Hakim Sabzevari University

Journal of Sport in Biomotor Sciences

Homepage:http://sbs.hsu.ac.ir

P- ISSN: 2228-723X
E- ISSN: 3041-959X

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

The effect of resistance training and spirulina supplementation on plasma levels of spexin, cardiovascular risk factors and some body composition indices

Fahimeh Imanpoor[1], *Mehdi Mogharnasi*[2*], *Shila Nayebi far*[3]

1. PhD Candidate, Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran. fahimeh.imanpoor@birjand.ac.ir
2. Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran. mogharnasi@birjand.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. shila_nayebifar@ped.usb.ac.ir

Article Information

Article type: Research Article

Vol: 16
No: 32
P: 1-14
Received: 2024-04-05
Revised: 2024-05-12
Accepted: 2024-06-02

Cite this Article:

Fahimeh Imanpoor, Mehdi Mogharnasi, Shila Nayebi far. The effect of resistance training and spirulina supplementation on plasma levels of spexin, Cardiovascular risk factors and some body composition indices. *Journal of Sport and Biomotor Sciences*. 2024-2025; 16(32): 1-14. doi: 10.22034/sbs.2024.450252.1090

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)

10.22034/SBS.2024.450252.10909

Abstract

Introduction and Purpose: In recent years, exercise, diet, and supplements have been known as ways to improve body composition, reduce weight, and mitigate risk factors related to obesity. The purpose of this study is to investigate the effect of eight weeks of resistance exercise and spirulina supplementation on plasma levels of spexin, C-reactive protein, and certain body composition indices in overweight and obese men.

Materials and Methods: The present study was semi-experimental and applied research. For this purpose, 44 overweight men (BMI > 25 kg/m², with an average weight of 83.93 ± 5.48 kg) were randomly assigned to four groups: training + supplement, training + placebo, supplement, and placebo (11 participants in each group). The interventions were conducted for eight weeks, with three sessions per week. The resistance training program included weight training with a flexible timing pattern and varying intensities (very light, light, medium, and heavy). During this period, participants in the supplement and placebo groups took two 500 mg capsules of spirulina or placebo daily, respectively. The data were analyzed using Shapiro-Wilk tests, analysis of covariance, paired t-tests, and Bonferroni post hoc tests, with a significance level of $P<0.05$.

Results: The plasma values of spexin in the supplement training group and the placebo training group were significantly higher than in the supplement and placebo groups ($P<0.05$). The plasma levels of C-reactive protein in the placebo group were significantly higher than in the other three groups. Lean body mass (LBM) in the supplement training group was significantly higher than in the supplement and placebo groups. Additionally, in the placebo training group, it was significantly higher than in the placebo group ($P<0.05$). Total body water (TBW) in the supplement training group was significantly higher than in the supplement and placebo groups, and it was also significantly higher in the placebo training group than in the supplement group ($P<0.05$).

Discussion and Conclusion: It appears that eight weeks of resistance training with spirulina supplementation can improve body composition and obesity-related disorders, such as cardiovascular diseases, by increasing plasma levels of spexin, decreasing plasma levels of C-reactive protein, and increasing LBM and TBW.

Key Words: Resistance training, Spirulina, Spexin, C-reactive protein, Lean body mass (LBM), Total body water (TBW), Overweight, Obesity

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

Obesity is a metabolic disease that has reached epidemic proportions globally and has become one of the most significant public health issues of the century. White adipose tissue (WAT) plays a major role in energy storage and functions as an "endocrine organ" by secreting a unique substance called adipokines. Spexin (SPX) is a novel polypeptide hormone recently identified as an important regulatory adipokine in obesity and related metabolic diseases. Recent studies have shown that the levels of spexin in the circulation of obese individuals are significantly lower than in lean individuals. Moreover, spexin levels have an inverse relationship with cardiovascular risk factors such as age, obesity, high blood pressure, and diabetes. Another study found an inverse relationship between spexin and C-reactive protein (CRP) with high sensitivity, as well as insulin levels. Given the connection between spexin and CRP, it is important to note that obesity is one of the primary triggers for CRP production. Research indicates that increasing physical activity can lead to a reduction in CRP levels. Additionally, exercise and physical activity can enhance cardiovascular health by improving the lipid profile. Physiological responses to aerobic exercise differ from those to resistance exercise. Nonlinear resistance training (NRT) is a type of resistance training that produces greater daily variation in training stimuli and induces less muscle damage. In light of the rising obesity rates, many individuals are turning to complementary and alternative treatments, in addition to exercise, to lose weight and improve their body composition. One such complementary treatment is the use of medicinal plants, such as spirulina. It appears that exercise, diet, and supplements can collectively improve body composition, reduce weight, and mitigate obesity-related risk factors. Therefore, since the combined use of exercise and medicinal plants for optimal adaptations requires further investigation, the purpose of this study is to examine the effects of eight weeks of resistance training and spirulina supplementation on plasma levels of spexin, C-reactive protein (CRP), and various indicators of body composition in overweight men.

2. Materials and Methods

The present study was semi-experimental and practical. For this purpose, 44 overweight men (BMI>25 kg/m²) with an average age of 38.27 ± 6.01 years, an average height of 172.29 ± 2.15 cm, and an average weight of 93.83 ± 5.48 kg were randomly divided into four groups: exercise + supplement, exercise + placebo, supplement, and placebo (11 individuals in each group). The interventions were conducted over eight weeks, with three training sessions per week based on the training programs by Fleck et al. (2011), Nik Sarasht et al. (2014), and Malekane et al. The resistance training program included weight training with a flexible timing pattern and in varying intensities (very light, light, medium, and heavy). During this period, participants in the supplement and placebo groups took two 500 mg spirulina capsules and placebo capsules daily at 9:00 AM and 3:00 PM, respectively. Data were analyzed using Shapiro-Wilk tests, analysis of covariance, paired t-tests, and Bonferroni's post hoc test, with a significance level of $P<0.05$.

3. Results

The plasma levels of spexin in the exercise + supplement group were significantly higher than those in the supplement and placebo groups ($P<0.05$), and also in the exercise+placebo group it was significantly higher than the two supplement and placebo groups. has been ($P<0.05$). Additionally, the exercise + placebo group had significantly higher levels than the supplement and placebo groups ($P<0.05$). Lean body mass (LBM) in the exercise + supplement group was significantly higher than in the supplement and placebo groups, while the placebo group had significantly lower LBM than the ($P<0.05$). TBW in the exercise+supplement group was significantly higher than the supplement and placebo group, and the exercise+placebo group was significantly higher than the supplement group ($P<0.05$). The plasma levels of C-reactive protein were significantly higher in the placebo group than in the other three groups. Also, in the intra-group analysis of spexin plasma levels in exercise + supplement ($P=0.011$), exercise + placebo ($P=0.029$) and supplement ($P=0.034$), net body mass (LBM), In the exercise + supplement group ($P=0.002$) and exercise + placebo ($P=0.005$) and total body water (TBW) in the exercise + placebo group ($P=0.004$) showed a significant increase ($P<0.05$). Total body water (TBW) in the exercise + supplement group was significantly higher than in the supplement and placebo groups, and the exercise + placebo group had significantly higher TBW than the supplement group ($P<0.05$). The plasma levels of C-reactive protein were significantly higher in the placebo group than in the other three groups. In the intra-group analysis, spexin plasma levels were significantly increased in the exercise + supplement group ($P=0.011$), exercise + placebo group ($P=0.029$), and supplement group ($P=0.034$). LBM also showed significant increases in

the exercise + supplement group (P=0.002) and exercise + placebo group (P=0.005), while TBW in the exercise + placebo group increased significantly (P=0.004). A decrease was observed in the plasma levels of C-reactive protein in the exercise + supplement, exercise + placebo, and supplement groups (P=0.017, P=0.018, and P=0.048, respectively).

4. Conclusions

Therefore, it seems likely that resistance training can increase plasma levels of spexin. The insufficient dose or duration of spirulina consumption may be one reason for its lack of effect on spexin levels. However, confirmation of these results requires further investigation. Eight weeks of resistance training along with spirulina supplementation proved effective in reducing C-reactive protein, suggesting that this method can be used to lower the risk of cardiovascular diseases. Exercise also increased LBM and TBW, and the use of spirulina supplements may further enhance these benefits, thereby improving body composition.

5. Acknowledgment & Funding

This article is not sponsored.

6. Ethical Consideration

This research was approved by the ethics committee with the ethical code of IR.BUMS.REC.1398.046.

7. Contribution of authors

All authors have been actively participated in the process the study and writing the article.

8. Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ورزش و علوم زیست حرکتی

دانشگاه حکیم سبزواری

تأثیر تمرینات مقاومتی و مصرف مکمل اسپیرولینا بر مقادیر پلاسمایی اسپکسین، عوامل خطرزای قلبی – عروقی و برخی شاخص‌های ترکیب‌بدنی

فهیمه ایمانپور[1]، مهدی مقرنسی[2*]، شیلا نایبی‌فر[3]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. fahimeh.imanpoor@birjand.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. mogharnasi@birjand.ac.ir
۳. دانشیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. shila_nayebifar@ped.usb.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی
دوره: ۱۶
شماره: ۳۲
صفحه: ۱۴-۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۳

نحوه ارجاع به این مقاله:
فهیمه ایمانپور، مهدی مقرنسی، شیلا نایبی‌فر. تأثیر تمرینات مقاومتی و مصرف مکمل اسپیرولینا بر مقادیر پلاسمایی اسپکسین، عوامل خطرزای قلبی – عروقی و برخی شاخص‌های ترکیب‌بدنی. نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی. ۱۴۰۳؛ ۱۶(۳۲): ۱۴-۱.
Doi:10.22034/sbs.2024.450252.1090

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

© نویسنده(گان).

10.22034/sbs.2024.450252.1090

چکیده

مقدمه و هدف: در سال‌های اخیر ورزش، رژیم‌غذایی و مکمل‌ها به عنوان راهی برای بهبود ترکیب‌بدنی، کاهش وزن و عوامل خطر مرتبط با چاقی شناخته شده‌اند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل اسپیرولینا بر مقادیر پلاسمایی اسپکسین، پروتئین واکنشگر–C (CRP) و برخی شاخص‌های ترکیب‌بدنی مردان دارای اضافه وزن بود.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر نیمه‌تجربی و کاربردی بود. بدین منظور ۴۴ مرد دارای اضافه‌وزن (شاخص توده‌بدنی ≤ ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع و میانگین وزن ۵/۴۸±۹۳/۸۳) کیلوگرم به طور تصادفی در چهار گروه تمرین + مکمل، تمرین + دارونما، مکمل و دارونما (هر گروه ۱۱ نفر) قرار گرفتند. مداخلات به مدت هشت هفته و سه جلسه تمرین در هفته انجام شد. به این صورت که برنامه تمرین مقاومتی شامل تمرین با وزنه با الگوی زمان‌بندی منعطف و در شدت‌های مختلف (خیلی سبک، سبک، متوسط و سنگین) اجرا شد. در این مدت افراد گروه مکمل و دارونما، روزانه به ترتیب دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی اسپیرولینا و دارونما مصرف کردند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیرو–ویلک، آنالیز کوواریانس، t زوجی و تعقیبی بونفرونی با سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: مقادیر اسپکسین، پروتئین واکنشگر–C، توده خالص‌بدنی (LBM) و مجموع آب بدن (TBW) آزمودنی‌ها بین گروه‌های تحقیق تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (P<۰/۰۵). همچنین در بررسی درون گروهی مقادیر پلاسمایی اسپکسین در گروه‌های تمرین + مکمل، تمرین + دارونما و مکمل، توده خالص بدنی (LBM)، در گروه تمرین + مکمل و تمرین + دارونما و مجموع آب بدن (TBW) در گروه تمرین + دارونما افزایش معنی‌دار را نشان داد (P<۰/۰۵). در مقادیر پلاسمایی پروتئین واکنشگر–C نیز در گروه‌های تمرین + مکمل، تمرین + دارونما و مکمل کاهش مشاهده شد (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد هشت هفته تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا می‌تواند از طریق افزایش مقادیر پلاسمایی اسپکسین، کاهش پروتئین واکنشگر–C و افزایش توده خالص بدن و مجموع آب بدن باعث بهبود ترکیب بدن و اختلالات مرتبط با چاقی نظیر بیماری‌های قلبی– عروقی شود. بنابراین توصیه می‌شود برنامه تمرین مقاومتی و مصرف مکمل اسپیرولینا برای پیشگیری و کاهش بیماری‌های قلبی–عروقی و بهبود ترکیب‌بدن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، اسپیرولینا، اسپکسین، پروتئین واکنشگر–C، توده‌خالص بدن، مجموع آب بدن، اضافه‌وزن و چاقی

مقدمه

چاقی نوعی بیماری متابولیک می‌باشد که به صورت اپیدمی در دنیا نمود پیدا کرده و به یکی از مهم‌ترین مسائل بهداشت عمومی قرن تبدیل شده است (۱، ۲). براساس اطلس چاقی جهانی۲۰۲۳، ۳۸ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر چاق یا دارای اضافه وزن هستند (۳). اضافه وزن و چاقی ناشی از تجمع بیش از حد چربی در بدن می‌باشد که ممکن است سلامت را مختل کند (۴، ۵). بافت چربی سفید[1] (WAT) نقش عمده‌ای در ذخیره انرژی دارد. علاوه بر این، با ترشح مواد منحصر به فرد به نام آدیپوکاین، به عنوان "اندام درون ریز" عمل می‌کند (۶). اسپکسین[2] (SPX) یک هورمون پلی‌پپتیدی جدید است که اخیراً به عنوان یک آدیپوکاین تنظیم‌کننده مهم در چاقی و بیماری‌های متابولیک مرتبط کشف شده است (۷-۹) و به عنوان نشانگر زیستی مقاومت به انسولین، دیابت و چاقی محسوب می‌شود (۱۰). این هورمون برای اولین بار توسط میرابو و همکاران در سال ۲۰۰۷ در ژنوم انسان شناسایی شد (۱۱). نتایج مطالعات اخیر نشان دادند که میزان اسپکسین در گردش خون افراد چاق به طور قابل توجهی کمتر از افراد لاغر است. اسپکسین با هموستاز گلوکز و متابولیسم چربی در ارتباط است و یک اثر تحریک‌کننده بر لیپولیز و اثر مهاری بر لیپوژنز و جذب گلوکز به نمایش می‌گذارد (۱۲-۱۴). به این صورت که از جذب اسیدهای چرب با زنجیره بلند[3] (LCFA) به سلول‌های چربی جلوگیری می‌کند (۶). مطالعات اخیر اسپکسین را به عنوان یک نشانگر بالقوه سندرم متابولیک در افراد سالم بدون دیابت معرفی می‌کند (۷). به علاوه تال و همکاران (۲۰۱۲)، نشان داده‌اند اسپکسین می‌تواند عملکردهای قلبی-عروقی را تعدیل کند (۱۵). سطح اسپکسین ارتباط معکوسی با عوامل خطر قلبی- عروقی مانند سن، چاقی، فشار خون بالا و دیابت دارد. با این حال، اهمیت فیزیولوژیکی آن در سیستم قلبی-عروقی عمدتا تعریف نشده باقی مانده است. لیو و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند پیش‌درمانی با اسپکسین باعث کاهش اختلال عملکرد متابولیسم اسیدهای چرب و میتوکندری ناشی از هیپوکسی در عضله قلب می‌شود (۱۶). در مطالعه کومار و همکاران (۲۰۱۸)، نیز ارتباط معکوسی بین اسپکسین و پروتئین واکنشگر-C با حساسیت بالا[4] و انسولین به دست آمد (۱۷). به طور کلی، دانش فعلی ما در مورد اسپکسین محدود است و مرور مطالعات گذشته در این رابطه نیز همیشه با ابهاماتی رو به رو بوده است. مطالعات پیشین اثرات تعاملی فعالیت‌های بدنی مختلف با مدت زمان‌های طولانی (دو، سه و شش ماه) را بر اسپکسین مورد بررسی قرار داده‌اند و نتایج متناقضی گزارش کرده‌اند (۱۲، ۱۸، ۱۹).

با توجه به ارتباط اسپکسین و پروتئین واکنشگر-C که در بالا به آن اشاره شد، باید به این موضوع اشاره کرد که سطح بالای پروتئین واکنشگر-C خطر آترواسکلروز را تا دو برابر افزایش می‌دهد. پروتئین واکنشگر-C یک نشانگر التهاب غیراختصاصی اما حساس است. همچنین نشانگر مستقل و اصلی در ارتباط با بیماری کرونر قلب محسوب می‌شود (۲۰، ۲۱). برخی پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند، افراد چاق نسبت به افراد دارای وزن طبیعی سطح بالاتری از پروتئین واکنشگر-C را که به عنوان یک واکنش‌دهنده مرحله حاد است، دارا می‌باشند (۲۲). در واقع باید گفت یکی از مهم‌ترین محرک‌های تولید پروتئین واکنشگر-C، چاقی است (۲۳، ۲۴). نتایج مطالعات نشان داده‌اند افزایش فعالیت بدنی، باعث کاهش پروتئین واکنشگر-C شده است (۲۱-۲۷).

ورزش و فعالیت بدنی می‌تواند از طریق افزایش مصرف انرژی مانع از تجمع بافت چربی شود و با بهبود نیمرخ لیپیدی که تصور می شود تولید آترواسکلروز را محدود می‌کند، سلامت قلب و عروق را تقویت کند (۲۸). پاسخ‌های فیزیولوژیکی به تمرینات ورزشی هوازی با تمرین مقاومتی متفاوت است. انواع مختلف تمرین مقاومتی سازگاری‌های فیزیولوژیکی متفاوتی را القا می‌کنند. تمرین مقاومتی غیرخطی (NRT) نوعی تمرین مقاومتی است که تغییرات روزانه بیشتری را در محرک‌های تمرینی ایجاد می‌کند و آسیب کمتری به عضله القا می‌کند. همچنین، تمرین مقاومتی غیرخطی حداقل به همان اندازه مؤثر یا احتمالاً مؤثرتر از دوره‌بندی خطی برای افزایش حداکثر قدرت است(۲۸). محققان پیشین اثرات مفید تمرینات مقاومتی بر ترکیب بدن را ناشی از هزینه کالریکی تمرینات مقاومتی در اثر اکسیداسیون زیاد توده چربی دانسته‌اند (۲۹، ۳۰).

