Journal of Sport Biosciences
University of Tehran Press
Online ISSN: 2676-4148

Effect of Aerobic Exercises on Serum Spexin Levels and Lipid Profile in Obese Middle-Aged Men

Roghayeh Fakhrpour[1]✉, Hatam Osuli[2]✉, Karim Azali Alamdari[3]✉

1. Corresponding Author,Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz, Iran. E-mail: fakhrpour@azaruniv.ac.ir
2. Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz, Iran. E-mail: osolihatam@gmail.com
3. Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz, Iran. E-mail: azalof@azaruniv.ac.ir

Article Info

Article type:
Research

Article history:
Received:
26 July 2023
Received in revised form:
23 November 2023
Accepted:
17 May 2024
Published online:
5 March 2025

Keywords:
Aerobic Exercise,
Lipid Profile,
Obese Men,
Spexin.

ABSTRACT

Introduction: With the industrialization of life and the consequent reduction in physical mobility, health-related risks such as obesity and overweight are increasing. Multiple mechanisms have been identified in the pathophysiology of obesity. Recently, significant attention has been directed toward the role of spexin, a body weight-regulating factor secreted by fat cells. Therefore, the present study aimed to investigate the effects of an aerobic exercise program on serum spexin levels and lipid profiles in obese middle-aged men.

Methods: The statistical sample consisted of 30 obese men (body mass index [BMI]: control group = 34.20 ± 1.97 kg/m², exercise group = 34.39 ± 1.48 kg/m²) with a mean age of 40.18 ± 3.24 years. Participants were randomly assigned into two groups: exercise (n=15) and control (n=15). The aerobic exercise protocol involved sessions performed at 55–70% of the maximum heart rate, three times weekly for eight consecutive weeks. Before and after the intervention, height, weight, maximum oxygen consumption (VO_2 max), and blood samples from the brachial vein were drawn to measure spexin levels and lipid profiles. The Shapiro-Wilk test confirmed the normal distribution of data. Paired t-tests were used to analyze intra-group differences, while independent t-tests assessed inter-group differences (significance level: $P \leq 0.05$).

Results: After eight weeks of aerobic exercise, significant increases were observed in spexin (P=0.04) and HDL-c (P=0.045) levels in the exercise group. Conversely, triglycerides (P=0.001), cholesterol (P=0.001), and WHR (P=0.001) decreased significantly in the exercise group ($P \leq 0.05$).

Conclusion: The results of the present study indicate improvements in obesity-related indicators (spexin), lipid profiles, and body composition indices.

Cite this article: Fakhrpour, R., Osuli. H., & Azali Alamdari, K. Effect of Aerobic Exercises on Serum Spexin Levels and Lipid Profile in Obese Middle-Aged Men. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 16 (4): 5-22.
DOI: http//doi.org/10.22059/jsb.2024.357199.1599.

Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0.
| Web site: https://jsb.ut.ac.ir/ | Email: jsb@ut.ac.ir.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

Journal of Sport Biosciences
University of Tehran Press
Online ISSN: 2676-4148

Extended Abstract

Introduction

With the industrialization of life and the resulting decrease in people's mobility, health-related risks such as obesity and overweight are on the rise. Various mechanisms have been identified in the pathophysiology of obesity, which is a significant risk factor for the development of non-communicable diseases. Its increasing prevalence has become a major concern for scientists in the medical field. Preventing obesity and overweight is crucial for reducing chronic diseases, improving quality of life, and lowering healthcare costs. In this context, maintaining a regular exercise program and achieving adequate physical fitness are essential and effective strategies. Recently, there has been growing interest in the role of spexin, a body weight-controlling factor secreted by fat cells. Therefore, the aim of this study is to assess changes in serum spexin levels and lipid profiles after a period of aerobic training in obese middle-aged men.

Methods

The research sample consisted of 30 obese men, with an average body mass index of 34.20 ± 1.97 kg/m² for the control group and 34.39 ± 1.48 kg/m² for the exercise group. The participants had an average age of 40 ± 3.24 years. They were randomly divided into two groups: a training group and a control group, with 15 individuals in each group. The aerobic exercise program involved sessions conducted three times per week for eight consecutive weeks, with an intensity of 55-70% of the participants' maximum heart rate. Before and after the intervention, measurements were taken for height, weight, maximum oxygen consumption, and blood samples were collected from the brachial vein to evaluate spexin levels and lipid profiles. To ensure the normality of data distribution, the Shapiro-Wilk test was applied. The paired t-test was used to analyze changes within each group, while the independent t-test was used to compare differences between the two groups.

Results

The results of the paired t-test and independent t-test indicated that the Spexin index, HDL, and VO2 max increased significantly after the eight-week aerobic exercise intervention when compared to both the pre-test results and the control group ($p = 0.04, 0.001$; see Table 3). In contrast, the control group showed no significant changes in SPX, HDL, and VO2 max during the pre-test conditions when compared to the training group (see Table 3). Additionally, the paired t-test and independent t-test revealed that triglycerides, cholesterol, waist-to-hip ratio (WHR), and body mass index (BMI) decreased significantly after the eight-week aerobic training program compared to the pre-test results and the control group ($p = 0.001$; see Table 3). Similarly, the control group exhibited no significant changes in triglycerides, cholesterol, WHR, and BMI when compared to the pre-test and the training group ($p < 0.05$; see Table 3). Furthermore, the two-way analysis of variance with repeated measures showed that the effects of both group and time were significant for all measurement variables ($p = 0.001$; see Table 3). Lastly, Pearson's correlation coefficient analysis revealed no significant relationship between SPX and triglycerides or total cholesterol; however, a positive and significant correlation was found between SPX and HDL ($p \geq 0.05$).

Conclusion

The results of this study indicate that an eight-week regimen of regular aerobic exercise in the training group, compared to the control group, led to a significant increase in serum levels of spexin and high-density lipoprotein (HDL). Additionally, there was a notable decrease in levels of low-density lipoprotein cholesterol (LDL-c), triglycerides, and total cholesterol. Moreover, the ratio of waist circumference to hip circumference (WHR) increased, suggesting improvements in lipid profile and body composition. These findings imply that the aerobic exercise program positively impacts lipid profiles, body composition, and associated health indicators. Spexin serum appears to be particularly beneficial for individuals with obesity. However, this study did not explore the contribution of different types of fatty tissue reserves to the changes in serum levels of spexin. Significant alterations in spexin levels may be more evident with a marked reduction in visceral fat tissue, which highlights the need for further research in this area.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The current study was conducted in full compliance with ethical standards and received approval under the ethics code IR.TBZMED.REC.1400.746.

Funding: This study is derived from the first author's Master's thesis . No funding was obtained for this research.

Authors' contribution: All authors contributed to the study design. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest

Acknowledgments: We sincerely thank and appreciate everyone who has contributed to this research.

علوم زیستی ورزشی
انتشارات دانشگاه تهران
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۱۴۸

تأثیر تمرینات هوازی بر سطوح سرمی اسپکسین و نیمرخ لیپیدی مردان میانسال چاق

رقیه فخرپور[۱]✉، حاتم اصولی[۲]، کریم آزالی علمداری[۳]

۱. نویسنده مسئول: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: fakhrpour@azaruniv.ac.ir
۲..گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: osolihatam@gmail.com
۳.گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. رایانامه: azalof@azaruniv.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۰۲
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۲/۲۸
تاریخ انتشار : ۱۴۰۳/۱۲/۱۵

کلیدواژه‌ها:
اسپکسین،
تمرین هوازی،
مردان چاق،
نیمرخ لیپیدی.

چکیده

مقدمه: با صنعتی شدن زندگی و به‌تبع آن کاهش تحرک افراد، خطرهای مرتبط با سلامت از جمله چاقی و اضافه وزن در حال افزایش است. سازوکارهای متعددی در پاتوفیزیولوژی چاقی شناسایی شده است. به‌تازگی، به نقش اسپکسین که یک فاکتور کنترل‌کنندهٔ وزن بدن ترشح‌شده از سلول‌های چربی است، توجه بسیاری شده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تغییرات سرمی اسپکسین و نیمرخ لیپیدی پس از یک دوره تمرین هوازی در مردان میانسال چاق انجام گرفت.

روش پژوهش: نمونهٔ آماری پژوهش ۳۰ مرد چاق (با شاخص تودهٔ بدنی، به‌ترتیب گروه کنترل و تمرین ۱/۹۷ ± ۳۴/۲۰ و ۱/۴۸ ± ۳۴/۳۹ kg/m^2) و میانگین سن ۳/۲۴ ± ۴۰/۱۸ سال بودند که به‌طور تصادفی در دو گروه تمرین و کنترل قرار گرفتند (هر گروه ۱۵ نفر). فعالیت ورزشی هوازی با شدت ۵۵–۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه با توالی سه جلسه در هفته به مدت هشت هفتهٔ متوالی اجرا شد. پیش و پس از شروع پروتکل، از آزمودنی‌ها اندازه‌گیری قد، وزن، حداکثر اکسیژن مصرفی و همچنین خون‌گیری از سیاهرگ وریدی -بازویی به‌منظور ارزیابی میزان اسپکسین و نیمرخ لیپیدی انجام گرفت. برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیروویلک و برای بررسی تغییرات درون‌گروهی، از روش آماری تی همبسته، و برای بررسی تغییرات بین‌گروهی، از روش آماری تی مستقل استفاده شد.

