فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵
صفحه: ۲۰-۱۱

Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol.8, No 3, Autumn 2016
Pages: 11-20

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

بررسی یک استراتژی مداخله‌ای خنک‌کننده برای کاهش استرین حرارتی ناشی از لباس حفاظتی آتش‌نشانان

مجید معتمدزاده[۱]، پیام امینی[۲]، مهدی محمدیان مستان‌آباد[*۳]

چکیده

مقدمه: آتش‌نشانان برای حفاظت در برابر خطرات در طول کار نیازمند استفاده از لباس‌های حفاظتی هستند. ترکیب اثرات استرس حرارتی ایجاد شده در اثر فعالیت‌های عضلانی و لباس‌های حفاظتی، منجر به سطح بالایی از استرین در سیستم تنظیم کننده حرارت بدن می‌گردد. هدف از این مطالعه بررسی استراتژی خنک‌کننده فرو بردن دست و ساعد در آب برای کاهش استرین حرارتی ناشی از لباس حفاظتی آتش نشانان بوده است.

روش بررسی: در این پژوهش ۱۴ داوطلب از آتش‌نشان حرفه‌ای شرکت داشتند. هر داوطلب بعد از پوشیدن تجهیزات حفاظتی بر روی صندلی نشسته پارامترهای میزان ضربان قلب، دمای عمقی و میانگین دمای پوست به عنوان شاخص پایه اندازه‌گیری شد، سپس بر روی تردمیل با سرعت Km/h ۵ وشیب ۷/۵٪ به مدت ۲۰ دقیقه راه رفتند. سپس بر روی صندلی نشسته و در یک دوره بازیابی ۱۵ دقیقه‌ای بصورت غیرفعال(کنترل) هر ۵ دقیقه پارامترهای استرین حرارتی اندازه‌گیری شدند. در ادامه طبق پروتکل قبل افراد روی تردمیل راه رفته و بعد از ۲۰ دقیقه طی یک دوره‌ی بازیابی مداخله‌ای، فرد ۱۵ دقیقه بر روی صندلی نشسته دست و ساعد خود را در آب قرار دادند و پارامترهای استرین حرارتی هر ۵ دقیقه مورد پایش قرار گرفتند. تحلیل‌های آماری نیز با کمک مدل برآوردی تعمیم‌یافته انجام گرفت.

نتایج: نتایج معادلات برآوردی تعمیم‌یافته در مدل تک متغیره حاشیه‌ای طولی برای پاسخ‌های فیزیولوژیک استرین حرارتی دمای عمقی، دمای پوست و ضربان قلب، قبل و بعد از زمان مداخله اختلاف معنی‌داری($P<۰/۰۵$) را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: در شرایطی که آتش‌نشان مواجهات متعددی را با استرین حرارتی در زمان‌های کوتاه دارند، استراتژی خنک‌کننده فرو بردن دست و ساعد در آب می‌تواند یک راه عملی و ساده مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آتش‌نشان، استراتژی خنک‌کننده، لباس حفاظتی، استرین حرارتی

۱- استاد گروه ارگونومی دانشکده بهداشت، عضو مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان
۲- دانشجوی دکتری تخصصی آمار زیستی، گروه اپیدمیولوژی و سلامت باروری، مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی باروری، پژوهشکده زیست‌شناسی و علوم پزشکی تولید مثل جهاد دانشگاهی، پژوهشگاه رویان، تهران، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۸۲۶۰۶۶۱- ۰۸۱۳ ، پست الکترونیکی: mohammadiyan.mahdi@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۲۰

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

مقدمه

در شغل آتش‌نشانی افراد اغلب در دوره‌های طولانی تحت شرایط محیطی گرم و در مواجهه با استرس حرارتی مجبور به فعالیت هستند(۱). مطالعات میدانی نشان داده‌اند که آتش‌نشانان در حین عملیات می‌بایست فعالیت‌هایی از قبیل جستجو و نجات قربانی، بالارفتن از پله‌ها، نردبان‌ها و حمل تجهیزات را انجام دهند(۲). این افراد به منظور انجام این وظایف می‌بایست از ویژگی‌های فیزیولوژیک خاصی برخوردار باشند. این افراد برای تامین انرژی مورد نیاز به عملکرد بالای سیستم‌های هوازی و بی‌هوازی همراه با سطح بالایی از قدرت و استقامت عضلانی نیاز دارند(۳). آتش‌نشانان برای حفاظت در برابر خطرات (مثل حریق و مواد شیمیایی) در طول کار نیازمند استفاده از لباس‌های حفاظتی هستند. لباس حفاظتی مورد استفاده آنان معمولا سنگین، ضخیم و چند لایه بوده و معمولا با محافظ سر همراه می‌باشد. استفاده از این لباس‌ها باعث کاهش نفوذ بخار آب از لایه‌های لباس و همچنین کاهش تبادل حرارت تبخیری با محیط می‌گردد. در نتیجه میزان استرس فیزیولوژیکی بدن افراد افزایش می‌یابد(۴).

ترکیب اثرات استرس حرارتی ایجاد شده در اثر فعالیت‌های عضلانی، لباس‌های حفاظتی و دمای بالای محیط کار، منجر به سطح بالایی از استرین در سیستم قبلی عروقی و سیستم تنظیم کننده حرارت بدن می‌گردد(۵). فعالیت طولانی مدت آتش‌نشانان در چنین شرایطی با سطح بالایی از استرین حرارتی، ریسک بیماری‌های مرتبط با گرما(کرامپ عضلانی، شوک گرمایی، خستگی گرمایی و گرمازدگی) را در افراد افزایش داده و همچنین باعث کاهش عملکرد فیزیکی و روانی آنان می‌گردد(۶).

حمله قلبی یکی از دلایل اصلی مرگ برای آتش‌نشانان بشمار می‌رود. در واقع در اثر افزایش دمای بدن، استرین وارده به قلب نیز افزایش می‌یابد. چرا که فعالیت قلب برای پمپاژ حجم بیشتر خون به سطح پوست و دفع گرما به محیط افزایش می‌یابد(۷). آمار اداره کار ایالات متحده نشان می‌دهد که احتمال مرگ ناشی از شغل در آتش‌نشانان سه برابر بیشتر از سایر مشاغل است(۸). در ایالات متحده درسال ۲۰۱۲، ۱۱۵ آتش نشان جان خود را از دست دادند(۹) که بر اساس گزارشات بیش از نیمی از مرگ و میرها ناشی از استرس‌ها و تنش‌های بیش از حد شامل حملات قلبی، شوک گرمایی و یا کلاپس سیستم قلبی- تنفسی ناشی از خستگی گرمایی می‌باشد(۹،۱۰).

بدین منظور برای بازگرداندن تعادل فیزیولوژیکی و برطرف کردن استرس گرمایی وارده بر بدن آتش‌نشانان در سریع‌ترین زمان ممکن و تامین ایمنی و بهداشت افراد در مواجهات، از استراتژی خنک‌کننده استفاده می‌شود. در مطالعات آزمایشگاهی و میدانی استراتژی‌های خنک‌کننده آتش‌نشانان همراه با پوشیدن تجهیزات حفاظتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند(۱۱). این روش‌ها کارایی و اثر بخشی متفاوتی داشته و شامل بازیابی پسیو(۱۲،۱۳) استفاده از فن‌های خنک کننده(۱۴) و پوشیدن جلیقه‌های خنک‌کننده حاوی یخ، هوای خنک و مواد تغییر فاز دهنده در طی فعالیت‌های آتش‌نشان می‌باشد(۱۵). بازیابی پسیو به عنوان یک روشن ارزان و کاربردی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی(۱۴) و میدانی بررسی شده است(۱۲).

فرو بردن دست و ساعد در آب به عنوان یک روش موثر برای کاهش استرین در آتش‌نشانان در مواجهات مکرر و در ماه‌های گرم سال می‌باشد(۱۳). البته برای تعیین یک روش با کارایی و اثر بخشی مناسب تحقیقات بیشتری در شرایط نزدیک به مواجهات واقعی آتش‌نشانان بایست صورت پذیرد.

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه روش‌های خنک‌کننده و کاهش استرین حرارتی در آتش‌نشانان صورت پذیرفته است. در مطالعه Kim و همکاران روش‌های خنک‌کننده‌ی بازیابی پسیو، پوشیدن پوشش‌های خنک‌کننده با مایع همراه با فن تهویه مطبوع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد پوشش‌های خنک‌کننده با مایع می‌تواند روش اثر بخشی برای خنک کردن بدن و کاهش استرس حرارتی باشند(۱۶).

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

مطالعه‌ای توسط Colburn و همکاران برای بررسی روش فرو بردن دست و بازو در آب، پوشیدن جلیقه خنک‌کننده و بازیابی پسیو صورت گرفت. یافته‌ها نشان داد فرو بردن دست و ساعد در آب به همراه پوشیدن جلیقه خنک کننده در مقایسه با روش بازیابی پسیو تاثیر کمتری در دماهای متوسط محیطی دارند(۱۷).

در مطالعه Barr و همکاران یافته‌های بدست آمده نشان داد که فرو بردن دست و ساعد در آب اثر بخشی بیشتری نسبت به جلیقه یخ برای کاهش استرین حرارتی دارد. همچنین ترکیب جلیقه و فرو بردن دست و ساعد تاثیر مفیدی نداشت(۱۲).

در مطالعه Carter و همکاران شبیه‌سازی وظایف آتش‌نشانان با اندازه‌گیری شاخص‌های استرین بدن(دمای پوست، میزان ضربان قلب، میزان عرق) انجام گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد جلیقه خنک کننده تاثیر چندانی بر پارامترهای استرین ندارد(۱۳).

بدلیل کاهش اثرات تجمعی استرس‌های حرارتی طولانی مدت بر افراد و اهمیت تدوین یک استراتژی کاربردی و مؤثر برای کاهش استرین حرارتی ناشی لباس‌های حفاظتی در آتش‌نشانان، در این پژوهش به بررسی تاثیر روش خنک‌کننده فرو بردن دست و ساعد در آب به کمک مدل طولی حاشیه‌ای چند متغیره پرداخته شده است.

روش بررسی

این پژوهش یک مطالعه تجربی- تحلیلی به منظور بررسی استراتژی مداخله‌ای خنک‌کننده برای کاهش استرین حرارتی در آتش‌نشانان انجام شده است. در این پژوه ۱۴ داوطلب مرد با میانگین (انحراف معیار) سن ۲۵/۷۸(۱/۷۱) سال و BMI ۲۴/۶۷(۱/۹۶)، دارای سلامت کامل جسمی و روانی و بدون سابقه بیماری خاصی همکاری نمودند. حجم نمونه با استفاده از از رابطه $n=\frac{\left(z_{1-\frac{\alpha}{2}}+z_{\beta}\right)^2\left(s_1^2+s_2^2\right)}{(m_1-m_2)^2}$ و قرار دادن میانگین و انحراف معیار پارامتر ضربان قلب از مطالعات مشابه برابر ۱۴ تعیین گردید.

اطلاعات دموگرافیک هر فرد در یک پرسشنامه تکمیل و جمع‌آوری گردید. همچنین یک رضایتنامه اگاهانه شامل حقوق داوطلب، شرح تست مورد نظر و نتایج پژوهش از هر داوطلب گرفته شد. هر داوطلب بعد از پوشیدن تجهیزات حفاظتی شامل کلاه، دستکش، چکمه و لباس حفاظتی حریق (با مقاومت حرارتی $۰/۲۴\ m^2.^\circ cw^{-1}$ و clo ۱/۵۵)، بر روی صندلی نشسته پارامترهای میزان ضربان قلب (HR)، دمای درونی کانال گوش (Td) و میانگین دمای پوست (Tsk) طبق رابطه(میانگین دمای پوست= ۰/۲۸ دمای گردن+ ۰/۱۶ دمای دست چپ+ ۰/۲۸ دمای کتف راست+ ۰/۲۸ دمای ساق پای راست) به عنوان شاخص پایه اندازه‌گیری شدند. سپس در اتاقکی با دمای خشک $۲۵^\circ C$، دمای تر $۲۱^\circ C$ و رطوبت نسبی ۵۰ ٪ بر روی تردمیل (Johnson مدل T8000) با سرعت ۵ km/h و شیب ۷/۵ ٪ به مدت ۲۰ دقیقه شروع به حرکت نمودند(۱۸). این پروتکل میزان پاسخ های فیزیولوژیک تعدیل کننده گرمایی مورد نیاز در طی فعالیت شدید آتش‌نشانان را نشان می‌دهد. در طی انجام فعالیت بر روی تردمیل شاخص‌های فیزیولوژیک فرد از جمله میزان ضربان قلب (با استفاده از اسپرت تست Bion مدلBN A500)، دمای درونی و دمای پوست (با استفاده از دماسنج مادون قرمز مدل NET-100) هر ۵ دقیقه طبق استاندارد BS EN ISO9886 مورد پایش قرار گرفتند. بعد از یک دوره‌ی ۲۰ دقیقه‌ای، فرد به مدت ۱۵ دقیقه بر روی صندلی نشسته و در این دوره بازیابی بصورت پسیو نیز هر ۵ دقیقه پارامترهای استرین حرارتی (HR، T_d و T_{sk}) اندازه‌گیری شدند. در ادامه طبق پروتکل قبل افراد روی تردمیل راه رفته و بعد از ۲۰ دقیقه طی یک دوره‌ی بازیابی مداخله‌ای، فرد بر روی صندلی نشسته و ۱۵ دقیقه دست و ساعد خود را در آب ($۱۴^\circ c$) قرار دادند. در فعالیت دوم و دوره‌ی بازیابی همراه با فرو بردن دست و ساعد در آب نیز پارامترهای استرین حرارتی هر ۵ دقیقه مورد پایش قرار گرفتند.

در این پژوهش اثر دوره مداخله و زمان بر روی تعداد ضربان قلب، دمای پوستی و دمای عمقی سنجیده شده است. منظور از دوره مداخله زمانی است که افراد طی دوره بازیابی دست در آب فرو برده‌اند. منظور از زمان، گذر زمان در طول مطالعه می‌باشد. از آنجا که پاسخ مورد نظر در طول زمان گردآوری

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

شده است، لذا اثر گذر زمان بر پاسخ را باید در تحلیل لحاظ نمود.

هر کدام از این متغیرها در طول زمان برای هر نفر ثبت شده اند، لذا نوعی از همبستگی ذاتی میان اندازه‌های تکرار شده برای هر فرد وجود دارد. برای تحلیل متغیرهای پاسخی که در طول زمان ثبت شده‌اند. یکی از انواع تحلیل‌های اینگونه داده‌ها معادلات برآوردی تعمیم‌یافته (Generalized Estimating Equations) هستند که به کمک در نظرگیری ساختار همبستگی برای خطاها، همبستگی موجود در داده‌ها را لحاظ می‌کند. اینگونه از تحلیل داده‌های طولی را مدل‌های حاشیه‌ای می‌نامند که در آن میانگین نمونه گرفته شده در پاسخ‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد(۱۹-۲۲).

جهت بررسی اثر شاخص توده بدنی، سن، مداخله، زمان و همچنین اثر متقابل مداخله در زمان، دو نوع مدل تک متغیره (Univariate Analysis) و چند متغیره (Multivariate Analysis) برازش داده شده است. در مدل تک متغیره، اثر متغیرهای کمکی تنها بر روی یکی از شاخص‌های Td، Ts و یا HR سنجیده می‌شود و اثری که این سه متغیر پاسخ بر هم می‌گذارند، لحاظ نمی‌گردد. این نوع مدل تنها قابل تعمیم به شرایطی است که هدف محقق تنها بررسی یکی از این متغیرهای پایه باشد. در مدل چندمتغیره، با توجه به اینکه سه متغیر پاسخ مورد بررسی در این پژوهش از نظر پزشکی بر هم اثر می‌گذارند، تاثیر هر کدام از این پاسخ‌ها بر دیگری نیز لحاظ گردیده است. نتایج این نوع از تحلیل‌ها قابل تعمیم به شرایطی است که هدف محقق بررسی اثر متغیرهای کمکی بر روی هر سه متغیر پاسخ و همچنین اثر متغیرهای پاسخ بر همدیگر می‌باشد. تفاوت این دو گونه تحلیل در تعدیل انحراف معیار برآوردهای مدل رگرسیونی ظاهر می‌گردد که در آن برآورد ضرایب نزدیک به هم و برآورد انحرافات معیار متفاوت از هم نتیجه می‌گردد.(۲۳,۲۴)

با توجه به موارد فوق برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از معادلات برآوردی تعمیم‌یافته با استفاده از نرم افزار Version SAS (9.2) و R (Version 3.1.0) بهره گرفته شده است. همچنین برای نتایج آمار توصیفی از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۶ استفاده گردید.

نتایج

پاسخ‌های فیزیولوژیک: در جدول۱ پاسخ‌های فیزیولوژیک از جمله میانگین دمای پوست، دمای عمقی و ضربان قلب در دوره‌های بازیابی پسیو (غیر فعال) و بازیابی با روش فرو بردن دست و ساعد در آب آورده شده است.

جدول۱: نتایج پاسخ‌های فیزیولوژیک به تفکیک دو روش بازیابی

متغیر	کنترل (روش پسیو یا غیر فعال)			مداخله (فرو بردن دست و ساعد در آب)		
	اندازه‌گیری قبل از دوره فعالیت	آخرین اندازه‌گیری بعد از دوره فعالیت	آخرین اندازه‌گیری بعد از دوره بازیابی پسیو	اندازه‌گیری قبل از دوره فعالیت	آخرین اندازه‌گیری بعد از دوره فعالیت	آخرین اندازه‌گیری بعد از دوره بازیابی مداخله‌ای
میانگین دمای پوست ($^{\circ}C$)	۳۳/۱۷	۳۷/۸	۳۵/۰۹	۳۳/۰۶	۳۷/۶۲	۳۳/۴۳
دمای عمقی ($^{\circ}C$)	۳۷/۱۹	۳۷/۹۵	۳۷/۹	۳۷/۱	۳۷/۹۲	۳۷/۵۲
ضربان قلب($\frac{}{min}$)	۷۶/۵	۱۶۶/۸۵	۹۲/۹۲	۷۴/۷۱	۱۶۳	۷۶/۶۴

معادلات برآوردی تعمیم یافته: با توجه به همبسته بودن اندازه‌های تکراری هر فرد در طول زمان، به کمک معادلات برآوردی تعمیم یافته سعی بر این شد تا اثر زمان، مداخله و اثر متقابل آنها، شاخص توده بدنی و سن بر پاسخ‌ها در طول زمان سنجیده شود. نتایج مدل‌های تک متغیره و چند متغیره جهت تحلیل روند پاسخ‌های دمای پوست، دمای عمقی و ضربان قلب به ترتیب در جداول ۲ تا ۴ ارائه شده است.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

جدول۲: نتایج مدل چند متغیره و تک متغیره تعمیم‌یافته برای دمای پوست Tsk

متغیر	مدل چندمتغیره			مدل تک متغیره		
	برآورد	انحراف معیار	P-Value	برآورد	انحراف معیار	P-Value
زمان	-۰/۰۶۳	۰/۸۹۶	۰/۹۴۳	-۰/۰۳۹	۰/۰۳۷	۰/۲۹۳
مداخله	-۱/۵۶۵	۷/۵۷۶	۰/۸۳۷	-۲/۱۷۷	۰/۴۵۹	<۰/۰۰۱
زمان × مداخله	۰/۲۶۸	۱/۴۶۵	۰/۸۵۴	۰/۳۰۷	۰/۰۴۵	<۰/۰۰۱
BMI	-۱/۳۹۷	۱/۶۳۳	۰/۳۹۲	۰/۲۹۷	۰/۰۷۲	<۰/۰۰۱
سن	۰/۹۲۱	۱/۷۸۴	۰/۶۰۵	-۰/۱۴۷	۰/۰۹۷	۰/۱۳۰

جدول۳: نتایج مدل چند متغیره و تک متغیره تعمیم‌یافته برای دمای عمقی Td

متغیر	چند متغیره			تک متغیره		
	برآورد	انحراف معیار	P-Value	برآورد	انحراف معیار	P-Value
زمان	۰/۰۰۱	۰/۹۰۴	۰/۹۹۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۸۰۸
مداخله	-۰/۴۱۶	۷/۵۷۵	۰/۹۵۶	-۰/۴۶۰	۰/۰۷۸	<۰/۰۰۱
زمان × مداخله	۰/۱۰۱	۱/۴۷۰	۰/۹۴۵	۰/۱۰۴	۰/۰۰۶	<۰/۰۰۱
BMI	-۰/۷۰۶	۱/۷۴۴	۰/۶۸۵	۰/۰۴۷	۰/۰۲۴	۰/۰۵۶
سن	۰/۴۴۳	۱/۹۰۵	۰/۸۱۶	-۰/۰۰۶	۰/۰۳۲	۰/۸۳۷

جدول۴: نتایج مدل چندمتغیره و تک متغیره تعمیم‌یافته برای پاسخ ضربان قلب HR

متغیر	چندمتغیره			تک متغیره		
	برآورد	انحراف معیار	P-Value	برآورد	انحراف معیار	P-Value
زمان	-۱/۵۱۶	۰/۸۹۶	۰/۰۹۱	-۱/۴۸۶	۰/۸۷۷	۰/۰۹۰
مداخله	-۲۹/۰۹۳	۷/۶۳۸	<۰/۰۰۱	-۳۰/۰۶۱	۹/۵۵۹	۰/۰۰۱
زمان × مداخله	۳/۷۲۴	۱/۴۷۰	<۰/۰۱۱	۳/۷۲۰	۰/۸۸۶	<۰/۰۰۱
BMI	۶/۳۴۵	۱/۷۴۴	۰/۶۸۵	۵/۱۵۶	۱/۶۱۹	۰/۰۰۲
سن	-۴/۰۰۸	۱/۷۸۴	۰/۰۳۵	-۳/۳۵۵	۱/۲۷۸	۰/۰۰۸

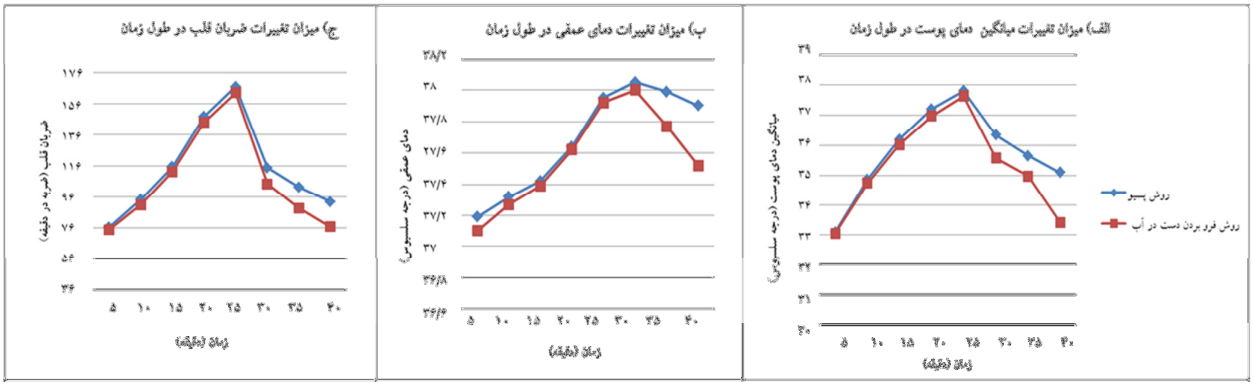
در مدل چندمتغیره، با علم به وجود همبستگی میان متغیرهای پاسخ ، اثر هر کدام از متغیرهای پاسخ توسط متغیر پاسخ دیگر ممکن است بیان گردد که در آن هیچکدام از متغیرهای مستقل بر Ts و Td اثر معنی‌دار نداشتند. با گذشت زمان میانگین TS در هر نقطه زمانی تفاوتی با سایر نقاط نداشت و همچنین مداخله نیز، اثری بر آن نداشت. در مورد متغیر پاسخ تعداد ضربان قلب، در زمان صفر میانگین تعداد ضربان قلب در گروه شاهد به اندازه ۲۹/۱ واحد بیشتر از گروه مداخله نتیجه شده است. پس از اعمال مداخله و به ازای هر واحد گذشت زمان، این میانگین به شکل معنی‌داری در دو گروه به هم نزدیک می‌شود. متغیر سن نیز تاثیر معنی‌داری بر روی میانگین ضربان قلب که خود از دمای پوستی و دمای عمقی متاثر می‌باشد، گذاشته است به شکلی که به ازای هر سال افزایش سن، این میانگین به اندازه ۴ واحد کاهش پیدا می‌کند.

نتایج مدل‌های تک متغیره نشان داد که پیش از مداخله میانگین دمای پوستی در گروه مداخله ۲/۱۷۷ واحد کمتر از گروه شاهد بوده است و با گذشت هر واحد زمانی پس از اعمال مداخله، این میانگین‌ها به شکل معنی‌داری در دو گروه با نرخ ۰/۳۰۷ واحد به هم نزدیکتر می‌شود. شاخص توده بدنی نیز

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

تاثیر معنی‌دار آماری بر میانگین دمای پوستی گذاشت. متغیر دمای عمقی نیز مشابه دمای پوستی، متاثر از مداخله و همچنین اثر متقابل زمان و مداخله بود به شکلی پیش از اعمال مداخله، دمای عمقی گروه شاهد بیشتر از گروه مداخله بوده است و با گذشت زمان این میانگین در گروه مداخله افزایش پیدا کرده است. متغیر ضربان قلب نیز متأثر از سن، شاخص توده بدنی، مداخله و اثر متقابل مداخله در زمان بود.

در شکل۱ روند تغییرات میانگین دمای دمای پوستی، عمقی بدن و ضربان قلب افراد با دو روش در ۸ نقطه زمانی ارائه شده است.



شکل۱: روند تغییرات الف) میانگین دمای پوست، ب) دمای عمقی و ج) ضربان قلب در طول زمان با دو روش پسیو و فرو بردن دست در آب

بحث

هدف از مطالعه حاضر ارائه یک مدل آماری به کمک معادلات برآوردی تعمیم‌یافته جهت بررسی استراتژی خنک‌کننده کاربردی برای بازیابی فیزیولوژیک پس از یک دوره فعالیت همراه با پوشیدن لباس‌های حفاظتی می‌باشد. نتایج این مطالعه که در مورد اثر ترکیبی فعالیت شدید و لباس‌های حفاظتی آتش‌نشانان که باعث استرین قابل توجهی بر سیستم تنظیم حرارتی بدن و سیستم قلبی و عروقی می‌شود، با مطالعات گذشته توافق دارد. دراین مطالعه با توجه به استفاده از مدل چند متغیره، اثر همزمان متغیرهای پاسخ بر هم نیز لحاظ گردیده است و همین مسئله باعث شده است که اثر دمای پوستی و دمای عمقی توسط ضربان قلب بیان گردد. حداکثر پاسخ فزیولوژیک ضربان قلب در این مطالعه ($۱۶۶ \frac{beats}{\min}$) مشابه با نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در شبیه‌سازی فعالیت آتش‌نشانی در شرایط واقعی می‌باشد(۱,۲۵). یافته‌های مطالعات، روش پسیو (غیر فعال) را در کاهش استرین سیستم تنظیم دمایی با نمود در کاهش دمای عمقی در دوره‌ای ۱۵ دقیقه‌ای ناکافی نشان می‌دهند. همچنین این یافته‌ها نشان داده است که چنین استراتژی‌هایی در جهت تسهیل بازیابی فیزیولوژیک آتش‌نشانان در انجام فعالیت‌های آتش‌نشانان تأثیر چندانی ندارد(۱۴,۲۶,۲۷). میزان دمای عمقی در روش پسیو (غیر فعال) در ابتدا بطور پیوسته افزایش می‌یابد. این افزایش بیشتر بدلیل گردش خون و افزایش حجم خون گرم در پی فعایت‌ها صورت می‌پذیرد(۲۸). یافته‌های این مطالعه با تحقیقات گذشته که به بررسی دوره بازیابی پسیو (غیر فعال) بعد از فعالیت همراه با استرس حرارتی ناشی از لباس‌های حفاظتی پرداخته شده است، توافق نسبی دارد.

داده‌های بدست آمده از مطالعات گذشته در رابطه با استفاده از استراتژی خنک‌کننده غیرفعال در مواجهات با دمای بالا، نشان می‌دهد که این روش در کاهش استرین فیزیولوژیک با توجه به افزایش پیوسته دمای عمقی چندان مؤثر نمی‌باشد(۱۱). همچنین روش خنک‌کننده غیر فعال تنها در

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

فضاهای باز خنک و ماه‌های زمستان مفید است و برای ماه‌های تابستان کارآمد نیست(۱۱).

در مطالعه حاضر استراتژی خنک کننده‌ی فرو بردن دست و ساعد در آب تسریع در تنظیم حرارت و بازیابی سیستم قلبی و عروقی آتش‌نشانان در طول دوره بازیابی مؤثر بوده است. در انتهای دوره‌ی ۱۵ دقیقه‌ای بازیابی، دمای عمقی، میانگین دمای پوست و تعداد ضربان قلب بترتیب $^{\circ}C$ ۰/۳۸، $^{\circ}C$ ۲/۴۷ و $\frac{beats}{min}$ ۱۶ کمتر از حالت بازیابی بصورت غیر فعال بدست آمد. میزان پاسخ فیزیولوژیک دمای عمقی در شرایط مطالعه حاضر بیشتر از نتایج مطالعات House و همکاران (۲۹)که دمای مقعدی را در شرایط گرم از این روش خنک کننده استفاده کرده‌اند، می‌باشد. یکی از دلایل این تفاوت در نحوه اندازه‌گیری دمای عمقی می‌باشد. در مطالعه Selkirk و همکاران (۲۰۰۴)(۱۴)، $^{\circ}C$ ۰/۳ کاهش دمای عمقی بدنبال ۲۰ دقیقه فرو بردن دست و ساعد در آب بدست آمد که مشابه تأثیر استراتژی خنک کننده مطالعه حاضر می‌باشد. یافته‌های مطالعه Selkirk (۲۰۰۷)(۳۰) نشان داد که خنک کردن بدن با استفاده از جلیقه یخ همراه با فرو بردن دست و ساعد به عنوان واسطه کاهش در استرین فیزیولویک در طی فعالیت‌های شدید آتش‌نشانی نسبت به استفاده تنها از روش فرو بردن دست و ساعد در آب مؤثرتر واقع می‌شود. نتایج پژوهش Carter و همکاران (۲۰۰۷) که با استفاده از روش فرو بردن دست و ساعد در آب صورت گرفته است، کاهش بیشتری در دمای عمقی ($^{\circ}C$ ۰/۸۸) در حین انجام شبیه‌سازی فعالیت‌های آتش‌نشانی نسبت به نتایج پژوهش حاضر دارد(۱۳). این تفاوت در سطح خنک‌کنندگی به احتمال زیاد ناشی از تفاوت در مدت زمان بازیابی و دمای انجام مطالعه حاضر می‌باشد. اما یافته‌های مطالعه Barr و همکاران (۲۰۰۹)(۱۲) در میزان کاهش ضربان قلب و دمای عمقی ناشی از روش‌های خنک کننده فرو بردن دست و ساعد در آب نسبتا مشابه با نتایج این مطالعه می‌باشد.

در مطالعه Carter (۲۰۰۷)(۱۳) زمان بازیابی خنک کننده۲۰ دقیقه و در مطالعه حاضر و مطالعه Barr (۲۰۰۹)(۱۲) این زمان ۱۵ دقیقه بوده است. پژوهش‌های صورت گرفته توسط Giesbrecht (۲۰۰۷)(۳۱) و House (۱۹۹۶)(۲۹) نشان داد که مزایای فیزیولوژیک استراتژی‌های خنک‌کننده در طول یک دوره بازیابی در شرایط محیطی خنک بسیار بیشتر خواهد بود. یافته‌های Selkirk (۲۰۰۴)(۱۴) نشان داد که فرو بردن دست و ساعد در آب مدت زمان فعالیت را به میزان ۶۰٪ در مقایسه روش خنک‌کننده پسیو (غیر فعال) توسط کاهش نرخ کلی افزایش دمای رکتال بالا می‌برد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که استراتژی خنک‌کننده در روند کاهش استرین فیزیولوژیک در طی چالش‌های شغلی آتش‌نشانان مؤثر می‌باشد.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به هزینه بالا و عدم دسترسی به ابزار و روش‌های دقیق اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک اشاره نمود.

اجماع عمومی نشان می‌دهد که فرو بردن دست و ساعد در آب یک روش مؤثر در کاهش استرین حرارتی در آتش‌نشانان بوده و در مدت زمان ۱۰ دقیقه بیشترین کاهش استرین حرارتی رخ می‌دهد. طبق مطالعات مزایای روش فرو بردن دست و ساعد در طول یک دوره فعالیت بعد از زمان بازیابی مشهودتر خواهد بود. این روش در هوای گرم و در طول ماه‌های تابستان که درجه حرارت محیط بالاتر است مفیدتر خواهد بود.

نتیجه‌گیری

استراتژی خنک‌کننده فرو بردن دست و ساعد در آب می‌تواند یک راه عملی و ساده در مقایسه با فعالیت‌های خنک‌کننده دیگر باشد، در شرایطی که نیاز است فعالیت‌های شدید آتش‌نشانی بطور مکرر انجام گیرد و آتش‌نشان مواجهات متعددی را با استرین حرارتی در زمان‌های کوتاه دارند. این روش به علت هزینه کم و در دسترس بودن بسیار مناسب می‌باشد.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

References:

1- Rossi R. ***Fire fighting and its influence on the body.*** Ergonomics 2003; 46(10): 1017-33.

2- Williams-Bell FM, Boisseau G, McGill J, Kostiuk A, Hughson RL. ***Air management and physiological responses during simulated firefighting tasks in a high-rise structure.*** Applied ergonomics 2010; 41(2): 251-9.

3- Bilzon JL, Scarpello EG, Smith CV, Ravenhill NA, Rayson MP. ***Characterization of the metabolic demands of simulated shipboard Royal Navy fire-fighting tasks.*** Ergonomics 2001; 44(8): 766-80.

4- Cheung S. ***Advanced environmental exercise physiology.*** Human Kinetics; 2009.

5- Hancock PA, Ross JM, Szalma JL. ***A meta-analysis of performance response under thermal stressors. Human Factors:*** J Human Factors Ergonomics Society 2007; 49(5): 851-77.

6- Nybo L. ***Hyperthermia and fatigue.*** J Applied Physiol 2008; 104(3): 871-8.

7- McLellan TM, Selkirk GA. ***The management of heat stress for the firefighter: a review of work conducted on behalf of the Toronto Fire Service.*** Industrial health 2006; 44(3): 414-26.

8- Clarke C, Zak MJ. ***Fatalities to law enforcement officers and firefighters, 1992-97.*** Environments 1999; 15: 2.

9- Fahy RF, LeBlanc PR, Molis JL. ***Firefighter fatalities in the United States-2012.*** Retrieved from Command Safety website: http://www. nfpa org/assets/files/PDF/osfff pdf. 2013.

10- Fahy RF, LeBlanc PR, Molis JL, Association NFP. ***Firefighter Fatalities in the United States-2008: National Fire Protection Association.*** Fire Analysis and Research Division; 2009.

11- Barr D, Gregson W, Reilly T. ***The thermal ergonomics of firefighting reviewed.*** Applied ergonomics. 2010; 41(1): 161-72.

12- Barr D, Gregson W, Sutton L, Reilly T. ***A practical cooling strategy for reducing the physiological strain associated with firefighting activity in the heat.*** Ergonomics 2009; 52(4): 413-20.

13- Carter J, Rayson M, Wilkinson D, Richmond V, Blacker S. ***Strategies to combat heat strain during and after firefighting.*** J Thermal Bio 2007; 32(2): 109-16.

14- Selkirk G, McLellan TM, Wong J. ***Active versus passive cooling during work in warm environments while wearing firefighting protective clothing.*** J occup environ hygien 2004; 1(8): 521-31.

15- Smolander J, Kuklane K, Gavhed D, Nilsson H, Holmer I. ***Effectiveness of a light-weight ice-vest for body cooling while wearing fire fighter's protective clothing in the heat.*** Int J Occup Safety Ergonomics 2004; 10(2): 111-7.

15- Kim J-H, Coca A, Williams WJ, Roberge RJ. ***Effects of liquid cooling garments on recovery and performance time in individuals performing strenuous work wearing a firefighter ensemble***. J occup environm hygien 2011; 8(7): 409-16.

16- Colburn D, Suyama J, Reis SE, Morley JL, Goss FL, Chen Y-F, et al. ***A comparison of cooling techniques in firefighters after a live burn evolution.*** Prehospital Emergency Care 2011; 15(2): 226-32.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

17- Graveling R, Johnstone J, Butler D, Crawford J, Love R, Maclaren W, et al. ***Study of the degree of protection afforded by firefighters' clothing.*** Frdg Publication 1999.

18- Fitzmaurice G, Davidian M, Verbeke G, Molenberghs G. ***Longitudinal data analysis.*** CRC Press; 2008.

19- Fitzmaurice GM, Laird NM, Ware JH. ***Applied longitudinal analysis.:*** John Wiley & Sons; 2012.

20- Diggle P, Heagerty P, Liang K-Y, Zeger S. ***Analysis of longitudinal data.*** Oxford University Press; 2002.

21- Carrière I, Bouyer J. ***Choosing marginal or random-effects models for longitudinal binary responses:*** application to self-reported disability among older persons. BMC Med Res Method 2002; 2(1): 15.

22- Johnson RA, Wichern DW, Education P. ***Applied multivariate statistical analysis.*** Prentice hall Englewood Cliffs, NJ; 1992.

23- Molenberghs G. ***A review on the analysis of clustered multivariate data from developmental toxicity studies.*** Stat Neerl 2001; 55: 319-45.

24- Smith DL, Petruzzello SJ. ***Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear.*** Ergonomics 1998; 41(8): 1141-54.

25- Ilmarinen R, Louhevaara V, Griefahn B, Künemund C. ***Thermal responses to consecutive strenuous fire-fighting and rescue tasks in the heat.*** Environmental Physiology-Recent Progress and New Frontiers Freund Publishing House, Ltd London and Tel Aviv 1997: 295-8.

26- Ilmarinen R, Lindholm H, Koivistoinen K, Helistén P. ***Physiological Evaluation of Chemical Protective Suit Systems(CPSS) in Hot Conditions.*** Int J Occupa Safety Ergonomics 2004;10(3): 215-26.

27- Rowell LB. ***Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress.*** Physiol rev 1974; 54(1):7 5-159.

28- House J, editor. ***Reducing heat strain with ice-vests or hand immersion.*** Proceedings of the 7th international conference on environmental ergonomics, Jerusalem, Israel, October; 1996.

29- Selkirk G, McLellan TM, Wong J. ***The impact of various rehydration volumes for firefighters wearing protective clothing in warm environments.*** Ergonomics. 2006; 49(4): 418-33.

30- Giesbrecht GG, Jamieson C, Cahill F. ***Cooling hyperthermic firefighters by immersing forearms and hands in 10 C and 20 C water.*** Aviation, space, and environmental medicine. 2007; 78(6): 561-7.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 11:47 IRDT on Monday July 31st 2017

Evaluation of a cooling strategy intervention for reducing thermal strain caused by firefighting protective clothing

Majid Motamedzade (PhD)[1], Payam Amini (PhD)[2], Mahdi Mohammadian Mastanabad (MSc Student)[*3]

[1] Department of Ergonomics, School of Health and Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

[2] Department of Epidemiology and Reproductive Health, Reproductive Epidemiology Research Center, Royan Institute for Reproductive Biomedicine, ACECR, Tehran, Iran

[3] Department of Occupational Hygiene, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Received: 10 Nov 2014 ***Accepted:*** 10 Aug 2016

Abstract

Introduction: Protective clothes are among the basic needs of firefighters against their occupational risks. Combination of heat stress effects caused by muscle activation and protective clothing, result in a high level of strain in the regulating system of body temperature. The aim of this study was to evaluate the practical cooling method of hand and forearm immersion in water.

Methods: In this study, fourteen professional firefighters were assessed. Each fire fighter wore protective clothing and heart rate, core body temprature and skin temprature were measured in sitting position. Then each subject walked on a treadmill in two 20-min bouts (5 km/h, 7.5% gradient) separated by a 15-min recovery period, during which firefighters were cooled (case) via application of hand and forearm water immersion and remained seated without cooling (control). During exercise and recovery time, firefighters, physiologic parameters (heart rate, core body temperature and mean skin temperature) were measured and recorded every five minutes.

Results: The results of marginally modeling of longitudinal responses using generalized estimating equations method showed that paremeters of heart strain (core body temprature, skin temprature and heart rate) were significantly reduced after intervention ($p<0.05$).

Conclusion: In situations that intense fire actions must be faced, the cooling strategy of dipping hands and forearms in water could be considered as an effective and simple method in comparison to other cooling strategies.

Keywords: firefighter, protective clothing, cooling strategy, heat strain

This paper should be cited as:

Motamedzade M, Amini P, Mohammadian Mastanabad M. ***Evaluation of a cooling strategy intervention for reducing thermal strain caused by firefighting protective clothing.*** Occupational Medicine Quarterly Journal 2016; 8(3): 11-20.

Corresponding Author: Tel: +98 9188509554, Email: omidgary2@yahoo.com