





Original Article

## 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 Jabbar<sup>1</sup> , Vahid Tadibi\* , Worya Tahmasebi<sup>1</sup> , Mehrali Rahimi<sup>2</sup> <sup>1</sup> Faculty of Sport Science, Department of Exercise Physiology, Razi University, Kermanshah, Iran<sup>2</sup> Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

### Abstract

**Background and Purpose:** People with metabolic diseases, especially those with type 2 diabetes, are more prone to development of 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. Prior to 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 profiles. To determine the differences among groups, differences between pre- and post-test values were calculated and compare by using one-way ANOVA test, and Tukey's post-hoc test was used when P<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 among the groups. The results of Tukey's post-test showed that the changes in lipid profile were greater in the Training + curcumin group than 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 were significantly different between groups, and that the changes were greater in the Training +

---

\* Corresponding Author's E-mail: vahidtadibi@razi.ac.ir

<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/>.

curcumin group than the other groups. However, no significant difference was observed for the resting heart rate ( $P=0.474$ ).

**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 improvements are greater

**Keywords:** Exercise, 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. *J Sport Exerc Physiol.* 2025;18(2):1-16.

## تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل دهی کورکومین بر سوخت‌وساز لیپیدی، فشار خون و ترکیب بدنی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو

کریم محمد جبار<sup>۱</sup>، وحید تادیبی<sup>۱\*</sup>، وریا طهماسبی<sup>۱</sup>، مهرعلی رحیمی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

<sup>۲</sup> گروه داخلی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** افراد مبتلا به بیماری‌های سوخت‌وسازی، به‌ویژه مبتلایان به دیابت نوع دو بیشتر در معرض ابتلا به دیس لیپیدمی هستند که خطر بیماری قلبی را افزایش می‌دهد. با توجه به وابستگی بین چاقی، سبک زندگی ناسالم و بیماری‌های مزمن، روشن است که اصلاح سبک زندگی مانند انجام ورزش منظم و استفاده از مداخلات تغذیه‌ای و مصرف مکمل‌های غذایی می‌تواند راهبردی اثرگذار برای پیشگیری، مدیریت و درمان چاقی و اختلالات وابسته به آن باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی آثار ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین بر سطوح نیمرخ لیپیدی، نشانگرهای فیزیولوژیکی و آنتروپومتریکی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو است.

**مواد و روش‌ها:** این تحقیق روی ۴۴ نفر از مردان (سن ۳۶/۳±۷/۵ سال، وزن ۸۶/۴۲±۵/۲۸ کیلوگرم و قد ۱/۷۱±۰/۰۸ متر) چاق مبتلا به دیابت نوع دو انجام گرفت. افراد به‌صورت تصادفی در چهار گروه ۱۱ نفره شامل ۱. تمرین+ کورکومین، ۲. تمرین+دارونما، ۳. کورکومین و ۴. دارونما دسته‌بندی شدند. مصرف کورکومین روزانه یک کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی به مدت ۱۲ هفته و تمرین مقاومتی هفته‌ای سه جلسه با شدت ۷۰-۸۰ درصد یک تکرار بیشینه به مدت ۱۲ هفته بود. دارونما به شکل کپسول‌های مشابه کورکومین حاوی آرد نشاسته مصرف شد. پیش 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 نشانگرهای نیمرخ لیپیدی استفاده شد. برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها در تغییرات پیش به پس‌آزمون از آزمون آنوای یکسویه و برای تعیین محل تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. برای بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی همبسته استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام گرفت و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

**نتایج:** نتایج آزمون آنوای یکسویه 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 مشاهده شد. نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که تغییرات مثبت نیمرخ لیپیدی در گروه تمرین+ کورکومین نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود ( $P<0/05$ ). در خصوص داده‌های ترکیب بدنی، نتایج آنوای یکسویه نشان داد که تغییرات وزن بدن ( $P=0/031$ )، نمایه 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 نشانگرهای مذکور 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 تمرین مقاومتی به مدت ۱۲ هفته می‌تواند به بهبود

\* رایانامه نویسنده مسئول: vahidtadibi@razi.ac.ir

نیمرخ لیپیدی، فشار خون و ترکیب بدنی مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو بینجامد. اما در صورت مصرف کورکومین در کنار تمرین مقاومتی بهبود متغیرهای ذکر شده به طور معناداری بیشتر خواهد بود.

**واژه‌های کلیدی:** فعالیت ورزشی، زرد چوبه، دیابت، چاقی، کنترل وزن

**نحوه استناد به این مقاله:** محمد جبار ک، تادیبی و، طهماسبی و، رحیمی م. تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل‌دهی کورکومین بر سوخت‌وساز لیپیدی، فشار خون و ترکیب بدنی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۸(۲): ۱-۱۶.

## مقدمه

پزشکی ورزشی<sup>۱</sup> تمرین مقاومتی را به عنوان راهی مفید برای بهبود وضعیت سلامت افراد چاق پیشنهاد کرده است (۱۳).

از گذشته تاکنون، غذاهای سنتی نقش مهمی در پیشگیری و درمان بیماری‌های سوخت‌وسازی داشته‌اند. زردچوبه، یک ادویه طبیعی که می‌توان آن را به چاشنی‌هایی مانند خمیر کاری و خردل تبدیل کرد، به‌طور گسترده در آشپزی استفاده می‌شود و به‌ویژه در میان مردم آسیا محبوبیت دارد. پژوهشگران مزایای بالقوه مکمل‌های گیاهی زردچوبه با نام علمی *Curcuma longa* را برای فواید درمانی، به‌ویژه تأثیرات ضدالتهابی و ضدکسایشی آن اثبات کرده‌اند (۱۴، ۱۵). ترکیب فعال اولیه زردچوبه، کورکومین، پتانسیل درمانی را در مقابله با شرایط التهابی، سوخت‌وسازی و وابسته به چاقی نشان داده است. مطالعات بالینی و ویژگی‌های زیستی امیدوارکننده وابسته به کورکومین، از جمله تأثیرات ضدکسایشی، ضدالتهابی، ضدترومبوتیک 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 ضدالتهابی توسط بافت چربی نسبت داده شد است (۱۸). روی هم رفته شواهد تجربی از اثر کورکومین در کاهش وزن و کاهش بروز بیماری‌های وابسته به چاقی حمایت می‌کنند. افزون بر این، نشان داده شده است که کورکومین تأثیرات درمانی بر عوارض مختلف دیابت مانند نفروپاتی و بیماری‌های قلبی-عروقی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو دارد. در تحقیق مروری آلتوبللی و همکاران (۲۰۲۱) تأثیرات درمانی بالقوه کورکومین بر نمایه گلیسمی و لیپید در

چاقی به‌عنوان یک عامل زمینه‌ای در شروع چندین بیماری عمل می‌کند و خطر ابتلا به دیابت نوع دو، اختلالات سوخت‌وسازی، بیماری عروق کرونر، عوارض تنفسی و شرایط عصبی را افزایش می‌دهد (۱، ۲). گستردگی چاقی در ایالات متحده از ۳۰/۵ درصد به ۴۲/۴ درصد افزایش یافته است. شایان ذکر است گستردگی 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، برآورد می‌شود که ۵۱ درصد از جمعیت جهان چاق خواهند بود (۴)، که به افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی و نرخ مرگ‌ومیر بالاتر منجر خواهد شد (۵، ۶) یافته‌ها نشان می‌دهد که بیماران مبتلا به بیماری‌های سوخت‌وسازی در معرض افزایش خطر ابتلا به دیس لیپیدمی هستند. برای نمونه گستردگی دیس لیپیدمی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو بیشتر از جمعیت سالم است و کودکان و نوجوانان دارای اضافه وزن یا چاق بیشتر در معرض ابتلا به دیس لیپیدمی هستند (۷، ۸).

تلاش‌های پژوهشی در حال حاضر به سمت گسترش راهبردهایی برای مدیریت چاقی و خطرهای سوخت‌وسازی وابسته به 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 غیردارویی نقش بسزایی در کاهش عوامل خطر دارد و در بین درمان‌های غیردارویی، فعالیت ورزشی سبب کاهش سطح چربی و بهبود اجزای مؤثر در نیمرخ لیپیدی، می‌شود، که می‌توانند مشکلات سلامتی وابسته به چاقی را به تأخیر بیندازند (۱۰-۱۲). کالج آمریکایی

### روش پژوهش

**نمونه‌های پژوهش:** پژوهش حاضر با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه‌بندی تصادفی پس از تأییدیه 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 سال، گلوکز خون ناشتای ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و بالاتر، داشتن هموگلوبین A1C بالاتر از ۶/۵ درصد، نداشتن سابقه فعالیت ورزشی منظم در یک سال گذشته و نمایه 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 برگه رضایت‌نامه کتبی توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. سپس آزمودنی‌ها به‌طور 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 گروه‌بندی آزمودنی‌ها، دو روز پیش از آغاز دوره مداخله، ارزیابی‌های اولیه شامل نشانگرهای آنتروپومتریک (قد، وزن، نمایه توده بدنی و دور کمر به باسن) هر آزمودنی در آزمایشگاه سنجش شد. قد افراد با قدسنج سکا (ساخت آلمان) با دقت ۰/۵ سانتی‌متر 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 (نوع 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

دیابت نوع دو اشاره شده است که در شرایط دیابت کورکومین بر لیپوژنز کبدی تأثیر می‌گذارد، فعالیت ژن پروتئین متصل‌شونده به عنصر تنظیم‌کننده استرول<sup>۲</sup> (SREBP1) را مسدود کرده و همزمان آنزیم‌های کارنیتین پالمیتویل ترانسفراز-۱<sup>۳</sup> و آسیل کوآ کلسترول آسیل ترانسفراز<sup>۴</sup> را که در بسیج لیپیدها نقش دارند، فعال می‌کند (۱۹).

با توجه به اینکه پیشرفت چاقی می‌تواند سبب شروع بیماری دیابت نوع دو شود، اجزای گیاهی مانند کورکومین که دارای فعالیت ضدالتهابی‌اند، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق زمانی و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده شد که مصرف هشت هفته مکمل کورکومین و تمرین استقامتی به‌طور همزمان در بهبود شاخص‌های گلیسمی زنان مبتلا به دیابت نوع دو نقش مفید داشته‌اند (۲۰). یافته‌های نقی‌زاده و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که اثر متقابل ورزش و کورکومین در مقایسه با اثر هر یک به‌تنهایی، برای بهبود فعالیت ضداکسایشی و پراکسیدانی مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو مبتلا به هیپرلیپیدمی مناسب‌تر است (۲۱). مطابق بررسی‌های صورت‌گرفته، در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص مصرف کورکومین و تمرین ورزشی در نمونه‌های انسانی، تمرین هوازی و تمرین تناوبی با شدت بالا<sup>۵</sup> (HIIT) مورد توجه قرار گرفته است که برخی نتایج نیز متناقض بوده‌اند (۲۱)، اندک پژوهش‌های وابسته به اثر تمرین مقاومتی و کورکومین تغییرات سطوح سوخت‌وساز لیپیدی، نشانگرهای فیزیولوژیکی و آنتروپومتریک را به‌صورت همزمان بررسی نکرده‌اند. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی آثار جداگانه و با هم ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل کورکومین بر سطوح سوخت‌وساز لیپیدی، نشانگرهای فیزیولوژیکی و آنتروپومتریک در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو انجام گرفت.

شرکت‌کنندگان سه نوبت را در ۷۰ تا ۸۰ درصد (IRM)، از هشت تمرین مقاومتی بالاتنه و پایین‌تنه را با زمان استراحت دو تا سه دقیقه بین نوبت‌ها و حرکات انجام دادند (۲۴). برای نوبت اول، از شرکت‌کنندگان درخواست شد تا هشت تکرار را کامل کنند و برای نوبت‌های دوم و سوم، شرکت‌کنندگان تمرین را تا نهایت توان برای انجام حرکت یا تا زمانی‌که 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، شرکت‌کنندگان تحت نظارت قرار گرفتند تا اطمینان حاصل شود که آن‌ها با شدت مناسب تمرین کرده و همه نوبت‌های اختصاص داده شده را تکمیل کردند (۲۵).

در خصوص نحوه مکمل‌دهی کورکومین، آزمودنی‌های گروه‌های مکمل، طی دوره مداخله هر روز یک کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی کورکومین تولید شرکت کارن ساخت 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 برگه یادآمد رژیم خوراکی در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شد تا ۲۴ ساعت پیش از اندازه‌گیری نشانگرهای پیکرسنجی تا زمان نمونه‌گیری خون در پیش و پس‌آزمون از الگوی خوراکی یکسانی پیروی کنند و آزمودنی‌ها مطابق با تجویز پزشک خود در طول دوره مداخلات، داروهای مصرفی مربوط به بیماری دیابت نوع دو را ادامه دادند.

**روش‌های آزمایشگاهی:** آزمودنی‌ها به‌منظور نمونه‌گیری خون ۲۴ ساعت پیش و ۴۸ ساعت پس از آخرین روز دوره تمرینی در آزمایشگاه پارسیان واقع در شهر کرمانشاه پس از هشت ساعت ناشتایی حضور یافتند و از آن‌ها مقدار پنج میلی‌لیتر خون برای

کمر به دور باسن اندازه نسبت دور کمر به باسن (WHR) به‌دست آمد. پس از اندازه‌گیری نشانگرهای فیزیکی و فیزیولوژیکی متناسب با گروه‌های آزمایشی، آزمودنی‌ها به مدت ۱۲ هفته (سه روز در هفته) در پروتکل تمرینی همراه برنامه مکمل‌دهی کورکومین شرکت کردند.

در جلسه آشناسازی شرکت‌کنندگان با نحوه اجرای هشت تمرین مقاومتی (به‌ترتیب پرس سینه، جلوبازو با دستگاه، زیر بغل با دستگاه، پشت پا دستگاه، پرس سرشانه، ساق پا، جلوبازو دمبل و پرس پا) آشنا شدند. در طول جلسه آشناسازی به شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌های دقیقی در مورد تکنیک وزنه‌برداری مناسب ارائه شد و پس از آن هشت تا ۱۰ تکرار بیشینه (RM) را برای هر یک از هشت تمرین ذکر شده در بالا تکمیل کردند. به‌منظور تعیین یک تکرار بیشینه برای حرکات مختلف از روش تکرارهای زیربیشینه تا حد خستگی استفاده شد. بدین‌منظور آزمودنی یک وزنه زیربیشینه برای حرکات و یا وزنه متصل به دستگاه را تا حد خستگی به‌گونه‌ای که تکرار حرکت کمتر از ۱۰ شود، جابه‌جا می‌کرد. سپس با توجه به معادله زیر، قدرت بیشینه (یک تکرار بیشینه) فرد برای آن حرکت برآورد شد (۲۳):

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

برای اجرای برنامه تمرینی مقاومتی، شرکت‌کنندگان در هر دو گروه تمرین+مکمل و تمرین یک برنامه تمرین مقاومتی ۱۲ هفته‌ای (سه روز در هفته در مجموع ۳۶ جلسه) را تکمیل کردند. هر جلسه با گرم کردن شروع شد که شامل پیاده‌روی روی تردمیل به مدت پنج دقیقه و حرکات کششی سبک بود، در ادامه گرم کردن اختصاصی برای برخی حرکات چندمفصلی با میله خالی یا وزنه سبک اجرا شد. پس از آن،

داده‌ها، از آزمون آنالیز واریانس یکسویه و در صورت معناداری آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه تغییرات پیش و پس از ۱۲ هفته تمرین متغیرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بین گروهی و از آزمون تی همبسته برای مقایسه تفاوت درون گروهی استفاده شد. همه محاسبات با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام گرفت. سطح معناداری آزمون‌ها  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شد.

### نتایج

یافته‌های مربوط به فراوانی، میانگین، انحراف استاندارد و مشخصات (سن، قد، وزن و نمایه توده بدن) در جدول ۱ ارائه شده است. برای مقادیر پیش آزمون نشانگرهای موجود با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه در جدول ۲ نشان داده شده است که تفاوت معناداری بین گروه‌ها برای همه متغیرهای اندازه‌گیری شده وجود ندارد.

اندازه‌گیری سطوح سرمی نیمرخ لیپیدی با استفاده از کیت‌های کمی پارس پیوند ساخت ایران به روش رنگ‌سنجی آنزیمی و یک نقطه‌ای با دستگاه اتوآنالایزر (هیتاچی 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 شد. ضربان قلب و فشار خون (دستگاه فشارسنج بازویی بریسک PG-800B22) در حالت استراحتی و پس از ۲۰ دقیقه نشستن آزمودنی اندازه‌گیری شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲۴ ساعت پیش از اندازه‌گیری‌ها از خوردن و نوشیدن کافئین، شکلات و الکل بپرهیزند. همچنین خواسته شد که در این بازه زمانی هیچ‌گونه تمرین ورزشی یا فعالیت بدنی سنگین انجام ندهند.

**تحلیل آماری:** توزیع طبیعی متغیرهای پژوهش با استفاده از آزمون نرمالیتته شاپیروویلیک در گروه‌های پژوهش بررسی شد. پس از تعیین توزیع طبیعی

جدول ۱. متغیرهای داده‌های دموگرافیک و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها

P	F	P	ت	درصد تغییر	زمان اندازه‌گیری		گروه‌ها	متغیر
					پس آزمون	پیش آزمون		
		<0/001	۱۸/۳۳	↓ ۲/۱۹	۸۵/۰۴ ± ۴/۱۱	۸۶/۹۱ ± ۴/۷۰	تمرین + دارونما	وزن بدن (کیلوگرم)
		<0/001	۱۱/۲۷	↓ ۰/۵۲	۸۵/۵۵ ± ۵/۰۶	۸۵/۹۹ ± ۵/۱۵	کورکومین	
0/0۳۳	۳/۲۱	<0/001	۱۶/۱۳	↓ ۲/۹۵	۸۴/۵۵ ± ۴/۹۴*	۸۶/۷۲ ± ۵/۹۳	تمرین + کورکومین	
		0/۱۱۴	-۱/۷۳	↑ ۰/۲۹	۸۶/۳۲ ± ۵/۶۴	۸۶/۰۶ ± ۵/۵۲	کنترل	
		-	-	-	-	0/۹۷	P پیش آزمون	
		<0/001	۳۱/۵۷	↓ ۲/۲۱	۳۱/۶۷ ± ۱/۲۴*	۳۲/۳۶ ± ۱/۰۶	تمرین + دارونما	نمایه توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)
		<0/001	۲۴/۱۷	↓ ۰/۶۲	۳۲/۵۸ ± ۱/۰۸*	۳۲/۷۴ ± ۱/۱۲	کورکومین	
<0/001	۴۵/۸۴	<0/001	۱۰۰/۷۳	↓ ۳/۰۲	۳۱/۵۸ ± ۱/۱۸*	۳۲/۵۰ ± ۱/۰۱	تمرین + کورکومین	
		0/۳۰۲	-۱/۰۹	↑ ۰/۴۳	۳۲/۶۴ ± ۱/۰۳	۳۲/۵۵ ± ۱/۰۸	کنترل	
		-	-	-	-	0/۸۷	P پیش آزمون	
		<0/001	۴۰/۴۸	↓ ۱۲/۵۰	۳۵/۵۵ ± ۲/۲۷*	۴۰/۶۰ ± ۲/۳۹	تمرین + دارونما	درصد چربی بدن
		<0/001	۵۱/۷۳	↓ ۱۱/۶۵	۳۵/۷۸ ± ۱/۵۱*	۴۰/۵۰ ± ۱/۶۶	کورکومین	
<0/001	۱۴/۹۲	<0/001	۲۳/۸۷	↓ ۲۰/۵۹	۳۴/۵۱ ± ۲/۱۹*	۴۰/۹۷ ± ۲/۳۵	تمرین + کورکومین	
		0/۶۰۳	0/۵۳۷	↑ ۰/۳۷	۴۰/۳۶ ± ۲/۷۶	۴۰/۲۱ ± ۲/۳۰	کنترل	
		-	-	-	-	0/۸۸	P پیش آزمون	



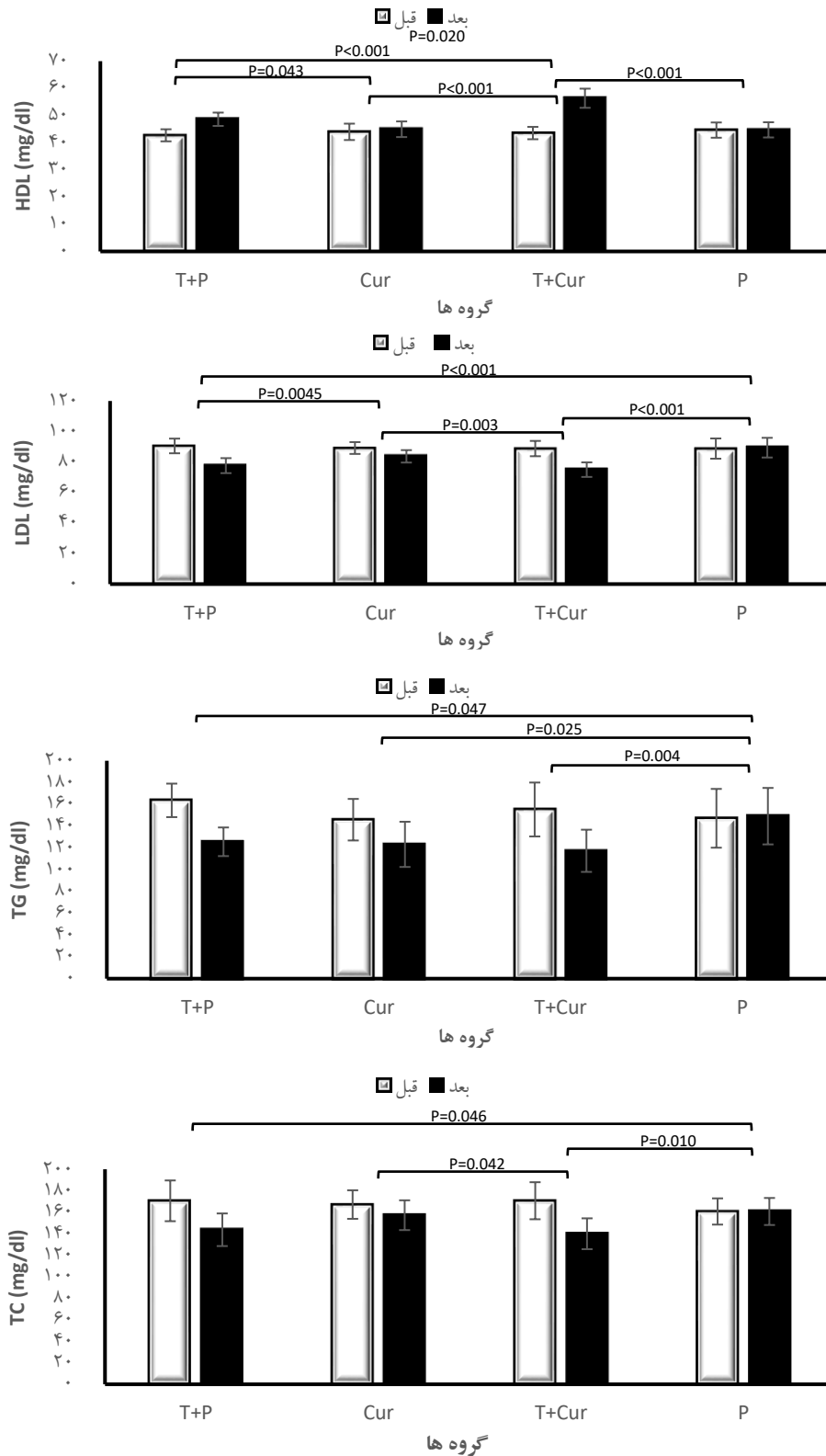
جدول‌های ۱ و ۲ و نمودار ۱ نشان داده شده است. از سوی دیگر تجزیه و تحلیل آزمون تی همبسته بر مقادیر نشانگرهای موجود در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داد که بین میانگین متغیرهای پژوهش در گروه‌های Cur، T+P و T+Cur پس آزمون نسبت به پیش آزمون تفاوت معناداری وجود دارد که این تفاوت با توجه به نتایج درصد تغییرات و همچنین داده‌های مربوط به اندازه اثر متغیرها نشان می‌دهد که نه تنها از لحاظ آماری، بلکه از جنبه کاربردی نیز تأثیرگذار است.

