

استرس گرمایی و تأثیر آن بر غلظت هورمون کورتیزول کارگران مطالعه موردی: یک صنعت ذوب فلزات

محمد انصاری^۱ - عادل مظلومی^۲ - مرضیه عباسی نیا^۳ - سمیه فرهنگ دهقان^۲ - سید مصطفی حسینی^۴ - فریده گلبابایی^{۵*}

golbabaei@tums.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۳۰

چکیده

مقدمه: استرس گرمایی به عنوان یکی از خطرات و فاکتورهای آسیب رسان شغلی و مساله ساز در محیط‌های کاری گرم محسوب می‌شود. کار کردن تحت شرایط استرس گرمایی ممکن است باعث اختلالاتی در سلامت فرد گردد. مطالعات مختلف نشان داده اند که استرس در محیط‌های کاری باعث افزایش غلظت هورمون‌های استرسی مانند کورتیزول می‌شود. از آنجایی که استرس گرمایی یکی از استرس‌های جدی در صنایع گرم همچون ذوب فلزات است، این مطالعه با هدف بررسی اثر استرس گرمایی بر غلظت هورمون کورتیزول کارگران شاغل در یکی از صنایع ذوب فلزات انجام شده است.

روش کار: در این مطالعه مقطعی تعداد ۷۰ نفر در دو گروه مورد و شاهد (۳۵ نفر گروه مورد از واحد ریخته گری و ۳۵ نفر گروه شاهد از سالنی که در آن استرس گرمایی وجود نداشت) مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک برای هر فرد تکمیل گردید و سپس جهت بررسی تغییرات سطح هورمون استرسی (کورتیزول) از افراد در حین انجام کار (در ساعت ۹:۳۰ تا ۱۰ صبح) نمونه خون گرفته شد و نتایج آن مقدار استاندارد هورمون کورتیزول بین ساعات ۷ تا ۱۰ صبح مقایسه شد. جهت بررسی شرایط محیطی نیز شاخص WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) در سه ارتفاع پا، کمر و سر جهت تعیین WBGT متوسط، ارزیابی گردید. همچنین اندازه‌گیری صدا و روشنایی نیز در نقاط توقف کارگران (ایستگاه‌های کاری) انجام شد. داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد آنالیز قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج سنجش WBGT نشان داد میانگین شاخص WBGT در گروه مورد 33°C و در گروه شاهد $16/7^{\circ}\text{C}$ بود. همچنین یافته‌های آزمایشگاهی نشان داد که غلظت کورتیزول در گروه مورد (گروه مواجه با گرما) به صورت معناداری از گروه شاهد بالاتر است ($P > 0/001$).

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که استرس‌های فیزیکی محیط کاری نیز می‌توانند باعث تغییرات فیزیولوژیکی در بدن انسان شوند. بنابراین تغییرات سطح هورمونی و پیامدهای آن در محیط‌های کاری گرم باید در مبحث بهداشت شغلی مد نظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ارزیابی ارتعاش، ارتعاش تمام بدن، VDV، ارتعاش راهبران مترو، مترو تهران

۱- دانشیار گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- کارشناس ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- استاد گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۵- استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

می‌شود (Fernandez and Watterberg, 2009). یکی از عملکردهای کورتیزول و دیگر گلوکوکورتیکوئیدها متابولیسم را در بدن تسهیل می‌کند. این عملکرد، نقش مهمی را در سازماندهی و مدیریت بدن در پاسخ به استرس‌های فیزیولوژیک، بازی می‌کند. (Levine *et al.*, 2007). از آنجایی که گرما یک عامل استرس‌زای محیطی است (Rowell, 1990). بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که مواجهه افراد با گرما در محیط‌های کاری می‌تواند منجر به افزایش غلظت هورمون کورتیزول شود.

مطالعه McMorris و همکارانش در سال ۲۰۰۶ نشان داد که گرما اثر معناداری بر افزایش سطوح غلظت هورمون کورتیزول دارد. نتایج حاصل از این مطالعه همچنین نشان داد که میزان استرس گرمایی را با تغییرات غلظت هورمون‌هایی مثل کورتیزول و آدرنالین می‌توان پیش‌بینی نمود (Motamedzade *et al.*, 2006). مطالعاتی نیز نشان داده‌اند که استرس‌های روانی باعث ترشح کورتیزول نمی‌شوند و در مقابل استرس‌های فیزیکی ترشح کورتیزول را تحریک می‌کنند (Jansen, 2009).