امروزه با افزایش روزافزون چاقی، عده زیادی برای کاهش وزن و بهبود ترکیب‌بدنی، علاوه بر ورزش از درمان‌های مکمل و جایگزین نیز کمک می‌گیرند. یکی از این درمان‌های مکمل استفاده از گیاهان دارویی است (۲۹، ۲۶). مکمل اسپیرولینا یک سیانوباکتر[5] رشته‌ای است (ریزجلبک سبز- آبی) و منبعی غنی از پروتئین، اسیدهای چرب ضروری، مواد معدنی و ویتامین‌هایی مانند ویتامین C، ویتامین E و به ویژه ویتامین B12، (۳۱، ۳۲، ۲۶) می باشد. مطالعات پیشین اثرات مفید فعالیت بدنی و مکمل اسپیرولینا را نشان داده اند (۲۹، ۳۳-۳۵).

بنابراین ورزش، رژیم غذایی و مکمل‌ها به عنوان راهی برای بهبود ترکیب‌بدنی، کاهش وزن و عوامل خطر مرتبط با چاقی (۲۹، ۳۱) شناخته شده‌اند. با توجه به اینکه بسیاری از افراد چاق احتمالا به دلیل محدودیت‌های قلبی- ریوی و ارتوپدی توانایی

1 . White adipose tissue
2 . Spexin
3. Long chain fatty acid
4. hs-CRP
5. Cyanobacreria

شرکت در فعالیت‌های هوازی را ندارند، مطالعات زیادی نشان داده‌اند که انجام تمرینات مقاومتی منظم می‌تواند شیوه‌درمانی مناسبی در این گونه موارد باشد. علاوه بر تمرینات ورزشی، استفاده از برخی گیاهان دارویی جهت سازگاری‌های بهینه نیازمند مطالعات بیشتری است. همچنین اکثر پژوهش‌ها اثرات مکمل اسپیرولینا بر عملکرد ورزش هوازی را مورد بررسی قرار داده‌اند و با توجه به دانش نویسنده هیچ ادبیاتی مبنی بر ارزیابی اثرات مکمل (اسپیرولینا) و تمرینات مقاومتی و احتمالا هم‌افزایی آنها بر هورمون اسپکسین وجود ندارد. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثرات مکمل اسپیرولینا و تمرینات مقاومتی و احتمالا هم‌افزایی آنها بر هورمون اسپکسین و پروتئین واکنشگر–C، LBM و TBW بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی، با طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون می‌باشد که به صورت تک‌سوکور در چهار گروه پس از اخذ مجوز کمیته اخلاق از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بیرجند به شماره IR.BUMS.REC.1398.046 انجام شد. آزمودنی‌هایی برای پژوهش انتخاب شدند که دارای شرایط ورود به مطالعه بر اساس معیارهای زیر بودند: جنسیت مرد، شاخص توده بدنی بیشتر از ٢٥ کیلوگرم بر متر مربع، سن ٥٥–٣٠ سال، نداشتن بیماری قلبی– عروقی، بیماری کبدی و کلیوی، اختلالات هورمونی، دیابت، جراحی، مصرف دخانیات، عدم مصرف داروهای گیاهی و مداخلات دارویی مؤثر بر نتایج پژوهش. معیارهای خروج از پژوهش شامل آسیب‌دیدگی آزمودنی‌ها در حین اجرای تمرین، عدم شرکت در مراحل مختلف پژوهش و عدم تمایل به ادامه همکاری در پژوهش و عدم‌مصرف دقیق و منظم مکمل‌ها بود. بنابراین پس از اعلام فراخوان عمومی و بر اساس معیارهای ورود، با توجه به برآورد حجم نمونه توسط نرم‌افزار G Power، ۴۴ نفر از مردان دارای اضافه وزن با میانگین سنی ٢٧/٠١±٣٨/٦ سال به صورت هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی ساده به چهار گروه (١١ نفر تمرین + مکمل، ١١ نفر تمرین + دارونما، ١١ نفر مکمل و ١١ نفر دارونما) تقسیم شدند. قبل از مداخله به منظور همگن‌سازی، گروه‌ها بر اساس قد، وزن، سن، میزان آمادگی و ترکیب‌بدنی مقایسه شدند که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها یافت نشد. در یک جلسه حضوری نیز هدف و نحوه اجرای پژوهش، نحوه حضور، پروتکل تمرین، اهمیت موضوع، امکانات موجود، نحوه اجرای تمرینات، نحوه مصرف مکمل اسپیرولینا، زمان انجام تمرینات برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و اطلاعات ضروری ازجمله سوابق ورزشی و سوابق فردی آن‌ها ثبت گردید. سپس از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا پرسشنامه سابقه پزشکی و پرسشنامه میزان فعالیت بدنی (PAR-Q)[1] و فرم رضایت‌نامه برای انجام پروتکل تمرینی را تکمیل و امضا کنند. اندازه گیری‌ها (توده خالص بدن و مجموع آب بدن) در دو مرحله پیش آزمون یعنی قبل از شروع تمرین و پس آزمون یعنی بعد از پایان دوره تمرینی با استفاده از دستگاه ترکیب سنج بدن[2] مدل IOI 353 ساخت کشور کره جنوبی در سالن سرپوشیده بدن‌سازی پایگاه قهرمانی شهر بیرجند انجام شد.

نحوه مکمل‌یاری اسپیرولینا: مکمل اسپیرولینا از شرکت ریحان نقش جهان اصفهان تهیه شد و آزمودنی‌های گروه‌های مکمل و تمرین + مکمل به مدت هشت هفته، روزانه دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی را در دو نوبت ساعت ۹ صبح و ۱۵ عصر مصرف کردند. دارونما نیز از شرکت نادر اصفهان تهیه گردید و آزمودنی‌های گروه‌های دارونما روزانه دو کپسول دارونما (حاوی نشاسته) با ظاهر کاملا مشابه با کپسول‌های اسپیرولینا در دو نوبت صبح و عصردریافت نمودند (٢٧).

پروتکل تمرینی: آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته برنامه تمرین مقاومتی را هفته‌ای سه جلسه بر اساس برنامه تمرینی فلک و همکاران (٢٠١١)، نیک سرشت و همکاران (٢٠١۴) و ملکانه و همکاران (٢٠٢٢)، مطابق جدول ١ و ٢ اجرا کردند (٢٨، ٣۶، ٣٧). برنامه تمرین شامل تمرین مقاومتی با شدت‌های مختلف و با رعایت الگوی زمانبندی منعطف و اصل اضافه بار با فواصل استراحتی فعال بین ایستگاه‌ها و نوبت‌ها با درصدی از یک تکرار بیشینه بر اساس معادله برزیسکی[3] (١٩٩٩)، در هفته‌های اول، سوم، پنجم و هفتم به اجرا درآمد (٢٩).

یک تکرار بیشینه = وزنه جابه‌جا شده (کیلوگرم)/ ١/٠٢٧٨ – (٠/٠٢٧٨ × تعداد تکرار)

در ابتدا و انتهای هر جلسه تمرین نیز ١٠ دقیقه گرم‌کردن (حرکات کششی، نرمشی، جهشی و دوهای سبک) و سردکردن (حرکات کششی و دو سبک) اجرا شد. استراحت بین حرکات نیز با توجه به منابع در شدت‌های خیلی سبک یک دقیقه، سبک و متوسط یک تا دو دقیقه، سنگین سه تا چهار دقیقه بود (٢٨)؛ که می‌تواند به دلیل ارتباط بین حجم و شدت تمرین باشد؛ بدین معنی که با افزایش شدت تمرین حجم تمرین باید کمتر باشد. در این مورد با افزایش فشار تمرین، استراحت هم بیشتر است.

