

The Effect of Rhythmic Aerobic and CX-WORX on ABCG5/8 Genes Expression and Lipid Profile in Obese Women

Samira Sabetrasekh¹ , Allahyar Arabmomeni^{2✉} , Jamshid Banaei Boroujeni³ 

1. Department of Physical Education and Sports Sciences, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

E-mail: samirasabetrasekh@yahoo.com

2. Corresponding Author, Department of Sports Sciences, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

E-mail: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir

3. Department of Physical Education and Sports Sciences, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

E-mail: jamshid.banaei@gmail.com

Article Info

Article type:

Research

Article history:

Received:

3 October 2024

Received in revised form:

27 November 2024

Accepted:

13 December 2024

Published online:

5 March 2025

Keywords:

ABCG5/8,
lipid profile,
obesity,
physical training.

ABSTRACT

Introduction: Obesity leads to negative changes in lipid profiles and genes associated with reverse cholesterol transport. Exercise appears to aid in improving these changes. This study aimed to investigate the effect of eight weeks of rhythmic aerobic and CX-WORX exercises on the expression of ABCG5/8 genes and lipid profile levels in obese women.

Method: The research method was quasi-experimental with a pre-test-post-test design. The statistical population of this study consisted of obese women aged 20 to 30 years. Among them, 36 individuals were purposefully selected and randomly assigned into three groups: rhythmic aerobic training (n=12), CX-WORX training (n=12), and control (n=12). Rhythmic aerobic training was performed for eight weeks, four weekly sessions, each lasting approximately 60 to 95 minutes, at an intensity of 50–80% of the maximum heart rate. The CX-WORX training protocol was conducted for eight weeks with a frequency of three sessions per week, each lasting 45 minutes per day. Data were analyzed using SPSS22 statistical software. One-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc test were used to compare between-group differences, and paired t-tests were employed for within-group comparisons at a significance level of 0.05.

Results: The results showed that eight weeks of rhythmic aerobic and CX-WORX training significantly increased the expression of ABCG5 and ABCG8 genes and HDL levels in obese women (P=0.001). Additionally, both training programs led to a significant reduction in LDL, triglyceride, and cholesterol levels in obese women (P=0.001).

Conclusion: Based on the results, both training models induce positive changes in lipid profiles and genes involved in reverse cholesterol transport. Therefore, these training methods are recommended to create beneficial physiological adaptations and improve the health of obese women.

Cite this article: Sabetrasekh S., Arabmomeni A., & Banaei Boroujeni J. The Effect of Rhythmic Aerobic and CX-WORX on ABCG5/8 Genes Expression and Lipid Profile in Obese Women. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 16 (4): 23-37. DOI: <http://doi.org/10.22059/jsb.2025.382795.1655>.



Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

| Web site: <https://jsb.ut.ac.ir/> | Email: jsb@ut.ac.ir.

Extended Abstract

Introduction

Obesity has become a significant problem in societies around the world, increasing the risk of various diseases. These include cardiovascular diseases, diabetes, high blood pressure, high cholesterol, liver diseases, sleep apnea, certain cancers, and metabolic and inflammatory issues. A body mass index (BMI) above 25 is classified as overweight, while a BMI above 30 is considered obese. Obesity negatively impacts nearly every aspect of health, from shortening lifespan to contributing to chronic diseases like diabetes and cardiovascular conditions. It can also interfere with sexual function, breathing, mood, and social interactions. Importantly, obesity is not necessarily a permanent condition; it is often the result of overeating and inactivity. When excessive amounts of energy—particularly from fats and sugars—are consumed without adequate physical activity to utilize this energy, the excess is stored as body fat. In addition to traditional sports activities, more engaging forms of exercise are becoming popular. One such activity is rhythmic aerobic exercise, which has gained traction over the past decade. This type of exercise is appealing due to its enjoyable nature and can be performed without expensive equipment. Rhythmic aerobic exercises greatly benefit the cardiovascular system, helping to reduce blood cholesterol levels and inflammatory factors in individuals with obesity. Some studies have shown that these exercises improve body composition, reduce fat mass, and enhance overall health, although others indicate no effect on inflammatory factors. Another relatively new exercise gaining popularity among both athletes and non-athletes is CX-WORX. This program focuses on strength exercises that target the core muscles, significantly increasing strength, endurance, and body composition. However, there has yet to be any research examining the effects of these exercises on the lipid profile, cholesterol transfer, and inflammatory factors in obese individuals. A key factor contributing to diseases associated with obesity, particularly cardiovascular diseases, is an imbalanced lipid profile, which includes alterations in blood cholesterol levels. Cholesterol, when accumulated excessively, can lead to toxic conditions in the body, contributing to cardiovascular diseases. The reverse cholesterol transport (RCT) process involves returning excess cholesterol to the liver, where it can be broken down and excreted. This process prevents cholesterol-laden macrophages from adhering to cell and arterial walls, thereby reducing the risk of disease. RCT is mediated by ATP-binding cassette (ABC) membrane protein transporters, which are a superfamily of membrane proteins that use ATP energy to transport

various substances across cellular membranes. ABC transporters are classified into categories, with the ABCG family having five members: ABCG1, ABCG2, ABCG4, ABCG5, and ABCG8. Among these, ABCG1, ABCG5, and ABCG8 are crucial for secreting biliary cholesterol. The genes for ABCG5 and ABCG8 are located close together on chromosome 2p21, and mutations or dysfunction in these proteins can lead to a lipid disorder known as sitosterolemia. This condition is characterized by cholesterol accumulation and atherosclerosis of the coronary arteries, which can ultimately result in heart attacks, particularly in obese individuals. Research has indicated that aerobic exercise increases ABCG5 gene expression in obese male rats. Additionally, other studies have shown that both endurance and high-intensity activities elevate the expression of the ABCG5 and ABCG8 genes in these rats. The objective of the current research is to investigate the effects of eight weeks of rhythmic aerobic exercise and CX-WORX on the expression of the ABCG5/8 genes and lipid profiles in obese women.

Methods

The current research was conducted using a quasi-experimental design with pre-tests and post-tests. The statistical sample consisted of 36 women with a mean age of 48.47 ± 3.29 years, a weight of 76.63 ± 1.82 kg, a height of 158 ± 2.00 cm, a body mass index (BMI) of 30.45 ± 1.05 kg/m², a fat mass percentage of $29.54 \pm 1.46\%$, a fat-free mass of 27.16 ± 1.13 kg, and a maximum oxygen consumption of 16.31 ± 2.60 ml/kg/min. Participants were selected purposefully and conveniently. To be included in the study, all participants had to meet specific criteria, including general health, cardiovascular fitness, attendance at training sessions, willingness to participate in required research tests, no medication usage, no severe orthopedic conditions, complete mental health, and no prior participation in physical activities over the last six months. They also had to be free from hormone therapy, regular sports activity, and any history of cardiovascular, liver, kidney, lung diseases, or diabetes. Exclusion criteria included missing more than three consecutive sessions or more than four total sessions. Participants could also be excluded based on personal unwillingness to continue, any injuries sustained during the research protocol, or age-related health issues such as hypoglycemia during exercise or orthopedic problems. In this study, height and weight measurements were taken while participants wore minimal clothing and no shoes, using a SECA model scale and caliper. The body composition of subjects was assessed using a body composition analyzer model 720, manufactured in South Korea. After meeting the inclusion criteria, participants were randomly assigned

into three groups: a Rhythmic Aerobic Training group (12 participants), a CX-WORX Training group (12 participants), and a Control group (12 participants).

Results

The findings of this study indicated that eight weeks of rhythmic aerobic training and CX-WORX significantly increased the expression of the genes ABCG5 ($P=0.001$) and ABCG8 ($P=0.001$), while also decreasing plasma levels of LDL ($P=0.001$), triglycerides ($P=0.001$), and cholesterol ($P=0.001$). Additionally, HDL plasma levels were increased ($P=0.001$) in obese women. To further analyze the results, Tukey's post hoc test was employed to compare the differences between the groups. The statistical results from Tukey's test revealed significant differences in the expression of the ABCG5 and ABCG8 genes, as well as in the plasma levels of LDL, triglycerides, total cholesterol, and HDL between the CX-WORX training group and the rhythmic aerobic training control group ($P=0.001$). However, there were no significant differences observed between the two experimental groups.

Conclusion

The findings of this study suggest that rhythmic aerobic exercise and CX-WORX can serve as effective non-pharmacological and non-invasive methods for preventing and treating obesity-related diseases. These exercises contribute to significant improvements in lipid profiles and the genes associated with them.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: The current study adheres to the ethical principles established by Najaf-Abad Islamic Azad University, following the approved ethics code.: IR.IAU.NAJAFABAD.REC.1402.216

Funding: The research was conducted without any financial resources.

Authors' contribution: All authors contribute equally to the research..

Conflict of interest: No conflict of interest has been declared.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to everyone who assisted us in conducting this research.

تأثیر تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بر بیان ژن های ABCG5/8 و نیمرخ لیپیدی در زنان چاق

سمیرا ثابت راسخ^۱ , الهه یار عرب مومنی^۲ , جمشید بنائی بروجنی^۳ 

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. رایانامه: samirasabetrasekh@yahoo.com
 ۲. نویسنده مسئول، گروه علوم ورزشی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. رایانامه: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir
 ۳. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. رایانامه: jamshid.banaii@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵ کلیدواژه ها: تمرین ورزشی، ABCG5/8، پروفایل لیپیدی، چاقی.	مقدمه: چاقی به تغییرات منفی در پروفایل لیپیدی و ژن های مرتبط با انتقال معکوس کلاسترول منجر می شود. به نظر می رسد انجام تمرینات ورزشی به بهبود این تغییرات کمک کند. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر هشت هفته تمرین هوازی موزون و CX-WORX بر بیان ژن های ABCG5/8 و تغییرات سطوح نیمرخ لیپیدی در زنان چاق بود. روش پژوهش: روش پژوهش حاضر، نیمه تجربی با طرح پیش آزمون - پس آزمون بود. جامعه آماری زنان چاق با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال بودند که از بین آنها ۳۶ نفر به صورت هدفمند انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه تمرین هوازی موزون (۱۲ نفر)، تمرین CX-WORX (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. تمرین هوازی موزون به مدت هشت هفته، هر هفته چهار جلسه و هر جلسه تقریباً ۶۰ تا ۹۵ دقیقه با شدت بین ۵۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب پیشینه اجرا شد. پروتکل برنامه تمرینی CX-WORX هم به مدت هشت هفته با فرکانس سه جلسه در هفته و به مدت ۴۵ دقیقه در روز انجام گرفت. داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS22 تجزیه و تحلیل شد. برای بررسی تفاوت بین گروه ها از روش آماری تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی و برای بررسی تفاوت های درون گروهی از تی همپسته در سطح معناداری $P \leq 0.05$ استفاده شد. یافته ها: یافته ها نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی موزون و CX-WORX موجب افزایش معنادار بیان ژن های ABCG5، ABCG8 و سطوح HDL در زنان چاق شد ($P=0.001$). علاوه بر این، نتایج کاهش معنادار سطوح LDL، تری گلیسیرید و کلسترول را در پی اجرای هر دو برنامه تمرینی در زنان چاق نشان داد ($P=0.001$). نتیجه گیری: بر اساس این نتایج می توان گفت که هر دو مدل تمرین ورزشی موجب تغییرات مثبت در نیمرخ لیپیدی و ژن های دخیل در انتقال معکوس کلاسترول می شوند. بنابراین استفاده از این شیوه های تمرینی برای ایجاد سازگاری فیزیولوژیکی مثبت در افزایش سلامت زنان چاق توصیه می شود.

استناد: ثابت راسخ، سمیرا؛ عرب مومنی، الهه یار؛ بنائی بروجنی، جمشید. مقایسه تأثیر تمرین هوازی موزون و CX-WORX بر بیان ژن های ABCG5/8 و نیمرخ لیپیدی در زنان چاق. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۱۴۰۲؛ ۱۶(۴): ۳۷-۲۳.
 DOI: <http://doi.org/10.22059/jsb.2025.382795.1655>.

دسترسی به این نشریه علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کرییتیو 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

امروزه بسیاری از تحقیقات گزارش کردند که انجام فعالیت‌های ورزشی سبب بهبود وضعیت بدنی و فیزیولوژیکی افراد چاق می‌شود [۱]. طبق آمار سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۲۴، ۳۳/۱۷ درصد افراد دچار چاقی‌اند [۲]. چاقی سبب افزایش سطوح چربی و تغییرات منفی در نیم‌رخ چربی^۱ خون می‌شود [۳]. فعالیت‌های بدنی با کاهش سطوح چربی‌های بد خون مانند لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL)^۲ و تری‌گلیسیرید (TG)^۳ و کلسترول (TC)^۴ و افزایش لیپوپروتئین با چگالی زیاد (HDL)^۵ در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری‌های قلبی-عروقی تأثیرگذارند [۴]. کاهش کلسترول خون از سازگاری‌های مهم و برجسته متعاقب انجام فعالیت‌های بدنی محسوب می‌شود [۵]. افزایش سطح کلسترول سبب تشکیل کریستال‌های کلسترول^۶، تحریک مسیرهای آپوپتوزی^۷، تشکیل اوگری استرول‌های^۸ سمی و اختلال در مناطقی از غشا می‌شود که همگی از موارد اختلال‌زا در سلول هستند [۶].

