



بررسی تغییرات دانسیته ادرار به عنوان بیومارکر وضعیت دهیدراسیون در کارگران شاغل در محیط‌های گرم

مهدی جلالی^۱، محسن علی‌آبادی^۲، مریم فرهادیان^۳، سید امیررضا نگهبان^۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۰۱

تاریخ ویرایش: ۹۲/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۱۳

چکیده

زمینه و هدف: حین انجام فعالیت فیزیکی در محیط‌های کاری گرم، تعریق همراه با تبخیر به عنوان مهم‌ترین پاسخ فیزیولوژیک بدن افزایش می‌یابد که می‌تواند در نهایت منجر به دهیدراسیون (کم‌آبی) گردد. هدف از انجام این مطالعه بررسی تغییرات دانسیته ادرار به عنوان بیومارکر وضعیت دهیدراسیون در کارگران شاغل در محیط‌های گرم بود.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی ۴۰ نفر از کارگران شاغل در محیط‌های گرم بعنوان گروه مورد و ۲۰ نفر از کارکنان اداری به عنوان گروه شاهد مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور ارزیابی وضعیت دهیدراسیون در افراد دو گروه اندازه‌گیری دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری با استفاده از دستگاه سنجش دانسیته (رفرکتومتر مدل Hand Hold) انجام پذیرفت. تعیین شاخص استرس حرارتی در ایستگاه‌های کار با استفاده از دستگاه WBGT متر دیجیتالی ساخت شرکت Casella صورت گرفت. در نهایت داده‌های حاصل از این مطالعه با استفاده از آزمون‌های آماری مقایسه میانگین‌ها و کای دو توسط نرم افزار SPSS 16 مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: میزان شاخص استرس حرارتی در اغلب ایستگاه‌های کاری گروه مواجهه یافته بالاتر از حد مجاز توصیه شده کشوری و در گروه شاهد پائین‌تر از حد مجاز قرار داشت. آزمون آماری مقایسه میانگین‌ها تفاوت معناداری را بین میزان دانسیته ادرار گروه مورد در ابتدا و انتهای نوبت کاری نشان داد ($p < 0/01$). میزان دانسیته ادرار در انتهای نوبت کاری در گروه مورد بالاتر از گروه شاهد قرار داشت که با توجه به آزمون مقایسه میانگین‌ها، اختلاف مشاهده شده معنی‌دار بود ($p < 0/01$).

نتیجه‌گیری: میزان دانسیته ادرار می‌تواند با لحاظ نمودن اثر برخی عوامل مداخله‌گر به طور قابل قبولی بیان‌کننده میزان دهیدراسیون افراد در مواجهه با استرس گرمایی باشد. از این رو می‌توان از آن به عنوان یک بیومارکر قابل قبول به منظور ارزیابی مواجهه شغلی گرما در راستای تعیین ریسک بروز تنش‌هایی گرمایی و متعاقباً انجام اقدامات بهداشتی و پیشگیرانه استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: دانسیته ادرار، استرس حرارتی، دهیدراسیون، محیط کاری گرم

مقدمه

گرما در محیط کار می‌تواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر متابولیسم فرد یا دمای بدن، ضربان قلب، فشار خون اثر گذاشته و باعث اختلال و بیماری و بالا رفتن میزان خطای کاری و بروز حوادث گردد [۱-۳]. بدن انسان به عنوان موجود خونگرم در محدوده کوچکی از دمای عمقی بدن می‌تواند عملکرد طبیعی خود را انجام دهد که این محدوده از 37°C تا $36/7^{\circ}\text{C}$ می‌باشد [۴].

روش‌های مستقیم ارزیابی میزان مواجهه فرد با گرما، اندازه‌گیری استرین گرمایی می‌باشد. با توجه به

استرس گرمایی یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در بسیاری از محیط‌های کاری می‌باشد [۱، ۲]. مواجهه با دماهای بالا در میان کارگران شاغل در محیط‌های گرم شایع بوده و می‌تواند باعث ایجاد اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی متعددی گردد. مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه با گرمای بیش از حد عوارض زیادی از جمله خستگی ناشی از گرما، کرامپ عضلانی، گرم‌زدگی، جوش‌های گرمایی، اختلالات عصبی و روانی و کاهش بازده کاری در شاغلین ایجاد می‌نماید.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۳- عضو هیئت علمی گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۴- (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ammirezanegahban@yahoo.com

میزان مناسبی از آب در بدن، حتی اگر فرد در وضعیت های با استرس گرمایی بالا قرار داشته باشد ریسک ایجاد بیماری های مرتبط با گرما در آنان کاهش خواهد یافت [۱۱].

برای بررسی وضعیت های دهیدراسیون روش های زیادی ارائه گردیده است که از بین روش های موجود تعداد اندکی از آنها دارای اعتبار و اعتماد مناسب برای اندازه گیری های کلینیکی می باشند. شاخص های ادراری مانند دانسیته ادرار^۱ و اسمولالیت ادرار^۲ دو شاخصی هستند که می توانند برای تعیین وضعیت های دهیدراسیون بکار می روند. اسمولالیت ادرار استاندارد طلایی برای اندازه گیری وضعیت دهیدراسیون می باشد. دانسیته ادرار نیز بصورت نسبت وزن مخصوص ادرار به مقدار مرجع آن (آب مقطر) تعریف می گردد. این شاخص بعنوان کاربردی ترین و کم هزینه ترین روش برای بررسی وضعیت های دهیدراسیون معرفی گردیده است [۱۱].