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد بیشتر مطالعات انجام شده در خصوص تاثیر استرس گرمایی بر غلظت هورمون‌های استرسی، بیشتر در شرایط استرس گرمایی ایجاد شده در اثر ورزش و همچنین در اتاقک‌هایی تحت شرایط کنترل شده صورت پذیرفته است و کمتر تحقیقی را می‌توان یافت که به بررسی این موضوع در شرایط واقعی کار پرداخته باشد. لذا با توجه به موارد ذکر شده، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر استرس گرمایی بر غلظت هورمون کورتیزول در کارگران شاغل در یکی از شرکت‌های قطعه‌سازی خودرو شهر تهران انجام گرفت.

توصیف مشخصات جوی محیط با اندازه‌گیری تعدادی از ویژگی‌های آن امکان پذیر است. این ویژگی‌ها کم و بیش توسط حواس انسان قابل درک هستند. از مهم‌ترین ویژگی‌های قابل درک شرایط جوی، دما است. به‌طور کلی آنچه معرف گرمی یا سردی ماده است دما نامیده می‌شود (OSHA, 1999; Jalil *et al.*, 2007). دمای بدن بین ۳۶ تا ۳۸ درجه سلسیوس است. زمانی که دما از این حد بالاتر رود، بدن واکنش خود را با آزاد کردن مقداری گرما نشان می‌دهد (Jalil *et al.*, 2007). اما اگر گرمای وارده به بدن بیش از حدی باشد که بتوان با دفع گرما میزان دمای خود را کاهش دهد، در این حالت بدن شروع به گرم شدن می‌کند و شخص به شرایط استرس گرمایی نزدیک می‌شود و زمانی که دمای بدن به حدود ۴۰ درجه سلسیوس برسد، شوک گرمایی رخ می‌دهد (OSHA, 1999). بدن انسان در پاسخ به استرس گرمایی پاسخ‌های فیزیولوژیکی مختلفی نشان می‌دهد که به این پاسخ‌های فیزیولوژیکی، استرس گرمایی می‌گویند که شامل واکنش‌های فیزیولوژیکی مانند افزایش دمای پوست، تعریق، افزایش ضربان قلب و افزایش دمای عمقی بدن است (Motamedzade *et al.*, 2006; Pourmahabadian *et al.*, 2008). برخی از مطالعات نشان داده‌اند که استرس در محیط‌های کاری باعث افزایش غلظت هورمون‌های استرسی نظیر کورتیزول می‌شود. غلظت بالای کورتیزول پلاسما نشان‌دهنده اضطراب است (McMorris *et al.*, 2006; Melin *et al.*, 2001). کورتیزول هورمونی است که در قسمت قشر فوق کلیه در پاسخ به تحریک، استرس، درد و هورمون ACTH از پیش‌ساز خود یعنی کلسترول ساخته

روش کار

در ایستگاه های کاری دو گروه مورد (کارگران خط تولید که در مواجهه با استرس گرمایی قرار دارند) و گروه شاهد (کارگران خط تولید که بحث استرس گرمایی برای محیط کار آنها مطرح نمی باشد) با توجه به استاندارد ISO 7243 انجام شد. شاخص دمای تر گوی سان برای ارزشیابی فشار گرمایی محیط کار استفاده گسترده ای دارد. این شاخص به دلیل آسانی روش اندازه گیری از سوی انجمن دولتی کارشناسان بهداشت صنعتی امریکا (ACGIH) به عنوان شاخص اصلی در تعیین حدود آستانه مجاز برگزیده شده است. مرکز پژوهش های ملی بهداشت و ایمنی شغلی (NIOSH) و سازمان بین المللی استاندارد (ISO) هم شاخص دمای تر گوی سان را به عنوان شاخص استاندارد پیشنهاد کرده اند. برای اندازه گیری شاخص WBGT، این شاخص در سه ارتفاع سر، کمر و پا اندازه گیری و سپس با استفاده از رابطه زیر، میانگین این شاخص محاسبه شد (Golbabaii and Omidvar, 2002).

$$WBGT = \frac{WBGT_{سر} + WBGT_{کمر} \times 2 + WBGT_{پا}}{4}$$

جهت اندازه گیری شاخص WBGT، ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه دستگاه را در محل مورد نظر قرارداده تا با محیط به تعادل برسد و سپس اندازه گیری انجام شد. در هر ایستگاه در سه ناحیه پا و کمر و سر دمای خشک، دمای تر، دمای گوی سان و میزان دمای تر گوی سان با دستگاه WBGT متر مدل Cassela ساخت کشور انگلستان اندازه گیری شد.

