Journal of Sport and Exercise Physiology
2024, 17(2): 95-108

Orginal Article

The Effects of 8 weeks of high intensity interval training and high intensity functional training on physical performance and volume of firefighters' self-contained breathing apparatus

Afshin Seraji[1], Sajad Ahmadizad[1*], David J. Cronell[2]

1. Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Physiotherapy and Kinesiology, Zuckerberg College of Health Sciences, Lowell University of Massachusetts, USA

Abstract

Background and Purpose: Firefighting is a high-risk profession that requires high physical fitness, and it is important to have regular exercise to maintain optimal physical fitness and health. However, there is a little research on the best types and methods of training to improve the performance of firefighters and reduce the volume of self-contained breathing apparatus (SCBA) used in duty. Therefore, the purpose of this study was to investigate and compare the effect of 8 weeks of high-intensity interval and functional training on cardiorespiratory fitness (VO_2max) and the used volume of SCBA in firefighters.

Materials and Methods: Thirty-nine firefighters working in the fire department of Tehran participated in the study and were randomly allocated in the three groups of control, HIIT and HIFT. Subjects in HIIT group performed 8 weeks of Tabata exercises with body weight, which were 4 exercises in the first two weeks and were increased to 6 and 8 exercises in the 6th and 8th weeks, respectively. In each session, they had 10 min general warm up, thereafter they performed 8 sets of each exercise, where sets included 20 s activity followed by 10 s rest and 2 min rest was allowed between exercises. Subjects in HIFT group had similar program to the HIIT group, with the exception that the exercises they performed were those exercises in the standard simulated test for firefighters which were performed based on the Tabata methods (20 s activity followed by 10 s rest). Two days before training and 48 hours after the last training session the VO_2max test (Bruce's protocol) and simulated firefighting test were carried out.

Results: The statistical analysis of the data showed that HIFT and HIIT caused a significant increase in maximal oxygen uptake (VO_2max) and performance, and a significant decrease in the volume of SCBA used in firefighters ($p<0.05$), though, these changes were not significantly different between HIIT and HIFT groups ($p<0.05$). VO_2max increased by 6.35% and 4.26% in HIFT and HIIT groups, and performance increased by 5.21 and 4.74%, following HIFT and HIIT, respectively. In addition, VO_2/HR increased by 11.64 and 6.52% in HIIT and HIIT groups, respectively, while, the volume of SCBA used decreased by 14.41% and 11.44%, respectively. However, the results of repeated measures of ANOVA showed no

* Corresponding Author's E-mail: s_ahmadizad@sbu.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.235532.1242
Received: 02/05/2024 Revised: 07/06/2024 Accepted: 11/06/2024

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

significant between-group differences for RER (P=0.269), HR (P=0.595), VE (P=0.392), VE/VO_2 ratio (P0.778) =) and VE/VCO_2 ratio (P=0.778).

Conclusion: According to the results of the present study it could be concluded that 8 weeks of HIFT and HIIT can improve cardiorespiratory fitness (VO_2max), performance, and the volume of SCBA used in firefighters, and that performing these types of training based on the Tabata's method is advised to firefighters.

Keyword: Interval Training, Functional Training, Firefighters' Performance, Maximum Oxygen Uptake, Physical Fitness

How to cite this article: Seraji A, Ahmadizad S, Cronell D.J. The Effects of 8 weeks of high intensity interval training and high intensity functional training on physical performance and volume of firefighters' self-contained breathing apparatus. J Sport Exerc Physiol. 2024;17(2):95-108.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۲، صفحه‌های ۹۵-۱۰۸

مقاله پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی و عملکردی پرشدت بر عملکرد جسمانی و حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان

افشین سراجی[۱]، سجاد احمدی‌زاد [۱*]، دیوید جی کرونل[۲]

۱. گروه علوم زیستی ورزش، دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه فیزیوتراپی و حرکت‌شناسی، کالج علوم بهداشت زاکر برگ، دانشگاه لاول ماساچوست، آمریکا

چکیده

زمینه و هدف: آتش‌نشانی حرفه‌ای پرخطر و نیازمند آمادگی جسمانی بالاست و داشتن تمرینات ورزشی منظم برای حفظ آمادگی جسمانی و سلامت مطلوب اهمیت دارد. با وجود این در خصوص بهترین نوع و روش‌های تمرینی برای بهبود عملکرد آتش‌نشانان و فاکتورهای تنفسی و کم شدن حجم استفاده‌شده از دستگاه تنفسی که دارای ظرفیت محدودی است، تحقیقات اندکی صورت گرفته است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی و عملکردی پرشدت بر فاکتورهای تنفسی و حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان بود.

مواد و روش‌ها: شرکت‌کنندگان در این پژوهش ۳۹ نفر (۵/۰ ±۳۱/۶ سال) از آتش‌نشانان شاغل در بخش عملیات آتش‌نشانی تهران بودند که به‌طور تصادفی در سه گروه کنترل، تمرینات تناوبی شدید (HIIT) و تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) قرار گرفتند. آزمودنی‌های گروه HIIT به مدت هشت هفته تمرینات تاباتا با وزن بدن را انجام دادند که در هفته‌های اول و دوم شامل چهار حرکت و در هفته‌های سوم و ششم به‌ترتیب به شش و هشت حرکت افزایش یافتند. پیش از هر جلسه فعالیت ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی داشتند و سپس هر حرکت را در هشت ست متوالی ۲۰ ثانیه فعالیت و ۱۰ ثانیه استراحت اجرا کردند و بین حرکات دو دقیقه استراحت داشتند. آزمودنی‌های گروه تمرینات HIFT دقیقاً پروتکل مشابه با گروه HIIT را انجام دادند، با این تفاوت که حرکات انجام‌شده بر اساس آزمون عملکردی شبیه‌سازی‌شدهٔ استاندارد آتش‌نشانی انتخاب و به روش تاباتا (۲۰ ثانیه فعالیت و ۱۰ ثانیه استراحت) انجام شدند. دو روز پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی آزمون VO_2max (پروتکل بروس) و آزمون عملکردی شبیه‌سازی‌شدهٔ آتش‌نشانی انجام گرفت.