1 . Physical Activity Readiness Questionnaire
2. Body composition Analyzer
3. Brzycki

جدول ۱. برنامه هفتگی تمرین مقاومتی

هفته	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸
جلسه اول	سبک	سبک	متوسط	خیلی سبک	متوسط	سبک	خیلی سبک	سنگین
جلسه دوم	متوسط	خیلی سبک	سنگین	سنگین	متوسط	متوسط	متوسط	خیلی سبک
جلسه سوم	سبک	سنگین	سبک	سبک	سبک	سنگین	سبک	متوسط

جدول ۲. پروتکل تمرین مقاومتی

شدت / حرکات	خیلی سبک	سبک	متوسط	سنگین	خیلی سنگین
پرس پا	۲۰/۴۰×۱*	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	۲/۹۵×۴
پرس سینه	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	۲/۹۵×۴
پرس سینه شیب‌دار	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	ــــــ
پارویی نشسته	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	۲/۹۵×۴
لیفت مرده	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	۲/۹۵×۴
شکم با زانوی خمیده	۲۰×۱	۲۰×۲	۱۵×۳	۱۸×۳	۲۰×۳
کشش از بالا	ــــــ	۱۵/۶۰×۲	ــــــ	ــــــ	ــــــ
بلندشدن روی پنجه پا	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	ــــــ
پشت ران	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	ــــــ
پرس شانه	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	ــــــ
کشش هالتر تا چانه	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	ــــــ
جلو بازو با هالتر	۲۰/۴۰×۱	۱۵/۶۰×۲	۱۰/۷۵×۳	۴/۹۰×۳	ــــــ

تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی: نمونه‌گیری خون در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. در مرحله اول آزمودنی‌ها ۲۴ ساعت قبل از شروع تمرینات و در مرحله دوم ۴۸ ساعت بعد از پایان تمرینات در وضعیت ۱۲ ساعت ناشتایی بین ساعت ۷ تا ۱۰ صبح در نمونه‌گیری شرکت کردند. نمونه‌گیری توسط متخصص علوم آزمایشگاهی با بستن شریان‌بند از سیاهرگ آنتی‌کوبیتال بازویی چپ و به میزان ۱۰ میلی‌لیتر در آزمایشگاه بیمارستان امام رضا (ع) بیرجند انجام شد. سپس برای جلوگیری از لخته شدن، در لوله‌های CBC دارای ماده ضدانعقاد (EDTA)[1] ریخته شد و بلافاصله با دستگاه Rotofix32A مدل Hettieh (۳۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه) سانتریفیوژ گردید و پلاسمای جدا شده در میکروتیوب‌های جداگانه ریخته شده و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد فریزر نگهداری شد. اطلاعات مربوط به متغیرهای بیوشیمیایی از طریق نمونه پلاسمایی گرفته شده و تجهیزات آزمایشگاهی و کیت‌های مخصوص برای متغیر اسپکسین با حساسیت ۱۹ پیکوگرم بر میلی‌لیتر ساخت کشور آلمان از شرکت زلبایو[2] به روش الایزا ساندویچی مستقیم و با دستگاه الایزا ریدر مدل Liosion ساخت کشور آمریکا در آزمایشگاه تخصصی جمع‌آوری و سنجش گردید. پروتئین واکنشگر-C توسط کیت شرکت بیونیک[3] مورد سنجش قرار گرفت.

روش‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS ۲۳ استفاده شد. جهت تشخیص طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک به دلیل حساسیت و دقت بالاتر و برای بررسی تجانس واریانس‌ها از آزمون لون استفاده گردید. سپس از آزمون آنالیز کوواریانس جهت مقایسه بین‌گروهی، در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ استفاده شد و در صورت مشاهده اختلاف معنی‌دار آماری، آزمون تعقیبی بونفرونی مورد استفاده قرار گرفت. تغییرات درون گروهی نیز با کمک آزمون تی زوجی اندازه گیری شد.

یافته‌ها

میانگین، انحراف معیار متغیرها و تغییرات درون‌گروهی متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۳ و ۴ و شکل ۱ و ۲ گزارش شده است. ضمن اینکه نتایج آزمون تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی به ترتیب در جداول ۵ و ۶ آمده است. مقادیر پلاسمایی اسپکسین در گروه تمرین+مکمل به طور معنی‌داری بیشتر از گروه مکمل و دارونما بود (P<۰/۰۵) و همچنین در گروه تمرین + دارونما به طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه مکمل و دارونما بوده است (P<۰/۰۵). LBM در گروه تمرین+مکمل به‌طور معنی‌داری

1 . Ethlene Diamine Teraacetric Acid (EDTA)
2. Zellbio
3. Bionik

بیشتر از گروه مکمل و دارونما بوده است، همچنین گروه دارونما به طور معنی‌داری کمتر از گروه تمرین+دارونما بوده است (P<۰/۰۵). TBW در گروه تمرین+مکمل به طور معنی‌داری بیشتر از گروه مکمل و دارونما بوده است، همچنین گروه تمرین + دارونما به طور معنی‌داری بیشتر از گروه مکمل بوده است (P<۰/۰۵). مقادیر پلاسمایی پروتئین واکنشگر-C نیز در گروه دارونما به طور معنی‌داری بیشتر از سه گروه دیگر بوده است. بر اساس نتایج آزمون تی زوجی مقادیر پلاسمایی اسپکسین در تمام گروه‌ها، مقادیر LBM در گروه تمرین+مکمل و تمرین+دارونما و مقادیر TBW در گروه تمرین+دارونما افزایش معنی‌داری داشت، اما مقادیر پلاسمایی پروتئین واکنشگر-C در گروه‌های تمرین+مکمل، تمرین+دارونما و مکمل کاهش معنی‌داری داشت.

.

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای کمی در چهار گروه

گروه / متغیر	تمرین + مکمل	تمرین + دارونما	مکمل	دارونما
سن (سال)	۳۸/۴۰±۲/۰۷	۳۸/۹۵±۱/۶۶	۳۹/۸۱±۲/۱۸	۳۵/۹۰±۱/۲۱
قد (سانتیمتر)	۱۷۲/۷۴±۰/۸۳	۱۷۲/۱۸±۰/۶۰	۱۷۱/۰۶±۰/۶۶	۱۷۳/۱۷±۰/۲۷
وزن (کیلوگرم)	۹۳/۸۴±۲/۱۵	۹۴/۰۵±۱/۵۱	۹۳/۹۵±۱/۳۹	۹۳/۴۷±۱/۶۹
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۳۱/۳۲±۱/۴۵	۳۰/۲۵±۱/۹۵	۲۹/۹۱±۱/۸۰	۳۰/۵۲±۲/۰۰

جدول٤. میانگین، انحراف استاندارد و تغییرات درون‌گروهی متغیرها

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	P درون گروهی
اسپکسین (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	تمرین+مکمل	۳۲۹/۵۳±۷۸۲/۳۶	۳۲۲/۲۳±۱۰۵۷/۹۸	۰/۰۱۱*
	تمرین+دارونما	۸۷۵/۴۵±۱۲۶۹/۲۴	۸۰۹/۱۹±۱۴۷۲/۲۲	۰/۰۲۹*
	مکمل	۲۱۷/۶۳±۱۱۵۷/۸۸	۳۵۳/۸۴±۸۶۹/۵۶	۰/۰۳۴*
	دارونما	۸۵۱/۶۱±۴۳۱/۰۸	۶۱۲/۱۷±۲۸۵/۷۳	۰/۰۰۴*
توده خالص بدن (کیلوگرم)	تمرین+مکمل	۱۵/۹۰±۶۱/۴۲	۱۲/۹۲±۶۹/۲۴	۰/۰۰۲*
	تمرین+دارونما	۶۲/۹۱±۱۰/۴۴	۱۰/۳۵±۶۷/۶۰	۰/۰۰۵*
	مکمل	۶۳/۹۴±۹/۷۲	۸/۵۹±۶۳/۲۰	۰/۶۸۹
	دارونما	۵۷/۱۵±۷/۱۱	۵۷/۲۶±۶/۴۹	۰/۸۱۶
مجموع آب بدن (میلی‌لیتر)	تمرین+مکمل	۴۸/۰۱±۸/۲۷	۵۲/۴۰±۷/۶۴	۰/۳۴۱
	تمرین+دارونما	۴۶/۸۹±۶/۶۵	۴۹/۸۶±۷/۹۰	۰/۰۰۴*
	مکمل	۴۶/۰۸±۶/۹۷	۴۴/۹۲±۶/۱۰	۰/۳۶۲
	دارونما	۴۲/۶۷±۴/۲۷	۴۲/۸۲±۳/۵۴	۰/۶۳۸
پروتئین واکنشگر-C (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	تمرین+مکمل	۴/۴۷±۱/۵۴	۳/۶۷±۰/۷۵	۰/۰۱۷*
	تمرین+دارونما	۴/۷۰±۱/۵۶	۳/۶۶±۰/۶۹	۰/۰۱۸*
	مکمل	۴/۶۳±۱/۴۵	۳/۶۵±۰/۲۷	۰/۰۴۸*
	دارونما	۴/۱۷±۰/۴۷	۴/۴۷±۱/۲۶	۰/۴۶۵

* معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

جدول ۵. نتایج تحلیل آنالیز کوواریانس بین‌گروهی

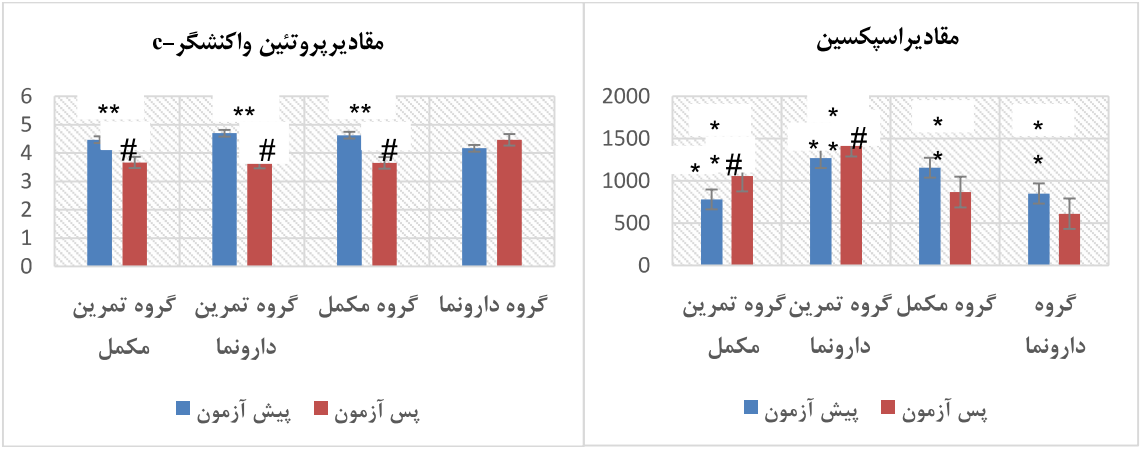
متغیر	شیب رگرسیون		F	P	اندازه اثر
	F	سطح معنی‌داری			
اسپکسین	۱/۴۹	۰/۲۳	۱/۳۵	۰/۰۰۰۱۰*	۰/۴۸
توده خالص بدن	۰/۹۹	۰/۴۲	۷/۶۲	۰/۰۰۰۱*	۰/۳۷
مجموع آب بدن	۱/۴۰	۰/۲۵	۹/۹۷	۰/۰۰۰۱*	۰/۴۴
پروتئین واکنشگر-C	۱/۱۶	۰/۳۳	۳/۹۷	۰/۰۱*	۰/۲۳

* معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵

جدول ٦. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی جهت شناسایی محل تفاوت معنی‌دار

گروه‌ها		سطح معنی‌داری متغیرهای وابسته			
		اسپکسین	توده خالص بدن	مجموع آب بدن	پروتئین واکنشگر-C
تمرین+مکمل	تمرین+دارونما	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۸۳
	مکمل	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۰۱*	۰/۸۵
	دارونما	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۲*	۰/۰۱*
تمرین+دارونما	تمرین+مکمل	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۸۳
	مکمل	۰/۰۰۱*	۰/۰۶	۰/۰۰۶*	۰/۹۸
	دارونما	۰/۰۰۱*	۰/۰۳*	۰/۰۶	۰/۰۰۶*
مکمل	تمرین+مکمل	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۰۱*	۰/۸۵
	تمرین+دارونما	۰/۰۰۱*	۰/۰۶	۰/۰۰۶*	۰/۹۸
	دارونما	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۰۶*

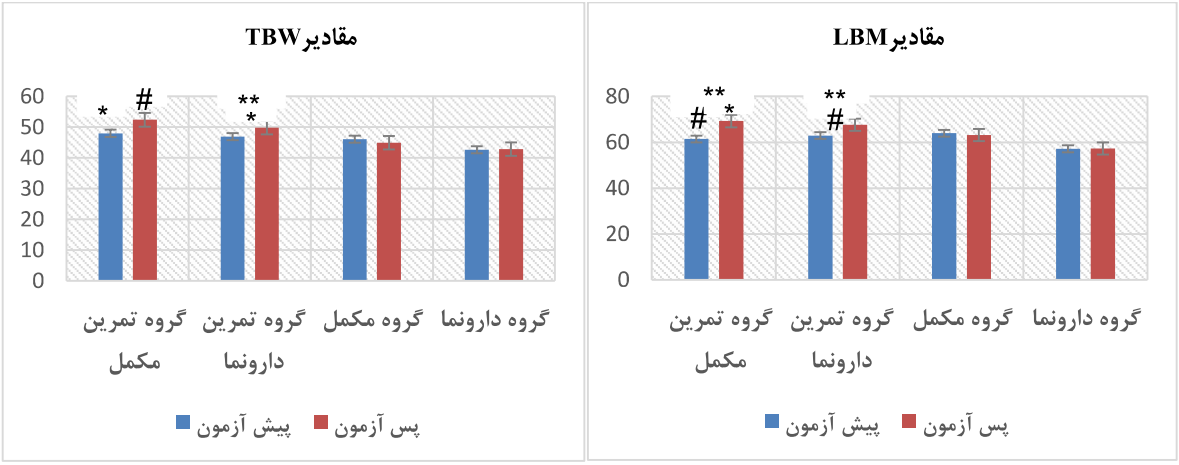
* معنی‌داری در سطح P≤۰/۰۵



شکل ۱. تغییرات مقادیر پلاسمایی اسپکسین، پروتئین واکنشگر-C در گروه‌ها

تفاوت معنی‌دار با گروه دارونما
** تفاوت معنی‌دار با مقادیر پیش آزمون

* تفاوت معنی‌دار با گروه مکمل
# تفاوت معنی‌دار با گروه دارونما
** تفاوت معنی‌دار با مقادیر پیش آزمون



شکل ۲. تغییرات توده خالص بدنی و مجموع آب بدن در گروه‌ها

* تفاوت معنی‌دار با گروه مکمل
# تفاوت معنی‌دار با گروه دارونما
** تفاوت معنی‌دار با مقادیر پیش آزمون

* تفاوت معنی‌دار با گروه مکمل
# تفاوت معنی‌دار با گروه دارونما
** تفاوت معنی‌دار با مقادیر پیش آزمون

بحث

مطالعه حاضر مقادیر پلاسمایی اسپکسین و پروتئین واکنشگر-C را قبل و بعد از یک برنامه تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا بررسی کرد و نشان داد که این مقادیر پلاسمایی به ترتیب به دنبال انجام تمرینات به طور معنی‌داری افزایش و کاهش یافت. به علاوه این پژوهش نشان داد شاخص‌های TBW و LBM نیز افزایش یافته است. در مقایسه بین گروهی مقادیر پلاسمایی اسپکسین، پروتئین واکنشگر-C، LBM و TBW تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. از نظر دانش نویسنده، مطالعه حاضر برای اولین بار به ارزیابی تغییرات مقادیر پلاسمایی اسپکسین پس از یک برنامه تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا پرداخته است. لذا در تفسیر یافته‌ها باید احتیاط کرد، زیرا نمی‌توان به سهولت نتایج این مطالعه را با مطالعات دیگر مقایسه نمود. همچنین، بیشتر پژوهش‌ها تاثیر تمرینات هوازی را مورد مطالعه قرار داده‌اند و مطالعات کمتری به بررسی تاثیر تمرینات مقاومتی پرداخته‌اند.

یافته‌های مطالعه حاضر، حاکی از افزایش مقادیر پلاسمایی اسپکسین با انجام تمرین مقاومتی غیرخطی بود که با یافته‌های پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۲۲)، خدیر و همکاران (۲۰۲۰) و الدقری و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد. محمدی و همکاران (۲۰۲۲)، نشان دادند پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی سطوح اسپکسین در مردان دیابتی افزایش یافت (۳۸). خدیر و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند ترکیبی از تمرینات مقاومتی با تردمیل یا دوچرخه سواری و ورزش هوازی با شدت متوسط سطح اسپکسین را در پاسخ‌دهندگان به ورزش همراه با بهبود هم‌زمان پروفایل متابولیک به طور معنی‌داری افزایش داد (۱۲). با توجه به کمبود پیشینه در مورد تأثیر تمرین مقاومتی بر سطوح اسپکسین، به گزارش پژوهش‌های مربوط به تمرینات هوازی نیز می‌پردازیم. الدقری و همکاران (۲۰۱۹)، نیز نشان دادند پس از شش ماه برنامه‌های مداخله در سبک زندگی شامل افزایش فعالیت‌بدنی (اجرای ۵۰۰۰ قدم در روز) در افراد پیش دیابتی، میزان اسپکسین در گروه تغییر سبک زندگی، به ویژه در زنان، افزایش پیدا کرد. آن‌ها بیان کردند که ممکن است این تفاوت‌های جنسیتی به دلیل اثرات استروئیدهای مختلف جنسی باشد (۱۸). اما در تضاد با یافته‌های حاضر، باقرسلیمی و همکاران (۱۳۹۹)، نشان دادند هشت هفته پیاده‌روی تداومی دختران چاق و دارای اضافه‌وزن تغییری در مقادیر اسپکسین ایجاد نکرد. آن‌ها احتمال عملکرد متفاوت اسپکسین در دوران بلوغ را در نظر گرفتند و بیان کردند اسپکسین ممکن است عملکرد غددجنسی را تنظیم انتشار گنادوتروپین تنظیم کند و از سوی دیگر، سطح بیان اسپکسین در مغز ممکن است به نوبه خود به شیوه‌ای بازخوردی توسط هورمون غددجنسی تنظیم شود (۱۹). این یافته‌ها نشان می‌دهد اسپکسین بسته به سن ممکن است پیامدهای مختلفی در چاقی داشته باشد. کاهش سطح اسپکسین با افزایش سن می‌تواند نقش احتمالی این پپتید را در عملکردها و اختلالات مرتبط با پیری نشان دهد. همچنین ژنتیک، تفاوت‌های بین‌فردی و نوع تمرین می‌توانند از عوامل دیگر تأثیرگذار بر تناقض نتایج باشند (۱۲).