در رابطه با بررسی وضعیت دهیدراسیون در افراد شاغل در محیط های گرم مطالعاتی در سطح دنیا انجام پذیرفته است. از جمله این مطالعات می توان به مطالعه بریک (Brake) و همکاران اشاره نمود که در کارگران معدن انجام پذیرفت. در این مطالعه به منظور اندازه گیری وضعیت دهیدراسیون در طی نوبت کاری از شاخص دانسیته ادرار استفاده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کارگران معدن قبل از شروع کار دچار سطوح مختلفی از دهیدراسیون بوده و دانسیته ادرار آنها در انتهای نوبت کاری خارج از محدوده طبیعی می باشد. همچنین مشخص گردید استرس حرارتی تنها ریسک فاکتور ایجاد بیماری های مرتبط با گرما نبوده و در صورت عدم تأمین مناسب آب از دست رفته بدن در طی کار، عوارضی مانند شوک گرمایی و خستگی گرمایی ایجاد می گردد [۶]. همچنین در مطالعه ای که توسط نیمان (Niemann) در سال ۲۰۱۲ و با هدف ارزیابی اثر نوع ابزار در اندازه گیری وضعیت هیدراسیون انجام

تحقیقات انجام گرفته اندازه گیری دمای رکتال می تواند بهترین شاخص برای اندازه گیری استرس گرمایی وارد شده بر بدن باشد زیرا ارتباط قوی با دمای هیپوتالاموس نشان داده است. اما اندازه گیری این شاخص دارای محدودیت هایی بوده و برای محیط های شغلی نامناسب می باشد و در نتیجه شاخص های دیگری را جانشین آن نموده اند که می توان از بین این شاخص ها به اندازه گیری دمای دهانی، اندازه گیری تعداد ضربان قلب، اندازه گیری دمای تمپان، اندازه گیری میزان بازیابی ضربان قلب، اندازه گیری وزن بدن و اندازه گیری دانسیته ادرار اشاره کرد [۷-۱۰].

برای عملکرد طبیعی تمامی اندام های بدن میزان مشخصی آب در بدن ضروری می باشد [۱۱]. در هنگام انجام فعالیت فیزیکی در محیط های کاری گرم، تعریق همراه با تبخیر به عنوان مهم ترین پاسخ فیزیولوژیک بدن افزایش یافته و در نهایت در صورت تداوم دهیدراسیون (از دست دادن آب بدن) می تواند منجر به کاهش آب بدن از حالت طبیعی خود گردد [۱۲]. شروع کاهش آب بدن در شرایطی است که بیش از ۱ درصد وزن بدن آب دفع گردیده و جبران نگردد که اگر این میزان به بیش از ۱۵ درصد افزایش یابد می تواند منجر به مرگ افراد شود [۱۱، ۶]. نتایج مطالعه ای در آفریقای جنوبی نشان داده است، ۵۰٪ از شوک های گرمایی افراد شاغل در معادن ناشی از دهیدراسیون بوده است [۶]. ایجاد دهیدراسیون می تواند اثرات نامطلوبی بر بهره وری، ایمنی و روحیه کارکنان داشته باشد [۱۲]. دهیدراسیون یک ریسک فاکتور مهم در ایجاد بیماری های مرتبط با گرما مانند گرمازدگی بوده و می تواند باعث تغییرات نامطلوب فیزیولوژیکی و در نهایت مستعد نمودن بدن افراد به ابتلاء به عوارض گرمایی گردد. این تغییرات فیزیولوژیکی شامل افزایش ضربان قلب، کاهش برون ده قلبی، افزایش استرس فیزیولوژیکی، کاهش قدرت مایچه ای و کاهش عملکرد ذهنی می باشد. این عوامل باعث تغییر در سیستم تنظیم گرما در بدن شده و بنابراین می توانند باعث افزایش حساسیت بدن گردند. در صورت تأمین

^۱. Urine Density

^۲. Urine Osmolality

ویژگی‌های دموگرافیک گروه مورد. در نتیجه از بین ۲۴ نفر از پرسنل اداری مرد حاضر در صنایع مورد بررسی، ۲۰ نفر به عنوان گروه کنترل وارد مطالعه شدند. قبل از انجام مطالعه، رضایت کلیه افراد برای شرکت در این تحقیق جلب گردید. در ابتدا خصوصیات دموگرافیکی افراد مورد مطالعه شامل: سن، سابقه کار، قد، وزن و همچنین نوع لباس (برای تعیین میزان کلوی آن) در پرسشنامه طراحی شده برای این منظور از طریق مصاحبه حضوری با آنان ثبت گردید.

پس از مشخص شدن قد و وزن افراد، محاسبه نمایه توده بدنی (به عنوان یک عامل موثر بر میزان دهیدراسیون) از طریق رابطه ۱ صورت پذیرفت. رابطه (۱):

$$BMI = \frac{(W)}{(H)^2}$$

BMI = نمایه توده بدنی

W = وزن فرد (کیلوگرم)

H = قد فرد (متر)

در مرحله بعد ارزیابی استرس گرمایی در ایستگاه‌های کاری برای هر یک از شاغلین به صورت جداگانه انجام گرفت. برای این منظور از شاخص دمایی ترگوییسان (WBGT) و مطابق با استاندارد شماره ISO-7243 استفاده شد [۱۳]. برای اندازه‌گیری این شاخص از دستگاه سنجش WBGT دیجیتالی مدل Casella استفاده گردید و با توجه به روش کار ارائه شده توسط این استاندارد، اندازه‌گیری‌ها در سه ارتفاع سر (۱/۷ متر)، تنه (۱/۱ متر) و قوزک پا (۰/۱ متر) انجام گرفته و میانگین آن تعیین گردید. اندازه‌گیری‌ها برای هر یک از افراد در زمان‌های مختلف نوبت کاری انجام پذیرفت و با استفاده از رابطه ۲، میانگین وزنی زمانی شاخص WBGT برای هر فرد محاسبه گردید.

