

The Effect of Eight Weeks of Circuit Body Weight Training with Chitosan Supplementation on Lipid Profile, Inflammatory Markers, and Aerobic Fitness in Obese Male

Mostafa Armanfar^{1✉}, Mahdi Hayati¹

1. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: mostafaarmanfar@yahoo.com
2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: mahdi@gmail.com

Article Info

Article type:

Research

Article history:

Received:

17 May 2024

Received in revised form:

24 July 2024

Accepted:

18 August 2024

Published online:

22 August 2024

Keywords:

Circuit Training,
Chitosan Supplementation,
Lipid Profile,
Inflammation,
Obesity.

ABSTRACT

Introduction: Obesity and overweight caused by the industrial lifestyle and inactivity is an epidemic problem in the contemporary world. By creating a systemic inflammation and disorder in blood lipids, obesity causes chronic disease. Therefore, the present study aimed to determine the effect of eight weeks of circuit bodyweight training (CBWT) with chitosan supplementation on lipid profiles, inflammatory markers, and aerobic fitness in obese men.

Methods: In a quasi-experimental research design, 22 overweight and obese men (age: 25-35 years; fat percentage: 32-37%; body mass index (BMI): 30-35 kg/m²) from Tabriz City were selected and assigned into two Exercise and Exercise-Chitosan groups based on BMI and fat percentage. The CBWT protocol consisted of five 30-minute sessions with 60-90% of heart rate reserve (HRR). CBWT consisted of six exercise stations lasting one minute with 30-40 seconds of rest between each exercise. Also, eight weeks of chitosan supplementation consisted of 500 mg per day in three divided doses which were taken 30 minutes before each main meal. 24 hours before and 48 hours after the last training session, aerobic capacity, lipid, and inflammatory profiles were measured. Data were analyzed using the Analysis of Covariance and independent t-test via SPSS26 software.

Results: Eight weeks of CBWT with and without chitosan supplementation did not cause significant changes in leukocytosis indices (lymphocytes, monocytes, neutrophils, and eosinophils), triglycerides, HDL, and LDL. However, in both groups of exercises with and without chitosan supplementation, the level of CRP decreased significantly and there was no significant difference between the two groups ($P>0.05$). Also, serum cholesterol levels decreased significantly only in the CBWT with the chitosan supplementation group ($P=0.01$).

Conclusion: CBWT along with chitosan supplementation is probably a suitable method to reduce systemic inflammation and improve the lipid profile of obese men.

Cite this article: Armanfar M., Hayati M. The Effect of Eight Weeks of Circuit Body Weight Training with Chitosan Supplementation on Lipid Profile, Inflammatory Markers, and Aerobic Fitness in Obese Male. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 16 (2): 57-70.

DOI: <http://doi.org/0000000000000000>.



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 and overweight caused by the industrial lifestyle and inactivity is an epidemic problem in the contemporary world. Obesity causes chronic disease by creating systemic inflammation and disorder in blood lipids. People worldwide are trying to lose weight in response to a global epidemic of obesity. Lifestyle optimization is the first line of treatment for most patients who are overweight or obese. There is evidence suggesting that certain dietary supplements may be useful in the control and treatment of metabolic syndrome components like obesity. Marketers claim that chitosan-based supplements “trap” or absorb large quantities of dietary fat and inhibit intestinal fat absorption. Therefore, the present study aimed to investigate the effect of eight-week circuit bodyweight training (CBWT) with chitosan supplementation on lipid profiles, inflammatory markers, and aerobic fitness in obese men.

Methods

In a quasi-experimental research design, 22 overweight and obese men (age: 25-35 years; fat percentage: 32-37%; body mass index (BMI): 30-35 kg/m²) from Tabriz City were selected and assigned into two Exercise and Exercise-Chitosan groups based on BMI and fat percentage. The CBWT protocol consisted of five 30-minute sessions with 60-90% of heart rate reserve (HRR). CBWT consisted of six exercise stations lasting one minute with 30-40 seconds of rest between each exercise. Also, eight weeks of chitosan supplementation consisted of 500 mg per day in three divided doses which were taken 30 minutes before each main meal. 24 hours before and 48 hours after the last training session, aerobic capacity, lipid, and inflammatory profiles were

measured. Finally, Analysis of covariance was used to check the presence or absence of a significant difference between the averages of the groups after intervention, and the independent t-test was used to check the between-group differences. The statistical analysis of the obtained data was done via SPSS software version 26 at a significant level of 0.05.

Results

Eight weeks of CBWT with and without chitosan supplementation did not cause significant changes in leukocytosis indices (lymphocytes, monocytes, neutrophils, and eosinophils), triglycerides, HDL, and LDL. However, in both groups of exercises with and without chitosan supplementation, the level of CRP decreased significantly and there was no significant difference between the two groups ($P>0.05$). Also, serum cholesterol levels decreased significantly only in the CBWT with the chitosan supplementation group ($P=0.01$).

Conclusion

CBWT along with chitosan supplementation is probably a suitable method to reduce systemic inflammation and improve the lipid profile of obese men. Thus, Chitosan has been studied as an agent for lowering weight, cholesterol, and blood lipids since it is not well-digested in the human body. Chitosan appears to bond with fatty compounds in the digestive tract, carrying them out in the feces.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This study followed the ethical standards and was approved by the Ethics Committee.

Funding: This study was extracted from the MSc thesis by the first Author. No funding was received for this study.

Authors' contribution: all authors contribute to the study design.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments: We sincerely thank and appreciate all the people who have cooperated in this research.

تأثیر هشت هفته تمرینات دایره‌ای با وزن بدن با مکمل‌سازی چیتوسان بر شاخص‌های نیمرخ لیپیدی، التهابی و آمادگی هوازی مردان چاق

مصطفی آرمان فر^۱، مهدی حیاتی^۲

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mostafaarmanfar@yahoo.com
۲. نویسنده مسئول، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mahdi@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	مقدمه: چاقی و اضافه‌وزن ناشی از شیوه زندگی صنعتی و کم‌تحرک به‌عنوان معضلی همه‌گیر در دنیای معاصر با ایجاد یک التهاب سیستمیک و اختلال در چربی‌های خونی موجب ابتلا به بیماری مزمن می‌شود. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین تأثیر هشت هفته تمرینات دایره‌ای با وزن بدن (CBWT) با مکمل‌سازی چیتوسان بر شاخص‌های نیمرخ لیپیدی، التهابی و آمادگی هوازی مردان چاق انجام گرفت.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۸	روش پژوهش: در یک طرح تحقیق نیمه‌تجربی، ۲۲ مرد دارای اضافه وزن و چاق (سن ۳۵-۲۵ سال؛ درصد چربی ۳۲-۳۷ درصد؛ شاخص توده بدنی ۳۰-۳۵ کیلوگرم بر متر مربع) سطح شهر تبریز انتخاب شدند و بر اساس BMI و درصد چربی در دو گروه تمرین و تمرین-چیتوسان قرار گرفتند. پروتکل تمرینات CBWT شامل پنج جلسه ۳۰ دقیقه‌ای با ۶۰-۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره (HRR) و شش ایستگاه تمرینی مختلف بود که هر تمرین به مدت یک دقیقه با ۳۰ تا ۴۰ ثانیه استراحت بین هر وهله تمرینی انجام گرفت. همچنین هشت هفته مکمل‌سازی چیتوسان شامل دریافت ۵۰۰ میلی‌گرم در روز به‌صورت سه‌وهله‌ای ۳۰ دقیقه قبل از هریک از وعده‌های اصلی بود. ۲۴ ساعت پیش و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی شاخص‌های توان هوازی، نیمرخ لیپیدی و التهابی اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصله با آزمون تحلیل کوواریانس و تی مستقل با نرم‌افزار SPSS26 تجزیه و تحلیل شدند.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳	یافته‌ها: هشت هفته CBWT با و بدون مکمل‌سازی چیتوسان موجب تغییر معناداری در شاخص‌های لکوسیتوز (لنفوسیت، مونوسیت، نوتروفیل و ائوزینوفیل)، تری‌گلیسیرید، HDL و LDL نشده است. با این حال، در هر دو گروه تمرینات با و بدون مکمل‌سازی چیتوسان میزان CRP به‌طور معناداری کاهش یافت و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود نداشت ($P > 0.05$). همچنین تنها در گروه تمرین مکمل‌سازی چیتوسان سطوح کلسترول سرمی به‌طور معناداری کاهش یافت ($P = 0.01$).
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸	نتیجه‌گیری: تمرینات CBWT به‌همراه مکمل‌سازی چیتوسان احتمالاً روش مناسبی برای کاهش سطح التهاب سیستمیک و بهبود نیمرخ لیپیدی مردان چاق است.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱	

