ارزیابی تأثیر تجهیزات حفاظت فردی بر استرس گرمایی آتش‌نشانان

حامد نبی‌زاده[1]، احمد سلطان‌زاده[2]،
حمیدرضا حیدری[3]، علی فردی[4]

۱. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی لارستان، فارس، ایران.

۲. نویسندهٔ مسئول: استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

Email:soltanzadeh.ahmad@gmail.com

۳. استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران.

۴. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

دریافت: ۹۷/۴/۲۳ پذیرش:۹۷/۱۱/۲۳

چکیده

مقدمه: یکی از مهم‌ترین عوارض استرس گرمایی در آتش‌نشانان، اشتباه در عملکرد به لحاظ ایمنی است که حوادث جبران‌ناپذیری را سبب می‌گردد. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر تجهیزات حفاظت فردی (PPE)[1] بر استرس گرمایی آتش‌نشانان در سال ۱۳۹۶ طراحی و انجام شد.

روش: این مطالعهٔ توصیفی-تحلیلی از نوع مقطعی است که روی ۳۰ نفر از کارکنان عملیاتی آتش‌نشانی شهرستان لارستان استان فارس صورت گرفت و نمونهٔ مطالعاتی به‌صورت سرشماری انتخاب شدند. این مطالعه در اتاقک استاندارد محیطی با تجهیزات آتش‌نشانی یکسان و ارزیابی تأثیر دما و متابولیسم حاصل از تجهیزات حفاظت فردی بر اندازه شاخص‌های میانگین و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی (PPD)[2] انجام شد.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد که وزن ناشی از تجهیزات حفاظت فردی می‌تواند به‌طور غیرمستقیم و با تأثیر بر ضربان قلب و متابولیسم منجر به تغییرات میانگین رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی گردد. ارزیابی تأثیر وزن تجهیزات حفاظت فردی و ضریب مقاومت لباس یا ضریب کلو (Clo) بر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی نشان داد که ضریب مقاومت لباس آتش‌نشانی دارای تأثیر بیشتری بر این شاخص‌ها می‌باشد. ($p<۰۰۱$)

نتیجه‌گیری: یافته‌های مطالعه بیانگر این بود که استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و همچنین ضریب مقاومت لباس آتش‌نشانی بر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی تأثیرگذار بوده، بنابراین برای جلوگیری از بروز تنش گرمایی در آتش‌نشانان می‌توان از جلیقه‌های خنک‌کننده استفاده کرد تا ضمن کاهش تنش حرارتی حاصل از دما، متابولیسم و وزن تجهیزات حفاظت فردی منجر به خنک‌شدن دمای درونی بدن تا حد قابل‌قبول رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی گردد.

کلمات‌کلیدی: آتش‌نشان، استرس حرارتی، تجهیزات حفاظت فردی، میانگین رأی پیش‌بینی‌شده، درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی

[1] personal protective equipment

[2] predicted percentage of dissatisfied

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

مقدمه

به دلیل ماهیّت وظایف و منابع خطر مختلفی که آتش‌نشانان را تهدید می‌کند، شغل آتش‌نشانی یکی از پرریسک‌ترین مشاغل است [۱و۲] که در صورت بی‌توجهی به این خطرها و کنترل نکردن آنها، خسارات جانی و مالی غیرقابل جبرانی به بار می‌آید. [۳ و۴] یکی از مهم‌ترین خطرهای تهدیدکنندهٔ آتش‌نشانان، استرس‌های حرارتی و شرایط جوّی نامناسب است که تحت تأثیر استفاده از تجهیزات فردی ممکن است به تنش گرمایی یا تشدید آن منجر شود. [۵ و ۶]

مشکلات سلامتی و اختلالات ناشی از مواجهه با گرما، شامل طیف وسیعی از اختلالات خفیف و متوسط تا شوک‌های گرمایی است. تنش گرمایی علاوه بر ایجاد مشکلات بهداشتی، عملکرد آتش‌نشانان را از لحاظ ایمنی تحت تأثیر قرار می‌دهد که حوادث جبران‌ناپذیری را سبب می‌گردد. [۷و۸]

تنظیم گرمای بدن به واسطهٔ برقراری تعادل در گرمای تولیدشده ناشی از متابولیسم و سوخت‌وساز بدن و مقدار اتلاف گرما برای حفظ دمای مرکزی بدن در دامنهٔ ۰/۵±۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد انجام می‌گیرد. [۹]

در برخی مطالعات، همبستگی متوسطی بین شاخص گرمایی، تغییرات محتوای بدن، آب از دست رفته و ضربان قلب وجود دارد. [۱۰]

طبق آمار رسمی سازمان ملّی حفاظت از حریق آمریکا ۱(NFPA) ۴/۲درصد از آسیب آتش‌نشان‌ها در سال ۲۰۱۴ ناشی از استرس حرارتی گزارش شده است. [۱۱]

بر اساس شواهد، مواجهه با استرس گرمایی اثر منفی بر عملکرد و رفتار انسان دارد. [۱۲]

