

The effect of 12 weeks of high-intensity interval training and curcumin consumption on glycemic index, adiponectin and lipid profile in obese men with type2 diabetes hyperlipidemia

Hasan Naghizadeh¹, Faeze Heydari^{2*}, Jabraeel Pouzesh Jadidi³

Receive 2022 October 04; Accepted 2022 December 27

Abstract

Aim: Physical exercises and the consumption of medicinal plants with anti-inflammatory properties are one of the most widely used methods to reduce the complications of type 2 diabetes. The aim of this study was to investigate the interactive effect of 12 weeks of high-intensity interval training and curcumin consumption on glycemic index, adiponectin and lipid profile in obese men with type2 diabetes hyperlipidemia. **Methods:** The current research was a double-blind semi-experimental type. The statistical population included men with type 2 diabetes (mean age 38.76 ± 2.05 years and weight 89.00 ± 2.96 kg), 60 people participated in this research. Subjects were randomly divided into four groups: high-intensity interval training, high-intensity interval training + curcumin, curcumin, and placebo-control. The training intervention was performed three times a week and the consumption daily of curcumin was 2100 mg in three servings of 700 mg, for 12 weeks. Body composition and biochemical indices were measured before and after exercise. One-way ANOVA, two-way factorial ANOVA for repeated measurements and paired samples t test were used to analyze the data. **Results:** Interactive effect of exercise and curcumin significantly increased adiponectin ($p = 0.010$), and significantly decreased glucose ($p = 0.0001$), insulin ($p = 0.0001$), HbA1c ($p = 0.021$), insulin resistance ($p = 0.001$), TC ($p = 0.0001$), TG ($p = 0.001$), LDL ($p = 0.002$) and HDL ($p = 0.011$). Exercise alone caused significant changes in all biochemical variables ($p < 0.05$), but curcumin consumption alone did not cause significant changes ($P > 0.05$). **Conclusions:** Therefore, high-intensity interval training with curcumin consumption more improved glycemic status and lipid profiles in hyperlipidemia type 2 diabetes men more than the main effect of training and curcumin.

Keywords: HIIT, Anti-inflammatory supplement, Insulin resistance, metabolic syndrome



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social, Ardakan University, Ardakan-Iran.
2. Master of Sports Physiology, Department of Physical Education and sport science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran- Iran
3. Assistant Professor of Exercise Physiology, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz-Iran.

*(corresponding author):
f-herdari@tvu.ac.ir

Cite as: Hasan Naghizadeh, Faeze Heydari, Jabraeel Pouzesh Jadidi. The effect of 12 weeks of high-intensity interval training and curcumin consumption on glycemic index, adiponectin and lipid profile in obese men with type2 diabetes hyperlipidemia. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2023; 10(1): 50-66.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.28030.1503

DOR:



Extended abstract

Background

Adipose tissue is the largest source of energy in the human body. The increasing prevalence of obesity has become one of the biggest health challenges in the world, so that today obesity is referred to as a multifactorial disease with adverse health effects and harmful consequences. Metabolic and physiological changes in body systems following the increase of fat tissue lead to the formation of chronic diseases such as cardiovascular diseases, arteriosclerosis, metabolic syndrome and especially type 2 diabetes. Adipose tissue acts as an active endocrine organ that secretes some substances called adipokines, including leptin, adiponectin, visfatin, resistin, and omentin, which act at the levels of autocrine/paracrine glands as well as endocrine glands. Pro-inflammatory hormones produced by adipose tissue contribute to insulin resistance, obesity and increased risk of cardiovascular diseases, while adiponectin and omentin as anti-inflammatory adipokines increase insulin sensitivity. Meanwhile, their values decrease in obesity and type 2 diabetes. The results have shown that low concentration of adiponectin is associated with abdominal obesity, low concentration of high-density lipoprotein, hypertriglyceridemia, high concentration of fasting glucose, hypertension and metabolic syndrome. Also, high levels of adiponectin in healthy people are associated with anti-inflammatory, anti-atherogenic and anti-diabetic effects. In obese people with type 2 diabetes, the vital tissues of the body are exposed to serious damage, and most of the chemical drugs used to treat diabetes have adverse side effects. Meanwhile, medicinal plants have high antioxidant properties due to their polyphenol compounds. In recent years, due to their cost-effectiveness and lack of side effects, they have received much attention as a therapeutic approach along with physical activities. Curcumin is the pigment of turmeric, due to its anti-diabetic, anti-inflammatory and antioxidant effects, it has been considered in the treatment of complications caused by diabetes. Based on the results, physical exercises are known as an effective strategy in the prevention and treatment of type 2 diabetes. Research has shown that intense interval training has a significant effect in reducing excess fat weight and metabolic syndrome. Intense interval training increases skeletal muscle fat oxidation and improves glucose tolerance. Physical exercises and the consumption of medicinal plants with anti-inflammatory properties are one of the most widely used methods to reduce the complications of type 2 diabetes. Therefore, the aim of this study was to investigate the interactive effect of 12 weeks of high-intensity interval training (HIIT) and curcumin consumption on glycemic index, adiponectin and lipid profile in obese men with type2 diabetes hyperlipidemia.

Methodology

The current research was a double-blind semi-experimental type. The statistical population included men with type 2 diabetes (mean age 38.76 ± 2.05 years and weight 89.00 ± 2.96 kg), 60 people participated in this research. Subjects were randomly divided into four groups: HIIT (n=15), HIIT + curcumin (n=15), curcumin (n=15), and placebo-control (n=15). The control group and the group continued their normal daily schedule. The HIIT intervention was three days a week with an intensity of 80-85% reserve heart rate and the consumption daily of curcumin was 2100 mg in three servings of 700 mg, for 12 weeks. Body composition and biochemical indices were measured before and after exercise. Adiponectin and Insulin was assessed by ELISA method. HbA1C and fasting glucose were determined by chromatographic method and glucose oxidase enzyme method, respectively. Triglyceride, total cholesterol, and HDL concentrations were measured by enzymatic colorimetry.

Statistical methods:

In inferential statistics, the Shapiro-Wilk test was used to determine the normality of data distribution. One-way ANOVA, two-way factorial ANOVA for repeated measurements and paired samples t test were used to analyze the data ($P < 0.05$).

Results: Interactive effect of exercise and curcumin significantly increased adiponectin ($p = 0.010$), and significantly decreased glucose ($p = 0.0001$), insulin ($p = 0.0001$), HbA1c ($p = 0.021$), insulin resistance ($p = 0.001$), TC ($p = 0.0001$), TG ($p = 0.001$), LDL ($p = 0.002$) and HDL ($p = 0.011$). Exercise alone caused significant changes in all biochemical variables ($p < 0.05$), but curcumin consumption alone did not cause significant changes ($P > 0.05$), (Figure 1 and 2).

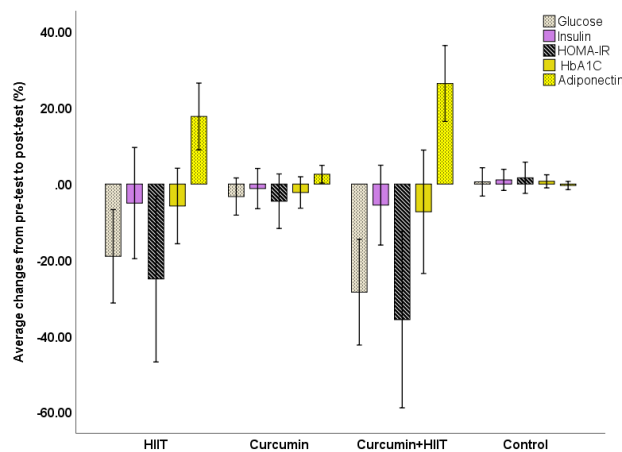


Figure 1. Changes Glucose, Insulin, HOMA-IR, HbA1C and Adiponectin based on the difference of averages in the studied groups.

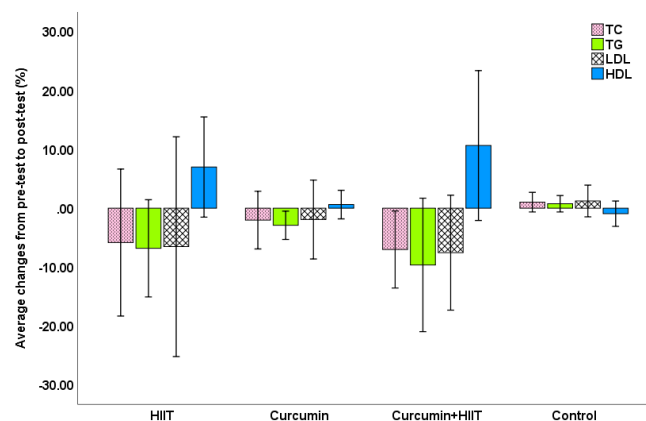


Figure 2. Changes TC, TG, LDL and HDL based on the difference of averages in the studied groups.

Discussion

The main aim of this study was to investigate the interactive effect of 12 weeks of high-intensity interval training (HIIT) and curcumin consumption on glycemic index, adiponectin and lipid profile in obese men with type2 diabetes hyperlipidemia. After 12 weeks, Glucose, Insulin, HOMA-IR, HbA1C, TC, TG, LDL in two groups of HIIT and HIIT with curcumin consumption decreased significantly compared to the control group, and the level of Adiponectin and HDL increased significantly. So, Glucose, HOMA-IR, HbA1C, TC and TG in the curcumin consumption group decreased significantly and the level of Adiponectin increased significantly. However, the interactive effect of HIIT with curcumin supplementation resulted in the most significant changes on biochemical variables in obese men with type 2 diabetes and hyperlipidemia. It seems that the oxidation and metabolism response and adaptability to it are largely dependent on the type of training program and the use of medicinal herbs. Variables such as training load, number of courses, number of repetitions, amount of rest between courses, volume of muscles involved, number of sessions per week, type of training program and also the dosage and type of supplement consumed, are among them.

Conclusion

The results of the present study highlight the fact that HIIT is a safe and applicable exercise protocol for type 2 diabetes and hyperlipidemia men with the ability to induce favorable changes in insulin indices and lipid profile serum levels. It should be noted that HIIT along with consumption of curcumin can lead to further improvement in the established adaptations. Therefore, HIIT with curcumin consumption more improved glycemic status and lipid profiles in type 2 diabetes and hyperlipidemia men more than the main effect of HIIT and curcumin.