برای تعیین مقادیر مجاز شاخص WBGT محیط، میانگین وزنی زمانی متابولیسم (M_TWA) کاری افراد

گردید مشخص شد که اندازه‌گیری دانسیته ادرار توسط دستگاه رفراکتومتر روشی مناسب جهت اندازه‌گیری وضعیت دهیدراسیون می‌باشد. این نتیجه با توجه به مقایسه نتایج شاخص دانسیته ادرار با اسمولالیتیه ادرار که استاندارد طلائی بررسی وضعیت دهیدراسیون می‌باشد حاصل گردید [۱۱].

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، مطالعه‌ای در رابطه با ارزیابی وضعیت‌های دهیدراسیون در محیط‌های شغلی در صنایع گرم کشور یافت نگردیده است و دستورالعملی برای جلوگیری از ایجاد دهیدراسیون در شاغلین محیط‌های گرم ارائه نشده است. بدین منظور این مطالعه با هدف بررسی تغییرات دانسیته ادرار به عنوان بیومارکر وضعیت دهیدراسیون در کارگران شاغل در محیط‌های گرم و در نهایت ارائه برنامه پیشگیرانه مناسب انجام گردید.

روش بررسی

این مطالعه توصیفی-تحلیلی به صورت مقطعی و بر روی کارکنان شاغل در فرآیند ذوب فلزات و ریخته گری ۴ کارخانه مستقر در شرق شهر تهران انجام پذیرفت. نمونه‌گیری به صورت سرشماری و از کلیه شاغلین در مواجهه با گرما در صنایع مورد بررسی انجام پذیرفت. معیار ورود افراد گروه مورد به مطالعه عبارت بود از سابقه کاری بالاتر از ۳ ماه (جهت در نظر گرفتن معیار سازش یافتگی افراد با گرما)، عدم ابتلاء قبلی به بیماری‌های ناشی از گرما، عدم هر گونه سابقه ابتلاء به بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری عفونی، پرکاری تیروئید و بیماری‌های کلیوی. اطلاعات مورد نیاز از طریق پرونده‌های پزشکی افراد مورد مطالعه و با استفاده از پرسشنامه تهیه شده حاصل شد. در نتیجه از بین ۴۶ نفر از پرسنل در مواجهه با گرما، ۴۰ نفر با توجه به دارا بودن معیارهای ورود، به عنوان گروه مورد انتخاب شدند. معیار ورود گروه شاهد نیز عبارت بود از عدم وجود سابقه ابتلاء به بیماری‌های ذکر شده برای گروه مورد و همچنین دارا بودن خصوصیات دموگرافیک (سن، سابقه کار، قد، وزن و نمایه توده بدنی) در محدوده

رابطه (۲):

$$WBGT_TWA = \frac{(WBGT1 \times T1) + (WBGT2 \times T2) + \dots + (WBGTn \times Tn)}{T1 + T2 + \dots + Tn}$$

$WBGT_1 \dots WBGT_n$ = مقدار اندازه‌گیری شده WBGT در فعالیتهای مختلف و زمان استراحت در شیفت کاری
 $T_1 \dots T_n$ = مدت زمان گذرانده شده در هر فعالیت بر حسب دقیقه

دهیدراسیون بر مبنای دانسیته ادرار اگر مقدار بدست آمده بین ۱/۰۱۵ تا ۱/۰۱ باشد وضعیت مناسب است. اگر مقدار دانسیته ادرار بین ۱/۰۲۳ تا ۱/۰۱۵ قرار گرفت شرایط محیطی از لحاظ استرس حرارتی در سطح متوسط قرار دارد. اگر این مقدار بین ۱/۰۳ تا ۱/۰۲۳ قرار گرفت فرد در محیط دارای استرس گرمایی بیش از حد مجاز قرار دارد و باید از ادامه مواجهه با این محیط اجتناب نماید. در نهایت اگر این مقدار بالاتر از ۱/۰۳ قرار داشت فرد به صورت کلینیکی دچار دهیدراسیون می‌باشد [۱۸، ۱۷، ۶]. برای افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها، دستگاه بعد از هر اندازه‌گیری توسط آب مقطر و بر روی عدد ۱ که مقدار مرجع دانسیته آب مقطر می‌باشد کالیبره گردید. همچنین به منظور افزایش صحت اندازه‌گیری‌ها و لحاظ برخی عوامل مخدوش کننده در نتایج، میزان مصرف مایعات نیز برای افراد تحت مطالعه ثبت گردید. زیرا در صورت تفاوت میزان مصرف مایعات توسط افراد مختلف در طی نوبت کاری میزان تغییرات دانسیته ادرار آنها نیز تغییرات متفاوتی را نشان خواهد داد و این عامل می‌تواند باعث حصول نتایج غیر قابل اطمینانی گردد. برای تعیین و کاهش دیگر عوامل مداخله گر وضعیت مصرف الکل، چای و مواد مخدر به عنوان عوامل مؤثر در دانسیته ادرار در ۱۲ ساعت قبل از نمونه برداری در افراد، مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به اظهارات شخصی در پرسشنامه ثبت گردید.

براساس معیارهای قضاوت توصیه شده در خصوص دهیدراسیون بر مبنای دانسیته ادرار که در ابتدای بخش روش کار ذکر گردیده است، تطابق دو حد هشدار بر مبنای دانسیته ادرار با حد مجاز و غیر مجاز استرس حرارتی مورد قضاوت قرار گرفت.