مقادیر صدا و روشنایی نیز به عنوان متغیرهای محیطی اندازه گیری شدند. مقدار روشنایی نیز در هر ایستگاه کاری و با استفاده از لوکس متر مدل

این مطالعه مقطعی (از نوع مورد-شاهدی) در تابستان سال ۹۱ بر روی ۷۰ نفر انجام شد که شامل ۳۵ نفر گروه مورد در سه رده شغلی در واحد های: بی ام دی، دیزا و ذوب از سالن ریخته گری بود که با گرما تماس داشتند و ۳۵ نفر در گروه شاهد از سالن CNC (ماشین کاری) که با گرما تماس نداشتند. پس از هماهنگی های لازم با صنعت مورد مطالعه گروه های مورد مطالعه (گروه مورد و شاهد) بر اساس معیار های از پیش تعیین شده انتخاب شدند و از کارگران شرکت کننده در این مطالعه فرم رضایت نامه گرفته شد. اندازه گیری ها و آزمون های این مطالعه در دو حوزه شرایط جوی محیطی کار و اندازه گیری غلظت هورمون کورتیزول انجام گرفت. در انتخاب شرکت کنندگان سعی شد افرادی با شرایط جنسی، سنی و فیزیکی مشابه در طرح مشارکت داده شوند، به علاوه افراد شرکت کننده از هرگونه بیماری و اختلالات قلبی-عروقی و ذهنی و روانی مبرا بوده و شب قبل از روز انجام آزمون خواب و استراحت کافی داشتند. در روز قبل از آزمون به افراد تاکید گردید که خواب و استراحت کافی داشته باشند، رژیم غذایی معمولی را رعایت نموده و از داروی خاصی استفاده نکنند و از خوردن قهوه و مواد کافیین دار پرهیز نمایند. در روز آزمون پرسشنامه اطلاعات دموگرافیک بین پرسنل مورد مطالعه توزیع گردید و در ابتدای شیفت کاری توسط آنها تکمیل و سپس جمع آوری شد.

جهت بررسی شرایط جوی محیط کار از شاخص دمای تر گوی سان استفاده گردید. اندازه گیری ها در موقعیت های زمانی یکسان و

کورتیزول پلاسما در یکی از آزمایشگاه های معتبر تشخیص طبی اندازه گیری شد. پس از جمع آوری اطلاعات، با استفاده از آزمون kolmogrov-smirnov، نرمال بودن داده ها مشخص شد و سپس با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و آزمون T-test آنالیز داده ها صورت گرفت.

یافته ها

در این مطالعه تعداد ۷۰ نفر از کارگران یکی از شرکت های ریخته گری مورد مطالعه قرار گرفتند. گروه مورد شامل ۳۵ نفر از کارگران سالن ریخته گری بودند که در معرض مواجهه با گرمای حاصل از کوره های ذوب مواد بودند. گروه شاهد شامل ۳۵ نفر از کارگران سالن ماشین کاری بودند که در مواجهه با گرما نبودند. میانگین سنی کارگران مورد مطالعه ۳۶/۴۱ سال با انحراف معیار ۵/۰۷ بود. ویژگی های دموگرافیک شرکت کنندگان در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

همان گونه که ملاحظه می گردد، اطلاعات مرتبط با میزان WBGT در ایستگاه های مورد مطالعه و همچنین میزان استاندارد ACGIH در جدول شماره ۲ ارایه گردیده است. جهت اندازه گیری میزان متابولیسم افراد، از روش توصیه شده در استاندارد ISO 8996 استفاده شد که در این روش با استفاده از پوسچر افراد، میزان فعالیت

hagner EC₁ ساخت کمپانی hanger اندازه گیری شد. اندازه گیری صدا نیز با استاندارد ISO 9612 به روش عمومی و در هر ایستگاه کاری و با دستگاه صداسنج مدل TES 1358 ساخت کمپانی TES انجام شد. قبل از استفاده از این دستگاه از کالیبراتور جهت کالیبره نمودن دستگاه صداسنج استفاده گردید.

مقدار استاندارد کورتیزول در ساعات مختلف شبانه روز متفاوت است و در این مطالعه، غلظت کورتیزول کارگران مواجه با گرما، با مقادیر استاندارد غلظت کورتیزول بین ساعات ۷ تا ۱۰ صبح مقایسه شدند. نمونه های خونی ۳ ساعت پس از شروع به کار کارگران، بین ساعت ۹ تا ۱۰ صبح از کارگران در محل ایستگاه کاری آنها گرفته شد تا کارگران به اندازه کافی با گرما مواجهه داشته باشند. از هر کارگر ۱۰ سی سی نمونه خون گرفته شد. در هنگام نمونه گیری افراد در حالت نشسته بودند. نمونه های خون گرفته شده از افراد در لوله شماره گذاری شده حاوی مواد ضد انعقاد (EDTA) ریخته شد. این نمونه ها توسط کارشناس آزمایشگاه در محل کار کارگران از آنها تهیه شد و بلافاصله تحت شرایط کنترل شده (باکس یخ) به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه نمونه ها تا قبل از انجام آنالیز در دمای ۷۰- درجه فریز گردید. و در نهایت با روش الیزا غلظت هورمون