نتایج تحلیل آماری برای تغییرات متغیرهای نیمرخ لیپیدی و P به دست آمده نشان داد که تفاوت معناداری در متغیرهای HDL ( $F_{3,43}=33/44$  و  $P<0/001$ )، LDL ( $F_{3,43}=15/83$  و  $P<0/001$ )، TG ( $F_{3,43}=5/20$  و  $P=0/005$ ) و TC ( $F_{3,43}=5/20$  و  $P=0/04$ ) 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

جدول ۲. متغیرهای همودینامیک و ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها

P	F	P	t	درصد	زمان اندازه‌گیری		گروه‌ها	متغیر
					پس آزمون	پیش آزمون		
0/002	6/15	<0/001	6/04	↓11/8	119/5 ± 5/2*	130/2 ± 6/5	تمرین + دارونما	فشار خون سیستولیک (میلی‌متر جیوه)
		<0/001	7/11	↓5/8	122/1 ± 5/9	129/4 ± 7/2	کورکومین	
		<0/001	9/80	↓11/9	115/9 ± 4/6*	131/7 ± 6/8	تمرین + کورکومین	
		0/702	0/393	↑0/3	126/8 ± 7/2	127/2 ± 6/3	کنترل	
		-	-	-	-	0/52	P پیش آزمون	
<0/001	10/87	<0/001	5/69	↓7/1	80/9 ± 3/1*	87/1 ± 5/0	تمرین + دارونما	فشار خون دیاستولیک (میلی‌متر جیوه)
		<0/001	6/11	↓7/0	82/5 ± 3/8*	88/7 ± 4/3	کورکومین	
		<0/001	11/92	↓12/8	76/0 ± 5/5*	87/2 ± 4/7	تمرین + کورکومین	
		0/398	0/883	↓0/5	86/7 ± 4/1	87/0 ± 3/7	کنترل	
		-	-	-	-	0/80	P پیش آزمون	
0/474	0/852	<0/001	12/03	↓5/7	79/5 ± 8/1	84/3 ± 8/1	تمرین + دارونما	ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه)
		<0/001	11/66	↓2/7	81/3 ± 7/5	83/5 ± 7/5	کورکومین	
		<0/001	12/90	↓8/7	78/6 ± 7/7	86/0 ± 7/9	تمرین + کورکومین	
		0/294	-1/11	↑0/8	83/4 ± 7/2	82/8 ± 6/5	کنترل	
		-	-	-	-	0/78	P پیش آزمون	

\* تفاوت معنادار با گروه کنترل در سطح  $P \leq 0/05$



شکل ۱. داده‌های (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد) HDL، LDL، TC و TG در گروه‌های تمرین+دارونما، کورکومین، تمرین+کورکومین و دارونما پیش و پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی. سطح معناداری برای نشان دادن محل تفاوت تغییرات داده‌ها پیش و پس از دوره تمرین نشان داده شده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر در پی ۱۲ هفته تمرین مقاومتی به همراه مکمل‌دهی کورکومین در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو، مقادیر نیمرخ لیپیدی گروه‌های تجربی بهبود معناداری را نشان داد. همچنین مشخص شد که بین میانگین متغیرهای مورد بررسی در گروه تمرین 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 اوسالی و همکاران (۲۶)، زمانی و همکاران (۲۷) و پورعسگری و همکاران (۲۸) همسوست. سازوکارهایی برای توضیح اینکه چگونه تمرین ورزشی ممکن است سبب بهبود سوخت‌وساز لیپیدی شود، پیشنهاد شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد فعالیت ورزشی منظم موجب کاهش خطر ابتلا به دیابت نوع دو و افزایش سطح HDL سرم می‌شود (۲۹). در این زمینه کوک و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که مسیر سوخت‌وسازی ناشی از تمرین ورزشی، برای نمونه سرکوب گلوکونئوزنز<sup>۶</sup> و لیپوژنز از نو<sup>۷</sup> و تقویت مسیر پنتوز فسفات به سمت ایجاد ظرفیت ضد اکسایشی در برابر رژیم غذایی پرچرب با پیشگیری از پیری زودرس و توقف آپوپتوز مطابقت دارد. در پژوهشی اخیراً ژیونگ و همکاران (۲۰۲۱) در فراتحلیلی شامل ۱۸ مطالعه برای توصیف اثربخشی روش‌های مختلف ورزشی با غربالگری تغییرات نشانگرهای بیوشیمیایی خون و BMI، نشان دادند که تمرین ورزشی می‌تواند به‌طور چشمگیری TC، LDL، HDL و BMI را در بیماران چاق بهبود بخشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که فعالیت ورزشی شاید از طریق سازوکار کالری مصرفی به کاهش چربی و کاهش ذخیره چربی منجر شود که برای

سلامت مفید است (۳۰). همسو با این نتایج، ون در و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نشان دادند که تمرین ورزشی می‌تواند با کاهش اسید چرب سنتاز و استیل کوآ کربوکسیلاز و اکسایش کبد، فعال کردن پروتئین کینازهای وابسته به AMP، کاهش ساخت چربی و افزایش اکسایش لیپید، سوخت‌وساز کلی بدن را بهبود بخشد (۳۱). علاوه بر این، به‌تازگی یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرین ورزشی شاید رگ‌زایی و خون‌رسانی را افزایش و در نتیجه هیپوکسی و التهاب وابسته به آن را در بافت چربی کاهش دهد (۳۲). سازوکار اثر کورکومین بر شاخص‌های آنروپومتریک و نیمرخ لیپیدی نامشخص است. با این همه، کورکومین آنزیم AMP کیناز را که نقش مهمی در پاتوژنز چاقی دارد، کاهش می‌دهد (۳۳). دوز بالای کورکومین همچنین با مهار تمایز سلول‌های چربی از طریق سرکوب عامل رونویسی گیرنده-c فعال‌شده توسط پراکسی زوم، چاقی را کاهش می‌دهد. تعدادی از یافته‌های اخیر سازوکارهایی را نشان داده‌اند که توسط آن کورکومین شاید هیپرلیپیدمی را بهبود بخشد (۳۴). کورکومین شاید مسیرهای انتقال سلولی وابسته به چاقی و بیماری سوخت‌وسازی را تحت تأثیر قرار دهد. کورکومین می‌تواند پیام‌رسانی انتقال Akt، AMPK، بیان ژن عوامل رونویسی خاص CREBH، CREB، Srebp1/2، Nrf2، Foxo1/3a، PPAR $\gamma$  و LXR $\alpha$  و عوامل وابسته به لیپوژنز HMG-CoA، CD36، aP2/FABP4، ردوکتاز و کارنیتین پالمیتویل ترانسفراز-I، را تغییر دهد (۳۵). کورکومین همچنین پیام‌رسانی کاتنین-Wnt/ $\beta$  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

نتایج با یافته‌های 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 نمایه توده بدن کاهش می‌یابد، همخوانی داشت. کاهش وزن در بیشتر گزارش‌های پژوهشی مذکور به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار بر افزایش حساسیت به انسولین نیز معرفی شده است که تصور می‌شود در بهبود عمل انسولین نیز نقش داشته باشد، چراکه در پی کاهش وزن به‌طور معمول توده چربی کاهش می‌یابد و این حالت در بهبود عمل انسولین نقش محوری دارد. پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردند، کاهش جزئی وزن بدن در افراد چاق، موجب کاهش بیشتر توده چربی احشایی در مقایسه با توده چربی زیرپوستی می‌شود و این عامل بهبود سطوح لیپیدی و مقاومت به انسولین را در پی خواهد داشت (۴۲). با توجه به ارتباط کورکومین و دریافت آن در کاهش التهاب عمومی و سراسری به‌ویژه در شرایط چاقی و دیابت توصیه می‌شود در پژوهش‌های مشابه پژوهش حاضر عوامل التهابی ارزیابی شود.

در پژوهش حاضر مشخص شد که تمرین مقاومتی به‌همراه مکمل‌دهی کورکومین تأثیر مفیدی بر متغیرهای وزن بدن، نمایه توده بدن، درصد چربی بدن، نسبت کمر به باسن، ضربان قلب، فشار خون سیستولیک و دیاستولیک دارد. همچنین مشخص شد که این امر در گروه T+Cur در مقایسه با Cur و T+P به‌تنهایی بیشتر است. بنابراین، با توجه نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مکمل‌دهی کورکومین همراه با انجام تمرین مقاومتی می‌تواند به نیمرخ لیپیدی و نشانگرهای فیزیولوژیکی مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو منجر شود. بنابراین این افراد می‌توانند ترکیب بدنی و سلامت عمومی خود را از طریق ترکیب تمرین مقاومتی و دریافت مکمل کورکومین بیشتر بهبود بخشند.

می‌کند (۳۴). افزون بر این، کورکومین شاید مسیرهای سوخت‌وسازی لیپید تحت تأثیر استاتین‌ها را تعدیل و اثر ضدچاقی اعمال کند (۳۶). روی هم‌رفته، سازوکارهای مختلفی شاید مسئول تأثیرات کاهش چربی خون کورکومین باشد که در مجموع می‌تواند آثار بسیار مفیدی در بهبود کلی نیمرخ لیپیدی آزمودنی‌های پژوهش حاضر حتی بدون مداخله تمرینی داشته است. در خصوص علل تأثیر کورکومین بر بهبود شاخص‌های گلیسمی و نیمرخ لیپیدی می‌توان به موارد فراوانی اشاره کرد. سازوکار احتمالی پیشنهادشده برای نقش زردچوبه در هومئوستاز گلوکز، فعال کردن گلیکولیز و جلوگیری از گلوکونئوژنز و در نتیجه کاهش سطح قند خون است (۲۰). از آنجایی که التهاب نقش مهمی در ابتلا به دیابت نوع دو ایفا می‌کند، کورکومین به‌دلیل توانایی آن در کاهش تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی و کاهش التهاب و در نتیجه بهبود ترشح انسولین شاید در کاهش شاخص گلیسمی مؤثر باشد (۳۷). کورکومین همچنین دسترسی عضلات و کبد به انسولین را افزایش و در نتیجه سطح سرمی انسولین را کاهش می‌دهد و به‌دلیل ویژگی‌های ضداکسایشی کورکومین از تشکیل بنیان‌های آزاد اکسیژن جلوگیری می‌کند، بنابراین تأثیرات ضداکسایشی آن شاید در کاهش پیشرفت و عوارض دیابت مؤثر باشد (۲۰).

بر پایه یافته‌های پژوهش حاضر مقادیر وزن، درصد چربی و BMI در گروه‌های تجربی پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی، مکمل‌دهی کورکومین یا هر دو کاهش معنادار داشتند. این کاهش‌ها گویای این مطلب است که تمرین مقاومتی و مکمل‌دهی کورکومین پژوهش حاضر اثر مشابهی بر این شاخص‌ها داشته است که این اثر در گروه تمرین مقاومتی به‌همراه مکمل‌دهی کورکومین نیز بیشتر بود. این

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. Michalakis 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.

## تشکر و قدردانی

از همه عزیزانی که ما را در اجرای این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

## حمایت مالی

این پژوهش بدون هیچ‌گونه حمایت مالی سازمان یا مؤسسه‌ای انجام شده است.

## مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور مساوی در طراحی، اجرا، تحلیل داده‌ها و نوشتن مقاله مشارکت داشتند.

## تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

## پی‌نوشت‌ها

- <sup>1</sup> American College of Sport Medicine
- <sup>2</sup> Sterol regulatory element-binding protein gene
- <sup>3</sup> Enzymes carnitine palmitoyltransferase 1 (CPT1)
- <sup>4</sup> Acyl-CoA cholesterol acyltransferase (ACAT)
- <sup>5</sup> High Intensity Interval Training
- <sup>6</sup> Suppressed gluconeogenesis
- <sup>7</sup> De novo lipogenesis

## 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.

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.