Keywords: HIIT, Anti-inflammatory supplement, Insulin resistance, metabolic syndrome



مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال دهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۲؛ صفحات ۵۰-۶۶

Open Access

مقاله پژوهشی

تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف کورکومین بر شاخص‌های گلاسمیک، آدیپونکتین و پروفایل لیپیدی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا

حسن نقی زاده^۱، فائزه حیدری^۲، جبرئیل پوزش جدیدی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶

چکیده

هدف: تمرینات بدنی و مصرف گیاهان دارویی با خواص ضدالتهابی یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای کاهش عوارض دیابت نوع دو است. هدف از این پژوهش بررسی اثر تعاملی ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف کورکومین بر شاخص‌های گلاسمیک، آدیپونکتین و پروفایل لیپیدی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا بود. **روش شناسی:** پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی دوسوگور بود. جامعه آماری شامل مردان مبتلا به دیابت نوع دو با میانگین سنی $38/76 \pm 2/05$ سال و وزنی $89/0 \pm 2/96$ کیلوگرم بودند که تعداد ۶۰ نفر در این پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در چهار گروه، تمرین تناوبی شدید، تمرین تناوبی شدید + مصرف کورکومین، کورکومین و کنترل-دارونما قرار گرفتند. مداخله تمرینی سه جلسه در هفته و مصرف کورکومین روزانه ۲۱۰۰ میلی‌گرم در سه وعده ۷۰۰ میلی‌گرمی به مدت ۱۲ هفته اجرا شد. قبل و بعد از تمرین شاخص‌های ترکیب بدنی و بیوشیمیایی سنجش شدند. از تحلیل واریانس تک راهه، تحلیل واریانس عاملی (۲×۲) اندازه‌گیری مکرر و آزمون تی همبسته برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. **یافته‌ها:** اثر تعاملی تمرین و کورکومین موجب افزایش معنی‌دار آدیپونکتین ($P=0/010$)؛ و کاهش معنی‌دار گلوکز ($P=0/001$)، انسولین ($P=0/021$)، هموگلوبین گلیکوزیله ($P=0/021$)، مقاومت انسولینی ($P=0/001$)، TC ($P=0/001$)، TG ($P=0/002$)، LDL و HDL ($P=0/011$) شد. تمرین به تنهایی باعث تغییرات معنی‌دار در تمام متغیرهای بیوشیمیایی شد، ولی مصرف کورکومین به تنهایی باعث تغییرات معنی‌دار نشد ($P>0/05$). **نتیجه‌گیری:** بنابراین، ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید با مصرف کورکومین، وضعیت گلاسمیک و نیمرخ لیپیدی را در مردان مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا در مقایسه با اثر اصلی تمرین و کورکومین، بیشتر بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی شدید، مکمل ضدالتهابی، مقاومت انسولینی، سندروم متابولیک.

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید

۱. استادیار فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه اردکان- اردکان، ایران.
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای-تهران، ایران.
۳. استادیار فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز- ایران.
(نویسنده مسئول):

f-herdari@tvu.ac.ir

نحوه ارجاع: حسن نقی زاده، فائزه حیدری، جبرئیل پوزش جدیدی. "تأثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف کورکومین بر شاخص‌های گلاسمیک، آدیپونکتین و پروفایل لیپیدی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۲؛ ۱۰(۱): ۵۰-۶۶. صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.28030.1503

DOR: 20.1001.



گلوکز را از طریق تحریک ترشح انسولین پانکراسی در درون بدن تغییر دهد. همچنین نشان داده شده است آدیپونکتین جذب غذا و مصرف انرژی را در طول دوره روزه داری (افزایش مصرف غذا و کاهش مصرف انرژی) و تغذیه مجدد (اثرات متضاد) از طریق اثر بر سیستم عصبی مرکزی تعدیل می‌کند (۴). در افراد چاق مبتلا به دیابت نوع دو بافت‌های حیاتی بدن در معرض آسیب‌های جدی قرار دارند و عمده داروهای شیمیایی که برای درمان دیابت استفاده می‌شوند عوارض جانبی نامطلوبی بر جای می‌گذارند. در این بین گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن برخی ترکیبات خاص از جمله پلی‌فنول‌ها، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند و در سال‌های اخیر به علت مقرون به صرفه بودن و نداشتن عوارض جانبی به عنوان یک رویکرد درمانی در کنار فعالیت‌های بدنی، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (۵۶). کورکومین همان رنگدانه موجود در زردچوبه است که به علت دارا بودن اثرات ضد دیابتی (۶)، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی در درمان عوارض ناشی از دیابت مورد توجه قرار گرفته است (۷). مطالعات آزمایشگاهی و بالینی نشان داده‌اند که تعامل کورکومین با مسیرهای پیام رسانی متعدد، بیان آدیپونکتین در مبتلایان به سندروم متابولیک را افزایش (۵) و مقاومت انسولین، هایپرگلیسمی، هایپرلیپیدمی و سایر علائم التهاب مرتبط با چاقی و بیماری‌های متابولیک را معکوس می‌کند (۶). مطالعات نشان داده‌اند که کورکومین به واسطه ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی خود با تعدیل مقادیر گلوکز و انسولین پلاسما در پیشگیری از دیابت نوع دو و مقاومت انسولینی نقش دارد (۷)؛ ولی نتایج پژوهش‌های مختلف در این زمینه مغایرت دارد (۸،۹). برای سالیان متمادی فرض بر این بود که کورکومین آثار ضد دیابتی‌اش را توسط عمل ضد افزایش قند خون اعمال می‌کند. همسو با این، کورکومین از طریق مکانیسم‌های متعددی که موجب فعال شدن آنزیم‌های گلیکولیتیک، افزایش فعالیت گلوکوکیناز کبدی و محتوای گلیکوژن و تنظیم منفی آنزیم‌های گلوکونئوزیک می‌شوند، گلوکز پلاسما را کاهش می‌دهد. گزارش شده است هدف اصلی کورکومین در تنظیم هموستاز گلوکز هپاتیک، احتمالاً پروتئین کیناز پروتئینی فعال شده با آدنوزین منوفسفات توسط کورکومین باشد (۱۰). بعلاوه، کورکومین توانایی مهار آنزیم‌های مرتبط با دیابت مانند آلفا گلوکوسیداز یک و آلدوز رداکتاز را دارد (۱۱). در مجموع، کورکومین می‌تواند وضعیت گلیسمی مبتلایان به دیابت نوع دو را از طریق سه مکانیسم بهبود بخشد: ۱- موجب افزایش حساسیت گیرنده انسولین از طریق مهار آنزیم پروتئین-تیروزین فسفاتاز یک B^۲ می‌شود؛ ۲- گذرگاه‌های پیام رسانی انسولین را فعال می‌کند؛ ۳- کورکومین با مهار فاکتور هسته‌های کاپا B^۳ (NF-kB) و فاکتور نکروز تومور آلفا^۴ (TNF-α)

مقدمه

بافت چربی بزرگترین منبع انرژی در بدن انسان است. شیوع فزاینده چاقی، چاقی را به یکی از بزرگترین چالش‌های سلامت در دنیا تبدیل کرده است به طوری که امروزه از چاقی به عنوان یک بیماری چند عاملی با اثرات سوء سلامت همراه با پیامدهای زیان‌آور یاد می‌گردد (۱). تغییرات متابولیکی و فیزیولوژیکی در دستگاه‌های بدن بدنبال افزایش بافت چربی، به شکل‌گیری بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی و عروقی، تصلب شریانی، سندروم متابولیک و به ویژه دیابت نوع دو منجر می‌شود. دیابت نوع دو، سندروم متابولیکی است که با مقاومت به انسولین یا اختلال در ترشح انسولین پدیدار می‌شود. (۱). بافت چربی به عنوان یک ارگان درون ریز فعال عمل می‌کند که برخی از مواد تحت عنوان آدیپوکاین‌ها شامل لپتین، آدیپونکتین، ویسفاتین، رزیستین و آمیتین را نیز ترشح می‌کند که در سطوح غدد اتوکراین/ پاراکراین و همچنین غدد اندوکراین عمل می‌کنند. هورمون‌های پیش التهابی تولید شده توسط بافت چربی در ایجاد مقاومت به انسولین، چاقی و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی مشارکت دارند، در حالی که آدیپونکتین و آمیتین به عنوان آدیپوکاین‌های ضد التهابی موجب افزایش حساسیت به انسولین می‌شوند، این در حالی است که در شرایط چاقی و دیابت نوع دو مقادیر آنها کاهش می‌یابد. آدیپونکتین تنها آدیپوکاینی است که رابطه عکس با توده چربی بدن دارد و در تعادل قند خون و چربی خون و در پاتوژنز مقاومت به انسولین و دیابت دخالت دارد (۲). آدیپونکتین از طریق گیرنده‌های خود به نام Adipo R1 و Adipo R2 عمل می‌کند (۳). یافته‌های محققان نشان می‌دهد که چاقی با کاهش بیان گیرنده‌های Adipo R1 و Adipo R2 و سطوح پایین آدیپونکتین مرتبط است (۴). آدیپونکتین به عنوان یک هورمون حساس کننده نسبت به انسولین شناخته شده که با کاهش محتوای تری‌گلیسیرید کبد و عضله، از طریق افزایش فعالیت AMPK^۱ و بیان مولکول‌های مصرف کننده انرژی کار می‌کند. از این رو، این هورمون خواص مشابه ورزش را دارد، چرا که برداشت گلوکز در عضله را افزایش می‌دهد و تولید گلوکز در کبد را سرکوب می‌کند (۴). در تحقیقی ۶۶۱ مرد مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که غلظت پلاسمایی پایین آدیپونکتین با چاقی شکمی، غلظت پایین لیپوپروتئین پرچگال، هیپرتری‌گلیسیریدمی، غلظت بالای گلوکز ناشتا، پرفشاری خون و سندروم متابولیک مرتبط است و همچنین بیان شد که سطوح بالای آدیپونکتین در افراد سالم با اثرات ضد التهابی، آنتی‌آتروژنیک و آنتی‌دیابتیک همراه است (۳). مطالعات نشان داده‌اند که در موش‌های با کمبود آدیپونکتین عدم تحمل گلوکز و مقاومت به انسولین وجود دارد. علاوه بر اثرات مرتبط با حساسیت انسولین ممکن است آدیپونکتین سوخت و ساز

^۲ Nuclear Factor Kappa-Light-Chain-Enhancer of Activated B Cells (NF-kB)

^۳ TNF-α

^۱ AMP-activated protein kinase

^۲ Protein-Tyrosin Phosphatase1B (PTB1B)

متابولیک، بعد از تمرین تناوبی شدید افزایش ۵۰ تا ۶۰ درصدی در برداشت مجدد کلسیم به درون شبکه سارکوپلاسمی مشاهده شده است که دلالت بر بهبود ظرفیت کاری عضله، خستگی دیرتر و آمادگی بعد از تمرین تناوبی شدید است (۱۰). در افراد مبتلا به دیابت، فعالیت بدنی به عنوان یک شیوه درمانی غیروارویی برای افزایش حساسیت گیرنده‌های انسولین و افزایش آدیپونکتین چرخه خون شناخته شده است. نتایج مطالعه باتراکولیس^۹ و همکاران (۲۰۱۹) حاکی از آن است که تمرینات عضلانی تناوبی با شدت بالا باعث بهبود شاخص‌های سندروم متابولیک و افزایش غلظت آدیپونکتین در بزرگسالان چاق غیرفعال می‌گردد (۱۹). جیمز-مالدونادو^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی اثر تمرینات تناوبی با شدت بالا و تمرینات تناوبی سرعتی به این نتیجه دست یافتند که تمرینات تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات تناوبی سرعتی باعث بهبود حساسیت انسولین و آدیپونکتین در بیماران دیابت نوع دو و سندروم متابولیک می‌شود (۱۴). بهرام و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی نشان دادند که شاخص مقاومت به انسولین، انسولین، گلوکز، شاخص‌های ترکیب بدنی به دنبال هشت هفته تمرین تناوبی شدید کاهش و غلظت آدیپونکتین سرم افزایش می‌یابد (۲۰). باسو و لیون^{۱۱} (۲۰۲۰) بیان کردند که مصرف مکمل‌های با خواص آنتی‌اکسیدانی تأثیری بر وضعیت استرس اکسایشی، التهابی و انسولینی افراد دیابتی ندارد (۲۱)، اما دانش‌زاد و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که رابطه مستقیم بین مصرف مواد آنتی‌اکسیدانی و افزایش غلظت آدیپونکتین در زنان چاق وجود دارد (۲۲).

بنابراین آنچه که از مطالب بیان شده بر اساس پیشینه پژوهش حاضر استنباط می‌گردد اهمیت و ضرورت بکارگیری تمرینات بدنی همراه با مصرف گیاهان دارویی با خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی در زمینه ارتقاء سلامتی است. چرا که انجام تمرین تناوبی شدید همراه با مصرف کورکومین به دلیل اثر هم‌افزایی، می‌تواند در ایجاد شرایط مطلوب و سودمند در وضعیت سندروم متابولیکی و پاسخ‌های ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی افراد چاق مبتلا به دیابت نوع دو موثر باشد. همچنین به دلیل وجود نتایج متناقض در برخی تحقیقات نمی‌توان با قاطعیت نتایج را به جوامع هدف تعمیم داد. نکته مهم دیگر که بر ضرورت و اهمیت تحقیق حاضر می‌افزاید خلأ علمی موجود ناشی از نبود مطالعات در زمینه بررسی تأثیر تعاملی و همزمان تمرینات تناوبی شدید و مصرف کورکومین بر آدیپونکتین، هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1C)، شاخص مقاومت به انسولین، گلوکز خون، تری‌گلیسرید، کلسترول تام، LDL و HDL می‌باشد، چرا که با بررسی پیشینه تحقیق و با علم در دسترس ما مطالعه‌ای که در این زمینه صورت گرفته باشد، یافت نشد. لذا تحقیق حاضر با هدف پاسخگویی به این سوال اصلی

و واسطه‌های پایین‌دستی آنها مانند اینترلوکین‌ها، سیکلواکسیژناز^۵ (COX2) و غیره موجب کاهش التهاب، استرس اکسایشی و مقاومت انسولینی می‌شود (۱۲).

بر اساس نتایج بدست آمده در تحقیقات متعدد، تمرینات بدنی به عنوان یک راهبرد مؤثر در پیشگیری و درمان دیابت نوع دو شناخته شده است (۱۳). تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات تناوبی شدید تأثیر به‌سزائی در کاهش وزن چربی اضافه و سندروم متابولیک دارد (۱۴). تمرین تناوبی شدید موجب افزایش اکسیداسیون چربی عضلات اسکلتی و بهبود تحمل گلوکز می‌شود (۱۵). سهم وام اکسیژن^۶ بعد از فعالیت تناوبی شدید، ۱۴ درصد کل هزینه انرژی است که در مقایسه با فعالیت متوسط یکسان (هفت درصد کل هزینه انرژی) بیشتر است. در این راستا، گزارش شده است که تمرین تناوبی شدید با افزایش ظرفیت آمادگی هوازی و بی‌هوازی، مقاومت انسولینی و تجمع چربی به ویژه چربی احشایی را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۱۵). اما نتایج پژوهش‌های مختلف مغایرت دارد (۱۶، ۱۷). به نظر می‌رسد حین تمرین تناوبی شدید کربوهیدرات بیشتر از چربی مصرف می‌شود؛ اما کاهش چربی در اثر تمرین تناوبی شدید با افزایش هزینه انرژی بعد از فعالیت (که با تکرار وهله‌های فعالیت شدید تحریک می‌شود)، ارتباط دارد. مطالعات نشان داده‌اند که میزان اکسیژن مصرفی و هزینه انرژی پس از تمرین تناوبی شدید نسبت به فعالیت استقامتی با شدت کم تا متوسط بیشتر است و بعد از فعالیت، در سطح بالا باقی می‌ماند (۱۸). از طرفی، تمرین تناوبی شدید با کاهش ذخایر آدنوزین منوفسفات، فسفوکراتین و گلیکوژن، موجب فعال شدن AMPK و در نهایت، افزایش (هم فعال‌کننده- یک آلفا گیرنده گاما فعال‌شده با تکثیرکننده پروکسیژوم- PGC-1 α)^۷ می‌شود (۱۵). بنابراین، تمرین تناوبی شدید ظرفیت میتوکندریایی عضله اسکلتی را از طریق تنظیم افزایشی PGC-1 α افزایش می‌دهد. حتی پیشنهاد شده است که تمرین تناوبی شدید در این زمینه مؤثرتر از تمرین‌های تداومی با شدت متوسط عمل می‌کند و هورمون‌های لیپولیتیکی را بیشتر تحریک می‌کند. لذا از دلایل برتری تمرین تناوبی شدید در مقایسه با تمرینات تداومی در افراد چاق و مبتلا به دیابت نوع دو، پیدایش سازگاری‌های مولکولی بهینه و سودمندتر است که شامل: ۱- افزایش محتوای انتقال‌دهنده گلوکز چهار^۸ (Glut4) عضله اسکلتی، حساسیت انسولین محیطی و ظرفیت آنزیم‌های هوازی و آنزیم‌های هگزوکیناز و گلیکوژن سنتتاز در عضله اسکلتی بعد از تمرین تناوبی شدید؛ ۲- بعد از تمرین تناوبی شدید در عضله اسکلتی بیماران متابولیک ظرفیت میتوکندریایی از طریق افزایش فعالیت سیترات سنتاز و محتوای کمپلکس زنجیره انتقال الکترون و نیز PGC-1 α افزایش می‌یابد؛ ۳- در مبتلایان به سندروم

^۸. Glut4^۹. Batrakoulis^{۱۰}. Jimenez-Maldonado^{۱۱}. Basu and Lyons^۵. Cyclooxygenase 2 (COX2)^۶. EPOC^۷. Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma Coactivator 1-Alpha (PGC-1 α)

دوره پژوهش نیز مصرف کنند. با توجه به اهمیت کورسازی که به پژوهشگر این امکان را می‌دهد اثرات عوامل مداخله‌گر بر نتایج تحقیق را کنترل کند. در پژوهش حاضر اقدامات کورسازی عبارت بودند از: ۱. جدا بودن محل تمرین گروه‌های مداخله، ۲. عدم اطلاع گروه‌های مصرف کننده مکمل و دارونما از نوع و محتویات کپسول‌های مصرفی، ۳. اجرای تمرین توسط مربی متخصص ورزشی، ۴. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط متخصص آمار زیستی که اطلاعی از ماهیت داده‌ها نداشت.

یک هفته قبل از شروع پژوهش، آزمودنی‌ها در جلسه توجیهی با تمام مراحل اجرایی تحقیق آشنا شدند. در ادامه فرم رضایتنامه شرکت در پژوهش توسط آزمودنی‌ها تکمیل و امضاء شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که قبل از اجرای آزمون، از خوردن یا نوشیدن داروهای خاص و مصرف مواد غذایی که توسط پزشک و متخصص تغذیه منع شده است، پرهیز نمایند و از استعمال دخانیات، مصرف قهوه، الکل و انجام هرگونه فعالیت بدنی شدید خودداری کنند. اندازه‌گیری متغیرهای وابسته مورد مطالعه در دو مرحله، پیش از آزمون و پس از آخرین جلسه تمرینی صورت گرفت. بدین ترتیب وزن و قد آزمودنی‌ها بعد از هشت ساعت ناشتایی با استفاده از دستگاه ترازوی پزشکی سکا مدل ۷۵۵ ساخت کشور آلمان با دقت ۱۰۰ گرم و مجهز به قدسنج با دقت ۱ میلی متر سنجش شد. شاخص توده بدن از طریق تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) بر مجذور قد (بر حسب متر) محاسبه شد. با استفاده از معادله سه نقطه‌ای جکسون و پولاک (۱۹۷۸)، چگالی بدن محاسبه، سپس مقدار درصد چربی بدن با استفاده از معادله سیری (۱۹۶۱) برآورد شد.

برنامه HIIT (۲۴) بر روی الپتیکال مدل ۸۵۲۰ SEG ساخت کشور تایوان به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته اجرا شد. هفته اول تا چهارم برنامه تمرینی شامل ۱۰ تناوب تمرین و هر تناوب شامل ۳۰ ثانیه HIIT با شدت ۸۰ الی ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره (HRR) و ۹۰ ثانیه استراحت فعال با شدت ۵۰ الی ۵۵ درصد HHR بود. مدت زمان برنامه تمرینی هفته اول تا چهارم ۲۰ دقیقه بود. هفته پنجم تا هشتم برنامه تمرینی شامل ۱۲ تناوب تمرین و هر تناوب شامل ۳۰ ثانیه HIIT با شدت ۸۰ الی ۸۵ درصد HHR و ۹۰ ثانیه استراحت فعال با شدت ۵۰ الی ۵۵ درصد HHR بود. مدت زمان برنامه تمرینی هفته پنجم تا دوازدهم برنامه تمرینی شامل ۱۵ تناوب تمرین و هر تناوب شامل ۳۰ ثانیه HIIT با شدت ۸۰ الی ۸۵ درصد HHR و ۹۰ ثانیه استراحت فعال با شدت ۵۰ الی ۵۵ درصد HHR بود. مدت زمان برنامه تمرینی هفته پنجم تا هشتم ۳۰ دقیقه بود. در آغاز و پایان برنامه تمرینی ۵ دقیقه گرم کردن و سرد کردن بر روی الپتیکال با شدت ۶۰ تا ۶۵ درصد HRR انجام شد. ضربان قلب با استفاده از ضربان‌سنج پلار (Polar) اندازه‌گیری و در ادامه ضربان قلب ذخیره