در واقع سازوکاری که سبب کاهش و انتقال کلسترول خون می‌شود، فرایند انتقال معکوس کلسترول (RCT) تأمیده می‌شود که به حذف کلسترول اضافی منجر می‌شود. RCT از طریق برخی پروتئین‌های غشایی انجام می‌گیرد [۶]. پروتئین‌های ناقل جعبه‌ای متصل‌شونده به آدنوزین تری‌فسفات (ATP) که یک ابرخانواده از پروتئین‌های غشایی و شامل گروه‌های ABCA تا ABCG هستند که مسئولیت اصلی آنها، تسهیل و افزایش RCT است. پروتئین‌های ABCG دارای پنج عضو (ABCG1، ABCG2، ABCG4، ABCG5، ABCG8 و ABCG8) هستند. ژن‌های کدگذارنده ABCG5 و ABCG8 در مجاورت یکدیگر روی کروموزوم 2P21 واقع شده‌اند که جهش و اختلال هریک از این ژن‌ها به انباشت کلسترول و بروز بیماری کروموزی قلب‌آذر افراد به‌خصوص چاق منجر می‌شود. این دو پروتئین در دفع کلسترول اضافی از دیواره‌های عروق کرونر و کاهش کلسترول خون سهیم‌اند و موجب کاهش خطر آرترواسکلروزیس می‌شوند [۷].

برخی تحقیقات نشان داده‌اند که افراد چاق مستعد بروز اختلال در سطوح کلسترول، افزایش LDL، TG و بیان ناقص این دو ژن هستند، به همین دلیل، درصد بروز انواع بیماری‌های قلبی در این افراد چند برابر است [۸، ۹]. از طرفی، برخی پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند که تمرینات ورزشی سبب افزایش بیان ژن ABCG5 و ABCG8 و بهبود نیم‌رخ لیپیدی می‌شود. صادقی و همکاران (۲۰۲۲)، گزارش کردند که هشت هفته تمرینات مقاومتی و استقامتی سبب افزایش بیان ژن ABCG5 و ABCG8 در مردان دارای بیماری کروموزی قلب می‌شود [۱۰]. نتایج پژوهش دیگری نیز، گزارش کرد که تمرینات مقاومتی با شدت بالا و تمرینات استقامتی سبب افزایش بیان ژن‌های ABCG4، ABCG5 و ABCG8 در زنان شد [۱۱]. علاوه بر این، گزارش شده است که تمرینات مقاومتی، استقامتی و ترکیبی در افزایش بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 و کاهش بروز انواع بیماری‌های قلبی-عروقی تأثیرگذارند [۱۲-۱۴]. البته نتایج متناقضی نیز گزارش شده است. برای مثال نشان داده شده است که تمرینات استقامتی تأثیری بر بیان ژن‌های تأثیرگذار بر RCT ندارد [۱۵]. پژوهش دیگری نیز گزارش کرد که تمرینات استقامتی تأثیری بر بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 و کاهش کلسترول ندارد [۱۶].

امروزه از روش‌های جدید و متنوع تمرینی به‌منظور بهبود و افزایش سازگاری‌های ناشی از فعالیت‌های ورزشی در بین اقشار مختلف جامعه استفاده می‌شود [۱۷]. یکی از تمریناتی که در حال حاضر، در حال گسترش است، ورزش سی‌ایکس‌ورک^{۱۳} است. CX-WORX

1. Lipid profiles
2. Low-density lipoprotein
3. Triglycerides
4. Cholesterol
5. High density lipoprotein
6. Cardiovascular diseases

7. Cholesterol crystals
8. Apoptotic
9. Oxysterols
10. Cholesterol reverse transport process

11. (ATP)-binding cassette transporters (ABC-proteins)
12. Coronary heart disease
13. CX-WORX exercises (CX-WORX)

یکی از جدیدترین شیوه‌های تمرینی است که توسط لس میلز معرفی شد که شامل حرکات قدرتی مانند کرانچ، پلانک، اسکات و غیره به منظور تقویت عضلات مرکزی بدن است این تمرینات به منظور به حداکثر رساندن قدرت، افزایش استقامت، بالا بردن پایداری، بالا بردن ثبات، کاهش صدمات و حفظ تحرک به کار می‌روند [۱۸].

این تمرینات در کاهش بروز عوارض ناشی از اضافه وزن و چاقی نیز مؤثرند [۱۹]. با وجود این تحقیقات محدودی در این زمینه انجام شده است. پژوهشی گزارش کرد که این تمرینات در بهبود وضعیت فیزیولوژیکی و افزایش حساسیت به انسولین زنان دارای اضافه وزن تأثیر معناداری داشته است [۲۰]. همچنین یکی دیگر از تمریناتی که امروزه در حال استفاده در بین جامعه است، تمرینات هوازی موزون^۴ است. تمرینات هوازی موزون نوعی از تمرینات هوازی با ریتم موزیکال (حداکثر تا ۱۴۰ ضربه در دقیقه) محسوب می‌شود که در زنجیره‌های مقدماتی چهارتایی انجام می‌گیرد. در این حرکات، فشار نیروی ضربه پا کنترل می‌شود، زیرا همواره یکی از پاها روی زمین قرار دارد. این تمرینات علاوه بر بهبود آمادگی جسمانی، به دلیل همراه بودن با موسیقی موجب افزایش نشاط و شادابی می‌شود [۲۱]. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که این تمرینات با افزایش کارایی قلبی-تنفسی، کاهش فاکتورهای التهابی و افزایش برخی فاکتورهای تأثیرگذار بر سیستم لیپولیزی، در کاهش چاقی و اضافه وزن مؤثرند [۲۲-۲۵].

با توجه به مطالب بیان شده و نتایج محدود و متناقض مطالعات، این پژوهش در صدد پاسخگویی به این پرسش است که آیا تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بر بیان ژن‌های ABCG5/8 و تغییرات سطوح نیم‌رخ لیپیدی در زنان چاق تأثیر دارد یا خیر؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون صورت گرفت. نمونه آماری پژوهش شامل ۳۶ زن با دامنه سنی ۳/۲۹ ± ۲۵/۴۷ (سال)، وزن ۷۶/۶۳ ± ۱۱/۸۲ (کیلوگرم)، قد ۱۵۸ ± ۲/۰۰ (سانتی‌متر)، شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر^۲) ۳۰/۴۵ ± ۱/۰۵، بود که به شکل هدفمند انتخاب شدند. همه آزمودنی‌ها برای ورود به تحقیق دارای معیارهایی چون سلامت عمومی، توانایی قلبی-عروقی، حضور در جلسات تمرینی، پذیرش انجام آزمون‌های مورد نیاز پژوهشی، عدم مصرف دارو، عدم ابتلا به بیماری‌های شدید ارتوپدیک و سلامت روحی کامل، عدم انجام فعالیت منظم ورزشی، عدم سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، کبدی، کلیوی، ریوی و دیابت و معیارهای خروج شامل غیبت بیش از سه جلسه متوالی و غیبت بیش از چهار در کل پژوهش، عدم تمایل شخصی جهت ادامه شرکت در پروتکل پژوهشی بر اساس موازین اخلاقی، وجود آسیب دیدگی در مدت پروتکل پژوهش، بروز برخی بیماری‌ها یا مشکلات مرتبط با سن آزمودنی‌ها مانند افت قند خون حین تمرین یا مشکلات مفصلی-استخوانی بود. در این پژوهش، قد و وزن درحالی که افراد دارای حداقل لباس و بدون کفش بودند با استفاده از ترازو و قدسنج مدل SECA اندازه‌گیری شد. همچنین ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز ترکیب بدن مدل ۷۲۰ ساخت کره جنوبی انجام گرفت.

