

Original 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 Seraji¹, Sajad Ahmadizad^{1*} David J. Cronell²

1. Department 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 ($VO_2\max$) 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 $VO_2\max$ 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 ($VO_2\max$) 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 ($p < 0.05$). $VO_2\max$ 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 HIFT 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 significant between-group differences for RER ($P = 0.269$), HR ($P = 0.595$), VE ($P = 0.392$), VE/VO_2 ratio ($P = 0.778$) 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 ($VO_2\max$), 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):?-.?

*Corresponding Author's E-mail: s_ahmadizad@sbu.ac.ir
<https://doi.org/10.48308/joepa.2024.235532.1242>

تاثیر ۸ هفته تمرینات تناوبی و عملکردی بر شدت بر عملکرد جسمانی و حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش نشانان

افشین سراجی^۱ سجاد احمدی زاد* دیوید جی کروئل^۲

۱. گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه فیزیوتراپی و حرکت شناسی، کالج علوم بهداشت زاکر برگ، دانشگاه لاول ماساچوست، امریکا

چکیده

زمینه و هدف: آتش‌نشانی حرفه‌ای پر خطر می‌باشد که نیازمند آمادگی جسمانی بالا است و داشتن تمرینات ورزشی منظم برای حفظ آمادگی جسمانی و سلامت مطلوب دارای اهمیت است. با این وجود، در مورد بهترین نوع و روش‌های تمرینی برای بهبود عملکرد آتش‌نشانان و فاکتورهای تنفسی و کم شدن حجم استفاده شده از دستگاه تنفسی که دارای ظرفیت محدودی هست، تحقیقات اندکی صورت گرفته است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه تاثیر ۸ هفته تمرینات تناوبی و عملکردی پر شدت بر فاکتورهای تنفسی و حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان بود.

مواد و روش‌ها: شرکت‌کنندگان در این پژوهش ۳۹ نفر ($5/0 \pm 31/6$ سال) از آتش‌نشانان شاغل در بخش عملیات آتش‌نشانی تهران بودند که بطور تصادفی در سه گروه کنترل، تمرینات تناوبی شدید (HIIT) و تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) قرار گرفتند. آزمودنی‌های گروه HIIT به مدت ۸ هفته تمرینات تاباتا با وزن بدن را انجام دادند که در هفته اول و دوم شامل چهار حرکت و در هفته‌های سه و شش به ترتیب به شش و هشت حرکت افزایش یافتند. آزمودنی‌ها قبل 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 نمودند 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 انجام شده براساس آزمون عملکردی شبیه‌سازی شده استاندارد آتش‌نشانی انتخاب شدند و به روش تاباتا (۲۰ ثانیه فعالیت و ۱۰ ثانیه استراحت) انجام شدند. دو روز قبل از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی آزمون VO_{2max} (پروتکل بروس) و آزمون عملکردی شبیه‌سازی شده آتش‌نشانی گرفته شدند.

نتایج: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد تمرینات HIIT و HIIT باعث افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی، عملکرد و کاهش معنادار در حجم استفاده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان شد ($p < 0.05$)، اما بین تغییرات این متغیرها در گروه‌های HIIT و HIIT تفاوت معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$). در گروه HIIT و HIIT میزان VO_{2max} به ترتیب ۶/۳۵ و ۴/۲۶ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج عملکرد در دو گروه HIIT و HIIT به ترتیب ۵/۲۱ و ۴/۷۴ درصد افزایش نشان داد و در دو گروه HIIT و HIIT متغیر VO_2/HR به ترتیب ۱۱/۶۴ و ۶/۵۲ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد در دو گروه HIIT و HIIT حجم استفاده شده از دستگاه تنفسی آتش‌نشانان به ترتیب ۱۴/۴۱ و ۱۱/۴۴ درصد کاهش یافت. با این حال، نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های مورد مطالعه در میزان نسبت تبادل تنفسی (RER)، ضربان قلب (HR)، تهویه دقیقه‌ای (VE)، نسبت VE/VO_2 و نسبت VE/VCO_2 وجود نداشت ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری نمود که ۸ هفته تمرینات HIIT و HIIT می‌تواند باعث افزایش VO_{2max} ، بهبود عملکرد در فاکتورهای تنفسی و کاهش در حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان شوند و اینکه بین تاثیر این دو نوع تمرین تفاوتی وجود ندارد. پس اجرای هر دو این تمرینات به روش تابا تا برای آتش‌نشانان توصیه می‌گردد.