که آیا اثر تعاملی تمرین تناوبی شدید و مصرف کورکومین بر شاخص‌های گلایسیمیک، آدیپونکتین و پروفایل لیپیدی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا معنی‌دار است؟ به مرحله اجرا درآمد. و امید آن می‌رود که با بهره‌گیری از نتایج حاصله بتوان درجه‌ای نوین از افق‌های علمی کاربردی پیش روی محققان آتی گذاشت.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی به روش نیمه تجربی دوسوکور بود. جامعه آماری شامل مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا بودند. در این مطالعه بر اساس فراخوان داده شده در سطح سازمان‌ها و ادارات شهر یزد از بین ۱۸۶ نفر داوطلب شرکت در تحقیق بر اساس معیارهای ورود به تحقیق تعداد ۱۲۶ نفر شرایط لازم برای ورود به مطالعه را پیدا کردند. در ادامه حجم نمونه با توجه به پژوهش‌های قبلی (۲۳) و بر اساس انحراف معیار، توان آزمون ۸۰ درصد و میزان اطمینان ۹۵ درصد، ۵۱ نفر تعیین شد و با در نظر گرفتن احتمال ریزش آزمودنی‌ها در طول تحقیق، حجم نمونه برابر با ۶۰ نفر در نظر گرفته شد. از این رو، نمونه آماری به تعداد ۶۰ نفر از بین ۱۲۶ نفر حائز شرایط از طریق نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند و به شکل تصادفی در چهار گروه شامل تمرین تناوبی شدید (۱۵ نفر)، تمرین تناوبی شدید همراه با مصرف کورکومین (۱۵ نفر)، مصرف کننده کورکومین (۱۵ نفر) و کنترل-دارونما (۱۵ نفر) قرار گرفتند. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: ابتلا به دیابت نوع دو غیرانسولینی، قند خون ناشتای بیشتر از ۱۳۰ میلی گرم در دسی لیتر، TG بالاتر از ۱۵۰ میلی گرم در دسی لیتر، نداشتن بیماری‌های خاص (روماتیسم مفصلی، قلبی و عروقی، تنفسی، کلیوی، بینایی، التهاب لوزالمعده، مشکلات استخوانی- بررسی از طریق معاینات و آزمایشات تخصصی پزشکی)، عدم سابقه انجام فعالیت بدنی منظم در شش ماه قبل از شروع پژوهش (بررسی از طریق پرسشنامه بین المللی فعالیت بدنی^{۱۲} یا IPAQ)، عدم مصرف دخانیات و مشروبات الکلی، عدم مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و مولتی‌ویتامین، HbA1C بالاتر از ۶/۵ درصد، شاخص توده بدن بالاتر از ۲۹/۹۹ کیلوگرم بر مترمربع و دامنه سنی ۳۰ تا ۴۵ سال. همچنین معیارهای خروج آزمودنی‌ها از پژوهش عبارت بودند از: انجام تمرینات بدنی دیگر در طول ۱۲ هفته پروتکل تمرینی، تغییر در مقدار و نوع دارو مصرفی (متفورمین)، تغییر رژیم غذایی، قند خون ناشتای بیشتر از ۲۰۰ میلی گرم در دسی لیتر، LDL بیشتر از ۱۶۰ میلی گرم در دسی لیتر، غیبت بیش از دو جلسه در برنامه تمرینی، استفاده از انسولین، ابتلا به بیماری‌های خاص و یا سایر بیماری‌های ناتوان کننده یا منع کننده فعالیت‌های بدنی. شایان ذکر است در هفته سوم پژوهش یک نفر از گروه تمرین تناوبی شدید با توجه به معیارهای خروج از پژوهش کنار گذاشته شد. تمام آزمودنی‌ها موظف بودند داروی مصرفی (متفورمین) خود را طبق نظر پزشک متخصص در طول

¹². International physical activity questionnaire

غلظت تری گلیسیرید، کلسترول تام، و HDL به روش رنگ سنجی آنزیمی و با استفاده از کیت‌های شرکت Zellbio آلمان سنجیده شدند. غلظت LDL نیز از طریق فرمول Friedewald-Fredrickson محاسبه شد. $LDL-C = (HDL-C + TG/5)$ - کلسترول تام حساسیت 0.185 ng/ml با دستگاه ELISA plate Reader ساخت شرکت Awareness آمریکا مدل ۲۱۰۰-Staffax به روش الایزا سنجش شد. جهت اندازه‌گیری هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1C) نمونه خون با استفاده از ماده انعقادی EDTA افراد گرفته شده و در طی ۴ ساعت بعد از انجام نمونه‌گیری، هموگلوبین گلیکوزیله به روش کروماتوگرافی سنجیده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در بخش آمار توصیفی داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شدند. نرمال بودن توزیع داده‌ها و تجانس واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و لون تایید شد. برای اطمینان از عدم وجود تفاوت بین گروهی در مورد متغیرهای مورد بررسی در پیش‌آزمون از تحلیل واریانس یک راهه استفاده شد. در ادامه، برای تعیین تاثیر هر یک از متغیرهای مستقل (تمرین، مصرف کورکومین و یا اثر متقابل آنها) بر شاخص‌های مورد نظر، از تحلیل واریانس عاملی (2×2) اندازه‌گیری مکرر استفاده شد که در صورت معنی‌دار شدن اثر هر یک از عوامل در طول زمان و یا اثر تعاملی آنها، در ادامه داده‌های هر گروه در پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از آزمون تی همبسته به طور درون‌گروهی مقایسه شدند. به علاوه، در صورت مشاهده اثر معنی‌دار درون‌گروهی آزمون تی همبسته برای هر متغیر در مورد بیش از یک گروه، مقدار تغییرات ایجاد شده در طول مداخله با استفاده از تحلیل واریانس به طور بین‌گروهی مقایسه شدند. از آزمون تعقیبی توکی برای مقایسات جفتی استفاده شد. تمام تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS26 در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج تحلیل آماری داده‌های به دست آمده در هر چهار گروه در ارتباط با متغیرهای ترکیب بدنی و بیوشیمیایی سنجش شده، همگی دارای توزیع نرمال بودند ($P > 0.05$). مشخصات فردی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها به صورت میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج جدول ۱ حاکی از آن است که در متغیرهای وزن بدن، شاخص توده بدن و درصد چربی بدن بین چهار گروه در مرحله پیش‌آزمون تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($P > 0.05$)، اما در مرحله پس‌آزمون تفاوت بین گروهی وجود داشت ($P < 0.05$)، به طوری که این تفاوت بین گروه HIIT با گروه مصرف کورکومین و کنترل و همچنین بین گروه HIIT همراه با مصرف

با استفاده از فرمول کاروونن و وئورینما (۱۹۸۸) تخمین و بر اساس آن، ضریب قلب هدف تمرین تعیین شد.

بر اساس مطالعات انسانی انجام شده در مورد مصرف کورکومین (۲۵،۲۶)، گروه‌های مصرف کننده کورکومین روزانه ۲۱۰۰ میلی گرم مکمل کورکومین را در قالب سه تا کپسول ۷۰۰ میلی گرمی بعد از سه وعده اصلی غذایی به مدت ۱۲ هفته دریافت کردند. از کپسول کورکومین ۹۵ درصد کارن (ساخت کشور ایران، شرکت کارن و تحت لیسانس کانادا) استفاده شد. کپسول دارونما هم حاوی ۷۰۰ میلی‌گرم آرد نشاسته ذرت در شکل و رنگ و بسته بندی‌های مشابه کپسول کورکومین مهیا گردید که توسط گروه چهارم کنترل-دارونما مصرف شد. در طول پژوهش، به آزمودنی‌ها یادآوری شد از مصرف مکمل‌ها و یا داروهای خاصی که متخصص مربوطه تجویز نکرده است، جداً خودداری کنند. رژیم غذایی آزمودنی‌ها از طریق پرسشنامه ۲۴ ساعت یاد آمد غذایی، ۲۴ ساعت مانده به اولین و آخرین مرحله خونگیری پایش شد و تجزیه و تحلیل اطلاعات با نرم افزار تجزیه و تحلیل مواد غذایی ۴، انجام گرفت که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از لحاظ دریافت درشت مغذی‌ها مشاهده نشد (جدول ۲). در تحقیق حاضر موازین اخلاقی حاکم بر پژوهش از جمله: رضایت آگاهانه، رازداری، رعایت حریم خصوصی شرکت کنندگان، حراست آزمودنی‌ها در برابر فشارها، آسیب‌ها و خطرهای جسمی و روانی و آگاهی از نتیجه رعایت شد.

به منظور ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، ۲۴ ساعت پیش از شروع تمرین و در پس‌آزمون به منظور جلوگیری از اثرات حاد تمرین ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی از همه آزمودنی‌ها در حالت ۱۱ ساعت ناشتایی به مقدار ۱۰ سی سی از سیاه‌رگ بازویی دست چپ در حالت نشسته خونگیری به عمل آمد. نمونه‌های خونی بلافاصله در درون لوله‌های حاوی هپارین ریخته شدند. لوله حاوی هپارین به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس نمونه‌های تهیه شده تا زمان آزمایش‌های مربوط در دمای منفی ۷۰ درجه سانتیگراد فریز شدند.

اندازه‌گیری گلوکز ناشتا به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز (توسط دستگاه اتو آنالیز هیتاچی و معرف پارس آزمون) انجام شد. اندازه‌گیری انسولین با استفاده از کیت انسولین شرکت Monobind Inc با حساسیت $0.75 \mu\text{IU/ml}$ با دستگاه ELISA plate Reader ساخت شرکت Awareness آمریکا مدل ۲۱۰۰-Staffax به روش الایزا صورت گرفت. شاخص مقاومت به انسولین با اندازه‌گیری انسولین و گلوکز ناشتایی و از طریق فرمول زیر سنجیده شد:

$HOMA-IR = \text{نسبت (میلی گرم در صد میلی لیتر) گلوکز} \times \text{نسبت (میلی لیتر) انسولین ناشتا}$
 $4.05 / \text{در میلی لیتر) انسولین ناشتا}$

نتایج جدول ۴ در ارتباط با مقایسه بین گروهی در متغیرهای وابسته اندازه-گیری شده نشان می‌دهد که در تمام متغیرها در بین چهار گروه تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). بر اساس نتایج آزمون توکی محل این تفاوت‌های بین گروهی در جدول ۴ نشان داده شده است.

بحث

پرداختن به تمرینات بدنی و استفاده از گیاهان دارویی از پرکاربردترین شیوه‌های پیشگیری و درمان بیماری‌های متابولیکی به شمار می‌رود. اما در دستیابی به نتایج اثربخش و سودمند طراحی برنامه تمرینی و انتخاب گیاه دارویی، بسیار حائز اهمیت است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر تعاملی ۱۲ هفته HIIT و مکمل یاری کورکومین بر شاخص‌های گلاسمیک، آدیپونکتین و نیمرخ لیپیدی در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا بود.

