Jundishapur
Scientific Medical Journal

Research Paper

Effect of 12 Weeks of Resistance Training on the Serum Levels of Interleukin-10 and Interleukin-15 in Middle-aged Women

Shabnam Mohammadinejad[1], *Masoud Rahmati[1], Rahim Mirnasouri[1]

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mohammadinejad Sh, Rahmati M, Mirnasouri R. [Effect of 12 Weeks of Resistance Training on the Serum Levels of Interleukin-10 and Interleukin-15 in Middle-aged Women (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2023; 22(5):595-605. 10.32592/JSMJ.22.5.595

https://doi.org/10.32592/JSMJ.22.5.595

ABSTRACT

Background and Objectives Aging is generally associated with a progressive decrease in physical activity, which can affect the quality of life and lead to negative structural and functional changes in different body tissues and reduce their efficiency. High levels of interleukin-10 and interleukin-15 cytokines are related to longevity. This study aimed to investigate the effect of 12 weeks of resistance training on the serum levels of interleukin-10 and interleukin-15 in middle-aged women.

Subjects and Methods A total of 40 middle-aged women (40-59 years old) were selected and randomly divided into two equal experimental and control groups (n=20 each). The experimental group performed a resistance training program with a training load of 65% to 80%1RM for 12 weeks. Finally, 48 h after the last exercise, the levels of interleukin-10 and interleukin-15 were measured by the ELISA method. The Kolmogorov-Smirnov test was used to compare the data, and the independent t-test was used for the effectiveness of the exercise.

Results The findings showed no difference in weight and BMI between the experimental and control groups before the start of the research (P<0.05). However, after training, it was statistically significant (P<0.05). Furthermore, a significant increase was observed in the levels of interleukin-10 and interleukin-15 after training (P=0.001).

Conclusion It seems that the increased regulation of anti-inflammatory cytokines can positively affect the improvement of physiological conditions caused by resistance training in middle-aged women. Therefore, it is recommended to use strength training to improve the levels of cytokines to increase the strength and performance of muscle mass.

Keywords Interleukin-10, Interleukin-15, Middle-aged women, Resistance training

Received: 21 Dec 2023
Accepted: 02 Jan 2024
Available Online: 19 Feb 2024

Corresponding Author:
Masoud Rahmati
Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
Tel: 09163321411
E-Mail: Rahmati.mas@lu.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Aging is generally associated with a progressive decrease in physical activity, which can affect the quality of life and lead to negative structural and functional changes in the body, systems, parts, or tissues and reduce their efficiency [1]. Among them, cytokines are regulatory proteins produced and secreted by various types of cells (immune and non-immune) in response to a number of stimuli [2]. Also, cytokines are involved in the proliferation and differentiation of immune cells and affect the activity, differentiation, proliferation, and survival of immune cells [3]. One of these cytokines is interleukin-10, which is an anti-inflammatory cytokine[5]. It is mainly produced and released by immune and non-immune cells. The main biological function of this cytokine is the inhibition and weakening of adaptive immune responses [6,7]. The increase of interleukin-10 in the state of inflammation causes the reduction of inflammatory cytokines and the reduction of the negative effects of inflammation [8,9]. Interleukin-15 has been identified as a growth factor found in skeletal muscles and many other tissues with inflammatory and anti-inflammatory functions [10]. With increasing age, in addition to the rate of synthesis of muscle contraction proteins, the serum levels of interleukins 10 and 15 also decrease [12] proliferation and survival of immune cells [3]. Studies have shown that during exercise, the contracting skeletal muscle releases certain amounts of several cytokines, including interleukin-10 and interleukin-15, into the bloodstream [15]. The conducted research indicates the relationship between immune changes and muscle contractions. Sports activity stimulates the increase of some cytokines. Meanwhile, the level of interleukin-15 in skeletal muscle is higher than in any other tissue, which effectively plays a role in muscle hypertrophy, prevention of muscle wasting, and immune function [12].

Studies have shown that the decrease in the levels of muscle and serum interleukins gradually with increasing age is related to the decrease in muscle mass and atrophy, therefore, one of the ways to increase muscle mass in middle-aged and sedentary people is to do resistance exercises that can cause Improve the physiological conditions and increase the volume and function of muscle mass.

In this regard, Concessao et al. (2012) showed in research that interleukin-15 levels increase after resistance and aerobic exercise but decrease during the recovery period and reach baseline levels [19]. In a study, six months of aerobic exercise did not change interleukin-10 levels in black African-American men and women aged 40-75 [6]. Considering the possible role of interleukin-10 and interleukin-15 in increasing life span and reducing the risk of age-related diseases, and considering the conflicting results and little research on the effect of regular resistance exercise on the mentioned cytokines, this research aimed to investigate the effect of 12 weeks of resistance training on the serum levels of interleukin-10 and interleukin-15 in middle-aged women.

Methods

The current research was of an experimental-applied type with a control group. A total of 40 healthy inactive women aged 40-59 years who did not participate in any regular sports program in the last six months and did not have movement problems were selected as a statistical sample. The participants were randomly divided into two experimental groups (n=20) and control (n=20). A few days before the start of the study, all participants were informed about the study objectives, time, and procedures (how to take blood, type and method of exercise, and obtaining consent). The participants' weight without shoes and with minimal clothing was measured and recorded using a standard scale in kilograms and height in standing position in centimeters. Body mass index (BMI) was calculated and recorded by dividing a person's weight (kilograms) by the square of height (meters) [23].

Before starting the main training program, the experimental group performed a maximum repetition (1RM) to get familiar with the training protocol. Then, for 12 weeks, they performed resistance training for three sessions per week for one hour [24]. The strength training protocol included upper and lower body exercises with sets and repetitions progressing from 2 to 3 and from 15 to 8 repetitions, respectively. The training load intensity was gradually increased from 65%-80% 1RM every four weeks. The participants of the control group only did their regular physical activity and did not participate in any strength or endurance activity during the study period. Around 48 h after the end of the training period, the participants' blood sample was taken in the amount of 5 cc from the brachial artery and centrifuged. Then, the levels of interleukin-10 and interleukin-15 were measured using the human ELISA method according to the instructions [25]. Data analyses were performed in SPSS software (version 26) using Kolmogorov-Smirnov, Lon, and independent t-tests. A $P < 0.05$ was considered statistically significant.

Results

Kolmogorov-Smirnov test results showed that all data were normal. In addition, according to Lune's test results, it was found that the variances are homogeneous. The independent t-test results about the anthropometric indices showed no significant difference. Consequently, the participants of the research groups were identical in terms of the research variables at the beginning of the pre-test ($P<0.05$). Based on this test, the weight of the experimental group showed a significant decrease compared to the control group after resistance training ($P=0.01$). It also caused a significant decrease in BMI in the experimental group

Jundishapur
Scientific Medical Journal

compared to the control group (P=0.02). The independent t-test results showed that the plasma levels of interleukin-10 (P=0.001) and interleukin-15 (P=0.001) were significantly higher than the control group.