نتایج: تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها نشان داد تمرینات HIFT و HIIT سبب افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی، عملکرد و کاهش معنادار در حجم استفاده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان شدند (P<۰/۰۵)، اما بین تغییرات این متغیرها در گروه‌های HIIT و HIFT تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). در گروه HIFT وHIIT مقدار VO_2max به‌ترتیب ۶/۳۵ و ۴/۲۶ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج عملکرد در دو گروه HIFT و HIIT به‌ترتیب ۵/۲۱ و ۴/۷۴ درصد افزایش نشان داد و در دو گروه HIFT وHIIT متغیر VO_2/HR به‌ترتیب ۱۱/۶۴ و۶/۵۲ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد در دو گروه HIFT و HIIT حجم استفاده‌شده از دستگاه تنفسی آتش‌نشانان به‌ترتیب ۱۴/۴۱ و ۱۱/۴۴ درصد کاهش یافت. با این حال، نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های مورد بررسی در میزان نسبت تبادل تنفسی (RER)، ضربان قلب (HR)، تهویهٔ دقیقه‌ای (VE)، نسبت VE/VO_2 و نسبت VE/VCO2 وجود نداشت (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هشت هفته تمرینات HIFT و HIIT می‌تواند سبب افزایش

* رایانامه نویسنده مسئول: s_ahmadizad@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲

VO_2max، بهبود عملکرد در فاکتورهای تنفسی و کاهش در حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان شود و اینکه بین تأثیر این دو نوع تمرین تفاوتی وجود ندارد. پس اجرای هر دو این تمرینات به روش تاباتا برای آتش‌نشانان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آمادگی جسمانی، تمرینات اینتروال، تمرینات کاربردی، حداکثر اکسیژن مصرفی، عملکرد آتش‌نشانان.

نحوه استناد به این مقاله: سراجی ا، احمدی زاد س، جی کرونل د. تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی و عملکردی پرشدت بر عملکرد جسمانی و حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۳؛۱۷(۲):۹۵-۱۰۸.

مقدمه

انجمن ملی حفاظت از آتش‌نشانی توصیه کرده است که همهٔ بخش‌های آتش‌نشانی آزمون آمادگی جسمانی آتش‌نشانان را سالانه انجام دهند و مدیران ارشد آتش‌نشانی برنامه‌های مرتبط با فعالیت بدنی را به‌صورت منظم به اجرا در بیاورند. انجمن ملی آتش‌نشانی آمریکا حداقل ظرفیت هوازی حدود ۴۲ میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن را برای انجام وظایف مربوط به شغل آتش‌نشانی به‌طور ایمن و کارامد تعیین کرده است (۱). افزون بر این آتش‌نشانان و امدادگران تحت تأثیر فشار گرمایی در فعالیت‌های جسمانی‌اند و پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که اطفای حریق و لباس‌های آتش‌نشانان موجب می‌شوند که نیازهای فیزیولوژیکی بیشتری در آنها ایجاد شود و این تقاضا به‌صورت فشار قلبی- عروقی بیشتر، تقاضای بیشتر اکسیژن در زمان فعالیت و تبادل گازی بیشتر است که موجب کم شدن زمان فعالیت و عملکرد آتش‌نشانان می‌شود (۲).

تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) یک روش تمرینی مؤثر برای بهبود سریع آمادگی قلبی- تنفسی است (۳). بر اساس نتایج تحقیقات این نوع تمرینات از نظر زمانی و تأثیرات فیزیولوژیکی خیلی مؤثرتر از تمرینات سنتی عمل می‌کنند و سبب بهبود آمادگی جسمانی، VO_2max و عملکرد جسمانی می‌شوند (۴). همچنین تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) روش نسبتاً جدیدی نسبت به تمرینات HIIT است که با آن مقایسه می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات HIIT و HIFT می‌توانند سبب بهبود چشمگیری در سطح حداکثر اکسیژن مصرفی، به تأخیر افتادن زمان خستگی هنگام فعالیت‌های بدنی و همچنین سازگاری قلبی - عروقی بهتری نسبت به تمرینات ترکیبی سنتی در مدت زمان کوتاهی شوند (۴، ۵). اطفای حریق به‌عنوان کار خطرناک شناخته شده است که مجموعه‌ای منحصربه‌فرد از عوامل استرس‌زاست و سبب می‌شود آتش‌نشانان کار عضلانی طولانی و سخت انجام دهند. آنها باید از پله‌ها و نردبان‌ها بالا بروند، وسایل سنگین را حمل کنند، اغلب در طبقات بالا یا در موقعیت‌های ناپایدار اقدام به عملیات می‌کنند و ممکن است از آنها بخواهند که عملیات نجات سخت را انجام دهند. هر ساله تعداد زیادی از آتش‌نشانان مصدوم می‌شوند و تعدادی هم به‌سبب نداشتن آمادگی جسمانی مناسب حین عملیات دچار حادثه و مرگ می‌شوند. علت اصلی مرگ در حین انجام وظیفه در بین آتش‌نشانان حوادث ناگهانی قلبی است که تقریباً ۴۵ درصد مرگ‌های در حال انجام وظیفه را تشکیل می‌دهد. در واقع شغل آتش‌نشانی به تناسب اندام و ظرفیت هوازی، ظرفیت بی‌هوازی، قدرت و استقامت عضلانی بالایی نیاز دارد (۶). با توجه به اینکه بسیاری از ایستگاه‌های آتش‌نشانی اغلب به تجهیزات تناسب اندام مجهز نیستند تا آتش‌نشانان بتوانند هنگام انجام وظیفه با آنها تمرین کنند و تمرینات سنتی مقاومتی یا استقامتی نمی‌تواند راندمان و پیشرفت همه‌جانبه را برای آنها به‌وجود بیاورد (۷، ۸)، شاید استفاده از تمرینات HIIT که اخیراً در بین ورزشکاران و همچنین افراد دارای مشاغل خاص مورد استقبال قرار گرفته است، گزینهٔ خوب و بهینه‌ای از لحاظ پیشرفت و صرفه‌جویی در زمان باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات HIIT وHIFT می‌توانند موجب بهبود چشمگیری در سطح حداکثر اکسیژن مصرفی، به تأخیر افتادن زمان خستگی هنگام فعالیت‌های بدنی و همچنین سازگاری قلبی-عروقی بهتری نسبت به تمرینات تداومی در مدت زمان کوتاهی شوند (۹). در واقع تمرینات HIIT به‌طور معمول شامل فعالیت‌های شدید نسبتاً کوتاه با دوره‌های استراحتی مختلف است و تمرینات HIFT تمرینات عملکردی کوتاه‌مدتی‌اند که سازگاری‌های متابولیکی و قلبی-