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

نحوه استناد به این مقاله: سراجی، ا.، سجاد احمدی زاد س، جی کروئل د. تاثیر ۸ هفته تمرینات تناوبی و عملکردی پر شدت بر عملکرد جسمانی و حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش‌نشانان. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۳؛ ۱۷(۲): ۹-۴.

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

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

مقدمه

انجمن ملی حفاظت از آتش‌نشانی توصیه کرده است که همه بخش‌های آتش‌نشانی آزمون آمادگی جسمانی آتش‌نشانان را سالانه انجام دهند و مدیران ارشد آتش‌نشانی برنامه‌های مرتبط با فعالیت بدنی را به صورت منظم به اجرا در بیاورند. American National Fire Protection Association حداقل ظرفیت هوازی حدود ۴۲ میلی لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن

را برای انجام وظایف مربوط به شغل آتش‌نشانی به طور ایمن و کارآمد تعیین کرده است (۱). علاوه آتش‌نشانان و امدادگران قربانی استرس گرمایی در فعالیت‌های فیزیولوژیکی هستند و پژوهش‌ها نشان می‌دهند که اطفای حریق و لباس‌های آتش‌نشانان باعث می‌گردند که نیازهای فیزیولوژیکی بیشتری در آنها ایجاد گردد و این تقاضا بصورت فشار قلبی عروقی بیشتر، تقاضای بیشتر اکسیژن در زمان فعالیت و تبادل گازی بیشتر می‌باشد که باعث کم شدن زمان فعالیت و عملکرد آتش‌نشانان می‌گردد (۲). تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) یک روش تمرینی موثر برای بهبود سریع آمادگی قلبی تنفسی است (۳). تحقیقات نشان داده‌اند که این نوع تمرینات از نظر زمانی و اثرات فیزیولوژیکی خیلی موثرتر از تمرینات سنتی عمل کرده و باعث بهبود آمادگی جسمانی، VO_{2max} و عملکرد فیزیولوژیکی شده است (۴). همچنین تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIIT) به عنوان یک روش نسبتاً جدید نسبت به تمرینات HIIT است که با آن مقایسه می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات HIIT و HIFT می‌توانند باعث بهبود قابل توجهی در سطح حداکثر اکسیژن مصرفی، به تأخیر افتادن زمان خستگی در هنگام فعالیت‌های بدنی و همچنین سازگاری قلبی - عروقی بهتری نسبت به تمرینات ترکیبی سنتی در مدت زمان کوتاهی می‌شوند (۴، ۵). اطفاء حریق به عنوان کار خطرناک شناخته شده است که مجموعه‌ای منحصر به فرد از عوامل استرس‌زا است و باعث 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 بخاطر عدم 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٪ 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 سنتی 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 به وجود بیاورند (۷، ۸)، شاید استفاده از تمرینات HIIT که اخیراً در بین افراد ورزشکار و همچنین افراد دارای مشاغل خاص مورد استقبال قرار گرفته است، گزینه خوب و بهینه‌ای از لحاظ پیشرفت و صرفه‌جویی در زمان باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات HIIT و HIFT می‌توانند باعث بهبود قابل توجهی در سطح حداکثر اکسیژن مصرفی، به تأخیر افتادن زمان خستگی در هنگام فعالیت‌های بدنی و همچنین سازگاری قلبی - عروقی بهتری نسبت به تمرینات تداومی در مدت زمان کوتاهی گردند (۹). در واقع تمرینات HIIT معمولاً شامل فعالیت‌های شدید نسبتاً کوتاه با دوره‌های استراحتی مختلف می‌باشد و تمرینات HIFT تمرینات عملکردی کوتاه مدتی می‌باشند که سازگاری‌های متابولیکی و قلبی - تنفسی را ایجاد می‌نمایند (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 می‌باشد. اما به دلیل وزن بالا (حدود ۲۳ کیلوگرم)، و همچنین خاصیت عایق بودن آن، بار فیزیولوژیکی قابل توجهی را نیز بر آتش‌نشانان تحمیل می‌کند و منجر به فشار فیزیولوژیکی قابل توجهی به ویژه در سیستم‌های تنظیم حرارت و قلب و عروق می‌شوند که نیازمند داشتن آمادگی جسمانی، استقامت قلبی - عروقی و همچنین قدرت بالا در آنها می‌باشد (۶، ۱۱). برای آتش‌نشانان بدون شک، زمان یک پارامتر حیاتی است و هنگامی که آنها به صحنه اضطراری می‌رسند، باید با بیشترین سرعت ممکن فعالیت نمایند تا از گسترش آتش‌سوزی، تخریب اموال و همچنین از فوت قربانیان جلوگیری کنند. یکی از عوامل اثرگذار در عملکرد آتش‌نشانان هنگام عملیات می‌تواند عوامل محدودکننده مانند تخلیه هوای فشرده از دستگاه تنفسی^۱ (SCBA) باشد. در واقع سیلندر هوا دارای ظرفیت هوای فشرده به مدت تقریبی ۳۰ دقیقه است، مطالعات قلبی 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 شبیه‌سازی شده بالا می‌برد (۱۲) و همچنین ابل و همکاران (۲۰۱۵) آتش‌نشانان داده‌اند که تمرینات HIFT باعث بهبود توانایی جسمی شغلی و افزایش سطح آمادگی جسمانی می‌گردد (۸) و اینکه در تحقیقات پیشین به بررسی و مقایسه همزمان دو نوع تمرینات HIIT و HIFT و تاثیر هر یک از این تمرینات بر فاکتورهای تنفسی، عملکرد و حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی توسط آتش‌نشانان پرداخته نشده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی

و مقایسه اثر تمرینات HIIT و HIFT بر VO_2max ، عملکرد و حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش نشانان انجام شد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی در قالب طرح سه گروهی با ارزیابی پیش آزمون-پس آزمون بود. آزمودنی‌های این تحقیق ۳۹ آتش‌نشان مرد جوان سالم (۲۳ تا ۴۰ سال) بودند که حجم نمونه با استفاده از نرم افزار G-Power با توان آماری ۰/۸۰، آلفای ۵ درصد و اندازه اثر ۰/۵۰ محاسبه شد که ۱۲ نفر برای هر گروه بدست آمد و ما برای جلوگیری از اثر افت آزمودنی‌ها ۱۳ نفر در نظر گرفتیم که شاغل در بخش عملیات آتش‌نشانی تهران بودند و به‌صورت شیفتی (۲۴ ساعت کار و ۴۸ ساعت استراحت) مشغول به کار بودند. آنها به‌صورت نامنظم و باهدف سلامتی یا آمادگی شغلی در هفته بین ۲ تا ۵ جلسه تمرین می‌کردند و از طریق فراخوان به همکاری دعوت شدند. قبل از شرکت در تحقیق، کلیه مراحل و روش کار برای آزمودنی‌های تحقیق توضیح داده شد و سپس رضایت‌نامه کتبی از آنها گرفته شد. اطلاعات لازم در مورد عدم مصرف کافئین، بی‌کربنات سدیم، عدم مصرف دخانیات به مدت ۸ ساعت و عدم مصرف نوشیدنی‌های الکلی ۴۸ ساعت قبل از آزمون‌های جسمانی به آزمودنی‌ها داده شد و از آنها خواسته شد برای ارزیابی ترکیب بدنی به‌صورت ناشتا (طبق دستورالعمل ناشتایی ۴ ساعت قبل از آزمون) حضور یابند.

پس از اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک، فاکتورهای آمادگی جسمانی و انجام آزمون‌های عملکردی آزمودنی‌ها بطور تصادفی به سه گروه ۱۳ نفری تمرینات HIIT، HIFT و کنترل تقسیم شدند. آزمودنی‌ها به مدت ۸ هفته در دو گروه به تمرینات HIIT و HIFT در زمان حضور در شیفت (۱۰ جلسه در ماه بصورت 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 مطالعه پیش از شروع مطالعه (میانگین \pm انحراف معیار)