14. Les Mills

15. Crunch, plank, squat

16. Central muscles of the body

4. Rhythmic aerobic exercises

پروتکل‌های تمرینی

الف) برنامه تمرینات هوازی موزون

برنامه تمرین هوازی موزون شامل سه بخش گرم کردن، بدنه اصلی تمرین (اجرای حرکات ایروبیک در حالت ایستاده به صورت فزاینده: ۳۰ دقیقه) و سرد کردن بود. این برنامه به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۶۰-۹۵ دقیقه انجام گرفت. شدت تمرین از طریق محاسبه ضربان قلب بیشینه با استفاده از ضربان سنج پولار کنترل شد (با استفاده از فرمول سن-۲۲۰ = ضربان قلب بیشینه و در صد ضربان قلب هدف با استفاده از فرمول کارونن). شدت تمرین از ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه در جلسات ابتدایی آغاز شد و با گذشت زمان و رسیدن به هفته‌های انتهایی به ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه رسید [۲۴].

جدول ۱. تمرینات هوازی موزون

هفته	تعداد جلسات	گرم کردن		نوع و تعداد حرکات	زمان (دقیقه)	تعداد ست	شدت HRmax	استراحت بین هرست	سرد کردن (دقیقه)	زمان هر جلسه
		عمومی	اختصاصی							
۱	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۵۰	۳	۱۰	۴۰
۲	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۵۵	۳	۱۰	۴۰
۳	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۶۰	۳	۱۰	۴۰
۴	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۶۵	۳	۱۰	۴۵
۵	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۷۰	۳	۱۰	۴۵
۶	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۷۵	۳	۱۰	۵۰
۷	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۸۰	۳	۱۰	۵۵
۸	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳	۸۵	۳	۱۰	۵۵

ب) پروتکل برنامه تمرین CX-WORX

این برنامه به مدت هشت هفته با تواتر سه جلسه در هفته و به مدت ۴۵ دقیقه در هر جلسه انجام شد. مطابق با تحقیقات گذشته، برنامه تمرینی طبق مراحل زیر انجام گرفت. هر جلسه تمرین شامل ۵ دقیقه گرم کردن اولیه، ۳۰ دقیقه تمرینات CX-WORX و ۵ دقیقه سرد کردن بود. بخش اصلی تمرین شامل قدرت عضلات شکمی ۱، قدرت ایستایی ۱، قدرت عضلات ایستایی ۲، قدرت شکمی ۲ و قدرت شکمی ۳، همچنین حرکاتی مانند کرانچ، پلانک و استفاده از وزنه بود. برنامه تمرین در مجموع از شش مرحله تشکیل شده بود و هشت حرکت از هر مرحله جهت انجام در تحقیق انتخاب شدند که در هفته اول ۴ حرکت از هر مرحله انجام شد (۲۴ حرکت) و در هر هفته یک حرکت به هر مرحله اضافه شد، به گونه‌ای از هفته پنجم هر مرحله با هشت حرکت انجام گرفت [۲۰].

جدول ۲. برنامه تمرینات CX-WORX

هفته	قدرت عضلات شکمی	ایستایی ۱	قدرت ۱	ایستایی ۲	قدرت ۲	قدرت ۳	استراحت بین ست‌ها (ثانیه)	مرحله
اول	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش
دوم	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش
سوم	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳ ست ۱۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش
چهارم	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳۰ ثانیه	شش
پنجم	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳ ست ۱۵ تایی	۳۰ ثانیه	شش
ششم	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش
هفتم	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش
هشتم	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش

به منظور اندازه گیری پروفایل لیپیدی و بیان ژن ها در هر سه گروه، خون گیری توسط کارشناس مجرب علوم آزمایشگاهی در دو مرحله (۴۸ ساعت پیش از شروع پروتکل های پژوهشی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی) انجام شد. بدین ترتیب از تمامی آزمودنی ها درخواست شد که دو روز پیش از نمونه گیری از انجام فعالیت های بدنی سنگین بپرهیزند و ناشتا (۱۲ ساعت) در آزمایشگاه حضور یابند. نمونه خونی به اندازه ۵ سی سی از ورید پیش آرنجی اخذ شد و بلافاصله درون لوله های حاوی EDTA ریخته شد. نمونه خونی در دمای ۴ درجه سانتی گراد، با سرعت ۳۰۰۰ rpm و به مدت ۱۲ دقیقه توسط دستگاه سانتریفیوژ ساخت آلمان مارک هتیچ^۱ سانتریفیوژ شدند. سپس پلاسما و سرم به طور جداگانه در لوله ای علامت گذاری شده، ریخته شده و برای اندازه گیری متغیرهای خونی و بیان ژن ها در فریزر -۳۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد.

برای تخلیص mRNA، سلول های PBMC در نیتروژن مایع قرار داده شدند و به صورت کامل توسط mortar & pestle خرد شدند. برای به دست آوردن mRNA، بافت تخریب شده در بافر RLT هموژنیزه شد و سپس پودر بافت و نیتروژن مایع، در تیوب میکروسانتریفیوژ RNase free، دو میلی لیتر ریخته و اجازه داده شد تا نیتروژن مایع تبخیر شود، تا نفوسیت ها از حالت یخ زدگی خارج نشوند، سپس به مقدار کافی بافر RLT اضافه شد. Lysate مستقیماً به ستون QIAshredder که در تیوب قرار داشت، به مدت دو دقیقه و با سرعت بالا سانتریفیوژ شد. برای سنتز cDNA، ۲۰۰ نانوگرم mRNA با استفاده از پرایمر اولیگو (dT) و کیت مخصوص ارزیابی شد. برای بررسی بیان ژن از روش RT-PCR^۲ استفاده شد. در انتها محصولات PCR الکتروفورز شدند و روی ژل آگارز قرار گرفتند تا عکس های لازم از آنها تهیه شود. در انتها پس از به دست آمدن نتایج با استفاده از دستگاه یووی تک و به دست آوردن مقادیر بتا اکتین برای هر نمونه، عددهای به دست آمده بر مقادیر بتا اکتین برای هریک، تقسیم و حاصل در ۱۰۰ ضرب شد تا مقادیر mRNA مربوط به بیان ژن برای هر نمونه بر اساس درصد به دست آید.

واکنش زنجیره ای پلی مرز با دستگاه BIO RAD (C1000 TM Thermal Cycler) و در پلیت های ۹۶ چاهکی انجام گرفت. برنامه زمانی - گرمایی مراحل PCR در جدول ۴ اشاره شده است. برای سنجش تعداد کپی های ژن هدف و مرجع از روش Pfaffle استفاده شد. اندازه گیری پروفایل لیپیدی شامل TC، TG، LDL و HDL از طریق روش آنزیمی کالریمتری با استفاده از کیت های رندوکس انگلستان با حساسیت ۳/۰ اندازه گیری شد.