تنفسی را ایجاد می‌کنند (۱۰). آتش‌نشانان باید کار خود را هنگام پوشیدن تجهیزات محافظت شخصی انجام دهند و همراه داشتن و پوشیدن این تجهیزات برای محافظت از آن‌ها ضروری است. اما به‌دلیل وزن بالا (حدود ۲۳ کیلوگرم) و همچنین خاصیت عایق بودن آن‌ها، بار فیزیولوژیکی زیادی را نیز بر آتش‌نشانان تحمیل می‌کنند و به فشار فیزیولوژیکی زیادی به‌ویژه در سیستم‌های تنظیم حرارت و قلب و عروق منجر می‌شوند که نیازمند داشتن آمادگی جسمانی، استقامت قلبی-عروقی و همچنین قدرت بالا در آن‌هاست (۶، ۱۱). برای آتش‌نشانان بدون شک، زمان شاخص حیاتی است و هنگامی‌که آن‌ها به صحنهٔ اضطراری می‌رسند، باید با بیشترین سرعت ممکن فعالیت کنند تا از گسترش آتش‌سوزی، تخریب اموال و همچنین فوت قربانیان جلوگیری کنند. یکی از عوامل اثرگذار در عملکرد آتش‌نشانان هنگام عملیات می‌تواند عوامل محدودکننده مانند تخلیهٔ هوای فشرده از دستگاه تنفسی[1] (SCBA) باشد. در واقع سیلندر هوا دارای ظرفیت هوای فشرده به مدت تقریبی ۳۰ دقیقه است. پژوهش‌های قبلی همبستگی مثبتی بین زمان اتمام SCBA و متغیرهای تناسب اندام نشان داده‌اند، به شکلی که ظرفیت استفاده از SCBA با انجام فعالیت فیزیکی بیشتر شده است (۱۱). هرچه مصرف هوای سیلندر کمتر باشد، آتش‌نشان می‌تواند طولانی‌تر در صحنه‌های اضطراری کار کند. نشان داده شده است که آمادگی جسمانی بالا، عملکرد آتش‌نشانان را در عملیات و آزمون‌های شبیه‌سازی‌شده بالا می‌برد (۱۲). همچنین ابل و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تمرینات HIFT سبب بهبود توانایی جسمی شغلی و افزایش سطح آمادگی جسمانی آن‌ها می‌شود (۸) و اینکه در تحقیقات پیشین به بررسی و مقایسهٔ همزمان دو نوع تمرینات HIIT وHIFT، و تأثیر هریک از این تمرینات بر فاکتورهای تنفسی، عملکرد و حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی توسط آتش‌نشانان پرداخته نشده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی و مقایسهٔ تأثیر تمرینات HIIT وHIFT بر VO_2max، عملکرد و حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان انجام گرفت.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: روش تحقیق حاضر در قالب طرح سه‌گروهی با ارزیابی پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. آزمودنی‌های تحقیق ۳۹ آتش‌نشان مرد جوان سالم (۲۳ تا ۴۰ سال) بودند (جدول ۱). حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G-Power با توان آماری ۰/۸۰، آلفای ۵ درصد و اندازهٔ اثر ۰/۵۰ محاسبه شد که ۱۲ نفر برای هر گروه به‌دست آمد و برای جلوگیری از اثر افت آزمودنی‌ها ۱۳ نفر در نظر گرفتیم که در بخش عملیات آتش‌نشانی تهران و به‌صورت شیفتی (۲۴ ساعت کار و ۴۸ ساعت استراحت) مشغول به کار بودند. آن‌ها به‌صورت نامنظم و با هدف سلامتی یا آمادگی شغلی در هفته بین دو تا پنج جلسه تمرین می‌کردند و از طریق فراخوان به همکاری دعوت شدند. پیش از شرکت در تحقیق، تمامی مراحل و روش کار برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و سپس رضایت‌نامهٔ کتبی از آن‌ها گرفته شد. اطلاعات لازم در خصوص عدم مصرف کافئین، بی‌کربنات سدیم، عدم مصرف دخانیات به مدت هشت ساعت و مصرف نکردن نوشیدنی‌های الکلی ۴۸ ساعت پیش از آزمون‌های جسمانی به آزمودنی‌ها داده شد و از آن‌ها خواسته شد برای ارزیابی ترکیب بدنی به‌صورت ناشتا (طبق دستورالعمل ناشتایی چهار ساعت پیش از آزمون) حضور یابند.

پس از اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک، فاکتورهای آمادگی جسمانی و انجام آزمون‌های عملکردی آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه ۱۳ نفری تمرینات HIIT، HIFT و کنترل تقسیم شدند.

آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته در دو گروه به تمرینات HIIT و HIFT در زمان حضور در شیفت (۱۰ جلسه در ماه به‌صورت یک جلسه تمرین و ۴۸ ساعت استراحت) پرداختند. گروه کنترل بدون فعالیت منظم ورزشی بودند و فقط فعالیت‌های مرتبط با شغل آتش‌نشانی را انجام دادند.