Conclusion

Based on the findings of the present study, 12 weeks of resistance training led to a significant increase in the plasma concentration of interleukin-10 in middle-aged women. The findings of this research with the results of Khakpour et al.'s study (2012) with 8 weeks of increasing resistance training [26]. and Qaderi Guderzi et al. (2021) with 12 weeks of consistent combined training [30]. However, it was inconsistent with the results of the study by Rahimi et al. (2020) that there was no significant change in interleukin-10 after eight weeks of resistance exercises with an intensity of 60% to 85% of one maximum repetition [31, 32]. Studies show that exercise training plays a role in cellular homeostasis and cytokine production. A variety of exercise training can affect inflammation and body composition changes, and reducing the percentage of fat, body weight, and increase in net body mass cause changes in circulating levels of inflammatory and anti-inflammatory cytokines [28]. One of the possible mechanisms of interleukin-10 increase following regular exercise is the balance between cytokines secreted by Th1 and Th2 cells. Regular exercise can cause an increase in the production of cytokines secreted by Th2 cells (interleukin-8, interleukin-10) and a relative decrease in cytokines secreted by Th1 cells, which ultimately leads to an increase in anti-inflammatory cytokines, including interleukin-10 [33]. Another finding of this research was a significant increase in interleukin-15 in middle-aged women. The results of this research are consistent with the findings of Hasanvand et al.'s study (2022) with 8 weeks of progressive resistance training, but with the results of Nakhzari et al. 8 weeks of resistance training in inactive and overweight men was uneven [34, 40] Studies have shown that contractile activity plays a role in regulating the expression of high levels of cytokines. A possible function of interleukin-15 is in the immune system. Inflammatory responses of the immune system play an important role in the hypertrophy and increase of skeletal muscle. Evidence shows that interleukin-15 increases protein biosynthesis and the volume and hypertrophy of muscle fibers [12]. In general, although the exact mechanism of the effects of exercise in reducing inflammation has not yet been fully determined, it has been determined that exercise protocols that reduce body fat and significantly improve weight and BMI are effective in reducing inflammatory factors and increasing anti-inflammatory factors [30]. The findings of the present study indicated the positive effect of using resistance training for significant changes in the levels of inflammatory and anti-inflammatory cytokines, which depends on factors such as the length of the training period. Therefore, it is recommended that middle-aged women perform resistance exercises to improve the levels of anti-inflammatory cytokines.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All aspects of this study have been reviewed and approved by the Institute of Physical Education and Sports Sciences in accordance with the basic principles of the Declaration of Helsinki and with the code ID 1402.171IR.SSRC.REC.

Funding

This research has not received any financial assistance.

Authors contributions

Conceptualization, Research Methodology: Shabnam Mohammadinejad, Massoud Rahmati and Rahim Mirnasouri edited by all authors.

Conflicts of interest

The authors declare that this article has no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank all the participants and colleagues of Sarai laboratory in Tabriz city who cooperated in this study.

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

مقاله پژوهشی

تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی اینترلوکین ۱۰ و اینترلوکین۱۵ در زنان میان‌سال

شبنم محمدی نژاد[۱]، *مسعود رحمتی[۱]، رحیم میر منصوری[۱]

۱. گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mohammadinejad Sh, Rahmati M, Mirnasouri R. [Effect of 12 Weeks of Resistance Training on the Serum Levels of Interleukin-10 and Interleukin-15 in Middle-aged Women (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2023; 22(5):595-605. 10.32592/JSMJ.22.5.595

https://doi.org/10.32592/JSMJ.22.5.595

CC BY NC

چکیده

زمینه و هدف افزایش سن عموماً با کاهشی پیش‌رونده در فعالیت جسمانی همراه است که می‌تواند با تأثیر بر کیفیت زندگی به تغییرات منفی ساختاری و عملکردی در بافت‌های مختلف بدن منجر شود و کارایی آن‌ها را کاهش دهد. سطوح بالای سایتوکاین‌های اینترلوکین ۱۰ و اینترلوکین۱۵ با طول عمر مرتبط است. هدف از این مطالعه تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی اینترلوکین ۱۰ و اینترلوکین۱۵ در زنان میان‌سال است.

روش بررسی تعداد ۴۰ زن میان‌سال (۴۰ تا ۵۹ سال) انتخاب و به‌طور تصادفی، به دو گروه مساوی تجربی و کنترل تقسیم شدند. گروه تجربی برنامه‌ی تمرینی مقاومتی را با بار تمرینی ۶۵ تا ۸۰ درصد 1RM، به مدت ۱۲ هفته اجرا کردند. نهایتاً، ۴۸ ساعت بعد از آخرین تمرین با خون‌گیری، سطوح اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ با روش الایزا سنجش شد. برای همسان‌سازی داده‌ها از آزمون کلموگروف‌اسمیرنف و برای اثربخشی تمرین از آزمون تی مستقل در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ استفاده شد.

یافته ها یافته‌ها نشان داد که از نظر وزن و BMI در پیش از شروع تحقیق، در بین گروه تجربی و کنترل تفاوتی وجود ندارد (P> ۰/۰۵). اما پس از تمرین از لحاظ آماری، معنی‌دار بود (P< ۰/۰۵). همچنین، در سطوح اینترلوکین ۱۰ و اینترلوکین۱۵ پس از تمرین، افزایش معنی‌داری مشاهده شد (P =۰/۰۰۱).

نتیجه گیری به نظر می‌رسد تنظیم افزایشی سایتوکین‌های ضدالتهابی می‌تواند تأثیر مثبتی بر بهبود شرایط فیزیولوژیکی ناشی از تمرین مقاومتی در زنان میان‌سال داشته باشد. لذا توصیه می‌شود برای ارتقا بخشیدن به سطوح سایتوکاین‌ها به‌منظور افزایش قدرت و عملکرد توده‌ی عضلانی از تمرینات قدرتی استفاده کنند.