یافته‌ها: پس از هشت هفته مداخلهٔ تمرینی، متغیرهای اسپکسین (P=۰/۰۴) و HDL-c (P=۰/۰۴۵) به‌طور معناداری در گروه تمرین افزایش داشتند. ولی سطح تری‌گلیسرید (P=۰/۰۰۱)، کلسترول (P=۰/۰۰۱) و WHR (P=۰/۰۰۱) در گروه تمرین به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد (P≤ ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر بیانگر بهبود در وضعیت شاخص مرتبط با چاقی (اسپکسین) و پروفایل چربی و شاخص‌های ترکیب بدنی است.

استناد: فخرپور، رقیه؛ اصولی، حاتم؛ آزالی علمداری، کریم. تأثیر تمرینات هوازی بر سطوح سرمی اسپکسین و نیمرخ لیپیدی مردان میانسال چاق . *نشریهٔ علوم زیستی ورزشی*. ۱۴۰۲؛ (۴)۱۶، ۲۲–۵.
DOI: http//doi.org/10.22059/jsb.2024.357199.1599.

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کریتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.| آدرس نشریه: https://jsb.ut.ac.ir/ | ایمیل: jsb@ut.ac.ir

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.

مقدمه

طی سه دهۀ گذشته، تغییر در سبک زندگی انسان مانند رژیم غذایی، فعالیت بدنی و قرار گرفتن در معرض آلاینده‌ها، به اپیدمی اضافه وزن و چاقی در سراسر جهان منجر شده است [۱]. چاقی از اصلی‌ترین عوامل خطری است که در بروز بیماری‌های غیرواگیر نقش دارد و با شیوع روزافزون، از مسائل عمده‌ای است که توجه دانشمندان در حوزۀ علوم پزشکی را به خود معطوف ساخته است [۲، ۳]. پیشگیری از چاقی و اضافه وزن عامل مهم کاهش بیماری‌های مزمن، بهبود کیفیت زندگی و کاهش هزینه‌های مرتبط با مراقبت‌های سلامتی است. در همین زمینه داشتن برنامۀ منظم ورزشی و آمادگی جسمانی کافی نقش بسیار مهم و مؤثری را ایفا می‌کند [۴]. همچنین در بررسی‌های مختلف به‌خوبی ثابت شده است که افزایش تری‌گلیسیرید و LDL و کاهش مقادیر HDL، نقش اصلی را در پیشبرد روند آترواسکلروزیس[1] و انسداد عروقی ایفا می‌کند [۵]. به‌طوری‌که غلظت بالای کلسترول پلاسما به شکل لیپوپروتئین‌هایی با چگال پایین (عمده‌ترین انتقال‌دهنده‌های چربی‌های خون) مهم‌ترین عامل برای ایجاد آترواسکلروزیس هستند. HDL-c[2] لیپوپروتئین با چگال بالا و دارای کمترین کلسترول است که کلسترول را از محل دیوارۀ رگ‌ها به کبد برای ایجاد نمک‌های صفراوی انتقال می‌دهد. لیپوپروتئین‌هایی با چگالی پایین LDL-c[3] به‌طور طبیعی ۶۰ تا ۸۰ درصد کلسترول پلاسما را حمل می‌کنند و گرایش زیادی برای چسبیدن به دیوارۀ سرخرگ‌ها دارند. با چسبیدن کلسترول به دیوارۀ سرخرگ‌ها، سلول‌های عضلات صاف دیوارۀ سرخرگ‌ها شروع به رشد و ایجاد فیبروبلاست در ناحیۀ موردنظر می‌کند و منعقد شدن خون در این ناحیه افزایش می‌یابد. همچنین اگر این عمل در عروق کرونری (عروق قلبی) ایجاد شود، اکسیژن‌رسانی به بافت قلب قطع و در نتیجه بافت مردگی یا انفارکتوس قلبی ایجاد می‌شود. غلظت لیپوپروتئین کم‌چگال، لیپوپروتئین پرچگال و همچنین نسبت آنها در پلاسما از مهم‌ترین عوامل اعلام خطر در ابتلا به بیماری‌های قلبی است، به‌طوری‌که یکی از شاخص‌های شناسایی بیماری‌های قلبی–عروقی است [۶]. سطوح تری‌گلیسیرید، به‌طور مثبتی با سطوح LDL-c و به‌طور منفی با HDL-c همراه است و افزایش بیش از اندازۀ تری‌گلیسیرید (بالای ۱۰ میلی‌لیتر) سبب بروز پانکراتیت می‌شود [۷]. از طرفی سازوکار تنظیم انرژی در انسان طوری طراحی شده است که به شکل فرصت‌طلبانه‌ای دریافت انرژی و ذخیرۀ مواد مغذی را به حداکثر می‌رساند، در نتیجه زمینه‌ساز بروز چاقی و زمینه‌ساز بسیاری از عوارض آن خواهد شد [۸].

بنابراین چاقی از عدم تعادل هموئوستاز چندعاملی، از جمله عملکردهای محیطی، رفتاری، ژنتیکی، فیزیولوژیکی، سلولی و مولکولی ناشی می‌شود [۹]. از عوامل ژنتیکی کاهش بیان ژن اسپکسین در بافت چربی افراد بیمار چاق در مقایسه با افراد وزن طبیعی دارد [۱۰]. اسپکسین[4] هورمون پپتیدی جدیدی است که اهمیت و نقش زیستی دقیق آن به‌روشنی درک نشده است. بیان اسپکسین در سطح mRNA و یا پروتئین، در نواحی مختلف مغز و بافت‌های محیطی، از جمله دستگاه گوارش، دستگاه عصبی و غدد درون‌ریز، حاکی از عملکردهای فیزیولوژیکی متعدد SPX است [۱۱]. SPX ممکن است به‌عنوان عامل سیری عمل کند و از طریق کاهش کالری دریافتی و افزایش تحرک، موجب کاهش وزن شود [۱۲]. والوسکی[5] و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که SPX، مانع از برداشت اسیدهای چرب با زنجیره‌بلند[6] به درون سلول‌های چربی موش‌های چاق ناشی از رژیم غذایی می‌شود [۱۳]. با وجود این یافته‌ها این فرضیه مطرح شد که SPX بیان‌شده توسط سلول‌های چربی ممکن است به‌عنوان عامل سیری عمل کند و عدم بیان SPX توسط بافت چربی افراد چاق ممکن است به از دست

1. Atherosclerosis
2. High-Density- Lipoprotein
3. Low- Density Lipoprotein
4. Spexin (SPX)
5. Walewski
6. Long-chain fatty acids (LCFA)

دادن آدیپوکین اصلی تنظیم‌کنندهٔ فعالیت دستگاه گوارش، مصرف مواد غذایی، سوخت‌وساز انرژی، استفاده و ذخیره کردن اسید چرب با زنجیرهٔ بلند در سلول‌های چربی منجر شود [۱۳].

گو[1] و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی رابطهٔ بین سطوح گردشی SPX با لیپیدهای خون در افراد مبتلا به دیابت نوع دو، دریافتند که سطوح گردشی SPX رابطهٔ معکوسی با LDL-C و TC، TG دارد، اما رابطه‌ای با HDL-c مشاهده نکردند [۱۱]. بر این اساس، بیان شده است که سطوح سرمی پایین SPX می‌تواند یک نشانگر زیستی برای چاقی هم در کودکان و هم در افراد بالغ باشد. افزون بر این درمان با SPXدر داخل بدن و انکوبه کردن سلول‌های چربی با SPX در شرایط آزمایشگاهی، می‌تواند برداشت اسیدهای چرب به درون بافت چرب سفید را مهار کند [۱۳]. پدیدهٔ مشابهی نیز در کبد گزارش شده است که SPX می‌تواند با کاهش دریافت اسیدهای چرب به درون هپاتوسیت‌ها، موجب کاهش محتوای چربی شود. در مجموع، این یافته‌ها نشان می‌دهند که SPX، آدیپوکینی است که با عمل بر تعادل انرژی، کاربردهای بسیاری در درمان چاقی دارد. با توجه به اینکه چاقی با شیوع و بروز دیابت مرتبط است، به نقش SPX در هموئوستاز گلوکز نیز توجه شده است. SPX ممکن است ترشح بیش‌ازحد انسولین را سرکوب کند، که به نوبهٔ خود سبب بهبود حساسیت به انسولین می‌شود [۱۴]. با انجام یک مطالعهٔ طولی در بیماران عمل‌شدهٔ معده در بزرگسالان با چاقی شدید مشاهده شده که پس از عمل جراحی مقدار SPX خون افزایش یافته است. بنابراین مطالعه دربارهٔ SPX می‌تواند به‌عنوان یک سبک و راهکار بزرگ غیرداروی، برای مدیریت چاقی استفاده شود [۱۵].