جدول ۱. ویژگی‌های آزمودنی‌های مورد بررسی پیش از شروع تحقیق (میانگین ± انحراف معیار)

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر مترمربع)
تمرینات عملکردی با شدت بالا	۳۳/۰±۴/۱	۱۷۷±۵	۸۵/۶±۷/۷	۲۸/۳±۲/۰
تمرینات تناوبی با شدت بالا	۳۰/۶±۵/۲	۱۷۹±۷	۸۲/۰±۱۰/۴	۲۵/۶±۱/۹
کنترل	۳۱/۲±۵/۶	۱۷۷±۵	۸۳/۴±۱۱/۴	۲۶/۳±۲/۹

روش اجرای پژوهش: آزمودنی‌های هر دو گروه تمرینی پیش از هر جلسه فعالیت ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل دوی نرم (پنج دقیقه)، دوهای انفجاری سریع (دو دقیقه) و حرکات کششی پویا (سه دقیقه) داشتند. تمرینات تناوبی شدید به روش تمرینات تاباتا انجام گرفت که در هفته‌های اول و دوم شامل چهار حرکت پله کانادایی، شنا سوئدی، اسکوات و برپی بود. هفتهٔ سوم شامل شش حرکت بود و حرکات شکم و بارفیکس اضافه شد و در هفتهٔ ششم حرکت پرش روی باکس و برپی باکس نیز اضافه شد. هر حرکت در هشت ست متوالی و هر ست شامل ۲۰ ثانیه فعالیت و متعاقب آن ۱۰ ثانیه استراحت بود و مابین حرکات آزمودنی‌ها دو دقیقه استراحت می‌کردند. تمرینات با شدت بالا و درک از تلاش (RPE)۱۶ تا ۲۰ انجام گرفتند.

در گروه فعالیت عملکردی با شدت بالا آزمودنی‌ها پیش از هر جلسه فعالیت ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل دوی نرم (پنج دقیقه)، دوهای انفجاری سریع (دو دقیقه) و حرکات کششی پویا (سه دقیقه) داشتند. تمرینات HIFT در مجموع شامل هشت حرکت بود که با توجه به تقسیم آزمون عملکردی شبیه‌سازی‌شدهٔ استاندارد به هشت حرکت به روش تمرینات تاباتا انجام گرفت که آزمودنی‌ها در هر ست ۲۰ ثانیه فعالیت و ۱۰ ثانیه استراحت داشتند و هر حرکت را در هشت ست انجام می‌دادند و مابین حرکات دو دقیقه استراحت داشتند. دو هفتهٔ اول چهار حرکت تخصصی آتش‌نشانی شامل بلند کردن و زمین گذاشتن لولهٔ اطفای حریق، پله کانادایی با لولهٔ اطفای حریق، بالا رفتن از طبقات با لولهٔ اطفای حریق و پتک زدن با پتک شش‌کیلویی بود و از هفتهٔ سوم با شش حرکت تمرینات ادامه یافت که حرکات کشیدن یک جسم ۲۰ کیلویی به طرف بالا به‌وسیلهٔ طناب و دوی رفت‌وبرگشت ۲۰ متر و هفتهٔ ششم دو حرکت حمل لولهٔ ۱/۵ اینچی پر از آب به سمت جلو و حمل مصدوم ۷۰ کیلوگرمی به سمت عقب اضافه شد و مجموع حرکات هشت حرکت شد. تمرینات با RPE بین۱۶ تا ۲۰ انجام گرفت.

روش جمع‌آوری داده‌ها: پیش از شروع تمرینات و پس از اتمام هشت هفته تمرینات، سطح اکسیژن مصرفی بیشینه، آزمون شبیه‌سازی‌شدهٔ آتش‌نشانی (آزمون عملکردی) و همچنین مقدار هوای استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی هنگام انجام آزمون شبیه‌سازی‌شده در محل ایستگاه‌های آتش‌نشانی اندازه‌گیری شد.

برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی از دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی (Metalyzer 3B- Cortex) و آزمون بروس روی تردمیل استفاده شد. آزمون بروس شامل هفت مرحلهٔ سه‌دقیقه‌ای بود که از

فعالیت با شدت خیلی کم شروع می‌شد و تا رسیدن فرد به واماندگی ادامه داشت. ملاک‌های رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی همان معیارهای ACSM شامل نسبت تبادل تنفسی (RER) بالاتر از ۱/۱۵، به فلات رسیدن برداشت اکسیژن با وجود افزایش بار کار، ضربان قلب نزدیک به حداکثر ضربان قلب پیش‌بینی‌شده بر اساس سن و امتیاز ۲۰ از مقدار فشار درک‌شدهٔ بورگ بود.

برای سنجش مقدار هوای مصرف‌شده سیلندر آتش‌نشانان از آزمون شبیه‌سازی‌شده آتش‌نشانی استفاده شد. آزمون شبیه‌سازی‌شده شامل حمل یک لولهٔ ۱۲ کیلوگرمی به طبقهٔ سوم و کشیدن یک جسم ۱۹ کیلوگرمی در ارتفاع تا طبقهٔ سوم بود، سپس آزمودنی‌ها طبقات را پایین می‌آمدند و با استفاده از پتک شش‌کیلویی به یک لاستیک ۴۰ کیلویی ضربه می‌زدند تا آن را دو متر جابه‌جا کنند و پس از آن مسافت ۲۰ متر را به‌صورت زیگزاگ می‌دویدند و یک لولهٔ آتش‌نشانی پر از آب را به مسافت ۲۵ متر می‌کشیدند، و در نهایت یک آدمک ۷۰ کیلویی را از پشت و زیر بغل می‌گرفتند و به مسافت ۲۰ متر رو به عقب می‌کشیدند و از خط پایان عبور می‌کردند. از شروع تا پایان آزمون شبیه‌سازی‌شده، آزمودنی‌ها از هوای داخل سیلندر آتش‌نشانی استفاده کردند و در ابتدا و انتهای آزمون مقدار هوای مصرف‌شده توسط آزمودنی‌ها با استفاده از مانومتر دیجیتال دستگاه تنفسی آتش‌نشانی مدل دراگر تعیین و ثبت شد.