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک افراد مورد مطالعه

حداقل		حداکثر		میانگین (انحراف معیار)		شاخص های آماری متغیرها
شاهد	مورد	شاهد	مورد	شاهد	مورد	
۲۸	۲۶	۶۱	۴۴	۳۸/۵۷ (±۶/۴۴)	۳۵/۱۱ (±۴/۵۸)	سن (سال)
۴	۱	۲۶	۱۹	۱۴/۴۲ (±۵/۲۸)	۱۰/۴۸ (±۳/۸۶)	سابقه کار (سال)
۱۰	۱۰	۱۲	۱۲	۱۱/۴ (±۰/۸۸)	۱۱/۹۴ (±۰/۳۳)	ساعت کاری (سال)
۲۰/۹۸	۱۹/۴۵	۲۹/۹۷	۳۵/۹۲	۲۵/۴۱ (±۲/۲۹)	۲۵/۶۲ (±۳)	توده بدنی (BMI)

جدول ۲: ارزیابی تنش گرمایی گروه مورد و شاهد براساس استاندارد شاخص WBGT توصیه شده توسط ACGIH و ISO

P-value	وضعیت تنش گرمایی فرد	حد مجاز ACGIH (C°)	WBGT °C	نوع فعالیت		مصرف انرژی (کیلوکالری در ساعت)	ایستگاه کاری	
				تناوب کار (کار/استراحت)(%)	کار مداوم		سالن CNC	شاهد
<0/001	آسایش حرارتی	۲۶/۷	۱۶/۷۵		کار مداوم	۳۱۴	سالن CNC	مورد
	تحت استرس گرمایی	۲۸	۳۵/۴	۷۵	۲۵	۳۵۰	سالن BMD	
	تحت استرس گرمایی	۲۸	۳۲/۶	۷۵	۲۵	۳۵۵	دیزا	
	تحت استرس گرمایی	۲۶/۷	۳۰/۸		کار مداوم	۳۱۵	ذوب	

جدول ۳: میانگین غلظت هورمون کورتیزول بر حسب g/dlμ در گروه مورد و شاهد

P-value	حداقل	حداکثر	میانگین	تعداد	شاخصهای آماری	
					گروه های مورد مطالعه	
<0/001	۴/۱۹	۱۴/۲۵	۹/۶	۱۲	بی ام دی	مورد
	۶/۷	۱۵/۱۸	۱۱/۳	۱۱	دیزا	
	۲/۳	۱۴/۶	۸/۱۷	۱۲	ذوب	
	۰/۲۲	۱۲/۴	۶/۲	۳۵	سی ان سی	شاهد

میانگین هورمون کورتیزول در گروه مورد و شاهد به ترتیب $9/65$ g/dlμ و $6/16$ g/dlμ است (جدول شماره ۳). مقدار استاندارد هورمون کورتیزول بین ساعات ۷ تا ۱۰ صبح بین $6/2$ - $19/4$ میکروگرم در دسی لیتر است که غلظت کورتیزول در گروه شاهد کمتر از حد مجاز است، اما در گروه مورد، در محدوده مرزی مجاز است. مقدار کلوی لباس کارگران نیز حدود $0/6$ بوده بنابراین نیاز به ضرایب اصلاحی نبود.

همانگونه که ملاحظه می شود مطابق با نتایج حاصل از آزمون T مستقل، میانگین هورمون کورتیزول در هر ۳ گروه مورد بالاتر از گروه شاهد است و این تفاوت نیز از نظر آماری معنادار می باشد ($P<0/001$).

در جدول ۴ مقادیر WBGT در تمام نمونه ها (در گروه مورد و گروه شاهد) به چهار گروه تقسیم بندی شده و میانگین، ماکزیمم و مینیمم هورمون

و نوع فعالیت افراد، متابولیسم کاری آنها به دست می آید.

کارگران گروه شاهد (سالن ماشین کاری) براساس استاندارد توصیه شده توسط ACGIH تحت استرس گرمایی نمی باشند درحالی که کارگران قسمت BMD، دیزا و ذوب که هر سه در سالن ریخته گری می باشند تحت استرس گرمایی می باشند. به علاوه مقایسه میانگین شاخص WBGT در نواحی سر، تنه و پا با استفاده از آزمون T مستقل نشان داد که این مقادیر در افراد گروه مورد به طور معناداری بیش از گروه شاهد بود و این اختلاف معنی دار بود ($P<0/001$). همچنین از میان ایستگاه های کاری مورد مطالعه در گروه مورد، بخش BMD با میزان WBGT $35/4$ درجه سانتی گراد، بالاترین دما و بخش ذوب با دمای $30/8$ درجه سانتی گراد، کمترین میزان استرس گرمایی را داشت.

