

Comparative Analysis of the Effects of a Single Session of Polarized and Aerobic Exercise on the Inflammatory Markers C-Reactive Protein and Creatine Phosphokinase

Received:

2025/04/23

Accepted:

2025/06/04

Online ISSN

3060-7078

Elnaz Rezayi

M.Sc. Student in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Marefat Siahkhouhian

Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Bahar Saljoughi Beranji

M.Sc. Student in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Correspondence:

Marefat Siahkhouhian

Email: m_siahkohian@uma.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-8729-7473>

ABSTRACT

Introduction:

The aim of this study was to investigate and compare the effects of a single session of polarized exercise and a single session of aerobic exercise on the inflammatory markers C-reactive protein (CRP) and creatine phosphokinase (CPK) in physically active young women.

Materials and Methods:

The target population consisted of physically active female students aged 18–26 years from the University of Mohaghegh Ardabili who had at least six months of experience with moderate-intensity exercise. Participants were randomly assigned to three groups: an aerobic-exercise group, a polarized-exercise group, and a control group. The training protocols consisted of a single polarized-exercise session performed at 90% and 70% of maximum heart rate and a single aerobic-exercise session performed at 70% of maximum heart rate. CRP levels were measured using a Gptec kit (Belgium), and CPK levels were measured using a Biorex Fars kit (Iran). The data were analyzed using SPSS software at a significance level of $p < 0.05$.

Results:

The results demonstrated that a single session of aerobic exercise increased CPK levels and decreased CRP levels in physically active young women ($p = 0.001$ and $p = 0.005$, respectively). Polarized exercise did not have a significant effect on CRP levels ($p = 0.33$), but it significantly increased CPK levels ($p = 0.001$).

Conclusion:

A single session of aerobic exercise appears to increase CPK levels and decrease CRP levels. Polarized training produces varying effects on biological markers. The absence of a significant change in CRP levels suggests a limited inflammatory response to this type of exercise, whereas the increase in CPK levels may reflect muscle stress and physiological adaptation to exercise intensity. The shorter duration of polarized training sessions may be an advantage of this training method.

Keywords:

Aerobic exercise, polarized exercise, inflammatory markers

Extended Abstract**Introduction:**

Polarized training combines low-intensity exercise with high-intensity activity (1). Physical and aerobic exercise can stimulate the release of inflammatory markers and the activation of acute-phase proteins, resulting in microscopic muscle damage. Exercise-induced muscle damage generally begins with mechanical muscle contractions and leads to the production and release of inflammatory markers, such as cytokines and chemokines, as well as proteins such as creatine phosphokinase (CPK) (2,3). An important aspect of examining the effects of exercise is the assessment of changes in biomarkers such as C-reactive protein (CRP) and CPK. CRP is a marker of systemic inflammation and has been widely investigated in studies of chronic diseases and metabolic disorders (4). Measurement of CRP is considered one of the most accurate methods for assessing inflammatory responses in tissues because CRP increases rapidly during the early stages of tissue damage and decreases rapidly once the healing process begins (5–7). Elevated CPK levels following intense exercise may indicate muscle damage. However, research suggests that optimal training methods, including polarized training, can reduce muscle damage and promote muscle recovery (8). The type and intensity of exercise may produce different effects on inflammatory markers. Intense, short-term exercise may temporarily increase CRP levels, whereas balanced and well-planned exercise, such as polarized training, may contribute to a sustained reduction in this inflammatory protein (9). Therefore, selecting an appropriate type and intensity of exercise may help optimize inflammatory responses and improve overall health. Research on the effects of exercise has focused primarily on professional athletes or men. Consequently, limited information is available regarding the effects of polarized exercise on biomarkers in physically active young women. Because sex and physiological characteristics can substantially influence responses to exercise, examining these effects in physically active young women may provide valuable information for designing individualized and effective exercise programs.

The present study aimed to examine the effects of polarized exercise on CRP and CPK levels in physically active young women at the University of Mohaghegh Ardabili. The findings may improve our understanding of the effects of this training model on general health and physical performance and may contribute to the development of strategies for improving the existing scientific evidence. Accordingly, the results may be relevant not only to the scientific community but also to the design of sports and wellness programs for young women.

Methodology:

This semiexperimental study used a pretest–posttest design to compare the effects of polarized and aerobic exercise on CRP and CPK levels in physically active young women. Thirty physically active female students were enrolled: 10 in the control group, 10 in the polarized-exercise group, and 10 in the aerobic-exercise group. The inclusion criteria were regular exercise at least three times per week during the preceding six months, general good health, no history of inflammatory, cardiovascular, or metabolic disease, and no use of anti-inflammatory drugs or specific supplements during the preceding three months. To assess changes in the biomarkers, venous blood samples were collected before and after the exercise session. CRP levels were measured using the Gptec kit (Belgium), and CPK levels were measured using the Biorex Fars kit (Iran) by spectrophotometry in a validated laboratory. The polarized-training protocol consisted of one treadmill session lasting 12 minutes and divided into three 4-minute cycles. Each cycle included a combination of high-intensity exercise at the anaerobic threshold and low-intensity exercise at the aerobic threshold. The Dmax method, the parallel-line slope method, and the individual-dependent

distress protocol method were used to determine the anaerobic threshold (10). The aerobic-exercise protocol consisted of running for 40 minutes at 70% of maximum heart rate (11). A blood sample was collected before exercise to determine baseline CRP and CPK levels. Immediately after the exercise session, a second blood sample was collected to measure CRP and CPK levels. Paired t-tests were used to compare CRP and CPK values before and after exercise. A significance level of $p < 0.05$ was considered statistically significant.

Results:

CRP levels decreased from 4.3 ± 1.1 mg/L before polarized exercise to 4.0 ± 0.7 mg/L after polarized exercise. Statistical analysis did not reveal a significant difference in CRP levels following the polarized-exercise session. CPK levels increased from 106 ± 33 U/L before polarized exercise to 121 ± 31 U/L after exercise. This increase was statistically significant. CRP levels before and after aerobic exercise were 4.40 ± 1.3 mg/L and 3.70 ± 1.1 mg/L, respectively. Statistical analysis did not reveal a significant difference in CRP levels following the aerobic-exercise session. The mean CPK level was 111.09 ± 51 U/L before aerobic exercise and 129.36 ± 56.09 U/L after exercise. This increase was statistically significant ($p < 0.05$).

