش‌تر بوده است.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

هوا، دمای تر طبیعی و دمای گویسان بر حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

$$Humidex = (airtemperature) + h$$

که در آن:

$$h=(0.5555)\times(e-10.0)$$

و

$$e = 6.11 \times \exp(5417.7530 \times \left(\left(\frac{1}{273.16}\right) - \left(\frac{1}{D \quad p}\right)\right))$$

گستره این شاخص بین ۲۰ تا مقادیر بیش‌تر از ۵۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۸).

هم‌زمان با سنجش پارامترهای محیطی، تنها پارامتر فیزیولوژیک این مطالعه که دمای پرده صماخ بوده است، توسط یک دماسنج غیر تماسی گوش مدل Omron ساخت کشور چین با دقت(°C) ۰/۱ در گستره (°C)۴۲/۲- ۳۴ مورد سنجش قرار گرفت. کلیه اندازه‌گیری‌ها به‌طور قراردادی در گوش سمت راست انجام شد و تمام نکات مورد توجه در اندازه‌گیری صحیح دمای پرده صماخ، هم‌چون تخلیه موم گوش قبل از اندازه‌گیری، مستقیم نمودن مجرای گوش به کمک دست و نیز توجه به عدم استفاده فرد از گوشی حفاظتی در روز آزمایش مورد توجه قرار گرفت. در هر مورد اندازه‌گیری سه بار تکرار گردید و چنان‌چه تغییر قابل ملاحظه ای در نتایج اندازه‌گیری مشاهده نمی‌گردید، مقدار میانگین به عنوان دمای پرده صماخ ثبت می‌شد. کلیه اندازه‌گیری‌های پارامترهای محیطی و فیزیولوژیکی در دو نوبت بهار و تابستان انجام گردید. هدف از تکرار آزمایشات در دو فصل بهار و تابستان صرفا تولید گستره دمایی و رطوبتی وسیع تر در این مطالعه به منظور بررسی کاربرد پذیری نتایج در طیف وسیع‌تری از شرایط آب و هوایی بوده است. همچنین با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده دو پارامتر دما و رطوبت در این مطالعه، گستره‌های دمایی و رطوبتی به‌صورت قراردادی تعریف گردید و هم‌بستگی شاخص‌ها در هر یک از گستره‌های دمایی و رطوبتی تعریف شده به‌صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت. گستره‌های دمایی مورد مطالعه عبارت بودند از مقادیر کم‌تر از ۲۳°C، مقادیر بین ۲۳-۳۰°C و مقادیر بیش‌تر از۳۰°C که به ترتیب نماینده شرایط دمایی پایین، متوسط و بالا در این مطالعه لحاظ شدند. گستره‌های رطوبتی تعیین شده در این مطالعه نیز برابر مقادیر رطوبت‌های کم‌تر از ۳۰%، بین ۳۰ تا ۶۰% و در نهایت رطوبت‌های بالاتر از ۶۰% بودند که به‌طور مشابه و به ترتیب بیان‌گر شرایط رطوبتی پایین، متوسط و بالا بودند. با توجه به تعداد افراد (نمونه ۱۶۳ نفر)، تعداد اندازه‌گیری‌های هر متعیر در روز (۳ مرتبه) و تکرار آنها در دو نوبت بهار و تابستان، در مجموع برای هر متغیر ۹۷۸ اندازه‌گیری ثبت گردید. به منظور مقایسه پاسخ شاخص‌ها و اعتبار سنجی شاخص Humidex، مقدار استاندارد شاخص WBGT برای افراد سازش یافته در شرایط کاری متوسط و مقاومت عایقی لباس سبک و تابستانی، برابر ۲۸°C و مقادیر استاندارد شاخص‌هایHumidex و دمای گوش به ترتیب برابر ۳۵°C و ۳۷/۵°C منظور گردید. به منظور تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS، آزمون‌های آماری هم‌بستگی خطی و ضریب توافق Kappa استفاده گردید.

یافته ها

اطلاعات دموگرافیک افراد مورد مطالعه شامل میانگین و انحراف معیار سن و سابقه کار به ترتیب برابر ۸/۷۶ ±۳۵/۶۳ و ۷/۰۸ ±۱۱/۶۰ سال تعیین گردید. مقادیر میانگین و انحراف معیار سایر پارامترها

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

جدول۲. گستره پارامترهای اندازه‌گیری شده و شاخص‌های محاسبه شده

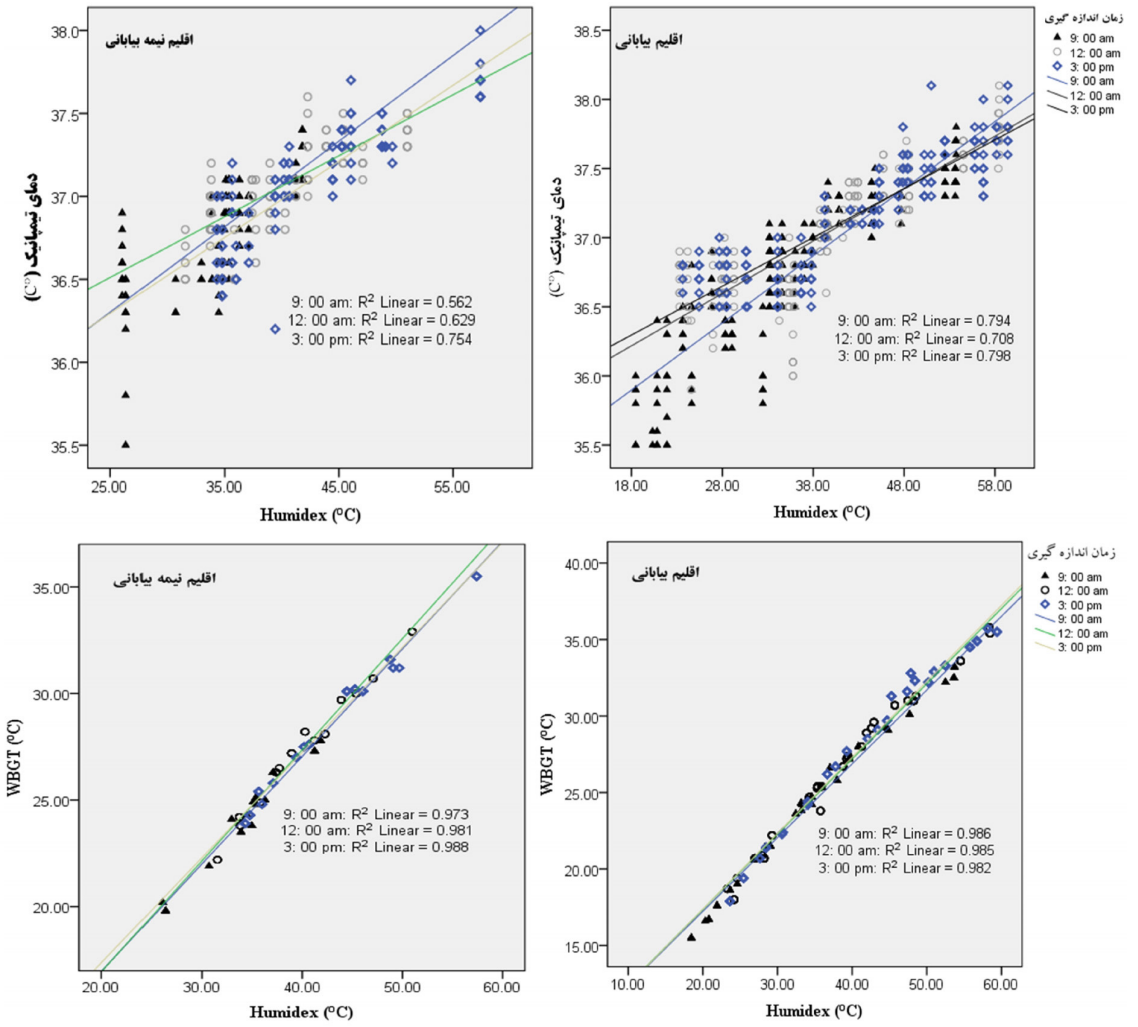
پارامتر	ناحیه اقلیمی				کل (n=۹۷۸)
	نواحی بیابانی (n=۶۳۶)		نواحی نیمه بیابانی (n=۳۴۲)		
	Range	M±SD	Range	M±SD	M±SD
پارامترهای محیطی					
دمای هوا (°C)	۱۷/۹-۴۱/۸	۳۳/۲۰±۶/۱۶	۲۴-۴۶	۳۳/۶۷±۵/۳۶	۳۳/۳۷±۵/۹۰
دمای تر طبیعی(°C)	۱۳/۲-۳۲/۵	۲۲/۷۴±۵/۱۹	۱۷/۱-۳۰/۴	۲۳/۱۵±۲/۷۳	۲۲/۸۸±۴/۴۹
دمای گویسان(°C)	۲۱/۲-۴۸/۶	۳۷/۲۰±۶/۴۱	۲۶-۴۹/۳	۳۶/۹۹±۵/۷۲	۳۷/۱۲±۶/۱۸
رطوبت نسبی(٪)	۲۳/۸-۸۰/۷	۴۴/۲۷±۱۴/۴۲	۲۰/۹-۷۱/۱	۴۳/۵۴±۱۰/۴۱	۴۴/۰۲±۱۳/۱۶
نقطه شبنم(°C)	۱۰/۴-۳۱	۱۸/۶۱±۶/۲۰	۱۳/۶-۲۵/۸	۱۹/۰۳±۲/۷۳	۱۸/۷۶±۵/۲۵
پارامتر فیزیولوژیک					
دمای تیمپانیک(°C)	۳۵/۵-۳۸/۱	۳۶/۹۸±۰/۴۹	۳۵/۵-۳۸	۳۷/۰۰±۰/۳۳	۳۶/۹۹±۰/۴۴
پارامترهای فردی					
مقاومت عایقی لباس (Clo)	۰/۴۵-۱/۴۲	۰/۷۸±۰/۱۷	۰/۶-۱/۳۳	۰/۸۴±۰/۱۷	۰/۸۰±۰/۱۸
میزان متابولیسم (W)	۲۰۰-۴۶۰	۳۰۳/۱۶±۵۳/۳۲	۲۲۰/۶-۴۱۰/۵	۳۱۸/۶۷±۴۰/۹۰	۳۱۰/۸۲±۵۰/۶۸
شاخص‌های حرارتی					
WBGT (°C)	۱۵/۵-۳۵/۸	۲۶/۷۶±۵/۱۸	۱۹/۸-۳۵/۵	۲۶/۹۴±۳/۳۶	۲۶/۸۳±۴/۶۲
Humidex(°C)	۱۸/۴-۵۹/۴	۳۹/۲۴±۱۰/۴۰	۲۶-۵۷/۳	۳۹/۴۷±۶/۵۳	۳۹/۳۲±۹/۲۳

شامل پارامترهای محیطی، فیزیولوژیک، فردی و شاخص‌های استرس حرارتی در دو ناحیه اقلیمی بیابانی ونیمه بیابانی در جدول ۲ آورده شده است.

به منظور اعتبار سنجی شاخص Humidex در دو ناحیه اقلیمی بیابانی و نیمه بیابانی، مقادیر شاخص در ساعات مختلف روز از طریق ضریب هم‌بستگی بین آنها با شاخص WBGT مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین اعتبار شاخص در مقابل پاسخ دمای تیمپانیک نیز به طور مشابه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها در نمودارهای شکل ۱ ارایه شده است. بر اساس نتایج، همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، در کلیه موارد ضرایب هم‌بستگی متوسط تا بسیار خوبی حاصل شده است و بیش‌ترین ضرایب هم‌بستگی بین شاخص‌ها مربوط به ساعات میانی و پایانی شیفت کار (بین ساعت ۱۲ تا ۱۵) بوده است. از طرفی به‌طور کلی هم‌بستگی شاخص‌ها در نواحی بیابانی بیش‌تر از نواحی نیمه بیابانی معین گردید.

به منظور بررسی تاثیر دما و رطوبت در تغییرات هم‌بستگی بین شاخص‌ها نیز گستره‌های دمایی و رطوبتی بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده در این مطالعه تعریف گردید و هم‌بستگی شاخص‌ها در هر گستره دمایی و یا رطوبتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها در نمودارهای اشکال (۲ و ۳) به تفکیک نشان داده شده است. با توجه به مقدار ضریب توافق محاسبه شده شاخص‌های WBGT و Humidex از توافق تقریبا کاملی برخوردار می‌باشند (p<0.001؛Kappavalue=0/87)، به‌طوری که با در نظر گرفتن WBGT به عنوان شاخص استاندارد، حساسیت و ویژگی شاخص Humidex به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۹۰/۳درصد به‌دست می‌آید. در عین حال در مورد توافق شاخص Humidex با دمای تیمپانیک مشخص گردید ضریب توافق بین آنها نسبتا پایین (p< 0.001؛Kappa value=۰,۲۲۶)،

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]



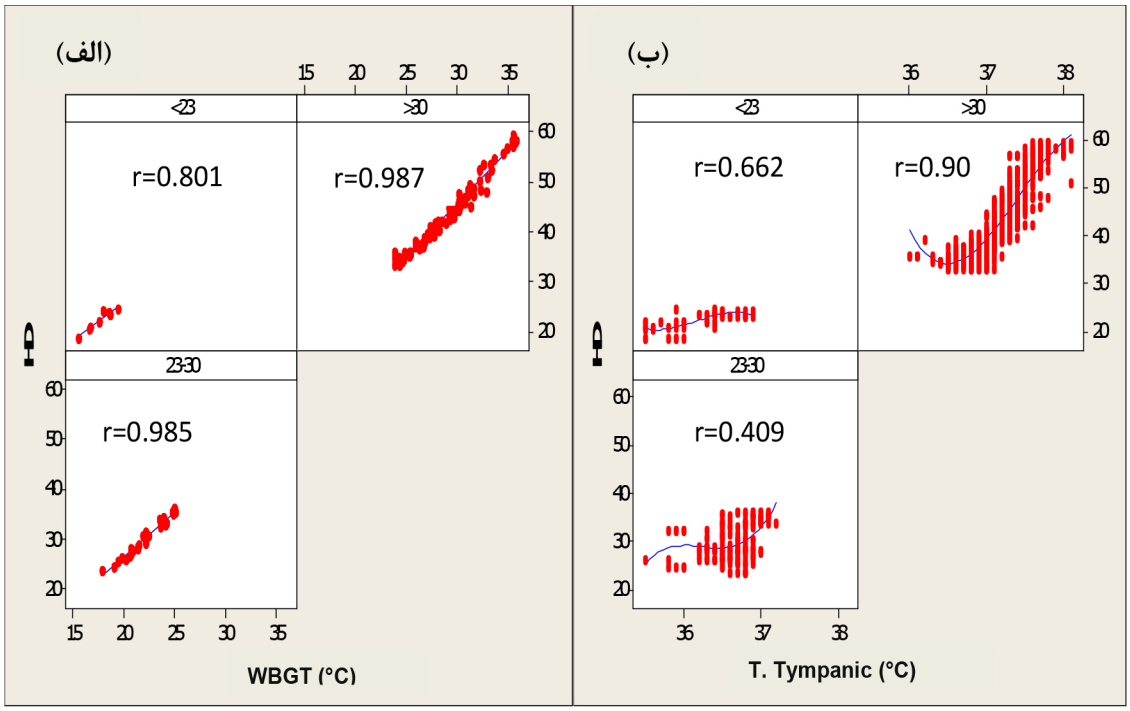
شکل۱: بررسی هم‌بستگی شاخص Humidex با شاخص WBGTو پاسخ فیزیولوژیک دمای پرده صماخ در نواحی بیابانی و نیمه بیابانی و در ساعات مختلف روز (ساعت ۹، ۱۲ و ۳ عصر)

و حساسیت و ویژگی آن دو به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۶۱/۱ درصد می‌باشد. ضرایب توافق، حساسیت و ویژگی شاخص‌ها در دو اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی و در گسترهای دمایی و رطوبتی مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است.

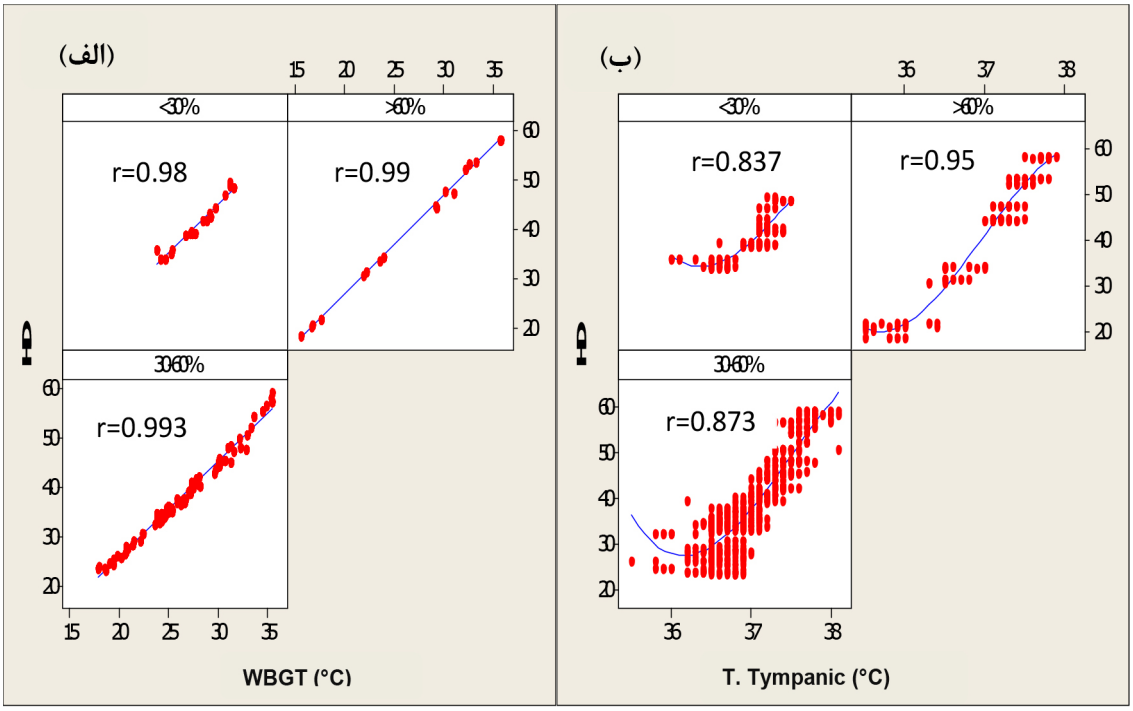
بحث

در محیط‌های روباز و مشاغل وابسته به‌دلایلی هم‌چون عدم امکان تامین سیستم‌های سرمایشی مناسب، کمبود دسترسی به آب خنک و بهداشتی و اغلب سازماندهی و نظارت کم‌تر بر نیروی کار مشکلات و خطرات بهداشتی ناشی از گرما از اهمیت بیش‌تری برخوردار است(۲۲). به‌ویژه آن‌که وابستگی شرایط حرارتی محیط کار مستقیما تحت تاثیر شرایط آب و هوایی منطقه، موقعیت جغرافیایی و فصل دارد. به‌عنوان مثال زاویه تابش و طول مدت ساعات آفتابی در قسمت‌های مرکزی کشور (قم و یزد در این پژوهش) متفاوت از سایر مناطق می‌باشد به‌طوری‌که هر چقدر از جنوب ایران به طرف شمال ایران حرکت نماییم،

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]



شکل ۲. مقایسه هم‌بستگی بین شاخص‌های Humidexو WBGT(الف) و شاخص Humidex با دمای پرده صماخ (T.Tympanic) (ب)در سه گستره دمایی پایین، متوسط و بالا



شکل ۳: مقایسه هم‌بستگی بین شاخص‌های Humidex و WBGT (الف) و شاخص Humidex با دمای پرده صماخ (T.Tympanic) (ب)در سه گستره رطوبتی پایین، متوسط و بالا

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

جدول۳. بررسی درجه توافق شاخص‌های WBGT ،Humidex و دمای تیمپانیک

	اقلیم			رطوبت			دما			کل
مقایسه Humidex و WBGT	بیابانی	نیمه بیابانی	٪۳۰>	٪۶۰-۳۰	٪۶۰<	۲۳>	۳۰-۲۳	۳۰<	
ضریب توافق*	۰/۹۴۵	۰/۷۵۴	۱	۰/۸۲۹	۱			۰/۲۳	۰/۸۷۸
حساسیت	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰			۱۰۰	۱۰۰
ویژگی	۹۵/۵	۸۱/۹	۱۰۰	۸۷/۹	۱۰۰			۸۲/۹	۹۰/۳
مقایسه Humidex و دمای تیمپانیک									
ضریب توافق*	۰/۳۰۷	۰/۰۸۲		۰/۲۷۴	۰/۱۹۸			۰/۱۷۲	۰/۲۲۶
حساسیت	۱۰۰	۱۰۰	۴۵/۱	۱۰۰	۱۰۰			۱۰۰	۱۰۰
ویژگی	۶۴/۱	۵۶/۱	۵۴/۹	۶۵	۴۴/۴			۴۵	۶۱/۱

* Kappa value

زاویه تابش کمتر و مایل‌تر، ولی مدت تابش بیش‌تر می‌شود (۲۳). به همین خاطر در تابستان و اواخر بهار و یا اوایل فصل پائیز از نظر مدت زمان انرژی رسیده به سطح زمین، بیش‌ترین مقدار را می توانیم داشته باشیم.در این شرایط انرژی گرمایی بیش‌تری توسط بدن جذب می‌شود که می‌تواند باعث بالا رفتن میانگین دمای سطحی و عمقی بدن گردد.

یکی از اساسی ترین مراحل در ارزیابی ریسک مواجهه افراد با گرما، درک صحیح شرایط گرمایی و شناسایی خطر است که باید توسط شاخص‌های معتبر استرس گرمایی انجام گیرد. در مطالعه ای که در سال ۲۰۱۳ در کشور ایران انجام شد با استفاده از شاخص استاندارد WBGT استرس‌های گرمایی در دو فصل بهار و تابستان در سطح کشور مورد ارزیابی قرار گرفت و بر اساس نقشه‌ها گرافیکی ارایه شده مشخص گردید شهرستان‌های اهواز، مشهد و رشت در فصل بهار در شرایط هشدار و شهرستان‌های یزد و بندرعباس در شرایط استرس قرار دارند که این وضعیت در ساعات ۱۲ و ۱۵ با گرم تر شدن شرایط محیط، محسوس تر است. سایر شهرستان‌ها در فصل بهار از وضعیت مطلوبی برخوردارند و در شرایط ایمن هستند. این شرایط در فصل تابستان بسیار تغییر می‌کند به‌طوری‌که در ساعات بین ۱۲ تا ۱۵ از شیفت کار، تقریبا همه مناطق مورد بررسی در ناحیه استرس قرار می‌گیرند و هیچ نقطه از مناطق مورد بررسی در ناحیه مطلوب و ایمن قرار نمی گیرد(۱). همچنین در مطالعه دیگر در کشور کره استرس‌های حرارتی توسط شاخص‌های مختلف در محیط‌های روباز مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن نشان داد اولا تفاوت‌هایی در مقادیر مشخص شده توسط شاخص WBGT و مقادیر متناظر آن که توسط سنسورهای مربوطه در ایستگاه‌های سینوپتیکی به‌صورت اتوماتیک گزارش می‌شود، مشاهده می‌گردد و ثانیا، شاخص WBGT در مقایسه با شاخص گرمایی برای ارزیابی استرس‌های گرمایی محیط‌های روباز از حساسیت بیش‌تری برخوردار است (۲۴). مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور انجام شده است که هر یک موید تفاوت‌های عملکردی شاخص‌های استرس گرمایی رایج در ارزیابی محیط‌های حرارتی می‌باشند (۳۲-۲۵). به‌طور مثال Becker و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان دادند در اقلیم‌های بیابانی و گرم تا بسیار گرم (مشابه با بسیاری از مناطق اقلیمی کشور ایران، جدول ۱) ارزیابی استرس‌های حرارتی بر اساس مدل‌های تعادل انرژی حرارتی برای شرایط یکنواخت مانند شاخص میانگین رای پیش بینی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

شده (PMV)، نمی‌تواند به‌طور موثری برای ارزیابی درک حرارتی افراد از شرایط حرارتی بسیار گرم مناسب باشد و تغییرات کوتاه مدت پارامترهای جوی را که مساله‌ای رایج در شرایط محیط‌های روباز می‌باشد، را در نظر نمی‌گیرد (۳۳).

در مطالعه حاضر که مطابق جدول ۲، گستره وسیعی از پارامترهای محیطی در دو ناحیه اقلیمی بیابانی و نیمه بیابانی کشور مدنظر قرار گرفته است، مشخص گردید هم‌بستگی دو شاخص WBGT و Humidex در ارزیابی استرس‌های حرارتی بسیار بالاست، به‌طوری‌که در کلیه ساعات اندازه‌گیری شیفت کار (ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵) ضریب هم‌بستگی بالاتر از ۰/۹۸ حاصل گردید (شکل ۱). از طرفی هم‌بستگی نسبتاً مناسبی بین شاخص استرس گرمایی Humidex با پاسخ فیزیولوژیکی دمای تیمپانیک افراد مورد مطالعه در ساعات مختلف روز که نماینده شرایط آب و هوایی مختلفی نیز بودند، مشاهده گردید. البته همان‌طور که در نمودارهای شکل ۱ مشخص شده است، ضرایب هم‌بستگی بین دو متغیر در مناطق اقلیمی بیابانی بیش‌تر از مناطق نیمه بیابانی به‌دست آمد و با افزایش گرمشدن هوا در ساعات میانی و پایانی شیفت کار، این ضرایب نیز افزایش نشان داده اند. در مطالعه ای دیگر که بر روی کشاورزان شمال ایران با هدف ارزیابی استرس‌های حرارتی از طریق پایش بیولوژیکی و محیطی انجام شده بود نیز ضریب هم‌بستگی بین شاخص WBGT و دمای گوش ۰/۸۴ ($p <$ ۰/۰۰۱) تعیین گردید(۳۴). ضرایب هم‌بستگی بالا بین شاخص‌های محیطی و پاسخ فیزیولوژیکی دمای گوش باعث شده است که دمای گوش به‌عنوان جایگزین مناسبی برای دمای رکتال (که یک پاسخ فیزیولوژیکی معتبر در ارزیابی‌های استرین گرمایی به‌شمار می‌رود) مورد توجه و استقبال قرار گیرد (۱۸-۱۷). به منظور کاربردپذیری شاخص Humidex در شرایط دمایی و رطوبتی مختلف در دو اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی، مقایسه‌هایی با شاخص WBGT و پاسخ فیزیولوژیکی دمای تیمپانیک انجام شد. نتایج این بخش که در نمودارهای شکل ۲ و ۳ به تفکیک آورده شده است نشان می‌دهد در کل گستره دمایی مورد مطالعه ارتباط بسیار خوبی بین شاخص WBGT و Humidex وجود دارد، اگرچه با افزایش درجه حرارت هوا، ضریب هم‌بستگی بین دو شاخص بیش‌تر می‌شود به‌طوری‌که در دماهای محیطی بالاتر از ۳۰°C، ضریب هم‌بستگی بین دو شاخص مقدار ۰/۹۸۷ به‌دست آمده است. در مورد ارتباط دو شاخص Humidex و دمای تیمپانیک اما نتایج حاکی از هم‌بستگی کم‌تر نسبت به مقایسه‌های قبلی بوده است، به‌طوری‌که در شرایط دمایی ۳۰°C-۲۳°C، میزان ضریب هم‌بستگی متوسطی برابر با ۰/۴۰۹ تعیین گردید و بیش‌ترین میزان آن نیز مقدار $r =$ ۰/۹۰۸ بوده است که مربوط به شرایط محیطی با دمای بالاتر از ۳۰°C می‌باشد. فلاحتی و همکاران نیز در مطالعه‌ای دیگر که در آن اعتبار سنجی شاخص‌های WBGT و P4SR توسط دمای عمقی بدن مدنظر بوده است، به این نتیجه دست یافتند که بیش‌ترین مقدار R^2 تطبیق شده مربوط به پارامتر دمای پرده صماخ به‌عنوان دمای عمقی بدن و شاخص WBGT می‌باشد ($P<$۰/۰۵ ،$R^2=$ ۰/۵۷) (۳۰). نتیجه مشابهی در مطالعه حاجی زاده و همکاران در شرایط محیطی بسیار گرم کوره‌های آجر پزی شهر قم حاصل گردید، به‌طوری‌که در این مطالعه دمای سرخرگ کاروتید بیش‌ترین ضریب هم‌بستگی را با شاخص WBGT نشان داد

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

(۳۵). گلبابایی و همکاران نیز در مطالعه دیگر ضرایب هم‌بستگی متوسطی را بین استرین‌های فیزیولوژیکی و WBGT گزارش نمودند (۳۶).

مقایسه‌های مشابهی در گستره‌های رطوبتی مختلف بین شاخص‌ها انجام گرفت و نتایج نشان داد در اینجا نیز شاخص WBGT و Humidex در کلیه گستره‌های رطوبتی شامل رطوبت‌های کم (۳۰%>)، متوسط (۶۰-۳۰%)، و زیاد (۶۰%<)، از هم‌بستگی بالایی برخوردار است. در مورد هم‌بستگی شاخص Humidex با دمای تیمپانیک نیز نتایج مشابه و قابل قبولی حاصل شد (r>۰/۸۳)، اگرچه ضرایب هم‌بستگی به‌دست آمده دراین‌جا کم‌تر زز هم‌بستگی به‌دست آمده بین دو شاخص Humidex و WBGT بود. Alfano و همکاران در مطالعه خود به منظور بررسی قابلیت اطمینان شاخص Humidex برای ارزیابی شرایط گرمایی مختلف نشان دادند تا دمای ۳۶°C، شاخص Humidex نسبت به WBGT محتاطانه‌تر عمل می‌کند و محدودیت بیش‌تری را نشان می‌دهد در حالی‌که در شرایط دمایی بالاتر از ۳۶°C، نتیجه عکسی حاصل می‌شود به‌طوری‌که شاخص WBGT نسبت به Humidex محدودیت بیش‌تری را نشان می‌دهد. به‌طور کلی در این مطالعه مشخص گردید Humidex در شرایط گرمایی متوسط ارزیابی بهتری در برآورد شرایط گرمایی محیط ارایه می‌کند (۸). با درنظر گرفتن گستره‌های دمایی، نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. یکی از دلایل ایجاد این رفتار دوگانه در شاخص Humidex می‌تواند این باشد که شاخص Humidex برای شرایط معتدل کانادایی ایجاد و معتبر شده است و از سوی دیگر دقت کم شاخص WBGT در شرایط گرمایی و رطوبتی بسیار بالا به عنوان یک محدودیت در مطالعات نشان داده شده است (۵-۴).

به‌طور کلی مطابق با جدول ۳ نتایج نشان می‌دهد، شاخص Humidex توافق کاملا مناسبی با شاخص WBGT دارد به‌طوریکه ضریب توافق کلی آن دو صرف نظر از نوع اقلیم و گستره دمایی و یا رطوبتی برابر با Kappavalue=۰/۷۸۷ می‌باشد و حساسیت ارزیابی با استفاده از دو شاخص برابر ۱۰۰% و ویژگی آنها برابر ۹۰/۳% می‌باشد. در عین حال اقلیم بیابانی نسبت به نیمه بیابانی از ضریب توافق و ویژگی بیش‌تری برخوردار است. اما بررسی توافق شاخص Humidex با دمای تیمپانیک نشان داد به‌طور کلی توافق قابل قبولی بین دو شاخص براساس ضریب Kappa مشاهده نمی شود (Kappavalue=۰/۲۲۶) و علیرغم حساسیت بسیار خوب برابر ۱۰۰%، ویژگی این دو شاخص نسبت به زمانی که شاخص Humidex با WBGT مقایسه می‌شود، پایین تر است (ویژگی برابر ۶۱/۱%). به این معنی که نمی توان با استفاده از شاخص Humidex به تنهایی برآورد واقع بینانه ای از استرین‌های فیزیولوژیک افراد در معرض گرما داشت. اما در این‌جا نیز به‌طور مشابه در شرایط بیابانی توافق دو شاخص بهتر از شرایط نیمه بیابانی بوده است. به نظر می‌رسد با توجه به این‌که در نواحی نیمه بیابانی (جدول ۱) شرایط دمایی هوا در اوایل فصل بهار خنک تر بوده است (دماهای پایین تر از ۲۳°C در این مطالعه) و هنوز شرایط گرمایی بر منطقه حاکم نشده است و از سوی دیگر بخشی از این مطالعه در این زمان صورت گرفته است، می‌تواند باعث شده باشد که ارتباط شاخص‌ها در نواحی نیمه بیابانی کم‌تر از نواحی بیابانی شده باشد.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

نتیجه گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت شاخص Humidex صرف نظر از نوع اقلیم (بیابانی یا نیمه بیابانی) در گستره دمایی و رطوبتی مورد مطالعه به‌عنوان جایگزین مناسبی برای WBGT کاربرد دارد و با دمای تیمپانیک به‌عنوان یک پاسخ فیزیولوژیک در برابر گرما نیز هم‌خوانی دارد. اما چنان‌چه ارزیابی در دماهای پایین هوا یا شرایط دمایی به شدت گرم (بیش‌تر از ۳۰°C) به همراه رطوبت‌های بالا، مد نظر باشد (بیش‌تر از ۳۰°C)، توجه به دمای تیمپانیک یا ارزیابی بر اساس سایر شاخص‌های معتبر، نتایج واقع بینانه تری از شرایط گرمایی ارایه خواهد نمود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی و تجهیزاتی دانشگاه علوم پزشکی تهران و مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی دانشگاه علوم پزشکی قم انجام شده است و نویسندگان بر خود واجب می‌دانند نهایت تشکر و قدردانی را از حمایت‌های ارزشمند آنها و همچنین همکاری صمیمانه مدیریت، سرپرستان و کارگران محترم شرکت‌های راه آهن یزد، آسفالت شهرداری کرمان، کشتی سازی بندرعباس، سیمان شرق مشهد، سمان اسپیندار قم، فولاد اهواز و معدن نرداغی قم در اجرای این پروژه بنمایند.

REFERENCES

1. Heidari H, Golbabaei F, Shamsipour A, Forushani AR, Gaeini A, Parvari RA, et al. Outdoor occupational environments and heat stress in IRAN. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2015;13(1):48.
2. Amiri M, Eslamian S. Investigation of climate change in Iran. J Environ Sci Technol. 2010;3(4):208-16.
3. Ministry of Health and Medical Education, Environmental and occupational health center, third edition, 2012.
4. ISO-7243. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). 1989.
5. Budd GM. Wet-bulb globe temperature (WBGT)—its history and its limitations. Journal of Science and Medicine in Sport. 2008;11(1):20-32.
6. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial health. 2006;44(3):388-98.
7. Masterton JM, Richardson FA (1979) HUMIDEX: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. CLI 1-79. 1–45, Environment Canada, Downside Ontario.
8. Alfano FRdA, Palella BI, Riccio G. Thermal environment assessment reliability using temperature-humidity indices. Industrial health. 2011;49(1):95-106.
9. REHVA (2006) Indoor Climates and Productivity in Offices. Wargocki P and Seppänen O (Eds.), REHVAGuidebook n. 6, REHVA, Brussels.
10. Santee WR, Wallace RF (2005) Comparison of Weather Service Heat Indices Using a Thermal Model. J Therm Biol 30, 65–72.
11. Santee WR, Wallace RF (2005) Use of Humidex to set Thermal Work Limits for Emergency Workers in Protective Clothing. In:

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

Proceedings of 11th International Conferences on Environmental Ergonomics, May 22–26, 511–3, Ystad, Sweden.

12. Conti S, Meli P, Minelli G, Solimini R, Toccaceli V, Vichi M, Beltrano MC, Perini L (2005) Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy. Environm Res 98, 390–9.
13. Lavalle C, Barredo JI, De Roo A, Feyen L, Niemeyer S, Camia A, Hiederer R, Barbosa P (2006) Pan European assessment of weather driven natural risks. In: European Week of Region and Cities Open Day, Brussels 2006, October 9–12, European Commission – Directorate General Joint Research Centre, Brussels.
14. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. OSH Answers. http://www.ccohs.ca/oshanswers/ phys_agents/humidex.html. Accessed May 12, 2010.
15. International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics — Evaluation of thermal strain by physiological measurements (Standard No. ISO 9886:2004). Geneva: ISO; 2004.
16. Çultu Ö, Yildirim I, Ceyhan M, et al. Comparing body temperature measurements by mothers and physicians using mercury-in-glass, digital mercury and infrared tympanic membrane thermometers in healthy newborn babies. Turk J Pediatr. 2008;50:354-8.
17. Eyelade OR, Orimadegun AE, Akinyemi OA, et al. Esophageal, tympanic, rectal, and skin temperatures in children undergoing surgery with general anesthesia. J PeriAnesthesia Nursing2011;26:151-9.
18. Lee J-Y, Nakao K, Takahashi N, et al. Validity of infrared tympanic temperature for the evaluation of heat strain while wearing impermeable protective clothing in hot environments. Ind health. 2011;49:714-25.
19. Van Staaij BK, Rovers MM, Schilder AG, et al. Accuracy and feasibility of daily infrared tympanic membrane temperature measurements in the identification of fever in children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2003;67:1091-7.
20. International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of thermal environment-Determination of metabolic rate (Standard No. ISO 8996:2004). Geneva: ISO; 2004.
21. International Organization for Standardization (ISO). Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble (Standard No. ISO 9920:2007). Geneva: ISO; 2007.
22. Heidari H, Golbabaie F, Shamsipour A, Abbas RF, Abbasali G. Evaluation of Thermal Discomfort in Outdoor Environments: A Cross SectionalStudy throughout IRAN. Advances in Environmental Biology. 2014;8(13):1008-15.
23. Khalili Ali, Rezaei-e Sadr H. Estimation of global solar radiation over iran based on climatical data. Jeoghraphic research journal. 1998;84:15-35.
24. Kim Y, Oh I, Lee J, Kim J, Chung I-S, Lim H-J, et al. Evaluation of Heat Stress and Comparison of Heat Stress Indices in Outdoor Work. Korean Journal of Environmental Health Sciences.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