جدول ۴: مقادیر هورمون کورتیزول بر اساس مقادیر گروه بندی شده WBGT

کورتیزول (µg/dl)				تعداد	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	WBGT (°C)
P-value		میانگین (انحراف معیار)						
0/22		12/36		36	6/27	12/36	0/22	20 ≥
6/72		8/34		2	7/53	8/34	6/72	20-25
3/45		15/07		7	8/3	15/07	3/45	25-30
2/3		15/18		25	10/31	15/18	2/3	30 ≤

جدول ۵: نتایج مربوط به متغیرهای زمینه ای در گروه‌های شاهد و مورد

P-value	مینیمم		ماکزیمم		میانگین (انحراف معیار)		شاخص‌های آماری متغیرها
	شاهد	مورد	شاهد	مورد	شاهد	مورد	
0/011	71	69	89	90	79(4/68)	82(4/62)	صدا (dB)
0/275	85	54	361	479	178(68/73)	156(90/88)	روشنایی (Lux)

جدول ۶: مقادیر هورمون کورتیزول بر اساس مقادیر گروه بندی شده صدا و روشنایی

کورتیزول (µg/dl)			متغیرهای محیطی	
P-value	میانگین	تعداد	صدا (dB)	روشنایی (Lux)
0/131	7/6	56	> 85 (dB)	85 (Lux)
	9/2	14	< 85 (dB)	

مطابق جدول فوق میانگین روشنایی در دو گروه شاهد و مورد اختلاف معنی داری ندارد (p=0/011) ولی میانگین صدا در این دو گروه تفاوت دارد (p=0/275).

در جدول ۶ مقادیر هورمون کورتیزول بر اساس مقادیر گروه بندی شده صدا مشاهده می شود. چون از میان متغیرهای محیطی بررسی شده (صدا و روشنایی)، مقدار صدا در بین گروه مورد و شاهد با یکدیگر تفاوت داشت، ولی میزان روشنایی در گروه مورد و شاهد تفاوتی نشان نداد.

همان‌گونه که مشاهده می شود میانگین غلظت هورمون کورتیزول در صداهای کمتر از ۸۵ دسی بل و در صداهای بالای ۸۵ دسی بل نیز

کورتیزول را در این چهار دسته نمایش می دهد. میانگین هورمون کورتیزول در گروه WBGT کمتر از ۲۰ برابر ۶/۲۷ بود. میانگین هورمون کورتیزول در مقادیر WBGT بین ۲۰ تا ۲۵ برابر ۷/۵۳ بود که نسبت به گروه قبل افزایش یافته است. میانگین هورمون کورتیزول در WBGT بین ۲۵ تا ۳۰°C نیز افزایش یافته است و برابر ۸/۳ میکروگرم بر دسی لیتر است. و در مقادیر WBGT بالاتر از ۳۰°C نیز میانگین هورمون کورتیزول نسبت به گروه قبل افزایش یافته و برابر با ۱۰,۳۱ µg/dl است. بنابراین طبق جدول فوق، در تمام گروه‌های WBGT، با افزایش مقادیر WBGT میانگین هورمون کورتیزول نیز افزایش می یابد.

گروه مورد در هر سه قسمت (BMD، دیزا و ذوب) براساس استاندارد OEL و ACGIH (سال ۲۰۱۲)، تحت استرس گرمایی بودند، اما گروه شاهد در شرایط آسایش حرارتی قرار داشتند. میانگین صدا میان گروه مورد و شاهد با یکدیگر تفاوت داشت اما میانگین روشنایی در دو گروه شاهد و مورد اختلاف معنی داری نداشت ($p=0/011$). همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که در صداهای بالای ۸۵ دسی بل نسبت به صداهای کمتر از ۸۵ دسی بل، میانگین غلظت کورتیزول افزایش می یابد اما این تفاوت از نظر آماری معنادار نبوده است ($P=131/0$).

Melamed اثرات مزمن صدای شغلی را در صنعت مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که بعد از مواجهه با صدای ۸۵ تا ۹۵ دسی بل (L_{Aeq})، میزان کورتیزول ادراری افزایش می یابد (Melamed *et al.*, 1996). Brandenberger و همکارانش با مطالعه اثرات حاد صدا بر روی کورتیزول، به این نتیجه رسیدند که در مواجهه با افراد با تراز صدای ۸۵ تا ۱۰۵ دسی بل، غلظت کورتیزول تغییری نمی یابد (Brandenberger *et al.*, 1984). مطالعه Ising و همکارانش نیز نشان داد که مواجهه با صدای بیش از ۹۰ دسی بل باعث تحریک دستگاه عصبی سمپاتیک و افزایش ترشح هورمون های آدرنالین و نورآدرنالین می شود. همچنین مواجهه با ترازهای صوتی بالاتر از ۱۲۰ دسی بل نیز موجب افزایش کورتیزول می گردد (Ising *et al.*, 1999). همچنین اثر سروصدا روی ترشح کورتیزول نشان داد که در اثر صدا، سطوح این هورمون در پایان شیفت کاری افزایش یافته و تقریباً به سطح غلظت هورمون در صبح می رسد (Melamed *et al.*, 1996).