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

روش اجرای پژوهش: آزمودنی‌ها قبل از هر جلسه فعالیت ده دقیقه گرم کردن شامل دوی نرم (۵ دقیقه)، دوهای انفجاری سریع (۲ دقیقه) و حرکات کششی پویا (۳ دقیقه) داشتند. تمرینات تناوبی شدید به روش تمرینات تاباتا انجام گردید که در هفته اول و دوم شامل ۴ حرکت پله کانادایی، شنا سوئدی، اسکوات و برپی بود. در هفته سوم حرکات ۶ عدد شد و حرکات شکم و بارفیکس اضافه گردید و در هفته ششم حرکت پرش روی باکس و برپی باکس نیز اضافه شدند. هر حرکت در ۸ ست متوالی و هر ست شامل ۲۰ ثانیه فعالیت و متعاقب آن ۱۰ ثانیه استراحت بود و مابین حرکات آزمودنی‌ها ۲ دقیقه استراحت می‌نمودند. تمرینات بالاتر از ۸۵ درصد شدت توان فرد و با درک تلاش (RPE) ۱۶ تا ۲۰ انجام شدند.

در گروه فعالیت عملکردی با شدت بالا آزمودنی‌ها قبل از هر جلسه فعالیت ده دقیقه گرم کردن شامل دوی نرم (۵ دقیقه)، دوهای انفجاری سریع (۲ دقیقه) و حرکات کششی پویا (۳ دقیقه) داشتند. تمرینات HIFT در مجموع شامل ۸ حرکت بود که باتوجه به تقسیم آزمون عملکردی شبیه‌سازی شده استاندارد به ۸ 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 ۸ ست انجام می‌دادند و مابین حرکات ۲ دقیقه استراحت داشتند. دو هفته اول ۴ حرکت تخصصی آتش‌نشانی شامل بلند کردن و زمین گذاشتن لوله اطفاء حریق، پله کانادایی با لوله اطفاء حریق، بالارفتن از طبقات با لوله اطفاء حریق و پتک زدن با پتک ۶ کیلویی بود و از هفته سوم با ۶ حرکت تمرینات ادامه یافت که حرکات کشیدن یک جسم ۲۰ کیلویی به طرف بالا به وسیله طناب و دوی رفت و برگشت ۲۰ متر و هفته ششم دو حرکت حمل

لوله ۱/۵ اینچ پراز آب به سمت جلو و حمل مصدوم ۷۰ کیلوگرمی به سمت عقب اضافه گردید و مجموع حرکات ۸ عدد شدند. تمرینات با شدت بالاتر از ۸۵ درصد شدت توان هر فرد و با RPE بین ۱۶ تا ۲۰ انجام شدند.

روش جمع آوری داده‌ها: قبل از شروع تمرینات و پس از اتمام ۸ هفته تمرینات، سطح اکسیژن بیشینه، آزمون شبیه سازی شده آتش‌نشانی و همچنین مقدار هوای استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در هنگام انجام آزمون شبیه سازی شده در محل ایستگاه‌های آتش‌نشانی اندازه گیری شدند.

برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی (Metalyzer 3B-Cortex) و از آزمون بروس بر روی تردمیل استفاده گردید. آزمون بروس شامل ۷ مرحله ۳ دقیقه‌ای بود که از فعالیت با شدت خیلی کم شروع می‌گردد و تا رسیدن فرد به واماندگی ادامه داشت. ملاک‌های رسیدن به حداکثر اکسیژن مصرفی همان معیارهای ACSM است که شامل نسبت تبادل تنفسی (RER) بالاتر از ۱/۱۵، به فلات رسیدن برداشت اکسیژن علی‌رغم افزایش بار کار، ضربان قلب نزدیک به حداکثر ضربان قلب پیش‌بینی شده بر اساس سن و امتیاز ۲۰ از میزان فشار درک شده بورگ بود.

برای سنجش مقدار هوای مصرف شده سیلندر آتش‌نشانان از آزمون شبیه سازی شده آتش‌نشانی استفاده گردید. آزمون شبیه سازی شده شامل حمل یک لوله ۱۲ کیلوگرمی به طبقه سوم و کشیدن یک جسم ۱۹ کیلوگرمی در ارتفاع تا طبقه سوم بود، سپس آزمودنی‌ها طبقات را پایین می‌آمد و با استفاده از پتک ۶ کیلوگی به یک لاستیک ۴۰ کیلوگی ضربه می‌زدند تا آن را دو متر جابجا نمایند و پس از آن آزمودنی‌ها مسافت ۲۰ متر را بصورت زیگزاگ می‌دویدند و یک لوله آتش‌نشانی پر از آب را به مسافت ۲۵ متر می‌کشیدند، در نهایت یک آدمک ۷۰ کیلوگی را از پشت و زیر بغل گرفته و به مسافت ۲۰ متر رو به عقب کشیده و از خط پایان عبور می‌کردند. از شروع تا پایان آزمون شبیه سازی شده، آزمودنی‌ها از هوای داخل سیلندر آتش‌نشانی استفاده نمودند و در ابتدا و انتهای آزمون مقدار هوای مصرف شده توسط آزمودنی‌ها با استفاده از مانومتر دیجیتال دستگاه تنفسی آتش‌نشانی مدل دراگر تعیین و ثبت گردید.