کلیدواژه‌ها تمرین مقاومتی اینترلوکین ۱۰، اینترلوکین۱۵، زنان میان‌سال

تاریخ دریافت: ۳۰ آذر ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۲ دی ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۳۰ دی ۱۴۰۲

نویسنده مسئول:
مسعود رحمتی
نشانی: آدرس
تلفن: ۰۹۱۶۳۳۲۱۴۱۱
رایانامه: Rahmati.mas@lu.ac.ir

مقدمه

افزایش سن عموماً با کاهشی پیش‌رونده در فعالیت جسمانی همراه است که می‌تواند با تأثیر بر کیفیت زندگی به تغییرات منفی ساختاری و عملکردی در بدن، سیستم‌ها، بخش‌ها یا بافت‌های مختلف منجر شود و کارایی آن‌ها را کاهش دهد. از بین این تغییرات می‌توان به تغییرات نامطلوب در سیستم ایمنی اشاره کرد که بدون عملکرد صحیح آن، ادامه‌ی حیات به مخاطره می‌افتد [۱]. در این میان، سایتوکین‌ها (Cytokine)، پروتئین‌ها یا گلیکوپروتئین‌های (Glycoprotein) تنظیمی هستند که توسط انواع مختلفی از سلول‌ها (ایمنی و غیرایمنی) در پاسخ به تعدادی از محرک‌ها تولید و ترشح می‌شوند [۲]. سایتوکین‌ها دارای عملکردهای زیادی مانند میانجی‌گری و تنظیم پاسخ‌های ایمنی، پاسخ‌های التهابی و خون‌سازی (شکل‌گیری و نمو سلول‌های خونی) در بدن هستند و در تکثیر و تمایز سلول‌های ایمنی دخالت دارند و بر فعالیت، تمایز، تکثیر و بقای سلول‌های ایمنی اثر می‌گذارند. همچنین، تولید و فعالیت دیگر سایتوکاین‌ها را تنظیم می‌کنند که می‌تواند باعث افزایش (پیش‌التهابی) یا کاهش سایتوکاین‌های ضدالتهابی در پاسخ التهابی شوند [۳]. سایتوکاین‌ها شامل اینترلوکین‌ها (interleukin) (اینترلوکین۱ تا اینترلوکین۳۵)، فاکتورهای نکروزکننده‌ی تومور (Tumor necrosis factors(TNF))، کموکاین‌ها (Chemokine)، اینترفرون‌ها (Interferon (IFN)) و لنفوکاین‌ها (lymphokines) است [۴].

اینترلوکین۱۰ از سایتوکاین‌های ضدالتهابی است [۵] که به‌طور عمده، توسط سلول‌های ایمنی (سلول‌های T، سلول‌های B و مونوسیت‌ماکروفاژها) و غیرایمنی تولید و رها می‌شود. عملکرد بیولوژیکی اصلی اینترلوکین۱۰ مهار مستقیم فعالیت سایتوکین‌های پیش‌التهابی، جلوگیری از سنتز و سرکوب سایر سایتوکین‌ها و همچنین، تضعیف پاسخ‌های ایمنی سازشی است [۵–۷] و بیان ژن‌های التهابی را مهار می‌کند. افزایش اینترلوکین۱۰ در حالت التهاب باعث کاهش سایتوکین‌های التهابی و کاهش اثرهای منفی التهاب می‌شود [۸،۹]. اینترلوکین۱۵ عامل برای رشد شناسایی شده است که در عضلات اسکلتی و بسیاری از بافت‌های دیگر یافت می‌شود و هم عملکرد التهابی هم عملکرد ضدالتهابی دارد [۱۰]. هنگام پیری، کاهش حجم عضله به کاهش تولید اینترلوکین۱۵ منجر می‌شود [۱۱]. در مقابل، نشان داده‌اند که سطوح بالای سایتوکین‌های ضدالتهابی اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ با طول عمر بالاتر مرتبط است. با افزایش سن، علاوه بر سرعت سنتز پروتئین‌های انقباضی عضلات، سطوح سرمی اینترلوکین‌های۱۰ و ۱۵ نیز کاهش می‌یابد [۱۲]. کوئین و همکاران در تحقیقی نشان دادند که در موش های مورد بررسی، سطوح سرمی اینترلوکین۱۵ به‌طور تدریجی، با افزایش سن کاهش می‌یابد [۱۳]. افقی و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که غلظت سرمی اینترلوکین۱۵ در افرادی که طول عمر بالاتری دارند، افزایش می‌یابد [۱۲]. بنابراین، پیشنهاد دادند که افزایش اینترلوکین۱۵ نوعی اثر حفاظتی در مقابل بیماری‌های مرتبط با سن دارد [۱۴]. مطالعات نشان داده است که در هنگام فعالیت ورزشی، عضله‌ی اسکلتی در حال انقباض مقادیر مشخصی از چندین سایتوکین از جمله اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ را به درون جریان خون آزاد می‌کند [۱۵]. برخی سایتوکین‌ها مولکول‌های پیام‌دهنده‌ی قوی هستند که هیپرتروفی (Hypertrophy) عضلانی را در پاسخ به تمرینات قدرتی تحریک می‌کنند. در این ارتباط، اثر سوخت‌وسازی اینترلوکین۱۵ در هنگام تمرین قدرتی گزارش شده است [۱۶]. بر اساس شواهد موجود، تمرینات و فعالیت ورزشی حاد یکی از عوامل اثرگذار بر سطوح IL–۱۵ معرفی شده است [۱۷].

همچنین، پژوهش‌های صورت‌گرفته درباره‌ی ارتباط بین تغییرات ایمنی و انقباضات عضلانی به کشف این نکته منجر شد که فعالیت ورزشی موجب تحریک و افزایش برخی سایتوکین‌ها می‌شود. تغییرات ایجادشده در اثر فعالیت ورزشی در سایتوکین‌ها به دنبال سازگاری ایجادشده به دنبال تمرینات ورزشی است که در این میان، سطح اینترلوکین۱۵ در عضله‌ی اسکلتی بیشتر از هر بافت دیگری است که به‌طور مؤثری در هیپرتروفی عضلانی، پیشگیری از تحلیل عضلات و عملکرد ایمنی نقش دارد [۱۲]. ازآنجایی‌که کاهش سطوح اینترلوکین‌های عضله و سرم به‌تدریج با بالا رفتن سن، با کاهش توده‌ی عضلانی و آتروفی ارتباط دارد، یکی از روش‌های افزایش توده‌ی عضلانی در افراد میان‌سال و کم‌تحرک، انجام تمرینات مقاومتی است که می‌تواند موجب بهبود شرایط فیزیولوژیکی، افزایش سنتز پروتئین و همچنین، افزایش قدرت، حجم و عملکرد توده‌ی عضلانی شود [۱۸]. در این راستا، کنسیسائو و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی نشان دادند که سطوح اینترلوکین۱۵ بعد از فعالیت ورزشی مقاومتی و هوازی افزایش می‌یابد؛ ولی در دوره‌ی ریکاوری کاهش می‌یابد و به سطوح پایه می‌رسد [۱۹]. پریستس و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای مشاهده کردند که پس از ۱۶ هفته تمرین مقاومتی در زنان مسن، هیچ تغییری در سطح اینترلوکین۱۵ ایجاد نشد [۲۰]. در چند مطالعه اثر تمرین‌های ورزشی را بر مقادیر اینترلوکین۱۰ زنان یائسه بررسی کردند و نتایج متناقضی را گزارش کردند [۶]. در یک بررسی جامع درباره‌ی ۴۵۱ زن مسن، مقادیر اینترلوکین۱۰ در گروه فعال نسبت به گروه غیرفعال بالاتر بود [۲۱]. در مطالعه‌ای، شش ماه تمرین هوازی در مردان و زنان ۴۰ تا ۷۵ساله‌ی سیاه‌پوست آفریقایی‌آمریکایی در سطوح اینترلوکین۱۰ تغییری ایجاد نکرد [۶]. فلیپس و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی نشان دادند که در پایان ۱۲ هفته تمرین مقاومتی در زنان میان‌سال و چاق، ۲۴ ساعت پس از این تمرین، مقادیر اینترلوکین۱۰ در گروه تمرین ۲۰ درصد افزایش و در گروه کنترل ۲۸ درصد کاهش یافت [۲۲]. با توجه به نقش احتمالی اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ در افزایش طول عمر و کاهش خطر بیماری‌های مرتبط با سن و با توجه به نتایج متناقض در مورد اثر تمرینات ورزشی مختلف بر سطوح اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ و همچنین، وجود اطلاعات اندک در مورد تأثیر تمرین مقاومتی منظم بر این سایتوکین‌ها، محقق در تحقیق حاضر به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر سطوح

سرمی اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ در زنان میان‌سال پرداخته است.

روش بررسی

پژوهش حاضر از نوع تجربی‌کاربردی با گروه کنترل بود. تعداد ۴۰ زن غیرفعال سالم با دامنه‌ی سنی ۴۰ تا ۵۹ سال که در ۶ ماه گذشته در هیچ برنامه‌ی ورزشی منظمی شرکت نکرده بودند و دارای مشکلات حرکتی یا بیماری سوخت‌وسازی نبودند و محدودیتی برای انجام فعالیت نداشتند، نمونه‌ی آماری پژوهش حاضر را تشکیل دادند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی، به دو گروه تجربی (۲۰ نفر) و کنترل (۲۰ نفر) تقسیم شدند. ابتدا، چند روز قبل از شروع مطالعه، همه‌ی آزمودنی‌ها برای انجام معاینات پزشکی و کسب آگاهی لازم از اهداف، زمان و چگونگی مراحل پژوهش، نحوه‌ی خون‌گیری‌ها، نوع و روش تمرینی، اخذ رضایت‌نامه، سوابق ورزشی، بیماری و نیز سنجش قد، وزن، سن، BMI و تواتر قلبی استراحتی جمع شدند. سپس، پزشک معاینات پزشکی را انجام داد و محقق همه‌ی شاخص‌های مذکور را اندازه‌گیری و ثبت کرد. ابتدا مشخصات تن‌سنجی و آنتروپومتریکی آزمودنی‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری مشخصات تن‌سنجی، وزن بدن با دقت خطای کمتر از ۱۰۰ گرم، بدون کفش و با حداقل لباس، با استفاده از ترازوی استاندارد (سکا، آلمان) اندازه‌گیری شد. برای سنجش قد، آزمودنی‌ها در حالت ایستاده و بدون کفش طوری قرار گرفتند که پاشنه‌ها، باسن و پشت سر به دیواری که قدسنج بر آن نصب شده بود، مماس باشد و درحالی‌که روبه‌رو را نگاه می‌کردند، قد آن‌ها برحسب سانتی‌متر با دقت ۰/۱ اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس، شاخص توده‌ی بدنی (Body Mass Index) با تقسیم وزن فرد (کیلوگرم) به مجذور قد (متر) محاسبه و ثبت شد [۲۳]. همچنین، به آزمودنی‌ها تأکید شد که طی این مدت، عادت‌های غذایی و رفتاری خود از جمله خوابیدن و برنامه‌های معمول روزانه را تغییر ندهند و هر گونه مشکل جسمانی یا بیماری را به‌سرعت با محققان در میان بگذارند. گروه تجربی قبل از شروع برنامه‌ی اصلی تمرین، در یک وهله‌ی مجزا در باشگاه ورزشی حاضر شدند و ضمن آشنایی با پروتکل تمرینی یک تکرار بیشینه (one-repetition maximum) حرکت پرس سینه و پرس پا، جلوپا، سرشانه و جلوبازو را انجام دادند. سپس، در زمان تعیین‌شده، آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۱۲ هفته تمرین مقاومتی را مطابق جدول ۱ برای سه جلسه در هفته به مدت یک ساعت اجرا کردند [۲۴]. همچنین، به‌منظور ایمنی کار، تمام مراحل تمرینی شامل اصول گرم و سرد کردن، تکنیک‌های صحیح تمرین و نحوه‌ی استفاده از وسایل ورزشی در تمرین در دوره‌ی ۱۲ هفته تمرین، زیر نظر مربی ورزشی اجرا شد. پروتکل تمرین قدرتی شامل تمرینات بالاتنه (پرس شانه، زیربغل هالتر خم، کرانچ، پرس سینه، جلوبازو) و پایین‌تنه (پرس پا روی میز ۴۵ درجه، پرس ساق پا در میز ۴۵ درجه، جلوپا با دستگاه) با ست‌ها و تکرارها با پیشرفت از ۲ به ۳ و به‌ترتیب و از ۱۵ تا ۸ تکرار بود. شدت بار تمرینی به‌تدریج از ۶۵ درصد ۱RM به ۸۰ درصد ۱RM هر ۴ هفته یک بار افزایش یافت (جدول ۱). دو جلسه برای آشنایی و تخمین ۱RM در نظر گرفته شد. در روز بعد، برای برآورد ۱RM، حرکات مورد نظر (ابتدا گرم کردن با ۵۰ درصد و با ۸ تکرار و سپس، با ۷۰ درصد و ۳ تکرار ۱RM تخمینی) انجام شد. سپس، آزمودنی‌ها در یک تلاش ۳ الی ۵ ست با افزایش وزنه‌ها و با فاصله‌ی استراحت ۳ دقیقه در هر ست، تمام تلاش خود را برای ثبت بیشترین رکوردی که برای یک تکرار می‌توانند انجام دهند، به کار گرفتند و سنگین‌ترین باری که در هر حرکت با موفقیت برداشته شد، ۱RM آن حرکت لحاظ شد و هر چهار هفته یک بار، تست ۱RM برای حرکات مورد نظر تکرار شد تا حداکثر وزنه‌ای که می‌توانند در یک تکرار بردارند و به‌درستی اجرا کنند، برای ارزیابی پیشرفت تمرین تعیین شود [۲۴]. آزمودنی‌های گروه کنترل صرفاً فعالیت بدنی عادی و روزمره‌ی خود را انجام دادند و در طول مدت مطالعه مذکور، در هیچ نوع فعالیت قدرتی یا استقامتی شرکت نکردند.

جدول ۱. پروتکل تمرینات مقاومتی

دوره‌ی تمرینی (۱۲ هفته)		
۸ تکرار، ۳ ست	۱۲ تکرار، ۳ ست	۱۵ تکرار، ۲ ست
٪۸۰1RM	٪ ۷۰1RM	٪۶۵1RM

سنجش متغیرهای مورد بررسی

پس از تقسیم‌بندی آزمودنی‌ها به گروه‌های تجربی و کنترل، خون‌گیری در مرحله‌ی پیش‌آزمون انجام شد. به‌منظور خون‌گیری از آزمودنی‌ها خواسته شد که پس از ۱۲ساعت ناشتایی، به آزمایشگاه مراجعه کنند، شب قبل از خون‌گیری خواب کافی داشته باشند و دو روز قبل از خون‌گیری به فعالیت سنگین ورزشی یا جسمانی نپردازند. از هر آزمودنی ۵ میلی‌لیتر خون در وضعیت نشسته و حالت استراحت از شریان بازویی دست راست گرفته شد. خون‌گیری را در هر دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون، بین ساعت ۸ تا ۹ صبح، کارشناس مجرب آزمایشگاه انجام داد. بعد از خون‌گیری، پروتکل پژوهشی به مدت ۱۲ هفته اجرا شد و دوباره در پایان دوره‌ی پژوهش و با گذشت ۴۸ ساعت از آخرین جلسه‌ی تمرین مقاومتی به‌منظور از بین رفتن تأثیرات حاد جلسهٔ آخر تمرین، از همهٔ آزمودنی‌ها مطابق با شرایط مرحله‌ی پیش‌آزمون، خون‌گیری انجام شد. در هر دو مرحله‌ی پیش و پس‌آزمون، نمونه‌های خونی داخل لوله ریخته شد و پس از لخته شدن، نمونه‌های خونی به مدت ۱۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. بعد از این مدت، لوله‌ها از دستگاه خارج و سرم جدا شد. در نهایت، سرم جداشده در دمای ۸۰- درجه‌ی سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری متغیرها نگهداری شد [۲۵]. سطح اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ با استفاده از روش الایزای انسانی (شرکت پارس‌ژن) طبق دستورالعمل شرکت با درجه‌ی حساسیت ۵-۱ پیکوگرم (picogram) بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد.

روش‌های آماری تحلیل داده‌ها

تمام داده‌ها در تحقیق به‌صورت میانگین±انحراف معیار ارئه شده‌اند.

برای بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها از آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف استفاده شد. همچنین، از آزمون آماری تی مستقل برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. تمام تجزیه‌وتحلیل‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۶ انجام گرفت. سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده‌ی بدنی، در جدول ۲ آورده شده است. نتایج آزمون کولموگروف‌اسمیرنف نشان داد تمام داده‌ها طبیعی است. همچنین، با توجه به نتایج آزمون لون مشخص شد که واریانس‌ها همگن هستند. نتایج تی مستقل در مورد شاخص‌های آنتروپومتریک بیانگر نبود تفاوت معنی‌دار و در نتیجه، همسان بودن آزمودنی‌های گروه‌های پژوهش از نظر متغیرهای فوق در شروع پیش‌آزمون بود (P>۰/۰۵). بر اساس همین آزمون، وزن بدن آزمودنی‌های گروه تجربی پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی کاهش معنی‌داری را نسبت به گروه کنترل نشان داد (P=۰/۰۰۱). همچنین، این تمرینات موجب کاهش معنی‌دار BMI در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل شد (P=۰/۰۲).

در جدول ۳، نتایج آزمون تی مستقل در مورد سطوح پلاسمایی اینترلوکین ۱۰ و اینترلوکین۱۵ زنان میان‌سال گروه‌های تجربی و کنترل آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، سطوح پلاسمایی اینترلوکین ۱۰ (P=۰/۰۰۱) و اینترلوکین۱۵ (P=۰/۰۰۱) به‌طور معنی‌داری، نسبت به گروه کنترل بالاتر است. بنابراین، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی باعث افزایش معنی‌دار سایتوکین‌های مذکور در گروه تجربی شده است (نمودار ۱ و ۲).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی آنتروپومتری گروه‌های پژوهش

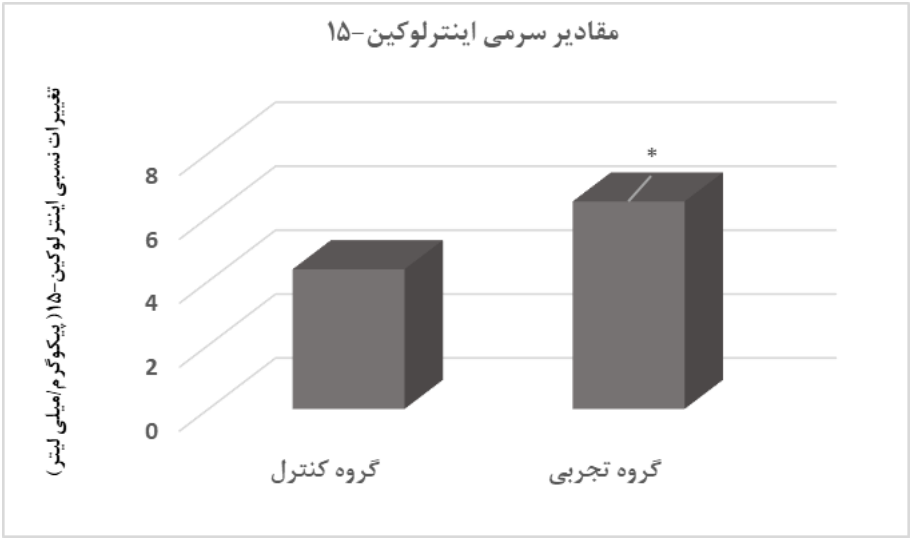
آزمودنی‌ها	تعداد (نفر)	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	شاخص توده‌ی بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)
گروه تجربی	۲۰	۴۷/۸۵±۴/۹۵	۷۳/۸۵±۸/۲۲	۱۶۲/۰۵±۴/۷۸	۲۸/۰۸±۳/۳۰
گروه کنترل	۲۰	۴۶/۲۰±۳/۸۸	۷۶/۲۰±۸/۲۱	۱۶۲/۲۰±۸۵/۰	۲۸/۶۵±۲/۶۱

جدول ۳. مقایسه‌ی بین‌گروهی مقادیر اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵در گروه‌های پژوهش

میانگین تغییرات	گروه‌ها	میانگین ± انحراف معیار	آزادی	مقدار تی	معناداری
اینترلوکین۱۰ (pg/ml)	گروه تجربی	۵/۴۵±۱/۳۸	۳۸	۷/۰۵	*۰/۰۰۱
	گروه کنترل	۲/۸۹±۰/۸۴			
اینترلوکین۱۵ (pg/ml)	گروه تجربی	۶/۴۹±۲/۱۲	۳۸	۳/۵۳	*۰/۰۰۱
	گروه کنترل	۴/۳۷±۱/۶۴			

* (P<۰/۰۵)

نمودار ۱. تغییرات اینترلوکین۱۰ در گروه تجربی و کنترل



نمودار ۲. تغییرات اینترلوکین۱۵ در گروه تجربی و کنترل

بحث

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی به افزایش معنی‌دار غلظت پلاسمایی اینترلوکین۱۰ در زنان میان‌سال منجر شد که نشان‌دهنده‌ی اثرهای ضدالتهابی ورزش مقاومتی در این آزمودنی‌ها است. در این راستا، مطالعات خاکپور و همکاران (۱۳۹۲) و کالاگری و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که ۴ هفته تمرین مقاومتی فزاینده با شدت متوسط (به مدت ۳۰ دقیقه) با ۸ هفته تمرین مقاومتی فزآینده، کالاگری و همکاران (۲۰۱۸) با ۴ هفته تمرین مقاومتی فزاینده با شدت متوسط (به مدت ۳۰ دقیقه)، پور نعمتی و هوشمند مقدم (۱۴۰۰) با ۱۲ هفته تمرین تناوبی با شدت زیاد و تداومی با شدت متوسط نشان دادند که اینترلوکین-10 پلاسما با افزایش معنا دار همراه است[۲۸-۲۶]. علاوه بر این، پژوهش حاضر با مطالعات امام دوست و همکاران (۲۰۲۰) با ۱۲ هفته تمرین مقاومتی (۳ جلسه در هفته) و قادری گودرزی و همکاران (۲۰۲۱) با ۱۲ هفته تمرین ترکیبی (۳ جلسه در هفته) همسو بود [۲۹،۳۰]. اما با نتایج مطالعه‌ی رحیمی و همکاران (۲۰۲۰) با عدم تغییر معنی‌دار در اینترلوکین۱۰ پس از ۸ هفته تمرینات مقاومتی با شدت۶۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و همچنین، حبیبی و همکاران (۲۰۱۶) با ۸ هفته تمرین تناوبی همسو نبود [۳۱،۳۲].

مطالعات نشان می‌دهد تمرین‌های ورزشی در ایجاد هموستاز سلولی و تولید سایتوکین‌ها نقش دارد. از جمله مکانیسم‌های احتمالی که تمرین‌های ورزشی از طریق آن‌ها می‌توانند بر التهاب تأثیر بگذارند، می‌توان به تغییرات ترکیب بدنی اشاره کرد. تمرینات ورزشی از طریق کاهش درصد چربی، وزن بدن و افزایش توده‌ی خالص بدن سبب تغییر سطوح گردش خونی سایتوکین‌های التهابی و ضدالتهابی می‌شود [۲۸]. علاوه بر این، فعالیت ورزشی می‌تواند با افزایش سطوح آنتی‌اکسیدانت‌ها (antioxidant) و افزایش فعالیت سلول‌های T تنظیمی که منبع اصلی تولید سایتوکین‌های ضدالتهابی مانند اینترلوکین۱۰ است، به‌واسطه‌ی مهار فعالیت فاکتور هسته‌ای کاپایی (NF- κ–nuclear factor kappa) به تقلیل التهاب منجر شود [۲۶]. یکی دیگر از مکانیسم‌های احتمالی در افزایش اینترلوکین۱۰ در پی فعالیت ورزشی منظم، تعادل بین سایتوکین‌های ترشح‌شده از سلول‌های Th1 وTh2 (T helper, Th1 Th2) است که فعالیت ورزشی منظم می‌تواند باعث ایجاد تنظیم افزایشی در تولید سایتوکین‌های ترشح‌شده از سلول‌های Th2 (اینترلوکین۸، اینترلوکین۱۰) و تنظیم کاهشی نسبی در سایتوکین‌های ترشح‌شده از سلول‌های Th1 شود که در نهایت، به افزایش سایتوکین‌های ضدالتهابی، از جمله اینترلوکین۱۰، منجر می‌شود [۳۳]. یکی دیگر از یافته‌های اصلی این پژوهش افزایش معنادار اینترلوکین۱۵ در زنان میان‌سال بود. سطوح IL-۱۵ با فعالیت جسمانی، چاقی و افزایش سن دستخوش تغییر می‌شود [۳۴]. نتایج مطالعات صورت‌گرفته در مورد تأثیر انواع مختلف تمرینات ورزشی بر سطوح IL-15 ضدونقیض‌اند و محققان عدم تغییر [۳۵]، افزایش [۳۶] و حتی کاهش اینترلوکین۱۵ [۳۷] را در پی شرکت در تمرینات ورزشی گزارش کرده‌اند. اما بیشتر مطالعات صورت‌گرفته افزایش اینترلوکین۱۵ را بلافاصله بعد از جلسه‌ی فعالیت ورزشی نشان داده‌اند [۳۸،۳۹]. نتایج این پژوهش با یافته های مطالعه حسنوند و همکاران(۲۰۲۲) با ۸ هفته تمرین مقاومتی فزآینده همسو اما با نتایج مطالعه، نخ زری و همکاران (۲۰۱۱) و بید آبادی و همکاران (۲۰۱۸) مبنی برعدم تغییر معنادار سطوح اینترلوکین-15بعد از۸ هفته تمرین مقاومتی در مردان غیرفعال و دارای اضافه وزن ناهمسو بود [۳۴،۴۰]. فعالیت انقباضی در تنظیم بیان مقادیر بالایی از سایتوکین‌ها نقش دارد. بررسی این سازوکار را به این شکل می‌توان بیان کرد که تأثیر اینترلوکین۱۵ عمدتاً به‌شکل موضعی است و یکی از عملکردهای احتمالی آن در سیستم ایمنی است. پاسخ‌های التهابی سیستم ایمنی به‌طور وسیع، در هیپرتروفی و افزایش

عضله‌ی اسکلتی نقش مهمی دارد. به دنبال تمرینات مقاومتی، در عضله پارگی‌های ریزی به وجود می‌آید و به دنبال آن، نوتروفیل‌ها، ماکروفاژها و لنفوسیت‌ها در عضله فعال می‌شوند و متعاقب آن، پاسخی التهابی ایجاد می‌شود. در این حالت، سایتوکین‌ها و فاکتورهای رشد در اثر این پاسخ به ترمیم بافت‌های آسب‌دیده و هیپرتروفی کمک می‌کنند. عوامل مختلفی در ترشح یا عدم ترشح سایتوکین‌ها تأثیر می‌گذارد [۱۲]. شواهد نشان داده‌اند که اینترلوکین۱۵ تولید لنفوسیت‌های T، سلول‌های کشنده‌ی طبیعی، فعال‌سازی و تکثیر اینترفرون گاما و سنتز آنتی‌بادی در لنفوسیت B (lymphocytesB) را تحریک می‌کند و تمرینات ورزشی، به‌ویژه تمرین مقاومتی بلندمدت، این عوامل را تسریع می‌کند و موجب افزایش بیوسنتز پروتئین و همچنین، افزایش حجم و هیپرتروفی تارهای عضلانی می‌شود [۱۲]. به‌طور کلی، مکانیسم دقیق اثرهای تمرین در کاهش التهاب هنوز به‌طور کامل، مشخص نشده است. با وجود این، مشخص شده است آن پروتکل‌های تمرینی که موجب کاهش چربی بدن و بهبود معنی‌دار وزن و شاخص توده‌ی بدن شده‌اند، در کاهش عوامل التهابی و افزایش عوامل ضدالتهابی تأثیرگذار هستند [۳۰].