یافته‌های مطالعه حاضر در ارتباط با شاخص‌های گلاسمیک نشان داد که انجام ۱۲ هفته HIIT با کاهش معنی‌دار گلوکز خون، انسولین، مقاومت به انسولین و HbA1c همراه شد. همچنین ۱۲ هفته مصرف مکمل کورکومین موجب کاهش معنی‌دار گلوکز خون، مقاومت به انسولین و HbA1c شد. از طرف دیگر، اثر ترکیبی و تعاملی HIIT همراه با مصرف مکمل کورکومین بیشترین درصد تغییرات معنی‌دار بر مقادیر گلوکز خون، انسولین، مقاومت به انسولین و HbA1c مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا را به دنبال داشت. همچنین نتایج بین گروهی در تحقیق حاضر حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های گلاسمیک در بین گروه‌های مورد مطالعه بود. نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد هر چند HIIT و کورکومین به تنهایی باعث تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های گلاسمیک شدند، ولی بررسی اندازه اثر و مقایسه درصد تغییرات به دست آمده نشان داد که اثر ترکیبی HIIT و کورکومین در مقایسه با اثر هر کدام به تنهایی، با تغییرات معنی‌دار سودمندتری همراه بود. در رابطه با تأثیر همزمان تمرین تناوبی شدید و مکمل یاری کورکومین بر تغییرات عوامل گلاسمیک مطالعاتی اندکی انجام شده است. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج رستمی و همکاران (۲۰۱۹) (۲۷)، دارمیان و همکاران (۲۰۲۱) (۶) و فخری و همکاران (۲۰۲۰) (۵) همسو، ولی با نتایج مطالعه اکبرزاده و فتاحی بافقی (۲۰۱۸) (۲۸) مغایرت دارد. از جمله دلایل احتمالی نتایج مغایر را می‌توان به نوع آزمودنی، مدت زمان مداخله و میزان مصرف مکمل نسبت داد. سازوکار دقیق اثرگذاری همزمان مکمل یاری کورکومین و تمرین تناوبی شدید مشخص نیست. با وجود این، مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی

کورکومین با گروه مصرف کورکومین و کنترل مشاهده شد. بعلاوه نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد بیشترین درصد تغییرات (کاهش) معنی‌دار درون گروهی در وزن بدن (۵/۷۸ درصد)، BMI (۵/۷۸ درصد) و درصد چربی بدن (۲۰/۶۲ درصد) به گروه HIIT همراه با مصرف کورکومین اختصاص داشت ($P < 0.05$). بیشترین اندازه اثر بر شاخص‌های وزن بدن با ۹۳ درصد، BMI با ۹۳ درصد و درصد چربی بدن با ۸۸ درصد، اندازه اثر HIIT همراه با مصرف کورکومین بود (جدول ۱).

تجزیه و تحلیل انرژی دریافتی گروه‌های مورد مطالعه از نظر درشت مغذی-ها قبل و بعد از مداخله در جدول ۲ ارایه شده است. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از لحاظ دریافت درشت مغذی‌ها در پیش آزمون و پس آزمون وجود نداشت ($P > 0.05$).

تحلیل واریانس عاملی (۲×۲) اندازه‌گیری مکرر در طول مداخله نشان داد که حداقل به ترتیب یکی از اثرات اصلی عامل‌های وضعیت تمرین (تمرین در برابر کنترل) و یا وضعیت مصرف مکمل (کورکومین در برابر دارونما) و یا اثر تعاملی آنها در مورد تمام متغیرهای مورد بررسی شامل گلوکز ناشتا ($p = 0.001$, $p = 0.045$, $p = 0.001$)، انسولین ($p = 0.001$), $p = 0.043$, $p = 0.001$)، HbA1c ($p = 0.001$, $p = 0.037$, $p = 0.021$)، مقاومت به انسولین ($p = 0.012$, $p = 0.034$, $p = 0.001$)، آدیپونکتین ($p = 0.017$), $p = 0.013$, $p = 0.010$)، TC ($p = 0.001$, $p = 0.023$), $p = 0.001$)، TG ($p = 0.013$), $p = 0.012$, $p = 0.001$)، LDL ($p = 0.041$), $p = 0.110$), $p = 0.002$) و HDL ($p = 0.025$), $p = 0.107$, $p = 0.011$) معنی‌دار می‌باشد. بنابراین برای تحلیل بیشتر نیاز به بررسی اثرات درون گروهی توسط آزمون تی همسته وجود داشت که نتایج مقایسه‌های درون گروهی در جدول ۳ ارائه شده است. سپس در مورد هر متغیر با مشاهده اثرات معنی‌دار درون گروهی در مورد بیش از یک گروه، مقدار تغییرات متغیرها در طول دوره مداخله به طور بین گروهی توسط تحلیل واریانس تک راهه مقایسه شدند که نتایج در جدول ۴ ارایه شده است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که ۱۲ هفته HIIT به تنهایی و همچنین همراه با مصرف کورکومین باعث ایجاد تغییرات کاهشی معنی‌دار در تمام شاخص‌های گلاسمیک و نیمرخ لیپیدی و تغییرات افزایشی معنی‌دار در شاخص آدیپونکتین و HDL شده است ($P < 0.05$). همچنین نتایج جدول ۳ گویای آنست که ۱۲ هفته مصرف کورکومین باعث ایجاد تغییرات کاهشی معنی‌دار در شاخص‌های گلوکز، HbA1c، مقاومت به انسولین، TC و TG و تغییرات افزایشی معنی‌دار در شاخص آدیپونکتین شده است ($P < 0.05$). شایان ذکر است که بیشترین درصد تغییرات (کاهش) معنی‌دار در شاخص‌های گلاسمیک و نیمرخ لیپیدی و بیشترین درصد تغییرات (افزایش) معنی‌دار در شاخص آدیپونکتین و HDL به ترتیب به گروه‌های HIIT همراه با مصرف کورکومین، HIIT و مصرف کورکومین اختصاص داشت (جدول ۳).

جدول ۱. مشخصات فردی و ترکیب بدنی گروه‌های مورد مطالعه

Sig	کنترل-دارونما	HIIT + کورکومین	کورکومین	HIIT	گروه	متغیر
۰/۰۹۱	۳۸/۲۰ ± ۳/۸۶	۳۶/۲۱ ± ۳/۳۰	۳۷/۹۳ ± ۴/۰۵	۳۹/۲۸ ± ۳/۵۸	پیش آزمون	سن (سال)
۰/۰۷۵	۱۶۷/۶۶ ± ۵/۴۱	۱۷۰/۲۷ ± ۴/۸۷	۱۷۱/۳۳ ± ۴/۱۶	۱۶۸/۷۸ ± ۵/۳۷	پیش آزمون	قد (سانتی‌متر)
۰/۱۰۴	۸۸/۳۳ ± ۲/۳۴	۹۰/۲۶ ± ۲/۸۱	۸۹/۱۳ ± ۳/۵۴	۸۸/۲۹ ± ۳/۱۷	پیش آزمون	وزن بدن (kg)
۰/۰۰۰۱*	۸۹/۹۳ ± ۳/۱۰	۸۵/۳۳ ± ۲/۵۵	۸۸/۶۷ ± ۳/۳۳	۸۴/۲۶ ± ۲/۹۲	پس آزمون	وزن بدن (kg)
	۰/۶۶	-۵/۷۷۸	-۰/۵۲	-۴/۷۴۵	درصد تغییرات	درصد تغییرات
	---	-۰/۹۳	-۰/۴۷	۰/۸۳	اندازه اثر	اندازه اثر
۰/۲۱۸	۳۱/۸۰ ± ۱/۴۳	۳۱/۱۶ ± ۱/۴۵	۳۰/۳۸ ± ۱/۵۲	۳۱/۰۲ ± ۱/۶۳	پیش آزمون	شاخص توده بدن (kg/m ²)
۰/۰۳۴*	۳۲/۰۱ ± ۱/۵۰	۲۹/۴۵ ± ۱/۲۸	۳۰/۲۲ ± ۱/۴۶	۲۹/۶۴ ± ۱/۵۷	پس آزمون	شاخص توده بدن (kg/m ²)
	۰/۶۶	-۵/۷۷۸	-۰/۵۲	-۴/۷۴۵	درصد تغییرات	درصد تغییرات
	---	-۰/۹۳	-۰/۴۷	۰/۸۳	اندازه اثر	اندازه اثر
۰/۱۱۶	۲۹/۸۰ ± ۲/۰۷	۲۹/۱۳ ± ۲/۴۴	۳۰/۰۰ ± ۱/۹۶	۲۸/۹۳ ± ۲/۷۳	پیش آزمون	چربی بدن (%)
۰/۰۱۱*	۳۰/۱۶ ± ۲/۰۸	۲۴/۲۰ ± ۲/۴۸	۲۹/۷۳ ± ۲/۰۱	۲۵/۰۴ ± ۱/۷۱	پس آزمون	چربی بدن (%)
	۱/۱۸	-۲۰/۷۶۲	-۰/۹۱	-۱۵/۷۶۸	درصد تغییرات	درصد تغییرات
	---	-۰/۸۸	-۰/۴۳	۰/۷۹	اندازه اثر	اندازه اثر

تفاوت معنی‌دار درون گروهی (P<۰/۰۵). * تفاوت معنی‌دار بین گروهی (P<۰/۰۵). داده‌ها بر حسب میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

جدول ۲. تجزیه و تحلیل انرژی دریافتی گروه‌های مورد مطالعه از نظر درشت مغذی‌ها قبل و بعد از مداخله (P>۰/۰۵)

Sig	کنترل-دارونما	HIIT + کورکومین	کورکومین	HIIT	گروه‌ها	درشت مغذی
۰/۲۷۰	۳۵۳/۹۴ ± ۲۶/۴۳	۳۵۵/۲۵ ± ۲۸/۵۴	۳۵۱/۷۵ ± ۲۷/۴۸	۳۵۳/۳۲ ± ۲۶/۱۵	پیش آزمون	کربوهیدرات (گرم در روز)
۰/۱۱۶	۳۵۴/۳۶ ± ۲۶/۱۱	۳۵۷/۲۳ ± ۲۹/۰۵	۳۵۲/۷۰ ± ۲۷/۸۹	۳۵۴/۵۳ ± ۲۷/۰۲	پس آزمون	کربوهیدرات (گرم در روز)
۰/۴۸۰	۸۵/۸۰ ± ۲۲/۳۷	۸۶/۱۲ ± ۲۳/۶۹	۸۵/۲۷ ± ۲۴/۸۹	۸۵/۶۴ ± ۲۳/۷۲	پیش آزمون	چربی (گرم در روز)
۰/۶۲۰	۸۵/۹۱ ± ۲۲/۳۹	۸۶/۶۰ ± ۲۳/۷۶	۸۵/۵۱ ± ۲۵/۰۸	۸۵/۹۵ ± ۲۳/۸۰	پس آزمون	چربی (گرم در روز)
۰/۳۲۱	۹۶/۵۳ ± ۲۷/۱۶	۹۶/۸۸ ± ۲۶/۱۱	۹۵/۹۳ ± ۲۵/۳۰	۹۶/۳۵ ± ۲۸/۵۸	پیش آزمون	پروتئین (گرم در روز)
۰/۱۸۴	۹۶/۶۴ ± ۲۷/۱۹	۹۷/۴۳ ± ۲۶/۸۴	۹۶/۱۹ ± ۲۵/۶۷	۹۶/۶۹ ± ۲۸/۶۶	پس آزمون	پروتئین (گرم در روز)
۰/۱۲۴	۲۵۷۴/۱۶ ± ۹۹/۳۵	۲۵۸۳/۶۲ ± ۹۶/۲۴	۲۵۵۸/۲۰ ± ۱۰۱/۲۴	۲۵۶۹/۲۳ ± ۹۸/۲۶	پیش آزمون	انرژی کل (کیلوکالری)
۰/۱۰۲	۲۵۷۷/۱۷ ± ۱۰۰/۴۱	۲۵۹۸/۰۵ ± ۱۰۲/۴۷	۲۵۶۵/۱۶ ± ۱۰۳/۶۸	۲۵۷۸/۴۳ ± ۱۰۳/۳۸	پس آزمون	انرژی کل (کیلوکالری)

عدم تفاوت معنی‌دار بین گروهی. داده‌ها بر حسب میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو تغییر نکرد (۳۰). رویکرد مولکولی تاثیر HIIT بر شاخص مقاومت به انسولین ممکن است انتقال GLUT4 بالاتر و کاهش گلیکوژن پس از تمرین و عملکرد گشادی عروق باشد. با این وجود، تاثیر HIIT طولانی مدت بر شاخص مقاومت به انسولین ضد و نقیض است (۳۰). مشخص شده است شاخص گلیسمی پایین تر بعد از تمرین تناوبی شدید ناشی از بهبود حساسیت انسولین کبدی است (۲۸). در مطالعات اخیر اثرات HIIT و مصرف کورکومین بر HbA1c و پروفایل لیپیدی در مبتلایان به دیابت نوع دو ارزیابی شده است (۲۹،۳۰). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های تحقیق صداقت و همکاران (۲۰۱۸) (۷) در این بخش همسو است. ویندینگ^۲ و همکاران (۲۰۱۸) (۳۰) بیان کردند HIIT انجام شده بر روی چرخ کارسنج باعث کاهش HbA1c در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شد. اگرچه در مطالعه ویندینگ مکانیسم مولکولی کاهش HbA1c به دنبال HIIT بیان نشده است، اما یک ارتباط قوی بین

منظم می‌تواند به عنوان یک راه درمانی غیر دارویی حساسیت به انسولین بیماران مبتلا به دیابت نوع دو را افزایش دهد (۱). گزارش شده است در افراد مبتلا به دیابت نوع دو غلظت انسولین ناشتا، گلوکز ناشتا، مقاومت به انسولین پس از HIIT طولانی مدت در مقایسه با تمرین هوازی تداومی کمتر بوده است. بر اساس این نتایج، محققان پیشنهاد کردند که انسولین ناشتا پایین تر ناشی از سازگاری در گلوکز در دسترس (بهبود پیام‌رسانی انسولین عضلات اسکلتی) بیشتر از تاثیر بر ترشح انسولین سلول β پانکراس است (۲۸). ژنگ^۱ و همکاران (۲۰۲۰) (۲۹) نیز کاهش گلوکز ناشتا و مقاومت به انسولین را در مبتلایان به دیابت نوع دو به دنبال HIIT گزارش کردند که همسو با نتایج پژوهش حاضر است. محققان دریافتند که تفاوت‌های رفتاری افراد در دریافت انرژی و بیوزن میتوکندری در کاهش مقاومت به انسولین و هموستاز گلوکز پس از HIIT موثرند. از سوی دیگر، گزارش شده است که به دنبال ۳۳ جلسه HIIT بر روی دوچرخه کارسنج غلظت انسولین ناشتا، گلوکز ناشتا،

جدول ۳. نتایج مقایسه درون گروهی شاخص‌های گلایسیمیک، آدیپونکتین و نیمرخ لیپیدی در طول مداخله

². Winding

¹. Zheng



با آزمون تی همبسته

Sig	درصد تغییرات	پس آزمون	پیش آزمون	گروه	متغیر
* / ۰۰۰۱	% -۱۹/۰۰	۱۳۰/۷۳ ± ۱۴/۳۳	۱۵۵/۲۸ ± ۱۵/۷۱	HIIT	گلوکز ناشتا (mg/dl)
* / ۰۰۰۱	% -۳/۲۹	۱۵۱/۷۳ ± ۱۸/۵۵	۱۵۶/۶۷ ± ۱۹/۲۸	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% -۲۸/۴۲	۱۲۱/۳۳ ± ۱۵/۴۰	۱۵۵/۵۳ ± ۱۷/۳۲	HIIT + کور کومین	
۰/۲۳۹	% ۰/۵۵	۱۵۸/۴۰ ± ۱۶/۵۰	۱۵۷/۴۷ ± ۱۶/۱۵	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۱۳	% -۵/۰۱	۷/۷۵ ± ۱/۵۴	۸/۰۶ ± ۱/۳۳	HIIT	انسولین (μU/ml)
۰/۱۰۷	% -۱/۱۹	۸/۹۶ ± ۰/۹۳	۹/۰۸ ± ۱/۰۷	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% -۵/۵۴	۷/۹۹ ± ۱/۲۷	۸/۴۳ ± ۱/۲۸	HIIT + کور کومین	
۰/۰۶۸	% ۱/۰۹	۷/۷۶ ± ۱/۸۴	۷/۶۷ ± ۱/۸۱	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۰۱	% -۵/۷۶	۷/۷۵ ± ۰/۸۱	۸/۱۸ ± ۰/۸۷	HIIT	HbA1C (%)
* / ۰۰۰۱	% -۲/۲۲	۸/۱۳ ± ۰/۵۳	۸/۳۱ ± ۰/۵۷	کور کومین	
* / ۰۰۰۴	% -۷/۳۰	۷/۸۸ ± ۰/۵۳	۸/۴۴ ± ۰/۶۹	HIIT + کور کومین	
۰/۱۰۴	% ۰/۷۱	۸/۰۳ ± ۰/۶۹	۷/۹۷ ± ۰/۶۷	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۰۱	% -۲۴/۹۷	۲/۵۱ ± ۰/۵۸	۳/۱۰ ± ۰/۶۳	HIIT	مقاومت به انسولین
* / ۰۰۰۱	% -۴/۵۲	۳/۳۴ ± ۰/۴۴	۳/۵۰ ± ۰/۵۳	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% -۳۵/۶۶	۲/۴۰ ± ۰/۵۵	۳/۲۵ ± ۰/۷۲	HIIT + کور کومین	
۰/۰۷۱	% ۱/۶۵	۳/۰۱ ± ۰/۷۶	۲/۹۶ ± ۰/۷۲	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۰۱	% ۱۷/۷۷	۱/۶۹ ± ۰/۱۳	۱/۳۸ ± ۰/۰۶	HIIT	آدیپونکتین (ng/ml)
* / ۰۰۰۱	% ۲/۵۸	۱/۴۰ ± ۰/۱۱	۱/۳۶ ± ۰/۱۰	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% ۲۶/۴۴	۱/۹۳ ± ۰/۱۵	۱/۴۱ ± ۰/۰۹	HIIT + کور کومین	
۰/۲۱۱	% -۰/۳۸	۱/۳۶ ± ۰/۱۰	۱/۳۷ ± ۰/۱۱	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۰۴	% -۵/۸۳	۱۴۸/۰۷ ± ۱۰/۰۱	۱۵۶/۵۷ ± ۱۱/۹۵	HIIT	TC (mg/dl)
* / ۰۰۰۵	% -۲/۰۲	۱۵۱/۰۰ ± ۹/۷۹	۱۵۴/۰۷ ± ۱۰/۷۹	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% -۷/۰۱	۱۴۴/۲۳ ± ۷/۳۹	۱۵۴/۴۷ ± ۹/۳۵	HIIT + کور کومین	
۰/۰۹۱	% ۱/۰۲	۱۵۴/۹۳ ± ۱۱/۲۳	۱۵۲/۳۳ ± ۱۱/۰۹	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۰۱	% -۶/۸۲	۱۸۱/۵۷ ± ۲۰/۰۵	۱۹۳/۹۳ ± ۲۲/۱۹	HIIT	TG (mg/dl)
* / ۰۰۰۱	% -۲/۹۱	۱۸۲/۴۰ ± ۲۲/۴۵	۱۸۷/۷۳ ± ۲۳/۵۷	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% -۹/۶۴	۱۷۲/۱۳ ± ۱۸/۵۱	۱۸۸/۵۳ ± ۲۰/۲۷	HIIT + کور کومین	
۰/۱۳۷	% ۰/۷۵	۱۹۴/۳۳ ± ۲۲/۱۰	۱۹۱/۸۰ ± ۲۱/۱۷	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۲۰	% -۶/۵۳	۱۰۳/۵۹ ± ۶/۱۷	۱۱۰/۲۰ ± ۹/۶۶	HIIT	LDL (mg/dl)
۰/۰۶۱	% -۱/۹۳	۱۰۶/۷۷ ± ۷/۵۰	۱۰۸/۸۳ ± ۸/۲۲	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% -۷/۵۵	۱۰۱/۸۷ ± ۴/۱۶	۱۰۹/۶۱ ± ۷/۵۸	HIIT + کور کومین	
۰/۰۶۶	% ۱/۲۳	۱۰۸/۸۱ ± ۱۱/۷۱	۱۰۷/۴۵ ± ۱۱/۵۳	کنترل-دارونما	
* / ۰۰۰۱	% ۶/۹۹	۴۰/۸۶ ± ۶/۴۲	۳۷/۹۳ ± ۵/۵۹	HIIT	HDL (mg/dl)
۰/۰۸۶	% ۰/۶۱	۳۸/۷۳ ± ۴/۴۵	۳۸/۴۶ ± ۴/۲۱	کور کومین	
* / ۰۰۰۱	% ۱۰/۶۵	۴۰/۲۰ ± ۶/۸۷	۳۵/۷۳ ± ۵/۲۶	HIIT + کور کومین	

*: تفاوت معنی دار (P<۰/۰۵). داده‌ها بر حسب میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

جدول ۴. نتایج تحلیل واریانس برای مقایسه بین گروهی مقدار تغییرات متغیرهای مورد بررسی در طول مداخله

مقدار تغییرات متغیرها	نتایج تحلیل واریانس	نتایج آزمون تعقیبی توکی
-----------------------	---------------------	-------------------------

sig	مقایسه در بین	sig	F	در طول مداخله
*۰/۰۰۲	HIIT و کور کومین با HIIT			گلوکز ناشتا (mg/dl)
*۰/۰۰۰۱	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۰۰۱	۱۱۶/۰۵	
*۰/۰۰۰۱	HIIT با کور کومین			انسولین (μU/ml)
۰/۹۹۰	HIIT و کور کومین با HIIT			
۰/۰۶۴	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۰۱	۶/۷۸	
۰/۱۳۷	HIIT با کور کومین			HbA1C (%)
۰/۸۳۳	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۳۱	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۲۱	۸/۰۷	
۰/۲۱۹	HIIT با کور کومین			مقاومت به انسولین
*۰/۰۰۵	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۰۰۱	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۰۰۱	۶۷/۸۰	
*۰/۰۰۰۱	HIIT با کور کومین			آدیپونکتین (ng/ml)
*۰/۰۰۰۱	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۰۰۱	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۰۰۱	۲۱۲/۱۳	
*۰/۰۰۰۱	HIIT با کور کومین			TC (mg/dl)
۰/۸۲۶	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۰۳	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۱۳	۱۴/۶۸	
*۰/۰۳۷	HIIT با کور کومین			TG (mg/dl)
۰/۱۵۶	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۰۰۱	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۰۳	۲۴/۲۰	
*۰/۰۲۳	HIIT با کور کومین			LDL (mg/dl)
۰/۹۵۹	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۳۳	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۲۳	۸/۳۰	
۱۱۹	HIIT با کور کومین			HDL (mg/dl)
۰/۰۶۸	HIIT و کور کومین با HIIT			
*۰/۰۰۰۱	HIIT و کور کومین با کور کومین	*۰/۰۰۱	۲۸/۸۱	
*۰/۰۰۰۱	HIIT با کور کومین			

*: تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$).