تحلیل آماری: جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ استفاده گردید. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده گردید که نتایج آزمون نشان داد توزیع داده‌ها در همه متغیرها به جز VO_2max نرمال بودند. بنابراین برای مقایسه تمامی میانگین متغیرهای مورد مطالعه در تحقیق از آزمون انوای مکرر با عامل بین گروهی استفاده گردید و برای داده‌های VO_2max که نرمال نبودند از آزمون کروسکال والیس و من ویتنی یو استفاده گردید. سطح معنی داری در تمامی تحلیل‌های آماری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج تحلیل داده‌های VO_2max تفاوت معناداری ($p=0.003$) بین گروه‌ها نشان داد و مقایسه زوجی گروه‌ها نشان داد که داده‌های گروه کنترل با گروه‌های تمرینات HIIT و HIIT (به ترتیب $P=0.036$ و $P=0.004$) تفاوت معنادار وجود دارد. در هر دو گروه HIIT و HIIT میزان VO_2max به ترتیب ۶/۳۵ و ۴/۲۶ درصد افزایش یافت (جدول ۲) و بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت ($P>0.05$).

نتایج تحلیل واریانس داده‌های عملکرد تفاوت معناداری ($p=0.007$) بین گروه‌ها نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی بانفرونی نشان داد که بین گروه کنترل و تمرینات HIIT و HIIT (به ترتیب $P=0.03$ و $P=0.01$) تفاوت معنادار وجود دارد. در گروه‌های HIIT و HIIT عملکرد به ترتیب ۵/۲۱ و ۴/۷۴ درصد افزایش یافت، اما بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت ($P>0.05$).

نتایج تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های مورد مطالعه در میزان RER ($P=0.269$)، HR، ($P=0.595$)، VE، ($P=0.392$)، نسبت VE/VO_2 ($P=0.778$) و نسبت VE/VCO_2 ($P=0.778$) وجود ندارد.

نتایج تحلیل آزمون کروسکال والیس جهت مقایسه میانگین بین گروه‌ها برای VO_2/HR تفاوت معناداری ($p=0.002$) بین گروه‌های مورد مطالعه پیدا شد و در بررسی مقایسه زوجی داده‌ها تفاوت معناداری بین گروه‌های HIIT و HIIT (به ترتیب

افزایش یافت. بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت. $P=0/005$ ، $P=0/001$ با گروه کنترل مشاهده گردید. اگرچه VO_2/HR در گروه HIIT و HIIT به ترتیب ۱۱/۶۴ و ۶/۵۲ درصد

همچنین نتایج تحلیل واریانس داده‌های حجم استفاده از سیلندر تنفسی آتش نشانان تفاوت معناداری ($P=0/001$) بین گروه‌ها نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد بین گروه‌های HIIT و HIIT (به ترتیب $P=0/002$ ، $P=0/006$) با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود دارد. در گروه HIIT و HIIT حجم استفاده شده از دستگاه تنفسی آتش نشانان به ترتیب ۱۴/۴۱ و ۱۱/۴۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲)، اما بین دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت ($p>0/05$)

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق

شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم در دقیقه)	HIIT	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)	HIIT	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 (میلی لیتر/دقیقه)	HIIT	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)	HIIT	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 (میلی لیتر)	HIIT	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
تهویه ریوی (لیتر/دقیقه)	HIIT	۱۴۵/۵±۲۱/۱	۱۵۳/۲±۲۲/۴
	HIIT	۱۴/۳±۱۹/۴	۱۵۳/۰±۱۸/۵
	کنترل	۱۴۴/۹±۱۶/۲	۱۳۸/۷±۱۲/۲
تهویه ی اکسیژن (لیتر/دقیقه)	HIIT	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
تهویه ی دی اکسید کربن (لیتر/دقیقه)	HIIT	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 هوا آتش نشانان (بار/دقیقه)	HIIT	۵۶/۵۳±۵/۴۴	۴۸/۲±۶۶/۲۰
	HIIT	۵۶/۴۶±۵/۲۸	۵۰/۰±۴/۴۷
	کنترل	۵۷/۶۹±۵/۵۷	۶۲/۳۸±۵/۲۰