کلیدواژه‌ها:

التهاب،

تمرینات دایره‌ای، چاقی.

مکمل‌سازی چیتوسان،

نیمرخ لیپیدی،

استناد: تأثیر هشت هفته تمرینات دایره‌ای با وزن بدن با مکمل‌سازی چیتوسان بر شاخص‌های نیمرخ لیپیدی، التهابی و آمادگی هوازی مردان چاق. نشریه علوم زیستی

ورزشی، ۱۴۰۲؛ ۱۶(۲): ۷۰-۵۷.

DOI: <http://doi.org/000000000000000000000000>

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



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

در حال حاضر ۸۰۰ میلیون نفر با چاقی زندگی می‌کنند که ۳۹ میلیون نفر از آنها کودکان زیر پنج سال و ۳۴۰ میلیون نفر کودکان و نوجوانان بین ۵ تا ۱۹ سال هستند. علاوه بر این، حداقل یک میلیارد نفر بیشتر در معرض خطر اضافه وزن یا چاقی هستند. تأثیر چاقی بر افراد و جامعه با در نظر گرفتن بیماری‌های مزمن ناشی از چاقی (دیابت نوع دو، فشار خون بالا، دیس لیپیدمی، آرتروز و انواع سرطان) و ناتوانی‌های مرتبط با آن مشهود است [۱]. شیوه زندگی کم‌تحرک در دوران مدرن و عصر حاضر موجب قرار گرفتن آحاد مختلف جامعه در معرض ابتلا به بیماری‌های مختلف شده است. رابطه بین سلامتی-بیماری همبستگی مثبتی با اجزای مختلف شیوه زندگی از جمله رژیم غذایی و میزان فعالیت بدنی دارد [۲]. همچنین علت اصلی اضافه وزن و چاقی عدم تعادل انرژی بین کالری دریافتی و مصرف کالری است. در سطح جهان، مصرف غذاهای پرانرژی یا پرچرب افزایش یافته است [۳]. از پیامدهای پاتولوژیکی چاقی، شیوع بیماری‌های قلبی-عروقی و سندروم متابولیک است. سندروم متابولیک با علائمی همچون اختلال چربی‌های خون و اکسیداسیون آنها، افزایش قند خون، چاقی و غلظت‌های نامناسب لیپوپروتئین پرچگال (HDL) و لیپوپروتئین کم‌چگال (LDL) شناخته شده که از عوامل اصلی مرتبط با بیماری‌های قلبی-عروقی است. همچنین نشان داده شده است التهاب عامل اصلی مقاومت به انسولین است در جوامع غربی، مصرف رژیم‌های غذایی پرچرب، خیلی از افراد را در خطر ابتلا به چاقی قرار داده است. چاقی یک بیماری پیچیده چندعاملی است، اما عمدتاً به دلیل مصرف بالاتر انرژی نسبت به میزان مصرف آن است که با ذخیره انرژی مازاد، سلول‌های چربی رشد کرده و چاقی بروز می‌کند [۴]. چاقی با بروز التهاب مزمن در بافت چربی همراه است که از طریق ایجاد مقاومت به انسولین موجب بروز بیماری‌های متابولیک می‌شود. افزایش ترشح عوامل التهابی اصلی‌ترین عامل بروز التهاب خفیف در بافت آدیپوز در شرایط چاقی است. با آغاز روند چاقی مرگ سلول‌های آدیپوز و تجمع ماکروفاژ اغلب در اطراف سلول‌های نکروز شده افزایش می‌یابد [۵]. رژیم غذایی و ورزش از راهکارهای مناسب برای جلوگیری و پیشگیری از چاقی هستند و همچنین دارودرمانی در مواردی توصیه می‌شود. در کل هدف از درمان چاقی و اضافه وزن جلوگیری از پیشرفت سایر بیماری‌ها و افزایش طول عمر و بدون بیماری است [۶]. در این زمینه می‌توان گفت که دیس لیپیدمی (Dyslipidemias) ناشی شیوه زندگی کم‌تحرک و رژیم غذایی نامناسب که به تغییرات نامطلوب در سطوح سرمی لیپوپروتئین‌ها مانند لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) لیپوپروتئین چگالی بالا (HDL)، کلسترول تام و تری‌گلیسیرید (TG) منجر می‌شود که ارتباط مستقیمی با ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی دارد و یک عامل پیش‌بین برای ابتلا به این بیماری‌ها در بزرگسالی است [۷، ۸]. همچنین پروتئین واکنشگر-C (CRP) به‌عنوان حساس‌ترین شاخص التهابی پیشگویی‌کننده خطر قلبی-عروقی معرفی شده است که با استفاده از آن، می‌توان افراد مستعد ابتلا به تصلب شرایین را شناسایی کرد. افزایش غلظت CRP، ۵-۲ برابر خطر حوادث قلبی را بالا می‌برد. همچنین این شاخص در افرادی که دچار سکته قلبی شده‌اند به‌شدت افزایش می‌یابد. افزون بر این تمرین ورزشی ممکن است تأثیرات مفیدی بر بهبود نشانگرهای التهابی در بیماران دیابتی نوع دو، افراد چاق و دارای اضافه وزن و حتی بیماران سرطانی داشته باشد [۹]. فعالیت بدنی بخش مهمی از برنامه کاهش وزن محسوب می‌شود که می‌تواند با کاهش توده چربی همراه باشد. همچنین فعالیت ورزشی منظم می‌تواند بر تعادل بین سایتوکاین‌ها تأثیر بگذارد که با یک تنظیم کاهش نسبی در سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و یک تنظیم افزایشی در تولید سایتوکاین‌های ضدالتهابی همراه است [۱۰]. شواهد فعلی نشان می‌دهد که تمرینات دایره‌ای به‌طور مؤثر وزن بدن و شاخص توده بدن را در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق کاهش می‌دهد [۱۱].