تحلیل آماری: برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخهٔ ۲۳ و برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد که نتایج آزمون نشان داد توزیع داده‌ها در همهٔ متغیرها به‌جز VO_2max نرمال بود. بنابراین برای مقایسهٔ تمامی میانگین متغیرهای مورد بررسی در تحقیق از آزمون آنووای مکرر با عامل بین‌گروهی و برای داده‌های VO_2max که نرمال نبودند، از آزمون کروسکال والیس و من‌ویتنی‌یو استفاده شد. سطح معناداری در تمامی تحلیل‌های آماری $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج تحلیل داده‌های VO_2max تفاوت معناداری (P=۰/۰۰۳) بین گروه‌ها نشان داد و مقایسهٔ زوجی گروه‌ها نشان داد که داده‌های گروه کنترل با گروه‌های تمرینات HIFT و HIIT (به‌ترتیب P= ۰/۰۳۶و P=۰/۰۰۴) تفاوت معناداری وجود دارد. در هر دو گروه HIFT و HIIT مقدار VO_2max به‌ترتیب ۶/۳۵ و ۴/۲۶ درصد افزایش یافت (جدول ۲) و بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتایج تحلیل واریانس داده‌های عملکرد تفاوت معناداری (P=۰/۰۰۷) را بین گروه‌ها نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که بین گروه کنترل با تمرینات HIFT و HIIT (به‌ترتیب P=۰/۰۳ ,P=۰/۰۱) تفاوت معناداری وجود دارد. در گروه‌های HIFT و HIIT عملکرد به‌ترتیب ۵/۲۱ و ۴/۷۴ درصد افزایش یافت، اما بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵).

نتایج تحلیل واریانس مکرر نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های مورد بررسی در مقدار RER (P=۰/۰۲۵)، HR (P=۰/۰۰۱)، VE (P=۰/۰۱۶)، نسبت VE/VO_2 (P=۰/۰۰۳) و نسبتVE/VCO_2 (P=۰/۰۰۴) وجود ندارد. آزمون تعقیبی برای تمامی متغیرها (به استثنای VE/VCO_2) بین گروه‌های تمرینی و گروه کنترل تفاوت معناداری را نشان داد، اما بین دو پروتکل تمرینی تفاوت معناداری مشاهده نشد. برای متغیر VE/VCO_2 افزایش مشاهده‌شده تنها برای گروه HIFT معنادار شد و در گروه HIIT افزایش مشاهده‌شده (۲/۶۷ درصد) معنادار نبود.

نتایج تحلیل آزمون کروسکال والیس به‌منظور مقایسهٔ میانگین بین گروه‌ها برای VO_2/HR تفاوت معناداری (P=۰/۰۰۲) را بین گروه‌های مورد بررسی نشان داد و در بررسی مقایسهٔ زوجی داده‌ها تفاوت معناداری بین گروه‌های HIFT وHIIT (به‌ترتیب P=۰/۰۰۵

(P=۰/۰۰۱,) با گروه کنترل مشاهده شد. اگرچه VO_2/HR در گروه‌های HIFT و HIIT به‌ترتیب ۱۱/۶۴ و ۶/۵۲ درصد افزایش یافت، بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت.

همچنین نتایج تحلیل واریانس داده‌های حجم استفاده از سیلندر تنفسی آتش‌نشانان تفاوت معناداری (P=۰/۰۰۱) را بین گروه‌ها نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد بین گروه‌های HIFT و HIIT (به‌ترتیب P=۰/۰۰۲ ,P=۰/۰۰۶) با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود دارد، درحالی‌که بین دو گروه تمرینی تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵). در گروه‌های HIFT و HIIT حجم استفاده‌شده از دستگاه تنفسی آتش‌نشانان به‌ترتیب ۱۴/۴۱ و ۱۱/۴۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق

شاخص	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلوگرم در دقیقه)	HIFT	۴۴/۶±۷/۷	۴۷/۵±۵/۹
	HIIT	۴۶/۸±۳/۹	۴۸/۸±۴/۴
	کنترل	۴۱/۶±۴/۲	۴۰/۱±۳/۸
عملکرد در آزمون بروس (دقیقه)	HIFT	۱۱/۹±۱/۵	۱۲/۵±۱/۲
	HIIT	۱۲/۳±۱/۱	۱۲/۷±۱/۲
	کنترل	۱۱/۵±۱/۱	۱۰/۶±۰/۸
نسبت تبادل تنفسی (میلی‌لیتر/دقیقه)	HIFT	۱/۲۶±۰/۰۳	۱/۲۳±۰/۰۴
	HIIT	۱/۲۸±۰/۰۵	۱/۲۵±۰/۰۳
	کنترل	۱/۲۷±۰/۰۴	۱/۲۷±۰/۰۳
حداکثر ضربان قلب (تعداد/ دقیقه)	HIFT	۱۸۷/۹±۲/۹	۱۸۳/۲±۴/۳
	HIIT	۱۸۵/۹±۶/۴	۱۸۱/۵±۴/۱
	کنترل	۱۸۳/۷±۵/۸	۱۸۵/۷±۴/۶
اکسیژن مصرفی بر ضربان قلب (میلی‌لیتر)	HIFT	۱۹/۱±۴/۳	۲۱/۳±۴/۱
	HIIT	۲۰/۱±۴/۷	۲۱/۶±۴/۳
	کنترل	۱۸/۱±۲/۱	۱۷/۳±۱/۱
تهویهٔ ریوی (لیتر/ دقیقه)	HIFT	۱۴۶±۱۲	۱۵۳±۲۲
	HIIT	۱۴۳±۱۹	۱۵۳±۱۹
	کنترل	۱۴۵±۱۶	۱۳۹±۱۲
تهویهٔ اکسیژن (لیتر /دقیقه)	HIFT	۳۸/۳±۴/۱	۴۱/۹±۵/۱
	HIIT	۳۹/۵±۴/۹	۴۱/۱±۴/۶
	کنترل	۴۱/۴±۳/۹	۴۱/۰±۲/۲
تهویهٔ دی‌اکسید کربن (لیتر/ دقیقه)	HIFT	۳۱/۱±۲/۳	۳۲/۱±۲/۱
	HIIT	۳۰/۱±۳/۶	۳۱/۸±۲/۴
	کنترل	۳۲/۲±۲/۵	۳۱/۶±۱/۷
سیلندر هوای آتش‌نشانان (بار/دقیقه)	HIFT	۵۶/۵±۵/۴	۴۸/۲±۶۶/۲
	HIIT	۵۶/۵±۵/۳	۵۰/۰±۴/۵
	کنترل	۵۷/۷±۵/۶	۶۲/۴±۵/۲