بحث و نتیجه گیری

هدف از مطالعه حاضر بررسی و مقایسه تاثیر ۸ هفته تمرینات HIIT و HIFT بر حداکثر اکسیژن مصرفی، فاکتورهای تنفسی و حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در آتش نشانان بود. بر اساس نتایج مطالعه حاضر در اثر تمرینات HIIT و HIFT کاهش استفاده از هوای داخل سیلندر توسط آتش نشانان مشاهده شد و همچنین در گروه HIIT و HIFT حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش یافت. تحقیقات نشان می‌دهد که بالا رفتن از پله و نجات قربانی سخت ترین کارها هستند که به VO_2 ۳۸ تا ۴۳ اینچ در دقیقه بر کیلوگرم در مدت ۲۰ ثانیه نیاز دارند (۱۲). همچنین محیط‌های کاری آتش نشان حاوی مواد شیمیایی مانند دی اکسید کربن در سطوح سمی حاد است، احتمالاً در نتیجه هیپوکسی ناشی از آن است که ریتم قلب را تغییر می‌دهد بنابراین تناسب اندام قلبی تنفسی پایین با افزایش خطر رویدادهای مرتبط با بیماری‌های قلبی عروقی مرتبط است. اطفاء حریق از نظر فیزیکی شغلی سخت است. چندین تحقیق شواهدی مبنی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی اوج بالای ۸۰ درصد از VO_2max در طول انجام فرایند کار شبیه سازی شده ارائه کرده اند برخی دیگر مقادیری بین ۴۷ تا ۸۰ درصد را گزارش کرده اند (۱۳). در مطالعه ما، VO_2max نیز در گروه‌های تمرینات HIIT و HIFT به ترتیب ۶/۳۵ و ۴/۲۶ درصد افزایش یافت. با توجه به اینکه محدود حجم سیلندر دستگاه تنفسی آتش نشانان دارای محدودیت استفاده است، بهبود در مصرف حجم دستگاه تنفسی از اهمیت خیلی بالایی برخوردار است. در واقع مهم‌ترین یافته این پژوهش کاهش در استفاده از حجم سیلندر تنفسی در آتش نشانان بود که طبق بررسی‌ها استفاده از حجم سیلندر هوا در هر دو گروه HIIT و HIFT به ترتیب ۱۴/۴۱ و ۱۱/۴۴ درصد کاهش داشت و نتایج برون گروهی تفاوت معنا در هر دو گروه را نشان می‌دهد که دلیل آن می‌تواند افزایش سطح فعالیت در تمرینات HIFT باشد. طبق تحقیقات قلبی یکی از دلایلی که منجر می‌شود تمرینات HIIT تأثیر مثبتی در این روند بگذارد بهبود تمامی شاخص‌های پویایی اکسیژن (هوازی و بی‌هوازی) با استفاده از تمرینات تناوبی با شدت بالا است (۱۴). بنابراین نتایج نشان از تأثیر تمرینات HIIT و HIFT بر بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی را دارد که می‌توان از دلایل کاهش مصرف و استفاده از هوای داخل سیلندر توسط آتش نشانان در گروه‌های HIIT و HIFT دانست. در حالی که هیچ استاندارد حداقلی جهانی «تناسب برای انجام وظیفه» وجود ندارد، چندین مطالعه دریافت اکسیژن را در طول وظایف شبیه‌سازی شده اطفاء حریق و مقادیر گزارش شده از ۲۳،۰ تا ۴۳/۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم/ در دقیقه/ ثبت کرده‌اند. بر این اساس، 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 مطالعات قلبی را تایید نمود که نشان داده اند ظرفیت تنفسی بهتر با کاهش در مصرف حجم سیلندر هوا در آتش نشان ارتباط مستقیم دارد (۱۶). بنابراین با توجه به اینکه تجهیزات کامل حریق در ماموریت‌ها می‌تواند باعث کاهش در سطح حداکثر اکسیژن پیشینه مصرفی گردد، بهبود در سطوح VO_2max می‌تواند باعث افزایش عملکرد آتش نشانان گردد (۱۷).