Discussion:

The results showed that a single aerobic-exercise session at 70% of maximum heart rate in physically active young women increased CPK levels and decreased CRP levels. Polarized exercise produced different effects on biological markers. The absence of a significant change in CRP levels suggests a limited inflammatory response, whereas the increase in CPK levels may reflect muscle stress and physiological adaptation to exercise intensity.

تحلیل مقایسه‌ای اثر یک جلسه تمرینات پلاریزه و هوازی بر شاخص‌های التهابی : پروتئین واکنشی C و کراتین فسفوکیناز

چکیده	تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴ شاپا الکترونیکی ۳۰۶۰-۷۰۷۸
مقدمه: هدف این مطالعه، بررسی و مقایسه تأثیر یک جلسه تمرین پلاریزه و هوازی بر شاخص‌های التهابی از جمله سطح پروتئین واکنشی C و کراتین فسفوکیناز در دختران فعال بود.	الناز رضایی دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران معرفت سیاه کوهیان استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران بهار سلجوقیان برنجی دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
روش تحقیق: جامعه هدف این تحقیق، شامل دانشجویان دختر فعال دانشگاه محقق اردبیلی در محدوده سنی ۱۸ تا ۲۶ سال بود که از نظر جسمانی فعال بوده و سابقه حداقل ۶ ماه تمرین ورزشی در سطح متوسط را داشتند، که به‌طور تصادفی در سه گروه تمرین هوازی، تمرین پلاریزه و کنترل قرار گرفتند. برنامه تمرینی شامل یک جلسه تمرینات پلاریزه با ۹۰ و ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه و تمرینات هوازی با ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه بود. سطح CRP با استفاده از کیت Gptec-Belgium و CPK با استفاده از کیت Biorex fars-Iran اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و در سطح معناداری $P < ۰/۰۵$ تحلیل شدند. یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که یک جلسه تمرین هوازی در دختران فعال و جوان اثر افزایشی بر سطوح CPK و اثر کاهشی بر سطوح CRP دارد. ($P = ۰/۰۰۱$) ($P = ۰/۰۰۵$) ورزش پلاریزه تأثیرات معنی‌دار بر سطوح CRP نداشت. ($P = ۰/۰۳۳$) اما باعث افزایش سطوح CPK شد. ($P = ۰/۰۰۱$)	نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد یک جلسه تمرین هوازی اثر افزایشی بر سطوح CPK و اثر کاهشی بر سطوح CRP دارد. ورزش پلاریزه تأثیرات متفاوتی بر شاخص‌های زیستی بدن دارد. عدم تغییر معنی‌دار سطوح CRP نشان‌دهنده التهاب پایین مرتبط با این نوع ورزش است، در حالی که افزایش سطوح CPK بازتابی از استرس عضلانی و تطبیق بدن با شدت تمرینات است. به نظر می‌رسد کوتاه تر بودن زمان تمرینات پلاریزه امتیاز مثبتی برای این روش تمرینی باشد. واژگان کلیدی: تمرین هوازی، تمرین پلاریزه، شاخص‌های التهابی

* نویسنده مسئول: معرفت سیاه کوهیان

ایمیل:

m_siahkohian@uma.ac.ir<https://orcid.org/0000-0001-8729-7473>

مقدمه:

ورزش پلاریزه^۱ یکی از رویکردهای نوین تمرینی است که در سال‌های اخیر به دلیل تأثیرات مثبت آن بر عملکرد جسمانی و افزایش سلامت عمومی، توجه ویژه‌ای را جلب کرده است. این روش تمرینی شامل ترکیب فعالیت‌های ورزشی با شدت پایین و فعالیت‌های با شدت بالا می‌باشد، پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این نوع تمرین می‌تواند به بهبود قابلیت‌های هوازی، کاهش عوامل التهابی و تقویت سازگاری‌های متابولیکی در بدن منجر شود. به علاوه، ورزش پلاریزه به طور بالقوه می‌تواند موجب بهبود توانایی‌های فیزیکی و افزایش ظرفیت استقامتی فرد گردد، این رویکرد به ویژه برای ورزشکاران حرفه‌ای و همچنین افراد علاقه‌مند به حفظ سلامتی اهمیت دارد و می‌تواند به رفع ضعف‌های عملکردی و افزایش کیفیت زندگی کمک نماید (۱). تمرینات بدنی و فعالیت‌های هوازی در تقویت دستگاه ایمنی و تنظیم فشار اکسایشی نقش مهمی ایفا می‌کنند. این فعالیت‌ها منجر به آزادسازی نشانگرهای التهابی و فعال‌سازی پروتئین‌های فاز حاد و ایجاد آسیب‌های میکروسکوپی در عضلات می‌گردند. آسیب‌های عضلانی ناشی از ورزش معمولاً با انقباض مکانیکی عضلات آغاز می‌شود و منجر به تولید و آزادسازی نشانگرهای التهابی مانند سایتوکین‌ها و کموکاین‌ها و نیز پروتئین‌هایی نظیر کراتین فسفوکیناز^۲ می‌شود (۲). علاوه بر این، اگر شدت فعالیت ورزشی بسیار بالا باشد، ممکن است به تولید فشار اکسایشی و رادیکال‌های آزاد منجر شود. این پدیده می‌تواند تأثیرات منفی بر بافت‌ها و عملکرد عضلات داشته و نیاز به بازیابی مناسب را ایجاد کند. به همین دلیل، مدیریت شدت ورزش و زمان تمرینات برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی و بهینه‌سازی نتایج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲، ۳). یکی از جنبه‌های کلیدی در بررسی تأثیر ورزش، تحلیل تغییرات در شاخص‌های زیستی نظیر پروتئین واکنشی سی^۳ و (CPK) می‌باشد CRP به عنوان یک نشانگر التهاب سیستمیک، به طور گسترده‌ای در پژوهش‌های مربوط به بیماری‌های مزمن و اختلالات متابولیکی مورد توجه قرار گرفته است. افزایش سطوح CRP معمولاً به عنوان یک علامت از پاسخ التهابی بدن در برابر عوامل مختلف، از جمله استرس‌های فیزیکی ناشی از فعالیت ورزشی و همچنین سایر بیماری‌ها به شمار می‌آید. از سوی دیگر، CPK به عنوان یک پروتئین کلیدی در سوخت و ساز عضلانی و نشان‌دهنده آسیب عضلانی پس از فعالیت‌های ورزشی شدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری سطوح این دو شاخص می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره تأثیرات ورزشی بر پاسخ‌های التهابی و وضعیت متابولیک بدن ارائه دهد و به درک بهتر از ارتباط بین ورزش و سلامت عمومی کمک کند (۴). CRP معمولاً توسط کبد به عنوان پاسخ به واسطه‌های التهاب موجود در خون تولید و در گردش خون ترشح می‌شود. CRP به عنوان یکی از پروتئین‌های فاز حاد^۴ شناخته می‌شود که در شرایطی نظیر عفونت، التهاب و آسیب بافتی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. اندازه‌گیری سطح CRP به دلیل افزایش سریع آن در مراحل ابتدایی آسیب بافتی و کاهش سریع آن با شروع فرآیند بهبودی، به عنوان یکی از دقیق‌ترین روش‌ها برای ارزیابی شاخص‌های التهابی در بافت‌ها محسوب می‌شود. این ویژگی‌ها CRP را به عنوان یک نشانگر حیاتی در تشخیص و پایش وضعیت التهابی و آسیب‌های بافتی در پزشکی معرفی می‌کند و می‌تواند در تضمین تشخیص و مدیریت بیماری‌های مزمن نیز مؤثر باشد (۵-۷). CPK یک آنزیم حیاتی در فرآیند تولید انرژی سلولی محسوب می‌شود که به عنوان پاسخ به آسیب یا استرس عضلانی به جریان خون آزاد می‌گردد. افزایش سطح CPK پس از فعالیت‌های ورزشی شدید می‌تواند به عنوان یک نشانگر از آسیب عضلانی در نظر گرفته شود. با این حال، تحقیقات نشان می‌دهند که اجرای روش‌های تمرینی بهینه، از جمله تمرینات پلاریزه، قادر است آسیب‌های

