Sadra Med. Sci. J. 2024; 12(3): 330-340.

Sadra Medical Sciences Journal

https://smsj.sums.ac.ir/

Original Article

The Synergistic Intervention of Submaximal Aerobic Exercise and Flaxseed Oil Supplementation on Gene Expression of Adiponectin and Omentin-1 Hormones in Visceral Adipose Tissue of Obese Male Wistar Rats

Mahmood Amani[1], MSc; Farzad Nazem[2*], PhD; Hossein Saki[3], PhD

[1]Master of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2]Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[3]PhD in Sport Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article Information

Article History:
Received: July 23, 2023
Accepted: Oct. 15, 2023

***Corresponding Author:**
Farzad Nazem
Department of Exercise Physiology, Sports Sciences Faculty, Hamedan Bu ali Sina University, Iran
Email: f.nazem@basu.ac.ir

Abstract

Introduction: Omentin-1 is a newly discovered adipokine often secreted from visceral adipose tissue and is inversely related to obesity. Additionally, the adipocyte-specific protein adiponectin plays a significant role in the metabolic effects of obesity. This study aimed to investigate the interventions of submaximal aerobic exercise and flaxseed oil supplementation on the expression of adiponectin and omentin-1 hormone genes in obese rats.

Methods: Thirty laboratory rats were divided into five equal groups: a) a control group (with normal food consumption), and four groups with high-fat food consumption including b) linseed oil supplement, c) a submaximal exercise program, d) a combination of exercise intervention and flax oil supplement, and e) sham group (high-fat diet). An aerobic training program of running with an intensity equal to 55-70% vo2max was implemented five days a week for eight weeks. The intervention of linseed oil, one gram per kilogram of the weight of obese rats, was also administered to the rats five days a week for eight weeks.

Results: The exercise program intervention increased the gene expression of adiponectin and omentin-1 hormones in visceral white adipose tissue of obese rats ($P<0.05$). Flaxseed oil supplementation had a significant effect on the expression of the adiponectin hormone gene ($P<0.05$), but there was no change in the expression of the omentin-1 gene ($P>0.05$). However, the simultaneous intervention of independent variables significantly affected the gene expression of adiponectin and omentin-1 hormones in rats ($P<0.05$).

Conclusion: The simultaneous intervention of submaximal aerobic exercise and linseed oil supplementation has a more pronounced effect than either of the two independent variables on increasing the expression of adiponectin and omentin-1 genes, and it likely leads to the control of body weight in obese rats.

Keywords: Obesity, Rats, Exercise, Linseed oil, Omentin-1, Adiponectin

Please cite this article as:
Amani M, Nazem F, Saki H. The Synergistic Intervention of Submaximal Aerobic Exercise and Flaxseed Oil Supplementation on Gene Expression of Adiponectin and Omentin-1 Hormones in Visceral Adipose Tissue of Obese Male Wistar Rats. Sadra Med. Sci. J. 2024; 12(3): 330-340.

Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License.

دوره ۱۲، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۳۳۰-۳۴۰

مجله علوم پزشکی صدرا

https://smsj.sums.ac.ir/

مقاله پژوهشی

مداخله هم‌افزایی ورزش هوازی زیر بیشینه و مکمل روغن کتان بر بیان ژن هورمون‌های آدیپونکتین و امنتین-۱ بافت چرب احشایی رت‌های نر ویستار چاق شده

محمود امانی[۱]، فرزاد ناظم[۲*]، حسین ساکی[۳]

[۱]کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۲]استاد فیزیولوژی کار و ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۳]دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

***نویسنده مسئول:**
فرزاد ناظم
گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، بلوار شهید احمدی روشن، همدان، ایران
پست الکترونیکی: f.nazem@basu.ac.ir

چکیده

مقدمه: امنتین-۱، آدیپوکاین جدیدی است که اغلب از بافت چربی احشایی ترشح شده و با چاقی ارتباط وارونه دارد. همچنین پروتئین اختصاصی آدیپوسیت آدیپونکتین، نقش برجسته در اثرات متابولیک چاقی ایفا می‌کند. هدف این مطالعه، مداخلات ورزش هوازی زیر بیشینه و مکمل روغن کتان، بر بیان ژن‌های هورمون آدیپونکتین و امنتین-۱ رت‌های چاق بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۳۰ سر رت آزمایشگاهی در ۵ گروه برابر شامل الف) گروه کنترل با مصرف غذای نرمال و چهار گروه با مصرف غذای پرچرب شامل ب) مکمل روغن کتان، ج) برنامه ورزش زیر بیشینه، د) ترکیب مداخله ورزشی و مکمل روغن کتان، هـ)گروه شم (رژیم غذای پرچرب) تقسیم شدند. برنامه تمرین هوازی دویدن با شدت معادل ۵۵-۷۰ درصد vo2max برای پنج روز در هفته و هشت هفته اجرا شد. مداخله روغن کتان یک گرم در هر کیلوگرم از وزن رت چاق نیز برای پنج روز در هفته و هشت هفته به رت‌ها خورانده شد.

یافته‌ها: مداخله برنامه ورزش به افزایش‌هایی در بیان ژن هورمون آدیپونکتین و امنتین-۱ بافت چربی سفید احشایی رت‌های چاق انجامید ($P<۰/۰۵$) که با کاهش وزن رت‌ها رابطه مستقیمی داشت. اگرچه، مصرف مکمل روغن کتان تأثیر معناداری در بیان ژن هورمون آدیپونکتین داشت ($P<۰/۰۵$)، اما تغییری در بیان ژن امنتین-۱ ایجاد نشد ($P>۰/۰۵$). این در حالی است که مداخله هم‌زمان متغیرهای مستقل (ورزش + مکمل روغن کتان) تأثیر معناداری در بیان ژن هر دو هورمون آدیپونکتین و امنتین-۱ رت‌ها داشت ($P<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد مداخله هم‌زمان تمرینات هوازی زیر بیشینه و مکمل روغن کتان تأثیر بارزتر از هر یک از دو متغیر مستقل بر افزایش بیان ژن آدیپونکتین و امنتین-۱ دارد و احتمالاً به کنترل وزن بدن رت‌های چاق می‌انجامد.

