

The Effect of High-Intensity Aerobic Exercise on IL18, IL6, and B-Type Natriuretic Peptide (BNP) Concentrations in Operational Male Firefighters

Jasem Allhateib MNH¹, Taghian F², Atiyah HH³, Jalali Dehkordi Kh⁴

1- Ph.D Student, Department of Sports Physiology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2- Professor, Department of Sports Physiology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

3- Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Baghdad, Mustansiriyah University.

4- Associate Professor, Department of Sports Physiology, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Abstract

Received: 2025.02.15 Accepted: 2025.07.03

Purpose: Firefighting is known to be a very high-risk occupation due to its dangerous and difficult characteristics. Therefore, the present study aimed to investigate the effect of eight weeks of high-intensity aerobic training on IL18, IL6, and B-type natriuretic peptide (BNP) concentrations in operational male firefighters. IL18 and IL6 are inflammatory cytokines that play a role in immune responses. BNP is also known as a marker of heart failure that is secreted in response to excessive strain on heart muscle cells, and there is a relationship between inflammation and heart problems in chronic diseases.

Methods: The present study is a quasi-experimental study with a pre-test and post-test design. In this study, 48 male firefighters were selected purposively and conveniently and were randomly and equally divided into two groups (n=24): control and high-intensity aerobic training groups. The training program included a 15-minute warm-up at a slow pace and 30-second interval running at 100% intensity in the first and second weeks, which increased to 150-200% of heart rate reserve in the seventh and eighth weeks. Data analysis was evaluated using the analysis of covariance (ANCOVA) method and the equivalent nonparametric test, Quade Nonparametric ANCOVA. The tests were performed at a 5% error level and using a SPSS version 27.

Results: The results showed that HIIT training had a significant effect on the concentration of IL18 ($p<0.001$, $\eta^2=0.58$), IL6 ($p<0.001$, $\eta^2=0.43$), and B-type natriuretic peptide (BNP) ($p<0.001$, $\eta^2=0.48$). The concentration of IL18, IL6, and BNP decreased significantly as a result of high-intensity aerobic training.

Conclusion: High-intensity aerobic training has been shown to reduce IL18, IL6, and BNP concentrations. It has been suggested that high-intensity aerobic training improves the physiological performance of firefighters.

Keywords: Firefighters, Aerobic Exercise, IL6, IL18, BNP

Corresponding Author: Farzaneh Taghian

Email: f.taghian@iau.ac.ir

ORCID: [0000-0001-9531-2952](https://orcid.org/0000-0001-9531-2952)



Copyright © 2025 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

► Please cite this article as: Jasem Allhateib MNH, Taghian F, Atiyah HH, Jalali Dehkordi Kh. The Effect of High-Intensity Aerobic Exercise on IL18, IL6, and B-Type Natriuretic Peptide (BNP) Concentrations in Operational Male Firefighters. *JPSR* 2025; 14(2): 82-96. DOI: 10.22038/jpsr.2025.86133.2685.

تاثیر تمرینات هوازی با شدت بالا بر میزان غلظت IL18, IL6 و پپتید ناتریوتیک نوع B (BNP) در آتش نشانان

مرد عملیاتی

مهندس نصیف حامی جاسم الخطیب^۱، فرزانه تقیان^۲، حسن هادی عطیه^۳، خسرو جلالی دهکردی^۴

هدف: حرفه آتش‌نشانی به دلیل ویژگی‌های خطرناک و دشوار، از جمله مشاغل بسیار پرخطر شناخته می‌شود. بنابراین، مطالعه حاضر بررسی تاثیر هشت هفته تمرینات هوازی با شدت بالا بر میزان غلظت IL18, IL6 و پپتید ناتریوتیک نوع B (BNP) در آتش‌نشانان مرد عملیاتی می‌باشد. IL-18 و IL-6 سیتوکین‌های التهابی هستند که در پاسخ‌های ایمنی نقش دارند. پپتید ناتریوتیک نوع B (BNP) نیز به عنوان نشانه‌ای از نارسایی قلبی شناخته می‌شود که در پاسخ به کشش بیش از حد سلول‌های عضلانی قلب ترشح می‌شود، و ارتباطی بین التهابات و مشکلات قلبی در بیماری‌های مزمن وجود دارد.

روش بررسی: مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون می‌باشد. در این مطالعه تعداد ۴۸ آتش نشانان مرد به روش هدفمند و در دسترس انتخاب شدند و به صورت تصادفی و مساوی در دو گروه ($n=24$) کنترل و تمرینات هوازی با شدت بالا تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن با سرعت آهسته و دویدن متناوب ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۰۰ درصد در هفته‌های اول و دوم بود که در هفته‌های هفتم و هشتم به ۱۵۰-۲۰۰ درصد ضربان قلب ذخیره افزایش یافت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز کواریانس (ANCOVA) و آزمون ناپارامتری معادل آن آنالیز کواریانس کواد (Quade Nonparametric ANCOVA) ارزیابی شد. آزمون‌ها در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ی ۲۷ نرم افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمرینات HIIT تاثیر معنادار بر غلظت IL18 ($p<0/001$)، IL6 ($\eta^2=0/58$)، $p<0/001$) و پپتید ناتریوتیک نوع B (BNP) ($\eta^2=0/48$)، $p<0/001$) داشته است. میزان غلظت IL18, IL6 و BNP در اثر انجام تمرینات هوازی با شدت بالا بطور معنی داری کاهش یافته است.

نتیجه گیری: تمرینات هوازی با شدت بالا سبب کاهش میزان غلظت IL18, IL6 و BNP شده است. توصیه می‌گردد که تمرینات هوازی با شدت بالا سبب بهبود عملکرد فیزیولوژیکی آتش‌نشانان می‌گردد.

کلمات کلیدی: آتش‌نشانان، تمرینات هوازی، IL6, IL18, BNP

نویسنده مسئول: فرزانه تقیان، f.taghian@iau.ac.ir ORCID: 0000-0001-9531-2952

آدرس: اصفهان، خیابان جی شرقی، ارغوانیه، بلوار دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان (خوراسگان)، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی

۱- دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳- دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه المستنصریه، بغداد، عراق

۴- دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

مقدمه

نمی‌شود، بلکه شامل طیف وسیعی از عوامل استرس‌زای روانشناختی و اجتماعی نیز می‌شود (۳). آتش‌نشانان همچنین در معرض مواد شیمیایی خطرناک و همچنین استرس حرارتی و روانی قرار دارند. شیفت کاری، که ممکن است خطر ابتلا به بیماری عروق کرونر قلب (Coronary Heart Disease; CHD) را نیز افزایش دهد، همراه با استرس‌های روانی در تعداد فزاینده‌ای از موقعیت‌های اضطراری (مانند آتش‌سوزی، بلایای طبیعی، حوادث ترافیکی و خدمات پزشکی اضطراری) نیز

حرفه آتش‌نشانی، به دلیل ماهیت پرمخاطره و طاقت-فرسای خود، یکی از پرخطرترین مشاغل جهان محسوب می‌شود (۱). آتش‌نشانان در مواجهه با شرایط اضطراری و حوادث ناگهانی، همواره در معرض خطرات جسمی و روانی شدیدی قرار دارند که می‌تواند پیامدهای جدی و بلندمدتی برای سلامت آن‌ها داشته باشد (۲). این خطرات، صرفاً به حوادث و آسیب‌های فیزیکی مانند سوختگی، جراحت، و استرس‌های ناشی از حوادث محدود

مرگومیر، که برخی از آن ها شواهدی از افزایش خطر ابتلا به برخی سرطان ها و غیر بدخیم های تنفسی نشان داده اند (۱۰، ۲).

قرارگیری طولانی مدت در معرض استرس، به طور قابل توجهی سیستم ایمنی بدن را تضعیف کرده و واکنش التهابی بدن را تشدید می کند (۱۱). این امر منجر به افزایش سیتوکین های التهابی مانند اینترلوکین-۶ (IL-6) و اینترلوکین-۱۸ (IL-18) می شود. این سیتوکین ها، مولکول های پیام رسان هستند که توسط سلول های ایمنی مانند لنفوسیت های T کمکی (Th) و ماکروفاژها ترشح می شوند و نقش مهمی در تنظیم واکنش های التهابی دارند (۱۳، ۱۲). افزایش سطح این سیتوکین ها در بدن، می تواند به التهاب مزمن و در نتیجه، بروز طیف وسیعی از بیماری های مزمن منجر شود. همچنین، استرس مزمن باعث تضعیف سیستم آنتی اکسیدانی بدن می گردد (۱۴). BNP توسط بطن های قلب وقتی که فشار اضافی وجود دارد، ترشح می شود و این موضوع آن را به بخشی اساسی برای تشخیص و ارزیابی عملکرد قلب تبدیل می کند. BNP به عنوان یک نشانگر بیوشیمیایی حیاتی در ارزیابی شرایط قلبی و عروقی به شمار می رود (۱۷).

همچنین، آگاهی جامعه نسبت به مشکلات و چالش های روانی و جسمی این قشر فداکار می تواند در حمایت از آنها نقش بسیار مهمی داشته باشد. پیتید ناتیوتیک نوع (BNP) B یک نشانگر حیاتی است که تنش قلبی را منعکس می کند؛ غلظت آن در خون در پاسخ به استرس قلبی، مانند نارسایی قلبی یا سایر شرایط قلبی افزایش می یابد (۱۶). BNP به طور عمده از بطن های قلب ترشح می شود و در پاسخ به بار اضافی بر روی قلب و مانند نارسایی قلبی و فشار خون بالا، سطوح آن افزایش می یابد (۱۵). از آنجا که آتش نشانان در معرض فشارهای فیزیکی و روانی شدید هستند، افزایش سطوح BNP به عنوان یک شاخص برای بررسی سلامت قلبی در این گروه شغلی اهمیت ویژه ای دارد (۱۸). آتش نشانان با شرایطی مانند استرس های شدید، کار در دماهای بالا و قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی، در خطر بالای ابتلا به بیماری های قلبی عروقی قرار دارند. التهاب به عنوان یک عامل کلیدی در ایجاد و پیشرفت بیماری های قلبی عروقی شناخته می شود (۱۹). این وضعیت به وسیله

به خطراتی که توسط آتش نشانان تجربه می گردد (۴). Soteriades و همکاران (۵) گزارش کردند که فعالیت بدنی ناکافی، عادات غذایی ناسالم و نوبت کاری از عوامل استرس زا شغلی اصلی آتش نشانان هستند. اکثر آتش نشانان هنگام انجام وظایف آنالین، ناهماهنگی عاطفی و درگیری عاطفی با مشتریان را تجربه می کنند. مطالعات اخیر نشان داده اند که این درگیری ها و آسیب های عاطفی با فرسودگی شغلی، قصد ترک شغل، علائم اختلال استرس پس از سانحه (Post-Traumatic Stress Disorder; PTSD) و افکار خودکشی در آتش نشانان مرتبط است (۶، ۷).

عوامل خطرناک شغلی آتش نشانان می تواند باعث ارزیابی فیزیولوژیک شده و منجر به بروز حوادث قلبی عروقی شود. کار کم تحرک طولانی و به دنبال فعالیت فیزیکی شدید و واکنش فوری به زنگ ها یا تماس های مکرر، ضربان نبض را افزایش می دهد. استرس گرمایی و کم آبی بدن به دلیل از دست دادن مایعات می تواند برون ده قلبی را علیرغم پایداری کاهش دهد. قرار گرفتن در معرض برخی از مواد شیمیایی، از جمله مونوکسید کربن، ذرات و سایر مواد سمی، و قرار گرفتن متناوب در معرض نویز ممکن است فشار خون را افزایش دهد. فعال شدن سمپاتیک از زنگ اولیه، حجم کار فیزیکی، قرار گرفتن در معرض گرما و کم آبی استرس های مهمی هستند. Smith و همکاران (۸) گزارش کردند که به ازای هر مرگ ناگهانی قلبی (Sudden Cardiac Death; SCD)، نزدیک به ۱۷ رویداد غیرکشنده از جمله انفارکتوس حاد میوکارد (Acute Myocardial Infarction; AMI) یا سکته مغزی رخ می دهد. در مطالعه آنها ۳۸ درصد از آتش نشانان پیش فشار خون و ۴۰ درصد فشار خون بالا داشته اند. یک مطالعه اخیر توسط Martin و همکاران (۹) تقریباً ۶۸٪ از آتش نشانان دو یا چند عامل خطر مانند سیگار کشیدن، فشار خون بالا، چاقی، کلسترول خون بالا و کم تحرکی داشتند. این یافته قابل توجه نشان می دهد که بسیاری از آتش نشانان ممکن است چندین عامل خطر بیماری قلبی عروقی و آمادگی جسمانی ضعیف داشته باشند. خطر ابتلا به بیماری و مرگ ناشی از حوادث قلبی عروقی در طول دوره های استرس شدید جسمی و عاطفی در محل کار، آتش نشان ها بیشتر است. با این حال، مطالعات قبلی

تمرینات هوازی بر میزان غلظت BNP, IL18 و IL6 در آتش‌نشانان مرد عملیاتی می باشد.

روش بررسی

روش تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع هدف کاربردی است که با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل اجرا شد. جامعه آماری تحقیق شامل کلیه آتش نشانان مرد عملیاتی شهر یزد در ۱۲ ایستگاه در سال ۱۴۰۲ می باشند. تعداد کل جامعه آماری برابر ۱۶۸ نفر می باشد. بر اساس معیارهای ورود به تحقیق ۸۳ نفر حائز شرایط لازم ورود به مطالعه شدند. برای تعیین میزان حجم نمونه از نرم افزار برآورد حجم نمونه (G*Power) با در نظر گرفتن سطح معناداری ۰/۰۵، اندازه اثر ۰/۵۴ و توان آزمونی ۰/۸، ۴۴ نفر تعیین گردید. با در نظر گرفتن احتمال افت آزمودنی ها در طول مطالعه حجم نمونه آماری در مجموع ۴۴ نفر (۲۲ نفر در هر دو گروه) در نظر گرفته شد. در طول فرایند مطالعه با توجه به یادآوری های تماسی و پیامکی که توسط تیم تحقیق به شرکت کنندگان داده می شد. خوشبختانه همه شرکت کنندگان در مطالعه حضور کامل و فعال داشتند و در مطالعه حاضر افت آزمودنی اتفاق نیفتاد. قبل از شروع مطالعه، مراحل اجرایی تحقیق برای آتش نشانان توضیح داده شد و همه آتش نشانان رضایتنامه آگاهانه شرکت در تحقیق را تکمیل و امضا کردند. در ادامه از طریق نمونه-گیری تصادفی ساده (به روش قرعه کشی- در این روش پژوهشگر به هر یک از افراد جامعه یک کد یا شماره مخصوص می دهد).

معیارهای ورود به تحقیق عبارت بودند از: دامنه سنی ۲۴ تا ۴۰ سال، جنسیت مذکر، دارای سابقه بیش از ۴ سال آتش‌نشانی در رسته عملیاتی، شاخص توده بدن بین ۲۰/۹ تا ۲۹/۹ کیلوگرم بر مترمربع، عدم ابتلا به بیماریهای خاص منع کننده از فعالیت بدنی، عدم مصرف دخانیات و مشروبات الکلی بوده است. معیارهای خروج از تحقیق نیز عبارت بودند از: شرکت در فعالیت های بدنی دیگر در طول ۱۲ هفته تحقیق، تغییر رژیم غذایی، غیبت بیش از ۲ جلسه در جلسات تمرینی، ابتلا به بیماری های خاص یا سایر بیماری های منع کننده فعالیت بدنی. قبل از شروع مداخله، از همه آتش نشانان خواسته شد تا از هرگونه تغییر در رژیم غذایی روزانه خود در طول مطالعه

چندین مکانیزم از جمله تولید سیتوکین ها و پروتئین-های التهابی، می تواند به آسیب به بافت های قلبی و عروقی منجر شود. التهاب مزمن، که معمولاً در بیماران مبتلا به چاقی، دیابت و فشار خون بالا مشاهده می شود، نیز می تواند سطح BNP را تحت تأثیر قرار دهد و نشان دهنده وجود بار اضافی بر روی قلب باشد. در این زمینه، برخی از مطالعات نشان داده اند که افزایش سطوح BNP با سطوح بالای التهاب مرتبط است و این امر اهمیت پایش این نشانگر در بیماران مبتلا به بیماری های قلبی و عروقی را مشخص می کند (۲۰).