در بین روش‌های مقابله با بروز چاقی و پیامدهای آن اغلب تمرینات هوازی توصیه شده است، اما تمرینات هوازی توصیه شده در بسیاری از پژوهش‌ها به‌صورت تداومی شامل تمرینات دویدن، پیاده‌روی سریع و دوچرخه‌سواری بوده که این شکل از تمرینات با حداقل تنوع تمرینی همراه بوده است که تعهد تمرینی طولانی‌مدت را با خطر مواجه می‌کند. در مقابل، تمرینات دایره‌ای به‌ویژه با وزن بدن و حداقل وسیله به‌عنوان یک روش دارای تنوع تمرینی بالا، قابل اجرا در هر مکان و زمان و نیازمند حداقل تجهیزات و ابزارهای تمرینی پیشنهاد شده است. از سوی دیگر، تمرین دایره‌ای با شدت بالا می‌تواند با کاهش لیپوپروتئین کم‌چگال، توده چربی بدن، افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و لیپوپروتئین پرچگال منجر به اثر محافظتی در برابر بیماری‌های قلبی-عروقی در افراد چاق شود [۱۲]. با توجه به تحقیقات

انجام‌گرفته، می‌توان با ورزش منظم و رژیم غذایی متعادل به کاهش وزن دست یافت. با این حال بسیاری از افراد در سنین بالا به‌دنبال راهی سریع‌تر از مکمل‌های درمانی استفاده می‌کنند [۱۳]. هرچند مکمل‌ها انواع فراوانی دارند، مکمل مورد بحث و تحقیق ما چیتوسان خواهد بود که مولکول زیستی باارزشی است که از بقایای صنایع غذاهای دریایی مثل پوسته میگو استخراج می‌شود. چیتوسان (Chitosan) یک پلی‌ساکارید طبیعی از بقایای گلوکزآمین مشتق از کیتین، دومین بیوپلیمر فراوان روی زمین است که در مرحله اول از اسکلت خارجی سخت‌پوستان یا از دیواره سلولی قارچ‌ها به‌دست می‌آید، چیتوسان از دی‌استیلاسیون کیتین ناشی می‌شود و به‌عنوان مکمل برای کاهش وزن و درمان کمکی برای قند خون، چربی خون، و فشار خون توصیه می‌شود. چیتوسان به‌طور خاص در دستگاه گوارش ما هضم نمی‌شود، چیتوسان متورم می‌شود و با پر کردن فیزیکی معده فرد احساس سیری می‌کند، چیتوسان با مهار فعالیت لیپاز پانکراس می‌تواند جذب چربی غذا را در روده کاهش دهد. علاوه بر این، می‌تواند به چربی بچسبد و در روده‌ها رسوب کند تا اینکه جذب نشود. چیتوسان کاتیونی به گروه‌های کربوکسیل آنیونی اسیدهای چرب و اسیدهای صغراوی متصل می‌شود، همچنین در امولسیون کردن لیپیدهای خنثی مانند کلسترول و سایر استرول‌ها با اتصال آنها با فعل و انفعال آبگریز، تداخل ایجاد می‌کند، بنابراین جذب چربی و کلسترول از دستگاه گوارش کاهش می‌یابد [۱۴]. رسولی جوکار و شاملو (۲۰۲۳) با بررسی تأثیر هشت هفته مکمل چیتوسان (روزانه چهار گرم چیتوسان به‌صورت هشت کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی) و تمرین ترکیبی (تمرین هوازی و مقاومتی) بر فشار خون و پروفایل لیپیدی در زنان مبتلا به فشار گزارش کردند که بیشترین مقدار میانگین فشار خون سیستولی، کلسترول تام در افراد شرکت‌کننده در گروه تمرینات ترکیبی مشاهده شد [۱۴]. بر اساس موارد مذکور، از آنجا که مکمل‌سازی چیتوسان سبب کاهش جذب چربی غذایی می‌شود و در مقابل تمرینات دایره‌ای با وزن بدن موجب افزایش سوخت‌وساز چربی‌ها می‌شود، انتظار می‌رود ترکیب این دو روش تمرینی و غذایی با ایجاد اثر هم‌افزایی سبب بهبود سریع‌تر نیمرخ لیپیدی، ترکیب بدنی و آمادگی هوازی شود. از این‌رو محقق درصدد پاسخگویی به این مسئله خواهد بود که آیا هشت هفته تمرینات دایره‌ای با وزن بدن همراه با مکمل‌سازی چیتوسان می‌تواند بر شاخص‌های التهابی و نیمرخ لیپیدی و آمادگی هوازی در مردان چاق مؤثر باشد؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به‌صورت نیمه‌تجربی و با نمونه داوطلب (در دسترس) و به‌صورت میدانی انجام گرفت. جامعه آماری مردان چاق و دارای اضافه وزن مراجعه‌کننده به برخی باشگاه‌های ورزشی شهر تبریز بودند که در دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال با میانگین شاخص توده بدنی ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع و بالاتر قرار داشتند. از بین آزمودنی‌های تحقیق حاضر افراد مبتلا به عارضه‌های مفصلی از تحقیق حذف شدند و در نهایت ۲۲ نفر به‌عنوان داوطلب حضور در پژوهش در جلسه آشناسازی و تمرینات حضور یافتند که در ابتدا پرسشنامه‌های ارزیابی سلامتی، سابقه پزشکی و یادآمد غذایی ۲۴ ساعته توسط آنها تکمیل شد. سپس افراد منتخب بر اساس درصد چربی و شاخص توده بدنی در دو گروه همگن مکمل+تمرین (۱۱ نفر) و دارونما+تمرین (۱۱ نفر) قرار گرفتند.

پروتکل تمرینات دایره‌ای: پروتکل اصلی تمرین شامل پنج روز در هفته به مدت ۳۰ دقیقه در هر جلسه (سه جلسه تمرین گروهی و دو جلسه تمرین خانگی) با ۶۰ تا ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب (HR) بود. برنامه تمرینی شامل اجرای یک قرارداد تمرین دایره‌ای با استفاده از وزن بدن بود که از شش تمرین مختلف تشکیل شده بود (جدول ۱). هر تمرین به مدت یک دقیقه با ۳۰ تا ۴۰ ثانیه استراحت بین هر وهله تمرینی انجام گرفت و هر جلسه تمرین تقریباً ۳۰ تا ۳۵ دقیقه طول کشید. تمرین خانگی یک فرایند مروری از تمرین گروهی بود.

جدول ۱. پروتکل تمرینات دایره‌ای

مدت زمان تمرین (دقیقه)	گرم کردن و سرد کردن (دقیقه)	مدت زمان استراحت فعال بین ست‌ها (دقیقه)	معادل RPE	مدت زمان هر ست (دقیقه)	شدت فعالیت (درصد HRR)	مدت زمان هر حرکت در ست (ثانیه)	تعداد حرکات در هر ست	تعداد ست در هر جلسه	تعداد جلسات هفتگی	هفته
۳۵-۳۰	۱۰	یک	۱۴-۱۶	۱۰	۶۰-۹۰	۶۰	۶	۲	۳	اول و دوم
۳۵-۳۰	۱۰	یک	۱۴-۱۶	۱۰	۶۰-۹۰	۶۰	۶	۲	۳	سوم و چهارم
۳۵-۳۰	۱۰	یک	۱۴-۱۶	۱۰	۶۰-۹۰	۶۰	۶	۲	۶-۶	پنجم و ششم
۳۰-۳۵	۱۰	یک	۱۴-۱۶	۱۰	۶۰-۹۰	۶۰	۶	۲	۶-۶	هفتم و هشتم

