

Investigating the effects of resistance training and curcumin supplementation on lipid metabolism, blood pressure and body composition in obese men with type 2 diabetes

Karim Mohammad Jabbar¹, Vahid Tadibi¹, Worya Tahmasebi¹, Mehrali Rahimi²

1. Faculty of Sport Science, Department of Exercise Physiology, Razi University, Kermanshah, Iran

2. Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Background and Purpose: People with metabolic diseases, especially those with type 2 diabetes, are more prone to developing dyslipidemia, which increases the risk of heart disease. Given the association between obesity, unhealthy lifestyle and chronic diseases, it is obvious that lifestyle modification such as regular exercise and the use of nutritional interventions and dietary supplements can be an effective strategy for the prevention, management and treatment of obesity and its related disorders. The aim of the present study was to investigate the effects of 12 weeks of resistance training and curcumin supplementation on lipid profile levels, physiological and anthropometric indices in obese men with type 2 diabetes.

Materials and Methods: This study was conducted on 44 obese men (age 36.3 ± 7.5 years; weight 86.42 ± 5.28 kg; height 1.71 ± 0.08 m) with type 2 diabetes. Subjects were randomly assigned to four groups of eleven: 1- Training + curcumin, 2- Training + placebo, 3- curcumin, and 4- placebo. Curcumin was administered as a 500 mg capsule daily for twelve weeks and resistance training was performed three times a week at an intensity of 70-80% of one repetition maximum for twelve weeks. Placebo was administered in the form of capsules similar to curcumin containing starch flour. Before the start of the interventions and 48 hours after the last exercise session, blood samples were taken and body composition, blood pressure, and resting heart rate were measured. Blood samples were used to measure lipid profile indicators. To determine the differences between groups in pre- and post-test changes, one-way ANOVA test was used, and Tukey's post hoc test was used when $P < 0.05$. To examine the changes within the group, paired t-test was used. Data analysis was performed using SPSS version 29 software, and the significance level was set at 0.05.

Results: The results of one-way ANOVA showed that there was a significant difference between the changes in HDL ($P < 0.001$), LDL ($P < 0.001$), triglycerides ($P = 0.005$), and total cholesterol ($P = 0.004$) levels from pre-test to post-test between the groups. The results of Tukey's post-test showed that the positive changes in lipid profile were greater in the Training + curcumin group than in the other groups ($P < 0.05$). Regarding body composition data, the results of one-way ANOVA showed that changes in body weight ($P = 0.031$), body mass index ($P < 0.001$), fat percentage ($P < 0.001$), waist-to-hip ratio ($P < 0.001$), and systolic ($P = 0.002$) and diastolic ($P < 0.001$) blood pressure from pre-test to post-test were significantly different between groups, and the improvement in the above indicators was greater in the Training + curcumin group than in the other groups. However, no significant difference was observed for the resting heart rate variable ($P = 0.474$).

Conclusion: In general, taking 500 mg of curcumin daily or performing resistance training for 12 weeks can improve the lipid profile, blood pressure, and body composition of obese men with type 2 diabetes. However, if curcumin is taken along with resistance training, the improvement in the mentioned variables will be significantly greater.

Keywords: Physical activity; Turmeric; Diabetes; Obesity; Weight control

How to cite this article: Mohammad Jabbar K, Tadibi V, Tahmasebi W , Rahimi M. Investigating the effects of resistance training and curcumin supplementation on lipid metabolism, blood pressure and body composition in obese men with type 2 diabetes. 2025;18(2):?-?.

*Corresponding Author's E-mail: vtadibi@yahoo.com

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.237576.1322>

Received: 21/12/2024

Revised: 28/12/2024

Accepted: 01/01/2025

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

نسخه
پیرس
انتشار

بررسی تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل دهی کورکومین بر متابولیسم لیپیدی، فشار خون و ترکیب بدنی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲

کریم محمد جبار^۱، وحید تادیبی^۱، وریا طهماسبی^۱، مهرعلی رحیمی^۲

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

چکیده

زمینه و هدف: افراد مبتلا به بیماری‌های متابولیک، به ویژه مبتلایان به دیابت نوع ۲ بیشتر در معرض ابتلا به دیس لیپیدمی هستند که خطر بیماری قلبی را افزایش می‌دهد. با توجه به ارتباط بین چاقی، سبک زندگی ناسالم و بیماری‌های مزمن، بدیهی است که اصلاح سبک زندگی مانند انجام ورزش منظم و استفاده از مداخلات تغذیه‌ای و مصرف مکمل‌های غذایی می‌تواند به عنوان راهبردی اثرگذار برای پیشگیری، مدیریت و درمان چاقی و اختلالات مرتبط با آن باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین بر سطوح پروفایل لیپیدی، شاخص‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه بر روی ۴۴ نفر از مردان (سن $36/3 \pm 7/5$ سال؛ وزن $86/42 \pm 5/28$ کیلوگرم؛ قد $1/71 \pm 0/08$ متر) چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد. افراد به صورت تصادفی در چهار گروه یازده نفره شامل ۱- تمرین + کورکومین، ۲- تمرین + دارونما، ۳- کورکومین و ۴- دارونما دسته‌بندی شدند. مصرف کورکومین روزانه یک کیسول ۵۰۰ میلی‌گرمی به مدت دوازده هفته و تمرین مقاومتی هفته‌ای ۳ جلسه با شدت ۷۰-۸۰ درصد یک تکرار بیشینه به مدت دوازده هفته بود. دارونما به شکل کیسول‌های مشابه کورکومین حاوی آرد نشاسته مصرف شد. قبل از آغاز مداخلات و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، خونگیری و اندازه‌گیری‌های ترکیب بدنی، فشار خون و ضربان قلب استراحتی انجام شد. نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری شاخص‌های پروفایل لیپیدی مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها در تغییرات پیش به پس‌آزمون از آزمون آنوای یک سویه و برای تعیین محل تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. برای بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون تی همبسته استفاده شد. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج: نتایج آزمون آنوای یک سویه نشان داد که بین تغییرات سطوح HDL ($P < 0/001$)، LDL ($P < 0/001$)، تری‌گلیسیریدها ($P = 0/005$) و کلسترول تام ($P = 0/004$) از پیش‌آزمون به پس‌آزمون بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که تغییرات مثبت نیم رخ لیپیدی در گروه تمرین + کورکومین نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود ($P < 0/05$). در رابطه با داده‌های ترکیب بدنی، نتایج آنوای یک سویه نشان داد که تغییرات وزن بدن ($P = 0/031$)، شاخص توده بدن ($P < 0/001$)، درصد چربی ($P < 0/001$)، نسبت کمر به باسن ($P < 0/001$) و فشار خون سیستولی ($P = 0/002$) و دیاستولی ($P < 0/001$) از پیش‌آزمون به پس‌آزمون بین گروه‌ها تفاوت معناداری داشت و بهبود شاخص‌های فوق در گروه تمرین + کورکومین نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود. اما، برای متغیر ضربان قلب استراحتی تفاوت معناداری دیده نشد ($P = 0/474$).