تمرینات بدنی منظم می توانند با مهار آزادسازی سیتوکین های پیش التهابی و تحریک تولید سیتوکین-های ضد التهابی، به کاهش التهاب مزمن و در نتیجه، کاهش خطر بروز بیماری های مختلف کمک کنند. این اثرات مفید ورزش بر سلامت، اهمیت ترویج سبک زندگی فعال و گنجاندن تمرینات بدنی منظم در برنامه روزانه را برجسته می کند (۲۱). این موضوع به ویژه برای افرادی مانند آتش نشانان که در معرض استرس های مزمن قرار دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات متعدد نشان داده اند که مداخلات ورزشی، به ویژه تمرینات هوازی، تأثیر قابل توجهی در تعدیل شاخص های التهابی، بهبود وضعیت جسمانی، و اصلاح ترکیب بدنی دارند (۲۴-۲۲). تمرینات هوازی، بهبود قابل توجهی در میزان عملکرد بدن و انعطاف پذیری مشاهده شد. از سویی، تمرینات هوازی سبب کاهش سطح پروتئین واکنشی (CRP)، شده است. علاوه بر این، تمرین هوازی با شدت بالا سبب کاهش معنی داری در سیتوکین های التهابی IL-6، TNF- α و IFN- γ و افزایش معنی داری در سیتوکین های ضد التهابی IL-10 و IL-1Ra می گردد (۲۶، ۲۵). در نتیجه، توجه به سلامت جسمی و روانی آتش نشانان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. طراحی برنامه های حمایتی جامع که شامل آموزش های مدیریت استرس، ارائه خدمات روانشناسی، و بهبود شرایط کاری باشد، برای بهبود سلامت این قشر فداکار ضروری است. تحقیقات بیشتری نیز برای شناخت دقیق تر عوامل خطر و ارائه راهکارهای موثر برای کاهش عوارض این عوامل ضروری است این یافته ها نشان می دهند که تمرینات هوازی، بیشترین اثربخشی را در تعدیل پاسخ التهابی بدن دارد. در نتیجه هدف از این مطالعه تاثیر

ریکاوری فعال ۳۰ ثانیه با سرعت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره (۴ ست، ۴ دور و ۵ دقیقه ریکاوری غیرفعال بین هر دور بود). (جدول ۱) (۳۱، ۳۰). برای کنترل شدت تمرینات در تمرین HIIT، ضربان قلب آزمودنی قبل از شروع تمرین، در حین و بعد از تمرین HIIT در هر جلسه توسط محقق با استفاده از دستگاه ضربان سنج بوئر (FT-90 ساخت آلمان) کنترل شد (جدول ۱). جهت محاسبه میزان درصد ضربان قلب ذخیره از فرمول زیر استفاده گردید (۳۲).

حداکثر ضربان قلب - ضربان قلب در حالت استراحت = درصد ضربان قلب ذخیره

جمع آوری خون و نمونه گیری

برای ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، قبل و بعد از مداخلات، ۵ میلی لیتر خون از ورزشکاران جمع آوری گردید. خون سیاهرگی از ورید بازویی دست چپ پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، ۲۴ ساعت پیش از اولین جلسه تمرین و بلافاصله بعد از آخرین جلسه تمرین با در نظر گرفتن اینکه ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پایان هفته هشتم)، در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح داخل لوله های حاوی ماده ضدانعقاد خون (EDTA) جمع آوری شد. سپس ویال ها بلافاصله با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ انجام گردید (شرکت آلمانی با نام Eppendorf) و با واحد دور در دقیقه (Relative Centrifugal Force; RCF) یا (Revolutions Per Minute; RPM) مورد ارزیابی قرار گرفت و سرم به دست آمده تا زمان آزمایش در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد در فریزر نگهداری شد. نمونه های خون بر اساس پروتکل های ایمنی و زنجیره دمایی سرد به آزمایشگاه ارسال شد. سطح غلظت مالون دی آلدهید (Bioassay Technology Laboratory, MDA, SH0020, China, Shanghai)، لاکتات (Lactate, Abcam, ab65331) که میزان ضریب تغییرات برابر ۰/۰۲-۱۰/۰۲ میلی مولار و میزان حساسیت ۰/۰۲ میلی مولار می باشد. فاکتور نکروز دهنده تومور α (TNF α), RayBio® (Georgia, ELH-TNF α -CL) که میزان ضریب تغییرات برابر ۳۰-۶۰۰۰ پیکو گرم/میلی لیتر و میزان حساسیت ۳۰ پیکو گرم/میلی لیتر بوده است. میزان غلظت سوپر اکسید دیسموتاز (SOD, Nasdox™).

اجتناب کنند. با توجه به اهمیت کورسازی که به پژوهشگر این امکان را می دهد اثرات عوامل مزاحم بر نتایج تحقیق را کنترل کند، در تحقیق حاضر فرایند کورسازی بدین شکل اجرا شد که: ۱. محل تمرین گروه-های مداخله جدا بود، ۲. گروه بندی افراد و اجرای تمرین توسط مربی متخصص صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده ها توسط متخصص آمار زیستی که اطلاعی از ماهیت داده ها نداشت، انجام گرفت. با توجه به زمانبندی طرح پژوهش، هشت ساعت قبل از شروع اولین جلسه تمرین، قد، وزن و ترکیب بدنی آتش نشانان سنجش شد و نمونه گیری خون نیز به عمل آمد. برنامه تمرینی با شدت بالا (High intensity interval training; HIIT) مطابق جدول ۱ بر اساس اصول و مبانی علم تمرین بومپا (Bompa) (۲۷) و تئوری تمرین کراس فیت و برنامه تمرینی فیتو (Feito) و همکاران (۲۸) می باشد که به مدت ۱۲ هفته به مرحله اجرا در آمد. برنامه تمرینی در روزهای یکشنبه، سه شنبه و پنجشنبه اجرا شد (۲۹، ۲۷).

پروتکل تمرین

در جلسات ابتدایی، مربی در مورد برنامه ی کلاس و نحوه اجرای تمرینات، ویژگی های تمرینات با آزمودنی ها صحبت نمود و از آزمودنی ها خواست در صورت احساس خستگی و یا ناتوانی و مواجه با هر مشکلی در داخل یا در فواصل بین جلسات تمرین، حتماً مشکل را با مربی و پژوهشگر مطرح نمایند. بعد از حدود ۱۵ دقیقه صحبت، آزمودنی ها شروع به انجام حرکات زیر نظر مربی و برنامه تمرینی مورد نظر نمودند. پروتکل های آزمایشی ورزشکاران قبل و بعد از مداخلات تمرینی مورد ارزیابی قرار گرفت.

برنامه تمرینی با شدت بالا (HIIT) شامل یک وهله گرم کردن (۱۵ دقیقه گرم کردن استاندارد) بود که با دویدن با شدت کم (۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره) و سپس ۳ تکرار ۳۰ ثانیه ای دویدن سریع و سپس ۳۰ ثانیه دویدن آهسته شروع شد. سپس، ۵ دقیقه کشش پویا در پایان برنامه برنامه ریزی شده بود. برنامه تمرینی HIIT شامل دویدن متناوب به مدت ۳۰ ثانیه با شدت ۱۰۰ درصد ضربان قلب ذخیره در هفته اول و دوم و به صورت شیب ملایم تا ۱۵۰-۲۰۰ درصد ضربان قلب ذخیره در هفته هفتم و هشتم افزایش یافت. مدت زمان

جدول ۱: برنامه تمرینی با شدت بالا (HIIT) به مدت هشت هفته

هفته	تکرار	جلسه در هفته	شدت تمرین (درصد ضربان قلب ذخیره)	استراحت فعال (درصد ضربان قلب ذخیره)	استراحت (دقیقه)
اول-دوم	۴	۳	۱۰۰	۵۰	۵
سوم-چهارم	۵	۳	۱۰۰-۱۲۰	۵۰	۵
پنجم-ششم	۵	۳	۱۲۰-۱۵۰	۵۰	۵
هفتم-هشتم	۵	۳	۱۵۰-۲۰۰	۵۰	۵

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن متغیرهای BNP، IL18 و IL6 در آتش نشانان مرد عملیاتی دو گروه کنترل و مداخله (تمرینات تناوبی با شدت بالا) در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به طرح مطالعه برای تحلیل داده ها در این متغیرها پس از بررسی و تایید نرمال بودن با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک که در جدول ۳ گزارش شده است. در این مطالعه به دلیل برقرار نبودن پذیره های زیربنایی در آن ها برای تحلیل داده ها از آزمون ناپارامتریک آنالیز کواریانس کواد استفاده شد.

پذیره های زیربنایی این مدل بررسی و نتایج به صورت زیر بدست آمد. بر اساس نتایج آزمون شاپیروویلک برای میزان غلظت IL18 ($p=0/458$) و IL6 ($p=0/564$) فرض نرمال بودن توزیع خطا رد نشد اما در متغیر BNP ($p=0/022$) رد شد. بر اساس نتایج آزمون لوین، فرض همگنی واریانس خطا بین دو گروه برای میزان غلظت IL18 ($p<0/001$) و IL6 ($p=0/026$) و BNP ($p=0/002$) رد شد. بنابراین مدل به دست آمده معتبر نمی باشند زیرا تمام پذیره های زیر بنایی این مدل برقرار نمی باشند. بنابراین جهت بررسی متغیرهای مورد مطالعه از آزمون ناپارامتریک آنالیز کواریانس کواد استفاده شد.

براساس یافته های جدول ۴ طبق نتایج آزمون آنالیز کواریانس کواد تمرینات هوازی بر روی متغیر IL18 در مردان آتش نشان در سطح خطای پنج درصد معنادار بود ($p<0/001$) و اندازه اثر مداخله برابر ۰/۵۸۰ می باشد.

نتایج آزمون آنالیز کواریانس کواد در جدول ۵ نشان می دهد تمرینات هوازی بر IL6 در مردان آتش نشان موثر می باشد ($p<0/001$) و اندازه اثر مداخله برابر ۰/۴۳۳ می باشد.

براساس نتایج جدول ۶ تمرینات هوازی بر فاکتور قلبی (BNP) در مردان آتش نشان تاثیر دارد ($p<0/001$) و اندازه اثر مداخله برابر ۰/۴۸۵ می باشد.

IRAN، NS-15033) با میزان حساسیت اندازه گیری ۰/۲ واحد بر میلی لیتر، قبل و بعد از مداخلات تمرینی با استفاده از تکنیک الایزا اندازه گیری شد.

با توجه به طرح پژوهش، تجزیه و تحلیل در دو سطح توصیفی و استنباطی انجام شد. در سطح توصیفی از شاخص های میانگین و انحراف معیار استفاده شد. در سطح استنباطی با توجه به طرح پژوهش از آزمون آنالیز کواریانس (ANCOVA) و آزمون ناپارامتری معادل آن آنالیز کواریانس کواد (Quade Nonparametric) استفاده شد. پذیره های زیربنایی مدل از قبیل نرمال بودن توزیع خطا، همگنی واریانس خطا و همگنی به ترتیب بوسیله ی آزمون های شاپیروویلک، لوین مورد بررسی و تایید قرار گرفت. برای مقایسه ی ویژگی های فردی آزمودنی های دو گروه و با توجه به برقراری فرض نرمال بودن داده ها در هر گروه از آزمون تی-مستقل استفاده شد. آزمون ها در سطح خطای پنج درصد و با استفاده از نسخه ۲۷ نرم افزار SPSS انجام شد.

یافته ها

جهت دست یابی به نتایج در این بخش بر اساس نمونه محاسبه شده ۴۸ مرد آتش نشان در قالب دو گروه ۲۴ نفری کنترل، تمرینات هوازی با شدت بالا مورد مطالعه قرار گرفتند. ویژگی های فردی نمونه ها سن، قد و وزن در جدول ۲ گزارش شده است. پس از بررسی و تایید نرمال بودن توزیع داده های مربوط به ویژگی های فردی با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک، در هر یک از دو گروه، برای مقایسه ی میانگین دو گروه از آزمون تی مستقل استفاده شد. نتیجه ی آزمون تی-مستقل تفاوت معناداری بین دو گروه در میانگین قد ($p<0/001$) از لحاظ آماری نشان داد اما در متغیرهای وزن ($p=0/972$) و سن ($p=0/534$) تفاوت معناداری وجود نداشت.

جدول ۲: اطلاعات جمعیت شناختی گروه های مورد مطالعه

متغیر	گروه کنترل		مداخله (تمرینات هوازی)	
	میانگین $\pm$ انحراف معیار	میانگین $\pm$ انحراف معیار	p- مقدار	p- مقدار
سن (سال)	۳۸/۲۲ $\pm$ ۴/۵۴	۳۲/۳۷ $\pm$ ۵/۳۷	۰/۵۳۴	
قد (متر)	۱۷۳/۶۴ $\pm$ ۲/۷۲	۱۷۳/۶۰ $\pm$ ۵/۷۳	۰/۹۷۲	
وزن (کیلوگرم)	۷۸/۹۰ $\pm$ ۱۵/۵	۸۸/۹۶ $\pm$ ۷/۱۰	۰/۰۰۱	

جدول ۳: نتایج آزمون شاپیرو-ویلک جهت بررسی نرمال بودن متغیرهای اصلی در دو گروه مورد مطالعه

متغیر	زمان	گروه کنترل		گروه مداخله (تمرینات هوازی با شدت بالا)	
		آماره آزمون	p- مقدار	آماره آزمون	p- مقدار
IL18	پیش آزمون	۰/۹۸۴	۰/۹۶۱	۰/۹۵۸	۰/۳۹۷
	پس آزمون	۰/۹۵۱	۰/۲۸۱	۰/۹۶۱	۰/۴۵۸
IL6	پیش آزمون	۰/۹۰۵	۰/۰۲۸	۰/۹۶۹	۰/۶۳۶
	پس آزمون	۰/۹۴۷	۰/۲۳۸	۰/۹۶۶	۰/۵۶۴
فاکتور قلبی (BNP)	پیش آزمون	۰/۹۶۴	۰/۵۳۵	۰/۹۷۳	۰/۷۳۴
	پس آزمون	۰/۹۰۴	۰/۰۲۷	۰/۹۰۱	۰/۰۲۲

IL18: Interlukine 18, IL6: Interlukine 6, BNP: B-Type Natriuretic Peptide

جدول ۴: نتایج آزمون کواریانس کواد جهت بررسی متغیر IL18

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آماره آزمون	p- مقدار	اندازه اثر
مدل تصحیح شده	۵۵۶۶/۱۵۲	۴	۱۵۹۱/۵۳۸	۱۹/۶۱۶	<۰/۰۰۱	۰/۶۴۶
عرض از مبدا	۱۶۰/۷۴۲	۱	۱۶۰/۷۴۲	۲/۲۶۶	۰/۱۴۰	-
گروه ها	۴۲۰۷/۷۱۰	۱	۴۲۰۷/۷۱۰	۵۹/۳۱۳	<۰/۰۰۱	۰/۵۸۰
خطا	۳۰۵۰/۴۳۳	۴۳	۷۰/۹۴۰			
مجموع	۸۶۱۶/۵۸۵	۴۸				
مجموع تصحیح شده	۸۶۱۶/۵۸۵	۴۷				

جدول ۵: نتایج آزمون کواریانس کواد جهت بررسی متغیر IL6

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آماره آزمون	p- مقدار	اندازه اثر
مدل تصحیح شده	۴۹۸۴/۳۳۰	۴	۱۲۴۶/۰۸۲	۱۲/۶۹۴	<۰/۰۰۱	۰/۵۴۱
عرض از مبدا	۲۶/۳۰۳	۱	۲۶/۳۰۳	۰/۲۶۸	۰/۶۰۷	-
گروه ها	۳۲۱۹/۳۱۹	۱	۳۲۱۹/۳۱۹	۳۲/۷۹۴	<۰/۰۰۱	۰/۴۳۳
خطا	۴۲۲۱/۱۷۵	۴۳	۹۸/۱۶۷			
مجموع	۹۰۲۰۵/۵۰۵	۴۸				
مجموع تصحیح شده	۹۰۲۰۵/۵۰۵	۴۷				

جدول ۶: نتایج آزمون کواریانس کواد جهت بررسی متغیر فاکتور قلبی (BNP)

منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	آماره آزمون	p- مقدار	اندازه اثر
مدل تصحیح شده	۴۸۴۹/۴۸۸	۴	۱۲۱۲/۳۷۲	۱۴/۹۴۰	<۰/۰۰۱	۰/۵۸۲
عرض از مبدا	۱۱۷/۴۵۳	۱	۱۱۷/۴۵۳	۱/۴۴۷	۰/۲۳۸	-
گروه ها	۳۲۸۶/۴۵۶	۱	۳۲۸۶/۴۵۶	۴۰/۴۹۹	<۰/۰۰۱	۰/۴۸۵
خطا	۳۴۸۹/۴۲۳	۴۳	۸۱/۱۴۹			
مجموع	۸۳۳۸/۹۱۱	۴۸				
مجموع تصحیح شده	۸۳۳۸/۹۱۱	۴۷				

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه مشخص گردید که میزان غلظت BNP، IL6 و IL18 در آتش نشانان مرد عملیاتی در اثر تمرینات هوازی با شدت بالا کاهش یافته است. همچنین، انجام تمرینات هوازی با شدت بالا سبب بهبود میزان غلظت BNP، IL6 و IL18 در آتش نشانان مرد عملیاتی شده است.

امروزه، انجام تمرینات هوازی با شدت بالا به دلیل تنوع و جذابیتی که دارند، مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. این نوع تمرینات نه تنها به بهبود شرایط جسمانی کمک می کنند، بلکه موجب ایجاد سازگاری های متابولیکی مفیدی نیز می شوند. تحقیقات نشان می دهند تمرینات هوازی با شدت بالا می تواند به طور قابل توجهی به تعدیل فیزیولوژیکی نشانگرهای التهابی مانند اینترلوکین-۶ (IL6) و اینترلوکین-۱۸ (IL18) بپردازند (۳۳). این نشانگرهای التهابی نقش مهمی در پاسخ ایمنی و سلامت عمومی افراد دارند (۲۶). به علاوه، تمرینات هوازی موجب تغییر در سطح پپتید نatriotیک نوع (BNP) B نیز می شوند (۳۴). این پپتید به عنوان یک نشانگر حیاتی برای ارزیابی تنش قلبی شناخته می شود و سطح آن به طور مستقیم با وضعیت عملکرد قلب مرتبط است (۳۵). در کنار این، تمرینات هوازی با شدت بالا می توانند به کاهش علائم التهابی در بدن و بهبود وضعیت قلبی و عروقی کمک کنند (۳۶). به این ترتیب، می توان نتیجه گیری کرد که این نوع تمرینات نه تنها به حفظ سلامت و تناسب اندام افراد کمک می کنند، بلکه به عنوان یک استراتژی موثر در مدیریت و پیشگیری از بیماری های مرتبط با التهاب و تنش های قلبی نیز به شمار می روند (۲۶). در نتیجه در این مطالعه مشخص گردید، انجام تمرینات هوازی با شدت

بالا بر روی متغیر فاکتور قلبی پپتید نatriotیک نوع (BNP) B، اینترلوکین-۶ (IL6) و اینترلوکین-۱۸ (IL18) در آتش نشانان مرد تاثیر دارد. در این مطالعه مشخص شد، میزان غلظت فاکتور قلبی پپتید نatriotیک نوع (BNP) B، اینترلوکین-۶ (IL6) و اینترلوکین-۱۸ (IL18) در آتش نشانان مرد که تمرینات هوازی با شدت بالا انجام داده اند بطور معنی داری کاهش یافته است.