قرارداد تمرین اصلی شامل حرکات ذیل بود: هریک از حرکات ضربه باسن درجا؛ هیزم‌شکن مورب؛ پلانک جک، پرش اسکیت سوار تک پا جانی؛ اسکات، پلانک (حرکات هفته‌های اول و هفتم)، چرخش توپ طبی دور سر؛ جهش توانی؛ هیزم‌شکن چرخشی؛ دویدن کوهنورد؛ لانژ و پلانک (حرکات هفته‌های دوم و هشتم)، پرش زیگزاگ تناوبی، اسکات پا جمع و پاباز؛ راه رفتن کوهنوردی به پهلو، تاب دادن اسکی‌باز؛ اسکات دیوار، پلانک (تمرینات هفته سوم)، پرش جک (حرکت پروانه)، پرش به جلو و عقب، مشت‌زنی، بالای سر بردن توپ طبی، اسکات دیوار، پلانک (حرکت هفته چهارم)، دویدن زانوبلند، راه رفتن کوهنوردی، پرش اسکات جعبه، تمرین ضربه زدن از پهلو؛ پلانک (تمرینات هفته پنجم)، اسکات، لانژ، راه رفتن کوهنوردی از پهلو، پروانه، تمرین ضربه زدن از پهلو، پلانک (تمرینات هفته ششم) توسط آزمودنی‌ها انجام گرفت [۱۵]. همچنین با استفاده از تهیه فیلم، عکس و بروشورهای آموزشی در خصوص نحوه اجرای هریک از حرکات ورزشی سعی شد تا دستورالعمل مناسبی در دسترس هریک آزمودنی‌ها قرار گیرد. شایان ذکر است که پیش از شروع پروتکل تمرینی در طی دو جلسه توجیهی و آشناسازی با تمرینات و نحوه استفاده از ابزارهای مورد نیاز (به‌ویژه ضربان‌سنج پولار مدل M400 ساخت فنلاند) هریک از آزمودنی‌ها با نحوه اجرای تمرینات و کنترل شدت و مدت هریک از فعالیت‌های ورزشی طی جلسه تمرینی آشنا شدند.

ابزارها و روش‌های اندازه‌گیری

وزن و ترکیب بدنی: وزن و ترکیب بدنی با دستگاه بادی آنالایزر شرکت GS7 ساخت چین در حالت ناشتایی، پس از دفع مزاج و با حداقل لباس و بدون کفش در ابتدا و انتهای تحقیق اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت بدنی و رژیم غذایی: برگه مشخصات فردی و پرسشنامه پیشینه بیماری و متر نواری با دقت یک‌دهم سانتی‌متر به‌منظور اندازه‌گیری قد آزمودنی‌ها، زمان‌سنج مدل FLOTT ساخت چین و از مانع مخروط و جعبه پرش برای اجرای تمرینات استفاده شد. برای بررسی رژیم غذایی روزانه از پرسشنامه بسامد مصرف خوراکی (FFQ) استفاده شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار nutritionist IV تجزیه و تحلیل شد [۱۶] و برای ارزیابی فعالیت‌های بدنی خارج از برنامه ورزشی تحقیق شامل حمل و نقل تا محل کار، فعالیت در محل

1. butt kicks

2. Diagonal Chop

3. Skater Jump

4. Halo Slam

5. Power Skip

6. Rotational Chop

7. Running Mountain Climber

8. In and Out Squat

9. Skier Swing

10. Buffy

کار و خانه و اوقات فراغت و همچنین تمرین در خانه از پرسشنامه جهانی فعالیت بدنی (GPAQ) استفاده شد [۱۷]. تمرین در خانه که هفته‌ای دو جلسه بود و همچنین فعالیت خارج از برنامه ورزشی آزمودنی‌ها در ابتدا و انتهای دوره هشت هفته از طریق پرسشنامه بررسی و محاسبه شد. برای کنترل رژیم غذایی آزمودنی‌ها، چهار روز پیش از شروع دوره و تا انتهای کار پرسشنامه‌های ۲۴ ساعته رژیم غذایی گرفته شد و مورد تحلیل قرار گرفت. هشت هفته مکمل‌سازی چیتوسان (با مکمل پیتوسان کارن ساخت ایران) شامل دریافت ۵۰۰ میلی‌گرم در روز به صورت سه‌هفته‌ای ۳۰ دقیقه پیش هریک از وعده غذایی اصلی (صبحانه، نهار و شام) بود.

اندازه‌گیری توان هوازی: از آزمون ۱۲ دقیقه‌ای دویدن کوپر (Cooper) استفاده شد. در این آزمون فرد با حداکثر سرعت ممکن خود به مدت ۱۲ دقیقه می‌دود. مسافت طی شده در زمان ۱۲ دقیقه محاسبه و با توجه به سطح آمادگی فرد تعیین شد.

متغیرهای خونی: نمونه‌های خونی برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی پس از ۸-۱۰ ساعت ناشتایی در دو مرحله پیش از شروع دوره و پس از گذشت هشت هفته از دوره صورت گرفت. در مرحله اول خون‌گیری از همه آزمودنی‌ها خواسته شد تا دو روز پیش از آزمون برای جلوگیری از خستگی، آسیب‌های احتمالی بدنی، داشتن آمادگی کامل بدنی و تأثیر نپذیرفتن آزمایش خون از استرس ایجادشده از طریق ورزش، فعالیت جسمانی سخت انجام ندهند و رژیم غذایی خود را طبق قانونی که از آنها خواسته شده بود، رعایت کنند. در ساعت ۸-۱۰ صبح عمل خون‌گیری انجام گرفت. پس از این مرحله آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته در معرض متغیرهای مستقل قرار گرفتند و پس از سپری شدن این مدت و گذشت ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین مجدداً عمل خون‌گیری انجام گرفت. همچنین سطوح شاخص LDL (حساسیت دو میلی‌لیتر در دسی‌لیتر، ضریب تغییرات ۰/۶۳ درصد) با روش آنزیماتیک و سطوح کلسترول تام (حساسیت سه میلی‌لیتر در دسی‌لیتر، ضریب تغییرات ۱/۴ درصد)، HDL (حساسیت یک میلی‌لیتر در دسی‌لیتر، ضریب تغییرات ۱/۵ درصد) و TG (حساسیت یک میلی‌لیتر در دسی‌لیتر، ضریب تغییرات ۱/۶ درصد) با روش فتومتریک آنزیماتیک با استفاده از کیت‌های شرکت پارس‌آزمون ساخت ایران اندازه‌گیری شد.

روش‌های آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS26 انجام گرفت. آزمون شاپیروویک به منظور بررسی تعیین تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال استفاده شد. در ابتدا پیش از شروع طرح تحقیق تفاوت بین گروهی به منظور اطمینان از نبود تفاوت اولیه صورت گرفت، سپس آزمون T همبسته درون گروهی (تغییرات درون گروهی) و در صورت مشاهده اثر معنادار T همبسته در بیش از دو گروه، مقایسه دلتا و مقایسه بین گروهی دلتا انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش

میانگین و انحراف استاندارد همه شاخص‌های فردی آزمودنی‌ها از جمله سن، وزن، قد، درصد چربی در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های مورد بررسی پیش از شروع مطالعه (تعداد = ۱۱)

متغیر	انحراف استاندارد \pm میانگین	
	چیتوسان + تمرین	کنترل (تمرین)
سن (سال)	۲۷/۴ \pm ۱/۷۷	۲۸/۷ \pm ۵/۴
وزن (کیلوگرم)	۱۰۴/۸ \pm ۱۵/۵	۹۸/۹ \pm ۱۳/۷
قد (سانتی‌متر)	۱/۷۹ \pm ۰/۰۲	۱/۷۹ \pm ۰/۰۶
شاخص توده بدنی (kg/m^2)	۲۲/۳ \pm ۵/۸	۳۱/۴ \pm ۳/۵
درصد چربی	۳۱/۹۵ \pm ۴/۶	۳۰/۵ \pm ۳/۰۳

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که هشت هفته تمرینات با وزن بدن با و بدون مکمل‌سازی چیتوسان موجب تغییر معناداری در شاخص‌های لکوسیتوز و زیرمجموعه‌های آن به‌ویژه لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها، مونوسیت و ائوزینوفیل‌ها به‌صورت درون‌گروهی و بین‌گروهی نشده است ($P > 0.05$). همچنین، در هیچ‌یک از دو گروه مورد مطالعه در میان شاخص‌های نیمرخ لیپیدی تغییرات HDL و LDL به‌صورت درون‌گروهی و بین‌گروهی معنادار نبود ($P > 0.05$). با این حال، در هر دو گروه تمرینات با وزن بدن و تمرین با وزن بدن به‌همراه مکمل‌سازی چیتوسان مقدار پروتئین واکنشگر-C به‌طور معناداری کاهش یافت ($P = 0.001$) و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود داشت ($P = 0.01$).