عملیات نجات و اطفای حریق حرفه‌ای طاقت‌فرسا است که به‌واسطه نوع فعالیت و بار اضافی لباس محافظ بار گرمایی شدیدی به آتش‌نشان‌ها تحمیل می‌کند. محیط گرم نیز با به چالش‌کشیدن تعادل حیاتی دمای بدن به تنش گرمایی منجر می‌شود.[۱۳]

با توجه به اینکه آتش‌نشانان در معرض حرارت تابشی آتش یا هوای داغ قراردارند، لباس‌های محافظ حرارتی برای ماندن آنها در محیط‌های بسیار گرم تعیین‌کننده‌اند. [۱۴] این لباس‌ها می‌تواند تبادلات حرارتی میان انسان و محیط را محدود کند و فقدان آنها باعث ایجاد تنش‌های حرارتی، اختلالات جسمانی، روانی و کاهش راندمان کار و بهره‌وری گردد. [۱۶]

با توجه به اینکه شرایط محیطی و تجهیزات حفاظت فردی عواملی هستند که منجر به تنش گرمایی در آتش‌نشانان شده و بر کارایی آنها تأثیرگذار می‌باشد، لذا این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر تجهیزات حفاظت فردی بر شاخص‌های استرس گرمایی آتش‌نشانان طراحی و انجام شد.

روش تحقیق

مطالعهٔ حاضر یک بررسی توصیفی-تحلیلی از نوع مقطعی بود که در سال ۱۳۹۶ انجام شد. نمونهٔ مورد مطالعه ۳۰ نفر از کارکنان عملیاتی آتش‌نشانی شهرستان لارستان استان فارس است که به‌صورت سرشماری انتخاب شدند.

[1] national fire protection association

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

برای تعیین مواجهه گرمایی از شاخص دمای ترگویسان [1](WBGT) به عنوان یک شاخص تجربی و دقیق اندازه‌گیری در محیط صنعتی استفاده شده که استرس گرمایی افراد مواجهه یافته را نشان می‌دهد و می‌تواند به راحتی در محیط صنعتی برای تشخیص سریع به‌کار رود. [۱۷] از این شاخص تنها برای استانداردسازی محیط درون اتاقک آزمون استفاده گردید.

همچنین، می‌توان با برآورد میزان فعالیت و مقاومت حرارتی لباس و نیز اندازه‌گیری پارامترهای جوّی مانند دمای هوا، میانگین دمای تابشی، سرعت و رطوبت نسبی هوا، احساس حرارتی انسان را از طریق محاسبه میانگین رأی پیش‌بینی‌شده [2](PMV) برآورد کرد. این شاخص، میانگین پاسخ گروه زیادی از افراد را مطابق مقیاس احساس حرارتی سازمان آشری [3]پیش‌بینی می‌نماید. [۱۸ و ۱۹]

به‌علاوه، با محاسبه درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی [4](PPD) می‌توان درصد افرادی که احساس گرما یا سرمای زیاد می‌کنند را پیش‌بینی کرد. شاخص درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی را می‌توان از طریق شاخص میانگین رأی پیش‌بینی‌شده نیز محاسبه کرد. [۱۲ و ۲۰] از این دو شاخص برای ارزیابی استرس حرارتی آتش‌نشانان استفاده شد.

متابولیسم فرایندی بیومکانیکی است که به‌عنوان یک فرایند شیمیایی جامع برای تبدیل مواد غذایی و اکسیژن به کار مکانیکی (درونی و بیرونی) تعریف می‌شود. از آنجایی که قسمت اعظم انرژی شیمیایی موجود در بدن به انرژی گرمایی و سهم کمی از آن به انرژی مکانیکی (کار مفید) تبدیل می‌گردد، بنابراین برای محاسبهٔ متابولیسم می‌توان از انرژی مکانیکی صرف‌نظر و فقط انرژی گرمایی را در محاسبات منظور کرد. [۲۱]

برای ارزیابی لباس عاملی به‌نام مقاومت لباس یا ضریب کلو (Clo) تعریف و با کمیت بدون دیمانسیون سنجیده می‌شود. کلو مقاومت لباس در مقابل انتقال گرما از پوست بدن تا سطح خارجی لباس است. [۲۲]

از آنجاکه سطح فعالیتی آتش‌نشانان متوسط فرض شده، میزان متابولیسم و بار کاری ایجادشده مطابق استاندارد کشوری حدود ۵/۱ کیلوکالری بر دقیقه یا به‌طور تقریبی ۳۰۰ کیلوکالری برساعت است. این مقدار بار کاری معادل پیاده‌روی روی تردمیل با شیب صفر درجه با سرعت ۵/۵–۳/۵ کیلومتربر ساعت است. از طرفی با توجه به این سطح فعالیت و بار کاری، حد مجاز مواجهه شغلی [5](OEL) با استرس گرمایی برای هر آتش‌نشان با ۵۰–۲۵ درصد کار عملیاتی آتش‌نشانی در یک شیفت ۸ ساعته، ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد. [۲۳ و ۲۴]

لازم به ذکر است در این مطالعه دمای حد مراقبت به‌دلیل فرض سازگاری آتش‌نشانان با محیط کاری خود، در نظر گرفته نشده است، همچنین دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد با توجه به تأثیر ضریب مقاومت این نوع لباس آتش‌نشانی بر افزایش ۴ درجه‌ای حد مجاز مواجهه شغلی و تصحیح شاخص دمای

[1] wet-bulb globe temperature (WBGT)
[2] predicted mean vote (PMV)
[3] american society of heating, refrigerating & air-conditioning engineer
[4] predicted percentage of dissatisfied (PPD)
[5] occupational exposure limit

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

ترگویسان محاسبه شده است تا آتش‌نشان در محیطی با آسایش حرارتی مناسب به فعالیت بپردازد.