با استفاده از جداول استاندارد ISO-8996، و بر اساس رابطه ۳ تعیین گردید تا بر اساس آن در مورد میزان استرس حرارتی قضاوت گردد (۱۴).
 رابطه (۳):

$$M_TWA = \frac{M_1 t_1 + M_2 t_2 + \dots M_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots t_n}$$

$M_1 \dots M_n$ = میزان متابولیسم تخمین زده شده در فعالیتهای مختلف و زمان استراحت کارگر
 $t_1 \dots t_n$ = زمانهای مختلف کاری

همچنین کلوی لباس با استفاده از جداول ارائه شده در استاندارد ISO 9920:2007(E) تعیین گردید [۱۵]. مدت زمان نوبت کاری افراد نیز به صورت ۸ ساعته و با الگوی ۷۵٪ کار - ۲۵٪ استراحت در نظر گرفته شد که در تعیین متابولیسم شغلی لحاظ گردید. طبقه بندی افراد در سطوح مجاز و غیر مجاز میزان مواجهه با گرما بر اساس توصیه سازمان ACGIH در رابطه با مقادیر ارائه شده بر مبنای شاخص WBGT انجام پذیرفت [۱۶]. در این راستا حدود مجاز شاخص WBGT با احتساب متابولیسم کاری، سازش یافتگی، میزان کلوی لباس و مدت زمان شیفت کار برای هر یک از افراد به صورت جداگانه محاسبه و ثبت شد.

به منظور بررسی وضعیت دهیدراسیون، دانسیته ادرار کارگران توسط دستگاه رفرتومتر مدل Hand Hold ساخت کشور ژاپن و در ابتدا و انتهای نوبت کاری در دو گروه مورد و شاهد اندازه‌گیری و ثبت گردید. بر اساس معیارهای قضاوت توصیه شده در خصوص

آزمون آماری t-test نشان داد که میزان BMI در دو گروه یکسان می‌باشد ($p=0/73$) شرایط فیزیکی بدن افراد مورد مطالعه نیز از عوامل موثر بر میزان دهیدراسیون می‌تواند در نظر گرفته شود بنابراین سعی گردید که گروه مورد و شاهد از این لحاظ بر مبنای شاخص نمایه توده بدنی نیز تا حد امکان مطابقت داده شوند.

اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه نشان داد که طی ۱۲ ساعت قبل اندازه‌گیری ها هیچ یک از افراد الکلی و مواد مخدر استفاده ننموده بودند. همچنین مشخص شد که تمامی افراد، در روز نمونه برداری از چای (حاوی کافئین) در مقطع زمانی استراحت حین نوبت کاری استفاده کرده بودند. محاسبات انجام پذیرفته برای تعیین متابولیسم کار گروه مورد مطابق با ISO-8996 و رابطه ۳ نشان داد که ۲۰ نفر با متابولیسم بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلوکالری بر ساعت در ناحیه کار متوسط و ۲۰ نفر دیگر نیز با متابولیسم ۳۵۱ تا ۵۰۰ کیلوکالری بر ساعت در ناحیه کار سنگین قرار دارند. همچنین میزان کالوی لباس نیز با توجه به جدول استاندارد ارائه شده در ISO 9920:2007(E)، ۱ کلو تعیین گردید (لباس کار یکسره نخی). در نتیجه مقدار مرز عددی شاخص WBGT برای طبقه بندی افراد گروه مورد در ۲ طبقه مجاز و غیر

بنابراین در خصوص سطوح مختلف دانسیته ادرار بر مبنای حد هشدار ۱/۰۳، مقدار دانسیته ادرار بالاتر از ۱/۰۳ گروه مورد به طبقه غیر قابل قبول و دانسیته ادرار پائین تر از ۱/۰۳ به طبقه قابل قبول تقسیم گردید. علاوه بر این بر مبنای حد هشدار ۱/۰۲۳، مقدار دانسیته ادرار بالاتر از ۱/۰۲۳ گروه مورد به طبقه غیر قابل قبول و دانسیته ادرار پائین تر از ۱/۰۲۳ به طبقه قابل قبول تقسیم گردید.

داده ها پس از جمع آوری توسط نرم افزار SPSS ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور تجزیه تحلیل نتایج، از آزمون‌های مقایسه میانگین‌ها از جمله Paired t-test، T-test و آزمون کای دو (χ^2) استفاده گردید. در کلیه تحلیل‌های آماری سطح معناداری $\alpha=5\%$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های دموگرافیک افراد شاغل در محیط‌های کاری گرم به عنوان گروه مورد و کارکنان واحد اداری در همین مشاغل به عنوان گروه شاهد در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین (انحراف معیار) نمایه توده بدنی (به عنوان یک متغیر مؤثر بر دهیدراسیون) برای گروه مورد ۲۰/۲(۱/۹) و گروه شاهد، ۲۰/۳(۱/۲) تعیین گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های دموگرافیک گروه مورد و گروه شاهد

شاخص	میانگین	انحراف معیار	Pvalue
سن	۳۵/۳	۵/۴	۰/۱
مورد	۳۲/۴	۴/۹	
شاهد	۹/۴	۲/۱	۰/۶۵
سابقه کار	۵/۵	۱/۸	
مورد	۲۰/۲۶	۱/۹۹	۰/۷۳
شاهد	۲۰/۳۷	۱/۲۲	
نمایه توده بدنی (BMI)			

جدول ۲- میزان استرس حرارتی در مواجهه با گروه مورد و شاهد بر مبنای شاخص WBGT

میانگین $\pm$ انحراف معیار	حداقل	حداکثر
مورد	۲۴	۳۲
شاهد	۲۱/۴	۲۴/۳
WBGT ابتدای نوبت	۲۸/۷ $\pm$ ۳/۳۲	۳۲
WBGT انتهای نوبت	۲۸ $\pm$ ۳/۲	۳۳/۵
WBGT ابتدای نوبت	۲۳/۵ $\pm$ ۰/۷۵	۲۴/۳
WBGT انتهای نوبت	۲۳ $\pm$ ۰/۴۵	۲۳/۶

جدول ۳- وضعیت دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری در افراد مورد مطالعه

pvalue	میانگین $\pm$ انحراف معیار		
$p < 0.001$	$1/0.2 \pm 0.0056$	دانسیته ادرار (ابتدای نوبت)	گروه‌ها مورد
	$1/0.31 \pm 0.0043$	دانسیته ادرار (انتهای نوبت)	
$p = 0.032$	$1/0.19 \pm 0.0029$	دانسیته ادرار (ابتدای نوبت)	شاهد
	$1/0.2 \pm 0.0034$	دانسیته ادرار (انتهای نوبت)	

جدول ۴- طبقه بندی گروه مورد بر حسب حد هشدار $1/0.23$ دهیدراسیون و حدود مجاز استرس حرارتی

مجموع	WBGT انتهای شیفت			
	غیر قابل قبول	قابل قبول		
۱۸	۱۲	۶	قابل قبول	دانسیته ادرار در پایان شیفت
۲۲	۱۵	۷	غیر قابل قبول	
۴۰	۲۷	۱۳	مجموع	

$p = 0.919$

جدول ۵- طبقه بندی گروه مورد بر حسب حد هشدار $1/0.23$ دهیدراسیون و حدود مجاز استرس حرارتی

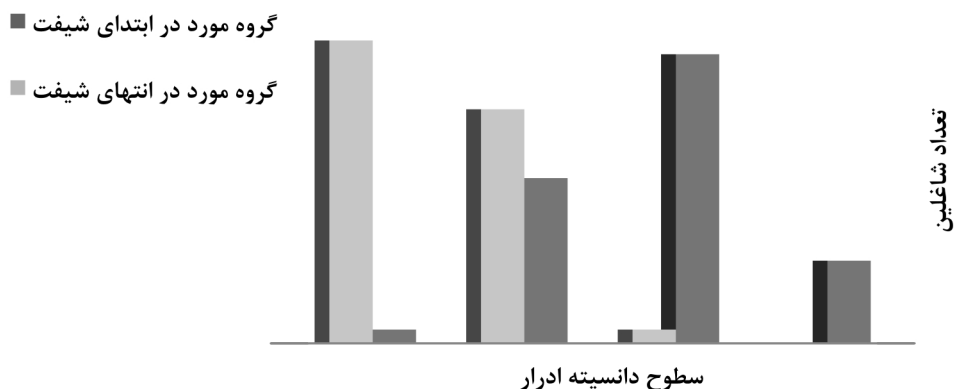
مجموع	WBGT انتهای شیفت			
	غیر قابل قبول	قابل قبول		
۱	۰	۱	قابل قبول	دانسیته ادرار در پایان شیفت
۳۹	۲۷	۱۲	غیر قابل قبول	
۴۰	۲۷	۱۳	مجموع	

$p = 0.3$

گردید که این مقادیر از لحاظ آماری تفاوتی را با یکدیگر نشان نداد ($p = 0.32$). با توجه به آزمون آماری Paired t-test میزان دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری در گروه مواجهه با گرما اختلاف معناداری را نشان داد ($p < 0.001$). همچنین با توجه به این آزمون میزان دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری در گروه شاهد نیز اختلاف معناداری را نشان داد ($p = 0.032$). با توجه به آزمون آماری t-test میزان دانسیته ادرار در انتهای نوبت کاری در گروه مورد بالاتر از گروه شاهد قرار داشت که این میزان اختلاف از لحاظ آماری معنادار بود ($p < 0.001$). همچنین میزان تغییرپذیری دانسیته ادرار (تغییرات دانسیته ادرار = دانسیته ادرار در انتهای نوبت - دانسیته ادرار در ابتدای نوبت) در طی نوبت کاری نیز در گروه مورد بالاتر از گروه شاهد مشاهده گردید ($p < 0.001$). در واقع با افزایش مواجهه افراد با گرما میزان دانسیته ادرار آنان

مجاز با لحاظ متابولیسم کار و کلوی لباس، $25/5^{\circ}\text{C}$ (برای افراد با کار سنگین) و $26/5^{\circ}\text{C}$ (برای افراد با کار متوسط) لحاظ گردید و افراد شاغل در محیط‌های بالاتر از این مقادیر در طبقه غیر مجاز قرار گرفتند. جدول ۲ میزان استرس حرارتی در مواجهه با افراد مورد مطالعه ارائه گردیده است. در اغلب ایستگاه‌های کاری گروه مورد، مقدار شاخص WBGT با لحاظ نمودن متابولیسم کاری و میزان کلوی لباس، از حد مجاز کشوری و بین المللی برای افراد سازش یافته تجاوز نموده بود. میزان این شاخص در هیچکدام از افراد گروه شاهد بالاتر از حد مجاز کشوری قرار نگرفت و در شرایط مطلوب قرار داشت.

میزان دانسیته ادرار در دو گروه به تفکیک در ابتدا و انتهای نوبت کاری در جدول ۳ ارائه گردیده است. میزان مصرف مایعات در طی نوبت کاری در گروه مورد 0.1 ± 0.3 و در گروه شاهد 0.2 ± 0.5 لیتر بر ساعت ثبت



شکل ۱- فراوانی افراد در سطوح مختلف دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری در گروه مورد



شکل ۲- فراوانی افراد در سطوح مختلف دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری در گروه شاهد

مبنای دانسیته ادرار $1/0.23$ با حد مجاز استرس حرارتی در جدول ۵ ارائه گردید. همچنین نتایج نشان داد ارتباط معناداری بین حد هشدار دهنده بر مبنای دانسیته ادرار $1/0.23$ با حد مجاز استرس حرارتی توصیه شده وجود ندارد ($p=0/3$).

فراوانی شاغلین دو گروه مورد و شاهد در سطوح مختلف دانسیته ادرار در ابتدا و انتهای نوبت کاری به ترتیب در شکل ۱ و ۲ ارائه گردیده است. مطابق با شکل ۱ مشخص می‌گردد که افراد گروه مواجهه با گرما در طی نوبت کار دچار دهیدراسیون شده اند بدین صورت که با گذشت زمان در طی نوبت کاری، میزان

نسبت به کارکنان اداری تغییرات وسیعتری را نشان داده است. برای تعیین رابطه بین سطوح مختلف شاخص WBGT و دانسیته ادرار بر مبنای حدود مجاز توصیه شده از آزمون کای دو استفاده گردید.