می‌دهد که کورکومین دارای پتانسیل درمانی برای مقابله با دیابت و عوارض آن است. نشان داده شده است که دوزهای مصرفی کورکومین تا ۱۲ گرم در روز بی خطر، قابل تحمل و غیر سمی است. بر اساس آزمایشات بالینی، اثربخشی درمانی کورکومین امیدوارکننده به نظر می‌رسد. با ارزیابی تمام داده‌های موجود در ادبیات تحقیق، آزمایش‌های بالینی بیشتری برای ارزیابی اثرات کورکومین و دوز خاص آن بر پیامدهای قند خون، به ویژه در بیماران پیش دیابت و دیابت نوع دو مورد نیاز است.

از دیگر نتایج مطالعه حاضر افزایش معنی‌دار مقادیر آدیپونکتین تحت تأثیر ۱۲ هفته HIIT در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا بود. از طرف دیگر، ۱۲ هفته مصرف کورکومین نیز با افزایش معنی‌دار در مقادیر آدیپونکتین همراه بود. همچنین اثر تعاملی و توأم HIIT و مصرف کورکومین بیشترین تغییر معنی‌دار افزایشی در مقادیر آدیپونکتین را ایجاد کرد. یافته‌های مطالعه حاضر با پژوهش حسینی و همکاران (۲۰۱۷) (۴۰)، دارمیان و همکاران (۲۰۲۲) (۱۳) و چونگسامارن^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۲) (۳۴) همسو است. از سویی یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج مطالعه باطنی و همکاران (۲۰۲۲) (۴۱) ناهمخوان است. احتمالاً دلایل این نتایج ناهمخوان را می‌توان به ویژگی افراد مورد مطالعه (دارای سندروم متابولیک)، نوع و دوز مکمل مصرفی (کورکومین نانو-میسسل، ۸۰ میلی‌گرم) در مطالعه باطنی نسبت داد. بر این اساس به نظر می‌رسد نوع مکمل مصرفی حتی با دوز کمتر (۸۰ میلی‌گرم) تأثیرات معنی‌داری بر مقادیر آدیپونکتین داشته باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که سطوح آدیپونکتین تحت تأثیر شدت تمرین بیشتر قرار می‌گیرد تا حجم تمرین (۲). پس از تمرین تناوبی شدید سطح آدیپونکتین به شدت افزایش پیدا می‌کند که این افزایش تحت تأثیر کاهش درصد چربی بدن قرار دارد. احتمالاً به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش آدیپونکتین در بیماران دیابت نوع دو مطالعه حاضر، کاهش میزان درصد چربی، وزن بدن و شاخص توده بدنی باشد. همچنین در مطالعه چونگسامارن و همکاران (۲۰۱۲) (۳۴) که بر روی ۲۴۰ فرد مبتلا به پیش دیابت انجام شد نتایج نشان داد که افراد تحت درمان با کورکومین (۲۵۰ میلی‌گرم) در مقایسه با گروه دارونما، سطوح آدیپونکتین بالاتر و مقاومت به انسولین کمتری را داشتند. پناهی و همکاران (۲۰۱۶) (۴۲) دریافتند مکمل یاری کورکومین/پیرین (۱۰۰۰ میلی‌گرم کورکومین در روز همراه با ۱۰ میلی‌گرم پیرین در روز) سبب افزایش میزان آدیپونکتین سرمی گردید. مطالعات نشان داده است که شدت مداخله تمرینی و حجم مناسب آن و استفاده از گیاهان دارویی با خواص ضدالتهابی و ضداکسایشی از عوامل اصلی و اثرگذار بر ایجاد تغییرات سودمند در سطوح آدیپونکتین در افراد چاق مبتلا به دیابت نوع

کاهش چربی احشایی و HbA1c را گزارش کردند (۳۱). در مطالعه ویندینگ تغییرات HbA1c با افزایش ظرفیت هوازی (VO2max) همراه بود (۳۰). از آنجایی که افزایش VO2max با تمرینات ورزشی، حداقل تا حدی، با افزایش ظرفیت اکسیداتیو و توده میتوکندری در عضله اسکلتی مرتبط است (۳۲)، ممکن است HbA1c پایین‌تر ناشی از فعالیت میتوکندریایی بالاتر در عضلات اسکلتی باشد (۱۴). در حال حاضر، چندین مطالعه بر روی مدل حیوانی (۳۳) و انسانی (۳۴،۳۵) تحمل و ایمنی کورکومین را نیز در دوزهای بالا (تجویز خوراکی ۱۲ گرم در روز) نشان داده‌اند. لو و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که مکمل کورکومین به میزان زیاد (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌تواند عدم تحمل گلوکز و انسولین را از طریق فعال کردن مسیر AMPK در موش‌های دیابتی باردار بهبود بخشد (۳۶). با توجه به استفاده از کورکومین در پیشگیری و درمان دیابت نوع دو، محمد و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه مروری بر روی مواد فعال زیستی مشتق شده از ادویه‌جات دریافتند که برخلاف اکثر ادویه‌جات، کورکومین پتانسیل کاهش قند خون (هیپوگلیسمی) را دارد (۳۷). در این راستا، در مطالعه ای ۲۴۰ فرد مبتلا به پیش دیابت روزانه مقدار ۲۵۰ میلی‌گرم کورکومینوئید یا دارونما را به مدت ۹ ماه دریافت کردند؛ نتایج نشان داد که ۱۶/۴ درصد از افراد در گروه دارونما مبتلا به دیابت نوع دو تشخیص داده شدند، در حالی که در گروه تحت درمان با کورکومین، دیابت ایجاد نشد. علاوه بر این، در گروه مورد مطالعه، بهبودی کمتری در عملکرد کلی سلول‌های β با پپتید C و HOMA- β بالاتری (ارزیابی مدل هموستاز)، گزارش شد (۳۴).

کورکومین با تأثیر بر سه فرآیند، حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشد. اولاً، کورکومین با تحریک فعالیت گلوکوکیناز در کبد، هموستاز گلوکز را بهبود می‌بخشد. ثانیاً، با افزایش فعالیت لیپوپروتئین لیپاز برای کاهش تری‌گلیسرید، متابولیسم لیپید را ایجاد می‌کند. ثالثاً، کورکومین با بیان انتقال دهنده گلوکز-۴ (GLUT4) برای افزایش جذب گلوکز محیطی، به طور مستقل بر مسیر انسولین تأثیر می‌گذارد (۳۸). علاوه بر این، کورکومین باعث کاهش عامل نکروز تومور آلفا (TNF- α)، اسید چرب آزاد پلاسما و سطح مواد واکنش دهنده اسید تیوباریتوریک (TBARS) و همچنین فعالیت سوربیتول دهیدروژناز می‌شود (۳۹). به نظر می‌رسد PPAR- γ فعال کننده کورکومین اثر ترکیبی خوبی را ایجاد می‌کند که باعث بهبود ترشح انسولین، متابولیسم لیپیدها و بیان گیرنده‌های اسید چرب آزاد می‌شود. بنابراین، تمامی مکانیسم‌های ذکر شده، احتمالاً سبب کاهش گلوکز و لیپید در نمونه‌های انسانی می‌گردد. مطالعات متعدد *in vitro* و *in vivo* شواهد قوی برای بررسی اثر کورکومین در برابر دیابت نوع دو ارائه کرده‌اند. داده‌های گزارش شده در این بررسی‌ها نشان

15. Chuengsamarn

کورکومین در برنامه‌های تمرینی خود در جهت بهبود ارتقاء وضعیت سلامتی و تندرستی خود به عنوان یک راهکار درمانی غیردارویی قرار دهند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه شرکت کنندگانی که در انجام این پژوهش نویسندگان را در جهت دستیابی به نتایج سودمند و کاربردی یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله، هیچگونه تضاد منافی با انتشار این مقاله ندارند.

Reference

1. Samudera WS, Efendi F, Indarwati R. Effect of community and peer support based healthy lifestyle program (CP-HELP) on self care behavior and fasting blood glucose in patient with type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2021;20(1):193-9.
2. Kao H-H, Hsu H-S, Wu T-H, Chiang H-F, Huang H-Y, Wang H-J, et al. Effects of a single bout of short-duration high-intensity and long-duration low-intensity exercise on insulin resistance and adiponectin/leptin ratio. *Obesity Research & Clinical Practice*. 2021;15(1):58-63
3. Sokolovska J, Ostrovska K, Pahirko L, Varblane G, Krilatiha K, Cirulnieks A, et al. Impact of interval walking training managed through smart mobile devices on albuminuria and leptin/adiponectin ratio in patients with type 2 diabetes. *Physiological reports*. 2020;8(13):e14506.
4. Jimenez-Maldonado A, Virgen-Ortiz A, Lemus M, Castro-Rodríguez E, Cerna-Cortés J, Muñoz J, et al. Effects of moderate-and high-intensity chronic exercise on the adiponectin levels in slow-twitch and fast-twitch muscles in rats. *Medicina*. 2019;55(6):291.
5. Fakhri F, Shakeryan S, Fakhri S, Alizadeh A. The effect of 6 weeks of high intensity interval training (HIIT) with nano-curcumin supplementation on factors related to cardiovascular disease in inactive overweight girls. *KAUMS Journal (FEYZ)*. 2020;24(2):181-9. [In presian]
6. Darmian MA, Hoseini R, Amiri E, Golshani S. How Combined and Separate Aerobic Training and

دو است و احتمالاً این موضوع یکی از دلایل توجیه کننده نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر باشد.