روش اجرایی این مطالعه شامل ۲ آزمون در دو حالت بدون استفاده از تجهیزات فردی آتش‌نشانی و با استفاده از تجهیزات فردی آتش‌نشانی بود. در آزمون اول، آتش‌نشانان مورد مطالعه بدون تجهیزات آتش‌نشانی و با فرض میزان مقاومت حرارتی لباس معمول روزانه به‌صورت ترکیبی معادل ۰/۵ کیلوگرم‌برمترمربع با شورت، پیراهن آستین کوتاه، شلوار نازک، جوراب نازک و کفش مطابق با استاندارد کشوری در اتاقک استاندارد محیطی (رطوبت نسبی=۲۲درصد و سرعت جریان هوا=۰/۸ متربرثانیه و با شاخص دمای ترگویسان =۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد) قرارداده تا با سرعت ۵/۵-۳/۵ کیلومتربرساعت روی تردمیل به مدت ۱۰ دقیقه پیاده‌روی کرده تا سطح فعالیت و بار کاری به حد موردنظر کیلومتر بر ساعت ۳۰۰ برسد. سپس در ۲۰ ثانیه ابتدایی زمان استراحت، نرخ ضربان قلب و متابولیسم اندازه‌گیری شد. این داده‌ها به همراه عوامل مؤثر بر اتاقک استاندارد محیطی (رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، شاخص دمای ترگویسان و ضریب مقاومت لباس) در ابزار محاسبه رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی وارد شده و محدوده احساس راحتی تحلیل گردید. کلیه داده‌های این آزمون به‌همراه سن و وزن آتش‌نشان در چک‌لیست ثبت شد.

در آزمون دوم آتش‌نشان‌ها یعنی همان افراد مورد مطالعه در آزمون اول، لباس آتش‌نشانی را نپوشیده و تنها آن را در دست گرفتند، زیرا شاخص دمای ترگویسان تصحیح شده ناشی از ضریب مقاومت لباس با افزایش شاخص دمای ترگویسان محیط اتاقک استاندارد جبران شد. از آنجاکه میزان مقاومت حرارتی لباس کار آتش‌نشانی به‌صورت ترکیبی شامل لباس زیر آستین کوتاه با پارچهٔ کوتاه، بلوز گرمکن زیر، شلوار و کاپشن گرمکن، کفش، جوراب ضریب مقاومت معادل ۱/۴ بود، بنابراین به میزان ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به حد مجاز مواجهه شغلی آزمایش اول اضافه گردید تا شاخص دمای ترگویسان به ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد برسد. پس فقط عاملی که در اتاقک استاندارد محیطی نسبت به آزمون اول تغییر کرد، دمای شاخص دمای ترگویسان محیط بود. در نتیجه وزن حاصل از تجهیزات حفاظت فردی، نرخ ضربان قلب و به تبع آن نرخ متابولیسم تغییر کرده و بر رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی تأثیر داشت. اگرچه در اتاقک استاندارد آزمون دوم، مقادیر رطوبت نسبی، سرعت جریان هوای اتاقک استاندارد و سرعت پیاده‌روی روی تردمیل ثابت مطابق با آزمون اول بود. اطلاعات حاصل نیز در چک‌لیست مربوطه ثبت شد. سپس با مقایسه نتایج حاصل از دو آزمون، میزان تأثیر تجهیزات حفاظت فردی آتش‌نشانی برتغییرات دو شاخص رأی پیش‌بینی‌شده و درصدپیش‌بینی‌شده نارضایتی ارزیابی گردید.

تجزیه‌وتحلیل داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS -۲۲ انجام شد. آزمون آماری t زوجی با هدف ارزیابی ارتباط معناداری یا عدم معناداری بین دمای حاصل از ضریب مقاومت لباس تجهیزات آتش‌نشانی و متابولیسم با رأی

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی و آزمون آماری رگرسیون با هدف تعیین میزان تأثیر دمای حاصل از ضریب مقاومت لباس، متابولیسم و وزن تجهیزات آتش‌نشانی بر رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی انجام شد.

یافته‌ها

نتایج دموگرافیک افراد مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین سن و سابقهٔ کار افراد موردمطالعه به ترتیب ۲۸/۷۳ و ۳/۰۷ سال و میانگین شاخص توده بدنی (BMI) آنها ۲۰/۱۹۳ کیلوگرم‌برمترمربع بود و ۴ نفر فوق‌دیپلم و ۲۶ نفر لیسانس داشتند.

جدول ۱: نتایج دموگرافیک افراد مورد مطالعه

متغیرهای دموگرافیک	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
سن (سال)	۲۸/۷۳	۲/۴۳۴	۲۵	۳۳
سابقهٔ کار (سال)	۳/۰۷	۲/۰۶۷	۱	۹
قد (سانتیمتر)	۱۷۲/۴۰	۲/۳۴۳	۱۶۹	۱۷۹
وزن (کیلوگرم)	۶۰/۰۳	۳/۳۰۶	۵۵	۶۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۰/۱۹۳	۱/۰۶۶۷	۱۸/۶	۲۲/۵

نتایج مربوط به آزمون اول (محاسبه رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی هر آتش‌نشان بدون تجهیزات آتش‌نشانی در دمای ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد) در جدول ۲ نشان داده شده است. ضربان قلب با واحد bpm و نرخ متابولیسم بر مبنای واحد MET بر اساس سن و وزن ۳۰ نفر از آتش‌نشانان در دمای ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد آورده شده که اندازه شاخص رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی هر یک مطابق با استاندارد آشری محاسبه گردید. احساس راحتی و آسایش هر آتش‌نشان بر اساس معیارهای داغ، گرم، مختصری گرم، طبیعی یا خنثی، مختصری خنک، خنک و سرد، نیز نشان داد که به‌طور ۱۰۰درصد این احساس طبیعی است.

جدول ۲: نتایج مربوط به دو آزمون مورد مطالعه

متغیر مورد مطالعه	آزمون اول	آزمون دوم
میانگین ضربان قلب (bpm)	۱۰۶/۵۷	۱۲۰/۴۳
میانگین نرخ متابولیسم (مت)	۲/۴۹	۲/۵۴
میانگین وزن	۶۰/۰۳	۷۵/۷
میانگین رأی پیش‌بینی‌شده	۰/۲۶	۱/۷۰
میانگین درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی	۶/۸۳درصد	۶۰/۹۷درصد
احساس آسایش غالب	طبیعی(خنثی)	گرم

نتایج آزمون دوم (محاسبه رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی هر آتش‌نشان با تجهیزات آتش‌نشانی در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد) در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به شاخص ضریب مقاومت لباس برابر با ۱/۴، مقدار ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به شاخص دمای ترگویسان محیط افزوده شد تا بدن در شرایط آسایش قرار گیرد، لذا شاخص دمای ترگویسان محیط به ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافت. در این جدول، مقادیر وزن از مجموع اوزان تجهیزات حفاظت فردی یک فرد آتش نشان (حدود ۱۵ کیلوگرم) حاصل شد. میانگین ضربان قلب در آزمون دوم به میزان ۱۳/۸۶ تپش در دقیقه، میانگین نرخ متابولیسم به میزان ۲درصد، میانگین وزن به میزان ۱۵/۶۷ کیلوگرم، میانگین رأی پیش‌بینی‌شده به‌میزان ۱/۴۴ و میانگین درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی به میزان ۵۴/۱۴ نسبت به

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

آزمون اول افزایش یافته است. همچنین احساس آسایش و راحتی از وضعیت خنثی در آزمون اول به وضعیت گرم در آزمون دوم تغییر یافت. تغییرات در آزمون دوم نشان می‌دهد که تجهیزات حفاظت فردی آتش‌نشانان می‌تواند مستقل از شرایط آب‌وهوایی محیط، منجر به تشدید تنش گرمایی در آنها گردد. به‌علاوه، نتایج ارزیابی احساس راحتی و آسایش آتش‌نشانان نشان داد که در محدوده گرم و کمی گرم قرار دارد. این مقدار تغییر در شاخص‌های استرس حرارتی حاصل از ضریب مقاومت لباس آتش‌نشانی، متابولیسم و وزن ناشی از تجهیزات حفاظت فردی آتش‌نشانی است. نتایج آزمون t نمونه‌های جفتی نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد و سطح معناداری ۰/۰۵ ارتباط معناداری بین دمای حاصل از ضریب مقاومت لباس تجهیزات آتش‌نشانی و متابولیسم با مقادیر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی وجوددارد ($p<۰/۰۰۱$) برای تشخیص اینکه چه مقدار از این تغییر ناشی از هریک از این عوامل است، از مدل‌سازی بر مبنای تحلیل رگرسیونی استفاده شد.

جدول ۳: نتایج تحلیل رگرسیونی برازش متغیر وابسته رأی پیش‌بینی‌شده

پارامتر	ضرایب غیر استاندارد		ضریب استاندارد بتا	t	p-value
	B	خطای استاندارد			
دما	۱/۳۹۲	۰/۰۱۳	۰/۹۵۰	۱۱۰/۳۱۹	۰/۰۰۱
متابولیسم	۰/۷۰۴	۰/۰۲۸	۰/۲۲۰	۲۵/۵۰۴	۰/۰۰۱

در جدول ۳ نتایج ضرایب تحلیل رگرسیونی هریک از متغیرهای موجود در مدل در برازش متغیر وابسته با هدف تأثیر هم‌زمان متغیرهای متابولیسم و دما بر تغییرات رأی پیش‌بینی‌شده نشان داده شده است. نتایج تحلیلی نشان داد که تأثیر متابولیسم (β=/۲۲۰ و $p<۰/۰۰۱$) و دما (β=۰/۹۵۰ و $p<۰/۰۰۱$) بر شاخص رأی پیش‌بینی‌شده معنادار بود. معادله رگرسیونی به‌دست آمده عبارت بود از:

$$PMV=/۷۰۴ \times (\text{متابولیسم}) + ۱/۳۹۲ \times (\text{دما}) - ۲/۸۸۴$$

در جدول ۵ مقادیر ضرایب مسیر مربوط به این مدل پژوهش آورده شده است. نتایج بررسی مدل رگرسیونی نشان داد که ارتباط بین وزن و ضربان قلب (β =۰/۷۶، $P<۰/۰۵$) معنادار بود. همچنین ارتباط بین ضربان قلب و متابولیسم (β =۰/۳۴، $P<۰/۰۵$) و در نهایت ارتباط بین متابولیسم و رأی پیش‌بینی‌شده (β =۰/۳۲، $P<۰/۰۵$)، همچنین ارتباط متابولیسم و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی (β=۰/۳۱، $P<۰/۰۵$) معنادار به‌دست آمد. به عبارت دیگر، بر اساس کوچکتر بودن سطوح معناداری به‌دست آمده از مقدار عددی ۰/۰۵ می‌توان نتیجه گرفت که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ارتباط بین این متغیرها معنادار می‌باشد. نتایج نشان داد که سهم استاندارد تأثیر وزن بر رأی پیش‌بینی‌شده برابر ۸/۴ درصد و سهم استاندارد تأثیر وزن بر درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی برابر ۸/۱ درصد، بود به این معنا که ۸/۴ درصد پراکندگی رأی پیش‌بینی‌شده و ۸/۱ درصد پراکندگی درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی به کمک شاخص وزن قابل توصیف می‌باشد.

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

جدول۴: نتایج تحلیل رگرسیونی برازش متغیر وابسته درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی

پارامتر	ضرایب غیراستاندارد		ضریب استاندارد بتا	t	p-value
	B	خطای استاندارد			
دما	۵۲/۸۵۲	۱/۲۸۲	۰/۹۴۰	۴۱/۲۱۳	۰/۰۰۱
متابولیسم	۲۵/۵۴۱	۲/۸۰۳	۰/۲۰۸	۹/۱۱۳	۰/۰۰۱

در جدول ۴ نتایج ضرایب تحلیل رگرسیونی هر یک از متغیرهای موجود در مدل در برازش متغیر وابسته با هدف تأثیر هم‌زمان متغیرهای متابولیسم و دما بر تغییرات شاخص درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی نشان داده شد که بر اساس نتایج مدل‌سازی تأثیر متابولیسم (β=۰/۲۰۸ و $p<$۰/۰۰۱) و دما (β=۰/۹۴۰ و $p<$۰/۰۰۱) بر درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی معنادار است.

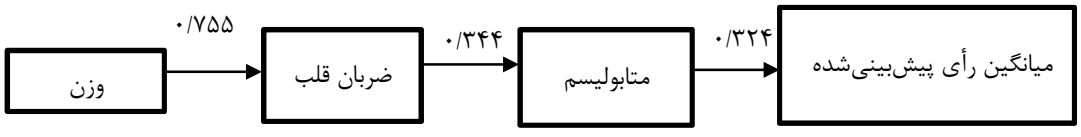
معادله رگرسیونی به‌دست آمده عبارت است از:

۱۰۹/۷۰۰- (دما) × ۵۲/۸۵۲ + (متابولیسم) ×

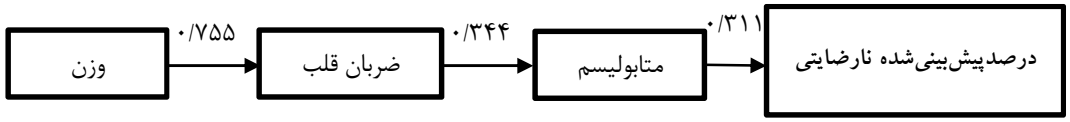
۲۵/۵۴۱= درصدپیش‌بینی‌شده نارضایتی

برای مقایسه میزان اثر هریک از متغیرهای دما و متابولیسم از مقایسه مقادیر ضرایب رگرسیونی استاندارد (β) مربوط به هر متغیر در تأثیر بر رأی پیش‌بینی‌شده و درصدپیش‌بینی‌شده نارضایتی استفاده شد. ضریب رگرسیونی استانداردشده سهم نسبی متغیر مستقل را در تبیین تغییرات متغیر وابسته مشخص می‌کند. یعنی هرچه مقدار ضریب بتای یک متغیر بیشتر باشد، نقش آن در پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته بیشتر است. مطابق جداول ۳ و ۴ نتایج حاکی از آن است که به صورت قابل ملاحظه‌ای، تأثیر دما بر رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی بیشتر از تأثیر متابولیسم است. ازآنجاکه وزن مستقیماً روی ضربان قلب و ضربان قلب مستقیماً روی متابولیسم تأثیرگذار است، می‌توان از ارتباط میان ضربان قلب و متابولیسم بر رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی، تأثیر غیرمستقیم وزن بر این شاخص‌های استرس گرمایی را سنجید. به منظور بررسی این فرضیه، ابتدا مقادیر ضرایب مسیر مربوط به مدل پژوهش محاسبه شد. مقادیر ضرایب مسیر استاندارد مربوط به مدل، در مدل‌های زیر ارائه شده است:

مدل ۱:



مدل ۲:



[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

جدول ۵: مقادیر ضرایب مسیر مربوط به مدل‌های ارائه شده ۱ و ۲

مسیر	مدل	ضریب غیراستاندارد	مستقیم	غیرمستقیم	کل	معناداری
وزن←ضربان قلب	مشترک	۰/۶۴۸	۰/۷۵۵	–	۰/۷۵۵	۰/۰۰۱
ضربان قلب←متابولیسم		۰/۰۱۱	۰/۳۴۴	–	۰/۳۴۴	۰/۰۰۵
وزن←متابولیسم		۰/۰۰۷	–	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	<۰/۰۵
متابولیسم←میانگین رأی پیش‌بینی‌شده	مدل ۱	۱/۰۳۷	۰/۳۲۴	–	۰/۳۲۴	۰/۰۰۹
وزن←میانگین رأی پیش‌بینی‌شده		۰/۰۰۸	–	۰/۰۸۴	۰/۰۸۴	<۰/۰۵
ضربان قلب←میانگین رأی پیش‌بینی‌شده		۰/۰۱۱	–	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	<۰/۰۵
متابولیسم←درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی	مدل ۲	۳۸/۲۰۵	۰/۳۱۱	–	۰/۳۱۱	۰/۰۱۲
وزن←درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی		۰/۲۷۸	–	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	<۰/۰۵
ضربان قلب←درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی		۰/۴۰۶	–	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷	<۰/۰۵

بحث

با توجه به ارزیابی تأثیر تجهیزات آتش‌نشانی بر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی و صرف‌نظر از عوامل محیطی مانند رطوبت و سرعت جریان هوا، و از طرفی کمبود مطالعاتی که فقط با توجه به روش اجرای این طرح و همچنین موضوع مطالعه همخوانی داشت، لذا به ذکر اندک مطالعات مشابه برای مقایسه با این طرح اکتفا شده است. منظور از دما در این مطالعه، دمای حاصل از ضریب مقاومت لباس می‌باشد.

همانگونه که در مدل‌های ۱ و ۲ در این مطالعه مشاهده شد، تأثیر دما چشمگیرتر از تأثیر متابولیسم بر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی بود.

Awbi (۲۰۰۳) در محاسبهٔ شاخص رأی پیش‌بینی‌شده، میزان فعالیت (میزان متابولیکی) و مقاومت لباس (مقاومت حرارتی لباس) و پارامترهای محیطی شامل دمای هوا، میانگین دمای تابشی، سرعت نسبی هوا و فشار جزئی بخار آب را ضروری دانسته [۲۵]، به‌علاوه استاندارد ایزو۷۷۳۰ و برخی دیگر از مطالعات تعیین مقدار شاخص درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی را بر اساس محاسبه و تعیین شاخص رأی پیش‌بینی‌شده بیان کرده است [۱۲، ۲۶ و ۲۷]، امّا در این مطالعه محاسبه شاخص درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی به‌طور مستقل از رأی پیش‌بینی‌شده و بر اساس تغییرات دما و متابولیسم صورت گرفت، تا صرف‌نظر از شرایط آب‌وهوایی محیط، تنها تأثیر این دو عامل ناشی از تجهیزات حفاظت فردی بر تنش گرمایی آتش‌نشانان ارزیابی گردیده و معادله یا رابطه مرتبط با آن استخراج شود. قابل ذکر است که آسایش یا راحتی حرارتی بر اساس استاندارد ANSI/ASHRAE-SS-1981 به

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

شرایطی اطلاق می‌شود که در آن فرد از وضعیت حرارتی محیط به لحاظ روانی راضی است. [۲۸]

یافته‌های این مطالعه نشان داد که در آزمون اول، محدوده ضربان قلب بین ۱۰۲ تا ۱۱۱ تپش در دقیقه، محدوده متابولیسم بین ۲/۱ تا ۲/۹ مت و محدوده وزن بدون تجهیزات حفاظت فردی بین ۵۵ تا ۶۵ کیلوگرم به‌دست آمده و دما در این آزمون ۲۶ درجهٔ سانتی‌گراد و مقادیر رأی پیش‌بینی‌شده ۰/۴۹-۰/۰۴ و مقادیر درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی بین ۵درصد تا ۱۰درصد متغیر بود. بر این اساس و مطابق با استاندارد اَشری ۵۵ محدوده احساس راحتی در این مرحله را طبیعی و در حد مجاز می‌باشد. [۲۹]