جدول ۳. توالی الیگونوکلوئیدی پرایمرها

ژن	Forward primer	Reverse primer
ABCG5	5'-TTCTTGTTGCTGATTTGTGA-3'	TCCA-3'-5'-GGGCAGATGATCAGAG
ABCG8	5'-TGGTTGGTGCTGATTTGTGA-3'	TCCA-3'-5'-GTTTCAAGAGGATCAGAG
18SRNA	GTTGGTTTTTCGGAAGTGGGC	GTCGGCATCGTTTATGGTCG

روش آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده ها، از آزمون شاپیروویلک، برای تعیین نحوه توزیع داده ها، از آزمون لون، برای بررسی همگنی واریانس ها و نرمال بودن داده ها از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه، و از آزمون تعقیبی توکی و آزمون تی همبسته به منظور بررسی تغییرات درون گروهی

^۱. Hettich

^۲. Real time polymerase chain reaction

استفاده شد. تمامی عملیات و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. همچنین حداقل سطح معناداری در این پژوهش $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های سن، قد، وزن، درصد چربی و توده بدن (BMI) آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار متغیرهای سن، وزن، قد، درصد چربی و شاخص توده بدن در سه گروه				
متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون $M \pm SD$	پس‌آزمون $M \pm SD$	سطح معناداری
سن (سال)	تمرینات CX-WORX	$25/83 \pm 3/21$	$25/43 \pm 2/2$	۰/۶
	تمرینات هوازی موزون	$24/83 \pm 3/61$	$24/12 \pm 3/3$	۰/۵۸
	کنترل	$25/75 \pm 3/25$	$25/65 \pm 3/1$	۰/۵۴
قد (متر)	تمرینات CX-WORX	$1/58 \pm 0/021$	$1/58 \pm 0/31$	۰/۶۲۱
	تمرینات هوازی موزون	$1/58 \pm 0/022$	$1/59 \pm 0/06$	۰/۷۱
	کنترل	$1/58 \pm 0/023$	$1/58 \pm 0/18$	۰/۵۴۹
وزن (کیلوگرم)	تمرینات CX-WORX	$76/25 \pm 1/76$	$73/33 \pm 1/66$	۰/۰۲۰ *
	تمرینات هوازی موزون	$76/66 \pm 1/87$	$72/81 \pm 1/37$	۰/۰۰۳ *
	کنترل	$77/00 \pm 1/90$	$77/83 \pm 1/11$	۰/۶۲۵
درصد چربی	تمرینات CX-WORX	$29/45 \pm 1/53$	$26/26 \pm 0/97$	۰/۰۰۶ *
	تمرینات هوازی موزون	$29/35 \pm 1/77$	$25/85 \pm 1/7$	۰/۰۰۳ *
	کنترل	$29/92 \pm 1/09$	$30/10 \pm 0/88$	۰/۵۸
شاخص توده بدن (kg/m^2)	تمرینات CX-WORX	$30/50 \pm 0/80$	$27/87 \pm 1/00$	۰/۰۱۹ *
	تمرینات هوازی موزون	$30/50 \pm 1/30$	$27/57 \pm 1/17$	۰/۰۰۳ *
	کنترل	$30/63 \pm 1/05$	$30/96 \pm 0/88$	۰/۷۲۱

جدول ۵. نتایج آزمون آنوای یکطرفه جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی					
متغیرها	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
ABCG5					
تغییرات درون گروهی	۶۹/۹۴۴	۲	۳۴/۹۸۲	۴۹۳/۰۳۶	*۰/۰۰۱
تغییرات برون گروهی	۲/۳۴۱	۳۲	۰/۰۷۱		
مجموع	۷۲/۲۸۵	۳۵			
ABCG8					
تغییرات درون گروهی	۷۷/۷۴۲	۲	۳۸/۸۷۱	۲۳۶/۷۶۹	*۰/۰۰۱
تغییرات برون گروهی	۵/۴۱۷	۳۲	۰/۱۶۴		
مجموع	۸۳/۱۵۹	۳۵			
LDL					
تغییرات درون گروهی	۲۸۵۰/۷	۲	۱۴۲۵/۳	۲۲/۸۰۹	*۰/۰۰۱
تغییرات برون گروهی	۲۰۶/۲	۳۲	۶۲/۴		
مجموع	۴۹۱۲/۹	۳۵			
TG					

تغییرات درون گروهی	۷۳۸۱/۱۶	۲	۳۶۹۰/۵	۷/۲۵۶	*۰/۰۰۱
تغییرات برون گروهی	۱۶۷۸۴/۸۳	۳۲	۵۰۸/۶۳		
مجموع	۲۴۱۶۶/۹۹	۳۵			
TC					
تغییرات درون گروهی	۶۷۵/۵	۲	۳۳۷۶/۷	۷/۷۸۴	*۰/۰۰۱
تغییرات برون گروهی	۱۴۸۸۳/۴	۳۲	۴۵۱/۰۱		
مجموع	۲۱۶۳۶/۹	۳۵			
HDL					
تغییرات درون گروهی	۱۷/۰۵۶	۲	۸/۵۲۸	۱۶/۳۱۴	*۰/۰۰۱
تغییرات برون گروهی	۱۷/۲۵۰	۳۲	۰/۵۲۳		
مجموع	۳۴/۳۰۶	۳۵			

* $P \leq 0.05$ سطح معناداری

جدول ۵ نشان می‌دهد که که هشت هفته تمرین هوازی موزون و CX-WORX موجب افزایش معنادار بیان ژن‌های ABCG5، ABCG8 و سطوح HDL در زنان چاق شده است ($P=0.001$). علاوه بر این، نتایج این جدول کاهش معنادار سطوح LDL، تری‌گلیسیرید و کلسترول را به دنبال اجرای هر دو برنامه تمرینی در زنان چاق نشان می‌دهد ($P=0.001$). در ادامه برای مقایسه اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

جدول ۶. بررسی نتایج آزمون تعقیبی توکی

متغیرها	گروه یک با گروه دو		گروه یک با گروه سه		گروه دو با گروه سه	
	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P
ABCG5	۰/۳۴۰	۱/۰۰	-۲/۷۷	*۰/۰۰۱	-۳/۱۱	*۰/۰۰۱
ABCG8	۰/۱۵۰	۰/۶۳۷	-۳/۱۹	*۰/۰۰۱	-۳/۰۳	*۰/۰۰۱
LDL	-۵/۷۵	۰/۱۹۱	۲۱/۰۸	*۰/۰۰۱	۱۵/۳۳	*۰/۰۰۱
TG	-۱۴/۵۸	۰/۲۶۷	۳۴/۹۱	*۰/۰۰۱	۲۰/۳۳	*۰/۰۰۱
TC	-۱۵/۱۶	۰/۲۰۲	۳۳/۵۰	*۰/۰۰۱	۱۸/۳۳	*۰/۰۰۱
HDL	۰/۰۸	۰/۹۷۵	-۱/۵۰	*۰/۰۰۱	-۱/۴۱	*۰/۰۰۱

گروه یک: گروه تمرین هوازی موزون - گروه دو: تمرین CX-WORX - گروه سه: کنترل - TG: تری‌گلیسیرید - TC: کلسترول

مطابق جدول ۶، تفاوت معناداری بین گروه‌های تجربی (تمرینات هوازی موزون و تمرینات CX-WORX) با گروه کنترل در بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 و سطوح پلاسمایی LDL، TG، TC و HDL وجود دارد ($P=0.001$)، اما بین دو گروه تجربی تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد هشت هفته تمرینات هوازی موزون و تمرینات CX-WORX سبب افزایش بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8، کاهش سطوح LDL، TG، TC و افزایش سطوح HDL در زنان چاق شد.

نتایج این پژوهش با نتایج کوچیما و همکاران (۲۰۲۴) [۸]، فاضل و همکاران (۲۰۲۲) [۱۰]، سازگار و همکاران (۲۰۲۱) [۱۲]، رحمتی و همکاران (۲۰۲۱) [۱۳]، باقری و همکاران (۲۰۲۰) [۱۱]، رضانی و همکاران (۲۰۱۷) [۱۴] همسو بود. این تحقیقات نشان دادند که در پی تمرینات ورزشی مختلف بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 افزایش می‌یابند. اما یافته‌های این پژوهش با نتایج تحقیقات ناگو و همکاران (۲۰۱۴) [۱۶] و میسنر و همکاران (۲۰۱۰) [۱۵] ناهمسو بود. دلیل نتایج ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر، نوع آزمودنی‌ها و تفاوت‌های فردی بود. افزون بر این جلالی و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که تمرینات تناوبی شدید و استقامتی سبب افزایش بیان ژن ABCG5 می‌شود، اما تأثیر معناداری بر بیان ژن ABCG8 ندارد [۲۶].

پژوهش‌ها نشان داده‌اند یکی از سازوکارهای بیان بیشتر ژن‌های ABCG5 و ABCG8 متعاقب فعالیت‌های ورزشی، افزایش گیرنده‌های هسته‌ای LXR/RXR^۴، خانواده PPAR به‌ویژه PPAR α و همچنین فاکتورهای رونویسی HNF4a^۵ و GATA به‌ویژه GATA-4، GATA-6 و GATA-5 است. گیرنده‌های LXR/RXR با استرول‌های درون سلولی و آگونیست‌های غیراسترولی به‌طور قوی تحریک می‌شوند که در نهایت سبب کاهش انباشت کلسترول می‌شود [۱۰، ۱۱]. فاکتورهای رونویسی HNF4a و GATA نیز با تأثیرگذاری بر روند انتقال کلسترول و تحریک RCT بر کاهش انباشت و تأثیرات تخریبی کلسترول تأثیر می‌گذارد که این تغییرات در بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 تأثیر می‌گذارد [۲۷]. همچنین تحقیقات متعددی بر تأثیر تمرینات ورزشی بر بیان ژن‌های فاکتورهای رونویسی HNF4a و GATA و افزایش روند انتقال کلسترول پرداخته‌اند که نتایج این تحقیقات نشان داد فعالیت‌های ورزشی تأثیر بسزایی بر کاهش کلسترول در افراد می‌شود [۲۸]. این پژوهش‌ها بر تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر تحریک و بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 پرداخته و تأثیر مثبت این فعالیت‌ها را گزارش کرده‌اند [۱۳، ۲۹]. از طرفی با بهبود پروفایل لیپیدی از جمله کاهش LDL، متعاقب فعالیت‌های ورزشی سرکوب فاکتورهای التهابی و پیش‌التهابی ایجاد می‌شود که به بیان ژن‌های تأثیرگذار بر RCT از جمله ABCG8 منجر می‌شود. در واقع با افزایش سطوح HDL و کاهش LDL، گیرنده‌های شبه‌گذرگاهی CD14 و نیز مسیرهای به‌هم‌پیوسته سلولی تحریک می‌شود که در نهایت سبب کاهش تحریک مسیرهای التهابی مانند فاکتور هسته‌ای کاپا-زنجیره سبک-افزایش‌دهنده سلول‌های B فعال شده (NFkB) و سایتوکاین‌های التهابی می‌شود [۱۳]. در نتیجه این فعل و انفعالات بیوشیمیایی افزایش بیان ژن‌های درگیر در تحریک RCT از جمله ABCG5 و ABCG8 بالا می‌روند، پس احتمالاً التهاب که یک عامل بد در افزایش LDL و تری‌گلیسیرید و کاهش HDL است که سبب کاهش بیان ABCG5 و ABCG8 می‌شود و با سرکوب این مکانیزم‌ها، بیان ژن‌های ABCG5 و ABCG8 افزایش می‌یابد که احتمالاً دو مدل تمرین در پژوهش حاضر توانسته این مکانیزم‌ها را فعال کند [۸-۱۰].

همچنین نتایج این نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزون و تمرینات CX-WORX سبب کاهش سطوح پلاسمایی TG، LDL، TC و افزایش HDL در زنان چاق شد. این نتایج با نتایج پژوهش‌های ون و همکاران (۲۰۲۴) [۳۰]، پورمنتظری و همکاران (۲۰۲۴) [۵]، داسیلوا و همکاران (۲۰۲۴) [۳۱]، سان و همکاران (۲۰۲۴)، خواجه‌لندی و همکاران (۲۰۲۴) [۳۲] همسو بود. اما با نتایج حاجی قاسمی و همکاران (۲۰۲۴) [۳۳] همسو نبود. دلیل اختلاف نتایج این پژوهش با نتایج آنها، تفاوت در جنسیت و نوع آزمودنی‌ها بود.

کنترل نیم‌رخ لیپیدی خون یکی از اجزای ضروری و با اهمیت اصلاح شاخص‌های خطر ساز بسیاری از بیماری‌ها مانند قلبی-عروقی است. بدین مفهوم که در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی، کاهش سطح LDL و افزایش HDL خون امری حیاتی است. در واقع غلظت LDL در پلاسما از عوامل خطر در ابتلا به بیماری‌های قلبی هستند و همچنین به‌وسیله آنها می‌توان بیماری‌های قلبی-عروقی را پیش‌بینی کرد [۳۴]. در واقع با افزایش سطوح LDL، فاکتورهای التهابی مانند اینترلوکین ۶، اینترلوکین ۱ و فاکتور تومور نکروزی آلفا افزایش می‌یابند. با افزایش این فاکتورها ناشی از افزایش LDL، تغییرات تخریبی بر روی سلول‌های اندوتلیال آغاز می‌شود که خود آغاز شروع آبشارهای سیگنالینگ درون سلولی جهت بروز بیماری‌های قلبی-

1. Kojima

2. Ngo

3. Meissner

4. LIVER X receptor

5. Hepatocyte nuclear factor 4 alpha

6. GATA-binding factor 1 or GATA-

1

7. Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells

8. Wen

9. da Silva

1. Sun

1. Tumor necrosis factor

0

1

عروقی است [۳۴]. همچنین LDL با فعال کردن مسیر درون سلولی NF-KB^۱ سبب شروع و فعالیت مسیرهای آپوپتوزی مانند BAX یا Bak می‌شود. این تغییرات موجب تخریب سلول‌های اندوتلیال عروق می‌شود که متعاقباً بروز بیماری‌های قلبی عروقی را گسترش می‌دهد [۳۵]. حال با توجه این، انجام تمرینات ورزشی با کاهش سطوح LDL از افزایش این تغییرات تخریبی جلوگیری می‌کند [۳۲]. از دلایل احتمالی کاهش سطوح LDL متعاقب تمرینات ورزشی می‌توان به فعال شدن آدنوزین مونوفسفات کیناز^۲ کبد و بافت چربی است که به مهار سنتز لیپیدها منجر می‌شود، اشاره کرد. اساساً این عمل از طریق غیرفعال کردن آنزیم‌های استیل کوآکربوکسیلاز^۳ فعال کردن آنزیم مالونیل کوآ دکربوکسیلاز^۴ و مهار بیان ژن آنزیم‌های لیپوژنیک مانند اسید چرب سنتتاز انجام می‌گیرد [۳۰، ۳۱]. از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم بررسی آنزیم‌های فوق بود که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده بر روی آن پژوهش‌های گسترده‌ای انجام گیرد.