نتیجه گیری

با توجه به محدودیت تحقیق در انتخاب نمونه (مردان)، انتخاب سایر گروه‌های سنی و سنجش سایتوکین‌های دیگر (لنفوکاین‌ها، کموکاین‌ها و TNF)، محققان تنها به تأثیر تمرین مقاومتی بر اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵ زنان میان‌سال پرداختند؛ اما به‌طور خلاصه، یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از تأثیر مثبت به‌کارگیری تمرین مقاومتی برای تغییرات معنی‌دار سطوح سایتوکین‌های التهابی و ضدالتهابی به‌عنوان راهکاری برای بهبود شرایط فیزیولوژیکی، افزایش سنتز پروتئین و همچنین، افزایش قدرت، حجم و عملکرد توده‌ی عضلانی در افراد میان‌سال است که به عواملی همچون طول دوره‌ی تمرین بستگی دارد. بنابراین، می‌توان پیشنهاد کرد که اجرای یک دوره تمرینات مقاومتی ممکن است تاحدی بتواند در تنظیم سایتوکین‌های التهابی و ضدالتهابی، از جمله اینترلوکین۱۰ و اینترلوکین۱۵، مؤثر باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمام جنبه‌های این مطالعه مطابق با اصول اساسی بیانیه‌ی هلسینکی است و در پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی بررسی و با شناسه‌ی اخلاق 1402.171IR.SSRC.REC. تأیید شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه‌ی شبنم محمدی نژاد، دانشجوی دکتری دانشگاه لرستان، است. این پژوهش بدون دریافت کمک مالی انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

مفهوم‌سازی، روش‌شناسی تحقیق و بررسی بر عهده‌ی شبنم محمدی نژاد، مسعود رحمتی و رحیم میرنصوری بوده است و در ویرایش مقاله، همه‌ی نویسندگان سهم داشته‌اند.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌کنند که این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمام شرکت‌کنندگان و همکاران آزمایشگاه سارای در شهر تبریز که با این مطالعه همکاری کرده‌اند، تشکر می‌کنند.

References

[1] Bahram M E, Siahkohian M, Bolboli L, pourvaghar M J. [The Effect of Pilates Training on Immune Markers in Elderly Men (Persian)]. JHPM. 2020;9(2):56-66. [Link]

[2] Azarbaejani MA. [Cellular and molecular approaches to physical activity. Tehran: Academic Jihad Publications (Persian)].2013. [Link]

[3] Mahnam K, Payab N. [Proactive cytokines and their containment methods. Journal of Biosafety (Persian)]. 2015; 9(2): 74-87. [Link]

[4] Salmasi Fard, A Hossam, Agha Alinejad H, Rahimi, A. [The effect of endurance training on the level of IL - 2 in the tumor tissue of female mice with breast cancer. Iranian Breast Diseases Quarterly (Persian)]. 2014; 8 (1):41-34. [Link]

[5] Docherty S, Harley R, McAuley JJ, Crowe LA, Pedret C, Kirwan PD, et al. The effect of exercise on cytokines: implications for musculoskeletal health: a narrative review. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2022;14(1):5. [DOI: 10.1186/s13102-022-00397-2] [PMID] [PMCID]

[6] Babbitt DM, Diaz KM, Feairheller DL, Sturgeon KM, Perkins AM, Veerabhadrappa P, et al. Endothelial activation microparticles and inflammation status improve with exercise training in African Americans. Int J Hypertens. 2013;2013:538017. [DOI: 10.1155/2013/538017] [PMID]

[7] Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS,Nimmo MA. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. Nat Rev Immunol. 2011;11(9):607-15. [DOI: 10.1038/nri3041] [PMID]

[8] Xie L, Fu Q, Ortega TM, Zhou L, Rasmussen D, O'Keefe J, et al. Overexpression of IL-10 in C2D macrophages promotes a macrophage phenotypic switch in adipose tissue environments. PLoS One. 2014;9(1):e86541. [DOI: 10.1371/journal.pone.0086541] [PMID] [PMCID]

[9] Lira F, Rosa J, Yamashita A, Koyama C, Batista Jr M, Seelaender M. Endurance training induces depot-specific changes in IL-10/TNF-α ratio in rat adipose tissue. Cytokine. 2009;45(2):80-5. [DOI: 10.1016/j.cyto.2008.10.018] [PMID]

[10] Quinn LS, Anderson BG. Interleukin-15, IL-15 receptor-alpha, and obesity: concordance of laboratory animal and human genetic studies. J Obes. 2011;2011:456347. [DOI: 10.1155/2011/456347] [PMID] [PMCID]

[11] Lutz CT, Quinn LS. Sarcopenia, obesity, and natural killer cellimmune senescence in aging: Altered cytokine levels as a common mechanism. Aging (Albany NY). 2012;4(8):535-46. [DOI: 10.18632/aging.100482] [PMID] [PMCID]

[12] Ofoghi M, Isanejad A, Samadi A. [Investigating the effect of eight-weeks resistance training with Thera-band on the serum levels of IL-15, balance and muscle strength in elderly women (Persian)]. Metabolism and Exercise a biannual journal. 2018;8(1):44-59. [DOI: 10.22124/jme.2018.3563]

[13] Quinn LS, Anderson BG, Strait-Bodey L, Wolden-Hanson TJEg. Serum and muscle interleukin-15 levels decrease in aging mice: correlation with declines in soluble interleukin-15 receptor alpha expression. Exp Gerontol. 2010;45(2):106-12. [DOI: 10.1016/j.exger.2009.10.012] [PMID] [PMCID]

[14] Gangemi S, Basile G, Monti D, Merendino RA, Pasquale GD, Bisignano U, et al. Age-related modifications in circulating IL-15 levels in humans. Mediators Inflamm. 2005;2005(4):245-7. [DOI: 10.1155/MI.2005.245] [PMID]

[15] Agha Alinejad H, Molanouri Shamsi M. [Exercise Induced Release of Cytokines From Skeletal Muscle: Emphasis on IL-6 (Persian)]. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2010;12(2):181-190. [Link]

[16] Akerstrom T. Steensberg A, Keller P, Keller C, Penkowa M, Pedersen BK. Exercise induces interleukin-8 expression in human skeletal muscle. J Physiol. 2005;563(Pt 2):507-16. [DOI: 10.1113/jphysiol.2004.077610] [PMID]

[17] Ghanbari-Niaki A, Saghebjoo M, Hedayati M. [A single session of circuit-resistanceexercise effects on human peripheral blood lymphocyte ABCA1 expression and plasmaHDL-C level. Regul Pept. 2011;166(1-3):42-7. [DOI: 10.1016/j.regpep.2010.08.001] [PMID]

[18] Hasanvand B, Mohammadi Moghaddam A, Geravand R. [Changes in Irisin, Interleukin-15 and Some Metabolic Parameters in Elderly Men with Metabolic Syndrome Following Increasingly Resistance Training (Persian)]. Iranian Journal of Diabetes and Metabolism. 2022;22(1):1-3. [Link]