کلمات کلیدی: چاقی، رت‌ها ، ورزش، روغن کتان، اُمنتین-۱، آدیپونکتین

لطفاً این مقاله را به این صورت استناد کنید:
امانی م، ناظم ف، ساکی ح. مداخله هم‌افزایی ورزش هوازی زیر بیشینه و مکمل روغن کتان بر بیان ژن هورمون‌های آدیپونکتین و امنتین۱- بافت چرب احشایی رت‌های نر ویستار چاق شده. مجله علوم پزشکی صدرا. دوره ۱۲، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۳۳۰-۳۴۰.

Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License.

مقدمه

عارضه چاقی مشکل عمده سلامتی زندگی انسان در جهان امروز است. شیوع بالای ترکیب بدن چاق و احتمال بروز بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت، بیماری‌های مفصلی و برخی سرطان‌ها، هزینه‌های بهداشتی و درمانی زیادی در سال به دنبال داشته است (۱، ۲). بافت چربی یک غده درون‌ریز فعال است که شماری از هورمون‌های آدیپوکاینی[1] را ترشح کرده که در سطوح اتوکراین[2]/ پاراکراین[3] و اندوکراین[4] عمل می‌کنند (۳). این آدیپوکاین‌ها در تنظیم متابولیسم سوبستراهای گلوکز و لیپید[5]، هموستاز انرژی[6]، رفتار تغذیه‌ای، حساسیت انسولین، التهاب سیستم ایمنی، تولید بافت چربی و عملکرد عروق شرکت می‌کنند (۴). به‌هرحال، شیوع فزاینده اضافه‌وزن و چاقی و پیامدهای آنکه معمولاً از سبک زندگی کم‌تحرک نشئت می‌گیرد. آشکار است که آحاد جامعه از انجام فعالیت‌های ورزش و مزایای آن چندان بهره‌مند نیستند؛ زیرا فعالیت بدنی منظم، یک راهبرد غیر دارویی برای کاهش یا متعادل نگه داشتن وزن است (۵). ازاین‌رو، نقش همگرایی ورزش و برنامه غذایی بهینه به‌مثابه روش اصلاح شیوه زیستی و مؤثر در کنترل وزن و پیشگیری از عوارض چاقی، قابل توجه است (۶).

از سوی دیگر، روغن کتان ۶۲-۵۰ درصد آلفا لینولنیک اسید (ALA[7]) و خاصیت ضدالتهابی و ضد آریتمی دارد (۷). همچنین کتان حاوی مقدار زیاد فیبرهای محلول غذایی (۸) و سرشار از لیگنان[8] با خاصیت ضد اکسیدانی است که از زیرگروه‌های اصلی فیتواستروژن‌ها[9] است (۹). شواهد علمی نشان می‌دهد که عصاره کتان و ترکیبات آن در کاهش بروز خطرات قلبی-عروقی، دیابت، فشارخون بالا و کاهش لیپیدها سودمند است (۱۰). از سوی دیگر، مصرف کتان ممکن است درکاهش دادن وزن و به تأخیر انداختن چاقی نقش مهمی ایفا کند (۱۱). بااین‌حال، پیشینه‌های علمی پیرامون نقش مداخله‌ای کتان، نتایج متناقضی را نشان می‌دهد؛ برخی مطالعات نقش معکوس مصرف کتان با علائم چاقی (۱۲) و برخی یافته‌ها نیز اثر کاهنده بر ترکیب بدن را خاطرنشان می‌کنند (۱۳).

آدیپوسایتوکاینی[10] به نام آدیپونکتین[11]، مشتق از بافت چربی و مسئول بهبود انرژی‌زایی، کاتابولیسم[12] چربی، شتاب‌دهی روند اکسیداسیون اسیدهای چرب و حساسیت به انسولین است، به‌طوری‌که غلظت آدیپونکتین پلاسمایی[13] افراد چاق برخلاف دیگر آدیپوسایتوکاین‌ها، کاهش پیدا می‌کند (۱۴). پاسخ این هورمون به‌عنوان فاکتور مقاوم پاتوژنزیک در فرایند بیماری‌های قلبی-عروقی قابل تأمل است به‌طوری‌که به‌عنوان یک عامل ضد آترواسکلروتیک[14] از مسیر اثرات مستقیم بر سلول‌های اندوتلیال[15] عروق عمل می‌کند و تأثیر مثبت بر متابولیسم‌های لیپید و گلوکز به‌ویژه در بیماران مبتلا به دیابت، نارسایی قلبی- عروقی، سندروم متابولیک و چاقی دارد (۱۵).

در دسته آدیپوکاین‌ها، نقش بیولوژیک هورمون امنتین-۱ نیز قابل توجه است (۱۶). این هورمون مانند آدیپونکتین در بافت چربی احشایی بیان می‌شود و در بهبود اختلالات قلبی- عروقی وابسته به چاقی، فعالیت ضدالتهابی دارد (۱۷). غلظت امنتین -۱ در شرایط التهابی دستخوش تغییر می‌گردد و چون چاقی نوعی التهاب مزمن است، می‌تواند از مسیر تولید عوامل التهابی در تنظیم غلظت امنتین-۱ ایفای نقش کند (۱۸). گزارش‌های علمی از سطح پایین بیان ژن امنتین-۱ در بافت چرب احشایی افراد چاق حکایت دارد (۱۹). کای[16] و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که بیان ژن mRNA امنتین-۱ افراد چاق با وزن اضافه کاهش می‌یابد؛ اما کاهش وقتی بیشتراست که چاقی یا اضافه‌وزن همراه با دیابت نوع ۲ باشد؛ بنابراین، در پرتو یافته‌های علمی، بیان امنتین-۱ ارتباط منفی با سطوح انسولین ناشتا[17]، شاخص مقاومت انسولینی[18] و نمایه توده بدن[19] دارد (۲۰). همچنین گزارش‌های بالینی نشان می‌دهد که کاهش سطح سرمی امنتین-۱ در بروز عوامل خطرساز مانند فشارخون بالا، دیس لیپیدمی[20]، مقاومت به جذب گلوکز و چاقی ناحیه محیط کمر نقش داشته و پیشگو کننده‌ای کارآمد در بروز حوادث قلبی-عروقی اطلاق می‌شود (۲۱، ۲۲). ازاین‌رو مداخله بررسی هم‌زمان اثر ورزش هوازی زیر بیشینه و مصرف مکمل روغن کتان بر بیان

1. Adipokines
2. Autocrine
3. Paracrine
4. Endocrine
5. Glucose and lipid substrates
6. Energy homeostasis
7. Alpha-linolenic acid
8. Lignan
9. Phytoestrogens
10. Adipocytokine
11. Adiponectin
12. Catabolism
13. Plasma adiponectin
14. Antiatherosclerotic
15. Endothelial cells
16. Cai
17. Fasting insulin levels
18. Insulin resistance index
19. Body Mass Index
20. Dyslipidemia

ژن هورمون‌های آدیپونکتین و امنتین-۱ بافت چرب احشایی رت‌های نر ویستار چاق شده حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری

در این مطالعه تجربی، نمونه‌های حیوانی از آزمایشگاه علوم پزشکی همدان در دامنه سنی هشت هفته با وزن ۱۸۰ تا ۲۰۰ گرم تهیه شد.

رت‌های صحرایی نر نژاد ویستار در شرایط استاندارد ۱۲ ساعت متناوب روشنایی و تاریکی با میانگین درجه حرارت محیطی ۲۲ درجه سانتیگراد و رطوبت ۱۰ تا ۲۰ درصد در قفس‌هایی از جنس پلکسی گلاس به ابعاد ۲۵×۲۷×۴۷ سانتی‌متر نگهداری شدند. رت‌ها آزادانه به آب و غذا (از شرکت خوراک دام پارس) دسترسی داشتند. نمونه‌های حیوانی به‌طور مرتب هر دو روز یک‌بار در بازه زمانی ۸ تا ۹ صبح به‌وسیله ترازوی دیجیتال با حساسیت ۲ گرم ساخت شرکت صنایع پند، توزین می‌شدند و اندازه‌های قد، دور کمر، دور سینه و مقدار مصرف آب روزانه و غذای آن‌ها ثبت می‌شد. نخست گروه‌های مداخله جهت آشنایی با دستگاه نوار گردان ظرف یک هفته و در سه نوبت با سرعت ۱۰ متر بر دقیقه و برای ۱۰ دقیقه به دویدن واداشته شدند. این مطالعه بر اساس اصول مراقبت از حیوانات آزمایشگاهی (NIH-Publication) انجام گرفت.

وزن بدن رت‌ها

قبل از هر گونه مداخله وزن رت‌ها در ساعت ۱۰-۹ صبح به‌وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای تعیین چاقی رت‌ها، از شاخص لی[21] استفاده گردید. به‌طوری‌که نسبت ریشه سوم وزن رت به گرم بر اندازه طول قد (از پوزه تا مقعد حیوان) برحسب سانتی‌متر محاسبه شد، کسر به دست آمده بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۳ به نشانه چاق قلمداد شد (LEE index≥0.3 gr/cm) (۲۳).

گروه‌های آزمایشی

ابتدا نمونه‌های حیوانی در پنج گروه شش‌تایی به‌صورت تصادفی تفکیک شدند. گروه کنترل، غذای نرمال و چهار گروه دیگر غذای پرچرب مصرف می‌کردند. چهار گروه از نمونه‌ها با مصرف غذای چرب (۴۹۴/۹ کیلوکالری در هر ۱۰۰ گرم غذا) بعد از گذشت پنج هفته مصرف رژیم پرچرب، مطابق مقیاس چاقی لی، رت‌ها در دسته ترکیب بدن چاق قرار گرفتند (۲۳). سپس آزمودنی‌ها به پنج گروه تفکیک شدند: ۱- کنترل یک غیر چاق (رت‌های با وزن طبیعی و مصرف غذای نرمال)، ۲- کنترل دوم (رت‌های چاق شده با رژیم پرچرب)، ۳- رت‌های چاق با رژیم پرچرب و مصرف مکمل روغن کتان، ۴- رت‌های چاق با رژیم پرچرب و مداخله ورزش هوازی، ۵- رت‌های چاق شده با رژیم پرچرب و ترکیب دو مداخله مصرف روغن کتان و ورزش هوازی زیربیشینه. گروه مداخله ورزش با برنامه ورزش هوازی دویدن پیش‌رونده و تدریجی برای هر نوبت روزانه حیوان به ترتیب سرعت غلتک معادل ۱۰ تا ۲۵ متر در ساعت و دامنه زمان فعالیت از ۲۰ تا ۷۰ دقیقه روی تریدمیل جوندگان با شیب صفر درجه بود.

تهیه غذای پرچرب

غذای رت‌ها پس از آماده‌سازی مواد اولیه، ترکیب و برای مصرف راحت‌تر به شکل لوله‌ای تبدیل شد. درصد وزنی رژیم معمولی شامل ۵۷ درصد کربوهیدرات، ۱۷/۵ درصد پروتئین، ۲ درصد چربی، ۶/۶ درصد فیبر، ۱۲ درصد رطوبت و ۴/۹ درصد مکمل‌های ویتامین و مواد معدنی بود (۲۴). نسبت وزنی رژیم پرچرب شامل ۳۳ درصد کربوهیدرات، ۱۷/۵ درصد پروتئین، ۳۲ درصد چربی، ۳/۹ درصد فیبر، ۷/۱ درصد رطوبت و ۵/۷ درصد مکمل‌های ویتامین و مواد معدنی بود (۲۵).

خوراندن روغن گیاه کتان

روغن گیاهی کتان متناسب با وزن رت (۱ گرم عصاره کتان به ازای هر کیلوگرم وزن حیوان) برای پنج روز در هفته و هر روز یک نوبت به‌وسیله گاواژ با شیب ملایم ۱۰ تا ۱۵ درجه وارد مری خورانده شد (۲۶).

تشریح بدن رت‌ها و بافت‌برداری

پس از بیهوشی هر رت با تنفس کلروفرم، تشریح و جداسازی بافت چربی احشایی رت‌ها انجام می‌گرفت و در میکروتیوب‌ها حاوی محلول پی بی اس قرار داده شد سپس بافت هدف در نیتروژن مایع تحت دمای ۸۰- درجه فریز می‌شد.

سنجش بیان ژن: بیان ژن دو هورمون آدیپوسایتوکاینی به‌وسیله دستگاه ریل تایم و به روش Real-time PCR به‌صورت نیمه کمی اندازه‌گیری شدند.

21. Lee

جدول ۱. تفاوت میانگین اوزان بدن چهار گروه آزمایشی در برابر گروه شم بعد از مداخلات پروتکل ورزش و مکمل کتان

گروه‌های آزمایشی	تعداد نمونه‌ها	تفاوت میانگین‌ها در سطح P<۰.۰۵		
		۱	۲	۳
تمرین ورزشی با مکمل روغن کتان	۶	۰/۳۳		
تمرین ورزشی	۶		۰/۵۳	
شم	۶			۰/۷۱
مکمل روغن کتان	۶			۰/۷۳
معناداری		۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۰۰۱

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های بین گروهی بیان ژن آدیپونکتین و امنتین-۱ بافت احشایی در نمونه‌های حیوانی پنج‌گانه

هورمون	گروه‌های آزمایشی	گروه مرجع (شم)			فاصله اطمینان ٪۹۵	
		تفاوت از میانگین	انحراف استاندارد	معناداری	کران پایین	کران بالا
آدیپونکتین	مکمل روغن کتان	۱/۰۲۴*	۰/۰۱۹	۰/۰۰۳	۰/۱۰۴	۲/۳۲۸
	تمرین ورزشی	۱/۰۹۰*	۰/۲۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۷۴	۱/۰۴۷
	ترکیبی	۱/۰۱۲*	۰/۰۴۳	۰/۰۰۱	۰/۱۱۴	۲/۳۰۴
	کنترل	۱/۲۰۶*	۰/۵۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۷۱	۲/۱۴۵
امنتین-۱	مکمل روغن کتان	۰/۰۴۷	۰/۰۲۹	۰/۰۹۸	۰/۱۰۸	۱/۶۱۴
	تمرین ورزشی	۱/۲۰۳*	۰/۱۴۶	۰/۰۱۴	۰/۳۲۹	۲/۰۸۰
	ترکیبی	۱/۰۶۸*	۰/۰۸۷	۰/۰۰۳	۰/۲۱۷	۲/۳۰۱
	کنترل	۲/۱۴۰*	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱	۰/۸۷۱	۳/۲۹۴

*تفاوت میانگین‌ها در سطح P<۰/۰۵.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه توسط معاونت پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا با شماره نامه ۹۹۳۶۷۵۹ در تاریخ ۱۴۰۲/۷/۸ مورد تأیید قرار گرفت.

تجزیه وتحلیل داده‌ها

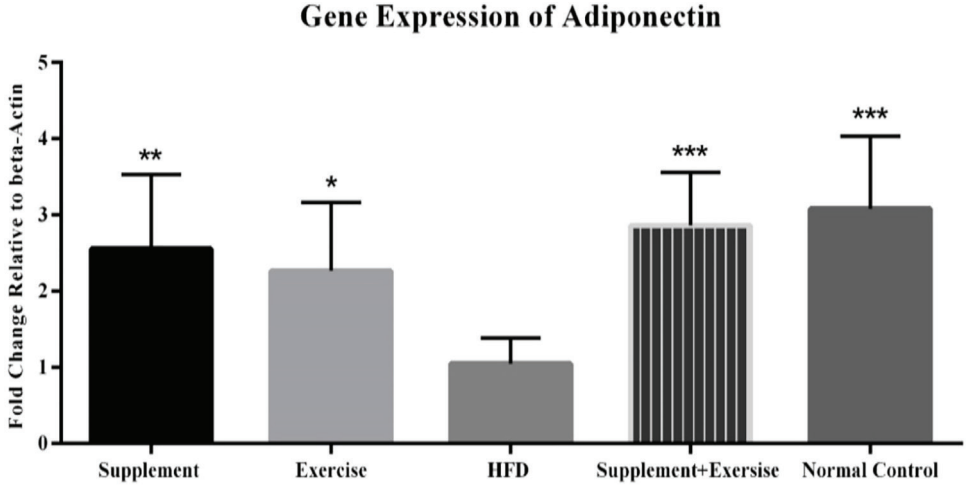
برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی، شامل میانگین و انحراف معیار استفاده شد. برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون شاپیروویلک[22]، آزمون دانکن[23] و لون[24] استفاده شد. همچنین از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه[25] و آزمون تعقیبی بونفرونی[26] برای مقایسه تغییرات بین گروهی استفاده شد. کلیه عملیات آماری در سطح α=۰/۰۵ و با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

22. Shapiro–Wilk test
23. Duncan test
24. Leven test
25. One-Way ANOVA
26. Bonferroni post hoc test

یافته‌ها

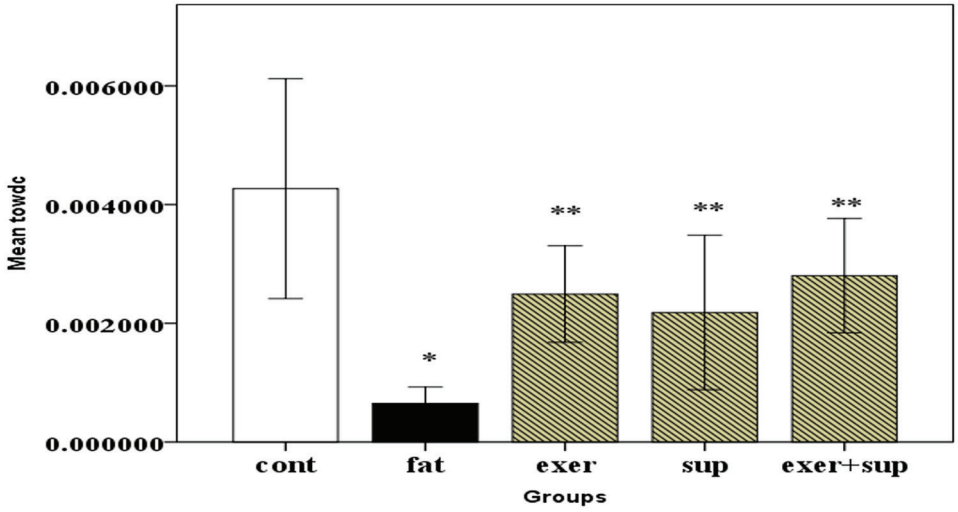
در ابتدای مطالعه از آزمون دانکن برای بررسی توزیع طبیعی وزن رت‌ها، نرمال بودن داده‌ها و تجانس واریانس‌ها در تغییرات بین گروهی استفاده شد (جدول ۱).

با توجه به (جدول ۱) تفاوت معناداری بین دو گروه مکمل روغن کتان و شم مشاهده نشد (P=۰/۷۳)؛ اما مداخله برنامه ورزش زیر بیشینه رت‌های چاق کاهش معنی‌داری در وزن رت‌ها داشت (P=۰/۰۰۱)، به‌طوری‌که تفاوت وزن میان گروه‌های ورزش و شم کمتر شد. از طرف دیگر، مداخله هم‌زمان ورزش هوازی و مکمل روغن کتان نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن گروه‌ها گذاشت (P=۰/۰۰۱). البته روند رو به افزایش وزن بدن رت‌های چاق شده نسبت به سایر گروه‌ها از مقادیر کمتر برخوردار بود اما همچنان بیشتر از همتایان چاق گروه شم بود (P=۰/۳۳). در جدول ۲ میانگین بیان



شکل ۱. مقایسه تغییرات میانگین بین گروهی بیان ژن آدیپونکتین بافت احشایی رت‌های چاق نر ویستار نسبت به گروه شم. (HFD1): Supplement گروه مکمل روغن کتان، Exercise: گروه ورزش، HFD: گروه شم، Exercise+supplement: گروه مکمل روغن کتان+ورزش، Control Normal: گروه کنترل نرمال. $^{***}P<0,001$، $^{**}P<0,01$، $^{*}P<0,05$ داده‌ها بر حسب (mean±SD).

1. High-Fat Diet



شکل ۲. بیان ژن هورمون امنتین-۱ بافت احشایی رت‌های نر ویستار در پنج گروه. Supplement: گروه مکمل روغن کتان، Exercise: گروه ورزش، FAT: گروه شم، Exercise+supplement: گروه مکمل روغن کتان + ورزش، Control: گروه کنترل نرمال. $^{**}P<0,01$، $^{*}P<0,05$ داده‌ها بر حسب (mean±SD).

ژن آدیپونکتین بافت احشایی رت‌های آزمایشگاهی پنج‌گانه در شرایط قبل و پس از مداخلات ورزش هوازی و مصرف مکمل کتان مشاهده می‌شود.

با ملاحظه (جدول ۲)، با مداخله فعالیت ورزشی هوازی (P=۰/۰۱۲)، مکمل روغن کتان (P=۰/۰۰۳) و ترکیب دو عامل مداخله (P=۰/۰۰۱) افزایش معنادار در بیان ژن هورمون آدیپونکتین بافت احشایی رت‌های گروه آزمایش نسبت به گروه شم رخ داد (شکل ۱).

در (جدول ۲) میانگین متغیرهای بیان ژن امنتین-۱ در بافت احشایی رت‌های آزمایشگاهی پنج‌گانه در شرایط قبل و پس از مداخله ورزش هوازی و مصرف مکمل کتان آمده است؛ بنابراین مصرف هشت هفته مکمل روغن کتان تأثیر معنی‌دار بر تغییرات بیان ژن هورمون امنتین-۱ نداشت (P=۰/۰۹۸). در مقابل، مداخلات هم‌زمان برنامه هوازی و مکمل روغن کتان تأثیر معنادار بر این هورمون آدیپوسایتوکاینی داشت (P=۰/۰۰۳).

با توجه به این جدول، تأثیر هشت هفته ورزش هوازی (P=۰/۰۱۴) و ترکیب مکمل روغن کتان با ورزش (P=۰/۰۰۳) بر افزایش بیان ژن امنتین-۱ بافت احشایی رت‌ها معنی‌دار است اما مکمل روغن کتان به‌تنهایی تأثیر بارز بر بیان ژن امنتین-۱ نداشت (P=۰/۰۹۸) (شکل ۲).

بیان ژن هورمون امنتین-۱ بافت احشایی رت‌های نر ویستار در گروه تمرین (exer[۲۷]) (P=۰/۰۲) و گروه تمرین + مکمل روغن کتان (exer+sup[۲۸]) (P=۰/۰۰۶) در برابر گروه شم (fat) معنی‌دار بوده اما در گروه مکمل روغن کتان (sup[۲۹]) معنی‌دار نیست (P=۰/۱۲). همچنین تفاوت گروه‌های کنترل (cont[۳۰]) و ترکیبی

27. Exercise
28. Exercise + supplement
29. Supplement
30. Control

(مکمل به همراه تمرین) نیز معنادار نبود (P=۰/۱۴)، به نظر می‌رسد بیان ژن این هورمون در گروه مداخله ترکیبی تقریباً هم‌سطح گروه کنترل شده است (داده‌ها بر حسب mean±SD).

بحث

در این مطالعه آزمایشی، به دنبال مداخلات هم‌زمان ورزش هوازی با دامنه شدت معادل ۵۵ تا ۷۰ درصد vo2max و مصرف عصاره بذر کتان (۱ گرم از عصاره کتان به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) ظرف مدت هشت هفته، تغییرات معناداری در میانگین عوامل آنتروپومتریک، ترکیب بدن و بیان ژن هورمون‌های آدیپونکتین و امنتین-۱ بافت چربی سفید احشایی موش‌های چاق شده نر ویستار، به دست آمد.

در پژوهش حاضر، هشت هفته مصرف عصاره مکمل روغن کتان بر کاهش وزن رت‌های چاق شده معنی‌دار نبود. اما گروه مداخله برنامه ورزش هوازی میانگین تغییرات وزنشان افزایش داشت، علیرغم آنکه به‌مراتب کمتر از گروه شم بود. شایان ذکر است که گروهی که مداخله ترکیبی را دریافت کردند نسبت به دو گروه دیگر افزایش وزن معنی‌داری نداشتند. بااین‌حال، تحقیقات انجام شده توسط ژانگ[31] و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که تمرین ورزشی کوتاه‌مدت (سه روز، یک هفته و دو هفته) تأثیر قابل توجهی بر کاهش وزن بدن و بافت چربی در موش‌ها ندارد (۲۷). از سوی دیگر، شیروانی و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که یک برنامه تمرین تناوبی همراه با مصرف روغن بذر کتان برای افزایش سرعت متابولیک عضلات اسکلتی و بافت چربی رت‌ها مفید است (۲۸). در یک مطالعه اخیر، یانگ و همکاران (۲۰۲۱) کشف کردند که مداخله بذر کتان می‌تواند اثرات مثبتی بر پروفایل لیپیدی[32]، سایتوکین‌های التهابی[33] و شاخص‌های تن‌سنجی[34] در بیماران مبتلا به بیماری‌های مرتبط با دیس لیپیدمی داشته باشد (۲۹). بااین‌حال، آن‌ها دریافتند که این مداخله اثرات مفید کمتری بر غلظت لیپید سرم و متابولیسم رت‌ها دارد (۳۰). این یافته‌ها با تحقیقات قبلی انجام شده روی موش‌ها که نتایج مشابهی را مشاهده کردند، مطابقت دارد. نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که در افراد بزرگ‌سال چاق، مصرف مکمل بذر کتان به‌تنهایی برای بهبود وزن، BMI، تری گلیسیرید، کلسترول تام، پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا و فاکتور نکروز تومور-α به‌طور قابل توجهی نسبت به اصلاح سبک زندگی برتری دارد (۳۲، ۳۱). بااین‌حال فرید و همکاران (۲۰۲۲)، نشان دادند که مصرف مکمل روغن بذر کتان تأثیر معناداری بر ترکیب بدن و فاکتورهای التهابی افراد میان‌سال ندارد (۳۳). همچنین اسندون[35] و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تأثیر مصرف هم‌زمان امگا ۳ و اسید لینولئیک به مدت دوازده هفته به میزان شش گرم (از هر ماده سه گرم) پرداخته و عدم تأثیر معنادار کاهش وزن بدن هر سه گروه از نمونه انسانی (جوان لاغر، جوان چاق، مسن لاغر) را گزارش کردند که با این پژوهش ناهمسو است (۳۴). در مقابل، برخی مطالعات نقش مهم ترکیب تمرین هوازی و مصرف امگا ۳، در کاهش معناداری متغیرهای آنتروپومتریک، وزن کل و نمایه جرم بدنی گروه‌های تجربی گزارش کردند (۳۵، ۳۶) که با نتایج مطالعه حاضر با مکمل روغن کتان، مشابه بود. ناهمسانی در عواملی مانند شدت و مدت تمرین و همچنین وزن پایه رت‌ها، تغییرات زیادی در نحوه تأثیر ورزش بر ترکیب بدن دارد. با ملاحظه به نقش مؤثر هر دو مداخله مکمل مصرفی امگا ۳ و عصاره کتان همراه تمرین ورزشی، درمی‌یابیم که اندازه افت وزن و توده بدنی در مطالعه ما (نمونه حیوانی) و بررسی‌های اخیر (نمونه انسانی) چشمگیرتر بود.

از سوی دیگر، تغییرات افزایشی بیان ژن هورمون آدیپونکتین بافت چربی سفید احشایی رت‌های چاق شده در گروه ترکیبی (تمرین ورزشی و مکمل روغن کتان)، از امکان اثربخشی این عوامل مداخله حکایت دارد. گرچه شواهد علمی هنوز نقش هم‌زمان تمرینات هوازی و روغن کتان بر بیان ژن دو آدیپوسایتوکاین آدیپونکتین و امنتین-۱ را کاملاً آشکار نمی‌کند. بااین‌حال، نتایج این پژوهش با بسیاری از مطالعات همسویی داشت (۲۷، ۳۴، ۳۶، ۳۷). در مطالعه محیت و همکاران (۲۰۲۲) پیرامون ترکیب اسیدلینولئیک و امگا ۳ روی ترکیب بدن و غلظت سرمی آدیپونکتین افراد جوان و مسن از افزایش نمایه جرم بدن و سطح آدیپونکتین سرم در هر دو رده سنی حکایت داشت که با مطالعه حاضر همسو است (۳۸). همچنین بررسی کیو و همکاران (۲۰۲۲) روی مداخله فعالیت بدنی کوتاه‌مدت دو هفته در رت‌های چاق با شدت ۷۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی، به افزایش ۲/۸ برابری در بیان ژن این هورمون آدیپوکاینی انجامید؛ آن‌ها همبستگی مثبت میان‌دوره تمرینات ورزشی

31. Zeng
32. lipid profile
33. Inflammatory cytokine
34. Anthropometric Indicators
35. Essendon

کوتاه‌مدت و اندازه بیان ژن آدیپونکتین را گزارش دادند (۳۹). گزارش هالا[36] و همکاران (۲۰۱۳) با مصرف تخم کتان در رت‌های دیابتی، افزایش معنادار آدیپونکتین سرم موش‌های صحرایی را نشان داد که با یافته‌های ما همسانی داشت (۳۷). از سوی دیگر، نتیجه مطالعه ما با یافته‌های هونگ[37] و همکاران (۲۰۱۲)، ریچل[38] و همکاران (۲۰۱۱) ناهمسو بود (۴۰، ۴۱). در این زمینه ریچل و همکاران هیچ‌گونه تفاوت معنادار در بیان ژن آدیپونکتین بافت احشایی خرگوش‌ها با مصرف ۱۰٪ بذر کتان همراه غذای نرمال را گزارش نکردند. این امکان هست که دو عامل مقدار بذر کتان و مدت‌زمان مصرف روزانه و هفتگی، تأثیر بارز بر افزایش بیان ژن آدیپونکتین حیوانی نداشته است.

دیگر هورمون آدیپوسایتوکاینی در مطالعه ما، در گروه مکمل روغن کتان، گرچه بیان ژن هورمون اُمنتین-۱ نسبت به گروه شم (برنامه غذایی پرچرب) متفاوت نبود اما به سمت معناداری گرایش داشت. در مقابل، مداخله جداگانه تمرین ورزشی و ترکیب ورزش هوازی با مکمل روغن کتان ظرف ۸ هفته پیایی تأثیر چشمگیر بر بیان ژن امنتین-۱ داشتند. همچنین بیان ژن این هورمون در دو گروه غیر چاق (کنترل) و شم تفاوت نداشت؛ که احتمالاً نشان از نقش مؤثر رژیم پرکالری بر پروفایل تغییرات این هورمون بافت احشایی، دارد. این نتیجه، با یافته‌های بسیاری از مطالعات همسو است (۴۲-۴۴). بررسی علیزاده و همکاران (۲۰۱۹) ورزش تناوبی دویدن با شدت بالای VO2max%90 تأثیر معنادار در بیان ژن امنتین-۱ رت‌های دیابتیک گزارش کردند (۴۲). همچنین بررسی خالدی و همکاران (۲۰۲۳)، پیرامون پاسخ حاد و تأخیری بیان اُمنتین-۱ بافت چربی را به دنبال اجرای یک جلسه تمرین هوازی با سرعت ۲۰ متر در دقیقه ظرف ۵۰ دقیقه موش‌های دیابتی روی نوارگردان، بیانگر عدم تغییر معنی‌دار سطوح پلاسمایی اُمنتین-۱ بود (۴۳). به نظر می‌رسد که مداخله هم‌زمان دو عامل ورزش هوازی درازمدت و عصاره کتان الگوی تغییرات بارز هر دو هورمون آدیپوسایتوکاینی و نمایه جرم بدن بافت سفید احشایی رت‌های چاق پیکر که تحت رژیم غذایی پرچرب بودند و احتمالاً مقاومت فیزیولوژیک ارگانیسم حیوان چاق در برابر ابتلا به بیماری‌های متابولیک و قلبی عروقی، افزایش می‌یابد که به مطالعات آتی وابسته خواهد بود.

36. Hala
37. Hong
38. Richelle

نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که مصرف ۸ هفته عصاره بذر کتان اثر معنی‌داری بر بیان ژن دو هورمون آدیپوسایتوکاینی آدیپونکتین و امنین-۱ موش‌های چاق شده نر ویستار ندارد، ولی مداخلات هم‌زمان ورزش هوازی و مصرف عصاره بذرکتان علاوه بر کاهش معنادار در عوامل آنتروپومتریک و ترکیب بدن، همچنین بیان ژن هورمون‌های آدیپونکتین و امنتین-۱ بافت چربی سفید احشایی موش‌های چاق شده نر ویستار را افزایش معنادار داد. به نظر می‌رسد ترکیبی از تمرینات ورزشی هوازی و مصرف بذر کتان اثربخشی بیشتری نسبت به هر روش به‌تنهایی دارد که تعمیم آن در گروهای انسانی از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود.

تقدیر و تشکر

از همکاری مؤثر کادر محترم فعال در بخش‌های آزمایشگاه حیوانی و ایمونولوژی دانشگاه علوم پزشکی همدان، سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

حامی مالی

این گزارش علمی با حمایت اعتبار پژوهانه حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا سامان گرفت.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

منابع

1. Kim DD, Basu A. Estimating the Medical Care Costs of Obesity in the United States: Systematic Review, Meta-Analysis, and Empirical Analysis. Value Health. 2016;19(5):602-13.
2. Saki H, Nazem F, Fariba F. Effect of Combined Exercise Training on Heart Rate Variability and Aerobic Capacity of Boys with Type 1 Diabetes. Avicenna Journal of Clinical Medicine. 2023;29(4):232-9.

3. Navarro-Perez J, Vidal-Puig A, Carobbio S. Recent developments in adipose tissue-secreted factors and their target organs. Curr Opin Genet Dev. 2023;80:102046.
4. Smitka K, Maresova D. Adipose Tissue as an Endocrine Organ: An Update on Pro-inflammatory and Anti-inflammatory Microenvironment. Prague Med Rep. 2015;116(2):87-111.
5. Alexander L, Christensen SM, Richardson L, Ingersoll AB, Burridge K, Golden A, et al. Nutrition and physical activity: An Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement 2022. Obes Pillars. 2022;1:100005.
6. Ghalavand A, Saki H, Nazem F, Khademitab N, Behzadi Nezhad H, Behbodi M, et al. The effect of ganoderma supplementation and selected exercise training on glycemic control in boys with type 1 diabetes. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2021;20(4):356-65.
7. Pan A, Yu D, Demark-Wahnefried W, Franco OH, Lin X. Meta-analysis of the effects of flaxseed interventions on blood lipids. Am J Clin Nutr. 2009;90(2):288-97.
8. Muir AD. Flax lignans--analytical methods and how they influence our lunderstanding of biological activity. J AOAC Int. 2006;89(4):1147-57.
9. Adlercreutz H, Fotsis T, Lampe J, Wahala K, Makela T, Brunow G, et al. Quantitative determination of lignans and isoflavonoids in plasma of omnivorous and vegetarian women by isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry. Scand J Clin Lab Invest Suppl. 1993;215:5-18.
10. Ursoniu S, Sahebkar A, Andrica F, Serban C, Banach M, Lipid, et al. Effects of flaxseed supplements on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trial. Clin Nutr. 2016;35(3):615-25.
11. Shareghfarid E, Nadjarzadeh A, Heidarzadeh-Esfahani N, Azamian Y, Hajiahmadi S. The Effect of Flaxseed Oil Supplementation on Body Composition and Inflammation Indices in Overweight Adults With Pre-Diabetes. Nutr Metab Insights. 2022;15:11786388221090083.
12. Taylor CG, Noto AD, Stringer DM, Froese S, Malcolmson L. Dietary milled flaxseed and flaxseed oil improve N-3 fatty acid status and do not affect glycemic control in individuals with well-controlled type 2 diabetes. J Am Coll Nutr. 2010;29(1):72-80.
13. Faintuch J, Bortolotto LA, Marques PC, Faintuch JJ, Franca JI, Cecconello I. Systemic inflammation and carotid diameter in obese patients: pilot comparative study with flaxseed powder and cassava powder. Nutr Hosp. 2011;26(1):208-13.
14. Zorena K, Jachimowicz-Duda O, Slezak D, Robakowska M, Mrugacz M. Adipokines and Obesity. Potential Link to Metabolic Disorders and Chronic Complications. Int J Mol Sci. 2020;21(10).
15. Lim S, Quon MJ, Koh KK. Modulation of adiponectin as a potential therapeutic strategy. Atherosclerosis. 2014;233(2):721-8.
16. Komiya T, Tanigawa Y, Hirohashi S. Cloning of the novel gene intelectin, which is expressed in intestinal paneth cells in mice. Biochem Biophys Res Commun. 1998;251(3):759-62.
17. Tan YL, Zheng XL, Tang CK. The protective functions of omentin in cardiovascular diseases. Clin Chim Acta. 2015;448:98-106.
18. Auguet T, Quintero Y, Riesco D, Morancho B, Terra X, Crescenti A, et al. New adipokines vaspin and omentin. Circulating levels and gene expression in adipose tissue from morbidly obese women. BMC Med Genet. 2011;12:60.
19. Dec P, Poniewierska-Baran A, Modrzejewski A, Pawlik A. The Role of Omentin-1 in Cancers Development and Progression. Cancers (Basel). 2023;15(15).
20. Cai R-C, Wei L, JZ D, Yu H-Y, Bao Y-Q, Jia W-P. Expression of omentin in adipose tissues in obese and type 2 diabetic patients. Zhonghua yi xue za zhi. 2009;89(6):381-4.
21. Celik M, Nar R, Nar G, Sokmen E, Gunver G. Serum omentin-1 levels in hypertensive patients. J Hum Hypertens. 2021;35(3):290-5.
22. Stejskal D, Vaclavik J, Smekal A, Svobodova G, Richterova R, Svestak M. Omentin-1 levels in patients with premature coronary artery disease, metabolic syndrome and healthy controls. Short communication. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub. 2016;160(2):219-21.
23. Nakagawa T, Ukai K, Ohyama T, Gomita Y, Okamura H. Effects of chronic administration of sibutramine on body weight, food intake and motor activity in neonatally monosodium glutamate-treated obese female

rats: relationship of antiobesity effect with monoamines. Exp Anim. 2000;49(4):239-49.
24. Reeves PG. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. J Nutr. 1997;127(5 Suppl):838S-41S.
25. Hariri N, Thibault L. High-fat diet-induced obesity in animal models. Nutr Res Rev. 2010;23(2):270-99.
26. Han H, Yan P, Chen L, Luo C, Gao H, Deng Q, et al. Flaxseed Oil Containing alpha -Linolenic Acid Ester of Plant Sterol Improved Atherosclerosis in ApoE Deficient Mice. Oxid Med Cell Longev. 2015;2015:958217.
27. Zeng Q, Fu L, Takekoshi K, Kawakami Y, Isobe K. Effects of short-term exercise on adiponectin and adiponectin receptor levels in rats. J Atheroscler Thromb. 2007;14(5):261-5.
28. Shirvani H, Rahmati-Ahmadabad S. Irisin interaction with adipose tissue secretions by exercise training and flaxseed oil supplement. Lipids Health Dis. 2019;18(1):15.
29. Yang C, Xia H, Wan M, Lu Y, Xu D, Yang X, et al. Comparisons of the effects of different flaxseed products consumption on lipid profiles, inflammatory cytokines and anthropometric indices in patients with dyslipidemia related diseases: systematic review and a dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. Nutr Metab (Lond). 2021;18(1):91.
30. Yang C, Xu Z, Huang Q, Wang X, Huang F, Deng Q. Targeted microbiome metabolomics reveals flaxseed oil supplementation regulated the gut microbiota and farnesoid X receptor pathway in high-fat diet mice. Food Science and Human Wellness. 2023;12(6):2324-35.
31. Emamat H, Najafpour Boushehri S, Eslami MA, Saneei Totmaj A, Ghalandari H. The effects of flaxseed or its oil supplementations on polycystic ovary syndrome: A systematic review of clinical trials. Phytother Res. 2023;37(3):1082-91.
32. Yari Z, Rahimlou M, Poustchi H, Hekmatdoost A. Flaxseed supplementation improves anthropometric measurements, metabolic, and inflammatory biomarkers in overweight and obese adults. Int J Vitam Nutr Res. 2022;92(3-4):161-8.
33. Shareghfarid E, Nadjarzadeh A, Heidarzadeh-Esfahani N, Azamian Y, Hajiahmadi S. The Effect of Flaxseed Oil Supplementation on Body Composition and Inflammation Indices in Overweight Adults With Pre-Diabetes. Nutr Metab Insights. 2022;15:11786388221090083.
34. Sneddon AA, Tsofliou F, Fyfe CL, Matheson I, Jackson DM, Horgan G, et al. Effect of a conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acid mixture on body composition and adiponectin. Obesity (Silver Spring). 2008;16(5):1019-24.
35. Costa A, de Brito GAP. Aerobic Exercise Associated with Fish Oil Supplementation Decreases C-Reactive Protein and Interleukin-6 in Celiac Disease Patients. J Nutr Metab. 2022;2022:3908675.
36. Saki H, Zakerkish M, Taeid V, Lotfi S, Amani M, Mahmoodkhani Kooshkaki R. The effect of aerobic training and consumption of omega-3 on male pulmonary function with type II diabetes. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2017;16(3):267-77.
37. Abdelkarem HM, Fadda LH. Flaxseed and quercetin improve anti-inflammatory cytokine level and insulin sensitivity in animal model of metabolic syndrome, the fructose-fed rats. Arabian Journal of Chemistry. 2017;10:S3015-S20.
38. Mohit M, Mousavinezhad H, Karami E, Masoumi SJ. The effect of different types of dietary fatty acids on body Fat: a review. International Journal of Nutrition Sciences. 2022;7(3):125-30.
39. Qiu Y, Fernandez-Garcia B, Lehmann HI, Li G, Kroemer G, Lopez-Otin C, et al. Exercise sustains the hallmarks of health. J Sport Health Sci. 2023;12(1):8-35.
40. McCullough RS, Edel AL, Bassett CM, Lavallee RK, Dibrov E, Blackwood DP, et al. The alpha linolenic acid content of flaxseed is associated with an induction of adipose leptin expression. Lipids. 2011;46(11):1043-52.
41. Lee YA, Choi HM, Lee SH, Yang HI, Yoo MC, Hong SJ, et al. Synergy between adiponectin and interleukin-1beta on the expression of interleukin-6, interleukin-8, and cyclooxygenase-2 in fibroblast-like synoviocytes. Exp Mol Med. 2012;44(7):440-7.
42. Alizadeh M, Asad M, Naghibi S. Effect of 8 weeks endurance training on omentin-1 gene expression of visceral adipose tissue in Streptozotocin-induced diabetic male rats. Journal of Practical Studies of Biosciences

in Sport. 2019;7(13):77-87.
43. Khaledi K, Hoseini R, Gharzi A. Effects of aerobic training and vitamin D supplementation on glycemic indices and adipose tissue gene expression in type 2 diabetic rats. Sci Rep. 2023;13(1):10218.
44. Vesali M, Azarbayjani MA, Peeri M. Effect of aerobic training and octopamine supplementation on the expression of octopamine receptors in the visceral adipose tissue of rats exposed to deep fried oils. Gene, Cell and Tissue. 2021;8(4).