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد سطوح TG متعاقب هشت تمرینات هوازی موزون و تمرینات CX-WORX در زنان چاق کاهش یافت. برخی تحقیقات گزارش کردند که سازگاری‌های مختلفی به کاهش TG متعاقب انجام انواع فعالیت‌های ورزشی منجر می‌شود که می‌توان به تغییرات آنزیمی و سلولی اشاره کرد. لیپوپروتئین لیپاز آنزیم تجزیه‌کننده TG است که موجب رهائش اسیدهای چرب آزاد از TG جهت تأمین انرژی در طول فعالیت‌های ورزشی می‌شود. بنابراین ارتباط بالایی بین فعالیت LPL و برداشت TG خون وجود دارد [۲۸]. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در پی انجام فعالیت‌های ورزشی و افزایش فعالیت LPL، مقدار TG خون جهت تولید انرژی بالا می‌رود و سطوح آن در خون کاهش می‌یابد [۳۶]. همچنین در اثر انجام فعالیت‌های ورزشی مصرف اکسیژن پس از انجام فعالیت ورزشی بالا می‌رود. این مسئله سبب افزایش استفاده از منابع چربی به‌ویژه تری‌گلیسیرید می‌شود [۳۷]. از طرفی با انجام تمرینات ورزشی، آنزیم‌های بتا‌اکسیداسیون^۵، بایوژنز میتوکندریایی^۶ و انتقال‌دهنده‌های اسیدهای چرب افزایش می‌یابد. مجموعه این عوامل به برداشت منابع چربی به‌ویژه تری‌گلیسیرید از خون منجر می‌شود. از طرفی، تغییرات هورمونی متعاقب تمرینات ورزشی نیز می‌تواند از جمله عوامل کاهشدهنده TG باشد [۳۰]. افزایش هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون شبه‌انسولین^۱ و از طریق مسیر IGF1/4EBP3/P6056K و افزایش کاتکولامین‌ها متعاقب تمرینات ورزشی از طریق مسیر AMPK/PPARY/PGC1a سبب افزایش آنزیم‌های تأثیرگذار بر اکسیداسیون تری‌گلیسیرید می‌شوند [۳۸، ۳۹]. البته از محدودیت‌های این پژوهش عدم اندازه‌گیری مسیرهای سلولی و پایین‌دستی کاتابولیسم تری‌گلیسیریدها بود. از دیگر نتایج این پژوهش افزایش سطوح HDL در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل بود. بررسی تحقیقات نشان می‌دهد در اثر انجام فعالیت‌های ورزشی فعالیت آنزیم لسیتین کلسترول آسیل ترانسفراز^۲ افزایش می‌یابد، این آنزیم سبب افزایش HDL می‌شود. از این رو فعالیت‌های ورزشی با افزایش این آنزیم، احتمالاً می‌توانند محرکی برای افزایش سطوح HDL باشند [۲۸]. از محدودیت‌های این پژوهش، عدم اندازه‌گیری این آنزیم بود که پیشنهاد می‌شود، در پژوهش‌های آینده به تغییرات این آنزیم پرداخته شود.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، انجام هشت تمرینات هوازی موزون و CX-WORX با ایجاد تغییرات تأثیرگذار بر نیم‌رخ لیپیدی و ژن‌های مرتبط با آن، راهکاری غیردارویی و غیرتهاجمی جهت پیشگیری و درمان بیماری‌های مرتبط با چربی خون باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رساله دکتری خانم سمیرا ثابت راسخ رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد است. بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی آزمودنی‌ها که در این تحقیق ما را یاری کردند، ابراز می‌داریم. این تحقیق دارای کد اخلاق به شماره IR.IAU.NAJAFABAD.REC.1402.216 از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد است.

1. Nuclear factor kappa B

2. Adenosine monophosphate kinase (AMPK)

3. Acetyl-CoA carboxylase

4. Malonyl CoA carboxylase

5. Fatty acid synthase

6. Lipoprotein lipase (LPL)

7. Beta oxidation enzymes

8. Mitochondrial biogenesis

9. Fatty acid transporters

10. Lecithin cholesterol acyl transferase (LCAT)

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

References

- [1]. Jakicic, J.M., et al., Physical Activity and Excess Body Weight and Adiposity for Adults. American College of Sports Medicine Consensus Statement. Translational Journal of the American College of Sports Medicine, 2024. 9(4): p. e000266.
- [2]. Lingvay, I., et al., Obesity in adults. The Lancet, 2024. 404(10456): p. 972-987.
- [3]. Alshuweishi, Y., et al., Patterns of Lipid Abnormalities in Obesity: A Comparative Analysis in Normoglycemic and Prediabetic Obese Individuals. Journal of Personalized Medicine, 2024. 14(9): p. 980.
- [4]. Soheilipour, F. and F. Geram, Lipid profile and the frequency of dyslipidemia in Iranian adolescents with severe obesity, who were candidates for bariatric surgery. Obesity Surgery, 2024. 34(2): p. 618-624.
- [5]. Pourmontaseri, H., et al., The effects of aerobic and resistant exercises on the lipid profile in healthy women: a systematic review and meta-analysis. Journal of Physiology and Biochemistry, 2024: p. 1-13.
- [6]. Guo, J., et al., Cholesterol metabolism: Physiological regulation and diseases. MedComm, 2024. 5(2): p. e476.
- [7]. Lakli, M., et al., ABC transporters involved in respiratory and cholestatic diseases: From rare to very rare monogenic diseases. Biochemical Pharmacology, 2024: p. 116468.
- [8]. Kojima, N., et al., Putative Pathogenic Variants of ABCG5 and ABCG8 of Sitosterolemia in Patients With Hyper-Low-Density Lipoprotein Cholesterol. Journal of Lipid and Atherosclerosis, 2024. 13(1): p. 53.
- [9]. Medeiros, A.M., et al., Unraveling the genetic background of individuals with a clinical familial hypercholesterolemia phenotype. Journal of Lipid Research, 2024. 65(2).
- [10]. Sadeghi Fazel, F., et al., The Effect of Combined Training on ABCG5 and ABCG8 in Coronary Artery Bypass Graft Patients. Internal Medicine Today, 2022. 28(3): p. 398-411.
- [11]. Bagheri, R., et al., Effects of High-Intensity Resistance Training and Aerobic Exercise on Expression of ABCG4, ABCG5 and ABCG8 Genes in Female Athletes. Medical Laboratory Journal, 2020. 14(3).
- [12]. Sazegar, M., et al., Effect of a Combined Exercise Program on the Expression of ABCA5 Gene in White Blood Cells of Middle-aged Men After Coronary Artery Bypass Graft Surgery. Internal Medicine Today, 2021. 28(1): p. 86-97.
- [13]. Rahmati-Ahmadabad, S., et al., High-intensity interval training has a greater effect on reverse cholesterol transport elements compared with moderate-intensity continuous training in obese male rats. European journal of preventive cardiology, 2021. 28(7): p. 692-701.
- [14]. Ramezani, Z., S.M. Hejazi, and A. Rashidlamir, The Effect of Eight Weeks Aerobic Exercise on the Atherogenic Ratio and ABCG8 Gene Expression in PBMC Globules of Overweight Women. Iranian Journal of Diabetes and Obesity, 2017. 9(3): p. 95-100.
- [15]. Meissner, M., et al., Voluntary exercise increases cholesterol efflux but not macrophage reverse