2016;42(2):85-91.

25. Golmohammadi R HM, Zamanparvar A, Oliaei M, Aliabadi M, Mahdavi S. . Comparing the Heat Stress Index of HSI and WBGT in BakeryWorkplaces in Hamadan. Iran Occupational Health Journal. 2006;3(2):1-8.
26. Hemmatju R GF, Monazzam Esmaeilpour M, Nasir P, Hosseini M, Pouryaghub G R. Comparative investigation of SWREQ,WBGT & BI indices for estimation of heat stress in a petrochemical company in southian Pars Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2010.
27. Moran D, Shapiro Y, Epstein Y, Matthew W, Pandolf K. A modifieddiscomfort index (MDI) as an alternative to the wet bulb globe temperature (WBGT). Environmental Ergonomics VIII, Hodgdon JA, Heaney JH, Buono MJ (Eds).1998; 77-80.
28. Motamedzade M, Azari MR. Heat stress evaluation using environmental and biological monitoring. Pak J Biol Sci. 2006;9(3):457-9.
29. Golbabaie F, Monazam M, Hemmatjou R, Nasiri P, Pouryaaghoub G, Hosseini H. Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the MenPhysiological Parameters in Hot andHumid Environment. Iran J Health & Environ. 2012; 5(2): 245-252.
30. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad A, Zokaei M, Sardar A. Evaluating the validation of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. Iran Occupational Health. 2012;9(3).
31. Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Heled Y, Shani Y, Mathew W, et al. An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). Journal of Thermal Biology. 2001;26(4):427-31.
32. Dehghan H, Mortazavi S, Jafari M, Maracy M. Combination of wet bulb globe temperature and heart rate in hot climatic conditions: The practical guidance for a better estimation of the heat strain. International Journal of Environmental Health Engineering. 2012;1(1):18.
33. Becker S, Potchter O, Yaakov Y, editors. Thermal sensation in extremely hot and dry urban environments. Proceedings of the Fifth International Conference on Urban Climate; 2003.
34. Heidari H, Golbabaie F, Shamsipour A, Abbas RF, Abbasali G. Evaluation of Heat Stress among Farmers using Environmental and Biological monitoring: a study in North of Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;7(1):1-9.
35. Hajizadeh R, Golbabaie F, Monazam Esmaielpour M. R., Beheshti M. H., Mehri A., Hosseini A., 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(4): 9-20. (In Persian)
36. Golbabaei F., Rostami Aghdam Shendi M., Monazzam M.R., Hosseini M.,Yazdani avval M., Investigation of heat stressbased on WBGT index and its relationship with physiological parameters among outdoor workers of Shabestar city, Journal of Health and Safety at Work . 2015; 5(2): 85-94.(In Persian)

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]

Validation of humidex in evaluating heat stress in the outdoor jobs in arid and semi-arid climates of Iran

Hamid Reza Heidari [1], Farideh Golbabaei [2*], Shahram Arsang Jang [3], Ali Akbar Shamsipour [4]

[1] Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

[2] Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[3] M.Sc., Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

[4] Associate Professor, Department of Physical Geography, School of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Regarding development of several thermal indices and limitations of each, in this research applicability and validity of temperature- humidity index (Humidex) were examined against the standard heat index, Wet Bulb Globe Temperature -WBGT, as well as tympanic temperature of subjects.

Material and Method: This cross-sectional study was done on 163 subjects at spring and summer (2013) in outdoor jobs of arid and semi-arid climates of Iran. Environmental parameters as well as tympanic temperature of subjects were measured simultaneously and then heat indices were determined. Data were analyzed using linear correlation charts and Kappa coefficient of agreement by means of SPSS software version 20.

Result: A strong correlation was obtained between WBGT and Humidex in both arid and semi-arid regions ($r>0.98$), while the correlation between Humidex and tympanic temperature was moderate ($r=0.5$-0.8). Based on the obtained Kappa value, the agreement coefficient between Humidex and WBGT was 0.878. This value was obtained equal to 0.226 for the Humidex and tympanic temperature.

Conclusion: The results of this study showed that Humidex can be applied as an appropriate substitute for the WBGT index. However, if evaluation of environmental condition with low air temperature or very hot situation is considered, relying only on the Humidex results will not provide a realistic estimation of thermal strain imposed to individuals.

Key words: *Arid and Semi-Arid Regions, Heat Stress, Humidex, Outdoor Jobs, Validation, WBGT*

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

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-07-23]