¹ Polarized exercises² Creatine phosphokinase (CPK)³ C-Reactive protein (CRP)⁴ Acute-phase protein (APP)

عضلانی را کاهش داده و به بهبود فرآیند ریکاوری عضلات کمک نماید. این نوع تمرینات با ترکیب فعالیت‌های با شدت بالا و پایین، نه تنها به تقویت ظرفیت‌های فیزیولوژیکی کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند خطر ایجاد آسیب‌های ناشی از تمرینات شدید را نیز به حداقل برسانند و در نتیجه، به بهبود عملکرد و توانایی بازیابی عضلات کمک کنند (۸). پژوهش‌ها نشان‌دهنده این هستند که انجام منظم فعالیت‌های بدنی می‌تواند به کاهش سطح CRP و مدیریت التهاب مزمن کمک کند. با این وجود، نوع و شدت تمرینات ورزشی تأثیرات متفاوتی بر این نشانگر التهابی خواهند داشت. ورزش‌های شدید و کوتاه‌مدت ممکن است به‌طور موقت منجر به افزایش سطح CRP شوند، در حالی که تمرینات متعادل و برنامه‌ریزی‌شده، نظیر ورزش پلاریزه، معمولاً به کاهش پایدار این پروتئین واکنشگر در بدن منتهی می‌شوند. بنابراین، انتخاب نوع و شدت مناسب تمرینات می‌تواند به بهینه‌سازی پاسخ‌های التهابی و افزایش سلامت عمومی کمک کند (۹). تحقیقات صورت‌گرفته در زمینه تأثیر ورزش، به‌طور عمده بر روی ورزشکاران حرفه‌ای یا مردان متمرکز بوده است و در نتیجه، اطلاعات محدود و ناقصی را درباره اثرات ورزش پلاریزه بر شاخص‌های زیستی در زنان جوان فعال ارائه داده است. از آنجایی که عوامل جنسیتی و فیزیولوژیکی تأثیر قابل توجهی بر توانایی پاسخ به ورزش دارند، بررسی این اثرات در دختران جوان فعال می‌تواند اطلاعات بسیار ارزشمندی برای طراحی برنامه‌های ورزشی شخصی‌سازی‌شده و مؤثر فراهم آورد. پژوهش حاضر با هدف تحلیل تأثیر مقطعی یک جلسه ورزش پلاریزه و هوازی بر سطوح CRP و CPK در دختران جوان فعال دانشگاه محقق اردبیلی صورت گرفته است. نتایج این مطالعه می‌تواند درک بهتری از تأثیرات تمرینی پلاریزه بر سلامت عمومی و عملکرد بدنی ارائه دهد و راهکارهای جدیدی برای بهبود داده‌های موجود در ادبیات علمی ارائه کند. بنابراین، نتایج این تحقیق نه تنها برای جامعه علمی، بلکه برای طراحی برنامه‌های ورزش و تندرستی در میان جوانان دختر نیز حائز اهمیت است و لازم است که مورد توجه جدی قرار گیرد.

روش تحقیق:

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است که به مقایسه تأثیر ورزش پلاریزه و هوازی بر سطح CRP و CPK در دختران جوان فعال پرداخته است. جامعه آماری شامل ۱۰۰۰ نفر از دختران دانشجو و فعال دانشگاه محقق اردبیلی بود که تعداد ۳۰ نفر از دانشجویان دختر فعال که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، به صورت غربالگری هدفمند به عنوان نمونه انتخاب و به صورت تصادفی گروه بندی شدند (۱۰ نفر گروه کنترل و ۱۰ نفر گروه پلاریزه و ۱۰ نفر گروه هوازی). معیارهای ورود شامل: داشتن فعالیت ورزشی منظم مانند بدنسازی، شنا یا ورزش‌های گروهی مثل والیبال به مدت حداقل سه جلسه در هفته طی شش ماه گذشته، سلامت عمومی و نداشتن بیماری‌های التهابی، قلبی-عروقی یا متابولیکی و عدم مصرف داروهای ضدالتهاب یا مکمل‌های خاص در سه ماه گذشته بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل عواملی بودند که می‌توانستند روند اجرای پروتکل را مختل کنند و بر نتایج نهایی تأثیر گذار باشند. این معیارها شامل: عدم حضور منظم در جلسات تمرینی و غیبت بیش از یک جلسه، مصرف داروهای تأثیرگذار بر سطح شاخص‌های التهابی بدون اطلاع محقق، ابتلا به بیماری‌های ویروسی یا تب‌دار در طول دوره مطالعه، نداشتن همکاری در انجام آزمون‌ها یا نمونه‌گیری‌ها و بروز آسیب‌دیدگی جسمانی اشاره کرد. شرکت‌کنندگانی که هر یک از این شرایط را داشتند یا در طول دوره دچار آن شدند، از پژوهش حذف شدند. برای ارزیابی تغییرات شاخص‌های مدنظر، نمونه خون وریدی که هر نمونه به حجم ۵ میلی لیتر بود، در دو مرحله بلافاصله قبل و بعد از جلسه ورزشی گرفته شد (۱۰). سطح CRP با استفاده از کیت Gptec-Belgium و CPK با استفاده از کیت Biorex fars-Iran اندازه‌گیری شدند. پروتکل تمرینی پلاریزه با استفاده از تردمیل اجرا شد و شامل ۱۲ دقیقه فعالیت فیزیکی بود که به سه چرخه ۴ دقیقه‌ای تقسیم می‌شد.

در این چرخه‌ها، تمرینات شامل ترکیبی از تمرینات با شدت بالا در آستانه بی هوازی و با شدت پایین در آستانه هوازی است، اختصاص داشت که سه دقیقه با شدت ۷۰٪ از حداکثر ضربان قلب اجرا می‌شد و سپس یک دقیقه با شدت ۹۰٪ از حداکثر ضربان قلب ادامه پیدا می‌کرد. برای تعیین آستانه بی هوازی از روش D_{max} ، روش شیب خط موازی و روش پروتکل درمانده ساز وابسته به فرد استفاده شد (۱۱). پروتکل ورزش هوازی در پژوهش حاضر دوییدن به مدت ۴۰ دقیقه با ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه بود و شرکت‌کنندگان ۴۰ دقیقه تمرین مداوم با شدت ۷۰٪ HR_{max} روی تردمیل انجام دادند (۱۲). قبل از شروع فعالیت یک نمونه خون به حجم ۵ میلی لیتر برای اندازه‌گیری سطوح اولیه CRP و CPK جمع‌آوری شد. جلسه ورزشی در یک محیط استاندارد با دمای کنترل‌شده و نظارت مربی متخصص انجام شد. شدت تمرینات کنترل شد و بلافاصله پس از اتمام جلسه ورزشی، نمونه خون دوم به حجم ۵ میلی لیتر برای اندازه‌گیری سطح CRP و CPK گرفته شد. در نهایت داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون t همبسته و برای مقایسه بین گروه‌ها از آزمون t مستقل استفاده شد. سطح معناداری در تمامی تحلیل‌ها $P < 0.05$ در نظر گرفته شد. این مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق با شناسه IR.IAU.ARDABIL.REC.1403.218 قرار گرفت.

یافته‌ها:

مشخصات شرکت‌کنندگان دو گروه در جدول ۱ آمده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود دو گروه ویژگی‌های جسمانی و آمادگی بدنی نسبتاً نزدیکی داشتند.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مشخصات فردی شرکت‌کنندگان

متغیر گروه	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتیمتر)	VO_{2max}
تجربی (خطای استاندارد $\pm$ میانگین)	$21/1 \pm 1/7$	$55/3 \pm 8/7$	$161/5 \pm 3/9$	$50/06 \pm 1/9$
کنترل (خطای استاندارد $\pm$ میانگین)	$22/1 \pm 1/6$	$58/5 \pm 9/9$	$165/9 \pm 7$	$49/50 \pm 1/6$

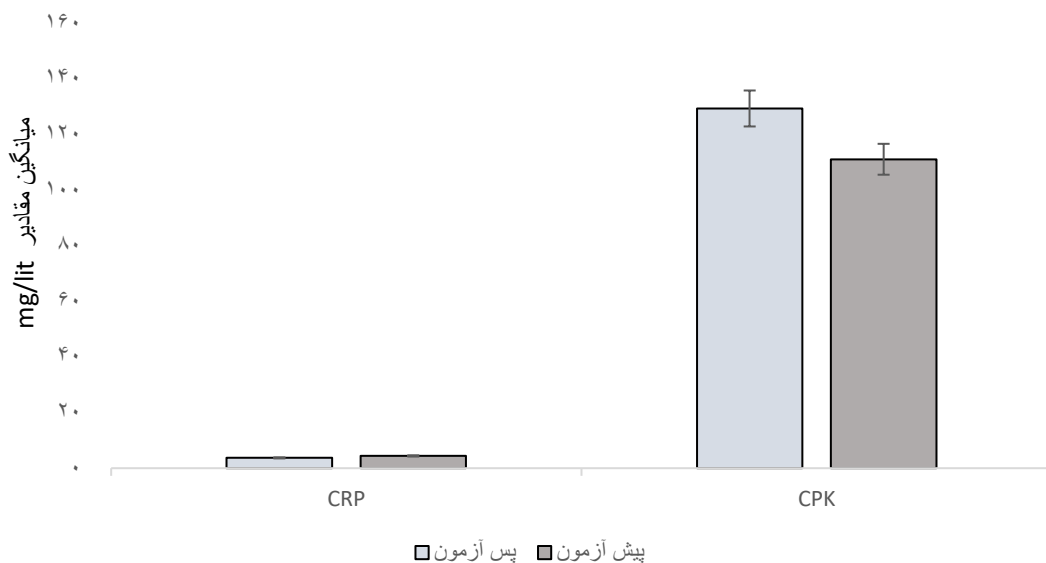
میزان تغییرات میان فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده در دو مقطع زمانی، پیش و پس از اجرای یک جلسه تمرینی ویژه، در جدول ۲ ارائه شده است. به‌منظور تحلیل داده‌ها و بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی، از آزمون تی زوجی برای مقایسه مقادیر متغیرها در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر یک از گروه‌ها استفاده گردید. به‌علاوه، برای ارزیابی تفاوت‌های بین‌گروهی از آزمون تی مستقل بین گروه‌های تمرین (هوازی و پلاریزه) و گروه کنترل بهره‌برداری شد. این نتایج همچنین به‌صورت نمودارهایی برای تأکید بر روند تغییرات و افزایش وضوح ارائه گردیده است.

جدول ۲- تغییرات سطوح سرمی CRP، CPK پس از یک جلسه تمرین پلاریزه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار (میلی گرم بر لیتر)	t	df	p-value
CRP (پیش آزمون)	$4/3 \pm 1/1$	۱/۰۱	۹	۰/۳۳
CRP (پس آزمون)	$4 \pm ۰/۷$			
CPK (پیش آزمون)	106 ± 33	-۴/۴	۹	*۰/۰۰۱
CPK (پس آزمون)	121 ± 31			

* تغییر معنادار نسبت به پیش آزمون و کنترل

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های مدنظر در جدول ۲ نشان داده شده است. مقادیر CRP در مرحله قبل از ورزش پلاریزه برابر با $4/3 \pm 1/1$ میلی گرم بر لیتر و پس از تمرین پلاریزه به $4 \pm ۰/۷$ میلی گرم بر لیتر کاهش یافت. تحلیل آماری اختلاف معنی دار کاهش سطوح CRP پس از یک جلسه ورزش پلاریزه را نشان نداد. ($P=۰/۳۳$) مقادیر CPK در قبل از ورزش پلاریزه 106 ± 33 واحد بر لیتر و پس از ورزش 121 ± 31 واحد بر لیتر افزایش پیدا کرد. تحلیل آماری در این مورد نشان داد که پس از یک جلسه ورزش پلاریزه میزان CPK افزایش معنی دار پیدا می کند. ($P=۰/۰۰۱$) این نتایج در شکل ۱ نیز نشان داده شده است.



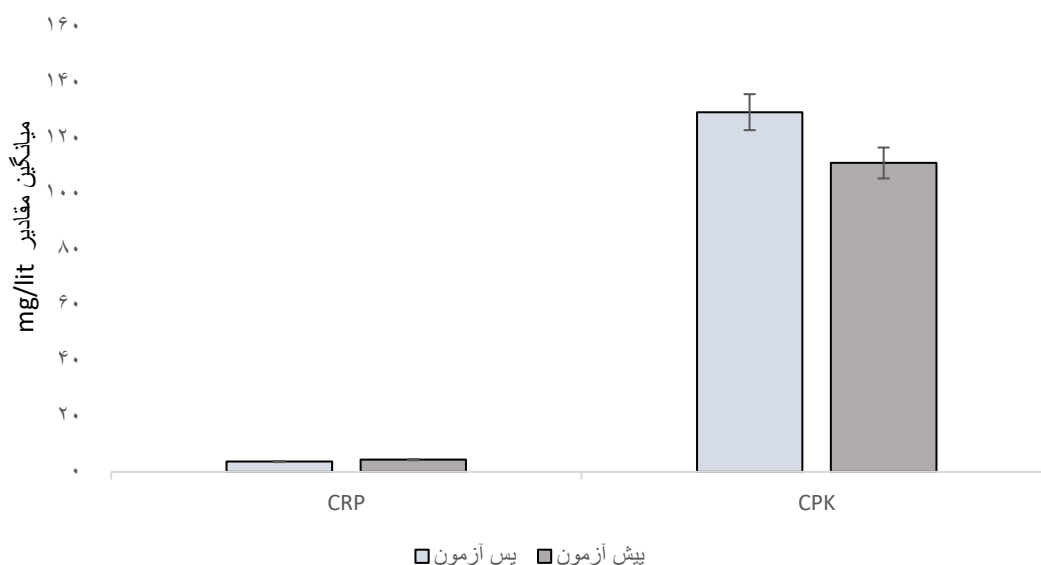
شکل ۱- مقایسه مقادیر CRP و CPK در گروه تمرینی پلاریزه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های مدنظر در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر CRP در مرحله قبل از ورزش هوازی برابر با $4/40 \pm 1/3$ میلی گرم بر لیتر و پس از ورزش $3/70 \pm 1/1$ میلی گرم بر لیتر بود. تحلیل آماری کاهش معنی دار در تغییر میزان CRP پس از یک جلسه ورزش هوازی را نشان داد. ($P=۰/۰۰۵$) میانگین و انحراف معیار شاخص CPK در قبل از ورزش هوازی 51 ± 111.09 واحد بر لیتر و پس از ورزش 129.36 ± 56.09 واحد بر لیتر بود. تحلیل آماری در این مورد نشان داد که پس از یک جلسه ورزش هوازی میزان CPK افزایش معنی دار پیدا می کند. ($P=۰/۰۰۱$) این نتایج در شکل ۲ نیز نشان داده شده است.

جدول ۳- تغییرات سطوح سرمی CRP، CPK پس از یک جلسه تمرین هوازی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار (میلی گرم بر لیتر)	t	df	p-value
CRP (پیش‌آزمون)	۴/۱ $\pm$ ۴/۳	۳/۵۷	۹	*.۰/۰۰۵
CRP (پس‌آزمون)	۳/۷ $\pm$ ۱/۱			
CPK (پیش‌آزمون)	۱۱۱/۵۱ $\pm$ ۰/۹	-۷/۵۶	۹	*.۰/۰۰۱
CPK (پس‌آزمون)	۱۲۹/۵۶ $\pm$ ۳۶/۰۹			

* تغییر معنادار نسبت به پیش‌آزمون و کنترل

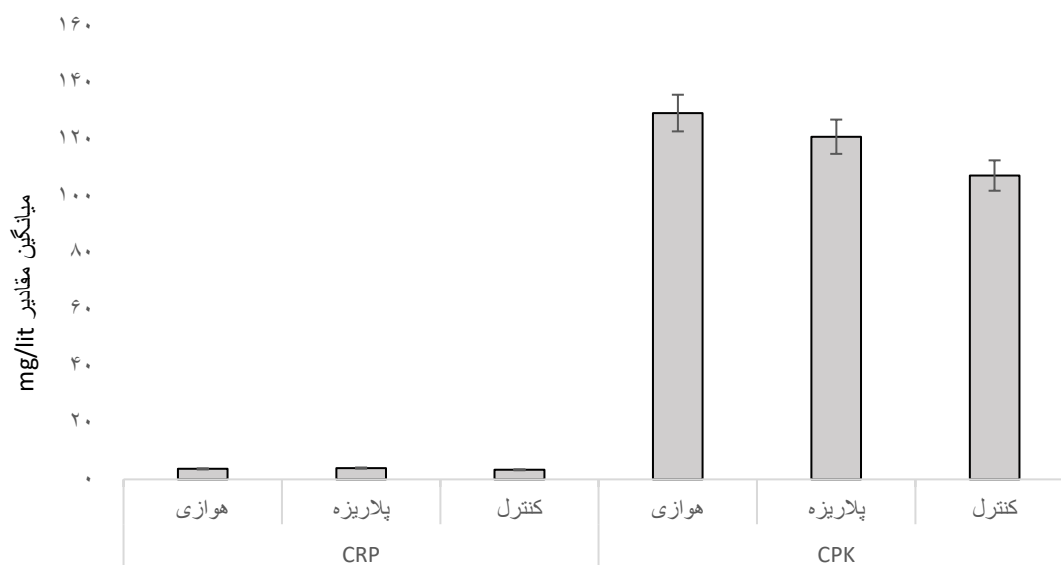


شکل ۲- مقایسه مقادیر CRP و CPK در گروه تمرینی هوازی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

مقایسه میانگین شاخص CRP و CPK در دو گروه جدول ۴ نشان داده شده است. نتیجه مقایسه اثر دو پروتکل تمرینی هوازی و پلاریزه بر شاخص‌های مدنظر با آزمون تی مستقل موردبررسی قرار گرفت و اختلاف میان تمرینات هوازی و پلاریزه معنی‌دار نیست. ($P > 0.05$) شکل ۳.

جدول ۴- تغییرات سطوح سرمی CRP، CPK پس از یک جلسه تمرین هوازی و پلاریزه

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار (میلی گرم بر لیتر)	T	df	p-value
هوازی	۳/۷ $\pm$ ۱/۱	۱/۷	۱۹	۰/۴
پلاریزه	۴ $\pm$ ۰/۷			
هوازی	۱۲۹/۵۶ $\pm$ ۳۶/۰۹	-۰/۰۳۸	۱۹	۰/۷
پلاریزه	۳۱ $\pm$ ۱۲۱			



شکل ۳- مقایسه مقادیر CRP و CPK در گروه تمرینی هوازی و پلاریزه و کنترل

بحث:

این مطالعه با هدف مقایسه و بررسی اثر یک جلسه تمرین پلاریزه و هوازی بر شاخص های التهابی نشان داد که ورزش هوازی باعث کاهش معنی دار در سطوح CRP شد اما سطوح سرمی CRP پس از ورزش پلاریزه تغییر معنی داری نشان نداد. این یافته ممکن است ناشی از ویژگی های زیستی و زمان بندی واکنش های التهابی بدن باشد. تحقیقات نشان داده اند که تغییرات CRP معمولاً به زمان بیشتری نیاز دارند تا در پاسخ به محرک های التهابی یا استرسورهای فیزیولوژیکی قابل تشخیص شوند. به عبارت دیگر، یک جلسه ورزش کوتاه مدت ممکن است برای تحریک یک پاسخ التهابی سیستمیک کافی نباشد، سطوح CRP معمولاً در اثر ورزش طولانی مدت یا استرس های شدید فیزیکی افزایش می یابد. همچنین شدت متوسط تا بالا و تکرار جلسات ورزشی نقش مهمی در تحریک واکنش التهابی دارند، که در ورزش پلاریزه ممکن است به صورت مقطعی کمتر باشد (۱۳) از سوی دیگر، ورزش پلاریزه که ترکیبی از شدت بالا و شدت پایین است، ممکن است از تجمع استرس التهابی جلوگیری کند. این استراتژی در مقایسه با تمرینات با شدت متوسط مداوم، کمتر باعث افزایش التهاب می شود که این امر ممکن است توضیح دهد چرا در این مطالعه سطح CRP تغییر معنی داری نداشته است. مطالعات مشابه مانند مطالعه پترو فورت و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله ای نیز به این موضوع اشاره کرده اند که تمرینات متعادل می توانند از افزایش غیرضروری التهاب جلوگیری کنند (۱۴، ۱۵). اما در مطالعه تربیتیان و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده شده که سطوح CRP و CPK پسران، تحت تاثیر فعالیت ورزشی شدید هوازی افزایش می یابد، که بیانگر افزایش سریع نوتروفیل های داخل خون می باشد درواقع هم سو نبودن نتایج این مطالعه می تواند با توجه به متفاوت بودن ویژگی های فردی و جنسیت آزمودنی ها و سطح حجم عضله مرتبط باشد (۱۶).

در مطالعه حاضر شاهد افزایش معنی دار CPK در هر دو روش تمرینی پلاریزه و هوازی بودیم، افزایش معنی دار CPK پس از یک جلسه ورزش پلاریزه، نشان دهنده افزایش آسیب عضلانی یا تغییر در فعالیت آنزیمی عضلات است. CPK به طور معمول زمانی افزایش می یابد که غشا سلولی عضلات آسیب دیده یا دچار استرس فیزیکی شوند. مطالعه حاضر با یافته های مطالعات مشابه که نشان دهنده افزایش CPK پس از ورزش های شدید بودند، همخوانی دارد. به عنوان مثال برانکاچو و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که ورزش با شدت بالا یا تمرینات با تغییرات ناگهانی در شدت می تواند به افزایش سطح CPK منجر شود. این امر به

دلیل باز شدن غشای سلول‌های عضلانی و ورود آنزیم‌ها به جریان خون است. در ورزش پلاریزه، بخش‌هایی از تمرین شامل شدت بالا (مانند ۹۰ درصد VO_{2max}) است که می‌تواند استرس عضلانی قابل توجهی ایجاد کند. بنابراین، افزایش CPK یک نتیجه منطقی از این نوع تمرین است (۱۷).

با توجه به نتایج به دست آمده شاهد افزایش سطوح CPK بعد از یک جلسه تمرین هوازی هستیم که این نتیجه با مطالعه فاطمه الم و همکاران (۲۰۲۲) او همراستا می‌باشد که سطوح CPK بعد از یک دوره حاد فعالیت بدنی، افزایش یافت (۱۸). همچنین طبق نتایج به دست آمده در مورد سطوح CRP در این مطالعه شاهد کاهش ناچیز پروتئین CRP بعد از یک تمرین متوسط هوازی هستیم که این نتیجه نیز با مطالعه هیوجیونگ کیم و همکاران (۲۰۰۹)، هم راستا می‌باشد که تغییراتی در سطوح این پروتئین بعد از یک دو ماراتن را مشاهده نکردند (۱۹). علت کاهش یا عدم تغییر در سطوح CRP را با توجه به مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان اهمیت شدت و زمان تمرین ربط داد. در واقع نشانگر CRP به زمان بیشتر و تعداد جلسات بیشتر و شدت بیشتری برای تحریک و تغییر نیاز دارد (۲۰). به عنوان مثال، یک مرور سیستماتیک از کارآزمایی‌های تصادفی شده نشان داد که تمرینات هوازی منجر به کاهش معنادار CRP در بزرگسالان می‌شود. با این حال، برخی از مطالعات نتایج متفاوتی را نشان داده‌اند و کاهش معناداری در سطح CRP پس از تمرینات هوازی مشاهده نکرده‌اند. این تفاوت‌ها ممکن است به عوامل مختلفی نظیر شدت و مدت تمرین، ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه و سطوح پایه‌ای CRP بستگی داشته باشد. با این وجود، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهند ترکیب تمرینات استقامتی و مقاومتی می‌تواند به کاهش سطح CRP کمک کند. به عنوان مثال، یکی از مطالعات به این نتیجه رسید که ادغام تمرینات استقامتی و مقاومتی می‌تواند به کاهش سطح CRP در زنان جوان منجر شود. این یافته‌ها بر اهمیت بررسی دقیق‌تر تأثیرات انواع مختلف تمرینات بر التهاب سیستمیک تأکید می‌کند و نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه را نشان می‌دهد (۲۱). همچنین با توجه به مطالعه کلیون و همکاران (۲۰۱۷) به نظر می‌رسد هرچه آمادگی جسمانی بالاتر باشد CRP پایه کاهش می‌یابد و تغییرات در سطوح نشانگر CRP کمتر خواهد بود (۲۲). همچنین در پژوهشی آلن و همکاران (۲۰۱۵) یافتند CRP افراد ورزشکار و فعال مقایسه با افراد غیر ورزشکار سطوح پایین تری دارد (۲۳). به نظر می‌رسد که تفاوت‌های جنسیتی در شرکت کنندگان و نوع ورزش انجام شده نقش مؤثری در این موضوع دارد. به طور خاص، کمیت و توزیع چربی بدن تأثیر بیشتری بر سطح CRP در زنان نسبت به مردان دارند. این امر نشان‌دهنده اهمیت درک جنبه‌های فیزیولوژیکی و موجودی چربی در ارتباط با پاسخ‌های التهابی است و می‌تواند بر روی نتایج و ارزیابی‌های مربوط به سلامت به ویژه در مطالعات ورزشی تأثیرگذار باشد (۲۴). درواقع ارتباط عملکردی بین بازسازی عضلانی و التهاب پس از آسیب عضلانی برای دهه‌ها پیشنهاد شده است و مطالعات اخیر نشان می‌دهد که هماهنگی محکمی بین فرآیندهای التهابی و بازسازی وجود دارد و نقش کلیدی در این هماهنگی دارند و برای بازیابی یکپارچگی و عملکرد بافت پس از آسیب عضلانی ضروری هستند (۱۹). CPK به عنوان شاخص استرس عضلانی شناخته شده است که به حفظ غلظت آدنوزین تری فسفات پایدار در داخل فیبر عضلانی در حال کار کمک می‌کند (۱۷، ۲۰). در طرح پژوهشی ای فعالیت CPK سرم در حال استراحت را در ۶۲۵ زن سالم مورد بررسی قرار داده شد و نتایج نشان داد با بالا رفتن سن افزایش قابل توجهی در فعالیت CPK سرم در حالت استراحت اتفاق می‌افتد (۲۵). همانطور که می‌دانیم CPK نشانگر آسیب می‌باشد و به نظری می‌توان با انجام ورزش و ایجاد سازگاری های فیزیولوژیکی در شاخص های التهابی و دیگر ارگان های ضروری بدن از انواع بیماری های قلبی عروقی در سنین بالاتر جلوگیری کنیم (۲۶).

نتیجه گیری:

نتایج این پژوهش نشان داد که یک جلسه تمرین هوازی با شدت ۷۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی در دختران فعال و جوان اثر افزایشی بر سطوح CPK و اثر کاهشی بر سطوح CRP دارد. ورزش پلاریزه تأثیرات متفاوتی بر شاخص‌های زیستی بدن دارد، عدم تغییر معنی‌دار سطوح CRP نشان‌دهنده التهاب پایین مرتبط با این نوع ورزش است، در حالی که افزایش سطوح CPK بازتابی از استرس عضلانی و تطبیق بدن با شدت تمرینات در یک جلسه است. به نظر می‌رسد کوتاه تر بودن زمان تمرینات پلاریزه امتیاز مثبتی برای این روش تمرینی باشد. درواقع، وقتی صحبت از نتایج تمرینات ورزشی می‌شود، عواملی مثل آمادگی جسمانی، جنسیت و نوع و شدت فعالیت می‌توانند نقش بسیار مهمی ایفا کنند. این موارد نه تنها بر تأثیرات فوری حتی تک جلسه ای تمرینات تأثیر می‌گذارند، بلکه در طولانی مدت نیز ممکن است تغییراتی در واکنش‌های فیزیولوژیکی بدن ایجاد کنند. یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر محدود بودن زمان انجام تمرینات بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده به بررسی تأثیرات بلندمدت دو نوع تمرین بپردازند. چراکه ممکن است در مداخلات طولانی مدت، واکنش‌های مختلفی از بدن نسبت به این دو روش تمرین مشاهده گردد. پژوهش‌های آینده می‌تواند به ما کمک کند تا بهتر بفهمیم چگونه تمرینات ورزشی مخصوصاً شیوه نوین تمرینی پلاریزه بر فرآیندهای التهابی در بدن تأثیر می‌گذارند. همچنین هدف این پژوهش نشان دادن وضعیت شاخص‌های التهابی بعد از یک جلسه تمرینی ویژه بود و به همین ترتیب، می‌توانیم با استفاده از نتایج به دست آمده راهکارهای بهتری برای بهبود سلامت عمومی ارائه دهیم. این تحقیقات می‌توانند منبعی ارزشمند برای پزشکان و مربیان به‌شمار آیند و اطلاعات مفیدی در راستای ارتقای سلامت و بهبود عملکرد ورزشکاران فراهم کنند. به علاوه، نتایج این مطالعات می‌توانند در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی، بخصوص در بین ورزشکاران، اثر مثبت داشته باشند. در نهایت، به اشتراک گذاری نتایج این تحقیقات، منجر به افزایش آگاهی در جامعه می‌شود و به افراد کمک می‌کند تا به شیوه‌ای سالم‌تر زندگی کنند.