در بخش دیگر پژوهش، یافته‌ها در ارتباط با نیمرخ لیپیدی حاکی از آن بود که به دنبال ۱۲ هفته HIIT مقادیر TC، TG و LDL به طور معنی دار کاهش یافتند و HDL افزایش معنی‌دار داشت. اثر ۱۲ هفته مصرف مکمل کورکومین بر TC و TG معنی‌دار شد. اما در ارتباط با اثر تعاملی ۱۲ هفته HIIT و مصرف کورکومین بر نیمرخ لیپیدی، باید بیان داشت که بیشترین اندازه اثر و درصد تغییرات معنی‌دار کاهشی بر مقادیر TC، TG و LDL و بیشترین اندازه اثر و درصد تغییرات معنی‌دار افزایشی بر مقادیر HDL اثر توأم HIIT همراه با مصرف کورکومین بود. نراتی و همکاران (۲۰۱۴) (۴۳) گزارش کردند که مکمل یاری کورکومین (۴۷۵ میلی‌گرم) برای یک دوره ۱۰ روزه باعث کاهش هیپرگلیسمی و چربی خون در افراد مبتلا به دیابت نوع دو تحت درمان با گلیبورید گردید. LDL، vLDL و TG به طور قابل توجهی کاهش یافت و HDL افزایش نشان داد. نا^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعه بر روی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو دارای اضافه وزن و چاق نشان دادند که مکمل یاری کورکومین (۳۰۰ میلی‌گرم به مدت ۳ ماه) سبب کاهش معنی‌دار قند خون ناشتا، مقاومت به انسولین و HbA1c شد، TG سرم و اسیدهای چرب آزاد کاهش معنی‌دار (FFAs) داشتند و فعالیت لیپوپروتئین لیپاز بهبود یافت. آنها بیان کردند که اثر کورکومین بر هیپوگلیسمی تا حدی به دلیل کاهش FFA سرم است که ممکن است ناشی از اکسیداسیون و استفاده از اسیدهای چرب آزاد باشد (۴۴،۴۵). مطالعه حاضر هم به مانند تحقیقات دیگر مستثنی از محدودیت نیست. مهم‌ترین محدودیت پژوهش حاضر عدم اعمال محدودیت کالری مصرفی بود. چرا که از عوامل اصلی ایجاد تغییر در سطوح سرمی شاخص‌های گلیسمیک و سندروم متابولیک در مبتلایان به دیابت نوع دو با چربی خون بالا، محدودیت کالری دریافتی است. لذا، پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی محدودیت فوق اعمال گردد تا با درصد اطمینان بالاتر نتایج را به جوامع هدف تعمیم داد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد ۱۲ هفته HIIT و مکمل کورکومین به تنهایی با ایجاد تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های گلیسمیک، آدیپونکتین و نیمرخ لیپیدی مردان مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا همراه است. از طرف دیگر، با توجه به اینکه اثر تعاملی HIIT همراه با مصرف مکمل کورکومین بیشترین درصد تغییرات سودمند و معنی‌دار را بر شاخص‌های گلیسمیک، آدیپونکتین و نیمرخ لیپیدی داشت، می‌توان پیشنهاد کرد که مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو با چربی خون بالا انجام HIIT را همراه با مصرف

syndrome: A pilot study. *PLoS One*. 2015;10(9): e0138793.

17. Skleryk JR, Karagounis LG, Hawley JA, Sharman MJ, Laursen PB, et al. Two weeks of reduced-volume sprint interval or traditional exercise training does not improve metabolic functioning in sedentary obese men. *Diabetes, Obes. Metab.* 2013; 15:1146-53

18. Zhang H, Tong TK, Qiu W, Wang J, Nie J, He Y. Effect of high intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight chinese women. *Kinesiology*. 2015;47(1):57-66.

19. Batrakoulis A, Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Draganidis D, Georgakouli K, Papanikolaou K, et al. Dose-response effects of high-intensity interval neuromuscular exercise training on weight loss, performance, health and quality of life in inactive obese adults: Study rationale, design and methods of the DoIT trial. *Contemporary clinical trials communications*. 2019;15:100386.

20. Bahram ME, Pourrahim Ghouroghch A, Pourvaghar MJ, Ghyiami Taklimi H. Effect of 8-weeks High Intensity Interval Training on Adiponectin Plasma Level, Insulin, Insulin Resistance and Glucose in Overweight Young Men. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2021;12(4):141-51. [In presian]

21. Basu A, Lyons TJ. Antioxidants, oxidative stress, and preeclampsia in diabetes. *Diabetes: Elsevier*; 2020. p. 151-9.

22. Daneshzad E, Farsad-Naeimi A, Heshmati J, Mirzaei K, Maghbooli Z, Keshavarz S-A. The association between dietary antioxidants and adipokines level among obese women. *Diabetes & Metabolic Syndrome. Clinical Research & Reviews*. 2019;13(2):1369-73.

23. Khadem Haghghian H, Farsad Naimi A, Pourghassem Gargari B, Ali-Asgharzadeh A, Nemati A. Effect of cinnamon supplementation on blood glucose and lipid levels in type-2 diabetic patients. *Arch Adv Biosci*. 2011;2(1):1-5.

24. 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. doi: 10.52547/joeppa.15.4.67. [In presian]

25. Bengmark S, Mesa MD, Gil A. Plant-derived health-the effects of turmeric and curcuminoids. *Nutricion hospitalaria*. 2009;24(3):273-81.

26. Khajehdehi P, Zanjanejad B, Aflaki E, Nazarinia M, Azad F, Malekmakan L, et al. Oral supplementation of turmeric decreases proteinuria,

Turmeric Supplementation Alter Lipid Profile and Glycemic Status? A Clinical Trial in Middle-Aged Females with Type 2 Diabetes and Hyperlipidemia. *International Cardiovascular Research Journal*. 2021;15(3):111-118.

7. Sedaghat H, Fattahi Bafghi A, Emami A. The effect of combined exercise training course with curcumin supplementation on lipid profiles of inactive middle-aged men. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*. 2018;10(2):61-6.

8. Wickenberg J, Ingemansson S. L, Hlebowicz J. Effects of *Curcuma longa* (turmeric) on postprandial plasma glucose and insulin in healthy subjects. *Nutr J*. 2010;9(43):1-5.

9. Shao W, Yu Z, Chiang Y, Yang Y, Chai T, Foltz W, Lu H, Fantus I. G, Jin T. Curcumin prevents high fat diet induced insulin resistance and obesity via attenuating lipogenesis in liver and inflammatory pathway in adipocytes. *PLoS One*. 2012;7(1): e28784

10. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell M I. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*. 2017;60: 7–23.

11. He Y, Yue Y, Zheng X, Zhang K, Chen S, Du Z. Curcumin, inflammation, and chronic diseases: How are they linked? *Molecules*. 2015;20(5):9183-213.

12. Jimenez-Osorio AS, Monroy A, Alavez S. Curcumin and insulin resistance Molecular targets and clinical evidences. *BioFactors*. 2016;42(6):561-80.

13. Darmian MA, Hoseini R, Amiri E, Golshani S. Downregulated hs-CRP and MAD, upregulated GSH and TAC, and improved metabolic status following combined exercise and turmeric supplementation: a clinical trial in middle-aged women with hyperlipidemic type 2 diabetes. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2022:1-9.

14. Jimenez-Maldonado A, García-Suárez PC, Rentería I, Moncada-Jiménez J, Plaisance EP. Impact of high-intensity interval training and sprint interval training on peripheral markers of glycemic control in metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*. 2020;1866(8):165820.

15. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011; 2011: 1-10.

16. Almenning I, Rieber-Mohn A, Lundgren KM, Shetelig Lovvik T, Garnæs K, Moholdt T. Effects of high intensity interval training and strength training on metabolic, cardiovascular and hormonal outcomes in women with polycystic ovary

37. Mohammed A, Islam MS. Spice-derived bioactive ingredients: potential agents or food adjuvant in the management of diabetes mellitus. *Frontiers in pharmacology*. 2018;9:893.
38. 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.
39. Marton LT, Pescinini-e-Salzedas LM, Camargo MEC, Barbalho SM, Haber JFds, Sinatora RV, et al. The effects of curcumin on diabetes mellitus: a systematic review. *Frontiers in Endocrinology*. 2021;12:669448.
40. Hosseini M, Eftekhari B, Riyahi Malayeri S. Effect of interval training with curcumin consumption on some adipokines in menopausal obese rats. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2017;16(6):505-16. [In presian]
41. Bateni Z, Behrouz V, Rahimi HR, Hedayati M, Afsharian S, Sohrab G. Effects of nano-curcumin supplementation on oxidative stress, systemic inflammation, adiponectin, and NF-κB in patients with metabolic syndrome: A randomized, double-blind clinical trial. *Journal of Herbal Medicine*. 2022;31:100531
42. Panahi Y, Hosseini MS, Khalili N, Naimi E, Soflaei SS, Majeed M, et al. Effects of supplementation with curcumin on serum adipokine concentrations: a randomized controlled trial. *Nutrition*. 2016;32(10):1116-22
43. Neerati P, Devde R, Gangi AK. Evaluation of the effect of curcumin capsules on glyburide therapy in patients with type-2 diabetes mellitus. *Phytotherapy Research*. 2014;28(12):1796-800.
44. Na LX, Li Y, Pan HZ, Zhou XL, Sun DJ, Meng M, et al. Curcuminoids exert glucose-lowering effect in type 2 diabetes by decreasing serum free fatty acids: A double-blind, placebo-controlled trial. *Molecular nutrition & food research*. 2013;57(9):1569-77.
45. Aghapoor A, Ahmadizad S, Basami M, Dolataabadi P. The Effects of different protocols of isocaloric interval and continuous endurance exercise on fat metabolism. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022; 9(2): 61-71. [In presian].
- hematuria, and systolic blood pressure in patients suffering from relapsing or refractory lupus nephritis: a randomized and placebo-controlled study. *Journal of Renal Nutrition*. 2012;22(1):50-7.
27. Rostami Hashjin Z, Amirsasan R, Nikookheslat S, Sari-Sarraf V. Effect of High Intensity Interval Training with Turmeric Supplementation on Visceral Fat, Subcutaneous Abdominal Fat and Insulin Resistance in Obese Females. *Sport Physiology*. 2019;11(43):55-74. [In presian]
28. Serrablo-Torrejon I, Lopez-Valenciano A, Ayuso M, Horton E, Mayo X, Medina-Gomez G, et al. High intensity interval training exercise-induced physiological changes and their potential influence on metabolic syndrome clinical biomarkers: a meta-analysis. *BMC Endocrine Disorders*. 2020;20(1):1-12.
29. Zheng L, Rao Z, Guo Y, Chen P, Xiao W. High-intensity interval training restores glycolipid metabolism and mitochondrial function in skeletal muscle of mice with type 2 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*. 2020;11.
30. Winding KM, Munch GW, Iepsen UW, Van Hall G, Pedersen BK, Mortensen SP. The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2018;20(5):1131-9.
31. Maillard F, Rousset S, Pereira B, Traore A, Del Amaze PdP, Boirie Y, et al. High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes & metabolism*. 2016;42(6):433-41.
32. Li J, Li Y, Atakan MM, Kuang J, Hu Y, Bishop DJ, et al. The molecular adaptive responses of skeletal muscle to high-intensity exercise/training and hypoxia. *Antioxidants*. 2020;9(8):656
33. Lao CD, Ruffin MT, Normolle D, Heath DD, Murray SI, Bailey JM, et al. Dose escalation of a curcuminoid formulation. *BMC complementary and alternative medicine*. 2006;6(10):4-1.
34. 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.
35. Pivari F, Mingione A, Brasacchio C, Soldati L. Curcumin and type 2 diabetes mellitus: prevention and treatment. *Nutrients*. 2019;11(8):1837.
36. Lu X, Wu F, Jiang M, Sun X, Tian G. Curcumin ameliorates gestational diabetes in mice partly through activating AMPK. *Pharmaceutical biology*. 2019;57(1):250-4.