اصلاح شیوهٔ زندگی به‌ویژه سطوح فعالیت جسمانی، فعالیت ورزشی و تغییر رژیم غذایی، سنگ بنای مدیریت چاقی در نظر گرفته می‌شود [۱۶]. فعالیت ورزشی به‌منزلهٔ یک محرک قوی زیستی می‌تواند تغییراتی در تعادل انرژی، وزن، سوخت‌وساز و روند اکسایشی سوبسترا ایجاد کند. تأثیر فعالیت بدنی بر سوخت‌وساز چربی‌ها با افزایش حساسیت انسولینی و HDL-C، کاهش TG و LDL-C، به بهبود سوخت‌وساز چربی و گلوکز منجر می‌شود [۱۷]. مهم‌ترین سازوکار بالا رفتن فعالیت آنزیمی لیپوپروتئین لیپاز عروقی، بهبود فرایندهای آنزیمی از طریق تمرین هوازی است [۱۸]. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که انجام فعالیت‌های ورزشی می‌تواند به بهبود چربی مفید خون یعنی افزایش HDL-cمنجر شود. افزایش HDL-c عاملی است که موجب جلوگیری از رسوب کلسترول در داخل عروق می‌شود. همچنین فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه تمرینات هوازی[2] سبب افزایش بیشتر سوخت‌وساز چربی می‌شود، بنابراین از چربی‌ها برای تأمین انرژی استفادهٔ بیشتری می‌شود [۷]. نتایج پژوهش فروتن و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که پس از تمرینات هوازی تناوبی و هوازی تداومی، سطوح سرمی لپتین و کلسترول تام، تری‌گلیسیرید، کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم و درصد چربی بدن کاهش معناداری داشته‌اند [۱۹]. در تحقیقی لین[3] و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که جاگینگ (پیاده‌روی سریع) منظم با تغییرات HDL-C و وزن بدن ارتباط ندارد، ولی ورزش‌هایی مانند شنا کردن، رقصیدن و دوچرخه‌سواری ارتباط معناداری با HDL-C و پروفایل لیپوپروتئینی نسبت TG/ HDL-C دارد و سبب بهبود این شاخص‌ها می‌شود [۲۰].

خدیر[4] و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیق خود نشان دادند که سطح SPX در افراد چاق نسبت به افراد با وزن طبیعی پیش از شروع تمرین هوازی کمتر است و پس از تمرین هوازی، افزایش معناداری در SPX و HDL-C مشاهده کردند [۲۱]. باقر سلیمی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که هشت هفته پیاده‌روی تداومی و تناوبی در دختران چاق نابالغ، تغییر معناداری را در سطوح سرمی SPX ایجاد نکرد [۲۲]. با توجه به یافته‌های متناقض و کم دربارهٔ تأثیر فعالیت ورزشی بر SPX و تعیین اینکه فعالیت ورزشی هوازی، چگونه بر هورمون تنظیم‌کنندهٔ

1. Gu
2. Aerobic Training
3. Lin
4. Khadir

اشتها مانند SPX تأثیر می‌گذارد، ممکن است درک بهتری از فعالیت ورزشی و کنترل وزن بدن فراهم کند. یکی از مداخله‌های مؤثر، انتخاب شیوهٔ زندگی فعال و تغییر در سبک زندگی و انجام فعالیت‌های ورزشی بر شاخص مهم چاقی به نام اسپکسین است که تحقیقات محدودی در این زمینه انجام گرفته است. بنابراین با توجه به نقش SPX در هموئوستاز انرژی، تغییرات نیم‌رخ لیپیدی ناشی از تمرین ورزشی هوازی و همچنین کمبود و تناقض اطلاعات موجود در زمینهٔ تأثیر فعالیت ورزشی بر این پپتید، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر هشت هفته تمرین هوازی بر سطوح SPX و پروفایل لیپیدی (HDL-C، تری‌گلیسیرید و کلسترول) در افراد چاق، صورت پذیرفت.

روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل است. نمونهٔ آماری پژوهش ۳۰ مرد چاق (BMI≥۳۰) ۳۵–۴۵ ساله بودند و به‌صورت درج اطلاعیه در مراکز عمومی شهر تبریز و با داشتن شرایط ورود و خروج پژوهش اعلام آمادگی کردند و به‌طور تصادفی در دو گروه تمرین و کنترل قرار گرفتند (هر گروه ۱۵ نفر). نحوهٔ انتخاب تصادفی به این صورت بود که برای هریک از نمونه‌ها کد نوشته شد و در داخل جعبهٔ قرعه‌کشی انداخته شد و نمونه‌ها به‌صورت قرعه در گروه‌های مشخص‌شده قرار گرفتند. پژوهش حاضر با رعایت کامل موازین اخلاقی و با تأیید کد اخلاق IR.TBZMED.REC.1400.746 صورت گرفت. همچنین رعایت کامل تمام پروتکل‌های بهداشتی و انجام تست کرونا در افراد داوطلب شرکت‌کننده در این پژوهش، پیش از شرکت در تحقیق صورت گرفت و تمامی مراحل و روش کار برای آنها توضیح داده شد و پس از اخذ تأییدیهٔ پزشک برای مشارکت در ورزش و نیز حضور پزشک در جلسات، و پس از آگاهی کامل و تکمیل پرسشنامهٔ پزشکی، رضایت‌نامهٔ کتبی از آنها گرفته شد. معیار ورود به تحقیق شامل نداشتن اعتیاد به مواد مخدر و الکل، نداشتن سابقهٔ فعالیت ورزشی منظم حداقل به مدت شش ماه، تأییدیهٔ پزشک برای مشارکت در ورزش و حضور پزشک در جلسات، نداشتن سابقهٔ بیماری کلیوی، کبدی، قلبی–عروقی، دیابت، نداشتن هرگونه آسیب یا مشکل جسمی برای آزمودنی‌ها و معیارهای خروج از تحقیق بروز مشکلات عصبی، عضلانی، اسکلتی در حین تحقیق، شرکت نکردن در برنامهٔ ورزشی بیش از سه جلسهٔ متوالی یا در مجموع چهار جلسه بود. دو روز پیش از شروع دورهٔ مداخله، ارزیابی‌های اولیهٔ آزمودنی‌ها شامل شاخص‌های آنتروپومتریکی (قد و وزن با ترازو و ق سنج سکا (مدل ۷۰۷۱۳۱۴۰۰۴، ساخت آلمان) و شاخص تودهٔ بدنی و دور کمر به لگن) در آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت. برای اندازه‌گیری دور کمر، محیط شکم در محدوده ناف و برای اندازه‌گیری دور لگن، پهن‌ترین قسمت لگن با متر نواری اندازه‌گیری شد. پس از اتمام هشت هفته تمرین هوازی مجدداً اندازه‌گیری‌ها و ارزیابی‌های پیش از دوره انجام شد. پروتکل تمرین هوازی شامل انجام فعالیت به مدت ۵۰ دقیقه (۱۰ دقیقه گرم کردن، ۳۰ دقیقه تمرین هوازی و ۱۰ دقیقه سرد کردن) روی نوار گردان (تایتان فیتنس مدل TF7000-5N) بود. فعالیت ورزشی هوازی با شدت ۵۵–۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه با توالی سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته متوالی انجام گرفت [۲۳]. برای محاسبهٔ ضربان قلب بیشینهٔ آزمودنی‌ها از فرمول (سن – ۲۲۰ = ضربان قلب بیشینه) استفاده شد. برای آشنا کردن آزمودنی‌های گروه تمرین هوازی با نحوهٔ انجام تمرینات دو جلسهٔ توجیهی پیش از شروع دورهٔ تمرین برگزار شد. آزمودنی‌ها پس از تهیهٔ تجهیزات ورزشی مناسب مانند کفش ورزشی و لباس ورزشی مناسب، طبق توصیه‌های محقق و دستیاران (فیزیولوژیست ورزشی) دورهٔ ۱۰ دقیقه‌ای گرم کردن روی نوار گردان را با سرعت تقریبی سه تا چهار کیلومتر در ساعت انجام دادند. سپس روی نوار گردان استرانگ (Eastrong) ساخت تایوان با شدت متوسطی از فعالیت ورزشی هوازی (۵۵– ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینهٔ هر

[1]. Seca

فرد) به مدت ۳۰ دقیقه در هر جلسه به فعالیت پرداختند که در جلسات نخست شدت فعالیت کم (۵۵ درصد ضربان قلب بیشینه) بود و بر اساس اصل افزایش تدریجی بار طی جلسات به مرور افزایش می‌یافت و به ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه می‌رسید (جدول ۱). ضربان قلب افراد با استفاده از ضربان‌سنج پولار (RS400) ساخت انگلیس کنترل شد. در پایان هر جلسه، سرد کردن به مدت ۱۰ دقیقه جهت بازگشت سریع به حالت اولیه صورت گرفت [۲۴]. گروه پژوهشی متشکل از یک فیزیولوژیست ورزشی و دستیاران پژوهشی نظارت کردند و هرگونه اختلال عملکردی ناشی از نارسایی قلبی –عروقی، آسیب‌دیدگی احتمالی، تحت کنترل بود. گروه کنترل در طول این مدت در هیچ برنامهٔ تمرینی منظمی شرکت نکردند و زندگی عادی و روزمرهٔ خود را ادامه دادند. پروتکل تمرین هوازی آزمودنی‌ها به شکل جدول ۱ است.