- cholesterol transport in vivo in mice. *Nutrition & metabolism*, 2010. 7: p. 1-6.
- [16]. Ngo Sock, E.T., Z. Farahnak, and J.-M. Lavoie, Exercise training decreases gene expression of endo-and xeno-sensors in rat small intestine. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2014. 39(10): p. 1098-1103.
- [17]. Xu, D., et al., A new method proposed for realizing human gait pattern recognition: Inspirations for the application of sports and clinical gait analysis. *Gait & Posture*, 2024. 107: p. 293-305.
- [18]. Kiani, R. and H. Fattahi, Effects of eight weeks of TRX and CXWORX exercises on trunk muscle strength, core endurance, and dynamic balance of female college students. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 2021. 10(2): p. 186-201.
- [19]. Rahnemaye Bahari, S., N. Ghani Zadeh Hesar, and E. Mohammad Ali Nasab Firouzjah, The effect of CX WORX exercises on proprioception and lower limb muscle strength in basketball athletes with trunk defect: A Randomized Controlled Study. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*, 2024. 11(22): p. 103-119.
- [20]. Golzad, M., et al., The effect of eight weeks of CX WORX training on serum levels of Afamin and insulin resistance in overweight women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 2022. 9(2): p. 72-80.
- [21]. Bavlı, Ö., A. Korkutata, and B.B. Günar, Effects of step aerobic exercises on rhythm skill and static balance. *Herkes için Spor ve Rekreasyon Dergisi*, 2024. 6(2): p. 136-140.
- [22]. Nahid Vanarji, Abbas Mehranpour*, Hooman Angorani, Sara Hassani. 2019. The effect of a period of rhythmic aerobic exercise combined with trunk stability exercises on glycemic and anthropometric indices of overweight women. *Quarterly Journal of Research in Sports Sciences and Medicinal Plants* 2, 46-58.
- [23]. Song, M.-J., Effects of Music-based Rhythmic Exercise Program of Upper and Lower Extremities on Lymphedema, Muscle Strength, and Physical Function in Post-mastectomy Women. *Age (year)*, 2024. 52: p. 4.78.
- [24]. Mohammad Famarzi, Seyedeh Maryam Mousavi Ghahfarkhi, Niko Khosravi. 2011. The effect of a low-intensity aerobic training session on changes in CRP levels in elderly women. *Exercise Physiology* 10.
- [25]. Omidreza Arash, Fawad Gadazgar, Omid Zafarmand. 2016. Studying the effect of 8 weeks of low-intensity aerobic training LIA on total plasma homocysteine concentration in elderly men. *Second National Conference of Modern Sciences and Technologies of Iran*.
- [26]. Jalali, S. and M. Jafari, Effects of High Intensity Interval (HIT) versus continuous trainings on ABCG5 and ABCG8 genes expression in male wistar rats after high fat diet. *Research on Medicine*, 2019. 43(4): p. 216-21.
- [27]. Bideyan, L., et al., Hepatic GATA4 regulates cholesterol and triglyceride homeostasis in collaboration with LXRs. *Genes & Development*, 2022. 36(21-24): p. 1129-1144.
- [28]. Franczyk, B., et al., The impact of aerobic exercise on HDL quantity and quality: a narrative review. *International journal of molecular sciences*, 2023. 24(5): p. 4653.
- [29]. Broderick, T.L., et al., Expression of cardiac GATA4 and downstream genes after exercise training in the db/db mouse. *Pathophysiology*, 2012. 19(3): p. 193-203.
- [30]. Wen, Q., et al., Impact of exercise dosages based on American College of Sports Medicine

- [recommendations on lipid metabolism in patients after PCI: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Lipids in Health and Disease*, 2024, 23\(1\): p. 226.](#)
- [31]. Da Silva, G.R., et al., [Effects of Different Physical Training Protocols on Metabolic Syndrome Indicators and the Activity of Butyrylcholinesterase in Adolescents: A Randomized Clinical Trial. *Metabolites*, 2024, 14\(8\): p. 422.](#)
- [32]. Khajehlandi, M. and L. Bolboli, [Protective effect of moderate-intensity endurance training and high-intensity interval training on the cardiac apoptosis in high fat diet fed rats. 2024.](#)
- [33]. Hajighasemi, A., et al., [The Effect of Moderate Resistance Training on Lymphocyte Cells ABCA1 Gene Expression, HDL and LDL in male with Coronary Artery Disease. *Journal of Sport Biosciences*, 2024, 16\(1\).](#)
- [34]. Taylor, R., et al., [Low circulatory levels of total cholesterol, HDL-C and LDL-C are associated with death of patients with sepsis and critical illness: systematic review, meta-analysis, and perspective of observational studies. *EBioMedicine*, 2024, 100.](#)
- [35]. Xing, L., et al., [High-Density Lipoprotein and Heart Failure. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 2023, 24\(11\): p. 321.](#)
- [36]. Wood, G., et al., [Estimating the effect of aerobic exercise training on novel lipid Biomarkers: A systematic review and multivariate meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 2023, 53\(4\): p. 871-886.](#)
- [37]. Teixeira, N., et al., [Moderate-intensity continuous training reduces triglyceridemia and improves oxygen consumption in dyslipidemic apoCIII transgenic mice. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2024, 57: p. e13202.](#)
- [38]. Li, L., et al., [The role of GPR81–cAMP–PKA pathway in endurance training-induced intramuscular triglyceride accumulation and mitochondrial content changes in rats. *The Journal of Physiological Sciences*, 2024, 74\(1\): p. 8.](#)
- [39]. Hughey, C.C., et al., [Exercise training adaptations in liver glycogen and glycerolipids require hepatic AMP-activated protein kinase in mice. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2024, 326\(1\): p. E14-E28.](#)