از سوی دیگر مطالعات نشان داده‌اند تجویز اسپکسین در موش‌های چاق باعث افزایش بافت بدون چربی می‌شود که نشان می‌دهد اسپکسین قادر به افزایش توده عضلانی است. نکته جالب این است که این اثر فقط در موش‌های چاق مشاهده شده، نه در موش‌های سالم یا دیابتی. این مطلب محققان را به در نظر گرفتن احتمال دخالت غیرمستقیم اسپکسین در میوژنز سوق داده است (۳۹). در خصوص تاثیر مصرف اسپیرولینا بر سطوح اسپکسین، علی‌رغم جستجوهای انجام شده، به نظر می‌رسد تاکنون پژوهشی انجام نشده است. آنچه در پژوهش حاضر مشاهده شد، عدم‌تغییر معنی‌دار اسپکسین با مصرف اسپیرولینا بود. به این صورت که افزودن این مکمل به تمرین، اثر تمرین را بیشتر نکرد. با این حال، مشخص شده است که اسپیرولینا دارای خواص دارویی برای بیماری‌های مختلفی از جمله بیماری‌های مرتبط با اضافه وزن و چاقی می باشد. اما در پژوهش حاضر، این مکمل اثر معنی‌داری نداشت که ممکن است ناشی از کافی نبودن دوز و مدت مصرف آن باشد. در هر صورت از آنجا که احتمالا این اولین پژوهش بوده است که اثر هم‌زمان تمرینات مقاومتی غیرخطی و مصرف مکمل اسپیرولینا را بر سطوح اسپکسین بررسی کرده است، در تفسیر یافته‌ها باید احتیاط کرد و جهت رسیدن به نتایج کامل‌تر، به پژوهش‌های بیشتری نیاز داریم.

مطالعه خدیر و همکاران (۲۰۲۰)، نشان داد که بین میزان فشار خون و سطح اسپکسین ارتباط منفی وجود دارد. این ممکن است نشانگر درگیری اسپکسین در ابتدای توسعه بیماری‌های قلبی- عروقی در افراد به ظاهر سالم باشد (۱۲)؛ که به نوعی یافته‌های مطالعه ما را تأیید می‌کند. در این راستا مطالعه حاضر نشان داد پروتئین واکنشگر-C در سه گروه تمرین، تمرین+مکمل و مکمل کاهش یافت. در موافقت با یافته‌های مطالعه اخیر، نتایج مطالعات سنتیاگو و همکاران (۲۰۱۸)، آتشک و همکاران (۱۳۸۹)، کاهش معنی‌دار پروتئین واکنشگر-C را نشان دادند؛ اما این نتایج با نتایج مطالعات تونس آتا و همکاران (۲۰۱۷)، کوهی آچاچلویی و همکاران (۱۳۹۳) و هدایتی و همکاران (۱۳۸۸) همخوانی ندارد. تونس آتا و همکاران (۲۰۱۷)، نشان دادند با چهار هفته تمرین مقاومتی توسط موش‌های صحرایی نر تفاوت معنی‌داری در پروتئین واکنشگر-C مشاهده نشد (۴۱). کوهی آچاچلویی و همکاران (۱۳۹۳)، پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی کاهش معنی‌داری در سطوح پروتئین واکنشگر-C با حساسیت بالا در

مردان چاق مشاهده نکردند (۲۳). هدایتی و همکاران (۱۳۸۸)، نیز عدم معنی‌داری سطوح پروتئین واکنشگر-C، وزن، درصد چربی‌بدن و توده‌بدون چربی را پس از هشت هفته تمرین مقاومتی در دختران چاق نشان دادند (۲۴). علت تناقض در نتایج این مطالعات می‌تواند تفاوت در برنامه‌های تمرینی مانند: طول دوره تمرین، شدت، مدت و نوع تمرین، همچنین نوع آزمودنی‌ها باشد (۲۵، ۲۹، ۴۲، ۴۳). خصوصا نشان داده شده است تمرین با شدت بالاتر ممکن است موثرتر از تمرین با شدت پایین برای بزرگسالان میانسال باشد (۴۳، ۴۴). به علاوه اختلافات جنسی و نژادی را نیز باید در پاسخ‌های التهابی به روش‌های تمرین مدنظر قرار داد (۲۵). اگرچه سازوکارهای دقیق تأثیر تمرین مقاومتی بر کاهش پروتئین واکنشگر-C هنوز به طور کامل شناخته نشده است، اما می‌توانیم چندین احتمال را پیش‌بینی کنیم. انقباض عضلانی میوکین‌هایی را تولید می‌کند که دارای اثرات ضد التهابی هستند و سیتوکین‌های پیش‌التهابی را مهار می‌کنند، بنابراین باعث کاهش التهاب و پروتئین واکنشگر-C می‌شوند. علاوه بر این، تغییرات در برخی از اجزای ترکیب بدن، مانند چربی بدن و توده عضلانی اسکلتی ممکن است نقش مهمی در کاهش سطوح التهابی داشته باشند و تمرین مقاومتی تأثیر مثبتی بر هر دوی این پیامدها دارد. مطالعه حاضر نشان داده است که هشت هفته مصرف اسپیرولینا، همچنین مصرف هم‌زمان مکمل اسپیرولینا و تمرین مقاومتی کاهش پروتئین واکنشگر-C را در مردان دارای اضافه وزن به دنبال داشته است. بنابراین نقش و اهمیت اسپیرولینا به عنوان یک عامل ضدالتهابی را باید در این تغییرات مدنظر قرار داد. بر اساس نتایج مطالعات اسپیرولینا دارای خواص ضدالتهابی می‌باشد. اسپیرولینا منبع عالی فیکوبیلی‌پروتئین‌ها است که به جهت خواص ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، محافظ کبدی و خواص مهار رادیکال مورد مطالعه قرار می‌گیرد (۳۱؛ ۳۲؛ ۳۵؛ ۴۵). در پژوهش‌های زیادی پاسخ شاخص‌های التهابی به فعالیت‌های بدنی به همراه مکمل بررسی شده است، ولی بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط محققان مطالعه حاضر، مصرف مکمل اسپیرولینا همراه با تمرین مقاومتی کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در پژوهشی اکبرپور بنی و همکاران (۱۳۹۹)، نشان دادند پس از شش هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل اسپیرولینا توسط زنان دیابتی و دارای اضافه وزن، سطوح سرمی پروتئین واکنشگر-C در گروه هوازی- اسپیرولینا و گروه هوازی کاهش یافت. هوشمند مقدم و همکاران (۱۳۹۷)، نیز نشان دادند پس از هشت هفته تمرین هوازی توسط مردان دیابتی در گروه‌های تمرین، مکمل و تمرین- مکمل کاهش معنی‌داری در پروتئین واکنشگر-C مشاهده شد.