[19] Conceição MS, Libardi CA, Nogueira FR, Bonganha V, Gáspari AF, Chacon-Mikahil MP, et al. Effects of eccentric exercise on systemic concentrations of pro-and anti-inflammatory cytokines and prostaglandin (E2): comparison between young and postmenopausal women. Eur J Appl Physiol. 2012;112(9):3205-13. [DOI: 10.1007/s00421-011-2292-6] [PMID]

[20] Prestes J, Shiguemoto G, Botero JP, Frollini A, Dias R, Leite R, et al. Effects of resistance training on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. J Sports Sci. 2009;27(14):1607-15. [DOI: 10.1080/02640410903352923] [PMID]

[21] Pereira DS, Mateo ECC, de Queiroz BZ, Assumpção AM,Miranda AS, Felício DC, et al. TNF-α, IL6, and IL10 polymorphisms and the effect of physical exercise on inflammatory parameters and physical performance in elderly women. Age. 2013;35(6):2455–63. [DOI: 10.1007/s11357-013-9515-1] [PMID] [PMCID]

[22] Phillips MD, Patrizi RM, Cheek DJ, Wooten JS, Barbee JJ, Mitchell JBJMSSE. Resistance training reduces subclinical inflammation in obese, postmenopausal women. Med Sci Sports Exerc. 2012;44(11):2099-110. [DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182644984] [PMID]

[23] Banaeifar AB, Soheli SH, Aslami R, Ezadi M. [Effects of six weeks aerobic traning on level of IL-10 and lipide profile in obese woman (Persian)]. Journal of exercise physiology and physical activity. 2013;11:821-8. [DOI: 10.22038/ijogi.2017.9590]

[24] Blocquiaux S, Gorski T, Van Roie E, Ramaekers M, Van Thienen R, Nielens H, et al. The effect of resistance training, detraining and retraining on muscle strength and power, myofibre size, satellite cells and myonuclei in older men. Exp Gerontol. 2020;133:110860. [DOI: 10.1016/j.exger.2020.110860] [PMID]

[25] Gokhale R, Chandrashekara S, Vasanthakumar KC. Cytokine response to strenuous exercise in athletes and non-athletes--an adaptive response. Cytokine. 2007;40(2):123-7. [DOI:10.1016/j.cyto.2007.08.006] [PMID]

[26] Khakpour M, Habebeyan M, Farzanege P. [Changes in interleukin 10 levels in lean young girls after a course of

resistance training.National conference of new scientific achievements in physical education and sports sciences (Persian)]. Sama, Ghaemshahr. 2013.[Link]

[27] Calegari L, Nunes RB, Mozzaquattro BB, Rossato DD, Dal Lago P. Exercise training improves the IL-10/TNF-α cytokine balance in the gastrocnemius of rats with heart failure. Braz J Phys Ther. 2018;22(2):154-60. [DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.09.004] [PMID] [PMCID]

[28] Pournemati P, Hooshmand Moghadam B.[The Effect of 12 Weeks of Interval and Continuous Training on Serum Levels of Interleukin-17 and Interleukin-10 in Postmenopausal Breast Cancer Survivors: A Clinical Trial (Persian)]. Iranian Journal of Breast Diseases. 2021;14(2):4-15. [DOI: 10.30699/ijbd.14.2.4]

[29] Emamdoost S, Abbassi Daloii A, Barari A, Saeidi. [The effect of different intensity circuit resistance training on inflammatory and anti-inflammatory markers in obese me (Persian)].Tehran University Medical Journal. 2020; 78)9:598-605. [Link]

[30] Ghaderi Goodarzi Sh, Abbassi Daloii A, Abdi A, Saeidi A. [The Effect of 12 Weeks Combined Training and Caffeineon Plasma Levels of Interleukin-1β and Interleukin 10 in obese Men (Persian)]. Quarterly of "The Horizon of Medical Sciences".2021; 27(4):450-65. [DOI: 10.32598/hms.27.4.2378.6]

[31] Rahimian Mashhad Z, Attarzadeh Hosseini SR, Rashid Lamir A,Sardar MA, Nekooei S, Giti RI [Effect of aerobic and resistanceexercise programs on arterial stiffness, serum IL6 and IL10 inobese women (Persian)]. Iran J Obstet Gynecol Infertil. 2020;23(2):20-9. [DOI: 10.22038/ijogi.2020.15960]

[32] Habibi A, Abolfathi F, Nagafian N. [The effect of aerobic interval training on IL-6 and IL-10 serum concentration in women with type II diabetes (Persian)]. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2016;19(7):36-45. [Link]

[33] Vahdat H, Mombini H, Eslami Farsani M, Ab Abzadeh S, Barzegar H. [Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on the levels of Irisin and interleukin-10 in overweight men (Persian)]. Qom University of Medical Sciences Journal. 2018;12(2):35-44.[DOI: 10.29252/qums.12.2.35]

[34] Nadeau L, Aguer C. Interleukin-15 as a myokine: mechanistic insight into its effect onskeletal muscle metabolism. Appl Physiol Nutr Metab. 2019;44(3):229-38. [DOI: 10.1139/apnm-2018-0022] [PMID]

[35] Nakhzaree KJ, Mogharnasi M, Haghighi A. [Investigating the Response andAdaptation of Interleukin-15 to Resistance Training of Untrained Young Men (Persian)]. 2011:70_81. [Link]

[36] Prestes J, Shiguemoto G, Botero JP, Frollini A, Dias R, Leite R, et al. Effects of resistancetraining on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. Journal of sports sciences. 2009;27(14):1607-15.

[37] Christiansen T, Paulsen SK, Bruun JM, Pedersen SB, Richelsen B. Exercise training versus diet-induced weight-loss on metabolic risk factors and inflammatory markers in obese subjects: a 12-week randomized intervention study. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2010;298(4):E824-31. [DOI: 10.1152/ajpendo.00574.2009] [PMID]

[38] Pérez-López A, McKendry J, Martin-Rincon M, Morales-Alamo D, Pérez-Köhler B,Valadés D, et al. Skeletal muscle IL-15/IL-15Rα and myofibrillar protein synthesis afterresistance exercise. Scand J Med Sci Sports. 2018;28(1):116-25. [DOI: 10.1111/sms.12901] [PMID]

[39] Bazgir B, Salesi M, Koushki M, Amirghofran Z. Effects of eccentric and concentricemphasized resistance exercise on IL-15 serum levels and its relation to inflammatorymarkers in athletes and non-athletes. Asian J Sports Med. 2015;6(3): e27980. [DOI: 10.5812/asjsm.27980] [PMID]

[40] Bidabadi S, Ghalami M, Shakri N. [The effect of eight weeks of high resistance training on the level of interleukin 15. IGF-I, IGFBP-3 in overweight men (Persian)]. Sports Biology 2018; 11(4)433-46. [Link]