تضاد منافع:

در این پژوهش هیچ گونه تضادمنافی بین نویسندگان مقاله وجود ندارد.

تشکر و قدردانی:

این مقاله با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی و بر اساس پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی در سال ۱۴۰۳ تهیه شده است.

منابع:

1. Seiler KS, Kjerland GØ. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2006;16(1):49-56.
2. Finaud J, Scislawski V, Lac G, Durand D, Vidalin H, Robert A, Filaire E. Antioxidant status and oxidative stress in professional rugby players: evolution throughout a season. *International journal of sports medicine*. 2006;27(02):87-93.
3. Andrzejewski M, Chmura J. The influence of individualizing physical loads on speed, creatine kinase activity and lactate dehydrogenase in football players. *Biology of Sport*. 2008;25(2):177.
4. Ridker PM. C-reactive protein: a simple test to help predict risk of heart attack and stroke. *Circulation*. 20(12):108;03e81-e5.
5. Shoelson SE, Lee J, Goldfine AB. Inflammation and insulin resistance. *The Journal of clinical investigation*. 2006;116(7):1793-801.
6. Taube A, Schlich R, Sell H, Eckardt K, Eckel J. Inflammation and metabolic dysfunction: links to cardiovascular diseases. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*. 2012;302(11):H2148-H65.
7. Simopoulos AP. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine & pharmacotherapy*. 2006;60(9):502-7.
8. Stöggl TL, Sperlich B. The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in physiology*. 2015;6:295.
9. Cabral-Santos C, Gerosa-Neto J, Inoue DS, Panissa VLG, Gobbo LA, Zagatto AM, et al. Similar anti-inflammatory acute responses from moderate-intensity continuous and high-intensity intermittent exercise. *Journal of sports science & medicine*. 2015;14(4):849.
10. Chycki J, Krzysztofik M, Sadowska-Krępa E, Baron-Kaczmarek D, Zając A, Poprzęcki S, Petr M. Acute Hormonal and Inflammatory Responses following Lower and Upper Body Resistance Exercises Performed to Volitional Failure. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(13):7455.
11. Siahkoughian M, Azizan S, Roohi BN. A new approach for the determination of anaerobic threshold: methodological survey on the modified Dmax method. 2012.
12. Rajabi A, Akbarnejad A, Siahkohian M, Yari M. The response of TNF- α , IL-6 serum levels and lipid profiles to two aerobic training frequencies with the same volume in obese middle-aged women with type 2 diabetic. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2021;14(1):59-72.
13. Pepys MB, Hirschfield GM. C-reactive protein: a critical update. *The Journal of clinical investigation*. 2003;111(12):1805-12.
14. Gleeson M. Immune function in sport and exercise. *Journal of applied physiology*. 2007.
15. Forte P, Branquinho L, Ferraz R. The relationships between physical activity, exercise, and sport on the immune system. *MDPI*; 2022. p. 6777.
16. Tartibian B, Torkamani BE. Inflammatory markers and muscle damage indices response to intense exercise in healthy boys: relationship between the markers. *Journal of practical studies of Biosciences in Sport*. 2017;4(8):31-41.
17. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*. 2007;81(1):209-30.
18. ALshareefi AH, Alkhalaf SB. The Effects of Acute Exercise Bouts on IGF1 Plasma Concentrations and Body Composition in Athletes. *International Sports Science Alexandria Journal*. 2022;5(1):1-15.

19. Kim HJ, Lee YH, Kim CK. Changes in serum cartilage oligomeric matrix protein (COMP), plasma CPK and plasma hs-CRP in relation to running distance in a marathon (42.195 km) and an ultra-marathon (200 km) race. *European journal of applied physiology*. 2009;105:765-70.
20. Mb P. C-reactive protein: a critical update. *J Clin Invest*. 2003;111:1805-12.
21. Zheng G, Qiu P, Xia R, Lin H, Ye B, Tao J, Chen L. Effect of aerobic exercise on inflammatory markers in healthy middle-aged and older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in aging neuroscience*. 2019;11:98.
22. Kleiven Ø, Bjørkavoll-Bergseth M, Melberg T, Skadberg Ø, Bergseth R, Selvåg J, et al. High physical fitness is associated with reduction in basal-and exercise-induced inflammation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2018;28(1):172-9.
23. Allen J, Sun Y, Woods JA. Exercise and the regulation of inflammatory responses .*Progress in molecular biology and translational science*. 2015;135:337-54.
24. Khera A, Vega GL, Das SR, Ayers C, McGuire DK, Grundy SM, de Lemos JA. Sex differences in the relationship between C-reactive protein and body fat. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2009;94(9):3251-8.
25. Smith I, Elton R, Thomson W. Carrier detection in X-linked recessive (Duchenne) muscular dystrophy: serum creatine phosphokinase values in premenarchal, menstruating, postmenopausal and pregnant normal women .*Clinica Chimica Acta*. 1979;98(3):207-16.
26. Pearson TA, Mensah GA, Alexander RW, Anderson JL, Cannon III RO, Criqui M, et al. Markers of inflammation and cardiovascular disease: application to clinical and public health practice: a statement for healthcare professionals from the Centers for Disease Control and Prevention and the American Heart Association. *circulation*. 2003;107(3):499-511.