در آزمون دوم، محدوده ضربان قلب بین ۱۱۴ تا ۱۲۵ تپش در دقیقه، محدوده متابولیسم بین ۲/۱۴۱ تا ۲/۹۵۹ مت و محدوده وزن بین ۷۰ تا ۸۰ کیلوگرم به‌دست آمد که این افزایش وزن به‌دلیل استفاده از تجهیزات حفاظت فردی آتش‌نشانی بود. دما در این آزمون ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد بود که به‌دلیل تأثیر ضریب مقاومت لباس آتش‌نشانی به میزان ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به شاخص دمای ترگویسان محیط افزوده شد. با توجه به عوامل مؤثر تجهیزات حفاظت فردی آتش‌نشان بر تنش گرمایی مانند دمای حاصل از ضریب مقاومت لباس و متابولیسم و وزن، شاهد افزایش رأی پیش‌بینی‌شده به میزان ۲/۱۰-۱/۳۰ و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی به میزان ۴۰ تا ۷۷ درصد بودیم. لذا، بر اساس این یافته‌ها و همچنین مطابق با استاندارد اَشری- ۵۵ (۲۰۱۰) و با توجه به مقادیر شاخص‌های تنش گرمایی، محدوده احساس راحتی در این مرحله از آزمون بین کمی گرم و گرم قرار می‌گیرد. [۳۰]

همچنین بر اساس استاندارد ایزو ۷۷۳۰، دما و ضریب مقاومت حرارتی لباس و متابولیسم از عوامل مؤثر بر رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی است. [۲۶]

با توجه به مقدار ضریب بتای دمای حاصل از ضریب مقاومت لباس و متابولیسم در شاخص‌های آسایش حرارتی رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی به‌دست آمده از مدل، همچنین تحلیل رگرسیونی وزن ناشی از تجهیزات حفاظت فردی می‌توان اذعان داشت که دمای حاصل از ضریب مقاومت ناشی از تجهیزات حفاظت فردی آتش‌نشانی بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی دارد، زیرا هرچه مقدار ضریب بتای یک متغیر بیشتر، نقش آن در پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته بیشتر است.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که تجهیزات آتش‌نشانی می‌تواند بر تنش گرمایی مؤثر باشد، بدین معنی که افزایش وزن ناشی از تجهیزات حفاظت فردی منجر به افزایش ۱تا۲درصدی متابولیسم ناشی از تغییرات ضربان قلب می‌شود که با افزایش دما تغییرات چشمگیر شاخص‌های رأی پیش‌بینی‌شده و درصد پیش‌بینی‌شده نارضایتی ایجاد می‌گردد. بر اساس مطالعات متخصصان ورزشی، افزایش وزن بیشتر صرف تعریق بدن می‌شود. از آنجایی‌که شرایط محیطی و تجهیزات حفاظت فردی دو عاملی هستند

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

که منجر به تنش گرمایی در آتش‌نشانان می‌شوند. تنش گرمایی ناشی از تجهیزات حفاظت فردی توسط فرد آتش‌نشان قابل کنترل است که برای کنترل آن با بهره‌گیری از مدل‌های ۱ و ۲ در این مطالعه می‌توان از جلیقه‌های خنک کننده‌ای استفاده کرد تا آن را به میزان بزرگتر یا مساوی دمای حاصل از ضریب مقاومت ناشی از تجهیزات حفاظت فردی کاهش داد.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از آتش‌نشانان شرکت کننده در این مطالعه اعلام می‌دارند.

References

1. Smith TD & etal. Assessment of relationships between work stress, work-family conflict, burnout and firefighter safety behavior outcomes. Safety science. 2018;103:287-92.
2. Henderson SN& etal. Firefighter suicide: understanding cultural challenges for mental health professionals. Professional psychology: research and practice. 2016;47(3):224.
3. Witt M, & etal. Analysis of the impact of harmful factors in the workplace on functioning of the respiratory system of firefighters. Ann Agric Environ Med. 2017;24(3):406-10.
4. Moradi F, Jafari HA & Hendiani A. Investigating the effective factors on task force occupational stress of firefighting organization of tehran municipality. International Journal of Humanities and Cultural Studies (IJHCS) ISSN 2356-5926. 2016;2(2):622-31. [In Persian]
5. Cheung SS, Lee JK, Oksa J. Thermal stress, human performance, and physical employment standards. Applied physiology, nutrition, and metabolism. 2016;41(6):S148-S64.
6. Song G, Mandal S, Rossi R. Thermal protective clothing for firefighters: Woodhead Publishing; 2016.
7. Dirisu J, Fayomi O, Oyedepo S, Mmuokebe J. Performance assessment of the firefighting personal protective tunic. Energy Procedia. 2019;157:405-18.
8. Eryuruk S, Koncar V, Kalaoglu F, Gidik H, Tao X, editors. Thermal comfort properties of firefighters' clothing with underwear. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2018: IOP Publishing.
9. Dudar MD, Caruso R, Schlicht E, Denby K, Matias AA, Ives SJ. Effects of wrist cooling on recovery from exercise-induced heat stress with firefighting personal protective equipment: 2969 Board 252 June 1 3. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2018;50(5S):737.
10. McQuerry M, Barker R, DenHartog E. Relationship between novel design modifications and heat stress relief in structural firefighters' protective clothing. Applied ergonomics. 2018;70:260-8.
11. Haynes HJ, Molis JL. US firefighter injuries-2014: National Fire Protection Association. Fire Analysis and Research Division; 2015.
12. Parsons K. Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance: CRC press; 2014.
13. Gallagher M, Robertson RJ, Goss FL, Nagle-Stilley EF, Schafer MA, Suyama J, et al. Development of a perceptual hyperthermia index to evaluate heat strain during treadmill exercise. European journal of applied physiology. 2012;112(6):2025-34.
14. Chen M, Zhu F, Feng Q, Li K, Liu R. experimental study on moisture transfer through firefighters'protective fabrics in radiant heat exposures. Thermal Science. 2017;21(4):1665-71.
15. Hostler D, Reis SE, Bednez JC, Kerin S, Suyama J. Comparison of active cooling devices with passive cooling for rehabilitation of firefighters performing exercise in thermal protective clothing: a report from the Fireground Rehab Evaluation (FIRE) trial. Prehospital emergency care. 2010;14(3):300-9.
16. Dehghan H, Parvari R, Habibi E, Maracy MR. Effect of fabric stuff of work clothing on the physiological strain index at hot conditions in the climatic chamber. International Journal of Environmental Health Engineering. 2014;3(1):14. [In Persian]
17. Majid M, Parvin S. Evaluation of the workers exposure to heat and presenting intervention to control heat stress in

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

profile factory. Muhandisī-i bihdāsht-i ḥirfah/ī. 2014;1(3):53-9. [In Persian]
18. Yau Y, Chew B. A review on predicted mean vote and adaptive thermal comfort models. Building Services Engineering Research & Technology. 2014;35(1):23-35.
19. Schiavon S, Hoyt T, Piccioli A .Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55. Building Simulation, Springer.2014
20. Humphreys MA, Nicol JF. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in everyday thermal environments. Energy and buildings. 2002;34(6):667-84.
21. Baumgard LH, Rhoads Jr RP. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. Annu Rev Anim Biosci. 2013;1(1):311-37.
22. Wang F, Kuklane K, Gao C, Holmér I. Can the PHS model (ISO7933) predict reasonable thermophysiological responses while wearing protective clothing in hot environments. Physiological measurement. 2010; 2(2): 239.
23. Zamanian Z, Sedaghat Z, Hemehrezaee M, Khajehnasiri F. Evaluation of environmental heat stress on physiological parameters. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2017;15(1):24. [In Persian]
24. Heidari H, Golbabaei F, Shamsipour A, Forushani AR, Gaeini A. Outdoor occupational environments and heat stress in Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 2015; 13(1):48. [In Persian]
25. Awbi HB. Ventilation of buildings: Taylor & Francis; 2003.
26. Olesen BW, Parsons K. Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730. Energy and buildings. 2002;34(6):537-48.
27. Alfano FRdA, Ianniello E, Palella BI. PMV–predicted percentage of dissatisfied and acceptability in naturally ventilated schools. Building and Environment. 2013;67:129-37.
28. Gardiner K, Harrington JM. Occupational hygiene: John Wiley & Sons; 2008.
29. Dear R, Recent enhancements to the adaptive comfort standard in ASHRAE 55-2010. Proceedings of the 45th annual conference of the Architectural Science Association Sydney, Australia: ANZAScA; 2011.
30. Ashrae A, Standard A 55. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta. American Society of Heating,Refrigerating & Air-Conditioning Engineers, Inc. 2010.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]

Assessment the effect of individual protection equipment on firefighters' heat stress

Hamed Nabizadeh, MSc, Department of Occupational Health Engineering, Larestan University of Medical Sciences, Fars, Iran
Corresponding author: Ahmad Soltanzadeh, Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Email: soltanzadeh.ahmad@gmail.com
Hamid Reza Heidari, Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Ali Fardi, MSc, Department of Occupational Health Engineering, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran
Received: July 14, 2018 **Accepted:** February 12, 2019

Abstract

Background: One of the most important complications of heat stress in firefighters is the error of operating in safety that causes irreparable occurrence. Therefore, this study was carried out to evaluate the effect of personal protective equipment (PPE) on firefighters' heat stress in 2018.

Method: This cross-sectional descriptive-analytic study was done on 30 operational firefighters in Larestan, Fars province. The study was conducted in a standard environmental chamber with the same firefighting equipment and an evaluation the effect of temperature and metabolism derived from personal protective equipment on average indices and predicted percentage of dissatisfaction (PPD).

Findings: The findings showed that the weight of personal protective equipment affects the heart rate and metabolism indirectly and leads to changes in the predicted average score and the predicted percentage of dissatisfaction. The impact assessment of the weight of personal protective equipment and coefficient of clothing resistance (Clo coefficient) on the predicted ratings and predicted percentage of dissatisfaction showed that the fire resistance coefficient of firefighting clothing has a greater effect on these indices. ($p<001$)

Conclusion: The results indicated that the use of personal protective equipment as well as the fire resistance coefficient of fire was effective in the predicted ratings and predicted percentage of dissatisfaction. Therefore, cooling vests can be used for firefighters in order to prevent heat stress and to reduce the thermal stresses caused by temperature, metabolism, and the weight of personal protective equipment. It also cools the body's internal temperature to a reasonable level of predicted rating and a predicted percentage of dissatisfaction.

Keywords: firefighters, thermal stress, personal protective equipment, predicted average, predicted percent of dissatisfaction

[Downloaded from jorar.ir on 2022-08-30]