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از تحقیق حاضر بررسی و مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرینات HIIT و HIFT بر حداکثر اکسیژن مصرفی، فاکتورهای تنفسی و حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان بود. بر اساس نتایج در اثر تمرینات HIIT و HIFT کاهش استفاده از هوای داخل سیلندر توسط آتش‌نشانان مشاهده شد. همچنین در گروه‌های HIFT و HIIT حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش یافت. نشان داده شده است که بالا رفتن از پله و نجات قربانی سخت‌ترین کارها هستند که به اکسیژن مصرفی ۳۸ تا ۴۳ میلی‌لیتر در دقیقه بر کیلوگرم در مدت ۲۰ ثانیه نیاز دارند (۱۲). همچنین محیط‌های کاری آتش‌نشان حاوی مواد شیمیایی مانند دی‌اکسید کربن در سطوح سمی حاد است و احتمالاً در هایپوکسی ناشی از آن است که ریتم قلب را تغییر می‌دهد. بنابراین آمادگی قلبی- تنفسی پایین با افزایش خطر رویدادهای مرتبط با بیماری‌های قلبی- عروقی در ارتباط است. اطفای حریق از نظر فیزیکی شغلی سخت است و شواهدی مبنی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی بالای ۸۰ درصد VO_2max حین انجام کار شبیه‌سازی‌شده ارائه شده است و برخی هم بسته به نوع عملیات مقادیری بین ۴۷ تا ۸۰ درصد را گزارش کرده‌اند (۱۳). در تحقیق حاضر، VO_2max نیز در گروه‌های تمرینات HIIT و HIFT به‌ترتیب ۶/۳۵ و ۴/۲۶ درصد افزایش یافت. با توجه به اینکه حجم سیلندر دستگاه تنفسی آتش‌نشانان دارای محدودیت است، بهبود در مصرف حجم دستگاه تنفسی اهمیت خیلی زیادی دارد. در واقع مهم‌ترین یافتهٔ این پژوهش کاهش استفاده از حجم سیلندر تنفسی در آتش‌نشانان در دو گروه تمرینی بود که طبق نتایج استفاده از حجم سیلندر هوا در هر دو گروه HIFT وHIIT به‌ترتیب ۱۴/۴۱ و ۱۱/۴۴ درصد کاهش داشت. اگرچه تفاوت معناداری بین استفاده از حجم سیلندر هوا در دو گروه تمرینی مشاهده نشد، مقادیر کاهش استفاده در گروه HIIFT بیشتر از HIIT بود. کاهش استفاده از سیلندر در گروه‌های تمرینی می‌تواند به‌دلیل افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و سطح آمادگی آتش‌نشانان در دو گروه باشد. همچنین طبق تحقیقات قبلی یکی از دلایلی که سبب می‌شود تمرینات HIIT تأثیر مثبتی در این روند بگذارد، بهبود تمامی شاخص‌های پویایی اکسیژن (هوازی و بی‌هوازی) با استفاده از تمرینات تناوبی با شدت بالاست (۱۴). از طرفی تمرینات HIFT که تمرینات ویژهٔ آتش‌نشانی هستند، تأثیرات بیشتری بر کاهش استفاده از سیلندر دارند که می‌تواند به‌دلیل شبهات ویژه بودن تمرینات و شباهت بسیار آن‌ها به عملیات آتش‌نشانی باشد که با سازگاری‌های ایجادشده نیاز فرد را به استفاده از سیلندر بیشتر کاهش داده است. اگرچه هیچ استاندارد حداقلی جهانی از «آمادگی جسمانی برای انجام وظیفه» وجود ندارد، اما گزارش‌هایی برای حداکثر اکسیژن مصرفی بین ۳۹/۶ و ۴۸/۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه در پیشینه موجود است (۱۵). در تحقیق حاضر با انجام تمرینات HIIT و HIFT حداکثر اکسیژن مصرفی بهبود یافت و نتایج پژوهش‌های قبلی را تأیید کرد که نشان داده‌اند ظرفیت تنفسی بهتر با کاهش در مصرف حجم سیلندر هوا در آتش‌نشانان ارتباط مستقیم دارد (۱۶). بنابراین، با توجه به اینکه تجهیزات کامل حریق در مأموریت‌ها می‌تواند سبب کاهش در سطح حداکثر اکسیژن بیشینه مصرفی شود، بهبود در سطوح VO_2max می‌تواند موجب افزایش عملکرد آتش‌نشانان شود (۱۷).

هنگام رسیدن به یک صحنهٔ اضطراری، برای مثال برای نجات جان مصدومان یا جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی، آتش‌نشانان باید با بیشترین سرعت ممکن کار کنند. در این مطالعه علاوه بر عملکرد آزمودنی‌ها تا واماندگی در آزمون بروس، حداکثر ضربان قلب در زمان انجام آزمون نیز تجزیه‌وتحلیل شد. میزان

حداکثر ضربان قلب (HRmax) در گروه‌های HIFT و HIIT به‌ترتیب ۲/۳۲ و ۲/۴۵ درصد کاهش داشت. بنابراین، فرضیهٔ تأثیر تمرینات HIFT و HIIT بر بهبود حداکثر ضربان قلب تأیید می‌شود که این عامل را نیز می‌توان از دلایل کاهش مصرف و استفاده از هوای داخل سیلندر توسط آتش‌نشانان در گروه‌های HIIT و HIFT دانست. همچنین زمان انجام آزمون بروس تا واماندگی در گروه‌های HIFT و HIIT به‌ترتیب ۵/۲۱ و ۴/۷۴ درصد افزایش داشت. این افزایش می‌تواند در کنار افزایش VO_2max به تسریع بازیافت HR کمک کند، که در تحقیق حاضر با VO_2max مرتبط بود و این می‌تواند یکی از دلایل ادامهٔ بیشتر آزمون تا واماندگی باشد. این موضوع مطابق با مطالعات دیگر است که بازیابی سریع‌تر HR را در افراد با VO_2max بالاتر مشاهده کردند و بیانگر این است که نرخ تخلیهٔ هوا از سیلندر دستگاه تنفسی با بهبود، HR مرتبط نیز مرتبط است (۱۶، ۱۸).

مقدار RER در گروه‌های HIFT وHIIT به‌ترتیب ۲/۳۸ و ۲/۳۴ درصد کاهش معناداری داشت، اما تأثیرات دو گروه تمرینی متفاوت نبود. این نتایج با نتایج تحقیقات قبلی که نشان می‌دهند تمرینات پرشدت بر سطوح RER اثرگذار است و سبب کاهش سطح RER به‌علت افزایش و بهبود سایر فاکتورهای قلبی- عروقی می‌شود، همسوست و به‌نظر می‌رسد به‌علت بالا رفتن فاکتورهای آمادگی جسمانی و در نهایت بهبود در سایر فاکتورهای تنفسی این اتفاق رخ داده است (۱۹).

مقدار VO_2/HR در گروه‌های HIFT و HIIT به‌ترتیب ۶۴ /۱۱ و۶/۵۲ درصد افزایش یافت و بین میزان تغییرات در دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد. ضربان قلب آتش‌نشانان هنگام مأموریت‌های اطفای حریق تا ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب بالا می‌رود و این به معنای نیاز آتش‌نشانان به انجام فعالیت پرشدت است (۲۰). تمرینات پرشدت موجب می‌شود حداکثر اکسیژن مصرفی فرد بهبود یابد و می‌توان گفت که این بهبود در اکسیژن مصرفی با ضربان قلب در زمان فعالیت در ارتباط است. به‌طور معمول تمرینات پرشدت بر ضربان استراحتی و فعالیت تأثیر می‌گذارد و سبب بهبود جذب اکسیژن مصرفی در زمان فعالیت می‌شود (۲۱). در واقع شدت تمرین در دو گروه تمرینی نیازمند تحمل ضربان‌هایی است که در طول ورزش تغییر می‌کند و از طرفی این تغییرات با مقدار اکسیژن مصرفی در ارتباط است که در بلندمدت می‌تواند به بهبود در مقدار VO_2/HR منجر شود که با توجه به ماهیت شغل آتش‌نشانی و نوع فعالیت‌های آن این تغییرات در ضربان قلب و همچنین اکسیژن مصرفی می‌تواند عملکرد آتش‌نشانان را بهبود بخشد (۲۲) که نتایج دو گروه تمرینی تحقیق حاضر همسو به‌خوبی این مسئله را تأیید می‌کند.

تهویهٔ دقیقه‌ای در حالت استراحت در محدودهٔ ۵ تا ۱۰ لیتر در دقیقه است که هنگام یک ورزش وامانده‌ساز به ۷۰ تا ۱۵۰ لیتر هم ممکن است برسد (۲۳). تهویهٔ ریوی (VE) در گروه‌هایHIIT و HIFT در تحقیق حاضر به‌ترتیب ۳/۱۶ و ۵/۳۱ درصد افزایش داشت. VE در گروه‌های HIIT وHIFT در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش یافت که می‌تواند به‌دلیل عوامل مختلف عصبی یا خونی باشد. در واقع طبق پژوهش‌ها افزایش فشار سهمی دی‌اکسید کربن، افزایش دمای بدن، اسیدوز و کاهش فشار سهمی اکسیژن می‌تواند از جمله محرک‌هایی باشد که سبب می‌شوند در زمان فعالیت بیشینه تهویهٔ ریوی افزایش یابد (۲۴). با توجه به افزایش زمان آزمون بروس تا رسیدن به واماندگی و انجام فعالیت بیشتر می‌توان نتیجه گرفت یکی از دلایل این مسئله افزایش مقدار تهویهٔ ریوی در دو گروه تمرین است. با توجه به یافته‌های این پژوهش در خصوص متغیر VE/VCO_2 مشاهده شد در گروه HIFT افزایش (۵/۸۴ درصد)

معنادار بود، درحالی‌که در گروه HIIT افزایش مشاهده‌شده (۲/۶۷ درصد) معنادار نبود که دلیل اصلی آن می‌تواند افزایش فشار سهمی دی‌اکسید هنگام فعالیت در واماندگی باشد (۲۴).

مقادیر VE/VO_2 در گروه‌های HIFT وHIIT به‌ترتیب ۹/۵۲ و ۳/۹۱ درصد افزایش نشان داد و این تغییرات بین گروه‌های تمرینی متفاوت نبود. VE/VO_2 کمتر می‌تواند برای آتش‌نشانان مفید باشد، زیرا برای مقدار معینی از اکسیژن مصرفی، تهویهٔ هوای کمتری مورد نیاز است و سبب حفظ هوا در سیلندر می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که ورزشکاران غیرحرفه‌ای VE/VO_2 و پاسخ تنفسی بیشتری به O_2 در مقایسه با ورزشکاران استقامتی با بار کاری نسبی برابر داشتند (۲۴). این مسئله نشان می‌دهد که آمادگی هوازی بیشتر به راندمان تهویهٔ هوای بهتر از سیلندر هوا برای شدت کار معین و تقاضای اکسیژن کمتر منجر می‌شود (۱۶). افزون بر این افزایش آمادگی جسمانی با تهویهٔ اکسیژن بهتر در ارتباط است و طبق پژوهش ما سطح آمادگی بالاتر سبب بهبود عملکرد و تهویهٔ اکسیژن بهتر در آتش‌نشانان می‌شود (۱۲). پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود، برای مثال می‌توان به طول دورهٔ تمرین که هشت هفته و کوتاه بود اشاره کرد، شاید اگر دورهٔ تمرین بلندمدت انتخاب می‌شد، اثرگذاری تمرینات HIFT بیشتر مشهود می‌شد، به همین دلیل انجام پژوهش مشابه با مدت زمان بیشتر پیشنهاد می‌شود. طبق یافته‌های این پژوهش تمرینات HIIT و HIFT سبب کاهش استفاده از حجم سیلندر تنفسی در آتش‌نشانان شد. همچنین این پژوهش نشان داد که تمرینات HIIT و HIFT موجب بهبود سطح VO_2max و سایر فاکتورهای تنفسی می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد هر دو تمرینات HIITوHIFT به شکل مشابهی می‌توانند موجب عملکرد بهتر آتش‌نشان‌ها به لحاظ ظرفیت قلبی-عروقی و بهبود در حجم استفاده‌شده از سیلندر دستگاه تنفسی در حین عملیات آتش‌نشانی شوند.

تشکر و قدردانی

از کسانی که در اجرای این پژوهش مشارکت داشتند، صمیمانه سپاسگزاریم.

حمایت مالی

در این مقاله از کمک مالی استفاده نشده است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان در این پژوهش مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی در این پژوهش وجود ندارد.

منابع

1. McKinney ZJ, Bovard RS, Starchook-Moore MN, Ronneberg K, Xi M, Bredeson DM, et al. Cardiorespiratory Fitness of Firefighters: Initial Results of a Multi-Phased Study. J Occup Environ Med. 2021;63(1):57-63. DOI: 10.1097/JOM.0000000000002067.

2. Cheung SS, Petersen SR, McLellan TM. Physiological strain and countermeasures with firefighting. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2010;20(s3):103-16. DOI: org/10.1111/j.1600-0838.2010.01215.x

3. Menz V, Marterer N, Amin SB, Faulhaber M, Hansen AB, Lawley JS. Functional Vs. Running Low-Volume High-Intensity Interval Training: Effects on VO(2)max and Muscular Endurance. J Sports Sci Med. 2019;18(3):497-504. PMCID: PMC6683610.

4. Falk Neto JH, Kennedy MD. The Multimodal Nature of High-Intensity Functional Training: Potential Applications to Improve Sport Performance. Sports (Basel). 2019;7(2). DOI: 10.3390/sports7020033.

5. Poon ET-C, Wongpipit W, Ho RS-T, Wong SH-S. Interval training versus moderate-intensity continuous training for cardiorespiratory fitness improvements in middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis. Journal of Sports Sciences. 2021;39(17):1996-2005. DOI: 10.1080/02640414.2021.1912453.

6. Smith DL. Firefighter fitness: improving performance and preventing injuries and fatalities. Curr Sports Med Rep. 2011;10(3):167-72. DOI: 10.1249/JSR.0b013e31821a9fec.

7. Peterson MD, Dodd DJ, Alvar BA, Rhea MR, Favre M. Undulation training for development of hierarchical fitness and improved firefighter job performance. J Strength Cond Res. 2008;22(5):1683-95. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31818215f4.

8. Pawlak R, Clasey JL, Palmer T, Symons TB, Abel MG. The effect of a novel tactical training program on physical fitness and occupational performance in firefighters. J Strength Cond Res. 2015;29(3):578-88. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000663

9. Guo Z, Li M, Cai J, Gong W, Liu Y, Liu Z. Effect of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on fat loss and cardiorespiratory fitness in the young and middle-aged a systematic review and meta-analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2023;20(6):4741. DOI: 10.3390/ijerph20064741

10. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. Sports (Basel). 2018;6(3). DOI: 10.3390/sports6030076

11. Dreger RW, Jones RL, Petersen SR. Effects of the self-contained breathing apparatus and fire protective clothing on maximal oxygen uptake. Ergonomics. 2006;49(10):911-20. DOI: 10.1080/00140130600667451

12. Nazari G, MacDermid JC, Sinden KE, Overend TJ. The Relationship between Physical Fitness and Simulated Firefighting Task Performance. Rehabilitation Research and Practice. 2018;2018:3234176. DOI: 10.1155/2018/3234176

13. Khazraee T, Fararouei M, Daneshmandi H, Mobasheri F, Zamanian Z. Maximal Oxygen Consumption, Respiratory Volume and Some Related Factors in Fire-fighting Personnel. Int J Prev Med. 2017;8:25. DOI: 10.4103/ijpvm.IJPVM_299_16

14. Saremi A, Shavandi N, Khakroo Abkenar I. Time Dependent Effects of High Intensity Interval Training on Oxygen Uptake Kinetics in Young Males. Journal of Sport Biosciences. 2015;7(2):347-61. DOI: 10.22059/jsb.2015.55234 [In Persian].

15. Lee JY, Bakri I, Kim JH, Son SY, Tochihara Y. The impact of firefighter personal protective equipment and treadmill protocol on maximal oxygen uptake. J Occup Environ Hyg. 2013;10(7):397-407. DOI: 10.1080/15459624.2013.792681

16. Gendron P, Freiberger E, Laurencelle L,

Trudeau F, Lajoie C. Greater physical fitness is associated with better air ventilation efficiency in firefighters. Appl Ergon. 2015;47:229-35. DOI: 10.1016/j.apergo.2014.10.002

17. Carballo-Leyenda B, Villa JG, López-Satué J, Collado PS, Rodríguez-Marroyo JA. Fractional Contribution of Wildland Firefighters' Personal Protective Equipment on Physiological Strain. Frontiers in Physiology. 2018;9. DOI: 10.3389/fphys.2018.01139

18. Johnson QR, Goatcher JD, Diehl C, Lockie RG, Orr RM, Alvar B, et al. Heart Rate Responses during Simulated Fire Ground Scenarios among Full-Time Firefighters. Int J Exerc Sci. 2020;13(2):374-82. PMCID: PMC7039485

19. Lekzian A, Ali PN, Ramezankhani A. The Eight Weeks Effects of High Intensity Interval Training and Yoga on Cardio Respiratory Fitness in Active Female Students. Nafas Journal. 2017;3(4):11-9. DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27979.1494 [In Persian].

20. Horn GP, Kesler RM, Motl RW, Hsiao-Wecksler ET, Klaren RE, Ensari I, et al. Physiological responses to simulated firefighter exercise protocols in varying environments. Ergonomics. 2015;58(6):1012-21. DOI: 10.1080/00140139.2014.997806

21. Atakan MM, Li Y, Koşar ŞN, Turnagöl HH, Yan X. Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(13):7201. DOI: 10.3390/ijerph18137201

22. 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. Appl Ergon. 2010;41(2):251-9. DOI: 10.1016/j.apergo.2009.07.00923.

Kinnear WJM, Hull JH, Kinnear W, Hull JH. 56C8Ventilation. In: Kinnear WJM, Hull JH, editors. A Practical Guide to the Interpretation of Cardiopulmonary Exercise Tests: Oxford University Press; 2021. p. 0. DOI: 10.1093/med/9780198702467.003.0012

24. Williams-Bell FM, Boisseau G, McGill J, Kostiuk A, Hughson RL. Physiological responses and air consumption during simulated firefighting tasks in a subway system. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2010;35(5):671-8. DOI: 10.1139/H10-061