جدول ۳. شاخص‌های اندازه‌گیری آزمودنی‌ها طی مراحل اندازه‌گیری (هر گروه ۱۱ نفر)

شاخص‌های مورد مطالعه	مرحله	دارونما+تمرین	مکمل+تمرین	تفاوت بین گروهی	معناداری
پروتئین واکنش گر-C (میلی گرم/دسی لیتر)	حالت پایه	۴/۱±۵/۸۴	۳/۸±۶/۰۹	۰/۳	۰/۶
	بعد	*۲/۴۹±۳/۰۶	*۲/۲۵±۲/۷۴	۱/۲۴	۰/۰۴
کلسترول (میلی گرم در دسی لیتر)	حالت پایه	۱۳۱/۵±۲۳/۱۷	۱۳۱/۲±۲۲/۱	۰/۴	۰/۷۱
	بعد	۱۲۸/۸±۱۹/۶۷	#۱۱۱/۲±۱۵/۲۲	۱۷/۶	۰/۰۲
HDL (میلی گرم در دسی لیتر)	حالت پایه	۳۹/۸۰±۵/۰۵	۴۱±۶/۳۹	۱/۲	۰/۸
	بعد	۳۹/۵۰±۵/۴	۴۳/۲۰±۸/۲۸	۲/۷	۰/۴
LDL (میلی گرم در دسی لیتر)	حالت پایه	۷۵/۶۰±۱۷/۱۴	۷۴/۴±۱۴/۳	۱/۲	۰/۷۸
	بعد	۷۶/۷±۱۲/۳۲	۷۶/۸±۱۰/۷۳	۰/۱	۰/۸
TG (میلی گرم در دسی لیتر)	حالت پایه	۹۵/۸۰±۳۲/۵۳	۹۱/۴±۲۶/۶۲	۴/۴	۰/۶۸
	بعد	۹۴/۷۰±۲۰/۴	*۸۳/۲۰±۱۳/۸۳	۱۱/۵	۰/۰۳
لکوسیتوز (سلول در هر میکرولیتر)	حالت پایه	۷/۱ ± ۱/۶۷	۷/۳۴ ± ۰/۸	۰/۳۴	۰/۶
	بعد	۶/۷۷ ± ۰/۷۸	۶/۷۱ ± ۰/۷۵	۰/۶	۰/۹
لنفوسیت‌ها (سلول در هر میکرولیتر)	حالت پایه	۳/۰±۹/۸۲	۴/۰±۱۱/۳۹	۰/۲۱	۰/۸
	بعد	۳/۰±۷۲/۳	۳/۰±۶۴/۳۷	۰/۱۲	۰/۷۸
نوتروفیل (سلول در هر میکرولیتر)	حالت پایه	۱/۰±۲۷/۲	۱/۰±۳۲/۱۲	۰/۰۵	۰/۸۲
	بعد	۱/۰±۲۱/۱۸	۱/۰±۱۱/۱۸	۰/۱	۰/۶۲
مونوسیت (سلول در هر میکرولیتر)	حالت پایه	۰/۰±۴۹/۰۳	۰/۰±۵۴/۰۳	۰/۰۵	۰/۷۱
	بعد	۰/۰±۴۷/۰۲	۰/۰±۴۶/۰۴	۰/۰۲	۰/۸
ائوزینوفیل (سلول در هر میکرولیتر)	حالت پایه	۰/۰±۳۵/۰۱	۰/۰±۳۸/۰۱	۰/۰۳	۰/۸۱
	بعد	۰/۰±۳۲/۰۲	۰/۰±۳۴/۰۲	۰/۰۲	۰/۸۲
آمادگی هوازی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	حالت پایه	۲۹/۱ ± ۲/۱	۳۰/۰۳ ± ۲/۰۵	۰/۹۳	۰/۸۱
	بعد	*۳۵/۰۲ ± ۱/۹۳	*۳۴/۴ ± ۱/۹۳	۰/۸	۰/۷۶

*معناداری نسبت به پیش‌آزمون ($P > 0.05$); #معناداری نسبت به گروه تمرین ($P > 0.05$)

همچنین تنها در گروه تمرینات با وزن بدن به‌همراه مکمل‌سازی چیتوسان سطوح کلسترول سرمی و تری‌گلیسیرید به‌طور معناداری کاهش یافت ($P < 0.05$). افزون بر این آمادگی هوازی در هر دو گروه به‌طور معناداری افزایش یافت و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود نداشت ($P > 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات دایره‌ای با مکمل‌سازی چیتوسان بر شاخص‌های نیمرخ لیپیدی، التهابی و آمادگی هوازی مردان چاق انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که هشت هفته تمرینات با وزن بدن با و بدون مکمل‌سازی چیتوسان موجب تغییر معناداری در شاخص‌های تری‌گلیسیرید، HDL و LDL نشده است. همچنین تنها در گروه تمرینات با وزن بدن به‌همراه مکمل‌سازی چیتوسان سطوح کلسترول سرمی به‌طور معناداری کاهش یافت.

نتیجه تحقیق حاضر با نتایج پژوهش هوانگ و همکاران (۲۰۱۸) که با بررسی تأثیر مکمل‌سازی چیتوسان در ۱۱۰۸ شرکت‌کننده چاق گزارش کردند مکمل‌سازی چیتوسان به‌طور چشمگیری غلظت کلسترول تام در همه بیماران را بهبود بخشید، همراستاست. با این حال، تغییر شایان توجهی در HDL-C و تری‌گلیسیرید مشاهده نشد که با یافته حاضر همسو بود. در همین پژوهش LDL-C نیز بهبود یافته بود که با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو بود [۱۸]. همچنین رسولی جوکار و شاملو (۲۰۲۳) با بررسی تأثیر هشت هفته مکمل چیتوسان (روزانه چهار گرم چیتوسان به‌صورت هشت کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی) و تمرین ترکیبی (تمرین هوازی و پس از آن تمرینات مقاومتی) بر فشار خون و پروفایل لیپیدی در زنان مبتلا به فشار خون بالا گزارش کردند که شاخص‌های فشار خون سیستولیک و کلسترول کل، تری‌گلیسیرید، VLDL، LDL، بهبود معنادار یافت و در شاخص‌های فشار خون دیاستولیک و HDL معنادار نبود و با نتایج پژوهش حاضر مغایر بود و فقط با شاخص HDL که تغییر معناداری نداشت و همچنین کلسترول که در این پژوهش کاهش معناداری داشت، همسو بود [۱۴]. در راستای تبیین سازوکار مکمل‌سازی چیتوسان می‌توان گفت که چیتوسان به‌عنوان کلسیرامین، جذب کلسترول را مهار می‌کند و دفع اسید صفراوی را افزایش می‌دهد. به‌طور متناوب اتصال اسید صفراوی در روده کوچک می‌تواند تشکیل میسل را مختل کند و به کاهش قابلیت حل کلسترول و همچنین مونوگلیسیریدها و اسیدهای چرب و در نتیجه کاهش جذب کلسترول منجر شود. این نتایج مستلزم تحقیقات بیشتر در مدت زمان طولانی‌تر است تا ارزیابی شود که آیا با این راهبرد می‌توان به بهبود مداوم سطوح لیپوپروتئین‌ها دست یافت [۱۹]. در همین زمینه ژیونگ و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر مکمل‌سازی چیتوسان همراه با تمرینات شنا در موش‌های صحرایی گزارش کردند که پس از چهار هفته تمرینات ورزشی شنا همراه با مکمل‌سازی چیتوسان سطح کلسترول تام و لیپوپروتئین با چگالی کم کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر با کاهش کلسترول تام همسو و با LDL ناهمسو است [۲۰].

در این زمینه می‌توان گفت که در طول فعالیت ورزشی و پس از آن، مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها به رفع خستگی عضلانی کمک می‌کند. چیتوسان همچنین فعالیت ضدالتهابی قوی دارد و مانع مسیرهای التهاب می‌شود. چیتوسان بیان ژن آنزیم‌های گلوکوتائین پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش می‌دهد و متابولیت‌ها را غیرفعال می‌سازد و موجب بالا رفتن ظرفیت سم‌زدایی بدن نیز می‌شود [۲۱]. علاوه بر این، چیتوسان از طریق کاهش التهاب، تنظیم هموستاز کلسترول، کاهش مقدار LDL، پراکسیداسیون چربی و افزایش مقدار HDL بر نیمرخ لیپیدی تأثیرات مثبت می‌گذارد. همچنین از طریق فعال‌سازی فرایند گلیکولیز و مهار گلیکوتئوژنز در هموستاز گلوکز نیز تأثیر دارد و با افزایش بتا‌اکسیداسیون و مهار فعالیت اسید چرب سنتتاز موجب کاهش ذخیره چربی در بدن و مانع جذب شدن شاخص LDL می‌شود.

برخی تحقیقات حاکی از تأثیر مثبت مکمل‌های غذایی در جهت کاهش استرس اکسیداتیو است [۲۲]. همچنین باید گفت که چیتوسان مانند سایر فرم‌های فیبر، کیتوزان قابل هضم نیست و از درون سیستم گوارشی بدون جذب شدن عبور می‌کند. به‌نظر می‌رسد تمرینات ورزشی و مکمل دارویی می‌تواند بر وضعیت التهابی، استرس اکسایشی و عملکرد آنان تأثیرگذار باشد، اما هنوز مجموع پژوهش‌های انجام‌گرفته اطلاعات جامعی از چگونگی شرایط تمرینی مؤثر یا مؤثرتر ارائه نداده‌اند. از طرفی طبق نتایج مقالات و پژوهش‌های علمی، چیتوسان به‌سبب وجود مواد مؤثر در ترکیب خود، موجب کاهش آسیب اکسایشی، التهاب و اختلالات شناختی و بهبود نیمرخ لیپیدی می‌شود [۲۳]. همچنین در این زمینه می‌توان گفت که LDL مسئول رسوب کلسترول در دیواره سرخرگ است و HDL به‌عنوان پاک‌کننده کلسترول از دیواره سرخرگ، کلسترول را از دیواره سرخرگ کنده و آن را برای متابولیسم شدن به کبد منتقل می‌کند. به‌علت این نقش‌های کاملاً متفاوت، شناخت مقادیر هر کدام از این لیپوپروتئین‌ها برای تعیین سطح خطر چاقی و اضافه وزنی ضروری است. از نظر سازوکارهای

درگیر در روند کاهش مقدار LDL می‌توان گفت اجرای فعالیت‌های ورزشی موجب افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز و کاتابولیسم لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسیرید می‌شود. یکی دیگر از علل مهم افزایش لیپولیز، تحریک گیرنده‌های بتا‌آدرنژیک است که در تمرین هوازی کاهش می‌یابد و در نهایت به افزایش لیپولیز منجر می‌شود که سبب می‌شود مقدار کلسترول غیراستریفیه ذرات LDL افزوده شود و از مقدار پروتئین این ذرات کاسته شود. شناخت کامل سازوکارهای درگیر در کاهش روند اکسیداسیون LDL و پس از انجام فعالیت‌های هوازی هنوز در پرده ابهام باقی مانده است. با این حال گفته شده است که با افزایش فعالیت بدنی افراد، اکسیژن مصرفی عضلانی برای سوخت‌وساز و اکسیداسیون افزایش می‌یابد و با توجه به اینکه برداشت و اکسیداسیون LDL پلاسمایی وابسته به میزان است (راه غیراختصاصی اکسیداسیون LDL)، بنابراین افزایش برداشت LDL برای اکسیداسیون از طریق افزایش اکسیژن مصرفی عضلانی و گیرنده‌های اختصاصی، اکسیداسیون LDL به صورت غیراختصاصی کاهش می‌یابد، از این طریق سبب کاهش حالت آتروژنی LDL می‌شود. درحالی‌که برخی پژوهشگران معتقدند که تمرینات ورزشی اگر با کاهش رژیم غذایی یا کاهش وزن همراه باشند، به ندرت بر مقادیر چربی‌ها به ویژه LDL و TC می‌تواند اثرگذار باشد، اما تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی مستقل و صرف نظر از اثر روی وزن می‌تواند بر نیمرخ لیپیدی خون تأثیر مطلوب بگذارد. برخی محققان هم معتقدند کاهش وزن (کاهش درصد چربی) برای اثرگذاری تمرین بر چربی‌های خون مهم است، ولی کاهش وزن الزاماً تغییرات در لیپوپروتئین‌های پلازما نیست؛ افزون بر این تمرینات هوازی و قدرتی بر نیمرخ لیپیدی به ویژه HDL در افرادی که مقدار طبیعی و نرمال از TG دارند، تأثیر زیادی نخواهد داشت. به عبارتی، تمرین بیشتر نیمرخ لیپیدی افرادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که از مقدار پایه TG، LDL بالاتر یا HDL پایین تری برخوردار باشند [۲۴].

مقایسه نتایج بررسی‌ها پژوهش حاضر نشان داد که همراه کردن تمرین با مصرف مکمل چیتوسان در کاهش تری‌گلیسیرید مؤثرتر است، ولی اعمال تمرین به تنهایی بیشترین نقش را در کاهش تری‌گلیسیرید دارد. از عوامل احتمالی تأثیرگذار در کاهش تری‌گلیسیرید اثر فعالیت بدنی، بالا بودن نسبی مقدار اولیه آن در آزمودنی‌های پژوهش حاضر بوده است. علاوه بر آن گفته می‌شود که مقادیر پایه تری‌گلیسیرید احتمالاً شاخص خوبی برای اثر معنادار فعالیت بدنی در تنظیم غلظت تری‌گلیسیرید پلازما باشد. افرادی که داری مقادیر پایین HDL همراه با مقدار تری‌گلیسیرید بالا هستند، نشان داده شده که تأثیر فعالیت بدنی بر چربی‌های پلازما در آنها بیشتر بوده است. بنابراین تغییرات تری‌گلیسیرید و کلسترول احتمالاً ناشی از بهبود سازوکار برداشت و مصرف آنها در بافت عضله در اثر تمرین است [۲۵]. در تحقیقات انجام گرفته در خصوص اثر چیتوسان روی غلظت پروفایل‌های لیپیدی در رژیم هیپرکلسترولمیک، کاهش در مقدار کلسترول، تری‌گلیسیرید و LDL مشاهده شده است و بدین ترتیب چیتوسان را در ردیف یک عامل آنتی‌هیپرلیپیدمیک خوب معرفی می‌کند. کاهش کلسترول، LDL و تری‌گلیسیرید را می‌توان ناشی از فیبر موجود در چیتوسان یا تأثیر اسیدهای چرب غیراشباع دانست. فیبر موجود در چیتوسان احتمالاً با اتصال به کلسترول موجود در رژیم غذایی از جذب کلسترول از گوارش جلوگیری می‌کند و از این طریق موجب کاهش کلسترول و LDL می‌شود [۲۶]. محققان معتقدند که مقادیر طبیعی لیپیدی پیش از تمرین سبب می‌شود تا تغییرات ایجادشده بر اثر ورزش چشمگیر نباشد و بیشترین بهبود ایجادشده در پروفایل لیپیدی در افرادی مشاهده می‌شود که مقادیر لیپیدی بالایی داشته باشند. فعالیت بدنی هوازی به همراه مصرف مکمل چیتوسان اکسیداسیون چربی کل بدن را در بافت چربی و عضلانی افزایش می‌دهد که به کاهش تری‌گلیسیرید منجر می‌شود. در این خصوص راجاماند و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات هوازی به همراه مکمل سازی چیتوسان (۵۰۰ میلی‌گرم در روز) در زنان سالم دارای اضافه وزن و چاق کم‌تحرک گزارش کردند که کاهش وزن، سطح قند خون ناشتا و افزایش سطوح در گردش HDL روی داده است [۲۷]. با این حال، نتایج تحقیق ریزو و همکاران (۲۰۱۳) با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. آنها اثر چیتوسان را بر لیپوپروتئین‌های مردان سالمند با سطح تری‌گلیسیرید بالای ۱۵۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و مصرف روزانه ۱۲۵ میلی‌گرم چیتوسان در روز به مدت چهار ماه بررسی کردند. نتیجه این تحقیق با افزایش معناداری در HDL-C و کاهش معناداری در تری‌گلیسیرید و LDL-C همراه بود که با تحقیق حاضر ناهمسو بود. اما در این پژوهش کلسترول تام هشت درصد کاهش داشت که با پژوهش حاضر همسوست [۲۸].

در هر دو گروه تمرینات با وزن بدن و تمرین با وزن بدن به همراه مکمل‌سازی چیتوسان میزان پروتئین واکنشگر-C به‌طور معناداری کاهش یافت و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود نداشت. محدودیت انرژی و کاهش وزن در افراد چاق با کاهش غلظت CRP پلاسما مرتبط است. سازوکار دقیق ضدالتهابی چیتوسان در کاهش غلظت سرمی CRP به‌طور کامل شناخته نشده است. سنتز CRP توسط کبد تا حد زیادی از طریق سیتوکین IL-6 و تا حدی کمتر توسط سایر سایتوکین‌ها تنظیم می‌شود [۲۹]. علاوه بر این، بافت چربی به‌عنوان یک منبع اضافی برای CRP شناخته شده است [۳۰]. بنابراین کاهش غلظت IL-6 سرم ممکن است تا حدی دلیل کاهش غلظت سرمی CRP باشد که در تحقیق آنتونا و همکاران (۲۰۰۸) و مآچی و همکاران (۲۰۰۴) به‌دست آمده است [۳۱، ۳۲]. افزون بر این امام‌دوست و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای با شدت‌های مختلف (شدت پایین، متوسط و بالا) بر عوامل التهابی و ضدالتهابی در مردان چاق گزارش کردند که هر سه نوع تمرین مقاومتی دایره‌ای موجب کاهش معنادار سطوح IL-1 β و افزایش معنادار سطوح IL-10 در مردان چاق شد. کاهش IL-1 β در گروه تمرین شدت بالا نسبت به گروه‌های تمرین شدت پایین و شدت متوسط معنادار بود. همچنین افزایش سطوح IL-10 در گروه تمرین شدت بالا نسبت به گروه تمرین شدت پایین و گروه تمرین شدت متوسط نسبت به گروه تمرین شدت پایین معنادار بود [۳۳]. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که آمادگی هوازی (VO_{2max}) پس از هشت هفته تمرین دایره‌ای با و بدون مکمل‌سازی چیتوسان به‌طور معناداری افزایش یافت و تفاوت معناداری بین دو گروه وجود نداشت که در راستای نتایج تحقیقات اولیویرا و همکاران (۲۰۲۱) و جونسدوتیر و همکاران (۲۰۲۲) است [۳۴، ۳۵]. برای مثال جونسدوتیر و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی تأثیر مکمل‌سازی چیتوسان بر سطح لاکتات، میزان استفاده از چربی و استقامت قلبی-عروقی در مردان و زنان جوان فعال گزارش کردند که مکمل‌سازی چیتوسان تأثیر معناداری بر VO_{2max} ندارد، اما از طریق افزایش استفاده از چربی و برگشت به حالت اولیه سریع لاکتات تولیدی موجب بهبود استقامت قلبی-عروقی شده است [۳۵]. همچنین ون باک و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی مرور سیستماتیک و متآنالیز تأثیر انواع مختلف ورزش منظم بر آمادگی جسمانی بزرگسالان دارای اضافه وزن یا چاقی نشان دادند که در مقایسه مستقیم، کارایی تمرینات تناوبی شدید به‌صورتی که در تحقیق حاضر استفاده شده است، در بهبود VO_{2max} بیشتر از تمرین هوازی و مقاومتی است [۳۶].

به‌طور کلی، بر اساس نتایج تحقیق حاضر هشت هفته تمرینات دایره‌ای با وزن بدن به همراه مکمل‌سازی چیتوسان موجب کاهش معنادار سطوح سرمی CRP شد. همچنین تنها در گروه تمرینات با وزن بدن به همراه مکمل‌سازی چیتوسان سطوح کلسترول سرمی به‌طور معناداری کاهش یافت. افزون بر این آمادگی هوازی در هر دو گروه به‌طور معناداری افزایش یافت.

کاربردهای عملی

بر اساس نتایج تحقیق حاضر توصیه می‌شود که از تمرینات با وزن بدن همراه با مکمل‌سازی چیتوسان به‌منظور بهبود نیمرخ لیپیدی (به‌ویژه کاهش سطح کلسترول تام)، کاهش التهاب ناشی از چاقی به‌واسطه کاهش سطوح CRP سرمی و نیز بهبود آمادگی هوازی استفاده شود.

تقدیر و تشکر

این پژوهش حاصل طرح پایان‌نامه در دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه اسوه تبریز است. از همه افرادی که در این پژوهش همکاری کردند، تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

حامی / حامیان مالی

منابع مالی این طرح پژوهشی توسط نویسندگان تأمین شده است.

مشارکت نویسندگان

همه مؤلفان مجری و همکار طرح نسخه نهایی مقاله را خوانده و تأیید کرده‌اند.

تعارض منافع

مؤلفان اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تألیف و انتشار این مقاله ندارند.

References

- [1].Butland B, Jebb S, Kopelman P, McPherson K, Thomas S, Mardell J, et al. Foresight. Tackling obesity: future choices. Project report. Foresight Tackling obesity: future choices Project report. 2007.
- [2].Galgani JE, Fernández-Verdejo R. Pathophysiological role of metabolic flexibility on metabolic health. *Obesity Reviews*. 2021;22(2):e13131.
- [3].Ludwig DS, Ebbeling CB. The carbohydrate-insulin model of obesity: beyond “calories in, calories out”. *JAMA internal medicine*. 2018;178(8):1098-103.
- [4].Hernández Guerrero CÁ, Chávez-Carbajal A, Nirmalkar K, Pérez Lizaur AB, Hernández Quiroz F, Ramírez del Alto S, et al. Gut Microbiota and Predicted Metabolic Pathways in a Sample of Mexican Women Affected by Obesity and Obesity Plus Metabolic Syndrome. 2019.
- [5].Banerjee A, Ghosh S, Ghosh M. Anti-oxidative effect of turmeric on frying characteristics of soybean oil. *Journal of food science and technology*. 2015;52:1760-5.
- [6].Feingold K, Grunfeld C. Introduction to lipids and lipoproteins. MDText. com, Inc. 2021.
- [7].Shoar S, Ikram W, Shah AA, Farooq N, Gouni S, Khavandi S, et al. Non-high-density lipoprotein (non-HDL) cholesterol in adolescence as a predictor of atherosclerotic cardiovascular diseases in adulthood. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2021;22(2):295-9.
- [8].Hajian-Tilaki K, Heidari B, Bakhtiari A. Triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol and low-density lipoprotein cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol ratios are predictors of cardiovascular risk in Iranian adults: Evidence from a population-based cross-sectional study. *Caspian journal of internal medicine*. 2020;11(1):53.
- [9].Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK. The impact of exercise training on inflammatory markers in postmenopausal women: A systemic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*. 2021;150:111398.
- [10].Seyedahmadi M, Razi MJ, Akbari H. Prevalence of sports injuries and related causes among male students aged 7–15 years in Yazd, Iran, 2022. *Novelty in Clinical Medicine*. 2023;2(4):180-6.
- [11].Seo YG, Noh HM, Kim SY. Weight loss effects of circuit training interventions: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2019;20(11):1642-50.
- [12].Qorbani Ganjeh Z, Gholami M, Nikbakht H. Effect of resistance training with different intensities on adiponectin and lipid profiles in overweight women. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019;8(4):47-55.
- [13].Lubowiecki-Vikuk A, Król-Zielińska M, Kantanista A. Consumption of dietary supplements to support weight reduction in adults according to sociodemographic background, body mass index, waist-hip ratio, body fat and physical activity. *Journal of Health, Population and Nutrition*. 2019;38:1-7.
- [14].Rasuli Jokar E, Shamlou Kazemi S. Effect of Eight-Weeks Chitosan Supplementation and Combined Exercise on the Blood Pressure and Lipid Profile of Women With Hypertension. *Journal of Sport Biosciences*. 2023;15(1):37-46.
- [15].Seo Y-G, Lim H, Kim Y, Ju Y-S, Lee H-J, Jang HB, et al. The effect of a multidisciplinary lifestyle intervention on obesity status, body composition, physical fitness, and cardiometabolic risk markers in children and adolescents with obesity. *Nutrients*. 2019;11(1):137.
- [16].Dao MC, Subar AF, Warthon-Medina M, Cade JE, Burrows T, Golley RK, et al. Dietary assessment

toolkits: an overview. *Public health nutrition*. 2019;22(3):404-18.

- [17].Rudolf K, Lammer F, Stassen G, Froböse I, Schaller A. Show cards of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)–do they impact validity? A crossover study. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1-10.
- [18].Huang H, Zou Y, Chi H, Liao D. Lipid-Modifying Effects of Chitosan Supplementation in Humans: A Pooled Analysis with Trial Sequential Analysis. *Molecular nutrition & food research*. 2018;62(8):1700842.
- [19].Ausar S, Morcillo M, León A, Ribotta P, Masih R, Vilaro Mainero M, et al. Improvement of HDL- and LDL-cholesterol levels in diabetic subjects by feeding bread containing chitosan. *Journal of Medicinal Food*. 2003;6(4):397-9.
- [20].Xiong Y, Li X, Xiong M, Vikash S, Liu P, Wang M, et al. Chitosan combined with swimming promotes health in rats. *International journal of biological macromolecules*. 2018;118:2092-7.
- [21].Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Peeri M, Agha-Alinejad H, Stannard S. The effect of progressive resistance training on oxidative stress and antioxidant enzyme activity in erythrocytes in untrained men. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23(3):230-8.
- [22].Alizadeh M, Shahrbanian S, Hackney AC. Comparison of the effects of 12 weeks of three types of resistance training (traditional, circular and interval) on the levels of neuregulin 4, adiponectin and leptin in non-athletic men with obesity. *Archivos de medicina del deporte: publicacion de la Federacion Espanola de Medicina del Deporte*. 2021;38(6):389.
- [23].Sarkar S, Debnath M, Das M, Bandyopadhyay A, Dey SK, Datta G. Effect of high intensity interval training on antioxidant status, inflammatory response and muscle damage indices in endurance team male players. *Apunts Sports Medicine*. 2021;56(210):100352.
- [24].Poon ET-C, Little JP, Sit CH-P, Wong SH-S. The effect of low-volume high-intensity interval training on cardiometabolic health and psychological responses in overweight/obese middle-aged men. *Journal of Sports Sciences*. 2020;38(17):1997-2004.
- [25].Pramono A, Jocken JW, Blaak EE, van Baak MA. The effect of vitamin D supplementation on insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes care*. 2020;43(7):1659-69.
- [26].Tong AJ, Hu RK, Wu LX, Lv XC, Li X, Zhao LN, et al. Ganoderma polysaccharide and chitosan synergistically ameliorate lipid metabolic disorders and modulate gut microbiota composition in high fat diet-fed golden hamsters. *Journal of food biochemistry*. 2020;44(1):e13109.
- [27].Rajamand N, Tartibian B, Tayebi SM. Acute Response of Muscular Damage Biomarkers after HIFT Exercise in Overweight Men. *New Approaches in Exercise Physiology*. 2023;5(9).
- [28].Rizzo M, Giglio RV, Nikolic D, Patti AM, Campanella C, Cocchi M, et al. Effects of chitosan on plasma lipids and lipoproteins: a 4-month prospective pilot study. *Angiology*. 2014;65(6):538-42.
- [29].Papanicolaou DA, Wilder RL, Manolagas SC, Chrousos GP. The pathophysiologic roles of interleukin-6 in human disease. *Annals of internal medicine*. 1998;128(2):127-37.
- [30].Lau DC, Dhillon B, Yan H, Szmitko PE, Verma S. Adipokines: molecular links between obesity and atherosclerosis. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2005;288(5):H2031-H41.
- [31].Antuna-Puente B, Feve B, Fellahi S, Bastard J-P. Adipokines: the missing link between insulin resistance and obesity. *Diabetes & metabolism*. 2008;34(1):2-11.
- [32].Maachi M, Pironi L, Bruckert E, Jardel C, Fellahi S, Hainque B, et al. Systemic low-grade

inflammation is related to both circulating and adipose tissue TNF α , leptin and IL-6 levels in obese women. *International journal of obesity*. 2004;28(8):993-7.

- [33].Emamdoost S, Abbassi Daloui A, Barari A, Saeidi A. The effect of different intensity circuit resistance training on inflammatory and anti-inflammatory markers in obese men. *Tehran University Medical Journal*. 2020;78(9):598-605.
- [34].Oliveira-Junior SA, Boullosa D, Mendonça ML, Vieira LF, Mattos WW, Amaral BO, et al. Effects of circuit weight-interval training on physical fitness, cardiac autonomic control, and quality of life in sedentary workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(9):4606.
- [35].Jónsdóttir AR. Effects of the fiber supplement LipoSan Ultra on cardiorespiratory endurance, fat utilization, and lactic acid production and recovery in athletes 2022.
- [36].Van Baak MA, Pramono A, Battista F, Beaulieu K, Blundell JE, Busetto L, et al. Effect of different types of regular exercise on physical fitness in adults with overweight or obesity: Systematic review and meta-analyses. *Obesity Reviews*. 2021;22:e13239.