با یکدیگر تفاوت معناداری ندارند ($P=131/0$). بنابراین به نظر می رسد تغییرات هورمون کورتیزول در این مطالعه، مربوط به گرما است و به متغیرهای محیطی ارتباطی ندارد.

بحث

این مطالعه با هدف تعیین تاثیر استرس گرمایی بر غلظت هورمون کورتیزول روی کارگران یک صنعت ذوب فلزات انجام گرفت. بررسی حاصل از این پژوهش نشان دهنده این موضوع است که رابطه قوی میان استرس گرمایی و افزایش غلظت کورتیزول وجود دارد. بدن انسان در برابر استرس های مختلف از جمله استرس گرمایی پاسخ های متفاوت می دهد، از جمله پاسخ های هورمونی (Selye, 1993). استرس های مختلف همچنین سبب افزایش غلظت هورمون آدرنوکورتیکوتروپین (ACTH) خون و متعاقب آن افزایش ترشح هورمون کورتیزول از غدد آدرنال می شود (Kim *et al.*, 2012; Vanitallie, 2002). تحریک این سیستم ها موجب افزایش فعالیت و ضربان قلب، افزایش فشار خون و ... می گردد (Kreyer, 2003; Morin *et al.*, 2004). بنابراین در اثر افزایش استرس گرمایی محیط کار میتوان انتظار داشت که غلظت هورمون های استرسی نظیر کورتیزول و همچنین ضربان قلب و فشار خون افزایش یابد.

نتایج این پژوهش فرضیه اثر استرس گرمایی بر افزایش غلظت هورمون کورتیزول به عنوان هورمون استرسی را تایید کرد. مقادیر به دست آمده برای شاخص WBGT با مقادیر استاندارد که از طرف سازمان ACGIH و OEL ارائه شده مقایسه گردید (Golbabaii and Omidvar, 2002). کارگران

آدرنالین افزایش معناداری پیدا می‌کند اما غلظت هورمون کورتیزول تغییری را نشان نمی‌دهد (Hoffman *et al.*, 1994). که نتایج به دست آمده از این مطالعه مغایر با نتایج حاصل از مطالعه حاضر است. با توجه به اینکه غلظت پایه هورمون کورتیزول در طول شبانه روز متفاوت است و همچنین این میزان با توجه به سن تغییر می‌یابد (Hanson *et al.*, 2010) و نیز با توجه به این که استرس‌های موجود در مطالعات مختلف با یکدیگر فرق دارند، ممکن است تفاوت در پاسخ‌های مختلف به علت تفاوت در نوع استرس‌ها بوده و یا این تفاوت می‌تواند به علت تفاوت در گروه‌های مورد مطالعه و همچنین تفاوت در سایر استرسورهای موجود در محیط به جز استرس گرمایی باشد.

در این مطالعه با توجه به اثر استرس گرمایی بر غلظت هورمون کورتیزول و نیز با توجه به مقادیر صدا و روشنایی محیط، معادله رگرسیون کورتیزول بر اساس استرس گرمایی و صدا و روشنایی به صورت زیر بدست آمد:

$$\text{غلظت کورتیزول} = 8/2 + (0/2 \times \text{WBGT}) - (0/007 \times \text{روشنایی}) - (0/04 \times \text{صدا (دسی بل)})$$

این معادله برای به دست آوردن غلظت هورمون کورتیزول از مقادیر WBGT بر حسب درجه سلسیوس، مقدار صدا بر حسب دسی بل و میزان روشنایی بر حسب لوکس استفاده می‌شود. در اثر مواجهه بدن با استرس گرمایی، سیستم قلبی-عروقی تغییرات زیادی می‌کند. در اثر استرس گرمایی، برای تسهیل تبادل حرارت، عروق سطحی پوست اتساع پیدا کرده و افزایش قابل توجهی در هدایت گرما از سطح پوست اتفاق

نتایج مطالعه ما بیان‌گر این مطلب بود که از لحاظ آماری مقادیر هورمون کورتیزول میان گروه مورد (مواجه با گرما) و گروه شاهد معنادار است ($P < 0/001$). همچنین مقدار استاندارد هورمون کورتیزول بین ساعات ۷ تا ۱۰ صبح بین ۶/۲ - ۱۹/۴ میکروگرم در دسی‌لیتر است که غلظت کورتیزول در گروه مورد در محدوده مرزی مجاز است اما در گروه شاهد کمتر از حد مجاز می‌باشد. مطالعه McMorris و همکارانش نیز نشان داد که گرما اثر معناداری روی افزایش سطوح غلظت هورمون کورتیزول دارد. این مطالعه همچنین بیان نمود که میزان استرس گرمایی را با تغییر در جرم بدن و تغییرات غلظت هورمون‌هایی مثل کورتیزول و آدرنالین می‌توان پیش بینی کرد (McMorris, *et al.*, 2006). Follenius و همکارانش نیز رابطه بین غلظت کلسترول پلاسما، دمای عمقی بدن، ذخیره گرما و عدم تحمل گرما را بررسی کردند. در این مطالعه افزایش غلظت کلسترول نسبت به حالت پایه از دمای بالاتر از 38°C شروع می‌شود. که نشان دهنده اثر گرما بر تامین کلسترول برای بیوسنتز کورتیزول است. همچنین کورتیزول پلاسما شاخص بسیار حساسی به استرس گرمایی است و مواجهه با استرس گرمایی و همچنین شرایط نامساعد منجر به افزایش غلظت کورتیزول پلاسما از غلظت پایه خود می‌شود (Follenius *et al.*, 1981). نتایج این مطالعات با نتایج حاصله از پژوهش حاضر همخوانی دارد و نشان دهنده افزایش سطوح هورمون کورتیزول در اثر افزایش استرس گرمایی است. اما مطالعه Hoffman و همکارانش نشان داد در اثر افزایش استرس گرمایی ناشی از ورزش، غلظت هورمون بطور های آدرنالین و نور

- Infant. *Journal of Perinatology*, 29, 44-9.
- Follenius, M., G. Brandenberger, S. Oyono, and V. Candas. (1981). Cortisol as a Sensitive Index of Heat-Intolerance. *Physiology & Behavior*, 29(3), 509-13.
- Golbabaii, F., and M. Omidvar. [Man & Thermal Environment] Tehran University Press 2002. 25-95.
- Hanson, D., W. Hall, L.L. Mills, R. Bhagat, M. Hernandez, and et al. (2010). Comparison of Distress and Pain in Infants Randomized to Groups Receiving Standard Versus Multiple Immunizations. *Infant Behav and Dev*, 33(3), 289-96.
- Hoffman, J, R., C Maresh, M., L Armstrong, E., C Gabaree, L., M Bergeron, F., R Kenefick, W., et al. (1994). Effects of Hydration State on Plasma Testosterone, Cortisol and Catecholamine Concentrations before and During Mild Exercise at Elevated Temperature. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 69(4). 294-300.
- Ising, H., W. Babisch, and B. Kruppa. (1999). Noise-Induced Endocrine Effects and Cardiovascular Risk. *Noise Health*, 1(4), 37-48.
- Jalil, A.S., Z. Dor, M.SH. Yahya, M.FM. Batcha, and KH. Hasnan. Heat Stress Investigation on Laundry Workers." In *International Conference on Ergonomics Kuala Lumpur: ICE 07*, 2007.
- Jansen, J., R. Beijers, M. Riksen-Walraven, and C. de Weerth. (2010). Cortisol Reactivity in

می‌افتد که باعث کاهش فشار عروق محیطی تا ۷۰-۴۰٪ می‌شود. از دیگر تغییرات می‌توان به کاهش مقاومت عروق محیطی اشاره کرد که حجم خون از مرکز بدن به رگ‌های محیطی رفته تا تبادل حرارت از طریق رگ‌های سطحی پوست تسهیل پیدا کند. بدن انسان در این شرایط طی چند دقیقه منجر به ترشح ACTH از هیپوتالاموس و در نتیجه ترشح کورتیزول از سلول‌های قشر فوق کلیه می‌شود. ترشح این هورمون‌ها باعث انقباض عروق خونی بدن می‌شود، فعالیت قلب را افزایش داده و باعث افزایش سرعت و قدرت انقباض قلب می‌شود. در نتیجه بدن انسان را برای مقابله با این شرایط آماده می‌کند.

نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت هورمون کورتیزول در کارگران مواجه با گرما به‌طور معناداری بالاتر از گروه شاهد بود و بیانگر این واقعیت است که در اثر استرس گرمایی، غلظت هورمون کورتیزول افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر به افزایش سطح استرس، کاهش سطح ایمنی، بازدهی و کارایی کارگران و همچنین افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی شود.

منابع

- Brandenberger, G. M. Folle'nius, A. Muzet, M. Sime'oni, and B. Reinhardt. (1984). Interactions between Spontaneous and Provoked Cortisol Secretory Episodes in Man. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 59(3), 406-11.
- Fernandez, E., and K. Watterberg. (2009). Relative Adrenal Insufficiency in the Preterm and Term

- Melin, B., Koulmann, N., Jimenez, C., Savourey, G., Launay, J.-C., Cottet-Emard, J.M., Pequignot, J.M., Allevard, A.M., and Gharib, C. dehydration on renal water and electrolyte excretion: the hormonal involvement. *European journal of applied physiology*, 85(3-4), 250-58.
- Morin, A. M., G. Geldner, U. khl M. Schwarz, H. A. Adams, H. wulf, and et al. (2004). Factors Influencing Preoperative Stress Response in Coronary Artery Bypass Graft Patients. *BMC Anesthesiol*, 4(1), 7.
- Motamedzade, M., and M.R. Azari. (2006). Heat Stress Evaluation Using Environmental and Biological Monitoring. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(3), 457-59.
- OSHA. Heat Stress. Osha Technical Manual, Section Iii: Chapter, 1999.
- Pourmahabadian, M., M. Adelkhal, and K. Azam. (2008). Heat Exposure Assessment in the Working Environment of a Glass Manufacturing. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 5(2), 141-7.
- Rowell LB. (1990). Hyperthermia: a hyper adrenergic state. *Hypertension*, 15(5), 505-7.
- Selye, H. (1993). The Effect of Adaptation to Various Damaging Agents on the Female Sex Organs in the Rat. *Endocrinology*, 25(4), 615-24.
- Vanitallie, T. B. (2002). Stress: A Risk Factor for Serious Illness. *Metabolism*, 51(6), 40-5.
- Young Infants. *Psychoneuroendocrinology*, 35(3), 329-38.
- Kim, E., M. Susan, and S. Boitano. *Ganong's Review of Medical Physiology*. 24th edition.: McGraw-Hill Medical, 2012.
- Kreyer, I. *Endocrine Stress Responses in Critical Care Nurses: A Possible Relation to Job Turnover*, (doctor of philosophy thesis), University of Zurich, 2003.
- Levine, A., O. Zagoory-Sharon, R. Feldman, J. G. Lewis, and A. Weller. (2007). Measuring Cortisol in Human Psychobiological Studies. *Physiol & Behavior*, 90(1), 43-53.
- McMorris, T., J. Swain, M. Smith, and et al. (2006). Heat Stress, Plasma Concentrations of Adrenaline, Noradrenaline, 5-Hydroxytryptamine and Cortisol, Mood State and Cognitive Performance. *International Journal of Psychophysiology*, 61, 204-21.
- Melamed, S., and S. Bruhis. (1996). The Effects of Chronic Industrial Noise Exposure on Urinary Cortisol, Fatigue and Irritability-a Controlled Field Experiment. *Journal Occupational Environmental Medicine*, 38(3), 252-56.
- Melin, B., Koulmann, N., Jimenez, C., Savourey, G., Launay, J. C., Cottet-Emard, J. M., et al. (2001). Comparison of passive heat or exercise-induced dehydration on renal water and electrolyte excretion: the hormonal involvement. *European journal of applied physiology*, 85(3-4), 250-258.

Heat stress and its impact on the workers' cortisol concentration: A case study in a metal melting industry

M. Ansari¹; A. Mazloumi²; M. Abbassinia³; S. Farhang Dehghan³; S. M. Hossieni⁵; F. Golbabaie^{2}*

¹ Associate Professor Department of Biochemistry, School of medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

² Assistant professor Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

³ MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

⁴ Professor Department of Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

⁵ Professor Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran

Abstract

Introduction: Heat stress is considered as one of the hazardous occupational agents in hot environments. Working under heat stress condition may lead to individuals' health problems. Several studies have been shown that stress in the working environments can elevate stress hormones such as cortisol. Since heat stress is one of the serious stresses in hot industries including melting, this study was done to investigate the effect of heat stress on the cortisol concentration of workers in one of the melting industries.

Material and Method: In this cross-sectional study, 70 workers in two groups of case and control (35 people in case group from foundry unit and 35 people in control group from casting unit without heat stress) were investigated. First, a demographic questionnaire was complete for each subject. Then in order to evaluate the changes in cortisol level, blood samples were taken from the participants during their working hours (9:30 to 10 AM) and the obtained levels were compared with the normal level of cortisol, provided at 7 to 10 AM. In order to assess environmental condition, WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) index was measured at three highest including feet, waist and head. Moreover, noise and lighting were measured at the workers work station. Data were analyzed using SPSS software version 16.

Result: Regarding WBGT, it was shown that mean WBGT index were 33 C and 16.7 C in case and control groups, respectively. Additionally, cortisol concentration in case group was significantly higher than control group ($P < 0.001$).

Conclusion: Results of the present study indicate that physical stresses of working environment can lead to changes in physiology of human body. Thus, variations in hormone level in its consequences in hot environment should be considered in occupational hygiene.

Keywords: Heat Stress, Cortisol hormone, Metal melting industry, WBGT

* Corresponding Author Email: golbabaie@tums.ac.ir