جدول ۱. پروتکل تمرین هوازی

هفته	سرعت (مایل بر ساعت)	شدت تمرین (درصد ضربان قلب بیشینه)	گرم کردن (دقیقه)	تمرین اصلی (دقیقه)	سرد کردن (دقیقه)
اول	۵	۵۵	۱۰	۳۰	۱۰
دوم	۵	۵۵	۱۰	۳۰	۱۰
سوم	۶	۶۰	۱۰	۳۰	۱۰
چهارم	۶	۶۰	۱۰	۳۰	۱۰
پنجم	۷	۶۵	۱۰	۳۰	۱۰
ششم	۷	۶۵	۱۰	۳۰	۱۰
هفتم	۸	۷۰	۱۰	۳۰	۱۰
هشتم	۸	۷۰	۱۰	۳۰	۱۰

برای اندازه‌گیری VO2max از تست شاتل ران استفاده شد. نحوهٔ اجرای پروتکل شاتل ران به این صورت بود که دو مخروط به فاصلهٔ ۲۰ متر قرار داده شد و از آزمودنی‌ها درخواست شد تا در هر دور با شنیدن صدای بوق خود را به انتهای خط مقابل برسانند و آن را با پا لمس کنند. سرعت اجرای اولیه ۸/۵ کیلومتر در ساعت بود و با هر دقیقه ۰/۵ کیلومتر بر ساعت افزایش یافت. آزمودنی‌ها تا سر حد توان به حرکات رفت و برگشت خود ادامه دادند. چنانچه آزمودنی پیش از شنیدن بوق قادر نبود خود را به خط ۲۰ متر برساند، پس از دو دور متوالی و یا سه دور نامتوالی از آزمودنی درخواست شد تا آزمون را ادامه ندهد. آخرین رکوردی که به خط ۲۰ متر رسیده است (تعداد دورهای رفت و برگشت کامل) بلافاصله در برگه ثبت شد. حداکثر اکسیژن مصرفی از طریق فرمول زیر محاسبه شد [۲۵]:

VO2max= ۲۷/۴ – ۶ (سرعت)

۴۸ ساعت پیش از شروع برنامهٔ تمرینی، از همهٔ شرکت‌کننده‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی نمونهٔ خونی پیش‌آزمون در محل آزمایشگاه، از سیاهرگ بازویی دست راست به مقدار پنج سی‌سی جمع‌آوری شد. هر نمونهٔ خون داخل لولهٔ آزمایش ریخته شد. خون به‌دست‌آمده ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در دمای اتاق باقی ماند و بعد به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سرم به‌دست‌آمده در داخل میکروتیوب ریخته شده و در دمای ۷۰– °c نگهداری شد تا همراه با نمونه‌های پس‌آزمون آنالیز شود. همچنین ۴۸ ساعت پس از اتمام آخرین جلسهٔ تمرینی، مرحلهٔ دوم نمونهٔ خونی آزمودنی‌ها با همان شرایط آزمون اولیه اخذ شد.

سطوح سرمی SPX به روش الایزا با استفاده از کیت شرکت تجاری معتبر Human SPX(Spexin) ELISA Kit محصول چین، با حساسیت ۴۶/۸۸ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و درصد ضریب تغییرات کمتر از ۱۰ درصد اندازه‌گیری شد.

مقادیر سطوح سرمی HDL با استفاده از کیت‌های تجاری معتبر Human High-density lipoprotein ELISA Kit محصول ایران و شرکت پارس‌آزمون، با حساسیت کمتر از ۶۱ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و ضریب تغییرات HDL ۱/۴۶ درصد به روش الایزا ارزیابی شد.

پس از جمع‌آوری داده‌های خام برای آزمون فرضیه‌های تحقیق، از روش‌های آمار استنباطی استفاده شد. برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیروویلک برای بررسی تغییرات درون‌گروهی، از روش آماری تی همبسته، و برای بررسی تغییرات بین‌گروهی، از روش آماری تی مستقل و همچنین برای نشان دادن اثر زمان و گروه از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل و انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS23 استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

جدول ۲ میانگین سن، قد و وزن دو گروه تمرین و کنترل را نشان می‌دهد. نتایج مربوط به آزمون تی زوجی و تی مستقل نشان داد شاخص اسپکسین، HDL و VO2 max پس از اعمال مداخلهٔ هشت‌هفته‌ای تمرینات هوازی افزایش معناداری نسبت به پیش‌آزمون و نسبت به گروه کنترل داشتند (۰/۰۰۱، p=۰/۰۴، جدول ۳). به‌طوری‌که SPX، HDL و VO2 max در گروه کنترل در شرایط پیش آزمون و نسبت به گروه تمرین بدون تغییر معنادار بود (جدول ۳). همچنین نتایج مربوط به آزمون تی زوجی و تی مستقل نشان داد شاخص‌های تری‌گلیسیرید، کلسترول، WHR و BMI پس از مداخلهٔ هشت‌هفته‌ای تمرینات هوازی کاهش معناداری نسبت به پیش‌آزمون و نسبت به گروه کنترل داشتند (P=۰/۰۰۱، جدول ۳). همچنین در گروه کنترل شاخص‌های تری‌گلیسیرید، کلسترول، WHR و BMI بدون تغییر معناداری نسبت به پیش آزمون و گروه تمرین نشان داد (P>۰/۰۵، جدول ۳). نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر نشان داد اثر گروه و زمان برای تمامی متغیرهای اندازه‌گیری معنادار بود (P=۰/۰۰۱، جدول ۳). همچنین نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین SPX با شاخص‌های پروفایل لیپیدی نشان داد که بین SPX با تری‌گلیسیرید و کلسترول تام ارتباط معناداری ندارد، ولی با HDL تفاوت مثبت و معناداری وجود داشت (P≤۰/۰۵).

جدول۲. ویژگی‌های آزمودنی‌های گروه تمرین و کنترل

متغیرها	میانگین و انحراف معیار	
	گروه کنترل	گروه تمرین
سن (سال)	۹۰ ± ۲/۰۶/۳۵	۴۰ ± ۱/۱/۳۶
قد (سانتی‌متر)	۱۶۶/۸۹ ± ۳/۷	۱۶۶/۵۹ ± ۳/۷
وزن (کیلوگرم)	۹۷/۴۴ ± ۳/۸۸	۹۷/۵۱ ± ۲/۶۶
BMI	۳۴/۲۰ ± ۱/۹۷	۳۴/۳۹ ± ۱/۴۸
WHR	۰/۹۸ ± ۰/۰۱	۰/۹۸ ± ۰/۰۹

جدول ۳. نتایج آزمون t زوجی و تی مستقل برای مقایسهٔ نتایج شاخص‌های لیپیدی، ترکیب بدنی و اسپکسین دو گروه کنترل و تجربی

متغیر	گروه	مرحله		تفاوت میانگین	آزمون تی زوجی (sig)	آزمون تی مستقل		نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه	
		پیش آزمون	پس آزمون			t	sig	اثر گروه	اثر زمان
HDL (میلی‌گرم / دسی لیتر)	کنترل	۵۶ ± ۲/۷	۵۵/۹ ± ۲/۹	−۲	۰/۸۸۰	۷/۱۵	# ۰/۰۱	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۵۷/۹ ± ۳/۵	۶۴/۳ ± ۲/۶	−۲/۰۱	*۰/۰۰۱				
تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم / دسی‌لیتر)	کنترل	۲۲۹/۵ ± ۶/۹	۲۲۹/۸ ± ۵/۱	۰/۳	۰/۵۰۱	۸/۹	# ۰/۰۱	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۲۳۱ ± ۶/۳	۲۰۹/۱ ± ۵/۶	−۲۱/۹	*۰/۰۰۱				
کلسترول (میلی‌گرم / دسی‌لیتر)	کنترل	۲۲۹/۴ ± ۶/۹	۲۲۹/۸ ± ۵/۱	۰/۳	۰/۳۲۶	۸/۹	# ۰/۰۱	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۱۸۷/۸۰ ± ۱۳/۳۳	۱۱۰/۴۳ ± ۱۵/۰۷	−۲۱/۸۷	*۰/۰۰۱				
WHR (cm)	کنترل	۰/۹۸ ± ۰/۰۱	۰/۹۸ ± ۰/۰۹	۰	۰/۲۹۸	۱۰/۱	# ۰/۰۱	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۰/۹۶ ± ۰/۰۲	۰/۹۱ ± ۰/۰۲	۰/۵	*۰/۰۰۱				
VO2max (میلی‌لیتر/کیلوگرم /دقیقه)	کنترل	۳۲/۵ ± ۲/۸	۳۲/۷ ± ۲/۹	۰/۲	۰/۸۷۰	۷/۲	# ۰/۰۱	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۳۵/۱۸ ± ۳/۹	۴۰/۳۶ ± ۱/۸	۵/۱۸	*۰/۰۰۱				
BMI وزن (کیلوگرم)/قد^2(متر)	کنترل	۳۴/۲ ± ۱/۹	۳۵/۲ ± ۲/۶	۱/۰۵	۰/۰۹	۲/۵۴	# ۰/۰۱	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۳۴/۳ ± ۱/۴	۳۰/۹ ± ۱/۴	۳/۴	* ۰/۰۰۱				
SPX (pg/mL)	کنترل	۵۹۲/۲۸ ± ۸/۳۴	۴۸۷ ± ۰/۱۷۳	−۳	۰/۵۵۷	۲۰۶	# /۰۴	**۰/۰۰۱	**۰/۰۰۱
	تمرین	۵۰۰ ± ۲۷۵	۵۹۵/۲۹ ± ۱۰/۵۹	−۳/۱۹	*۰/۰۰۱				

* تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵ برای آزمون تی وابسته

تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵ برای آزمون تی مستقل

** تفاوت معنادار در سطح P≤۰/۰۵ برای آزمون تحلیل واریانس دوطرفه

جدول ۴. همبستگی بین اسپکسین و شاخص نیمرخ لیپیدی

متغیر ۱	متغیر ۲	ضریب همبستگی پیرسون(r)	سطح معناداری (sig)
Spexin	TG	−۰/۳۵	۰/۱۰۶
	HDL	۰/۴۲۳	*۰/۰۵
	Cholesterol	−۰/۳۵	۰/۱۰۸

* ارتباط معنادار در سطح P≤۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

اثر مداخلهٔ تمرین هوازی نشان داد که پس از تمرینات هوازی سطوح SPX افزایش معناداری داشته است. همسو با یافته‌های این پژوهش، خدیر و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی و مقاومتی بر سطوح SPX و همچنین شاخص‌های بالینی و متابولیک در زیرگروه‌های چاق با و بدون دیابت را بررسی کردند. آنها دریافتند که در هر دو زیرگروه، تمرین ورزشی به‌طور چشمگیری سطوح SPX در

گردش خون را افزایش می‌دهد و با بهبود مارکرهای بالینی و متابولیک همراه است [۲۶]. سیلان[1] و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان کردند که پس از ۳۰ دقیقه تمرین هوازی حاد صبح و عصر، غلظت SPX سرم در داوطلبان چاق بالاتر از هر مقدار پایه بود، اما از نظر آماری تغییرات معناداری بین دو گروه مشاهده نشد [۲۷]. ناهمسو با یافته‌های پژوهش حاضر، باقرسلیمی و همکاران (۲۰۱۷) پس از یک جلسه فعالیت ورزشی تناوبی هوازی در مردان جوان فعال و همچنین در ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه دورهٔ ریکاوری، تغییر معناداری را در سطوح SPX مشاهده نکردند، اما همبستگی منفی معناداری بین SPX با TG انسولین و همبستگی مثبت معناداری با HDL-C مشاهده و بیان کردند که تعادل منفی انرژی ناشی از یک جلسه فعالیت ورزشی تناوبی هوازی، احتمالاً برای القای تغییر سطوح سرمی SPX کافی نباشد. بنابراین فعالیت‌های ورزشی با هزینه‌کرد انرژی بالاتر می‌تواند در مطالعات بیشتر مورد توجه قرار گیرد [۲۸]. همچنین در پژوهش کومار (۲۰۱۸) به‌نظر می‌رسد فعالیت ورزشی در هر دو صورت حاد و مزمن نتوانسته است تغییراتی در سطوح سرمی SPX القا کند [۲۹]. فتحی و همکاران (۲۰۱۶) نیز در تحقیق خود، تأثیر زیادی بر سطح SPX پس از تمرین با شدت متوسط طبق ACSM مشاهده نکردند [۳۰].

ورزش یک محرک فیزیولوژیک مؤثر برای تسریع ترشح SPX است. برخی تحقیقات بیان کرده‌اند که تمرینات ورزشی می‌تواند ترشح و بیان SPX را افزایش دهد که متعاقب آن، سبب کاهش مصرف غذا، التهاب با درجهٔ پایین، لیپوژنز برای کاهش مقاومت به انسولین و افزایش لیپولیز، جذب گلوکز و همچنین افزایش حساسیت به انسولین در عضلات اسکلتی که عامل آن افزایش بیان و انتقال ناقل گلوکز ۴ (GLUT4) می‌شود [۳۱]. این مسئله نشان می‌دهد که کاهش سطوح سرمی SPX در شرایط چاقی، ممکن است به‌واسطهٔ بیان پایین SPXدر بافت چرب ایجاد شود. در این زمینه کومار و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که شش ماه پس از عمل جراحی بای‌پس معده به روش Roux-en-Y در نوجوانان چاق که با بهبود شاخص‌های ترکیب بدنی (کاهش وزن و BMI) همراه شد، سطوح سرمی SPX پس از شش ماه، ۳۴ درصد افزایش یافت و با HOMA-IR ارتباط منفی داشت.

از طرفی تخمین زده می‌شود که هر ۱۰ سال، میانگین گردش اسپکسین ~ ۱۳ pg/mL کاهش می‌یابد و افزایش سن ممکن است تکثیر سلول‌های اپیتلیال لوله‌های کلیه را کاهش دهد و سبب کاهش ترشح هورمونی و استروئیدی آدرنال شود. حتی ممکن است تولید اسپکسین با افزایش سن به‌دلیل تخریب غدهٔ فوق کلیوی و کلیه و سایر اندام‌ها کاهش یابد. در همین حال، احتمالات دیگری که سبب کاهش اسپکسین در گردش می‌شوند نیز ممکن است وجود داشته باشد. با این حال، سازوکار زمینه‌ای که به کاهش سطح SPX در چاقی منجر می‌شود هنوز به بررسی بیشتری نیاز دارد [۳۲]. فانگ و همکاران (۲۰۲۲) دریافتند که ورزش می‌تواند بیان اسپکسین را افزایش دهد. اسپکسین می‌تواند نقش‌های محافظت‌کنندهٔ ورزش را، برای بهبود مقاومت به انسولین اعمال کند و یک واسطهٔ بالقوه همراه با ورزش برای بهبود مقاومت به انسولین ناشی از چاقی و دیابت نوع دو است؛ یعنی اثر مفید ورزش بر حساسیت به انسولین حداقل تا حدی توسط اسپکسین واسطه است، بنابراین باید در نظر گرفت که ترکیبی از اسپکسین و تمرینات ورزشی راهبرد درمانی مؤثری برای بیماری‌های مرتبط با سن است [۳۳]. ورزش هوازی به‌شدت بیان SPX را تنظیم می‌کند تا انتقال GLUT4 و جذب گلوکز را از طریق فعال‌سازی GALR2 در میوسیت‌ها و سلول‌های چربی تسریع کند. به‌طور مشابه، SPX می‌تواند جابه‌جایی GLUT4 ناشی از ورزش را برای افزایش حساسیت به انسولین و جذب گلوکز در موش‌های چاق تسهیل کند، که ممکن است توسط آنتاگونیست GALR2 مسدود شود [۳۴].

نکتهٔ شایان توجه، مرتبط با برخی پروتئین‌هاست. پروتئین‌های KLF9، KLF15 و COUP-TFII در تنظیم چاقی و مقاومت به انسولین نقش دارند و می‌توانند با کاهش بیان اسپکسین در بافت چربی به‌واسطهٔ چاقی، مرتبط باشند. در این زمینه، تحقیقات قبلی توضیح

[1]. Ceylan

داده‌اند که ورزش حاد می‌تواند بیان KLF9، KLF15 و COUP-TFII را در بافت چربی موش افزایش دهد [۳۵]. علاوه بر این، رژیم غذایی پرچرب موجب کاهش KLF9، KLF15 و COUP-TFII در بافت چربی شد [۳۵] و ورزش متوسط در موش‌های چاق این مورد را نشان داد. فانگ و همکاران (۲۰۲۲) بررسی کردند که آیا تنظیم در بیان اسپکسین چربی از طریق KLF9، KLF15 و COUP-TFII انجام می‌گیرد یا خیر. تمرین با شدت ثابت و متوسط به مدت سه هفته موجب افزایش سطح mRNA، Klf9، Klf15 و Couptf2 و همچنین سطوح پروتئین KLF9، KLF15 و COUP-TFII در بافت چربی اپیدیدیم موش‌های چاق شد. با این حال، اتصال KLF9، KLF15 و COUP-TFII به پروموتر اسپکسین در سلول‌های چربی انجام نشد و باید در آینده با روش‌های ایمونوپسیتاسیون کروماتین بررسی شود. روی‌هم‌رفته این نتایج نشان می‌دهد که تنظیم مزمن اسپکسین چربی ناشی از ورزش ممکن است توسط KLF9، KLF15 و COUP-TFII واسطه شود. سازوکار مولکولی دقیق که چگونه ورزش بیان اسپکسین را تنظیم می‌کند و چگونه این عوامل مولکولی با اسپکسین تعامل می‌کنند، باید در آینده بیشتر توضیح داده شود [۳۳].

از طرفی نتایج پژوهش حاضر نشان داد پس از مداخلهٔ تمرینات هوازی شاخص‌های لیپوپروتئین با چگال بالا، لیپوپروتئین با چگال کم و کلسترول تغییرات معناداری داشته‌اند. HDL-C یک پیش‌بینی معتبر و ثابت، برای حوادث قلبی- عروقی است که در بسیاری از مطالعات آینده‌نگر مختلف ثابت شده است [۳۶]. از نقش‌های تعیین‌کنندهٔ HDL-C فرایند انتقال معکوس کلسترول گردش سیستمیک است، چراکه انتقال معکوس کلسترول به فرایند برداشت کلسترول مازاد از بافت‌های پیرامونی مانند ماکروفاژهای دیوارهٔ سرخرگی و بازگرداندن آنها به بافت کبد بسیار حائز اهمیت است. پس افزایش غلظت HDL-C توانایی کاهش سطح کلسترول را دارد [۳۶].

همسو با نتایج این پژوهش می‌توان به برخی تحقیقات اشاره کرد. در یافته‌های تحقیق سانگ[1](۲۰۲۱) نشان داده شد که انجام فعالیت ورزشی سبب افزایش HDL-C و کاهش مقدار LDL-C می‌شود تا از رسوب در دیوارهٔ رگ‌ها به‌خصوص در افراد چاق جلوگیری کند. از طرف دیگر فعالیت ورزشی به‌ویژه فعالیت ورزشی هوازی با افزایش تأمین انرژی از منبع چربی‌ها می‌تواند سوخت‌وساز چربی‌ها را افزایش دهد [۳۷]. کیم[2](۲۰۲۰) نیز بیان کرد که سطح HDL-C پس از ورزش به‌طور چشمگیری افزایش یافت، که این فرض را میسر می‌سازد که برنامهٔ تمرین هوازی فعال برای سالمندان دارای فشار خون بالا، تأثیر مثبتی بر عملکرد محافظت از عروق و HDL-C دارد [۳۸]. ناهمسو با یافته‌های تحقیق حاضر، در تحقیقی لین (۲۰۲۱) نشان داد که جاگینگ (پیاده‌روی سریع) منظم با افزایش HDL-C و وزن بدن ارتباط ندارد، ولی ورزش‌هایی مانند شنا کردن، رقصیدن و دوچرخه‌سواری ارتباط معناداری با HDL-C و پروفایل‌های لیپوپروتئینی ندارد TG/ HDL-C و موجب بهبود این شاخص‌ها می‌شود [۳۹].

از جمله سازوکارهای دیگری که می‌تواند بر سطوح HDL اثرگذار باشد، فعالیت آنزیم‌های لیپوپروتئین لیپاز و لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز[3](LCAT) و لیپاز کبدی است که با اصلاح مقدار چربی خون سبب افزایش HDL می‌شود [۴۰]. LCAT می‌تواند هم بر LDL اثر بگذارد و هم کلسترول را به HDL تبدیل کند، به‌طوری‌که احتمال می‌رود علت افزایش HDL ناشی از تمرین، افزایش LCAT باشد، چراکه گزارش شده است که پس از فعالیت ورزشی به‌طور معمول مقدار این آنزیم افزایش می‌یابد. همچنین فعالیت ورزشی می‌تواند لیپولیز را بهبود بخشد. دلیل احتمالی دیگر افزایش آزادسازی HDL در کبد کاهش لیپاز کبدی در پی فعالیت ورزشی است. البته باید به

1. Sung
2. Kim
3. Lecithin- Cholesterol Acyltransferase

این نکته توجه داشت که سازوکارهایی مانند کاهش حساسیت انسولین که عامل مهمی برای چربی‌های خون است، می‌تواند دلیل تغییرات نیمرخ چربی پس از فعالیت ورزشی باشد [۴۱].

یافتهٔ طاهرخانی و بحری (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که ورزش هوازی بر شاخص‌های تری‌گلیسیرید، کلسترول، HDL، LDL و قند خون در افراد دارای اضافه وزن تأثیر معناداری دارد [۴۲]. یافته‌های پژوهش عظیمی‌دخت و همکاران (۲۰۱۵) با عنوان «اثرگذاری تمرینات HIIT بر نیمرخ لیپیدی بر مردان دیابت نوع ۲» تأثیرات معناداری را بر سطوح تری‌گلیسیرید، کلسترول تام و LDL نشان داد [۴۳]. ترتیبیان و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش خود نشان دادند که میزان کورتیزول، تری‌گلیسیرید، کلسترول تام و VLDL در گروه ورزش بلافاصله پس از فعالیت در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت، به‌طوری‌که فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط، از طریق تحریک کورتیزول، غلظت چربی‌ها را در خون به‌منظور سوخت‌وساز آنها افزایش می‌دهد و شرایط مطلوبی را برای کاهش عوامل خطرزای قلبی-عروقی فراهم می‌سازد [۴۴].

ناهمسو با این نتایج، سرمدیان و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند فعالیت ورزشی هوازی و مقاومتی ترکیبی به مدت ۱۰ هفته در اثر ناکافی بودن شدت تمرین و طول پروتکل تمرینی بر ترکیب بدنی، پروفایل چربی و شاخص‌های سندروم متابولیک در زنان اضافه وزن/چاق تأثیری نداشت [۴۵]. بنابراین می‌توان نتایج مغایر در این مورد را، ناشی از متفاوت بودن نوع تمرینات بدنی (شدید، متوسط و کم‌شدت) به‌اجرادرآمده یا مدت تمرینات دانست. تحقیقات نشان داده است که TG پس از ۲۴ ساعت تمرین هوازی کاهش و HDL-C افزایش می‌یابد و تا ۴۸ ساعت ادامه دارد [۴۶].

برخی پژوهشگران معتقدند در افرادی که دارای سطوح پایین HDL همراه با سطح تری‌گلیسیرید بالا هستند، تأثیر فعالیت بدنی بر چربی‌های پلاسما بیشتر بوده است. بنابراین تغییرات تری‌گلیسیرید و کلسترول احتمالاً ناشی از بهبود سازوکار برداشت و مصرف آنها در بافت عضله در اثر تمرین است [۴۷]. به‌عبارتی تمرین، بیشتر نیمرخ لیپیدی افرادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که از سطح پایهٔ TG یا LDL بالاتر یا HDL پایین‌تری برخوردار باشند [۴۸]. سازوکار بیولوژیکی که به احتمال می‌تواند سبب بهبود پروفایل چربی به‌همراه تمرین شود، پیچیده است. افزایش آنزیم‌های لیپوپروتئین لیپاز LPL و لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز[1] L-CAT، کاهش کلسترول استر ترانسفر پروتئین[2] CETP و لیپاز کبدی تری‌گلیسیرید نقش مهمی در تغییر غلظت فاکتورهای لیپیدی ایفا می‌کنند و توانایی عضله را برای اکسیداسیون اسید چرب و کاهش تری‌گلیسیرید افزایش می‌دهند [۴۹].

از دیگر سازوکارهای احتمالی، افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی عضلات و کارایی استفاده از چربی به‌عنوان سوخت همراه است. این ممکن است به‌علت افزایش LPL باشد که این آنزیم به نوبهٔ خود سبب رهایی اسیدهای چربی تجزیه‌شده از تری‌گلیسیرید و کلسترول تام بافت چربی و عضلانی می‌شود و در کل کاتابولیسم کلسترول تام و لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسیرید را در افراد افزایش می‌دهد و برداشت TG از جریان خون را تسهیل می‌کند [۸]. در تحقیق حاضر نیز حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش معناداری پس از فعالیت ورزشی هوازی نشان داد، ولی مقادیر LPL اندازه‌گیری نشده است و به‌عنوان محدودیت در پژوهش حاضر در نظر گرفته شد.

1. Lecithin-Cholesterol Acyltransferase
2. Cholesteryl ester transfer protein

از سوی دیگر نشان داده شده است که طی فعالیت ورزشی و پس از آن، مقدارانسولین کاهش می‌یابد و یکی از عواملی که کلسترول را دستخوش تغییر و تحول قرار می‌دهد، مقدارانسولین گردش خون است [۵۰]. سازوکار احتمالی این پدیده به نفوذپذیری غشا به گلوکز، افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشای پلاسمایی GLUT4 ، افزایش بیان ژنی یا فعالیت پروتئین‌های مختلف درگیر در آبشار پیام‌رسانی انسولین، افزایش دانسیتهٔ مویرگی، افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز در انقباض عضلانی و در نهایت افزایش ذخیره‌سازی گلیکوژن برمی‌گردد [۵۱]. همزمان با کاهش انسولین، ترشح گلوکاگون نیز افزایش می‌یابد که روند لیپولیز را تسریع می‌بخشد. انسولین به‌عنوان مهم‌ترین تنظیم‌کنندهٔ سطح گلوکز خون، سنتز لیپید، پروتئین و گلیکوژن در بافت‌های مختلف چربی، عضلانی و کبدی را تحریک کرده و روند تجزیهٔ گلیکوژن لیپید و پروتئین را مهار می‌کند که در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشد و به‌عنوان محدودیت در نظر گرفته شد [۵۰]. همچنین پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی بر شاخص BMI و WHR اثر معناداری دارد (P≤۰/۰۵). مصدق و همکاران (۲۰۲۲) پس از اجرای سه ماه تمرین هوازی با شدت متوسط و رژیم غذایی کم‌کالری به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های متابولیکی از جمله وزن، WHR، BMI و WC نیز کاهش معناداری یافت که نشان‌دهندهٔ بهبود چاقی مرکزی است [۵۲]. همین نتایج در آزمودنی‌های بزرگسال چاق توسط ویلارل و همکاران (۲۰۱۷) در مدت زمان ۲۶ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی گزارش شد که نشان داد تمرین‌های هوازی، بهترین اثر را بر درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به لگن و وزن بدن دارد [۵۳].