همچنین یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که LBM و TBW با تمرین مقاومتی و مصرف اسپیرولینا افزایش یافته‌اند. این نتایج با نتایج حکیمی و همکاران (۱۳۹۴)، پترسون و همکاران (۲۰۱۱) و ریبرو و همکاران (۲۰۱۴) و ناباکو و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد؛ . نابوکو وهمکاران (۲۰۱۹)، نشان دادند که پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی و مصرف پروتئین آب پنیر باعث افزایش آب درون سلولی (ICW) و بافت نرم بدون چربی (LST) شد (۴۷). ریبرو و همکاران (۲۰۱۴)، نیز نشان دادند شانزده هفته تمرین مقاومتی افزایش معنی‌داری در مجموع آب بدن و توده عضلانی اسکلتی دارد (۴۳). اما نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه اکبرزاده و همکاران (۱۳۹۵)، که نشان دادند اجرای یک ست و سه ست تمرین مقاومتی به مدت هشت هفته تأثیر معنی‌داری بر افزایش توده خالص بدن نداشت (۴۸) و مطالعه مک‌براید و همکاران (۲۰۰۳)، که گزارش کردند پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی تفاوت معنی‌داری در افزایش توده عضلانی بدون چربی مشاهده نکردند (۴۹)؛ مغایرت دارد. در این راستا پترسون و همکاران (۲۰۱۱)، نشان دادند که تمرین مقاومتی به ویژه برنامه های تمرینی با حجم بالا باعث افزایش توده خالص بدن در میان بزرگسالان می‌شود (۴۶)؛ که با نتایج ما همخوانی دارد. حجم تمرین به عنوان یک پیش‌بینی‌کننده مهم برای توده خالص بدن شناسایی شده است. همچنین غیرخطی کردن تمرینات (یعنی دوره‌بندی موج‌دار روزانه) باعث سازگاری‌های بیشتر می‌شود (۴۶) که در پژوهش حاضر از آن بهره برده‌ایم. پژوهشگران نشان داده‌اند اجرای تمرینات مقاومتی می‌تواند با افزایش توده خالص بدن و یا کاهش تودهٔ چربی بدن ترکیب‌بدنی را بهبود بخشد (۲۷). سازوکارهایی که از طریق آن تمرین مقاومتی باعث افزایش توده عضلانی می‌شود به عوامل مختلفی از جمله فرآیندهای مکانیکی، متابولیکی و هورمونی بستگی دارد (۴۳). در میان عوامل متابولیک، یکی از سازوکارهای بالقوه‌ای که ممکن است به هیپرتروفی عضلانی کمک کند، افزایش محتوای آب داخل سلولی (ICW) است. هیدراتاسیون سلولی با ورزش‌هایی که به شدت به گلیکولیز متکی هستند، به حداکثر می‌رسد و تجمع لاکتات حاصل به عنوان عامل اصلی تغییرات اسمزی در توده عضلانی اسکلتی عمل می‌کند. علاوه بر این، تمرین مقاومتی باعث افزایش ذخیره گلیکوژن می‌شود و با توجه به اینکه گلیکوژن دارای اثر اسمزی است به موجب آن به ازای هر گرم گلیکوژن، سه گرم آب به داخل سلول کشیده می‌شود. کلیه این اتفاقات با افزایش محتوای ICW، باعث هیپرتروفی غیرانقباضی عضله می‌شود. اگرچه مبنای فیزیولوژیکی دقیق ارتباط هیدراتاسیون سلولی با یک محرک آنابولیک هنوز مشخص نشده است، مطالعات قبلی همبستگی بین هیدراتاسیون سلولی با افزایش سنتز پروتئین و کاهش در پروتئولیز را نشان دادند (۴۳). تغییر ترکیب‌بدنی که در اثر سازگاری با تمرین رخ می‌دهد با تغییرات هورمونی نیز همراه است که در هنگام یا پس از ورزش اتفاق می‌افتد. تمرینات مقاومتی باعث افزایش

ترشح هورمون‌های آنابولیک مثل هورمون رشد و تستوسترون می‌شود که در رشد و شکل‌گیری بافت عضلانی مؤثر هستند (۲۷، ۵۰). از سوی دیگر مطالعات نشان داده‌اند تجویز اسپکسین در موش‌های چاق باعث افزایش بافت بدون چربی می‌شود که نشان‌دهنده توانایی اسپکسین در افزایش توده عضلانی است. نکته جالب این است که این اثر فقط در موش‌های چاق مشاهده شد، نه در موش‌های سالم یا دیابتی. این مطلب محققان را به در نظر گرفتن احتمال دخالت غیرمستقیم اسپکسین در میوژنز سوق داد.

نتیجه‌گیری

بنابراین به نظر می‌رسد احتمالا تمرین مقاومتی می‌تواند باعث افزایش مقادیر پلاسمایی اسپکسین شود؛ و کافی نبودن دوز و یا مدت مصرف اسپیرولینا، شاید از دلایل عدم تأثیر آن بر مقادیر اسپکسین باشد. البته تأیید این نتایج به بررسی بیشتری نیاز دارد. اما هشت هفته تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل اسپیرولینا در کاهش پروتئین واکنشگر-C مؤثر بود. بنابراین این روش می‌تواند برای کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی مورد استفاده قرار گیرد. تمرین همچنین باعث افزایش LBM و TBW شد و مصرف مکمل اسپیرولینا نیز در بهبود این روند می‌تواند مؤثر باشد و از این طریق باعث بهبود ترکیب‌بدنی گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دوره دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه بیرجند می‌باشد، که با حمایت مالی این دانشگاه انجام شد.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

منابع

1. Aktar N, Qureshi NK, Ferdous HS. Obesity: A review of pathogenesis and management strategies in adult. *Delta Medical College Journal*. 2017; 5(1): 35 – 48. https://doi.org/10.3329/dmcj.v5i1.31436.
2. Hwalla N, Jaafar Z. Dietary management of obesity: A review of the evidence. *Diagnostics.* 2021; 11, 24. https://dx.doi.org/10.3390/diagnostics11010024.
3. Koliaki C, Dalamaga M, Liatis S. Update on the obesity epidemic: after the sudden rise, is the upward trajectory beginning to flatten? *Current Obesity Reports*. 2023; 12:514-527. https://doi.org/10.1007/s13679-023-00527-y.
4. Pone Simo L, Agbor VN, Temgoua FZ, Fosso Fozeu LC, Bonghaseh D.T, Mbonda AGN & et al. Prevalence and factors associated with overweight and obesity in selected health areas in a rural health district in Cameroon: a cross-sectional analysis. *BMC Public Health*. 2021; 21,475. https://dx.doi.org/10.1186/s12889-021-10403-w.
5. Muller MJ, Geisler C. Defining obesity as a disease. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2017; 71: 1256–1258. https://doi.org/10.1038/ejcn.2017.155
6. Walewski JL, Ge F, Lobdell H, Levin N, Schwartz GJ, Vasselli J, & et al. Spexin is a novel human peptide that reduces adipocyte uptake of long chain fatty acids and causes weight loss in rodents with diet-induced obesity. *Obesity*. 2014; 22: 1643–1652. https://doi.org/10.1002/oby.20725.
7. Amirpour M, Tarighat-Esfanjani A, Ghoreishi Z. Relationship between serum spexin levels and metabolic syndrome components in obese and normal weight people with or without diabetes. *Medicine, Obesity*. 2021; 24, 100337. https://doi.org/ 10.1016/j.obmed.2021.100337.
8. Behrooz M, Vaghef-Mehrabany E, Ostadrahimi A. Different spexin level in obese vs normal weight children and its relationship with obesity related risk factors. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases*. 2019; 30, 4. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2019.11.008.
9. Kurowska P, Dawid M, Oprocha J, Respekta N, Serra L, Estienne A, & et al. Spexin role in human granulosa cells physiology and PCOS: expression and negative impact on steroidogenesis and proliferation. *Biology of Reproduction*. 2023; 109(5): 705-719. http://doi.org/10.1093/biolre/ioad108.
10. Karaca A, Bakar-Ates F, Ersoz-Gulcelik N. Decreased spexin levels in patients with type 1 and type 2 diabetes. *Medical Principle and Practice*. 2018; 27:549–554. https://doi.org/10.1159/000493482.
11. Mirabeau O, Perlas E, Severini C, Audero E, Gascuel O, Possenti R, & et al. Identification of novel peptide hormones in the human proteome by hidden Markov model screening. *Genome Research.* 2007; 17: 320–327. https://doi.org/10.1101/gr.5755407.
12. Khadir A, Kavalakatt S, Madhu D, Devarajan S, Abubaker J, Al-Mulla F, & et al. Spexin as an indicator of beneficial effects of exercise in human obesity and diabetes. *Scientific RepoRts.* 2020; 10(1):10635. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67624-z.
13. Lv S-Y, Zhou Y-C, Zhang X-M, Chen W-D, Wang Y-D. Emerging roles of NPQ/spexin in physiology and pathology. *Front. Pharmacol*. 2019; 10, 457. https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00457.
14. Turkel I, Memi G, Yazgan B. Impact of spexin on metabolic diseases and inflmmation: An updated minireview. *Experimental Biology and Medicine*. 2022; 247:567-573. https://doi.org/10.1177/15353702211072443

15. Gu L, Ma Y, Gu M, Zhang Y, Yan Sh, Li N, & et al. Spexin peptideis expressed in human endocrine and epithelial tissues and reduced after glucose load in type 2 diabetes. *Peptides.* 2015; 71, 232–239. http://dx.doi.org/10.1016/j.peptides.2015.07.018
16. Liu Y, Sun L, Zheng L, Su M, Liu H, Wei Y, & et al. Spexin protects cardiomyocytes from hypoxia-induced metabolic and mitochondrial dysfunction. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. 2020; 393(1): 25-33. https://doi.org/10.1007/s00210-019-01708-0.
17. Kumar S, Hossain J, Javed A, Kullo I, Balagopal PB. Relationship of circulating spexin with markers of cardiovascular disease: A pilot study in adolescents with. *Pediatric Obesity.* 2018; *13*(6): 374–380. https://doi.org/10.1111/ijpo.12249.
18. Al-Daghri NM, Wani K, Yakout SM, Al-Hazmi H, Amer OE, Hussain SD, & et al. Favorable changes in fasting glucose in a 6-month self- monitored lifestyle modification programme inversely affects spexin levels in females with prediabetes. *Scientific RepoRts*. 2019; 9,9454. http://doi.org/10.1038/s41598-019-46006-0.
19. Baghersalimi M, Fathi R, Kazemi S. The effect of aerobic training on lipid accumulation product, visceral adiposity, triglyceride-glucose and mcauley indices in early pubertal obese/overweight girls. *sport physiology*. 2020; 12(46): 95-116. http://doi.org/10.22089/spj.2019.6787.1849. [In Persian]
20. Laswati H, Anderiana M, Subadi I, Yuanita I. The effects of physical exercises on C-reactive protein in patients with post ischemic stroke. *Folia medica Indonesiana*. 2016; 52(3): 180-184. http://doi.org/10.20473/ fmi.v52i3.5449.
21. Kasapis Ch, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers. *Journal of American College of Cardiology*. 2005; *45*(10): 1563-1569. http://doi.org/10.1016/ j.jacc.2004.12.077.
22. Atashak S, Piri, M.; Jafari A, Azarbayjani M A. Effects of 10 weeks resistance training and ginger consumption on C-reactive protein and some cardiovascular risk factors in obese men. *Physiology and Pharmacology*. 2010; 3(14): 314-323. Available from: sid.ir/paper/75190/fa. [In persian]
23. Kouhi F, Moradi F, Absazadegan M. Effect of resistance training on serum interleukin-18 and C-reactive protein in obese men. *Jounal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2014; 16 (1) :1-8. Available from: sid.ir/paper/79117/fa. [In persian]
24. Hedayati M, Hosseini kakhk SA, Amiriparsa T, Haghighi AH, Askari R, Chamari M. The effect of resistance training on hs-CRP and cystatin C concentration in obese girls. *Daneshvar Medicine*. 2009;16(6): 9-18. Available from: https://sid.ir/paper/456522/fa. [In Persian]
25. Mirseyyedi M, Attarzadeh Hosseini S, mir E, Hejazi K. Changes in C-reactive protein, interleukin-6 and lipid biomarkers in sedentary middle-aged men after resistance exercise. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2014; 21(2): 283-292. Available from: https://sid.ir/paper/82393/fa. [In Persian]
26. Akbarpour M, Samari Z. The effect of aerobic training and spirulina supplementation on resistin and C-reactive protein in women with type 2 diabetes with overweight. *Feyz*. 2020; 24(5): 576-584. Available from: https://sid.ir/paper/401727/fa.584 [In Persian]
27. Hooshmand moghadam B, Kordi MR, Attarzade Hosseini SR, Davaloo T. Aerobic exercises and supplement spirulina reduce inflammation in diabetic men. *Pars journal of medical sciences*. 2018; 16 (4) :10-18. http://doi.org/ 10.52547/JMJ.16.4.10. [In Persian]
28. Nikseresht M, Agha-Alinejad H, Azarbayjani M, Ebrahim Kh. effects of nonlinear resistance and aerobic interval training on cytokines and insulin resistance in sedentary men who are obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28(9): 2560–2568. http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000441. [In Persian]
29. Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjoo M, Sarir H, Malekaneh M. The effect of eight weeks of circuit resistance training and spirulina supplementation on plasma levels of irisin and some body composition in overweight and obese men. *Armaghan-e-Danesh*. 2020; 25(3): 332-345. http://doi.org/10.52547/ armaghanj. 25.3.332. [In Persian]
30. Hakimi M, Sheikholeslami-Vatani D, Alimohamadi M. Comparing the effect of 8-week resistance training with concurrent (resistance- massage) on leptin serum, lipid profile and body composition in overweight young male. *Sport Physiology*. 2015; 7(25): 15-32. Available from: https://sid.ir/paper/79681/fa. [In persian]
31. Golestani F, Mogharnasi M, Erfani-Far M, Abtahi-Eivari S H. The effects of spirulina under high-intensity interval training on levels of nesfatin-1, omentin-1, and lipid profiles in overweight and obese females: A randomized, controlled, single-blind trial. *Journal of Research in Medical Sciences*. 2021; *26*(1). https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS-1317-20.
32. Pappas A, Tsiokanos A, Fatouros I G, Poulios A, Kouretas D, Goutzourelas N, & et al. The effects of spirulina supplementation on redox status and performance following a muscle damaging protocol. *International journal of molecular sciences.* 2021; 22, 3559. https://doi.org/10.3390/ ijms22073559.
33. Akbarpour M, Mehrabe E. The effect of aerobic exercise and spirulina supplementation on some cardiovascular risk factors in overweight women with type 2 diabetes. *Sport biosciences*. 2020; 2(12): 207-222. https://dio.org/10.22059/.2020.276235.1330. [In persian]
34. Eskandari M, Pournemati P, Hooshmand Moghadam B, Norouzi J. The interactive effect of aerobic exercise and supplementation of blue-algae (spirulina) on anthropometric indexes and cardiovascular risk factors in

diabetic men. *Sadra Medical Sciences Journal*. 2020; 8(1): 51-62. https://doi.org/10.30476/smsj.2020.83630.1068. [In persian]
35. Ghaedi H, Farsi S, Taghipour Asrami A, Kaka R. The effect of nonlinear resistance training with supplementation of spirulina on serum leptin and ghrelin in obese women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2019; 6(1): 69-77. https://dx.doi.org/10.22049/jassp.2019.26662.1272. [In persian]
36. Fleck SJ. Non-linear periodization for general fitness & athletes. *Journal of Human Kinetics Special Issue*. 2011; 29(1): 41-5. http://doi.org/10.2478/v10078-011-0057-2.
37. Malekaneh M, Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjoo M, Sarir H, Nayebifar S. The combinatory effect of spirulina supplementation and resistance exercise on plasma contents of adipolin, apelin, ghrelin, and glucose in overweight and obese men. *Mediators of Inflammation*. Vol. 2022, Article ID 9539286, 9 pages https://doi.org/10.1155/2022/9539286.
38. Mohammadi A, Bijeh N, Moazzami M, Khodaei K, Rahimi N. Effect of exercise training on spexin level, appetite, lipid accumulation product, visceral adiposity index, and body composition in adult with type 2 diabetes. *Biological research for nursing*. 2022; 24(2): 152-162. http://doi.org/10.1177/10998004211050596.
39. Leciejewska N, Pruszy nska-Oszmałek E, Mielnik K, Głowacki M, Lehmann TP, Sassek M, & et al. Spexin promotesthe proliferation and differentiation of C2C12 cells In vitro—The effect of exercise on SPX and SPX receptor expression in skeletal muscle in vivo. *Genes*. 2022; 13, 81. https://doi.org/10/3390/genes13010081.
40. Santiago LAM, Neto LGL, Pereira GB, Leite RD, Mostarda CT, Monzani JOB & et al. Effects of resistance training on immunoinflammatory response, TNF-Alpha gene expression, and body composition in elderly women. *Hindawi*. 2018. https://doi.org/10.1155/2018/1467025
41. Tunc-Ata M, Turgut G, Mergen-Dalyanoglu M, Turgut S. Examination of levels pentraxin-3, interleukin-6, and C-reactive protein in rat model acute and chronic exercise. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2017; 13(3): 279-283. http://doi.org/10.12965/jer.1734920.490.
42. Mogharnasi M, Bagheri M. The effect of 12 weeks of circuit resistance training on C-reactive protein and lipid profile in inactive women. *Journal of Sport Biosciences*. 2014; 6(2): 233-244. http://doi.org/10.22059/jsb.2014.50863. [In Persian]
43. Ribeiro AS, Tomeleri CM, Souza MF, Pina F, Luiz C, Schoenfeld BJ & et al. Effect of resistance training on C-reactive protein, blood glucose and lipidprofile in older women with differing levels of RT experience. *AGE*. 2015; 37, 109. http://doi.org/10.1007/s11357-015-9849-y.
44. Rose GL, Skinner TL, Mielke GI, Schaumberg MA. The effect of exercise intensity on chronic inflammation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in Sport*. 2021 Apr; 24(4): 345-351. https://dio.org/10.1016/j.jsams.2020.10.004.
45. Kalafati M, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Paschalis V, Theodorou AA, Sakellariou GK, & et al. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010. http://doi.org/ 10.1249/MSS.0b013e3181ac7a45.
46. Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: A meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011; 43(2): 249–258. https://doi.org/10.1249/ MSS.0b013e3181eb6265.
47. Nabucoa HCG, Tomeleri CM, Junior PS, Fernandes RR, Cavalcante EF, Santos L, & et al. Effect of whey protein supplementation combined with resistance training on cellular health in pre-conditioned older women: A randomized, double- blind, placebo-controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2019; 82: 232-237. https://dio.org/10.1016/j.archger.2019.03.007.
48. Akbarzadeh S, Amir Sasan R, Vakili J. The effect of eight weeks of resistance training (one set and three sets) on maximal strength and net body mass of untrained women. 3rd. International Conference on Sports Sciences. 2016. Iran, Tehran. [In Persian]
49. McBride J M, Blaak J B, Triplett-McBride T. Effect of resistance exercise volume and complexity on EMG, strength ,and regional body composition .*European journal of appllied physiology*. 2003; 1 (90): 626–632. https://dio.org/ 10.1007/s00421-003-0930-3.
50. Dehghani K, Mogharnasi M, Saghebjoo M, Malekaneh M, Sarir H. Effect of spirulina platensis green-blue algae consumption, and circuit resistance training (CRT) on lipid profile in overweight and obese middle-aged men. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. 2021; 28(3): 248-259.https://dio.org/10.32592/JBirjandUnivMedSci.2021.28.3.93. [In Persian]