نتایج توصیفی بررسی ارتباط بین حد هشدار دهنده بر مبنای دانسیته ادرار $1/0.3$ با حد مجاز استرس حرارتی در جدول ۴ ارائه گردید. نتایج نشان داد ارتباط معناداری بین حد هشدار دهنده بر مبنای دانسیته ادرار $1/0.3$ با حد مجاز استرس حرارتی توصیه شده وجود ندارد ($p=0/919$).

نتایج توصیفی بررسی ارتباط بین حد هشدار دهنده بر

دانسیته ادرار در آنها افزایش یافته و از سطوح قابل قبول به سطوح غیر قابل قبول تغییر کرده است.

بحث و نتیجه گیری

این مطالعه جهت بررسی تغییرات دانسیته ادرار جهت قضاوت در خصوص شرایط دهیدراسیون در کارگران شاغل در محیط‌های گرم صورت گرفت. نتایج نشان داد که میزان استرس حرارتی بر مبنای شاخص WBGT در اغلب ایستگاه‌های کاری گروه مورد بالاتر از حد مجاز توصیه شده کشوری و در گروه شاهد میزان این شاخص پائین تر از حد مجاز قرار داشت. در مطالعات متعددی در داخل و خارج کشور، بالا بودن استرس حرارتی در فرآیندهای ذوب فلزات گزارش گردیده است [۱۹-۲۱].

میزان دانسیته ادرار گروه مورد در ابتدا و انتهای نوبت کاری تفاوت معناداری را از خود نشان داد. میزان تغییر پذیری دانسیته ادرار در طی نوبت کاری نیز در گروه مورد بالاتر از گروه شاهد مشاهده گردید. علاوه بر این اندازه‌گیری دانسیته ادرار در انتهای نوبت کاری نشان از بالاتر بودن این شاخص در گروه مورد نسبت به گروه شاهد بود. علت این امر را می‌توان به بالاتر بودن حرارت در ایستگاه‌های کاری گروه مورد نسبت داد. زیرا مواجهه کارگران با گرما در طی شیفت کاری باعث افزایش دمای عمقی بدن شده و در نتیجه مکانیسم تعریق برای غلبه به این وضعیت، فعال می‌گردد. به علت اینکه کارگران معمولاً به علت نبود اقدامات بهداشتی برنامه ریزی شده نسبت به میزان آب از دست رفته از بدنشان مایعات مصرف نمی‌کنند، این امر باعث کاهش آب بدن آنها در طی نوبت کاری شده و در نتیجه موجب افزایش دانسیته ادرار در آنان گردیده است. در مطالعات انجام گرفته دیگر در این مورد نیز افزایش در میزان دانسیته ادرار با افزایش زمان مواجهه افراد با استرس حرارتی محیط گزارش شده است و منطبق با این مطالعه می‌باشد [۶، ۱۰، ۲۲].

لازم به ذکر است بر اساس مشاهدات انجام گرفته در محیط‌های کاری این مطالعه میزان مصرف مایعات در

طی نوبت کاری در گروه مورد و شاهد مورد مطالعه روند یکسانی داشت. بنابراین در نتایج بدست آمده اثر این متغیر تا حدود زیادی به صورت طبیعی حذف گردیده است. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، بر مبنای تعداد کل گروه مورد، ۳۲/۵٪ از کارگران در ابتدای شروع کار خود دچار سطوحی از دهیدراسیون بودند. این مورد نشان دهنده این موضوع می‌باشد که علاوه بر گرما، فاکتورهای مهم دیگری نیز در ایجاد دهیدراسیون نقش دارند. از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به مصرف الکل، کافئین، نیکوتین، غذاهای چرب و دارای پروتئین بالا، برخی داروها و وضعیتی به نام دهیدراسیون ارادی^۳ اشاره نمود. کارگران بدون داشتن برنامه نوشیدن مناسب، به طور معمول فقط نیمی از مقدار آبی که از بدنشان خارج شده را تأمین می‌نمایند که به این وضعیت دهیدراسیون ارادی می‌گویند. این نتیجه در مطالعه بریک (brake) و همکارانش نیز مشاهده گردید بود. در مطالعه بریک (brake) مشخص شده بود که کارگران معدن قبل از شروع کار دچار سطوح مختلفی از دهیدراسیون می‌باشند [۱۸، ۱۷، ۶].

اختلاف معنادار مشاهده شده بین دانسیته ادرار گروه مورد در ابتدا و انتهای شیفت را نیز می‌توان مرتبط با فاکتورهای ذکر شده در بالا دانست. زیرا با وجود اینکه این افراد در محیط بدون استرس گرمایی به کار اشتغال داشتند، تغییراتی هر چند کمتر نسبت به گروه مورد در آنان نیز مشاهده گردید (شکل ۲). همچنین با توجه به اینکه تأمین غذای ناهار افراد مورد بررسی در دو گروه بر عهده خود آنان بود، اختلاف در نوع غذا (از نظر میزان چربی، پروتئین و الکترولیتها) ممکن است باعث تغییر در دانسیته گروه شاهد نیز شده باشد. به هر حال با توجه به عدم لحاظ این فاکتورها در مطالعه حاضر نتیجه‌گیری قاطعی در این زمینه نمی‌توان انجام داد [۱۸، ۶].

از دیگر نتایج مطالعه حاضر می‌توان به عدم وجود ارتباط معنادار بین دو حد هشدار دهیدراسیون بر مبنای دانسیته ادرار با حد مجاز شاخص WBGT اشاره نمود.

³. Voluntary Dehydration

حرارتی و بار کاری وارده بر افراد باشد. همچنین با بررسی تغییرات آن در ابتدا و انتهای شیفت کاری می‌توان برنامه مناسبی را به منظور نوع و نحوه مصرف مایعات مناسب برای جلوگیری از افزایش دهیدراسیون در افراد تعیین نمود. در نهایت با توجه به مباحث مطرح شده، اقدامات بهداشتی زیر در خصوص مشاغل گرمی مانند ریخته‌گری و ذوب فلزات جهت کاهش دهیدراسیون در شاغلین محیط‌های گرم توصیه می‌گردد:

➤ آموزش کارگران در زمینه اهمیت تأمین آب بدن با استفاده از نوشیدنی‌های مناسب و اثرات منفی مصرف الکل و برخی داروها بر بدن در محیط‌های گرم

➤ پایش دوره‌ای دانسیته ادرار کارگران توسط مسئولین ایمنی و بهداشت شرکت

➤ در دسترس بودن مقادیر کافی (یک لیتر در ساعت) آب خنک (بهترین دما ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد) و همچنین نوشیدنی‌های خوش طعم با میزان الکترولیت‌های مناسب (حاوی ۸۰-۴۰ g/L شکر و ۰/۷-۰/۵ سدیم) در نزدیک ایستگاه‌های کاری و استفاده در وعده‌های متناوب (بهترین الگوی مصرف مایعات به صورت ۲۵۰ میلی لیتر در هر ۱۵ دقیقه می‌باشد) توصیه می‌گردد.

➤ منع افراد در مواجهه با گرما از مصرف نوشیدنی‌های دارای کافئین و الکل، قبل و در طی نوبت کاری

➤ نصب پوسته‌های مناسب در محیط کار و به ویژه در محیط استراحت و آبخوری کارگران برای افزایش آگاهی آنان در زمینه لزوم تأمین آب بدن.

➤ تشویق کارگران برای استفاده از نوشیدنی‌های خنک و دارای الکترولیت مناسب در هنگام رفتن آنها به منزل چه در مسیر و چه در داخل منزل برای تأمین آب از دست رفته طی کار در انتهای شیفت کاری [۲۴، ۲۳، ۱۸، ۱۷، ۱۰، ۶].

میزان دانسیته ادرار می‌تواند با لحاظ نمودن اثر برخی عوامل مداخله‌گر به طور قابل قبولی بیان کننده میزان دهیدراسیون افراد در مواجهه با استرس گرمایی باشد. از

با این حال جداول توصیفی نشان می‌دهد با توجه به حد مجاز استرس حرارتی، حد هشدار دهنده بر مبنای دانسیته ادرار ۱/۰۲۳ تطابق بیشتری با شاخص WBGT دارد. بدین مفهوم که از تعداد کل ۳۹ نفر کارگرانی که دانسیته ادرار آنها از ۱/۰۲۳ بیشتر بوده است تعداد عمده‌ای معادل ۲۷ نفر از لحاظ استرس حرارتی بالاتر از حد مجاز قرار داشته‌اند. این نتایج تا حدودی با معیار قضاوت ذکر شده در بخش روش کار تطابق داشت بدین شکل که اگر مقدار دانسیته ادرار بین ۱/۰۲۳ الی ۱/۰۳ قرار بگیرد فرد در محیط در مواجهه با استرس گرمایی بیش از حد مجاز قرار داشته است. از جمله علل قابل ذکر در خصوص نتایج بدست آمده در تحلیل‌های فوق الذکر می‌توان به ماهیت و حجم نمونه مطالعه اشاره نمود که با محدودیت‌هایی همراه بوده است. در نتیجه علیرغم محدودیت‌های ذکر شده در خصوص حجم نمونه مطالعه می‌توان تأکید نمود با در نظر گرفتن سازش یافتگی کل کارگران تحت پوشش و روند یکسان جهت جایگزین سازی مایعات از دست رفته، حد هشدار دهنده بر مبنای دانسیته ادرار ۱/۰۲۳ می‌تواند معیار قضاوت در خصوص قرار گرفتن در شرایط استرس گرمایی محسوب گردد.

از جمله محدودیت‌های دیگر این مطالعه عدم بررسی مصرف بعضی از داروها، رژیم غذایی و وضعیت مصرف سیگار توسط افراد دو گروه می‌باشد. زیرا این وضعیت‌ها می‌تواند بر میزان دانسیته ادرار تأثیر گذار باشد. همچنین در این مطالعه سعی گردید عوامل مداخله‌گری مانند میزان مصرف مایعات، وجود بیماری‌های مختلف و مصرف بعضی از مواد (مانند الکل، چای و مواد مخدر) در افراد تحت مطالعه مورد بررسی قرار گرفته و لحاظ گردد. با این حال انجام مطالعات تکمیلی اپیدمیولوژیکی در محیط‌های وسیع تر گرم که کارگران بیشتری در معرض طیف گسترده تر دمایی قرار داشته باشند نیاز است تا بتوان تحلیل‌های بدست آمده را تکمیل نمود.

نتایج این مطالعه نشان داد بررسی دانسیته ادرار در محیط‌های با استرس گرمایی بالا بخصوص فرآیندهای ذوب فلزات می‌تواند به خوبی نشان دهنده استرس

Occupational Hygiene. 2012;5:27-35.

8. Joubert D, Bates G, Dhahi A, Emirates UA. Part 2: The measurement of heat exposure (stress and strain) in the occupational environment. Occupational health; 2008;16:34-41.

9. Matsuzuki H, Ito A, Ayabe M, et al. The effects of work environments on thermal strain on workers in commercial kitchens. Industrial Health; 2011;49(5):605-13.

10. Miller V, Bates G. Hydration of outdoor workers in north-west Australia. Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand. 2007;23(1):79-87.

11. Niemann A. The Effect of Instrument Type on the Measure of Hydration Status [MSc thesis]. indian: Indiana State University; 2012.

12. Kenefick RW, Sawka MN. Hydration at the work site. Journal of the American College of Nutrition. 2007;26(suppl 5):597S-603S.

13. ISO7243. 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

14. ISO8996. Ergonomics of the thermal environment-Determination of metabolic heat production 2ed. Belgium: International Standard Organization; 2004: 8-15

15. ISO 9920:2007(E). Ergonomics of the thermal environment. Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. 2^{ed}. Switzerland: International Standards Organization; 2007: 10-30

16. ACGIH TLV. Threshold limit values for chemical substances and physical agents biological exposure indices. USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010: 200-219

17. Brake DJ, Bates GP. Fluid losses and hydration status of industrial workers under thermal stress working extended shifts. Occupational and environmental medicine. 2003;60(2):90-6.

18. IOHA. Student manual - Thermal environment. Australia: chool of Health Sciences at the University of Wollongong Australia; 2009.

19. Azimi E, Khavanin A, Aghajani M, Soleymanian A. calculated of Heat Stress on the basis WBGT index in the melting industry. Journal of Military Medicine. 2011;13(2):59-64.[In Persian]

20. More RB, Sawant VA. Physiological profile of foundry workers in response to work place

این رو می توان از آن به عنوان یک بیومارکر قابل قبول به منظور ارزیابی مواجهه شغلی گرما در راستای تعیین ریسک بروز تنش‌هایی گرمایی و متعاقباً انجام اقدامات بهداشتی و پیشگیرانه استفاده نمود.

تقدیر و تشکر

این مطالعه قسمتی از یک طرح تحقیقاتی به شماره ۹۱۰۹۰۷۳۱۹۸ می‌باشد که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد حمایت قرار گرفته است. همچنین محققین از مدیریت و پرسنل صنایع مورد مطالعه و بخصوص آقای مهندس شهریار پناه کارشناس بهداشت حرفه‌ای مرکز بهداشت پردیس تهران به خاطر همکاری در انجام مطالعه مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منابع

1. Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Industrial Health. 2006; 44(3):388-98.
2. Inaba R, Mirbod SM. Comparison of subjective symptoms and hot prevention measures in summer between traffic control workers and construction workers in Japan. Industrial Health. 2007;45(1):91-9.
3. OSHA. Heat Stress Guide USA. Minnesota: Department of Labor and Industry Occupational Safety and Health Division; 2009.
4. Bates GP, Schneider J. Hydration status and physiological workload of UAE construction workers: A prospective longitudinal observational study. J Occup Med Toxicol. 2008; 3(21):4-13.
5. Wan M. Assessment of occupational heat strain [PhD thesis]. South Florida: University of South Florida; 2006.
6. Brake D. Fluid consumption, sweat rates and hydration status of thermally-stressed underground miners and the implications for heat illness and shortened shifts. Proc 2001 Qld Mining Ind Occ Health and Safety Conf. Townsville, 2001. Qld Mining Council, Brisban.
7. Alimohamadi I, Falahati M, Farshad A, et al. Evaluation and Validation of Heat Stress Indices in Iranian Oil Terminals. International Journal of



environment. Biological Forum 2010;2(2):42-5.

21. Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Maracy MR, Jahangiri M. The evaluation of heat stress through monitoring environmental factors and physiological responses in melting and casting industries workers. International Journal of Environmental Health Engineering. 2012;1(1):21-9.

22. Su S-B, Lin K-H, Chang H-Y, Lee C-W, Lu C-W, Guo H-R. Using urine specific gravity to evaluate the hydration status of workers working in an ultra-low humidity environment. J occup health. 2006;48(4):284-9.

23. Miller VS, Bates GP. Hydration, hydration, hydration. Annals of occupational hygiene. 2010;54(2):134-6.

24. Bates GP, Miller VS, Joubert DM. Hydration status of expatriate manual workers during summer in the Middle East. Annals of occupational hygiene. 2010;54(2):137-43.

Investigation of the variation of urine density as a biomarker of dehydration conditions in workers employed in hot workplaces

M. Jalali¹, M. Aliabadi², M. Farhadian³, SA. Negahban⁴

Received: 2013/07/23

Revised: 2013/11/22

Accepted: 2014/02/02

Abstract

Background and aims: During physical activity in hot environments, sweating along with evaporation is increased, as the most important physiological response, which can lead to dehydration. The aim of this study was to investigate the variation of urine density in dehydration conditions of workers in hot workplaces.

Methods: In this cross-sectional study, 40 workers in the hot environments were selected as case group and 20 administrative staff as control group. In order to assess dehydration level of the employees, urinary density was measured at the beginning and end of shifts using hand hold model of Refractometer (density gauge device). In order to evaluate the heat stress in workstations, heat stress index was measured using a digital WBGT meter manufactured by Casella. Ultimately, data obtained from this study were analyzed using compare means and Cochran tests by SPSS 16 software.

Results: In most of workstations, heat stress index was higher than the national recommended limit; while this index in the control group was lower than the mentioned limit. Based on the compare means test, the urine density of the case group at the beginning and end of their shift was statistically significantly different ($p < 0.001$). In addition, Based on compare means test, the urine density of the case group was significantly higher than the control group at the end of work shift ($p < 0.01$).

Conclusion: The level of urine density with regard to the effects of confounding factors could suitably show the dehydration conditions of workers exposed to heat. Therefore, the density of urine can be used as an acceptable biomarker for evaluating the occupational exposure to heat in order to determine the risk of inducing the heat strain.

Keywords: Urine Density, Heat Stress, Dehydration, Hot Workplace.

1. Student Research Committee, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

2. Department of Occupational Health, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

3. Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

4. **(Corresponding author)** Student Research Committee, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. ammirrezanegahban@yahoo.com