نتیجه‌گیری: در نتیجه‌گیری کلی، مصرف روزانه ۵۰۰ میلی‌گرم کورکومین یا انجام تمرینات مقاومتی به مدت ۱۲ هفته می‌تواند به بهبود نیم‌رخ لیپیدی، فشار خون و ترکیب بدنی مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ بیانجامد. اما، در صورت مصرف کورکومین در کنار تمرین مقاومتی بهبود متغیرهای ذکر شده به‌طور معناداری بیشتر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: فعالیت بدنی؛ زرد چوبه؛ دیابت؛ چاقی؛ کنترل وزن

نحوه استناد به این مقاله: محمد جبار ک، تادیبی و، طهماسبی و، رحیمی م. بررسی تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل دهی کورکومین بر متابولیسم لیپیدی، فشار خون و ترکیب بدنی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۸(۲): ۴-۹.

* رایانامه نویسنده مسئول: vtadibi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲

پژوهش
انتشار

مقدمه

چاقی به عنوان یک عامل زمینه‌ای در شروع چندین بیماری عمل می‌کند و خطر ابتلا به دیابت نوع ۲، اختلالات متابولیک، بیماری عروق کرونر، عوارض تنفسی و شرایط عصبی را افزایش می‌دهد (۱، ۲). شیوع چاقی در ایالات متحده از ۳۰٫۵ درصد به ۴۲٫۴ درصد افزایش یافته است. شایان ذکر است، شیوع چاقی در بین بزرگسالان ۲۰ تا ۳۹ سال ۴۰ درصد، در بین بزرگسالان ۴۰ تا ۵۹ سال ۴۵ درصد و در گروه ۶۰ سال و بالاتر ۴۳ درصد بود (۳). تا سال ۲۰۳۰، تخمین زده می‌شود که ۵۱ درصد از جمعیت جهان چاق خواهند بود (۴)، که منجر به افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی و نرخ مرگ و میر بالاتر خواهد شد (۵، ۶). تحقیقات نشان می‌دهد که بیماران مبتلا به بیماری‌های متابولیک در معرض افزایش خطر ابتلا به دیس لیپیدمی هستند. به عنوان مثال، شیوع دیس لیپیدمی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ بیشتر از جمعیت سالم است و کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن یا چاق بیشتر در معرض ابتلا به دیس لیپیدمی هستند (۷، ۸).

تلاش‌ها در تحقیقات در حال حاضر به سمت توسعه استراتژی‌هایی برای مدیریت چاقی و خطرات متابولیک مرتبط با آن است و به دلیل عوارض جانبی داروهای شیمیایی، بسیاری از بیماران ترجیح می‌دهند برای پیشگیری و درمان از مواد غذایی با ارزش دارویی استفاده کنند (۹). با توجه به گسترش عوارض چاقی، همواره این فرضیه مطرح می‌شود که کاهش وزن از طریق درمان‌های دارویی و غیر دارویی نقش بسزایی در کاهش عوامل خطر دارد و در بین درمان‌های غیر دارویی، فعالیت ورزشی باعث کاهش سطح چربی و بهبود اجزای موثر در پروفایل لیپیدی، می‌شود، که می‌توانند مشکلات سلامتی مرتبط با چاقی را به تاخیر بیندازند (۱۰-۱۲). کالج آمریکایی پزشکی ورزشی تمرین مقاومتی را به عنوان راهی مفید برای بهبود وضعیت سلامت افراد چاق پیشنهاد کرده است (۱۳).

از قدیم‌الایام، غذاهای سنتی نقش مهمی در پیشگیری و درمان بیماری‌های متابولیک داشته‌اند. زردچوبه، یک ادویه طبیعی که می‌توان آن را به چاشنی‌هایی مانند خمیر کاری و خردل تبدیل کرد، به طور گسترده در آشپزی استفاده می‌شود و به ویژه در میان مردم آسیا محبوبیت دارد. محققان مزایای بالقوه مکمل‌های گیاهی زردچوبه با نام علمی *Curcuma longa* را برای خواص درمانی، به ویژه اثرات ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی آن اثبات نموده‌اند (۱۴، ۱۵). ترکیب فعال اولیه زردچوبه، کورکومین، پتانسیل درمانی را در مقابله با شرایط التهابی، متابولیک و مرتبط با چاقی نشان داده است. مطالعات بالینی خواص بیولوژیکی امیدوارکننده مرتبط با کورکومین، از جمله اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد ترومبوتیک و محافظت از کبد را نشان داده است (۱۶، ۱۷). کورکومین رژیم دیابت و مقاومت به انسولین در موش‌های چاق را از طریق کاهش التهاب و سطح گلوکز خون بهبود بخشید. رابطه بهبود مقاومت انسولین با کاهش التهاب از طریق مصرف کورکومین به کاهش میزان نفوذ ماکروفاژ در بافت چربی سفید و افزایش تولید آدیپونکتین ضد التهابی توسط بافت چربی نسبت داده شد است (۱۸). به طور کلی شواهد تجربی از اثر کورکومین در کاهش وزن و کاهش بروز بیماری‌های مرتبط با چاقی حمایت می‌کنند. علاوه بر این، نشان داده شده است که کورکومین اثرات درمانی بر عوارض مختلف دیابت مانند نفروپاتی و بیماری‌های قلبی عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ دارد. در مطالعه مروری آلتوبلی و همکاران (۲۰۲۱) اثرات درمانی بالقوه کورکومین بر نمایه گلیسمی و لیپید در دیابت نوع ۲ اشاره شده است که در شرایط دیابت کورکومین بر لیپوژنز کبدی تأثیر می‌گذارد، فعالیت ژن پروتئین متصل شونده به عنصر تنظیم کننده استرول^۱ (SREBP1) را مسدود می‌کند و همزمان آنزیم‌های کارنیتین پالمیتویل ترانسفراز-۱ و آسیل کوآ کلسترول آسیل ترانسفراز^۲ که در بسیج لیپیدها نقش دارند را، فعال می‌کند (۱۹).