هنگام رسیدن به یک صحنه اضطراری، به عنوان مثال برای نجات جان یا جلوگیری از گسترش آتش سوزی آتش نشانان باید با بیشترین سرعت ممکن کار کنند. در این مطالعه علاوه بر حداکثر ضربان قلب در زمان انجام آزمون بروس و عملکرد آزمودنی‌ها تا واماندگی در آزمون بروس نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت بطوریکه میزان حداکثر ضربان قلب (HR_{max}) در گروه HIIT و HIIT به ترتیب ۲/۳۲ و ۲/۴۵ درصد کاهش داشت. بنابراین فرضیه تاثیر تمرینات HIIT و HIIT بر بهبود حداکثر ضربان قلب تایید می‌شود که این نیز می‌تواند از دلایل کاهش مصرف و استفاده از هوای داخل سیلندر توسط آتش نشانان در گروه‌های HIIT و HIIT دانست. همچنین زمان انجام آزمون بروس تا واماندگی در گروه HIIT و HIIT به ترتیب ۵/۲۱ و ۴/۷۴ درصد افزایش در زمان انجام آزمون تا واماندگی داشت که این افزایش می‌تواند در کنار افزایش VO_2max به تسریع بازیابی HR کمک نماید، که در مطالعه ما با VO_2max مرتبط بود و این می‌تواند یکی از دلایل ادامه دادن آزمون بروس برای مدت زمان بیشتری تا رسیدن به اوج واماندگی باشد. این مطابق با مطالعات دیگر است که بازیابی سریع‌تر HR را در افراد با VO_2max بالاتر مشاهده نمودند و دریافتیم که نرخ تخلیه هوا از سیلندر دستگاه تنفسی با بهبود، HR مرتبط نیز مرتبط است (۱۶، ۱۸).

میزان RER در گروه‌های HIIT و HIFT به ترتیب ۲/۳۸ و ۲/۳۴ درصد کاهش داشت، اما تغییرات دو گروه متفاوت نبود. این نتایج با مطالعات قلبی که نشان می‌دهند تمرینات پرشدت بر سطوح RER اثر گذار است و باعث کاهش سطح RER بعزت

افزایش و بهبود سایر فاکتورهای قلبی عروقی می‌گردد، همسو می‌باشد و به نظر می‌رسد بعلت بالا رفتن فاکتورهای آمادگی جسمانی و در نهایت بهبود در سایر فاکتورهای تنفسی این اتفاق رخ داده است (۱۹).

مقدار VO_2/HR در گروه HIIT و HIIT به ترتیب ۱۱/۶۴ و ۶/۵۲ درصد افزایش یافت و بین میزان تغییرات در دو گروه تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. ضربان قلب آتش نشانان در هنگام ماموریت‌های اطفای حریق تا ۹۰٪ حداکثر ضربان قلب بالا می‌رود و این به معنای نیاز آتش نشانان به انجام فعالیت پر شدت می‌باشد. تمرینات پر شدت باعث می‌گردد (۲۰). اکسیژن مصرفی فرد بهبود پیدا نماید و می‌توان گفت که این بهبود در اکسیژن مصرفی با ضربان قلب در زمان فعالیت در ارتباط هست. در واقع تمرینات پر شدت بر ضربان استراحتی و فعالیت تاثیر می‌گذارد و باعث می‌گردد که جذب اکسیژن مصرفی در زمان فعالیت بهبود پیدا نماید (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 میزان اکسیژن مصرفی در ارتباط می‌باشد که در بلند مدت می‌تواند باعث بهبود در مقدار VO_2/HR گردد که با توجه به ماهیت شغل آتش‌نشانی و نوع فعالیت‌های آنها این تغییرات در ضربان قلب و همچنین اکسیژن مصرفی می‌تواند عملکرد را در آتش نشانان بهبود ببخشد (۲۲) که نتایج دو گروه تمرینی تحقیق حاضر همسو با یافته‌های پیشین می‌باشد.

تهویه دقیقه‌ای در حالت استراحت در محدوده ۵ تا ۱۰ لیتر در دقیقه می‌باشد که در هنگام یک ورزش وامانده ساز به ۷۰ تا ۱۵۰ لیتر هم ممکن است برسد (۲۳). تهویه ریوی (VE) در گروه‌های HIIT و HIIT در تحقیق حاضر به ترتیب به ترتیب ۳/۱۶ و ۵/۳۱ درصد افزایش داشت. با حمایت از VE پایین تر، همانطور که تعداد تنفس پایین در میان آتش نشانان پیشنهاد می‌شود، VE در گروه‌های HIIT و HIIT در پس آزمون آتش نشانان نسبت به پیش آزمون افزایش یافت که می‌تواند بدلیل عوامل مختلف عصبی یا خونی باشد. در واقع طبق مطالعات افزایش فشار سهمی دی اکسید کربن، افزایش دمای بدن، اسیدوز و کاهش فشار سهمی اکسیژن می‌تواند از جمله محرک‌هایی باشند که باعث می‌شوند در زمان فعالیت بیشینه تهویه 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 تهویه ریوی در دو گروه تمرین می‌باشد. با توجه به یافته‌های این پژوهش در مورد متغیر VE/VCO_2 مشاهده گردید در گروه HIIT افزایش (۵/۸۴ درصد) معنا دار بود در حالیکه در گروه HIIT اگر چه افزایش مشاهده شد (۲/۶۷ درصد) این تغییرات معنی دار نبود که دلیل اصلی آن می‌تواند افزایش فشار سهمی دی اکسید کربن در هنگام فعالیت در واماندگی باشد (۲۴).

مقادیر VE/VO_2 در گروه‌های HIIT و HIIT به ترتیب ۹/۵۲ و ۳/۹۱ درصد افزایش نشان داد و این تغییرات بین گروه‌ها متفاوت نبود. VE/VO_2 کمتر می‌تواند برای آتش نشانان مفید باشد، زیرا برای مقدار معینی از اکسیژن مصرفی، تهویه هوای کمتری مورد نیاز است و باعث حفظ هوا در سیلندر می‌شود. مطالعات نشان می‌دهند که ورزشکاران آماتور 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 جسمانی هوازی بیشتر منجر به راندمان تهویه هوای بهتر از سیلندر هوا برای شدت کار معین و تقاضای اکسیژن قابل مقایسه می‌شود (۱۶). بعلاوه افزایش آمادگی جسمانی با تهویه اکسیژن بهتر در ارتباط می‌باشد و طبق پژوهش ما سطح آمادگی بالاتر باعث بهبود عملکرد و تهویه اکسیژن بهتر در آتش نشانان می‌گردد (۱۲). پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود، برای مثال می‌توان به طول دوره تمرین در تحقیق حاضر که ۸ هفته و کوتاه بود اشاره نمود، شاید اگر دوره تمرین بلند مدت انتخاب می‌شد اثرگذاری تمرینات HIIT بیشتر مشهود می‌گردید بنابراین به همین دلیل انجام پژوهش مشابه با مدت زمان بیشتر پیشنهاد می‌گردد. طبق یافته‌های این پژوهش تمرینات HIIT و HIIT باعث کاهش استفاده از حجم سیلندر تنفسی در آتش نشانان گردید. همچنین این پژوهش نشان داد که تمرینات HIIT و HIIT باعث بهبود سطح VO_{2max} و سایر فاکتورهای تنفسی می‌گردد. این یافته‌ها نشان می‌دهد هر دوی تمرینات HIIT و HIIT به شکل مشابهی می‌توانند باعث عملکرد بهتر آتش نشانان به لحاظ ظرفیت قلبی عروقی و بهبود در حجم استفاده شده از سیلندر دستگاه تنفسی در حین عملیات آتش‌نشانی شوند.

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](https://doi.org/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](https://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 VO₂max and Muscular Endurance. *J Sports Sci Med*. 2019;18(3):497-504. PMID: [PMC6683610](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3182154/).
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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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_18](https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_299_18)
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](https://doi.org/10.22059/jsb.2015.55234) [In Persian].
15. Lee JY, Bakri I, Kim JH, Son SY, Tochiyara 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](https://doi.org/10.1080/15459624.2013.792681)
16. Gendron P, Freiburger 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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. PMID: [PMC7039485](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37039485/)
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](https://doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27979.1494) [In Persian].
20. Horn GP, Kesler RM, Motl RW, Hsiao-Weckler 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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.2009.07.009](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.07.009)23. 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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1139/H10-061)

نسخه پیش انتشار