در این تحقیق دریافتیم که انجام منظم تمرینات هوازی با شدت بالا، علاوه بر بهبود کلی وضعیت فیزیکی، تاثیر مستقیمی بر کاهش سطوح IL-18، IL-6 و BNP در آتش نشانان مرد عملیاتی دارد. کاهش این سیتوکین های التهابی نه تنها نشان دهنده تعدیل مثبت واکنش های ایمنی بدن است، بلکه می تواند بیانگر بهبود عملکرد قلب و کاهش بار استرسی باشد؛ چیزی که همخوانی کاملی با نتایج سایر مطالعات علمی دارد.

مطالعه Zidong Li و همکاران نشان می دهد که وقتی آسیب های عضلانی ناشی از تمرین های پرتوان با استرس حرارتی ترکیب می شوند، ممکن است در دوره های بعدی تمرینات مشکلات حاد مانند اختلال عملکرد کلیه به وجود آید. اگرچه در تحقیق ما به طور مستقیم عملکرد کلیه را مورد بررسی قرار نگرفته است، اما کاهش سطوح IL-18 و IL-6 می تواند نشانه ای از سازگاری سیستم بدن در مقابل چالش های حرارتی و عضلانی باشد؛ به زبان ساده این کاهش ممکن است بازتابی از مکانیسم های حفاظتی بدن در برابر آسیب های ناشی از شرایط سخت تمرینی باشد (۳۷).

همچنین، مطالعه دیگری در سال ۲۰۲۳ اهمیت استفاده از سیتوکین ها به عنوان نشانگرهای زیستی حساس در شناسایی پاسخ های ایمنی به فعالیت های ورزشی را

آتش‌نشانی ارائه دهد.

مطالعات نشان می‌دهند که ترشح مزمن و بیش از حد سیتوکین‌های التهابی، در پاسخ به شرایط استرس‌زای مزمن، نقش کلیدی در پاتوفیزیولوژی طیف وسیعی از بیماری‌ها دارد (۴۱، ۴۰). این سیتوکین‌ها، که شامل اینترلوکین-۶ (IL6) و اینترلوکین-۱۸ (IL18) می‌شود، فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF-α)، اینترفرون گاما (IFN-γ) و فاکتور محرک کلونی گرانولوسیت-ماکروفاژ (GM-CSF) می‌شوند، مولکول‌های پیام‌رسان هستند که توسط سلول‌های ایمنی، به ویژه لنفوسیت‌های T کمکی (Th) و ماکروفاژها، تولید و ترشح می‌شوند (۴۱، ۲۵، ۲۱). این مولکول‌ها نقش محوری در مدیریت پاسخ‌های ایمنی ذاتی و اکتسابی ایفا می‌کنند. در شرایط طبیعی، این سیتوکین‌ها به طور دقیق تنظیم شده و در تعادل با سیتوکین‌های ضدالتهابی عمل می‌کنند، اما در مواجهه با استرس‌های مزمن، این تعادل به هم خورده و منجر به التهاب مزمن می‌شود (۱۹/۹/۲۰۲۵). تحقیقات نشان داده‌اند که ورزش منظم و به‌ویژه تمرینات با شدت بالا، می‌توانند به کاهش سطح سیتوکین‌های التهابی مانند IL-18 و افزایش سطح سیتوکین‌های ضدالتهابی منجر شوند (۴۳، ۳۳). افزایش سطح IL-6 مشتق شده از عضلات اسکلتی بعد از تمرین بدنی، علاوه بر سرکوب عوامل پیش‌التهابی، باعث افزایش سطح اینترلوکین-۱۰ (IL-10) می‌شود که یک سیتوکین ضدالتهابی قوی است. از سویی، تمرینات هوازی با شدت بالا با مهار تولید چندین واسطه پیش‌التهابی مانند IL-1β، IL-6، IL-8، TNF-α و MIP-1α به کاهش واکنش‌های التهابی کمک می‌کند (۴۴).

عوامل استرس‌زای مزمن محیط کار آتش‌نشانان، علاوه بر مشکلات روانی، می‌تواند به بیماری‌های مزمن جسمانی مانند اختلالات اسکلتی-عضلانی و بیماری‌های قلبی-عروقی نیز منجر شود (۸). وظیفه خطیر آتش‌نشانان، که ایثارگرانه جان خود را برای نجات جان دیگران به خطر می‌اندازند، آن‌ها را در معرض فشارهای روحی و جسمی بی‌سابقه‌ای قرار می‌دهد (۱۹). ترکیب مطالبات جسمی شدید، مواجهه با صحنه‌های تکان‌دهنده، ساعات کاری نامنظم و طولانی، و فقدان حمایت‌های کافی روانی و اجتماعی، می‌تواند به فرسودگی شغلی، افسردگی، اضطراب و سایر اختلالات روانپزشکی منجر شود (۲). مطالعات

برجسته کرده است (۳۸). بر اساس این بررسی، تغییر در سطح سیتوکین‌ها نه تنها به شدت و مدت زمان ورزش بستگی دارد، بلکه وضعیت تمرین شده یا نشده بودن فرد را نیز منعکس می‌کند. یافته‌های ما در میان آتش‌نشانی که با وجود شرایط پرفشار و فعالیت‌های فیزیکی سنگین، پاسخ‌های التهابی مناسبی از خود نشان می‌دهند، کاملاً با این دیدگاه هم‌راستا است.

از سوی دیگر، تنظیم مسیرهای مولکولی مربوط به کمپلکس اینفلاماسوم NLRP3، یکی از کلیدهای درک سازگاری‌های التهابی محسوب می‌شود. مطالعه‌ی خاکرو و همکاران (۳۹) نشان داده که چه در فعالیت‌های هوازی کوتاه مدت و چه در فعالیت‌های مزمن، تغییراتی در مسیر NLRP3 رخ می‌دهد که در نهایت منجر به کاهش تولید IL-18 و IL-6 می‌شود (۳۹). این یافته به ما کمک می‌کند تا درک بهتری از فرآیندهای مولکولی پشت کاهش سطوح این سیتوکین‌ها داشته باشیم و نشان می‌دهد که تنظیم مجدد فعالیت NLRP3 می‌تواند در کاهش استرس‌های اکسیداتیو و التهابی و بهبود عملکرد قلبی نقش مؤثری ایفا کند.

ترکیب این شواهد اهمیت برنامه‌های تمرینی منظم با شدت بالا را به ویژه در میان آتش‌نشانان و سایر افراد مشغول به کار در محیط‌های پرخطر نشان می‌دهد. این نوع تمرینات نه تنها به کاهش شاخص‌های التهابی و بهبود سلامت قلب کمک می‌کنند، بلکه موجب تقویت مقاومت سیستم ایمنی در برابر استرس‌های مزمن نیز می‌شوند. از این منظر، به کارگیری تمرینات هوازی با شدت بالا می‌تواند به عنوان یک استراتژی پیشگیرانه و مؤثر در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و متابولیکی تلقی شود.

در نهایت، با وجود نتایج امیدوارکننده این پژوهش، همچنان نیاز به تحقیقات بیشتر برای بررسی دقیق‌تر تأثیرات میکروسکوپی این نوع تمرینات بر مسیرهای مولکولی و واکنش‌های ایمنی احساس می‌شود. تحقیقات آتی می‌بایست تعامل بین آسیب‌های عضلانی، استرس حرارتی و تغییرات بیوشیمیایی در اندام‌های حیاتی مانند کلیه و قلب را همزمان بررسی کنند. علاوه بر این، ترکیب تمرینات هوازی با سایر مداخلات مانند استفاده از ترکیبات ضد اکسیدانی یا راهکارهای روانشناختی می‌تواند راهکار جامع‌تری جهت بهبود سلامت در مشاغل پرفشار مثل

جنبه های منحصر به فرد بیولوژی IL-18 در سطوح رونویسی، فعال سازی، ترشح، خنثی سازی، توزیع گیرنده و سیگنال دهی به توضیح نقش پلیوتروپیک آن در التهاب مخاطی و سیستمیک کمک می کند. مطالعات نشانگرهای زیستی خون سیتوکینی را نشان می دهد که افزایش شدید آن، همراه با «IL-18» قابل تشخیص، گروهی از بیماری های خودالتهابی را تعریف می کند که در آن اختلال در تنظیم IL-18 می تواند یک ویژگی محرک اصلی باشد، به اصطلاح «IL-18opathies». این ویژگی چشمگیر ممکن است تشخیص ها را تسریع کند و بیمارانی را که در معرض انسداد درمانی IL-18 هستند شناسایی کند (۴۸، ۴۷). از نظر بیماری زایی، مطالعات انسانی و حیوانی فعال سازی ترجیحی سلول های CD8+ T را نسبت به سایر لنفوسیت های پاسخگو به IL-18 شناسایی می کنند. درمان های آگونیست IL-18 که محل تولید یا براندازی مهار درون زای IL-18 را تحت تأثیر قرار می دهند، در تقویت پاسخ های ایمنی به سرطان امیدوارکننده هستند. بنابراین، جنبه های منحصر به فرد بیولوژی IL-18 در نهایت شروع به تأثیر بالینی در تشخیص دقیق، نظارت بر بیماری و درمان هدفمند بیماری های التهابی و بدخیم می کند ۱۹/۹/۲۰۲۵.

آتش نشانان حرفه ای که آمادگی هوازی، قدرت بی هوازی، قدرت عضلانی و استقامت بالایی دارند، تحرک و انرژی بیشتری دارند. افرادی که سطح آمادگی جسمانی بالاتری دارند، احتمال کمتری دارد که ایمنی همکاران خود و افرادی که در حین انجام وظایف به آنها خدمت می کنند، به خطر بیفتند. تعیین معیارهای تناسب اندام که بر عملکرد آتش نشانان تأثیر می گذارد، بسیار حیاتی است. بعد از فعالیت بدنی شدید، کاهش عملکرد قابل توجهی رخ می دهد که بسته به شدت، مدت و نوع ورزش ممکن است چندین روز ادامه داشته باشد (۴۹). عوامل موثر بر این کاهش عملکرد عبارتند از: اختلال میوفیبریل، تورم در ناحیه آسیب دیده ناشی از جریان فعالیت آنزیمی و فرآیند التهابی می باشد. در حالی که زمان دقیق بازیابی کامل قابلیت های عملکردی بین افراد متفاوت است، آسیب عضلانی، ناشی از یک جلسه تمرین، ممکن است تغییرات منفی در دامنه حرکت، شناخت، سرعت انقباض عضلانی ایجاد کند. علاوه بر افزایش خطر آسیب، نشانگرهای آسیب عضلانی و التهاب نیز برای ۷۲ ساعت پس از ورزش افزایش

متعدد نشان داده اند که احتمال بروز آسیب های جسمانی در آتش نشانان به مراتب بیشتر از سایر مشاغل است؛ و در کنار این آسیب های فیزیکی، آسیب های روانی نیز بر سلامت و تندرستی آن ها تأثیر می گذارد (۱۰). این آسیب ها محدود به خود فرد نیست و می تواند تأثیرات منفی بر خانواده و روابط اجتماعی آتش نشانان نیز داشته باشد. التهاب مزمن، به عنوان یک عامل خطر شناخته شده برای بیماری های مختلفی از جمله تصلب شرایین، انواع سرطان ها، اختلالات خلقی، و بیماری های نورودژنراتیو مطرح است. این التهاب مزمن می تواند به طور مستقیم به آسیب به بافت ها و اندام ها منجر شود، یا به طور غیرمستقیم با تغییر در عملکرد سیستم های بیولوژیکی مختلف، زمینه را برای بروز بیماری ها فراهم کند. به عنوان مثال، التهاب مزمن می تواند به تجمع پلاک های چربی در جدار رگ ها (تصلب شرایین) منجر شده و خطر بروز بیماری قلبی-عروقی را افزایش دهد. همچنین، التهاب مزمن می تواند با تغییر در عملکرد نورو و سلول های گلیال، به تخریب بافت مغز منجر شده و بیماری های مغزی-عصبی مانند آلزایمر و پارکینسون را تشدید کند. کاهش فعالیت بیولوژیکی سیتوکین های التهابی، می تواند به کاهش شدت و پیامدهای بیماری های ناشی از التهاب مزمن کمک کند. برای حفظ سلامت بدن، برقراری تعادل بین سیتوکین های التهابی و سیتوکین های ضدالتهابی از اهمیت بالایی برخوردار است. عوامل مختلفی مانند افزایش سن و فعالیت بدنی می توانند در میزان التهاب نقش داشته باشند. یافته مهم این تحقیق، کاهش میزان غلظت IL6 بدنبال انجام تمرینات هوازی با شدت بالا می باشد. سطح این اینترلوکین در افراد چاق، کم تحرک و افراد در معرض استرس اکسیداتیو بیشتر است و در ایجاد التهاب مزمن ناشی از چاقی نقش دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد کاهش سطوح سرمی اینترلوکین IL6 و IL18 در گروه تمرینات هوازی با شدت بالا نسب به گروه کنترل چشمگیر تر بود.

چندین کشف جدید علاقه به پتانسیل بیماری زایی و نقش های بالینی احتمالی IL-18 را احیا کرده است ۱۹/۹/۲۰۲۵. IL-18 یک سیتوکین از خانواده IL-1 با توانایی قوی برای القای تولید IFN γ (Interferon Gamma) است. با این حال، تحقیقات اولیه و مشاهدات بالینی اکنون تصویر پیچیده تری را نشان می دهد (۴۶).

در گروه‌های شغلی مانند آتش‌نشانان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۵۰، ۱۷). در این مشاغل که کارکنان به طور مداوم در معرض استرس‌های فیزیکی و روانی ناشی از حوادث مختلف قرار دارند، نظارت بر سطوح BNP می‌تواند به شناسایی زودهنگام مشکلات قلبی کمک کند. از آنجا که افزایش سطوح BNP نمایانگر واکنش قلب به فشارهای فیزیکی و آسیب‌های احتمالی است، می‌تواند به عنوان یک سیگنال اولیه برای آغاز مداخلات پزشکی ضروری تلقی شود (۵۱). بنابراین، کارشناسان حوزه بهداشت و درمان باید با دقت بیشتری به پایش این نشانگر در بین آتش‌نشانان توجه کنند تا در صورت نیاز، اقدامات پیشگیرانه مناسب اتخاذ شود. این رویکرد نه تنها به حفظ سلامت قلبی آتش‌نشانان کمک می‌کند، بلکه می‌تواند خطر بروز بیماری‌های قلبی عروقی را که ممکن است ناشی از استرس کار باشد، به طور چشمگیری کاهش دهد (۱۸). آتش‌نشانان با شرایطی مانند استرس‌های شدید، کار در دماهای بالا و قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی، در خطر بالای ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی قرار دارند. التهاب به عنوان یک عامل کلیدی در ایجاد و پیشرفت بیماری‌های قلبی عروقی شناخته می‌شود (۱۹). این وضعیت به وسیله چندین مکانیزم از جمله تولید سیتوکین‌ها و پروتئین‌های التهاب‌زا، می‌تواند به آسیب به بافت‌های قلبی و عروقی منجر شود. التهاب مزمن، که معمولاً در بیماران مبتلا به چاقی، دیابت و فشار خون بالا مشاهده می‌شود، نیز می‌تواند سطح BNP را تحت تأثیر قرار دهد و نشان‌دهنده وجود بار اضافی بر روی قلب باشد. در این زمینه، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که افزایش سطوح BNP با سطوح بالای التهاب مرتبط است و این امر اهمیت پایش این نشانگر در بیماران مبتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی را مشخص می‌کند (۲۰).

پژوهش حاضر نیز مانند سایر تحقیقات با برخی محدودیت‌ها مواجه بوده است. یکی از این محدودیت‌ها، عدم امکان مقایسه مؤثر پروتکل‌های تمرینی HIIT و HIIT بر روی پاسخ‌های التهابی طی هشت هفته تمرین هوازی با شدت بالا است. با این حال، امکان برطرف کردن این محدودیت‌ها با انجام مطالعات بیشتر در آینده وجود دارد. همچنین، اندازه‌گیری وضعیت پایه شاخص‌های التهابی بدن می‌توانست به تعمیم نتایج مطالعه کمک کند، اما به دلیل محدودیت‌های موجود، این موضوع عملی نشد.

می‌یابد. برخی از این نشانگرها همچنین با افزایش خطر انفارکتوس میوکارد، سندرم متابولیک، آرتریت و بیماری ریوی مرتبط هستند. این بیماری‌های مزمن از شایع‌ترین علل مرگ و میر و جراحت در میان آتش‌نشانان هستند. مطالعات قبلی افزایش ۲ تا ۲/۵ برابری IL-6 را بلافاصله پس از دویدن و دوچرخه سواری اینتروال در ورزشکاران گزارش کرده‌اند. در مقایسه با ورزش هوازی مداوم و طولانی مدت، که در آن افزایش ۴ تا ۴۰ برابری در غلظت IL-6 تا ۱/۵ ساعت پس از تمرین مشاهده می‌شود، به نظر می‌رسد پاسخ IL-6 به HIIT بسیار کمتر است (۲). آلوات (Allaouat) و همکاران نشان دادند که غلظت BDNF بین خطر (Post-Traumatic Stress Disorder; PTSD) و غیرخطر آتش‌نشانان متفاوت است. دو نشانگر زیستی قلبی عروقی CRP و BNP با PTSD مرتبط بودند. پس از ۶ ماه پیگیری، ۲۷/۸ درصد از آتش‌نشانان در پیگیری آسیب دیدند و ۱۴ نفر به دلیل کمبود نمونه خون از مطالعه خارج شدند. در این مطالعه مشخص شد که میزان غلظت در آتش‌نشانان افزایش یافته است (۴۷).

تحقیقات علمی نشان می‌دهند که پپتید ناتریوتیک نوع B به عنوان یک نشانگر کلیدی در ارزیابی وضعیت قلبی و تنش‌های قلبی شناخته می‌شود. این ماده پروتئینی از سلول‌های قلبی ترشح می‌شود و به ویژه در شرایطی که قلب تحت فشار است، مانند نارسایی قلبی و سایر اختلالات قلبی، غلظت آن در خون افزایش می‌یابد (۱۵، ۳). از آنجایی که BNP به طور خاص در پاسخ به آسیب یا استرس در سیستم قلبی عروقی تولید می‌شود، اندازه‌گیری سطح آن می‌تواند به پزشکان کمک کند تا به طور موثری وضعیت سلامتی بیماران را پایش کرده و خطر بروز عوارض جدی را پیش‌بینی کنند (۵۰). تحلیل‌های دقیق سطح این پپتید همچنین می‌تواند به شناسایی مشکلات قلبی در مراحل اولیه کمک کند، به طوری که بهره‌برداری از این نشانگر می‌تواند در بهبود مدیریت بیماران و تصمیم‌گیری‌های درمانی مؤثر باشد. به طور کلی، BNP به عنوان یک ابزار تاثیرگذار در تشخیص و درمان اختلالات قلبی به شمار می‌رود و توجه به سطح آن می‌تواند به پیشگیری از پیشرفت بیماری‌های قلبی و عروقی در بیماران کمک کند (۱۶). افزایش سطوح پپتید ناتریوتیک نوع B (BNP) به عنوان یک شاخص حیاتی در ارزیابی وضعیت سلامت قلبی

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Jeung D-Y, Hyun D-S, Kim I, Chang S-J. Effects of emergency duties on cardiovascular diseases in firefighters: a 13-year retrospective cohort study. *J Occup Environ Med* 2022; 64(6): 510-514.
2. Christodoulou A, Christophi CA, Sotos-Prieto M, Moffatt S, et al. The dietary inflammatory index and cardiometabolic parameters in US firefighters. *Front Nutr* 2024; 11: 1382306.
3. Mendes HA, Canto NE, Lima LRA, Speretta GF. Heart Rate Reactivity to Acute Mental Stress is Associated with Parasympathetic Withdrawal and Adiposity in Firefighters. *International Journal of Cardiovascular Sciences* 2024; 37: e20210234.
4. Dzikowicz DJ, Al-Zaiti SS, Carey MG. Cardiovascular Function and Deleterious Adaptations Among Firefighters: Implications for Smart Firefighting. *Intelligent Building Fire Safety and Smart Firefighting*: Springer 2024; 455-473.
5. Soteriades ES, Kim J, Christophi CA, Kales SN. Cancer incidence and mortality in firefighters: A state-of-the-art review and meta-analysis. *Asian Pacific journal of cancer prevention: Asian Pac J Cancer Prev* 2019; 20(11): 3221-3231.
6. Soteriades ES, Smith DL, Tsismenakis AJ, Baur DM, Kales SN. Cardiovascular disease in US firefighters: a systematic review. *Cardiol Rev* 2011; 19(4): 202-215.
7. Soteriades ES, Kales SN, Liarokapis D, Christiani DC. Prospective surveillance of hypertension in firefighters. *J Clin Hypertens* 2003; 5(5): 315-320.
8. Smith DL, Barr DA, Kales SN. Extreme sacrifice: sudden cardiac death in the US Fire Service. *Extrem Physiol Med* 2013; 2(1): 6.

علاوه بر این، بررسی هورمون های استرس در آتش‌نشانان می تواند اطلاعات مفیدی درباره پاسخ های التهابی آنان فراهم کند. بنابراین، پژوهش های آینده با رفع این محدودیت ها احتمالاً قادر خواهند بود نتایج شفاف‌تری ارائه دهند و به ابهامات موجود در این حوزه پاسخ دهند. به هر حال، نوآوری اصلی این تحقیق تأکید بر اهمیت تمرینات هوازی با شدت بالا در آتش‌نشانان است، به ویژه برای کمک به آن ها در مواجهه با چالش های ناشی از محیط‌های کاری استرس‌زا. بر اساس یافته های این تحقیق و به منظور غنی تر کردن پیشینه موضوع، پیشنهاد می شود در پژوهش های آینده محدودیت های ذکر شده به بهترین شکل رفع شود و مقایسه ای بین انواع تمرینات عملکردی و تمرینات تناوبی با شدت بالا، همراه با استفاده از دوزهای مختلف ترکیبات غنی از آنتی‌اکسیدان و عوامل روان‌شناختی موجود در جامعه آتش‌نشانان، مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از رساله دکتری در رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) با کد اخلاق IR.IAU.KHUISF.REC.1403.321 می باشد. بدین وسیله نویسندگان از مسئولین محترم دانشکده علوم ورزشی دانشگاه آزاد واحد اصفهان (خوراسگان) صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایند.

نقش نویسندگان

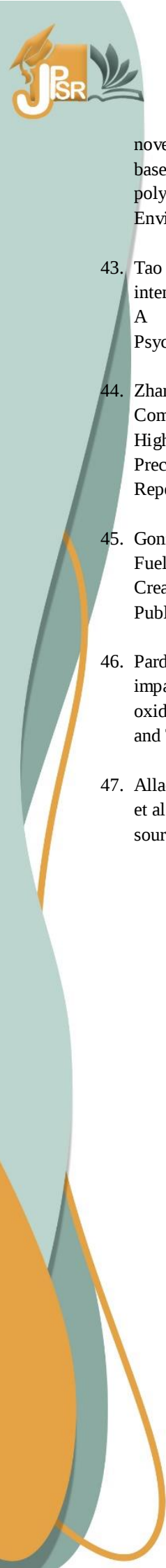
مهند نصیف حامی جاسم الخطیب (نویسنده اول): نگارش و ویرایش، تجزیه و تحلیل داده ها و انجام آزمایش ها
فرزانه تقیان (نویسنده مسئول): نگارش و ویرایش، تجزیه و تحلیل داده ها
حسن هادی عطیه: نگارش و ویرایش، تجزیه و تحلیل داده ها،
خسرو جلالی دهکردی: ویرایش مقاله

منابع مالی

تمامی اقدامات پژوهشی توسط دانشجو و با کمک حمایت های معنوی دانشگاه آزاد واحد اصفهان (خوراسگان) انجام شده است.

9. T Martin Z, Schlaff RA, Hemenway JK, Coulter JR, et al. Cardiovascular disease risk factors and physical fitness in volunteer firefighters. *Int J Exerc Sci* 2019; 12(2): 764-776.
10. Day CA, Berkowsky RS, Zaleski AL, Chen M-H, et al. The influence of vigorous physical exertion on cardiac demand under conditions of daily living among firefighters with elevated blood pressure. *Hear Lung*. 2024; 68: 208-216.
11. Orysiak J, Młynarczyk M, Piec R, Jakubiak A. Lifestyle and environmental factors may induce airway and systemic inflammation in firefighters. *Environ Sci Pollut Res Int* 2022; 29(49): 73741-7368.
12. Smith DL, Friedman NM, Bloom SI, Armero WL, et al. Firefighting induces acute inflammatory responses that are not relieved by aspirin in older firefighters. *J Occup Environ Med* 2019; 61(7): 617-622.
13. Hussain SA, Aziz TA, Mahwi TO, Ahmed ZA. Ginkgo biloba extract improves the lipid profile, inflammatory markers, leptin level and the antioxidant status of T2DM patients poorly responding to metformin: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2022; 58: e19516.
14. Li Y, Zhu X, Wang K, Zhu L, et al. The potential of Ginkgo biloba in the treatment of human diseases and the relationship to Nrf2-mediated antioxidant protection. *J Pharm Pharmacol* 2022; 74(12): 1689-1699.
15. Krüger S, Graf Jü, Kunz D, Stickel T, et al. Brain natriuretic peptide levels predict functional capacity in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40(4): 718-722.
16. Mori Y, Fukuma S, Yamaji K, Mizuno A, et al. Machine learning-based prediction of elevated N terminal pro brain natriuretic peptide among US general population. *ESC Heart Fail* 2025; 12(2): 859-868.
17. Yumita Y, Xu Z, Diller G-P, Kempny A, et al. B-type natriuretic peptide levels predict long-term mortality in a large cohort of adults with congenital heart disease. *Eur Heart J* 2024; 45(23): 2066-2075.
18. Stretton SM, MacDermid JC. The Link Between Stress and Cardiac Outcomes In Firefighters. *Occupational Stress Injuries: Operational and Organizational Stressors Among Public Safety Personnel*. 2024.
19. Achmat G, Malema M, Erasmus C, Kanaley J, Leach L. Perceptions Experiences and Challenges of Physical Activity among Firefighters with Coronary Heart Disease Risk Factors in the City of Cape Town Fire and Rescue Services. *The Open Public Health J* 2024;17(1): E18749445327343
20. Stretton SM, MacDermid JC. The Link between Stress and Cardiac Outcomes in Firefighters: An Example of Critical Analysis of Causation. *Occupational Stress Injuries: Routledge*; 2024; 155-175.
21. Abedpoor N, Taghian F, Jalali Dehkordi K, Safavi K. The role of Sparasis Latifolia and Aerobic Exercise on Anti-inflammatory Activities and Regulation of Inflammatory Factors in the Intestine of Mice with Colon Cancer Under Chemotherapy. *Iranian J Nutr Sci Food Technol* 2025; 19(4): 13-24.
22. Fuentes GC, Castañer O, Warnberg J, Subirana I, et al. Prospective association of physical activity and inflammatory biomarkers in older adults from the PREDIMED-Plus study with overweight or obesity and metabolic syndrome. *Clin Nutr* 2020; 39(10): 3092-3098.
23. Makiel K, Suder A, Targosz A, Maciejczyk M, Haim A. Exercise-induced alternations of adiponectin, interleukin-8 and indicators of carbohydrate metabolism in males with metabolic syndrome. *Biomolecules*. 2023; 13(5): 852.
24. Luo B, Xiang D, Ji X, Chen X, et al. The anti-inflammatory effects of exercise on autoimmune diseases: A twenty-year systematic review. *J Sport Health Sci* 2024; 13(3): 353-367.
25. Abedpoor N, Taghian F, Jalali Dehkordi K, Safavi K. Sparassis latifolia and exercise training as complementary medicine mitigated the 5-fluorouracil potent side effects in mice with

- colorectal cancer: bioinformatics approaches, novel monitoring pathological metrics, screening signatures, and innovative management tactic. *Cancer Cell Int* 2024; 24(1): 141.
26. Abedpoor N, Taghian F, Hajibabaie F. Physical activity ameliorates the function of organs via adipose tissue in metabolic diseases. *Acta Histochem.* 2022; 124(2): 151844.
 27. Jafari M, Zolaktaf V, Ghasemi G. Functional movement screen composite scores in firefighters: effects of corrective exercise training. *J Sport Rehabil* 2020; 29(1): 102-106.
 28. Feito Y, Hoffstetter W, Serafini P, Mangine G. Changes in body composition, bone metabolism, strength, and skill-specific performance resulting from 16-weeks of HIFT. *PloS One* 2018; 13(6): e0198324.
 29. Zhang L, Liu J, Geng T. Ginkgetin aglycone attenuates the apoptosis and inflammation response through nuclear factor-kB signaling pathway in ischemic-reperfusion injury. *J Cell Biochem.* 2019; 120(5): 8078-8085.
 30. Jacob N, So I, Sharma B, Marzolini S, et al. Effects of high-intensity interval training on blood lactate levels and cognition in healthy adults: protocol for systematic review and network meta-analyses. *Sport Med* 2023; 53(5): 977-991.
 31. Rohnejad B, Monazzami A. Effects of high-intensity intermittent training on some inflammatory and muscle damage indices in overweight middle-aged men. *Apunts Sports Medicine* 2023; 58(217): 100404.
 32. Amiri R, Sadeghi H, Borhani Kakhki Z. The Effect of Cardio, Aerobic and Concurrent Rehabilitation on Hemodynamic and Biomechanical Indicators in Older Men With Coronary Artery Disease. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine.* 2023; 12(3): 432-445.
 33. Gao K, Su Z, Meng J, Yao Y, et al. Effect of exercise training on some anti-inflammatory adipokines, high sensitivity C-reactive protein, and clinical outcomes in Sedentary adults with metabolic syndrome. *Biol Res Nurs.* 2024; 26(1): 125-138.
 34. Chichagi F, Alikhani R, Hosseini MH, Azadi K, et al. The effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on patients underwent Coronary Artery Bypass Graft surgery; a systematic review. *Am J Cardiovasc Dis* 2024; 14(6): 306-317.
 35. Sansuwito TB. The Comparative Study of Physical Exercise Towards Brain Natriuretic Peptide (BNP) and Malondialdehyde (MDA) as Oxidative Stress Markers in Rattus Novergicus Wistar Strain Rats. *International J Advancement in Life Sciences Research* 2024; 7(2): 170-177.
 36. Furon Y, Dang Van S, Blanchard S, Saulnier P, Baufreton C. Effects of high-intensity inspiratory muscle training on systemic inflammatory response in cardiac surgery-A randomized clinical trial. *Physiother Theory Pract* 2024; 40(4): 778-788.
 37. Li Z, McKenna Z, Fennel Z, Nava RC, et al. The combined effects of exercise-induced muscle damage and heat stress on acute kidney stress and heat strain during subsequent endurance exercise. *Eur J Appl Physiol* 2022; 122(5): 1239-1248.
 38. Małkowska P, Sawczuk M. Cytokines as biomarkers for evaluating physical exercise in trained and non-trained individuals: a narrative review. *Int J Mol Sci* 2023; 24(13): 11156.
 39. Khakroo Abkenar I, Rahmani-Nia F, Lombardi G. The effects of acute and chronic aerobic activity on the signaling pathway of the inflammasome NLRP3 complex in young men. *Medicina* 2019; 55(4): 105.
 40. Hajibabaie F, Aali F, Abedpoor N. Pathomechanisms Of Non-Coding RNAs, Hub Genes, and Lifestyle Related To The Oxidative Stress In Type 2 Diabetes And Cardiac Complications. *F1000Research.* 2023; 11: 1132.
 41. Hajibabaie F, Abedpoor N, Javanmard SH, Hasan A, et al. The molecular perspective on the development of melanoma and genome engineering of T-cells in targeting therapy. *Environ Res* 2023; 237(pt 2): 116980.
 42. Kaviani E, Hajibabaie F, Abedpoor N, Safavi K, et al System biology analysis to develop diagnostic biomarkers, monitoring pathological indexes, and



- novel therapeutic approaches for immune targeting based on maggot bioactive compounds and polyphenolic cocktails in mice with gastric cancer. *Environ Res* 2023; 238(pt 2): 117168.
43. Tao Y, Lu J, Lv J, Zhang L. Effects of high-intensity interval training on depressive symptoms: A systematic review and meta-analysis. *J Psychosom Res* 2024; 180: 111652.
44. Zhang J-Y, Fu S-K, Tai H-L, Tseng K-W, et al. A Comparative Study: Cardioprotective Effects of High-Intensity Interval Training Versus Ischaemic Preconditioning in Rat Myocardial Ischaemia-Reperfusion. *Life*. 2024; 14(3): 310
45. Gonzalez DE, Forbes SC, Zapp A, Jagim A, et al. Fueling the Firefighter and Tactical Athlete with Creatine: A Narrative Review of a Key Nutrient for Public Safety. *Nutrients*. 2024; 16(19): 3285.
46. Pardo M, Li C, Zimmermann R, Rudich Y. Health impacts of biomass burning aerosols: Relation to oxidative stress and inflammation. *Aerosol Science and Technology*. 2024; 58(10): 1093-1113.
47. Allaouat S, Yli-Tuomi T, Tiittanen P, Kukkonen J, et al. Long-term exposures to low concentrations of source-specific air pollution, road-traffic noise, and systemic inflammation and cardiovascular disease biomarkers. *Environ Res* 2024; 262(pt 1): 119846.
48. Lv J, Tan Z, An Z, Xu R, et al. Co-exposure to polystyrene nanoplastics and F-53B induces vascular endothelial cell pyroptosis through the NF- κ B/NLRP3 pathway. *J Hazard Mater* 2025; 486: 137114.
49. Zhang J, Zhang H, Wei T, Kang P, et al Predicting angiographic coronary artery disease using machine learning and high-frequency QRS. *BMC Med Inform Decis Mak* 2024; 24(1): 217.
50. Azzo JD, Dib M-J, Zagkos L, Zhao L, et al. Proteomic associations of NT-proBNP (N-terminal pro-B-type natriuretic peptide) in heart failure with preserved ejection fraction. *Circ Heart Fail* 2024; 17(2): e011146.
51. Afsar B, Afsar RE, Caliskan Y, Lentine KL. Brain natriuretic peptide and N-terminal pro b-type natriuretic peptide in kidney transplantation: More than just cardiac markers. *Transplant Rev* 2024; 38(4): 100869.