۱. American College of Sport Medicine

۲. Sterol regulatory element-binding protein gene

۳. Enzymes carnitine palmitoyltransferase 1 (CPT1)

۴. Acyl-CoA cholesterol acyltransferase (ACAT)

با توجه به اینکه پیشرفت چاقی می‌تواند سبب شروع بیماری دیابت نوع ۲ شود، اجزای گیاهی مانند کورکومین که دارای فعالیت ضد التهابی هستند می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در مطالعه زمانی و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده شد که هشت هفته مکمل کورکومین و تمرین استقامتی به طور همزمان در بهبود شاخص‌های گلیسمی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ نقش مفید داشته اند (۲۰). یافته‌های نقی زاده و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که اثر متقابل ورزش و کورکومین در مقایسه با اثر هر یک به تنهایی، برای بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پراکسیدانی مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ مبتلا به هیپرلیپیدمی مناسب‌تر است (۲۱). مطابق با بررسی‌های صورت گرفته، مطالعات انجام شده در ارتباط با مصرف کورکومین و تمرین ورزشی در نمونه‌های انسانی در اکثر پژوهش‌ها، تمرین هوازی و تمرینات تناوبی با شدت بالا^۵ (HIIT) را مورد توجه قرار داده‌اند که برخی نتایج نیز متناقض بوده‌اند (۲۱، ۲۲)، اندک مطالعات مرتبط با اثر تمرین مقاومتی و کورکومین تغییرات سطوح متابولیسم لیپیدی، شاخص‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی را بصورت توأمان بررسی نکرده‌اند. از اینرو، پژوهش حاضر با هدف بررسی آثار جداگانه و توأمان دوازده هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین را بر سطوح متابولیسم لیپیدی، شاخص‌های فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه‌بندی تصادفی پس از تاییدیه اخلاقی با شناسه اخلاق IR.RAZI.REC.1403.032 از دبیرخانه کمیته اخلاق کشوری مستقر در دانشگاه رازی انجام شد. سه گروه آزمایشی و یک گروه کنترل پیش از آغاز پژوهش، پس از بررسی شرایط داوطلبان بر اساس معیارهای ورود دامنه سنی ۳۰ تا ۴۴ ساله، گلوکز خون ناشتای ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و بالاتر، داشتن هموگلوبین A1C بالاتر از ۶/۵ درصد، عدم سابقه فعالیت ورزشی منظم در یک سال گذشته و شاخص توده بدنی بالای ۳۰، ابتدا در یک جلسه توجیهی با حضور همه آزمودنی‌ها اهداف پژوهش، چگونگی انجام برنامه‌ها و تمرین‌ها، نمونه‌گیری‌های خونی، مدت و برنامه زمان‌بندی پژوهش توضیح داده شد و فرم رضایت نامه کتبی توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. سپس، آزمودنی‌ها به طور تصادفی در چهار گروه ۱۱ نفره شامل ۱- گروه تمرین + مکمل (T+Cur)، ۲- گروه تمرین + دارونما (T+P)، ۳- گروه مکمل (Cur) و ۴- گروه دارونما (P) قرار گرفتند.

روش اجرای پژوهش: پس از گروه بندی آزمودنی‌ها، دو روز قبل از شروع دوره مداخله، ارزیابی‌های اولیه شامل شاخص‌های آنتروپومتریکی (قد، وزن، شاخص توده بدنی و دور کمر به باسن) هر آزمودنی در آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت. قد افراد با قدسنج سکا (ساخت کشور آلمان) با دقت ۰/۵ سانتی متر و وزن افراد با ترازوی سکا و با دقت ۰/۱ کیلوگرم با حداقل لباس اندازه‌گیری شد. سپس ترکیب بدن افراد با استفاده از دستگاه آنالیز بدن (مدل Zeus 9.9 ساخت کره جنوبی) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری دور کمر، محیط شکم در محدوده ناف و برای اندازه‌گیری دور باسن، پهن‌ترین قسمت باسن با متر نواری اندازه‌گیری شد. سپس با تقسیم اندازه دور کمر به دور باسن اندازه نسبت دور کمر به باسن (WHR) به دست آمد. پس اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی متناسب با گروه‌های آزمایشی، آزمودنی‌ها به مدت ۱۲ هفته (سه روز در هفته) در پروتکل تمرینی همراه برنامه مکمل دهی کورکومین شرکت نمودند. در جلسه آشناسازی شرکت‌کنندگان با نحوه اجرای هشت تمرین مقاومتی (به ترتیب پرس سینه، جلوبازو با دستگاه، زیر بغل با دستگاه، پشت پا دستگاه، پرس سرشانه، ساق پا، جلو بازو دمبل و پرس پا) آشنا شدند. در طول جلسه آشناسازی به شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌های دقیقی در مورد تکنیک وزنه برداری مناسب ارائه شد و پس از آن حداکثر هشت-ده تکرار (RM) را برای هر یک از هشت تمرین ذکر شده در بالا را تکمیل نمودند به منظور تعیین یک تکرار بیشینه برای حرکات مختلف از روش تکرارهای زیربیشینه تا حد خستگی استفاده شد. بدین منظور، آزمودنی یک وزنه زیربیشینه برای حرکات و یا وزنه متصل به دستگاه را تا حد خستگی به گونه‌ای که تکرار

^۵.High Intensity Interval Training

حرکت کمتر از ۱۰ شود راجباجا می کردند. سپس با توجه به معادله زیر، حداکثر قدرت (یک تکرار بیشینه) فرد برای آن حرکت برآورد شد (۲۳).

$$\text{وزنه جا جابه شده (کیلوگرم)} = \frac{\text{یک تکرار بیشینه}}{[(0.278/0 \times \text{تعداد}) - 0.278/1]}$$

برای اجرای برنامه تمرینی مقاومتی، شرکت کنندگان در هر دو گروه تمرین+مکمل و تمرین یک برنامه تمرین مقاومتی دوازده هفته‌ای (۳ روز در هفته در مجموع ۳۶ جلسه) را تکمیل نمودند. هر جلسه با گرم کردن شروع شد که شامل پیاده‌روی روی تردمیل به مدت ۵ دقیقه و حرکات کششی سبک بود، در ادامه گرم کردن اختصاصی برای برخی حرکات چند مفصلی با میله خالی یا وزنه سبک اجرا شد. پس از آن، شرکت کنندگان سه ست را در ۷۰ تا ۸۰ درصد (۱RM)، از هشت تمرین مقاومتی بالا تنه و پایین تنه را با زمان استراحت ۱۲ الی ۳ دقیقه بین ست ها و حرکات انجام دادند (۲۴). برای ست اول، از شرکت کنندگان درخواست شد تا هشت تکرار را کامل کنند و برای ست دوم و سوم، شرکت کنندگان تمرین را تا نهایت توان برای انجام حرکت یا تا زمانی که قادر باشند ۱۵ تکرار انجام دهند، کامل کردند. هر جلسه تمرین تقریباً ۴۰ دقیقه به طول انجامید. مقاومت هر دو هفته (۵-۱۰٪) بر اساس عملکرد فردی افزایش یافت. در طول هر جلسه تمرین، شرکت کنندگان تحت نظارت قرار گرفتند تا اطمینان حاصل شود که آنها با شدت مناسب تمرین کرده و تمام ست‌های اختصاص داده شده را تکمیل کردند (۲۵).

در رابطه با نحوه مکمل‌دهی کورکومین، آزمودنی‌های گروه‌های مکمل، در طی دوره مداخله هر روز یک کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی کورکومین تولید شرکت کارن ساخت کشور ایران با مجوز سازمان غذا و دارو و شماره ثبت ۴۱۰۶۹۳۳۲۲۶۴۴۰۵۰ و گروه‌های دارونما، هر روز یک کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی محتوی آرد نشاسته مصرف کردند. یک فرم یادآمد رژیم خوراکی در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده می‌شود تا از ۲۴ ساعت پیش از اندازه‌گیری شاخص‌های پیکرسنجی تا زمان نمونه‌گیری خون در پیش و پس‌آزمون از الگوی خوراکی یکسانی پیروی نمایند و آزمودنی‌ها مطابق با تجویز پزشک خود در طول دوره مداخلات، داروهای مصرفی مربوط به بیماری دیابت نوع ۲ را ادامه دادند.

روش‌های آزمایشگاهی: نمونه‌گیری خون ۲۴ ساعت پیش و ۴۸ ساعت پس از آخرین روز دوره تمرینی در آزمایشگاه پارسیان واقع در شهر کرمانشاه پس از ۸ ساعت ناشتایی حضور یافتند و از آن‌ها مقدار پنج میلی‌لیتر خون جهت اندازه‌گیری سطوح سرمی نیمیخ لیپیدی با استفاده از کیت‌های کمی پارس پیوند ساخت ایران به روش رنگ سنجی آنزیمی و یک نقطه ای با دستگاه اتوانالایزر (هیپتچی مدل 7180 ساخت ژاپن) گرفته شد. نمونه‌های خونی با سرعت سه هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و پس از جدا کردن سرم، در دمای منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. در رابطه اندازه‌گیری ضربان قلب و فشار خون (دستگاه فشارسنج بازویی بریسک PG-800B22) در حالت استراحتی و پس از بیست دقیقه نشستن آزمودنی اندازه‌گیری انجام شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲۴ ساعت قبل از اندازه‌گیری‌ها از خوردن و نوشیدن کافئین، شکلات و الکل پرهیز کنند. همچنین خواسته شد که در این بازه زمانی هیچگونه تمرین ورزشی و یا فعالیت بدنی سنگین انجام ندهند.

تحلیل آماری: توزیع طبیعی متغیرهای پژوهش با استفاده از آزمون نرمالیته شاپیروویلیک در گروه‌های پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. پس از تعیین توزیع طبیعی داده‌ها، از آزمون آنالیز واریانس یک سویه و در صورت معناداری آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تغییرات قبل و بعد ۱۲ هفته تمرین متغیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بین گروهی و از آزمون تی همبسته برای مقایسه تفاوت درون گروهی استفاده گردید. تمامی محاسبات با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام گردید. سطح معنی داری آزمون‌ها $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

یافته‌های مربوط به فراوانی، میانگین، انحراف استاندارد و مشخصات (سن، قد، وزن و شاخص توده بدن) در جدول ۱ ارائه شده است. برای مقادیر پیش‌آزمون شاخص‌های موجود با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه در جدول ۲ نشان داده شد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها برای تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده وجود ندارد.

جدول ۱. متغیرهای داده‌های دموگرافیک و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها

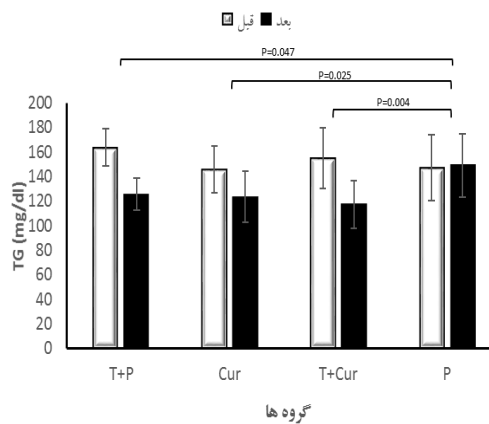
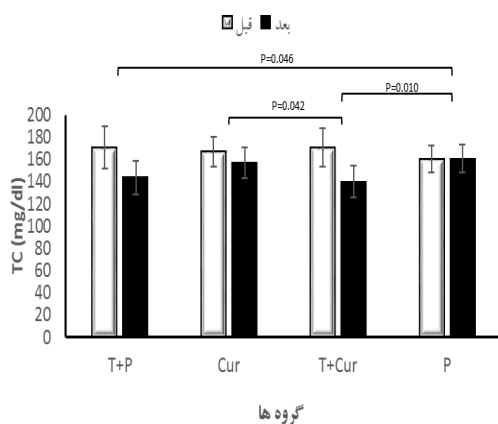
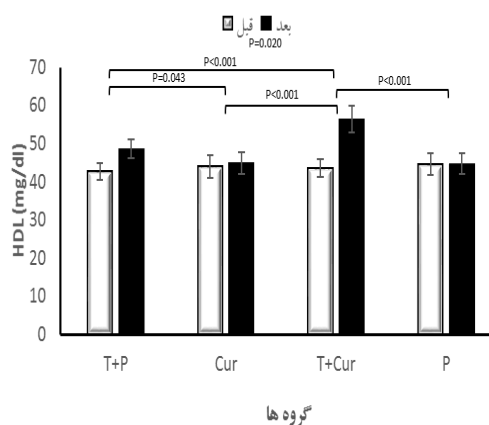
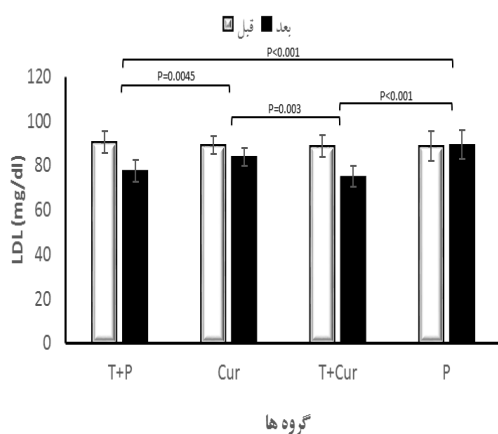
| متغیر | گروه‌ها | زمان اندازه‌گیری | | | | P | F | P | P | P | | |
|---------------------------------------|------------------|------------------|---------------|------------|----------|--------|-------|--------|-------|---|------------|-----------|
| | | پیش‌آزمون | پس‌آزمون | درصد تغییر | t همبسته | | | | | | درون‌گروهی | بین‌گروهی |
| | | | | | | | | | | | | |
| وزن بدن (کیلوگرم) | تمرین + دارونما | ۸۶/۹۱ ± ۴/۷۰ | ۸۵/۰۴ ± ۴/۱۱ | ↓ ۲/۱۹ | ۱۸/۳۳ | <۰/۰۰۱ | ۳/۲۱ | ۰/۰۳۳ | ۳/۲۱ | | | |
| | کورکومین | ۸۵/۹۹ ± ۵/۱۵ | ۸۵/۵۵ ± ۵/۰۶ | ↓ ۰/۵۲ | ۱۱/۲۷ | <۰/۰۰۱ | | | | | | |
| | تمرین + کورکومین | ۸۶/۷۲ ± ۵/۹۳ | ۸۴/۵۵ ± ۴/۹۴* | ↓ ۲/۹۵ | ۱۶/۱۳ | <۰/۰۰۱ | | | | | | |
| | کنترل | ۸۶/۰۶ ± ۵/۵۲ | ۸۶/۳۲ ± ۵/۶۴ | ↑ ۰/۲۹ | -۱/۷۳ | ۰/۱۱۴ | | | | | | |
| | P پیش‌آزمون | ۰/۹۷ | - | - | - | - | | | | | | |
| شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع) | تمرین + دارونما | ۳۲/۳۶ ± ۱/۰۶ | ۳۱/۶۷ ± ۱/۲۴* | ↓ ۲/۲۱ | ۳۱/۵۷ | <۰/۰۰۱ | ۴۵/۸۴ | <۰/۰۰۱ | ۴۵/۸۴ | | | |
| | کورکومین | ۳۲/۷۴ ± ۱/۱۲ | ۳۲/۵۸ ± ۱/۰۸* | ↓ ۰/۶۲ | ۲۴/۱۷ | <۰/۰۰۱ | | | | | | |
| | تمرین + کورکومین | ۳۲/۵۰ ± ۱/۰۱ | ۳۱/۵۸ ± ۱/۱۸* | ↓ ۳/۰۲ | ۱۰۰/۷۳ | <۰/۰۰۱ | | | | | | |
| | کنترل | ۳۲/۵۵ ± ۱/۰۸ | ۳۲/۶۴ ± ۱/۰۳ | ↑ ۰/۴۳ | -۱/۰۹ | ۰/۳۰۲ | | | | | | |
| | P پیش‌آزمون | ۰/۸۷ | - | - | - | - | | | | | | |
| درصد چربی بدن (درصد) | تمرین + دارونما | ۴۰/۶۰ ± ۲/۳۹ | ۳۵/۵۵ ± ۲/۲۷* | ↓ ۱۲/۵۰ | ۴۰/۴۸ | <۰/۰۰۱ | ۱۴/۹۲ | <۰/۰۰۱ | ۱۴/۹۲ | | | |
| | کورکومین | ۴۰/۵۰ ± ۱/۶۶ | ۳۵/۷۸ ± ۱/۵۱* | ↓ ۱۱/۶۵ | ۵۱/۷۳ | <۰/۰۰۱ | | | | | | |
| | تمرین + کورکومین | ۴۰/۹۷ ± ۲/۳۵ | ۳۴/۵۱ ± ۲/۱۹* | ↓ ۳۰/۵۹ | ۲۳/۸۷ | <۰/۰۰۱ | | | | | | |
| | کنترل | ۴۰/۲۱ ± ۲/۳۰ | ۴۰/۳۶ ± ۲/۷۶ | ↑ ۰/۳۷ | ۰/۵۳۷ | ۰/۶۰۳ | | | | | | |
| | P پیش‌آزمون | ۰/۸۸ | - | - | - | - | | | | | | |

نتایج تحلیل آماری برای تغییرات متغیرهای نیم رخ لیپیدی و P به دست آمده نشان داد که تفاوت معناداری در متغیرهای HDL (P<۰/۰۰۱ و F_{3,43}=۳۳/۴۴)، LDL (P<۰/۰۰۱ و F_{3,43}=۱۵/۸۳)، TG (p=۰/۰۰۵ و F_{3,43}=۵/۰۸) و TC (p=۰/۰۴ و F=۵/۲۰) بین چهار گروه وجود دارد. نتایج بررسی داده‌های ترکیب بدنی و فشار خون در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. با استفاده از آزمون تعقیبی توکی تفاوت بین گروه‌های مختلف دو به دو برای همه متغیرها مشخص شد که نتایج آن در جدول‌های ۱ الی ۲ و نمودار ۱ نشان داده شده است. از سویی دیگر تجزیه و تحلیل آزمون تی همبسته بر مقادیر شاخص‌های موجود در جدول ۱ و ۲ نشان داد که بین میانگین متغیرهای پژوهش در گروه‌های T+Cur، Cur، T+P و T+Cur پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود دارد که این تفاوت با توجه به نتایج درصد تغییرات و همچنین داده‌های مربوط به اندازه اثر متغیرها نشان می‌دهد که نه تنها از لحاظ آماری بلکه از جنبه کاربردی نیز تاثیرگذار می‌باشد.

جدول ۲. متغیرهای همودینامیک و ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها

| P | F | P | درون گروهی | t همبسته | درصد تغییر | زمان اندازه‌گیری | | گروه‌ها | متغیر |
|--------|-------|--------|------------|----------|------------|------------------|--------------|------------------|---------------------------------------|
| | | | | | | پس آزمون | پیش آزمون | | |
| ۰/۰۰۲ | ۶/۱۵ | <۰/۰۰۱ | ۶/۰۴ | ۱۱/۷۵ | ↓ | ۱۱/۴۹ ± ۰/۵۵* | ۱۳/۰۲ ± ۰/۶۸ | تمرین + دارونما | فشار خون سیستولیک (میلی‌متر جیوه) |
| | | | | | | ۱۲/۲۱ ± ۰/۶۲ | ۱۲/۹۴ ± ۰/۷۶ | کورکومین | |
| | | | | | | ۱۱/۶۰ ± ۰/۴۸* | ۱۳/۱۷ ± ۰/۷۲ | تمرین + کورکومین | |
| | | | | | | ۱۲/۶۸ ± ۰/۷۶ | ۱۲/۷۲ ± ۰/۶۶ | کنترل | |
| - | - | - | - | - | - | - | ۰/۵۲ | P پیش آزمون | - |
| <۰/۰۰۱ | ۱۰/۸۷ | <۰/۰۰۱ | ۵/۶۹ | ۷/۱۲ | ↓ | ۸/۰۹ ± ۱/۸۱* | ۸/۷۱ ± ۰/۵۲ | تمرین + دارونما | فشار خون دیاستولیک (میلی‌متر جیوه) |
| | | | | | | ۸/۲۵ ± ۰/۴۰* | ۸/۸۷ ± ۰/۴۵ | کورکومین | |
| | | | | | | ۷/۶۰ ± ۰/۵۷* | ۸/۷۲ ± ۰/۴۹ | تمرین + کورکومین | |
| | | | | | | ۸/۶۶ ± ۰/۴۳ | ۸/۷۰ ± ۰/۳۹ | کنترل | |
| - | - | - | - | - | - | - | ۰/۸۰ | P پیش آزمون | - |
| ۰/۴۷۴ | ۰/۸۵۲ | <۰/۰۰۱ | ۱۲/۰۳ | ۵/۷۲ | ↓ | ۷۹/۴۵ ± ۸/۰۹ | ۸۴/۲۷ ± ۸/۱۱ | تمرین + دارونما | ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه) |
| | | | | | | ۸۱/۲۷ ± ۷/۵۳ | ۸۳/۵۴ ± ۷/۴۶ | کورکومین | |
| | | | | | | ۷۸/۵۵ ± ۷/۷۲ | ۸۶/۰۱ ± ۷/۹۴ | تمرین + کورکومین | |
| | | | | | | ۸۳/۳۶ ± ۷/۲۳ | ۸۲/۸۱ ± ۶/۵۳ | کنترل | |
| - | - | - | - | - | - | - | ۰/۷۸ | P پیش آزمون | - |

* تفاوت معنادار با گروه کنترل در سطح $P \leq 0.05$



جدول ۳. داده‌های (میانگین ± انحراف استاندارد) HDL، LDL، TC و TG در گروه‌های تمرین+پلاسیبو، کورکومین، تمرین+کورکومین و پلاسیبو قبل و بعد از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی. سطح معناداری برای نشان دادن محل تفاوت تغییرات داده‌ها قبل و بعد از دوره تمرین نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

براساس یافته‌های پژوهش حاضر به دنبال دوازده هفته تمرینات مقاومتی به همراه مکمل‌دهی کورکومین در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲، مقادیر نیم رخ لیپیدی گروه‌های تجربی بهبود معناداری را نشان داد. همچنین مشخص شد که بین میانگین متغیرهای مورد مطالعه در گروه تمرینات Curcu، گروه Exe و گروه Exe + Curcu پژوهش در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود دارد، که این امر در گروه Exe + Curcu در مقایسه با گروه Curcu و گروه Exe بیش‌تر است. این نتایج با یافته‌های Osali و همکاران (۲۶)، زمانی و همکاران (۲۷) و Porasgari و همکاران (۲۸) همسو است. مکانیسم‌هایی برای توضیح اینکه چگونه تمرین ورزشی ممکن است باعث بهبود متابولیسم لیپیدی شود، پیشنهاد شده است. مطالعات نشان می‌دهد فعالیت ورزشی منظم باعث کاهش خطر ابتلا به دیابت نوع دو و افزایش سطح HDL سرم می‌شود (۲۹). در این راستا، کوک و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که مسیر متابولیک ناشی از تمرین ورزشی (به عنوان مثال، سرکوب گلوکونئوز و لیپوز از نو^۶ و تقویت مسیر پنتوز فسفات به سمت ایجاد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برابر رژیم غذایی پرچرب با پیشگیری از پیری زودرس و توقف آپوپتوز مطابقت دارد. در پژوهشی اخیراً ژیونگ و همکاران (۲۰۲۱) در یک متآنالیز که شامل ۱۸ مطالعه برای توصیف اثربخشی روش‌های مختلف ورزشی با غربالگری تغییرات شاخص‌های بیوشیمیایی خون و BMI، نشان دادند که تمرینات ورزشی می‌تواند به طور قابل توجهی TC، LDL، HDL و BMI را در بیماران چاق بهبود بخشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی ممکن است از طریق مکانیسم کالری مصرفی منجر به کاهش چربی و کاهش ذخیره چربی شود که برای سلامت مفید است (۳۰). همسو با این نتایج، ون در و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نشان داده‌اند که تمرین ورزشی می‌تواند با کاهش اسید چرب سنتاز و استیل کوآ کربوکسیلاز و اکسیداسیون کبد، فعال کردن پروتئین کینازهای وابسته به AMP، کاهش سنتز چربی و افزایش اکسیداسیون لیپید، متابولیسم کلی بدن را بهبود بخشد (۳۱). علاوه بر این، شواهد اخیر نشان می‌دهد که تمرین ورزشی ممکن است رگ‌زایی و خون‌رسانی را افزایش دهد و در نتیجه هیپوکسی و التهاب مرتبط با آن را در بافت چربی کاهش دهد (۳۲). مکانیسم اثر کورکومین بر شاخص‌های آنروپومتریک و پروفایل لیپیدی نامشخص است. با این حال، کورکومین آنزیم AMP کیناز را که نقش مهمی در پاتونئوز چاقی دارد، کاهش می‌دهد (۳۳). دوز بالای کورکومین همچنین با مهار تمایز سلول‌های چربی از طریق سرکوب فاکتور رونویسی گیرنده-c فعال شده توسط پراکسی زوم، چاقی را کاهش می‌دهد. تعدادی از یافته‌های اخیر مکانیسم‌هایی را نشان داده‌اند که توسط آن کورکومین ممکن است هیپرلیپیدمی را بهبود بخشد (۳۴). کورکومین ممکن است مسیرهای انتقال سلولی مرتبط با چاقی و بیماری متابولیک را تحت تاثیر قرار دهد. کورکومین می‌تواند سیگنال‌دهی انتقال (Akt، AMPK)، بیان ژن فاکتورهای رونویسی خاص (Foxo1/3a، Nrf2، Srebp1/2، CREB، CREBH، PPAR γ و LXR α) و عوامل مرتبط با لیپوز (CD36، aP2/FABP4)، HMG-CoA ردوکتاز و کارنیتین پالمیتویل ترانسفراز-I)، را تغییر دهد (۳۵). کورکومین همچنین سیگنال‌دهی کاتنین-Wnt/ β را فعال می‌کند، تمایز پره‌آدیپوسیت‌ها، گسترش ماکروفاژها و نفوذ به بافت چربی سفید را مهار می‌کند، در نتیجه تعداد سلول‌های چربی را کاهش می‌دهد و ترشح آدیپوکین‌های التهابی را مهار می‌کند (۳۴). علاوه بر این، کورکومین ممکن است مسیرهای متابولیک لیپید تحت تاثیر استاتین‌ها را تعدیل کند و اثر ضد چاقی اعمال کند (۳۶). به طور کلی، مکانیسم‌های مختلفی ممکن است مسئول اثرات کاهش چربی خون کورکومین باشد که در مجموع می‌تواند اثرات بسیار مفیدی در بهبود کلی پروفایل لیپیدی آزمودنی‌های پژوهش حاضر حتی بدون مداخله تمرینی داشته است. در مورد علل تاثیر کورکومین بر بهبود شاخص‌های گلیسمی و نیم رخ لیپیدی می‌توان به موارد متعددی اشاره کرد. مکانیسم احتمالی پیشنهاد شده برای نقش زردچوبه در هموستاز گلوکز، فعال کردن گلیکولیز و جلوگیری از گلوکونئوز و در نتیجه کاهش سطح قند خون است (۲۰). از آنجایی که التهاب نقش مهمی در ابتلا به دیابت نوع ۲ ایفا می‌کند، کورکومین به دلیل توانایی آن در کاهش تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی و کاهش التهاب و در نتیجه بهبود ترشح انسولین ممکن

^۶. Suppressed gluconeogenesis

^۷. De novo lipogenesis

است در کاهش شاخص گلیسمی موثر باشد (۳۷). کورکومین همچنین دسترسی عضلات و کبد به انسولین را افزایش می دهد و در نتیجه سطح سرمی انسولین را کاهش می دهد و به دلیل خواص آنتی اکسیدانی کورکومین از تشکیل رادیکال های آزاد اکسیژن جلوگیری می کند، بنابراین اثرات آنتی اکسیدانی آن ممکن است در کاهش پیشرفت و عوارض دیابت موثر باشد (۲۰).

طبق نتایج پژوهش حاضر مقادیر وزن، درصد چربی و BMI در گروه های تجربی پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی، مکمل دهی کورکومین یا هردو کاهش معنادار داشتند. این کاهش ها گویای این مطلب است که تمرینات مقاومتی و مکمل دهی کورکومین پژوهش حاضر اثر مشابهی بر این پارامتر ها ایجاد کرده است که این اثر در گروه تمرین مقاومتی به همراه مکمل دهی کورکومین نیز بیشتر بود. این نتایج با یافته های زمانی و همکاران (۲۷)، برودبنت و همکاران (۳۸)، حجازی و همکاران (۳۹)، هوردن و همکاران (۴۰) و شاو و همکاران (۴۱) که نشان دادند پس از فعالیت بدنی، وزن و شاخص توده بدن کاهش می یابد همخوانی داشت. کاهش وزن در اکثر گزارش های پژوهشی فوق به عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر افزایش حساسیت به انسولین نیز معرفی شده است که تصور می شود در بهبود عمل انسولین نیز نقش داشته باشد، چراکه به دنبال کاهش وزن معمولاً توده چربی کاهش یافته و این حالت در بهبود عمل انسولین نقش محوری دارد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردن، کاهش جزئی وزن بدن در افراد چاق، موجب کاهش بیشتر توده چربی احشائی در مقایسه با توده چربی زیرپوستی می شود و این عامل بهبود سطوح لیپیدی و مقاومت به انسولین را به دنبال خواهد داشت (۴۲). با توجه به ارتباط کورکومین و مصرف آن در کاهش التهاب سیستمیک بخصوص در شرایط چاقی و دیابت توصیه می شود در مطالعات مشابه پژوهش حاضر فاکتورهای التهابی مورد ارزیابی قرار گیرد.

اکنون در پژوهش حاضر مشخص شد که تمرینات مقاومتی به همراه مکمل دهی کورکومین تأثیر مفیدی بر متغیرهای وزن بدن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن، نسبت کمر به باسن، ضربان قلب، فشار خون، سیستمولیک و دیاستولیک دارد. همچنین مشخص شد که این امر در گروه T+Cur در مقایسه با Cur و T+P به تنهایی بیشتر است. بنابراین با توجه نتایج پژوهش حاضر می توان نتیجه گرفت که مکمل دهی کورکومین همراه با انجام تمرینات مقاومتی می تواند منجر به نیمرخ لیپیدی و شاخص های فیزیولوژیکی مردان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ گردید. بنابراین این افراد می توانند ترکیب بدنی و سلامت عمومی خود را از طریق ترکیب تمرینات مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین بیشتر بهبود بخشند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همه عزیزانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری کرده اند کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

منابع

1. Mazareizadeh A, Hashemi FS, Ershadi R. The effect of 8 weeks of high-intensity interval training (HIIT) *Tribulus terrestris* supplementation on serum BDNF and FGF21 in obese women. *Journal of Jiroft University of Medical Sciences*. 2021;8(3):719-27.
2. Rodríguez-Hernández H, Simental-Mendía LE, Rodríguez-Ramírez G, Reyes-Romero MA. Obesity and inflammation: epidemiology, risk factors, and markers of inflammation. *International journal of endocrinology*. 2013;2013.
3. Boutari C, Mantzoros CS. A 2022 update on the epidemiology of obesity and a call to action: as its twin COVID-19 pandemic appears to be receding, the obesity and dysmetabolism pandemic continues to rage on. *Elsevier*; 2022. p. 155217.
4. Vickers NJ. Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Current biology*. 2017;27(14):R713-R5.
5. Slevin E, Truesdale-Kennedy M, McConkey R, Livingstone B, Fleming P. Obesity and overweight in intellectual and non-intellectually disabled children. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2014;58(3):211-20.
6. Abdolsamadi H, Vahedi M, Borzouei S, Soltanian A, Hosseini A, Avval MZ. Evaluation the Relationship Between Serum and Salivary Levels of 25 (OH) Vit. D with Type II Diabetes in Newly Diagnosed Diabetics. *Journal of Molecular Biology Research*. 2018;8(1):108-.

7. Mehdizadeh R, Haseli S. The Effect of Resistance Training on Indices of Lung and Body Composition in Obese and Overweight Women with Type 2 Diabetes. *Journal of Sport Biosciences*. 2015;7(4):563-78.
8. Michalakos K, Panagiotou G, Ilias I, Pazaitou-Panayiotou K. Obesity and COVID-19: A jigsaw puzzle with still missing pieces. *Clin Obes*. 2021;11(1):e12420.
9. Kazemizadeh V, Behpour N. The Effect of Sleep Deprivation on Objective and Subjective Physiological Responses of Student-Athletes. *Journal of Health and Safety at Work*. 2022;12(1):222-36.
10. Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, Fernando F, Cavallo S, Cardelli P, et al. Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2010;20(8):608-17.
11. Osborn O, Brownell S, Sanchez-Alavez M, Salomon D, Gram H, Bartfai T. Treatment with an Interleukin 1 beta antibody improves glycemic control in diet-induced obesity. *Cytokine*. 2008;44(1):141-8.
12. Moradi N, Azizi M, Niromand E, Tahmasebi W. The effect of combined training with quinoa seed supplementation on total antioxidant capacity, HbA1c, lipid profile, and blood pressure in women with type 2 diabetes. *Sport Sciences for Health*. 2024.
13. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes care*. 2010;33(12):e147-e67.
14. Adab Z, Eghtesadi S, Vafa MR, Heydari I, Shojaii A, Haqqani H, et al. Effect of turmeric on glycemic status, lipid profile, hs-CRP, and total antioxidant capacity in hyperlipidemic type 2 diabetes mellitus patients. *Phytotherapy Research*. 2019;33(4):1173-81.
15. Mohammadi A, Sahebkar A, Iranshahi M, Amini M, Khojasteh R, Ghayour-Mobarhan M, et al. Effects of supplementation with curcuminoids on dyslipidemia in obese patients: a randomized crossover trial. *Phytotherapy Research*. 2013;27(3):374-9.
16. Woon EC, Toh JD. *Antiobesity Effects of Natural Products from an Epigenetic Perspective*. *Studies in Natural Products Chemistry*. 41: Elsevier; 2014. p. 161-93.
17. Jazayeri-Tehrani SA, Rezayat SM, Mansouri S, Qorbani M, Alavian SM, Daneshi-Maskooni M, et al. Nano-curcumin improves glucose indices, lipids, inflammation, and Nesfatin in overweight and obese patients with non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD): a double-blind randomized placebo-controlled clinical trial. *Nutrition & metabolism*. 2019;16(1):1-13.
18. Weisberg SP, Leibel R, Tortoriello DV. Dietary curcumin significantly improves obesity-associated inflammation and diabetes in mouse models of diabetes. *Endocrinology*. 2008;149(7):3549-58.
19. Altobelli E, Angeletti PM, Marziliano C, Mastrodomenico M, Giuliani AR, Petrocelli R. Potential therapeutic effects of curcumin on glycemic and lipid profile in uncomplicated type 2 diabetes—a meta-analysis of randomized controlled trial. *Nutrients*. 2021;13(2):404.
20. Zamani SK, Rezagholizadeh M. Effect of eight-week curcumin supplementation with endurance training on glycemic indexes in middle age women with type 2 diabetes in Iran, A preliminary study. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2021;15(3):963-7.
21. Naghizadeh H, Heydari F. The effect of 12 weeks of HIIT and curcumin consumption on oxidative indices in obese men with type-2 diabetes mellitus. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2022;15(4):67-81.
22. Dolati S, Namiranian K, Amerian R, Mansouri S, Arshadi S, Azarbayjani MA. The effect of curcumin supplementation and aerobic training on anthropometric indices, serum lipid profiles, C-reactive protein and insulin resistance in overweight women: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of obesity & metabolic syndrome*. 2020;29(1):47.
23. Dadrass A, Mohamadzadeh Salamat K, Hamidi K, Azizbeigi K. Anti-inflammatory effects of vitamin D and resistance training in men with type 2 diabetes mellitus and vitamin D deficiency: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2019;18:323-31.
24. Carrillo AE, Flynn MG, Pinkston C, Markofski MM, Jiang Y, Donkin SS, et al. Vitamin D supplementation during exercise training does not alter inflammatory biomarkers in overweight and obese subjects. *European Journal of Applied Physiology*. 2012;112(8):3045-52.
25. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, et al. Exercise/physical activity in individuals with type 2 diabetes: a consensus statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine and science in sports and exercise*. 2022.
26. Osali A. Aerobic exercise and nano-curcumin supplementation improve inflammation in elderly females with metabolic syndrome. *Diabetology & Metabolic Syndrome*. 2020;12(1):26.
27. Mohammad Zamani T, Kazemizadeh V, Babaei N. The Effect of Aerobic Activity along with Green Tea and Coffee Consumption on Fat Oxidation and Blood Pressure in Overweight Girls. *Journal of Isfahan Medical School*. 2023;41(714):234-42.
28. Porasgari Z, Sakri H, Arshadi S. The effect of eight weeks of Pilates with curcumin supplementation on liver enzymes and lipid profile in overweight and obese women. *Obesity Medicine*. 2022;36:100448.
29. Baba CS, Alexander G, Kalyani B, Pandey R, Rastogi S, Pandey A, et al. Effect of exercise and dietary modification on serum aminotransferase levels in patients with nonalcoholic steatohepatitis. *Journal of gastroenterology and hepatology*. 2006;21(1):191-8.

30. Xiong Y, Peng Q, Cao C, Xu Z, Zhang B. Effect of Different Exercise Methods on Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Meta-Analysis and Meta-Regression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(6):3242.
31. van der Windt DJ, Sud V, Zhang H, Tsung A, Huang H. The Effects of Physical Exercise on Fatty Liver Disease. *Gene Expr*. 2018;18(2):89-101.
32. Atakan MM, Koşar ŞN, Güzel Y, Tin HT, Yan X. The role of exercise, diet, and cytokines in preventing obesity and improving adipose tissue. *Nutrients*. 2021;13(5):1459.
33. Vari R, Scazzocchio B, Silenzi A, Giovannini C, Masella R. Obesity-associated inflammation: does curcumin exert a beneficial role? *Nutrients*. 2021;13(3):1021.
34. Deng Z, Yang K, Cai X, Mei H, Xiao H, Gao W. The beneficial effects of curcumin supplementation on blood lipid levels among patients with metabolic related diseases in Asia area: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023;7:1167913.
35. Zingg JM, Hasan ST, Meydani M. Molecular mechanisms of hypolipidemic effects of curcumin. *Biofactors*. 2013;39(1):101-21.
36. Urasaki Y, Le TT. Functional complementation of anti-adipogenic phytonutrients for obesity prevention and management. *Nutrients*. 2022;14(20):4325.
37. Chuengsamarn S, Rattanamongkolgul S, Luechapudiporn R, Phisalaphong C, Jirawatnotai S. Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2012;35(11):2121-7.
38. Broadbent S, Rousseau JJ, Tielemans W, Cornish A, Phypers B, Levinger I. Higher intensity interval training improves aerobic capacity and metabolic profile in men with cardiac disease: a pilot study. *Journal of Fitness Research*. 2013;2(1):8-16.
39. Hejazi SM, Soltani M, NORNEMATOLAH S, ZARE M, Aminian F. Effect of Aerobic Exercise on HbA (1) C, Serum Insulin Level, C-peptide and Insulin Resistance in Middle-Aged Women with Type II Diabetes. *LIFE SCIENCE JOURNAL-ACTA ZHENGZHOU UNIVERSITY OVERSEAS EDITION*. 2012;9(4):4276-9.
40. Hordern MD, Dunstan DW, Prins JB, Baker MK, Singh MAF, Coombes JS. Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: a position statement from Exercise and Sport Science Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012;15(1):25-31.
41. Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes research and clinical practice*. 2010;87(1):4-14.
42. Suárez-Cuenca JA, De La Peña-Sosa G, De La Vega-Moreno K, Banderas-Lares DZ, Salamanca-García M, Martínez-Hernández JE, et al. Enlarged adipocytes from subcutaneous vs. visceral adipose tissue differentially contribute to metabolic dysfunction and atherogenic risk of patients with obesity. *Scientific reports*. 2021;11(1):1831.