برخی محققان ورزش هوازی را به‌عنوان بهترین روش برای کاهش وزن معرفی کرده‌اند. فعالیت هوازی به افزایش ظرفیت آنزیم‌های اکسایشی در تارهای عضلانی به‌دلیل افزایش تراکم میتوکندری منجر می‌شود. علاوه بر آن، افزایش فعالیت آنزیم‌های زنجیرهٔ انتقال الکترون، سبب بالا رفتن میزان فعالیت آنزیم‌های درگیر در اکسایش چربی‌ها، به‌ویژه آنزیم‌های چرخهٔ بتااکسیداسیون، همچنین سبب افزایش میزان فعالیت لیپوپروتئین لیپاز می‌شود. از طرف دیگر تراکم گیرنده‌های بتاآدرنرژیک در سطح سلولی بافت چربی که در اثر تمرین هوازی افزایش می‌یابد، به افزایش حساسیت آنها در برابر فرایند لیپولیز منجر می‌شود. شاید علت اصلی این روند توزیع کاتکولامین‌ها، کاهش انسولین به‌دلیل فعالیت هوازی و افزایش اکسایش چربی‌ها باشد [۵۴]. علاوه بر این بر اساس پژوهش‌های انجام‌گرفته تمریناتی که به‌صورت هوازی و به شکل منظم و کنترل‌شده در افراد بزرگسال انجام گیرد، بیشتر و بهتر می‌تواند سبب کاهش وزن، تودهٔ چربی و آدیپوسایتوکاین‌ها و فاکتورهای التهابی شود. درحالی‌که در طولانی‌مدت اثر ضدالتهابی دارد و با کاهش تودهٔ چربی، احتمال ابتلا به مقاومت انسولینی را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر افزایش جریان خون بافت چربی و همچنین افزایش فعالیت لیپاز حساس به هورمون می‌تواند در کاهش مقدار چربی زیرپوستی و بهبود ترکیب بدنی مؤثر باشد. این عمل به بیشتر شدن مصرف چربی‌های ذخیره و متعاقب آن کاهش درصد چربی و بهبود ترکیب بدنی منجر می‌شود [۵۵، ۵۶]. در مجموع به‌نظر می‌رسد شدت و مدت فعالیت ورزشی حاضر توانسته است عامل مؤثری در کاهش شاخص‌های نیمرخ لیپیدی و شاخص‌های ترکیب بدنی در پژوهش حاضر باشد. در نهایت پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی در زمینهٔ تأثیرات ورزش در حین چاقی باید شامل پیامدهای القای اسپکسین (محتوای گیرنده و عوامل پایین‌دست) به‌عنوان یک واسطهٔ بالقوه برای تأثیرات مفید فعالیت ورزشی باشد. تحقیقات بیشتر در خصوص این موضوعات برای بررسی رابطهٔ بین اسپکسین و فعالیت ورزشی و همچنین دیابت نوع ۲ ضروری است. همچنین پژوهش‌های آینده برای تعیین بافتی که آزادسازی اسپکسین را در پاسخ به ورزش برای تنظیم وزن بدن و دریافت غذا در بیماران چاق مبتلا به اختلال متابولیک تسهیل می‌کند، مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر، بیانگر این است که هشت هفته تمرینات منظم هوازی در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل، به افزایش معناداری در سطوح سرمی اسپکسین و لیپوپروتئین پرچگال و کاهش معناداری در سطوح LDL-c ، تری‌گلیسیرید و کلسترول‌تام و همچنین شاخص نسبت دور کمر به محیط لگن (WHR) منجر شده است، که نشان‌دهندهٔ بهبود وضعیت پروفایل چربی و شاخص‌های ترکیب بدنی است. بنابراین به‌نظر می‌رسد برنامهٔ تمرین هوازی بر بهبود شاخص‌های نیمرخ لیپیدی، ترکیب بدنی و سطح سرمی اسپکسین افراد چاق مؤثر باشد. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر، سهم انواع ذخایر بافت چرب در تغییرات سطوح سرمی اسپکسین بررسی نشده است و این احتمال وجود دارد که با کاهش بارزتر بافت چربی احشایی تغییرات معناداری در سطح سرمی اسپکسین مشاهده شود، بنابراین پژوهش‌های بیشتری را در این زمینه می‌طلبد.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد است. بدین‌وسیله از تمامی کسانی که در اجرای این پژوهش همکاری داشتند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

References

[1].Burillo J, Marqués P, Jiménez B, González-Blanco C, Benito M, Guillén C. Insulin resistance and diabetes mellitus in Alzheimer's disease. Cells. 2021 May 18;10(5):1236.

[2].Altay E. Primer ve renal hipertansiyonu olan çocuklarda arteriyel sertlik ve karotis intima-media kalınlığının değerlendirilmesi. 2021.

[3].H.Tejal VE, and S.G. Krishnan. Prevalance of Obesity among Urban Population in Thiruvallur District. Indian Journal of Public Health Research & Development. 2019;10(11):3-10.

[4].Soysal P, Arik F, Smith L, Jackson SE, Isik AT. Inflammation, frailty and cardiovascular disease. Frailty and cardiovascular diseases: Research into an elderly population. 2020:55-64.

[5].S. Saboori MH, E .Yousefi Rad. The relationship between serum level of 25- hydroxy vitamin D with anthropometric indices and some biochemical parameters in obese women. Yafte. 2012;14(4):71-77.

[6].Grundy SM, Stone NJ, Bailey AL, Beam C, Birtcher KK, Blumenthal RS, Braun LT, De Ferranti S, Faiella-Tommasino J, Forman DE, Goldberg R. 2018 AHA/ACC/AACVPR/AAPA/ABC/ACPM/ADA/AGS/APhA/ASPC/NLA/PCNA guideline on the management of blood cholesterol: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. Journal of the American College of Cardiology. 2019 Jun 25;73(24):3168-209.

[7].L D. Lipids, Lipoproteins and exercise. Journal of cardiopulmonary Rehabitation. 2020;22(6):385-398.

[8].Seisdedos RT. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. New England Journal of Medicine. 2017;377(1):13-27.

[9].M.Němec aJZ. The Krásná Hora, Milešov, and Příčovy Sb-Au ore deposits, Bohemian Massif: mineralogy, fluid inclusions, and stable isotope constraints on the deposit formation. Mineralium Deposita. 2018;53(2):225-244.

[10].L .Gu ea. Spexin peptide is expressed in human endocrine and epithelial tissues and reduced after glucose load in type 2 diabetes. Peptides. 2015;71(5):232-239.

[11].S.K.Wong MK TC, CK .Cho, HC .Law, IK. Chu, et al. Goldfish spexin: solution structure and novel function as a satiety factor in feeding control. American Journal of Physiology -Endocrinology and Metabolism. 2013;305(3):348-366.

[12]. J.L .Walewski ea. 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(7):1643-1652.

[13].T .Chen FW, Z .Chu, L .Sun, H .Lv, W .Zhou, J .Shen, L .Chen, M .Hou. Circulating Spexin Decreased and Negatively Correlated with Systemic Insulin Sensitivity and Pancreatic β Cell Function in Obese Children. Ann Nutr Metab. 2019;74:125-131.

[14].S.Kumar ea. Roux-en-Y gastric bypass surgery in youth with severe obesity: 1-year longitudinal changes in spexin. Surgery for Obesity and Related Diseases. 2018;14(10):1537-1543.

[15].B.Strasser. Physical activity in obesity and metabolic syndrome. Annals of the New York Academy of Sciences. 2013;1281(1):141-159.

[16].M.W .Egan A RF, N .Redziniak, T. Kyaw Tun, S .Sreenan, et al. Barriers to exercise in obese patients with type 2 diabetes. QJM: An International Journal of Medicine. 2013;106(7):635-638.

[17].M.D. VV ,SR.Fortes Md, M .Dantas EH, MAd .Mattos. Effect of diet and indoor cycling on body composition and serum lipid. Arquivos brasileiros de cardiologia. 2010;95(2):173-178.

[18].Y.Foroutan ea. The Effect of 8 Weeks of Concurrent Training on Serum Leptin Levels, Lipid Profiles and Body Composition of Overweight Inactive Men. The Horizon of Medical Sciences. 2019;25(1):57-63.

[19].W.-Y.Lin. large-scale observational study linking various kinds of physical exercise to lipoprotein-lipid profile. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2021;18(1):1-11.

[20].A.Khadir ea. Spexin as an indicator of beneficial effects of exercise in human obesity and diabetes. Scientific reports. 2020;10(1):1-11.

[21].M.Baghersalimi RF, S.Kazemi,. e 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.

[22].M. Fathei KH, M. Kiani gol. The effect of Eight weeks aerobic training on Resistin levels and cardio respiratory fitness in sedentary middle-aged women. medical journal of mashhad university of medical science. 2015;58(9):489-497.

[23].mediine AACos. ACSMs guidelines for exercise testing and Philadelphia(PA) Wolters Kluwer health. 2018.

[24].JM .Jäger JK, H.Müller. Predicting maximum speed in a 4x1000 m Field Test based on estimated VO2max values from Shuttle Run Test and Queens College Step Test. Conference Proceedings dvs-

Workshop Modelling in Endurance Sports. 2016;5(6):2

[25].Khadir SK, D. Madhu, et al. Spexin as an indicator of beneficial effects of exercise in human obesity and diabetes. Sci Rep. 2020;10(1):1063-1070.

[26]. Ceylan HI, Saygın, ¨O., ¨Ozel Türkcü, Ü. Assessment of acute aerobic exercise in the morning versus evening on asprosin, spexin, lipocalin-2, and insulin level in overweight/obese versus normal weight adult men. Chrono-- Int 2020;37(8):1252–1268.

[27].Baghersalimi M FR, Khosravi A, Bahreini A, Shirazi A. The effect of single session of aerobic interval exercise on serum spexin levels in active young men. Physiology of Exercise and Physical Activity. 2017 . (In Persian);10(2):37-46

[28].Kumar S HM, Javed A, Kullo IJ, Balagopal PB. Relationship of circulating spexin with markers of cardiovascular disease: A pilot study in adolescents with obesity. Pediatr Obes. 2018;13(6):374-380.

[29].R F. The effect of single session of interval aerobic exercise on serum spexin levels in active young men. J Sport Physiol Phys Activ. 2016;10(5):37-46.

[30].Guo L, Shi, M ,.Zhang, L., Li, G., Zhang, L., Shao, H., Fang, P., Ma, Y., Li, J., Shi, Q., Sui, Y. Galanin antagonist increases insulin resistance by reducing glucose transporter 4 effect in adipocytes of rats. Gen Comp Endocrinol. 2011;173(1):159-163.

[31].Kumar S, M .J. Hossain, T. Inge, and P. B. Balagopal. "Roux-en-Y gastric bypass surgery in youth with severe obesity: 1-year longitudinal changes in spexin." Surgery for Obesity and Related Diseases 2018;14(10):1537-1543.

[32].Fang P GR, She Y, Zhao J, Yan J, Yu X, Jin Y, Shang W, Zhang Z. Adipose tissue spexin in physical exercise and age-associated diseases. Ageing Res Rev. 2022;73(32):105-112.

[33].D.-K. Kim, S. Yun, G.H. Son, et al.Coevolution of the spexin/galanin/kisspeptin family: spexin activates galanin receptor type II and III Endocrinology, 155 (5) (2014), pp. 1864-1873, 10.1210/en.2013-2106

[34].Fang P GR, She Y, Zhao J, Yan J, Yu X, Jin Y, Shang W, Zhang Z. Adipose tissue spexin in physical exercise and age-associated diseases. Ageing Res Rev. 2022;73(32):105-112.

[35].Drepanos L, Gans IM, Grendler J, et al. Loss of Krüppel-like factor 9 deregulates both physiological gene expression and development. Scientific Reports. 2023;13(1):12239.

[36].Sjoberg KA, Frosig, C., Kjobsted, R., Sylow, L., Kleinert, M., Betik, A.C., Shaw, C.S ,.Kiens, B., Wojtaszewski, J.F.P., Rattigan, S., Richter, E.A. and McConell, G.K. Exercise increases human skeletal muscle insulin sensitivity via coordinated increases in microvascular perfusion and molecular signaling. Diabetes. 2017;66(6):1501-1510.

[37].M .Sung ea. Assessment of vitamin D, exercise, and lipid profile associated with excessive daytime sleepiness in school children. Sleep Medicine. 2021;77(5):. 51-57.

[38].Kim KA, Nayoung. Can Active Aerobic Exercise Reduce the Risk of Cardiovascular Disease in Prehypertensive Elderly Women by Improving HDL Cholesterol and Inflammatory Markers?. . International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;19(1):39-52.

[39].Y.Lin. A large-scale observational study linking various kinds of physical exercise to lipoprotein-lipid profile. A large-scale observational study linking various kinds of physical exercise to

lipoprotein-lipid profile. 2021;18(1):1-11.

[40].Ghiasvand Mohammadkhani P, Irandoust, Kh., Taheri, M., Mirmoezzi, M. and Baić, M. Effects of eight weeks of aerobic exercise and taking caraway supplement on C-reactive protein and sleep in obese women. Biological Rhythm Research. 2019;5(2):1-9.

[41].Dehghan F HF, Yusof A, Muniandy S, Hosseini SA, Heydari S, et al. Saffron with resistance exercise improves diabetic parameters through the GLUT4/AMPK pathway in-vitro and in-vivo. Scientific Reports. 2016;6.(9)

[42].Taherkhani Soroush BF. Procalsitonin level comparation in HIV/AIDS patients between non-bacterial and bacterial pneumonia in east Indonesia. J Adv Pharm Edu Res 2020;10(S1):168-175.

[43].Azimidokht SMA, Mogharnasi, M., Kargar Shouroki, M.Kh. and Zarezade Mehrizi, A.A. The effect of 8 weeks interval training on insulin resistance and lipid profiles in type 2 diabetic men treated with metformin. Journal of Sport Biosciences. 2015;7(3):461-476.

[44].Tartibian B YF, Saboory E, kheradmand F. . THE RESPONSE OF SERUM CORTISOL AND LIPID PROFILE TO A MODERATELY INTENSIVE AEROBIC EXERCISE IN NON-ACTIVE MIDDLE-AGED MEN. Stud Med Sci. 2013;24 (6): 393-404.

[45].Sarmadian M KD. Effect of Combined Training on Body Composition, Lipids and Metabolic Syndrome Index in Obese and Overweight Menopausal Women. JOGE 2016;1(2):36-44.

[46].Wang Y XD. Effects of aerobic exercise on lipids and lipoproteins. Lipids Health Dis. 2017;16(1):132-140.

[47].Hassanvand Bahman SY. The Effect of Eight Weeks of Aerobic Training Combined with Propolis on Lipid Peroxidation in Obese Men. Journal of Motor and Behavioral Sciences. 2019;2(4):317-328.

[48].Qalandarabadi M, Bijeh, N ,.Attarzadeh Hossini, S. The effect of eight-week aerobic training in water, with or without consumption of Bunium persicum on the levels of hs-CRP and lipid profile in postmenopausal inactive women. Daneshvar Medicine. 2020;27(6):9-24.

[49].Sugiura H KK ,Iwata H, Matsuoka T, Mirbod SM. Effects of Long Term Moderate Exercise and Increase in Number of Daily Steps on Serum Lipids in women: randomized controlled trial. BMC Women's Health 2002;2(1):3-10.

[50].Hoseini R HZ. The effect of aerobic training and turmeric supplementation on cardiovascular risk factors in overweight women. Yfte. 2019;20(4):85-96.

[51].McCormack SE MM, Harrington SG, Farilla L, Hrovat MI, Systrom DM and et al. Effects of Exercise and Lifestyle Modification on Fitness, Insulin Resistance, Skeletal Muscle Oxidative Phosphorylation and Intramyocellular Lipid Content in Obese Children and Adolescents. Pediatr Obes 2014;9(4):281-291.

[52].JL I. Role of Exercise Training in the Prevention and Treatment of Insulin Resistance and non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus. Sports medicine 1997;24(5):321-336.

[53].Mosadegh Neishabouri Z, Rahmani nia, F., Moini, A., Mottaghi, A. The effect of three months of unsupervised aerobic exercise and low-calorie diet on hormonal, metabolic and anthropometric parameters of overweight and obese infertile women with polycystic ovary syndrome. Journal of Sport Biosciences. 2022;14(1):119-136.

[54].Villareal DT AL, Gurney AB, Waters DL, Sinacore DR, Colombo E, Armamento-Villareal R, Qualls C. Aerobic or Resistance Exercise, or Both, in Dieting Obese Older Adults. N Engl J Med. 2017;376(20):1943-1955.

[55].Bahrami K SA. The Effect of Aerobic Exercise on Serum Leptin Levels and Body Mass Index in Obese Young Girls. Qom Univ Med Sci J 2015;9(6):27-36.

[56].KhajehLandi M ,Bolboli L, Bolbol S, Zabihi B. Effect of One Course Pilates Exercise Program on Serum Levels of Resistin, Visfatin, and Chemerin in Overweight Women. The Horizon of Medical Sciences. 2020;27(1):98-113.

[57].Kushkestani M, Parvani M, Nosrani SEP, Rezaei S .The Relationship between Anthropometric Indices and Lipid Profiles In-OfficeEmployees. Journal of Sports Science. 2020;8:76-82.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی