Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of high intensity interval training and spirulina supplementation on levels of angiopoietin-like proteins 3-4 and lipid profile in obese elderly women

Elham Ghasemi[1]*, Shila Nayebifar[2], Fatemeh Noora [3]

1. Assistant Professore at Department of Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Associate Professore at Department of sport sciences, Faculty of Educational /Sciences and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
3. MSc of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Abstract

Background and Aim: Angiopoietin-like proteins type 3 (ANGPTL3) and 4 (ANGPTL4) are emerging regulators of fat metabolism that play a role in obesity-related diseases such as cardiovascular diseases. The aim of this research was to investigate the effect of eight weeks of high intensity interval training (HIIT) with spirulina supplementation on serum levels of ANGPTL3, ANGPTL4 and lipid profile in obese elderly women. **Materials and Methods:** This study is a randomized clinical trial with a pre-test and post-test design. A number of 60 obese elderly women (mean age: 60.72±6.24 years; body mass index: 31.20±3.53 kg/m^2) were selected by purposive sampling method and randomly divided into four equal groups supplement + HIIT, placebo + HIIT, supplement and control. The training groups performed HIIT (three sessions per week) for eight weeks, while the supplement groups consumed two 500 mg spirulina capsules daily. Research variables were measured at the beginning and end of the study. The data were analyzed using analysis of covariance and Tukey's post hoc tests at $p \leq 0.05$ level. **Results:** After eight weeks of HIIT with spirulina consumption, the serum levels of ANGPTL3 ($p<0.01$), ANGPTL4 ($p<0.001$), triglyceride ($p<0.001$), weight ($p<0.001$)) and body fat percentage ($p<0.001$) decreased in supplement + HIIT, placebo + HIIT and supplement groups. While the levels of total cholesterol ($p<0.001$) and low-density lipoprotein ($p<0.001$) showed a significant decrease and high-density lipoprotein ($p<0.001$) showed a significant increase only in supplement + HIIT and placebo + groups. **Conclusion:** It seems that HIIT and spirulina supplement regulate lipid metabolism and improve lipid profile and reduce the risk of cardiovascular diseases in obese elderly.

Key words: High intensity interval training, Spirulina, Angiopoietin-like proteins, Obesity, Aging.

Corresponding Author, Address: Faculty of Literature and Humanities, University of Zabol, Zabol, IRAN. Email: elhamghasemi@uoz.ac.ir

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

تاثیر تمرینات تناوبی با شدت بالا و مکمل اسپیرولینا بر سطوح پروتئین‌های شبه آنژیوپویتین ۳ و ۴ و نیمرخ لیپیدی در زنان سالمند چاق

الهام قاسمی*[۱]، شیلا نایبی فر[۲]، فاطمه نورا[۳]

۱. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. دانشیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۳. کارشناس ارشد علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

چکیده

زمینه و هدف: پروتئین‌های شبه آنژیوپویتین نوع ۳ (ANGPTL3) و ۴ (ANGPTL4) از تنظیم‌گرهای نوظهور متابولیسم چربی‌ها می‌باشند که در بروز بیماری‌های مرتبط با چاقی مانند بیماری‌های قلبی و عروقی نقش دارند. هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) همراه با مکمل اسپیرولینا بر سطوح سرمی ANGPTL3، ANGPTL4 و نیمرخ لیپیدی در زنان سالمند چاق بود. **روش تحقیق:** این مطالعه کارآزمایی بالینی تصادفی شده با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. تعداد ۶۰ نفر از زنان سالمند چاق (میانگین سنی ۶۰/۷۲±۶/۲۴ سال؛ شاخص توده بدنی ۳۱/۲۰±۳/۵۳ کیلوگرم/متر مربع) به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی در چهار گروه مساوی مکمل+ HIIT، دارونما + HIIT، مکمل و کنترل جای گرفتند. گروه‌های تمرینی به مدت هشت هفته به اجرای HIIT (سه جلسه در هفته) پرداختند، در حالی‌که گروه‌های مکمل روزانه دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی‌گرم اسپیرولینا مصرف کردند. متغیرهای پژوهش در ابتدا و انتهای مطالعه اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل کوواریانس و تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$ تجزیه‌وتحلیل شدند. **یافته‌ها:** پس از هشت هفته HIIT به همراه مصرف اسپیرولینا سطوح سرمی ANGPTL3 ($p<۰/۰۱$)، ANGPTL4 ($p<۰/۰۰۱$)، تری‌گلیسرید ($p<۰/۰۰۱$)، وزن ($p<۰/۰۰۱$) و درصد چربی بدن ($p<۰/۰۰۱$) در گروه‌های مکمل+ HIIT، دارونما + HIIT، ومکمل کاهش یافت. درحالی‌که تنها در گروه‌های مکمل+ HIIT و دارونما + HIIT سطوح کلسترول تام ($p<۰/۰۰۱$) و لیپوپروتئین با چگالی پائین ($p<۰/۰۰۱$) کاهش معنی‌دار؛ و لیپوپروتئین با چگالی بالا ($p<۰/۰۰۱$)، افزایش معنی‌دار نشان داد. **نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد اجرای HIIT و مکمل اسپیرولینا باعث تنظیم متابولیسم لیپید و بهبود نیمرخ لیپیدی و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی در سالمندان چاق می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی شدید، اسپیرولینا، پروتئین‌های شبه آنژیوپویتین، چاقی، سالمندی.

نویسنده مسئول، : آدرس: زاهدان، دانشگاه زابل، دانشکده ادبیات و علوم انسانی؛ ایمیل: elhamghasemi@uoz.ac.ir

Journal of Practical Studies of
Biosciences in Sport

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

مقدمه

سالمندی همراه با تغییرات فیزیولوژیکی و روانی در انسان می‌باشد که فعالیت کامل جسمانی و ذهنی را محدود می‌کند و بر آن تأثیر می‌گذارد (ریس[1] و دیگران، ۲۰۲۰). بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، شیوع چاقی و افزایش وزن در بین سالمندان به‌طور چشمگیری در حال افزایش می‌باشد (ویسی رایگانی و دیگران، ۲۰۱۹). سارکوپنیا[2](کاهش توده عضلانی و افزایش توده چربی از دهه سوم زندگی)، کاهش میزان متابولیسم بدن و شیوه زندگی کم تحرک در سالمندان باعث بروز چاقی و افزایش وزن می‌گردد که در پی آن بیماری‌های قلبی و عروقی، اختلالات عملکردی و حتی مرگ و میر زودرس بروز می‌کند (ویسی رایگانی و دیگران، ۲۰۱۹). در راستای شناسایی عوامل مرتبط با چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن، نتایج مطالعات به شناسایی خانواده پروتئین‌های مترشحه از بافت چربی منتهی شده است که همچون آدیپوکاین‌ها بر سوخت‌وساز لیپید و احتمالاً گلوکز و در نتیجه متابولیسم انرژی تأثیری عمده دارند. این پروتئین‌ها را در مجموع شبه آنژیوپویتین[3](ANGPTLs) نامیده و برخی محققان، آن‌ها را به‌عنوان یک هدف درمانی در تنظیم سوخت‌وساز چربی و بهبود تحمل گلوکز و کاهش عوامل خطرزای قلبی و عروقی مطرح کرده‌اند (آریال[4] و دیگران، ۲۰۱۹). بررسی‌های صورت گرفته نشان داده است پروتئین‌های شبه آنژیوپویتین نوع ۳ (ANGPTL3) و ۴ (ANGPTL4) در درمان اختلالات مرتبط با چاقی ازجمله دیس لیپیدمی[5](افزایش چربی‌های مضر خون از قبیل لیپوپروتئین کم چگال (LDL[6])، تری‌گلیسرید (TG[7])، کلسترول تام (TC[8]) و کاهش در میزان چربی‌های مفید مانند لیپوپروتئین پرچگال (HDL[9])) حائز اهمیت می‌باشد (اکروس[1] و دیگران، ۲۰۲۰؛ قاسمی و دیگران، ۲۰۱۹؛ گلادری[1] و دیگران، ۲۰۱۹). ANGPTL3 و ANGPTL4 در بافت‌های مختلف مانند کبد، بافت چربی، عضله اسکلتی، عضله قلبی و روده بیان می‌شود و سبب کاهش جذب موضعی اسید چرب در عضلهٔ غیرفعال شده و اسیدچرب را به‌عنوان سوخت به عضلات اسکلتی فعال هدایت می‌کند (آریال و دیگران، ۲۰۱۹؛ فرناندز هرناندو و سوارز[1]۲۰۲۰). در کبد کنترل بیان ANGPTL3 و ANGPTL4 توسط گیرنده‌های کبدی ایکس[3]صورت می‌گیرد. این گیرنده‌های هورمونی هسته‌ای نقش مهمی در متابولیسم کلسترول و تنظیم

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

1 Reyes
2 Sarcopenia
3 Angiopoietin-like proteins
4 Aryal
5 Dyslipidemia
6 Low Density Lipoprotein
7 Triglyceride
8 Total Cholestero
9 High Density Lipoprotein
1 Ekroos 0
1 Geladari 1
1 Fernández-Hernando & Suárez 2
1 Liver X Receptor 3

تری‌گلسیرید کبدی دارند (ژانگ[1] ۲۰۱۶). اختلال در تنظیم یا بیان غیر طبیعی این دو پروتئین سبب به‌وجود آمدن چاقی، آترواسکلروز و بیماری‌های متابولیک می‌گردد (تورین[2] و دیگران، ۲۰۲۳). از این‌رو، ANGPTL3 و ANGPTL4 به‌عنوان اهداف درمانی جدید برای درمان چاقی و دیس لیپیدمی ناشی از آن مورد استفاده قرار گرفته است (گینزبرگ و گلدبرگ[3] ۲۰۲۳). اخیرا مداخلات تمرینی به‌عنوان بهترین استراتژی در مقابل با افت عملکرد جسمانی و توسعه چاقی و پیامدهای ناشی از آن در سالمندان پیشنهاد شده است (اکستروم[4] و دیگران، ۲۰۲۰؛ مورا[5] ۲۰۱۸). یکی از شیوه های جدید تمرینی برای سالمندان، تمرینات تناوبی شدید[6] (HIIT) می‌باشد (گارسیا[7] و دیگران، ۲۰۲۱). در حال حاضر، تقریبا ۶۰ درصد افراد سالمند بدون تحرک بوده و نداشتن زمان کافی برای انجام تمرینات ورزشی دلیل اصلی بی تحرکی آنان ذکر شده است. براساس نتایج مطالعات پیشین، شرکت در تمرینات HIIT در مقایسه با تمرینات جداگانه استقامتی و مقاومتی که به مدت زمان زیادی نیاز دارد، می‌تواند در زمان کوتاه، مزایای هر دو شیوه تمرینی را تضمین نماید. مطالعات گذشته تاثیرات مفید HIIT بر ترکیب بدن، عملکرد حرکتی، سرعت راه رفتن، دیس لیپیدمی و کیفیت زندگی سالمندان را تایید کرده‌اند (گارسیا و دیگران، ۲۰۲۱؛ واوگا[8] و دیگران، ۲۰۱۷). اما مطالعات اندکی به‌بررسی تاثیر تمرینات ورزشی بر ANGPTL3 و ANGPTL4 پرداخته‌اند. کالبرگ و دیگران (۲۰۱۳) پس از هشت هفته تمرینات هوازی با شدت ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه در زنان و مردان چاق سالم و غیرفعال، افزایش سطوح سرمی ANGPTL4 را گزارش کردند. در مقابل خسروی و دیگران (۲۰۱۸) بیان کردند دویدن روی نوارگردان با شدت ۶۰-۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب به‌مدت ۱۲ هفته، با کاهش معنی‌دار سطوح سرمی ANGPTL4 و بهبود نیمرخ لیپیدی در زنان یائسه چاق و کم‌تحرک همراه بود. بنابراین؛ با توجه به نتایج اندک و متناقض مطالعات فوق، بررسی تاثیر تمرینات ورزشی بویژه تمرینات تناوبی شدید بر پاسخ شاخص‌های ANGPTL3 و ANGPTL4 با هدف کنترل چاقی و اختلالات متابولیک ناشی از آن در جامعه سالمندان، ضروری به‌نظر می‌رسد.

از سوی‌دیگر، در دهه‌های اخیر استفاده از طب گیاهی به‌عنوان یک روش درمانی در کنترل اختلالات چاقی، توجه فراوانی را به خود معطوف ساخته است. اسپیرولینا یکی از مکمل‌های گیاهی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و دارای مواد مغذی مانند فیکوسیانین، کلروفیل، پلی ساکاریدها و سولفولیپیدهاست که سبب افزایش انرژی در بدن می‌شود (گروشاگوئر[9] و دیگران، ۲۰۲۰). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد اسپیرولینا در تنظیم متابولیسم لیپید تاثیرگذار است و مانع تجمع لیپیدهای کبدی و بهبود نیمرخ لیپیدی می‌شود (سوکری[10] و دیگران،

1 Zhang
2 Thorin
3 Ginsberg & Goldberg
4 Eckstrom
5 Mora
6 High-intensity interval training
7 García
8 Wewege
9 Grosshagauer
1 Sokary 0

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

۲۰۲۴). در همین راستا، گلستانی و دیگران (۲۰۲۱) گزارش کردند مصرف مکمل اسپیرولینا (دو قرص ۵۰۰ میلی‌گرمی در روز) و اجرای HIIT به مدت چهار هفته سبب بهبود نیمرخ لیپیدی و ترکیب بدن در زنان چاق گردید. همچنین دهقانی و دیگران (۲۰۲۱) کاهش TG، LDL و TC و افزایش HDL را پس از هشت هفته تمرین مقاومتی و مصرف روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم اسپیرولینا در مردان میانسال چاق گزارش کردند. براساس اطلاعات محققین تاکنون مطالعه‌ای به بررسی تاثیر این مکمل بر شاخص های ANGPTL3 و ANGPTL4 نپرداخته است. لذا با توجه به‌عدم وجود پیشینه تحقیق کافی در این زمینه، اجرای مطالعات بیشتر در خصوص بررسی مدت و دوز مصرف اثرگذار این مکمل بر شاخص‌های تحقیق ضرورت می‌یابد.

با توجه به شیوع چاقی و اضافه‌وزن در سالمندان، ارائه راهکارهای مناسب برای کنترل و کاهش وزن از طریق تمرینات ورزشی و مکمل‌های تغذیه‌ای ضروری به‌نظر می‌رسد. باتوجه‌به نتایج سودمند HIIT در کنترل وزن و جلوگیری از چاقی؛ و از سوی دیگر، تأثیرگذاری مکمل اسپیرولینا بر متابولیسم لیپید، بررسی تأثیر مکمل اسپیرولینا در تعامل با تمرین HIIT می‌تواند به‌عنوان یک راهکار درمانی مدنظر قرار بگیرد؛ لذا هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته HIIT و مکمل اسپیرولینا بر سطوح سرمی پروتئین‌های ANGPTL3، ANGPTL4 و نیمرخ لیپید در زنان سالمند چاق می‌باشد.

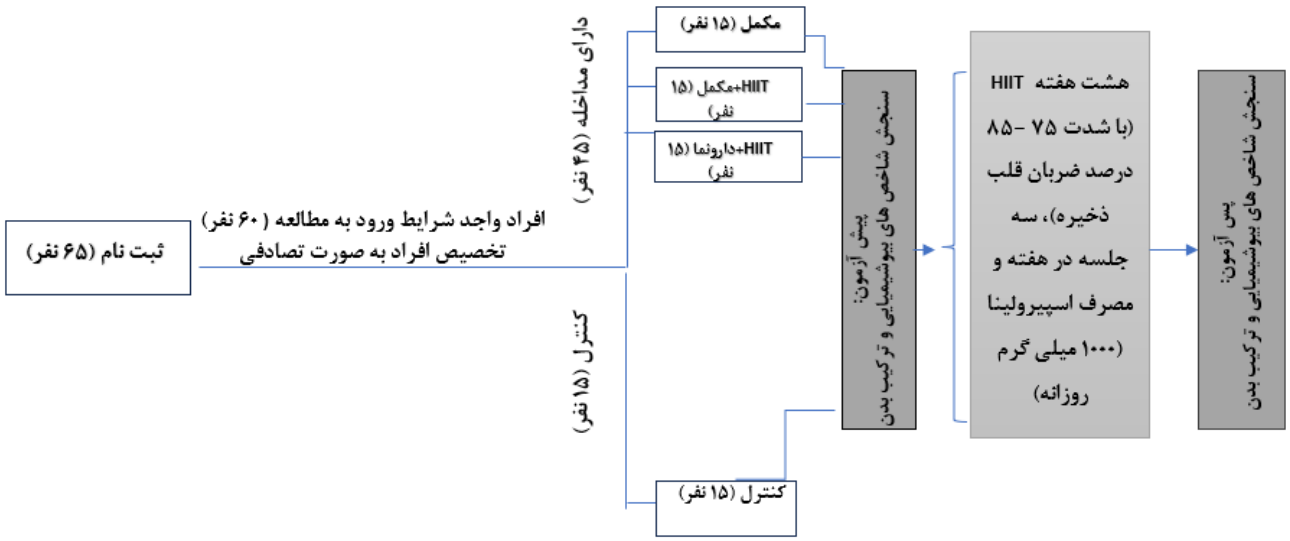
روش تحقیق

مطالعه حاضر، کارآزمایی بالینی تصادفی شده دوسوکور با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون می‌باشد. جامعهٔ آماری شامل زنان سالمند چاق ۶۰ تا ۷۵ سال شهرستان زابل بود. حجم نمونه با نرم‌افزار جی پاور[1] نسخه ۳,۱,۹,۴ و بر اساس آزمون موردا‌ستفاده در تحقیق (آزمون کوواریانس) با توان آماری ۸۰ درصد، سطح خطا ۰/۰۵ درصد و اندازه اثر ۰/۴۵ درصد، ۶۰ نفر تعیین شد. استفاده از اندازه اثر ۰/۴۵ (اندازه اثر بالا) بر اساس اندازه اثر گزارش شده در نتایج به‌دست‌آمده از نتایج تحقیقات پیشین است (محمد و دیگران، ۲۰۲۲). ابتدا با مراجعه به مراکز بهداشت شهرستان، از سالمندان علاقه‌مند دعوت به همکاری شد که ۶۵ نفر به صورت داوطلبانه مراجعه و از این تعداد ۶۰ نفر به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی (آسان و در دسترس) بر اساس معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند سپس با استفاده از یک فرآیند کامپیوتری برای تصادفی‌سازی ساده بر اساس جدول اعداد تصادفی، افراد به چهار گروه مساوی (۱۵ نفر در هر گروه) و همگن (بر اساس سن و ترکیب بدن) شامل مکمل+HIIT، دارونما+HIIT، مکمل، و کنترل تقسیم شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل شاخص توده بدن[2] (BMI) بالای ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، نداشتن فعالیت بدنی منظم در یک سال قبل از آغاز پژوهش و داشتن سطح سلامت عمومی جسمانی و روانی با تأیید پزشک و

[1] G*Power
[2] Body mass index

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

ملاک‌های خروج از مطالعه نیز شامل غیبت بیش از سه جلسه، شرکت در برنامه ی ورزشی خارج از طرح حاضر، مصرف دارو یا مکمل خاص و عدم تمایل آزمودنی‌های به ادامه همکاری بود. پس از ثبت‌نام اولیه آزمودنی‌ها، در جلسه توجیهی در مورد هدف پژوهش، زمان و نحوه اجرای تحقیق به افراد اطلاعات لازم داده شد و فرم رضایت‌نامه و پرسش‌نامه وضعیت سلامتی تکمیل گردید. در طول تحقیق، سیاست‌های اخلاقی پژوهش مطابق با اصول اعلامیه هلسینکی از جمله کسب رضایت آگاهانه و آزادی افراد برای شرکت در مطالعه رعایت شد. این پژوهش با کد اخلاق IR.SSRC.REC.1402.166 در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است و همچنین دارای کد کارآزمایی بالینی IRCT20220322054338N1 می‌باشد. طرح شماتیک مطالعه در نمودار ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: طرح شماتیک تحقیق

نحوه اجرای پروتکل تمرینی: پروتکل تمرین بر اساس راهنمای تمرین ACSM[1] برای افراد سالمند با افزایش تدریجی شدت بر اساس توانایی شرکت‌کنندگان به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته تنظیم شد. ابتدا قبل از شروع دوره تمرین، آزمودنی‌ها به مدت دو هفته جهت آشنایی با نحوه انجام HIIT به مدت ۳۰ الی ۴۵ دقیقه به سالن ورزشی مراجعه کردند. برنامه HIIT سه روز در هفته و با میانگین زمانی ۳۴ دقیقه (هفته های اول) تا ۵۸ دقیقه (هفته های آخر) در هر جلسه بود (وکیلی و امیر سا سان، ۲۰۲۲). جلسات تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم و سردکردن و اجرای حرکات دویدن به جلو و عقب، اسکوات با وزن بدن، شنا سوئدی، دراز و نشست، حرکت پروانه، پلانک حمایتی شش

[1] American College of Sports Medicine

نقطه‌ای، راه رفتن لانژ، دیپ با وزن بدن، جست و خیز سریع، لانژ پلاس، لانژ معکوس، حرکت کوهنورد، بالا آوردن دست و پا در حالت گربه‌ای، پرش به طرفین، تغییر مسیر به جلو، پله ۲۵ سانتی متر در هر جلسه بود. مدت زمان هر فعالیت در چهار هفته اول فعالیت ۳۰ ثانیه با شدت بیش از ۷۵ درصد ضربان قلب ذخیره (کاروونن[1]) بود و پس از افزایش آمادگی افراد، از هفته پنجم و ششم، مدت فعالیت به ۴۵ ثانیه و در هفته های هفتم و هشتم به ۶۰ ثانیه با شدت ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره رسید. تمام حرکات با نسبت زمانی ۱ به ۲ (زمان فعالیت به استراحت) اجرا شد (وکیلی و امیرساسان، ۲۰۲۲). برای تعیین شدت تمرینات از روش ضربان قلب کارونن و ضربان سنج پولار استفاده شد. همچنین برای اطمینان از ایمنی و مناسب بودن تمرین نیز، شدت تمرین با توجه به‌میزان درک فشار بورگ (RPE[2]) در محدوده ۱۷-۱۵ کنترل گردید.

جدول ۱- جزئیات برنامه تمرین تناوبی شدید اجرا شده

هفته	تعداد جلسات هفتگی	تعداد نوبت	مدت‌زمان هر حرکت در هر نوبت (ثانیه)	شدت فعالیت (درصد HRR)	معادل بورگ	زمان گرم و سردکردن (دقیقه)	زمان کل جلسه تمرین (دقیقه)
اول و دوم	۳	۱	۳۰	۸۰-۷۵	۱۶-۱۵	۱۰	۳۴
سوم و چهارم	۳	۱	۴۰	۸۰-۷۵	۱۶-۱۵	۱۰	۴۲
پنجم و ششم	۳	۱	۵۰	۸۵-۸۰	۱۷-۱۶	۱۰	۵۰
هفتم و هشتم	۳	۱	۶۰	۸۵-۸۰	۱۷-۱۶	۱۰	۵۸

نحوه مکمل‌دهی: باتوجه‌به دوسوکور بودن تحقیق و عدم اطلاع پژوهشگر و آزمودنی‌ها از نوع کپسول‌های دریافتی، فردی غیر از گروه محققان این مطالعه، بسته‌های دارای مکمل و دارونما را علامت‌گذاری و بین آزمودنی ها توزیع کرد. در گروه‌های مصرف‌کننده مکمل پس از شروع پروتکل تحقیق، در هر روز، دو کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی اسپیرولینا (روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم) (تسائو[3] و دیگران، ۲۰۲۲) و در گروه‌های دارونما دو کپسول محتوی نشاسته به‌صورت روزانه در وعده‌های صبح و شام تجویز گردید. کپسول های اسپیرولینا از شرکت داروسازی ریحان نقش جهان اصفهان ساخت کشور ایران و دارونما از مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه زابل تهیه شد. به صورت مستمر از آزمودنی‌ها خواسته شد رژیم غذایی معمول خود را حفظ کنند و در دوره پژوهش از انجام فعالیت‌های شدید پرهیز نمایند.

نسخه پیش ویرایش نشده

[1] Karvonen
[2] Rate of Perceived Exertion
[3] Tsao

اندازه‌گیری متغیرهای بیو شیمیایی و ترکیب بدن: ۴۸ ساعت قبل از شروع و پایان پروتکل پژوهش؛ وزن، درصد چربی بدن و مقادیر سرمی شاخص‌های خونی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. در این راستا از تمام آزمودنی‌ها درخواست شد دو روز قبل از نمونه‌گیری خونی از انجام فعالیت‌های شدید پرهیز نمایند. نمونه خونی از ورید بازویی دست راست و در حالت ناشتا و نشسته به‌مقدار پنج سی سی توسط کارشناس آزمایشگاه اخذ شد و بعد از سانتریفیوژ (۱۲ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه) نمونه‌ها در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی گراد فریز شدند. سطوح سرمی ANGPTL3 و ANGPTL4 با استفاده از کیت‌های تجاری الایزا بایو وندور[1] ساخت جمهوری چک و طبق پروتکل سازنده اندازه‌گیری شد. حساسیت کیت‌ها به ترتیب ۱/۰۸ و ۰/۱۷۳ نانوگرم در میلی‌لیتر بود. همچنین برای سنجش غلظت‌های TC، TG، LDL و HDL از روش آنزیماتیک و کیت‌های پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر بیو شیمی استفاده گردید. درصد چربی بدن نیز با اندازه‌گیری چربی زیرپوستی به روش سه نقطه‌ای جکسون پولاک (۱۹۸۵) (سه سربازو، چهار سرانی و فوق خاصره) پس از ۱۰-۸ ساعت ناشتایی با استفاده از کالیپر مدل سی هان ۵۰۲[2] ساخت کشور انگلستان ارزیابی گردید (جکسون[3] و دیگران، ۱۹۸۰).

روش‌های آماری: جهت توصیف داده‌ها و رسم نمودارها و جداول از آمار توصیفی استفاده شد. در ابتدا از آزمون شاپیرو - ویلک[4] جهت طبیعی بودن توزیع داده‌ها و آزمون لون[5] برای بررسی تجانس واریانس‌ها استفاده گردید. برای مقایسه ویژگی‌های آنتروپومتریک در پیش آزمون از آنالیز واریانس یک‌راهه؛ برای مقایسه متغیرهای وابسته گروه‌ها (مقایسه پس آزمون گروه‌ها بر اساس کنترل و تعدیل ارزش‌های بدست آمده از پیش آزمون) از روش آماری تحلیل کوواریانس‌ها؛ و برای تعیین محل اختلاف ها، از آزمون تعقیبی توکی[6] استفاده شد. همچنین از آزمون Cohen's d برای برآورد اندازه اثر استفاده گردید. اندازه اثر کمتر از ۰/۲ به عنوان اندازه اثر ناچیز، بین ۰/۲ تا ۰/۵ اندازه اثر کم، بین ۰/۵ تا ۰/۸ اندازه اثر متوسط و بیشتر از ۰/۸ اندازه اثر زیاد در نظر گرفته شد. همه آزمون ها با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی‌داری $p \leq ۰/۰۵$ اجرا گردید.

یافته‌ها

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1] BioVendor
[2] SAEHAN SH 5020
[3] Jackson
[4] Shapiro-Wilk
[5] Levene
[6] Tukey

اطلاعات فردی و آنتروپومتریک آزمودنی‌های تحقیق در ابتدای مطالعه، در جدول دو گزارش شده ا ست. برا ساس نتایج آزمون آنالیز واریانس یک راهه، آزمودنی‌های مورد مطالعه در ابتدای پژوهش از لحاظ ویژگی‌های فردی و آنتروپومتریک تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند (p>۰/۰۵).

جدول ۲. توصیف (میانگین± انحراف استاندارد) و مقایسه ویژگی‌های فردی و آنتروپومتریک گروه‌های مورد مطالعه در مرحله پیش آزمون

متغیرها	دارونما+تمرین	مکمل+ تمرین	مکمل	کنترل	p
سن (سال)	۶۰/۳۲ ±۶/۳۷	۶۱/۰۹±۶/۴۶	۶۲/۵۵±۷/۸۱	۶۰/۳۸±۷/۷۹	۰/۹۲
قد (سانتی‌متر)	۱۵۴/۶۳±۸/۹۱	۱۵۶/۳۷±۷/۵۴	۱۵۵/۲۸±۷/۱۶	۱۵۷/۳۱±۱۰/۲۵	۰/۸۳
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۹۹ ±۶/۷۱	۷۴/۲۵±۷/۱۴	۷۳/۰۷±۸/۵۰	۷۵/۰۳±۷/۲۹	۰/۳۸
BMI (کیلوگرم/مترمربع)	۳۱/۸۳±۱/۱۲	۳۱/۰۸±۱/۵۴	۳۰/۴۴±۱/۷۵	۳۰/۶۶±۱/۱۹	۰/۸۶

جدول ۳. توصیف و مقایسه میانگین تغییرات ANGPTL3 ، ANGPTL4، TC، TG، LDL-c، HDL-c، وزن و درصد چربی بدن پس از هشت هفته مصرف اسپیرولینا و تمرین در چهار گروه تحقیق

متغیرها	گروه	زمان اندازه گیری		درصد تغییرات	اندازه اثر	بین‌گروهی
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون		Cohen's d	P
ANGPTL4 (نانوگرم/ میلی لیتر)	دارونما+HIIT	۳۶/۹۰±۴/۸۳	۳۲/۸۲±۳/۰۶	-۱۱	-۰/۶۰	۰/۰۱*
	مکمل+HIIT	۳۳/۱۲±۵/۵۹	۲۹/۱۱±۳/۴۱	-۱۲	-۱/۷۱	
	مکمل	۳۳/۷۷±۵/۲۷	۳۲/۰۳±۴/۷۶	-۵	-۰/۶۶	
	کنترل	۳۴/۲۵±۵/۶۸	۳۴/۶۹±۳/۰۹	۱	-۰/۰۳	
ANGPTL3 (نانوگرم/میلی لیتر)	دارونما+HIIT	۲۱۳/۰۶±۳۴/۹۹	۲۰۱/۸۱±۳۵/۲۳	-۵	-۰/۶۸	۰/۰۲*
	مکمل+HIIT	۲۲۴/۲۴±۳۲/۱۴	۲۰۲/۱۲±۳۶/۰۹	-۱۰	-۰/۶۸	
	مکمل	۲۱۸/۴۱±۳۴/۰۳	۲۱۰/۲۳±۳۵/۲۵	-۴	-۰/۴۶	
	کنترل	۲۲۶/۲۸±۳۷/۱۱	۲۲۸/۱۸±۴۱/۲۴	۱	-۰/۰۴	
TC (میلی گرم/دسی لیتر)	دارونما+HIIT	۲۲۰/۹۱±۴۲/۲۴	۲۰۴/۶۳±۲۷/۴۰	-۷	-۰/۶۹	۰/۱۶
	مکمل+HIIT	۲۳۸/۲۶±۴۱/۲۵	۱۹۹/۱۳±۴۱/۲۷	-۱۶	-۰/۷۲	
	مکمل	۲۰۶/۵۶±۴۱/۱۶	۲۰۶/۲۰±۳۹/۱۷	۰	-۰/۵۰	
	کنترل	۲۲۶/۳۵±۳۹/۷۲	۲۲۷/۷۵±۳۸/۰۱	۱	-۰/۱۱	
TG (میلی گرم/دسی لیتر)	دارونما+HIIT	۱۹۲/۱۲±۳۳/۶۱	۱۶۸/۲۵±۲۷/۳۱	-۱۲	-۰/۹۴	۰/۰۰۱*
	مکمل+HIIT	۱۸۱/۰۴±۳۰/۵۷	۱۵۰/۵۸±۲۹/۳۱	-۱۷	-۱/۴۲	
	مکمل	۱۸۸/۰۶±۳۶/۴۷	۱۷۳/۵۱±۳۵/۲۸	-۸	-۰/۷۱	
	کنترل	۱۹۹/۲۰±۳۸/۲۹	۲۰۰/۶۲±۴۰/۰۱	۱	-۰/۰۴	

LDL-c (میلی گرم/دسی لیتر)	دارونما+HIIT	۱۲۳/۲۳±۲۱/۹۵	۱۰۶/۳۵±۱۸/۱۰	-۱۴	-۰/۴۸	۰/۰۰۲*
	مکمل+HIIT	۱۲۶/۴۱±۲۲/۹۲	۱۰۲/۱۸±۲۲/۱۱	-۱۹	-۰/۶۱	
	مکمل	۱۳۰/۲۷±۳۰/۱۲	۱۲۵/۴۷±۱۹/۵۵	-۴	-۰/۳۱	
	کنترل	۱۱۹/۷۶±۳۱/۰۰	۱۱۷/۷۹±۲۸/۲۹	-۲	-۰/۰۴	
HDL-c (میلی گرم/دسی لیتر)	دارونما+HIIT	۳۲/۲۷±۳/۴۸	۳۶/۲۶±۴/۲۶	۱۲	۰/۴۹	۰/۰۷
	مکمل+HIIT	۳۱/۶۱±۴/۳۹	۳۸/۲۷±۳/۶۷	۲۱	۱/۱۱	
	مکمل	۳۴/۰۲±۳/۱۷	۳۵/۷۱±۵/۰۱	۵	۰/۳۱	
	کنترل	۳۳/۵۸±۵/۷۷	۳۴/۴۰±۳/۲۴	۲	۰/۱۲	
وزن (کیلوگرم)	دارونما+HIIT	۷۶/۹۹±۶/۷۱	۷۴/۲۰±۳/۱۵	-۳	-۰/۳۷	۰/۰۰۱*
	مکمل+HIIT	۷۴/۲۵±۷/۱۴	۷۱/۲۵±۶/۱۸	-۴	-۰/۷۴	
	مکمل	۷۵/۰۳±۸/۵۰	۷۲/۵۹±۶/۴۷	-۳	-۰/۵۴	
	کنترل	۷۵/۰۳±۷/۲۹	۷۶/۴۵±۷/۷۶	۲	۰/۱۴	
چرب بدنی (درصد)	دارونما+HIIT	۳۵/۲۵±۲/۲۱	۳۳/۱۵±۲/۶۴	-۶	-۱/۰۷	۰/۰۰۱*
	مکمل+HIIT	۳۶/۱۶±۲/۲۷	۳۳/۰۱±۲/۷۱	-۹	-۱/۱۰	
	مکمل	۳۶/۴۲±۳/۵۱	۳۵/۴۲±۳/۲۷	-۶	-۰/۴۵	
	کنترل	۳۷/۰۰±۴/۲۲	۳۷/۲۶±۴/۷۱	۱	۰/۰۳	

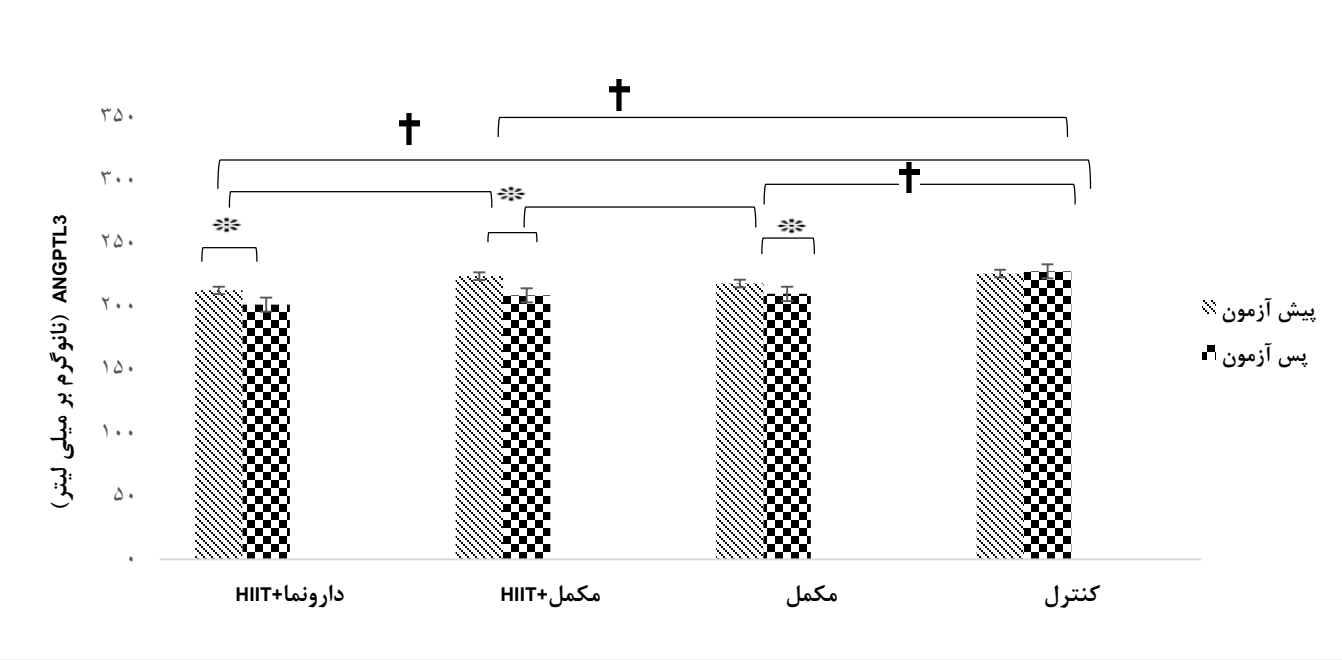
***نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروه ها بر اساس آزمون تحلیل کوواریانس در سطح p< ۰/۰۵.**

تغییرات ANGPTL3 و ANGPTL4: بر اساس نتایج آزمون تحلیل کوواریانس (جدول سه)، بین میانگین شاخص های ANGPTL3 (p<۰/۰۲) و ANGPTL4 (p<۰/۰۱) در گروه‌های تحقیق تفاوت معنی‌دار وجود داشت. نتایج آزمون توکی نشان داد که میانگین تغییرات ANGPTL3 در گروه‌های مکمل+ HIIT (p<۰/۰۰۱)، دارونما+ HIIT (p<۰/۰۱)، مکمل (p<۰/۰۴) نسبت به گروه کنترل؛ کاهش معنی‌دار داشته است. همچنین میانگین تغییرات این شاخص در گروه مکمل+ HIIT نسبت به گروه‌های دارونما+ HIIT (p<۰/۰۰۱) و مکمل (p<۰/۰۰۱)؛ کاهش معنی‌دار نشان داد. میانگین تغییرات ANGPTL4 نیز در گروه‌های مکمل+HIIT (p<۰/۰۱)، دارونما+ HIIT (p<۰/۰۱)، و مکمل (p<۰/۰۱) نسبت به گروه کنترل؛ کاهش معنی‌دار داشت، همچنین میانگین تغییرات این شاخص در گروه مکمل+HIIT نسبت به گروه مکمل (p<۰/۰۱)، کاهش معنی‌دار نشان داد.

تغییرات نیمرخ لیپید و ترکیب بدن: بر اساس نتایج آزمون تحلیل کوواریانس بین میانگین شاخص‌های TG (p<۰/۰۰۱)، LDL (p<۰/۰۰۲)، وزن (p<۰/۰۰۱) و درصد چربی (p۰/۰۰۱) در گروه‌های تحقیق تفاوت معنی‌دار وجود داشت، درحالی‌که در شاخص‌های HDL و TC تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد (p>۰/۰۵). میانگین تغییرات TG و LDL در گروه‌های مکمل+ HIIT (به ترتیب p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۱) و دارونما+HIIT (به ترتیب p<۰/۰۱ و p<۰/۰۱) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌دار داشته است. همچنین میانگین تغییرات TG و LDL در گروه مکمل+ HIIT نسبت به گروه مکمل (به ترتیب p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۰۱) کاهش معنی‌دار نشان داد.

در انتشار ویرایش نشده

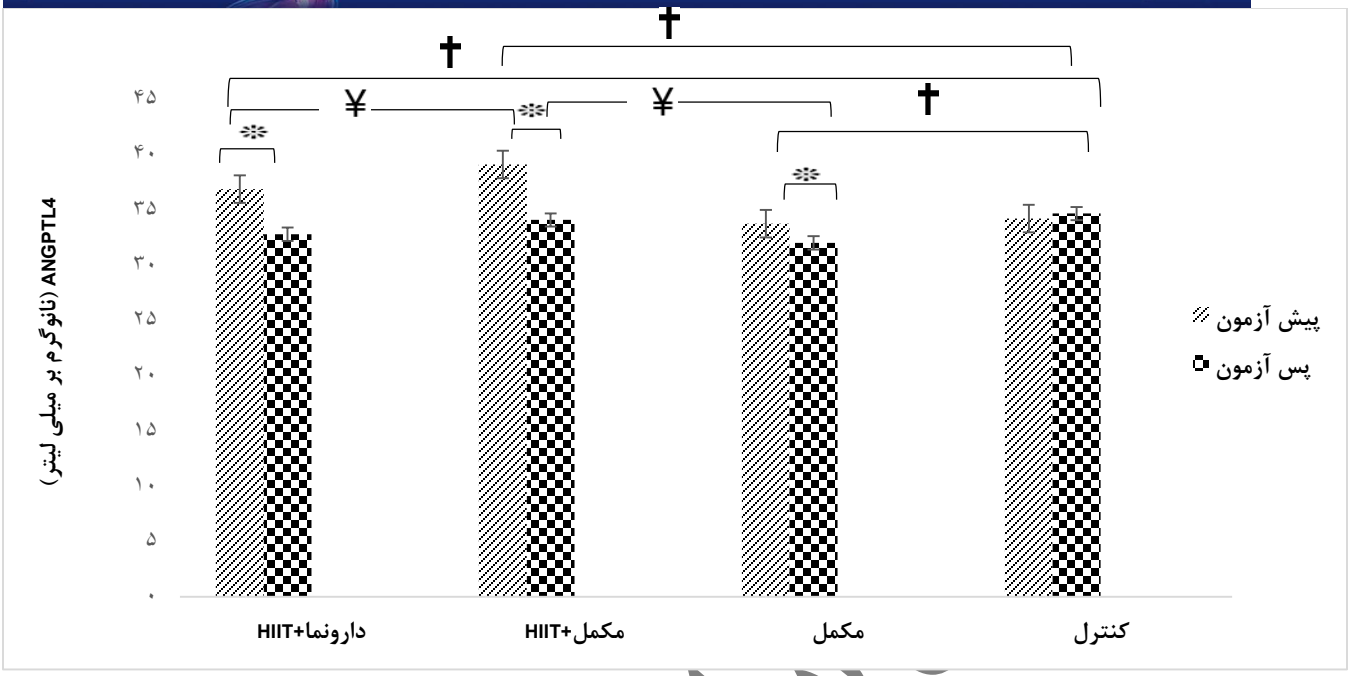
علاوه بر این، میانگین تغییرات وزن و درصـــد چربی در گروه‌های دارونما+HIIT (به ترتیب p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۰۷)، مکمل+ HIIT (به ترتیب p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۱) و مکمل (به ترتیب p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۲) نسـبت به گروه کنترل بهبودی معنی‌داری نشـان داد و مطابق جدول سـه و درصد تغییرات گزارش شده، میزان کاهش این شاخص‌ها در گروه مکمل+HIIT نسبت به سایر گروه‌ها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.



شکل ۱. مقایسه میانگین ANGPTL-3 در گروه های تحقیق. †نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروه کنترل با سایر گروه ها؛ نشانه تفاوت معنی‌دار با گروه HIIT+مکمل؛ سطح معنی داری p<۰/۰۵.

ویرایش نشده

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport



شکل ۲. مقایسه میانگین ANGPTL-4 در گروه های تحقیق. †نشانه تفاوت معنی‌دار بین بین گروه کنترل با سایر گروه ها ؛ ¥نشانه تفاوت معنی‌دار با گروه HIIT+مکمل؛ سطح معنی‌داری ۰/۰۵>p.

بحث

طبق نتایج این پژوهش، هشت هفته HIIT سبب کاهش ANGPTL3، ANGPTL4، TG، TC، LDL و افزایش HDL در زنان سالمند چاق گردید. نتایج مطالعات پیشین نشان داده‌اند که سطوح سرمی ANGPTL3 و ANGPTL4 در سالمندان چاق که درصد چربی بیشتری دارند، معمولا بالاتر است (استفانسکا[1] و دیگران، ۲۰۲۲؛ اکروس و دیگران، ۲۰۲۰). هم‌راستا با پژوهش حاضر، هافمن[2] و دیگران (۲۰۲۴) بیان کردند، کاهش سطوح سرمی ANGPTL3 و ANGPTL4 ارتباط مستقیمی با TG، گلوکز و انسولین ناشتا، نسبت دور کمر به باسن و BMI دارند و موجب بهبود نیمرخ لیپیدی پس از پنج هفته تمرین استقامتی در بزرگسالان شد. صادقی و دیگران (۲۰۲۲) نیز کاهش معنی‌دار ANGPTL3 و غیر معنی‌دار ANGPTL4 را پس از هشت هفته تمرین ترکیبی (مقاومتی و استقامتی شدید) در مردان چاق گزارش کرده اند. همچنین نظری و دیگران (۲۰۲۱) نشان داده اند که اجرای هشت هفته HIIT با شدت ۹۰ تا ۹۵ در صد حداکثر ضربان قلب؛ باعث کاهش معنی‌دار ANGPTL3، درصد چربی بدن، TG، کلسترول تام، LDL و افزایش HDL در زنان کم تحرک می‌شود.

[1] Stefanska

[2] Hoffmann

ناهمسو با مطالعات فوق، حق شناس (۲۰۲۰) افزایش ANGPTL4 و کاهش TG و عدم تغییر معنی‌دار LDL و HDL را پس از هشت هفته تمرینات هوازی در افراد دارای اضافه وزن؛ نشان داده است. ایزانلو و دیگران (۲۰۲۰) نیز گزارش کرده اند که پس از چهار هفته HIIT با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد ضربان قلب بیشینه، سطوح سرمی ANGPTL4 و TG، LDL و HDL در دختران هندبالیست تغییر معنی‌داری نمی کند. گمان می رود دلیل ناهمسویی یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های فوق، تفاوت در سطح آمادگی بدنی آزمودنی‌ها، نوع و روش اجرای فعالیت ورزشی باشد؛ به‌گونه‌ای که در پژوهش حق شناس (۲۰۲۰)، کودکان پسر دارای اضافه وزن، پروتکل طناب زنی تناوبی را به مدت هشت هفته؛ و در پژوهش ایزانلو و دیگران (۲۰۲۰)، آزمودنی های دختر هندبالیست جوان، پروتکل دویدن تناوبی شدید را به مدت چهار هفته؛ اجرا کردند. در حالی‌که در پژوهش حاضر، افراد سالمند چاق پروتکل HIIT را به مدت هشت هفته به اجرا درآوردند. علاوه‌براین، یکی‌دیگر از دلایل احتمالی ناهمسویی یافته‌های فوق با پژوهش حاضر، سطوح اولیه این شاخص‌ها در شروع تمرین است که محققین دیگر نیز بر آن تاکید دا شته اند (اکاتی و دیگران ، ۲۰۲۴). در تحقیق حا ضر، آزمودنی‌ها سطوح پایه نیمرخ لیپیدی بالاتری نسبت به آزمودنی‌های دو مطالعه حق شناس و ایزانلو داشتند. تمرین ورزشی، بیشتر نیمرخ چربی افرادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که از سطح پایه TGو LDL بالاتر؛ یا HDL پایین‌تر، برخوردار باشند. به عبارت دیگر، هرچه مقدار چربی‌های خون بیشتر باشد، تغییرات محسوس تری نشان داده خواهد شد.

عوامل متعددی به عنوان تنظیم‌گرهای ANGPTL3 و ANGPTL4 شنا سایی شده‌اند. مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های آنژیوپویتین‌ها، گیرنده فعال شده با تکثیرکننده پروکسیزوم[1] (PPAR) شامل PPARγ، PPARβ و PPAR-α می‌با شند (هاردا[2] و دیگران، ۲۰۲۱). PPAR ها نوعی گیرنده‌ی هورمونی و عامل ا صلی در تنظیم متابولیسم لیپیدها محسوب می شوند که در بیان ژنی آنزیم‌های موثر در متابولیسم ا سیدهای چرب و بتا اکسیداسیون؛ نقش تنظیمی دارند (زرکش و دیگران، ۲۰۲۲). احتمالا کاهش سطوح سرمی ANGPTL3 و ANGPTL4 و چربی‌های خون پس از هشت هفته HIIT در مطالعه حاضر، به‌دلیل تغییر در فعالیت و عملکرد خانواده PPAR باشد (ایزانلو و دیگران، ۲۰۲۰). البته در مطالعه حاضر، سطح PPAR سنجش نشد، اما از آنجایی که اسیدهای چرب آزاد یکی از مهم‌ترین آگونیست‌های PPAR می‌باشند؛ احتمالا تغییر در ترکیب بدن و افزایش استفاده از اسیدهای چرب آزاد پس از ورزش؛ سبب تفاوت معنی‌دار سطوح سرمی ANGPTL3 و ANGPTL4 در گروه‌های تمرینی شده است.

یکی‌دیگر از مکانیسم‌های احتمالی کاهش ANGPTL3 و ANGPTL4 در تحقیق حا ضر ممکن ا ست با ا سترس‌های مرتبط با چاقی در ارتباط باشد. بیان شده است با افزایش التهاب ناشی از چاقی و القاء آدیپوسایتوکاین‌های پیش التهابی، مانند عامل نکروزدهنده تومور آلفا[3] (TNF-α) و

1 Peroxisome Proliferator-Activated Receptors

2 Harada

3 Tumor necrosis factor

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

اینترفرون گاما (IFNγ)؛ بیان ژنی ANGPTL3 و ANGPTL4 افزایش می‌یابد (گورکا[2] و دیگران، ۲۰۲۲). اما در پی اجرای تمرینات ورزشی، بویژه تمرینات تناوبی و کاهش وزن ناشی از آن؛ سطح این آدیپوسایتوکاین‌های پیش‌التهابی و متعاقبا سطح ANGPTL3 و ANGPTL4، کاهش پیدا می کند ((ایزانلو و دیگران، ۲۰۲۰؛ هافمن و دیگران، ۲۰۲۴). عوامل ANGPTL3 و ANGPTL4 به‌عنوان بازدارنده های قوی آنزیم لیپوپروتئین لیپاز (LPL[3]) هم شناخته شده‌اند و گزارش شده است که بیش بیانی ANGPTL3 و ANGPTL4 در نمونه‌های حیوانی، منجر به کاهش فعالیت LPL و هایپر لیپیدمی می‌شود؛ روندی که پیامد آن، مختل شدن متابولیسم لیپیدها است (هزارخانی و دیگران، ۲۰۲۴؛ روشیکا[4] و دیگران، ۲۰۲۰). آنزیم LPL شیلومیکرون‌های حاوی آپولیپوپروتئین B و VLDL (لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم) را هیدرولیز می‌کند و منجر به آزاد شدن TG می‌شود. حذف ANGPTL3 منجر به افزایش فعالیت LPL می‌شود و هیدرولیز TG را در لیپوپروتئین‌های غنی از TG افزایش می‌دهد (روشیکا و دیگران، ۲۰۲۰). در آزمودنی‌های انسانی با حذف ANGPTL3، سطح کلسترول در فراکسیون‌های لیپوپروتئین پلاسما، کمتر می شود. در این آزمودنی‌ها، TG و به‌ویژه لیپوپروتئین‌های HDL-C و VLDL، کاهش می‌یابند (هزارخانی و دیگران، ۲۰۲۴).

از سوی‌دیگر، گزارش شده است که HIIT از طریق افزایش آنزیم لستین کلسترول آسیل ترانسفراز[5](LCAT) و LPL، موجب تسریع هیدرولیز تری‌گلیسرید، و تجزیه VLDL و تبدیل کلسترول به HDL می شود (وود[6] و دیگران، ۲۰۱۹؛ یون[7] و دیگران، ۲۰۲۳). در پژوهش حاضر، کاهش TG و LDL می‌تواند ناشی از افزایش سطوح اسیدهای چرب آزاد باشد که به عنوان سوخت متابولیک ارجح در HIIT مورد استفاده قرار می‌گیرند و این اتفاق پیامد کاهش عملکرد مهاری ANGPTL3 و ANGPTL4 بر LPL؛ و افزایش سوخت چربی به‌عنوان منبع اصلی تامین انرژی می‌باشد. علاوه براین، HIIT با کاهش عملکرد و سطح آنزیم تری‌گلیسرید لیپاز، سبب افزایش لیپولیز و کاهش سطح TG و TC می‌شود (اسمارت[8] و دیگران، ۲۰۲۴). همچنین انتقال معکوس کلسترول پس از تمرینات ورزشی، موجب برداشت کلسترول مازاد از بافت‌های پیرامونی، مانند ماکروفاژهای دیواره سرخرگی و بازگرداندن آن‌ها به بافت کبد؛ و افزایش غلظت پلاسمایی HDL و کاهش سطح LDL می‌گردد (اکاتی و دیگران، ۲۰۲۴).

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1] Interferon gamma
[2] Górecka
[3] Lipoprotein lipase
[4] Ruscica
[5] Lecithin–cholesterol acyltransferase
[6] Wood
[7] Yun
[8] Smart

یکی‌دیگر از یافته های پژوهش حا ضر، اثرگذاری HIIT به همراه مکمل ا سپیرولینا بر ANGPTL3، ANGPTL4، TG، LDL، HDL، وزن و در صد چربی بدن در گروه‌های دارای مداخله بود. اسپیرولینا به سبب دارا بودن مواد مغذی مانند فیکوسیانین، کلروفیل، پلی ساکاریدها و سولفولیپیدها؛ می‌تواند نقش موثری در کاهش چربی‌های خون داشته باشد (مظلومی و دیگران، ۲۰۲۱). هم‌راستا با مطالعه حاضر، گلستانی و دیگران (۲۰۲۱) بیان کرده اند که چهار هفته HIIT به‌همراه مکمل اسپیرولینا (دو قرص ۵۰۰ میلی گرمی در روز) ،سبب کاهش معنی‌دار وزن، درصد چربی بدن، TG، TC و LDL؛ و افزایش معنی‌دار HDL زنان چاق دارای اضافه وزن می گردد. همچنین در مطالعه اکبرپور و دیگران (۲۰۲۰، کاهش TC و LDL و افزایش HDL؛ پس از شش هفته تمرین هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب و مصرف روزانه سه کپ سول ۵۰۰ میلی‌گرمی ا سپیرولینا، در زنان دیابتی دارای ا ضافه وزن گزارش شده ا ست. رئوفی و دیگران (۲۰۲۰) نیز پس از ه شت هفته HIIT با شدت ۶۵ تا ۸۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و مصرف روزانه دو عدد قرص ۵۰۰ میلی‌گرمی اسپیرولینا؛ کاهش TC و LDL و افزایش HDL را در مردان سالمند دارای اضافه وزن گزارش کرده و بیان نموده اند که میزان تغییرات در گروه تمرین به همراه مکمل، بیش از دو گروه تمرین و مکمل به‌تنهایی بوده است.

بر ا ساس نتایج مطالعات پیشین، ا سپیرولینا اثرات ضد چاقی دارد که با فعال‌سازی سیگنال آدنوزین مونوفسفات کیناز[1] (AMPK) و افزایش سیرتوئین-۱ [2](SIRT1) ،بر بافت‌های چربی و عضلانی اعمال می‌گردد. در واقع، AMPK با تنظیم فعالیت SIRT1 سبب تنظیم فاکتور هسته‌ای تقویت‌کننده زنجیره سبک کاپا از لنفوسیت‌های بیِ فعال‌شده[3] (NF-kB)، پروتئین جعبه سرچنگالی O1[4] (FOXO1) و PPAR-γ می‌گردد که منجر به افزایش سایتوکاین‌های ضدالتهابی از جمله آدیپونکتین و کاهش توده چربی بدن می‌گردد. علاوه بر این، گزارش شده ا ست که فیکو سیانین موجود در ا سپیرولینا، از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های LPL و تری‌گلیسیرید لیپاز کبدی و همچنین افزایش فعالیت[5]PGC1α و UCP2[6] سبب افزایش بیوژنز میتوکندریایی، اکسیداسیون چربی و هیپولیپیدمی می‌گردد (مظلومی و دیگران، ۲۰۲۱؛ رئوفی و دیگران، ۲۰۲۰). در خصوص تاثیر مکمل اسپیرولینا بر سطوح ANGPTL3-4 تاکنون مطالعه ای انجام نشده است. با توجه به عدم دسترسی به پیشینه تحقیق در این خصوص، نتیجه‌گیری در خصوص تاثیر اسپیرولینا بر سطوح ANGPTL3 و ANGPTL4 باید با احتیاط صورت گیرد. اما در مجموع به نظر می‌رسد مکمل ا سپیرولینا دارای خواص ضداکسایشی و ضدچربی قوی ا ست که احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپازی و افزایش اسیدهای چرب آزاد در دسترس به عنوان سوخت بدن موجب کاهش سطح و عملکرد تنظیم‌گرهای متابولیسم چربی‌ها مانند

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

[1] AMP-activated protein kinase
[2] Sirtuin 1
[3] Nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B
[4] Forkhead box protein O1
[5] Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha
[6] Mitochondrial uncoupling protein 2

ANGPTL3 و ANGPTL4 و متعاقبا کاهش سطح TG خون می‌گردد. با این‌حال، در پژوهش حاضر شاخص‌های HDL، LDL و TC در گروه مکمل به تنهایی تغییر معنی‌داری نداشتند، در حالی‌که در گروه‌های تمرینی شاخص HDL افزایش و LDL و TC کاهش معنی‌داری نشان دادند. علت عدم تغییرات معنی‌دار این شاخص‌ها، احتمالا از یک‌سو دوز ناکافی مکمل اسپیرولینا و از سوی‌دیگر تاثیر پذیری کمتر لیپوپروتئین‌ها نسبت به مکمل‌های طبیعی می‌باشد. همچنین گمان می‌رود تمرین نسبت به مکمل به تنهایی فاکتور موثرتری بر تغییرات لیپوپروتیئن‌ها می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده جهت نتیجه‌گیری قطعی‌تر در این خصوص مصرف اسپیرولینا با دوزهای متفاوت و در دوره های زمانی طولانی‌تر مدنظر قرار گیرد. از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به عدم سنجش شاخص‌های بالا و پایین دستی تاثیر گذار بر ANGPTL3 و ANGPTL4 و نیز کم بودن حجم نمونه و تعداد آزمودنی‌ها اشاره کرد که نیازمند احتیاط در تعمیم نتایج می‌باشد.

نتیجه‌گیری: بر ا ساس نتایج مطالعه حا ضر می‌توان گفت ه شت هفته اجرای HIIT (با شدت ۷۵ تا ۸۵ در صد ضربان قلب ذخیره) به همراه مکمل‌دهی اسپیرولینا (روزانه ۱۰۰۰ میلی‌گرم) با تأثیرگذاری بر شاخص‌های ANGPTL3 و ANGPTL4 سبب ایجاد تغییرات مثبت و بهبود نیمرخ لیپیدی و ترکیب بدنی زنان سالمند دارای اضافه‌وزن می‌گردد. مطالعه پیش رو اثرات مثبت هم‌زمانی دو متغیر تمرین و مکمل اسپیرولینا را بر شاخص‌های ANGPTL3، ANGPTL4 و نیمرخ لیپیدی را نشان داد؛ لذا می‌توان به افراد سالمند انجام این‌گونه تمرینات و مصرف اسپیرولینا را به‌عنوان راهکارهای غیردارویی در پیشگیری از چاقی و هایپرلیپیدمی به‌عنوان فاکتور خطر بیماری‌های قلبی و عروقی پیشنهاد داد.

تعارض منافع

فرم مربوط به این قسمت تکمیل و در اختیار مجله قرارگرفته است. این مقاله پیش از این در جای دیگری برای چاپ ثبت نشده است و نویسندگان تعارض منافعی ندارند.

قدردانی و تشکر

از تمامی افرادی که در انجام تحقیق ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

Akbarpour, M., & Mehrabe, E. (2020). The Effect of Aerobic Exercise and Spirulina Supplementation on Some Cardiovascular Risk Factors in Overweight Women with Type 2 Diabetes. *Journal of Sport Biosciences, 12***(2), 207-222. [In Persian].** https://doi.org/10.22059/jsb.2020.276235.1330

Aryal, B., Price, N. L., Suarez, Y., & Fernández-Hernando, C. (2019). ANGPTL4 in metabolic and cardiovascular disease. *Trends in Molecular Medicine, 25***(8), 723-734. doi:10.1016/j.molmed.2019.05.010**

Cullberg, K. B., Christiansen, T., Paulsen, S., Bruun, J., Pedersen, S., & Richelsen, B. (2013). Effect of weight loss and exercise on angiogenic factors in the circulation and in adipose tissue in obese subjects. *Obesity, 21***(3), 454-460. doi:10.1002/oby.20060**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Dehghani, K., Mogharnasi, M., Saghebjoo, M., Malekaneh, M., & Sarir, H. (2021). Effect of Spirulina platensis green-blue algae consumption, and circuit resistance training (CRT) on lipid profile in overweight and obese middle-aged men. *Journal of Birjand University of Medical Sciences, 28***(3), 24 .259-8. [In Persian]. http://journal.bums.ac.ir/article-1-3012-en.html**

Eckstrom, E., Neukam, S., Kalin, L., & Wright, J. (2020). Physical activity and healthy aging. *Clinics in Geriatric Medicine, 36***(4), 671-683. doi:10.1016/j.cger.2020.06.009**

Ekroos, K., Lavrynenko, O., Titz, B., Pater, C., Hoeng, J., & Ivanov, N. V. (2020). Lipid-based biomarkers for CVD, COPD, and aging–A translational perspective. *Progress in Lipid Research, 78***, 101030. doi:10.1016/j.plipres.2020.101030**

Fernández-Hernando, C., & Suárez, Y. (2020). ANGPTL4: a multifunctional protein involved in metabolism and vascular homeostasis. *Current Opinion in Hematology,* **27(3), 206-213. doi:10.1097/MOH.0000000000000580**

Ginsberg, H. N., & Goldberg, I. J. (2023). Broadening the scope of dyslipidemia therapy by targeting APOC3 (apolipoprotein C3) and ANGPTL3 (angiopoietin-like protein 3). *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 43***(3), 388-398. doi:10.1161/ATVBAHA.122.317966**

Golestani, F., Mogharnasi, M., Erfani-Far, M., & Abtahi-Eivari, S. H. (2021). The effects of spirulina under high-intensity interval training on levels of nesfatin-1, omentin-1, and lipid profiles in overweight and obese females: A randomized, controlled, single-blind trial. *Journal of Research in Medical Sciences, 26***(1), 10. doi:10.4103/jrms.JRMS_1317_20**

Grosshagauer, S., Kraemer, K., & Somoza, V. (2020). The true value of Spirulina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68*(**14), 4109-4115. doi:10.1021/acs.jafc.9b08251**

Górecka, M., Krzemiński, K., Mikulski, T., & Ziemba, A. W. (2022). ANGPTL4, IL-6 and TNF-α as regulators of lipid metabolism during a marathon run. *Scientific Reports*, *12***(1), 19940. https://doi.org/10.1038/s41598-022-17439-x**

Haghshenas, R. (2020). The effect of rope training on the plasma level of angiopoietin-4, interleukin-6, and lipid profile of overweight boys. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, *22* **(2) :162-168. [In Persian]. URL: http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-2699-fa.html**

Harada, M., Yamakawa, T., Kashiwagi, R., Ohira, A., Sugiyama, M., Sugiura, Y., Kondo, Y., & Terauchi, Y. (2021). Association between ANGPTL3, 4, and 8 and lipid and glucose metabolism markers in patients with diabetes. *PloS One*, *16***(7), e0255147. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255147**

Hezarkhani, S., Hajighaderi, A., Hosseinzadeh, S., Behnampour, N., Veghari, G., Fathabadi, F., Hesari, Z., & Joshaghani, H. R. (2024). The serum levels of angiopoietin-like protein 3 and 4 in type 2 diabetic patients with and without metabolic syndrome compared to the control group. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism, 7***(1), e466. https://doi.org/10.1002/edm2.466**

Hoffmann, W. G., Chen, Y. Q., Schwartz, C. S., Barber, J. L., Dev, P. K., Reasons, R. J., Miranda Maravi, J. S., Armstrong, B., Gerszten, R. E., Silbernagel, G., Konrad, R. J., Bouchard, C., & Sarzynski, M. A. (2024). Effects of exercise training on ANGPTL3/8 and ANGPTL4/8 and their associations with cardiometabolic traits. *Journal of Lipid Research, 65***(2). https://doi.org/10.1016/j.jlr.2023.100495**

Izanlu, F., Rezaeian, N., & Pekand, M. (2020). Effect of high intensity interval training versus aerobic training on serum levels of angiopoietin-like 4 and lipids profile in elite handball player girls. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology, 7***(1), 9-18. [In Persian]. 10.22049/jassp.2020.26763.1291**

Jackson, A. S., Pollock, M. L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 12***(3), 175-181.**

Jiménez-García, J. D., Hita-Contreras, F., de la Torre-Cruz, M. J., Aibar-Almazán, A., Achalandabaso-Ochoa, A., Fábrega-Cuadros, R., & Martínez-Amat, A. (2021). Effects of HIIT and MIIT suspension training programs on sleep quality and fatigue in older adults: Randomized controlled clinical trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18***(3), 1211. https://doi.org/10.3390/ijerph18031211**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Khosravi, N., Soori, R., Mirshafiei, S. A., & Gholijani, F. (2018). Effects 12 weeks of endurance training on serum levels of angiopoietin-like protein 4 and lipids profile obese in women aged 50-65 years. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 6***(11), 121-133. [In Persian].**

Malekaneh, M., Dehghan, K., Mogharnasi, M., Saghebjoo, M., Sarir, H., & Nayebifar, S. (2022). The combinatory effect of spirulina supplementation and resistance exercise on plasma contents of adipolin, apelin, ghrelin, and glucose in overweight and obese men. *Mediators of Inflammation, 2022***(1), 9539286. https://doi.org/10.1155/2022/9539286**

Mazloomi, S. M., Samadi, M., Davarpanah, H., Babajafari, S., Clark, C. C. T., Ghaemfar, Z., Rezaiyan, M., Mosallanezhad, A., Shafiee, M., & Rostami, H. (2021). The effect of *Spirulina* sauce, as a functional food, on cardiometabolic risk factors, oxidative stress biomarkers, glycemic profile, and liver enzymes in nonalcoholic fatty liver disease patients: A randomized double-blinded clinical trial. *Food Science & Nutrition*, *10***(2), 317–328. https://doi.org/10.1002/fsn3.2368**

Nazari, M., Minasian, V., & Hovsepian, S. (2021). Relationship between ANGPTL3 and VO2max, body composition and markers of metabolic syndrome and effect of interval training on these variables in overweight and obese women. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 31***(200), 49-60. [In Persian]. http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-16481-en.html**

Okati, S., Nayebifar, S., Ghasemi ,E., & Nosratzehi, S. (2024). Decreased serum NOX-2 concentrations and the improvement lipid profile following Nasturtium officinale supplementation and high-intensity interval training in subclinical hypothyroid patients: a randomized and double-blind clinical trial. *Medicina Dello Sport, 77***(1), 20-30. https://doi.org/10.23736/S0025-7826.24.04307-2**

Raoufi Sangachin, A., Abdi, A., & Barari, A. (2022). Effect of aerobic training and spirulina supplementation on mitochondrial-derived peptides in overweight elderly men. *Daneshvar Medicine, 30***(2), 12-23. [In Persian]. https://doi.org/10.22070/daneshmed.2022.15505.1152**

Reyes, P. M., Gutiérrez, C. M., Mena, R. P., & Torres, S. J. (2020). Effects of physical exercise on sleep quality, insomnia, and daytime sleepiness in the elderly. A literature review. *Revista Espanola De Geriatria Gerontologia, 55***(1), 42-49. https://doi.org/10.1016/j.regg.2019.07.003**

Ruscica, M., Zimetti, F., Adorni, M. P., Sirtori, C. R., Lupo, M. G., & Ferri, N. (2020) .Pharmacological aspects of ANGPTL3 and ANGPTL4 inhibitors: New therapeutic approaches for the treatment of atherogenic dyslipidemia. *Pharmacological Research, 153***, 104653. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.104653**

Sadeghi, A., Gholami, M., Matinhomaee, H., Aabednatanzi, H., & Ghazalian, F. (2022). Changes in the serum levels of ANGPTL3, ANGPTL4 and CRP following combined training alone or in combination with thyme ingestion in the obese men. *Daneshvar Medicine, 30***(2), 61-73. [In Persian]. https://doi.org/10.22070/daneshmed.2022.15832.1177**

Smart, N. A., Downes, D., van der Touw, T., Hada, S., Dieberg, G., Pearson, M. J., Wolden, M., King, N., & Goodman, S. P. J. (2024). The Effect of Exercise Training on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, **10.1007/s40279-024-02115-z. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s40279-024-02115-z**

Sokary, S., Bawadi, H., Zakaria, Z. Z., & Al-Asmakh, M. (2024). The effects of spirulina supplementation on cardiometabolic risk factors: A narrative review. *Journal of Dietary Supplements*, *21***(4), 527–542. https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2301366**

Stefanska, A., Bergmann, K., Krintus, M., Kuligowska-Prusinska, M., Murawska, K., & Sypniewska, G. (2022). Serum ANGPTL8 and ANGPTL3 as predictors of triglyceride elevation in adult women. *Metabolites, 12***(6), 539. https://doi.org/10.3390/metabo12060539**

Thorin, E., Labbé, P., Lambert, M., Mury, P., Dagher, O., Miquel, G., & Thorin-Trescases, N. (2023). Angiopoietin-like proteins: cardiovascular biology and therapeutic targeting for the prevention of cardiovascular diseases. *Canadian Journal of Cardiology*, *39***(12), 1736–1756. https://doi.org/10.1016/j.cjca.2023.06.002**

Tsao, J.-P., Bernard, J. R., Hsu, H.-C., Hsu, C.-L., Liao, S.-F., & Cheng, I.-S. (2022). Short-term oral quercetin supplementation improves post-exercise insulin sensitivity, antioxidant capacity and enhances subsequent cycling time to exhaustion in healthy adults: a pilot study. *Frontiers in Nutrition, 9*, **875319. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.875319**

Vaisi-Raygani, A., Mohammadi, M., Jalali, R., Ghobadi, A., & Salari, N. (2019) .The prevalence of obesity in older adults in Iran: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics, 19*, **1-9. https://doi.org/10.1186/s12877-021-02135-8**

Vakili, J., & Amirsasan, R. (2022). The effect of 8 weeks of high intensity interval training (HIIT) on vitamin D levels and lipid profiles in elderly men. *Journal of Gerontology, 7*(**2**), **20-32. [In Persian]. https://doi.org/10.22049/jahssp.2022.27754.1456**

Wewege, M., Van Den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews, 18*(**6**), **635-646. https://doi.org/10.1111/obr.12532**

Yun, H., Su, W., Zhao, H., Li, H., Wang, Z., Cui, X., Xi, C., Gao, R., Sun, Y., & Liu, C. (2023). Effects of different exercise modalities on lipid profile in the elderly population: A meta-analysis. *Medicine*, *102*(**29**), **e33854. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000033854**

Zhang, R. (2016). The ANGPTL3-4-8 model, a molecular mechanism for triglyceride trafficking. *Open Biology, 6*(**4**), **150272. https://doi.org/10.1098/rsob.150272**

Zarkesh, M., Nozhat, Z., Akbarzadeh, M., Daneshpour, M., Mahmoodi, B., Asghari, G., Hedayati, M., Daneshafrooz, A., Fedoruk, R., Yuzbashian, E., Mirmiran, P., & Khalaj, A. (2022). Physical activity and exercise promote peroxisome proliferator-activated receptor gamma expression in adipose tissues of obese adults. *Iranian Journal of Public Health*, *51*(**11**), **2619–2628. https://doi.org/10.18502/ijph.v51i11.11181**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده