Hakim Sabzevari University

Journal of Sport in Biomotor Sciences

Homepage:http://sbs.hsu.ac.ir

P- ISSN: 2228-723X
E- ISSN: 3041-959X

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

The effect of 8 weeks of HIIT training and Curcumin supplementation on Adiponectin levels and insulin resistance in obese women with type 2 diabetes

***Solmaz Babaei*[1*], *Morteza fattahpour Marandi*[2]**

1. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, University of Maragheh, Maragheh, Iran. s.babaei@maragheh.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, University of Maragheh, Maragheh, Iran. m.fattahpour66@gmail.com

Article Information

Article type: Research Article

Vol: 16
No: 31
P: 23-34
Received: 2024-01-16
Revised: 2024-03-10
Accepted: 2024-04-16

Cite this Article:

Babaei Solmaz, fattahpour Marandi Morteza. The effect of 8 weeks of HIIT training and Curcumin supplementation on Adiponectin levels and insulin resistance in obese women with type 2 diabetes. *Journal of Sport and Biomotor Sciences*. 2024;16(31):23-34. doi: 10.22034/sbs.2024.436071.1081

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)

10.22034/sbs.2024.436071.1081

Abstract

Introduction and Purpose: Adipokines play an important role in complications related to type 2 diabetes and regulate many vital actions that play an important role in the pathophysiology of insulin resistance, diabetes, sweat endothelial disorders and inflammation. A drug with anti-inflammatory properties is also one of the most widely used methods to reduce the complications of type 2 diabetes, the aim of this research was to investigate the effect of 8 weeks of HIIT training and curcumin supplementation on adiponectin levels and insulin resistance in obese women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: The present study was a semi-experimental study. 40 people were randomly selected among 60 women with type 2 diabetes with an average age of 36.5±0.13 and an average weight of 89.6±3.53 kg, living in Urmia city. Participants in the study were randomly divided into two homogenous groups of 20 including: the placebo supplement training group and the placebo training group. Exercise intervention three sessions a week and daily curcumin consumption of 2100 mg in three 700 mg meals was performed for 8 weeks. Biochemical and body composition indicators were measured before and after exercise. Blood samples were collected during two stages (pre-test and post-test) to measure biochemical variables. The data were analyzed using the analysis of covariance test of SPSS20 software and at a significance level of 0.05.

Results: In the exercise group + curcumin supplement, the interactive effect of curcumin and intense intermittent exercise increased adiponectin (P=0.001), decreased insulin resistance (P=0.001), decreased insulin (P=0.001), and significantly decreased glucose (P=0.002). (P=0) while in the exercise+placebo group, these changes were not significant.

Discussion and Conclusion: The current research shows that performing intense intermittent exercises along with curcumin as a non-invasive method can have a positive and important effect on increasing adiponectin and reducing insulin resistance in patients with type 2 diabetes.

Key Words: intense interval training, curcumin supplement, adiponectin, insulin resistance, obese women

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

Diabetes is a costly endocrine disease with a rapidly increasing prevalence worldwide. Projections indicate that it will affect 642 million people by 2040. Effective management of diabetes is crucial for global health. Metabolic changes associated with increased adipose tissue contribute to cardiovascular diseases and type 2 diabetes. Type 2 diabetes is a metabolic syndrome characterized by insulin resistance or impaired insulin secretion. Adipokines, including adiponectin, play a significant role in the complications related to type 2 diabetes. Adiponectin acts through its receptors (Adipo R1 and Adipo R2). Obesity is often associated with decreased expression of these receptors and lower adiponectin levels, leading to reduced triglyceride accumulation in the liver and adipose tissue. Exercise training is an effective treatment method for improving adipocyte metabolism, insulin sensitivity, and reducing fat accumulation. It can prevent subsequent weight gain, improve lipid profiles, and decrease the incidence of cardiovascular diseases. Numerous studies emphasize the importance of daily exercise for individuals with type 2 diabetes. Exercise and physical activity in diabetic patients can induce beneficial adaptations in adipose tissue and skeletal muscle, resulting in increased transporter protein GLUT4, decreased blood glucose levels, and improved insulin sensitivity. Curcumin, a natural polyphenol found in Curcuma longa, has demonstrated antioxidant and anti-diabetic properties, leading to weight loss and blood sugar reduction. Curcumin's anti-inflammatory mechanism of action is primarily attributed to its influence on inflammatory signaling pathways. This compound can inhibit the activity of inflammatory proteins, thereby reducing the production of inflammatory cytokines. Additionally, curcumin acts as a potent antioxidant, mitigating oxidative stress, a primary contributor to inflammation within the body. Consequently, as a natural compound with anti-inflammatory properties, curcumin can effectively manage and treat inflammatory conditions, improving patients' quality of life. High-intensity interval training (HIIT) is a time-efficient exercise alternative that can improve glucose levels and address diabetes-related complications. However, the combined effects of HIIT and curcumin supplementation on anti-inflammatory agents like adiponectin and insulin resistance in diabetic patients have not been fully investigated. Therefore, this study aimed to clarify the simultaneous effects of HIIT and curcumin supplementation on these factors in the context of diabetes.

2. Materials and Methods

This quasi-experimental study with a pre-test-post-test design involved obese women with type 2 diabetes aged 35-40. Forty participants were randomly divided into two groups: exercise + supplement (20 people) and exercise + placebo (20 people). The exercise program consisted of eight weeks of gym-based training, including long and moderate aerobic continuous and intermittent exercises with an intensity of 50-80% of the reserve heart rate. From the fourth to the eighth week, intense interval training involving running and walking was performed. Warm-up and cool-down sessions were included. The exercise + supplement group also received 2100 mg of curcumin supplement daily in the form of three 700 mg capsules for eight weeks. A placebo capsule was administered to the exercise + placebo group. Fasting glucose was measured using the glucose oxidase enzyme method. Serum insulin and adiponectin were measured using ELISA kits. Insulin resistance (HOMA) was calculated using the formula: HOMA-IR = (fasting glucose (mg/dl) × fasting insulin (mu/l))/405.

3. Results

In the exercise + curcumin supplement group, the combined effect of curcumin and intense intermittent exercise significantly increased adiponectin (P=0.001), decreased insulin resistance (P=0.001), insulin (P=0.001), and glucose (P=0.001). In contrast, these changes were not significant in the exercise + placebo group.

4. Conclusions

The present study demonstrated that eight weeks of intense intermittent exercise combined with curcumin supplementation reduced weight, blood glucose, insulin, and insulin resistance in women with type 2 diabetes. The molecular mechanism underlying the effect of intense interval training on insulin resistance may involve increased GLUT-4 transport, post-exercise glycogen reduction, and vasodilator function. HIIT has been shown to improve hepatic insulin sensitivity, leading to a lower glycemic index. Intense intermittent exercises combined with curcumin, a non-invasive approach, can positively impact adiponectin and insulin resistance in patients with type 2 diabetes.

5. Acknowledgment & Funding

Authors are thankful to all interview participants for supporting this research.

6. Ethical Consideration

This research was approved by the ethics committee with the ethical code of 750.1399 IR-SSRI.REC.

7. Contribution of authors

All authors have been actively participated in the process the study and writing the article.

8. Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ورزش و علوم زیست حرکتی

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

دانشگاه حکیم سبزواری

تاثیر ۸ هفته تمرین HIIT و مکمل یاری کورکومین بر میزان آدیپونکتین و مقاومت انسولینی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲

سولماز بابایی[۱*]، مرتضی فتاح پور مرندی[۲]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. s.babaei@maragheh.ac.ir

۲. استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. m.fattahpour66@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

دوره: ۱۶

شماره: ۳۱

صفحه: ۳۴-۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۸

نحوه ارجاع به این مقاله:

بابایی سولماز ، فتاح‌پور مرندی مرتضی. تاثیر ۸ هفته تمرین HIIT و مکمل یاری کورکومین بر میزان آدیپونکتین و مقاومت انسولینی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲. نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی.۱۴۰۳؛۱۶(۳۱): ۳۴-۲۳.
doi: 10.22034/sbs.2024.436071.1081

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

© نویسنده(گان).

10.22034/sbs.2024.436071.1081

چکیده

مقدمه و هدف: آدیپوکین‌ها اعمال حیاتی زیادی را تنظیم می‌کنند و نقش مهمی در پاتوفیزیولوژی مقاومت به انسولین، دیابت، اختلال در اندوتلیال عروقی و التهاب ایفا می‌کنند. فعالیت‌بدنی و مصرف گیاهان دارویی با خواص ضدالتهابی نیز یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای کاهش عوارض دیابت نوع دو است. از این رو هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین HIIT و مکمل یاری کورکومین بر میزان آدیپونکتین و مقاومت انسولینی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع مطالعه شبه‌جربی بود که به صورت تصادفی ۴۰ نفر از بین ۶۰ نفر از زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ با میانگین سنی ۰/۱۳±۳۶/۵ و میانگین وزنی ۳/۵۳±۸۹/۶ کیلوگرم، ساکن شهرستان ارومیه در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انتخاب شدند. مشارکت کنندگان در مطالعه به صورت تصادفی ساده و در دو گروه همگن ۲۰ نفری شامل: گروه تمرین مکمل و گروه تمرین دارونما تقسیم شدند. مداخله تمرینی سه جلسه در هفته و مصرف کورکومین روزانه ۲۱۰۰ میلی‌گرم در سه وعده ۷۰۰ میلی‌گرمی به مدت ۸ هفته انجام شد. قبل و بعد از تمرین شاخص‌های بیوشیمیایی و ترکیب‌بدنی اندازه‌گیری شد. نمونه‌های خونی در طی دو مرحله (پیش و پس‌آزمون) برای اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی جمع‌آوری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ بررسی گردید.

یافته‌ها: در گروه تمرین+ مکمل کورکومین، اثر تعاملی کورکومین و تمرین تناوبی شدید موجب افزایش آدیپونکتین (P=۰/۰۰۱)، کاهش مقاومت انسولینی (P=۰/۰۰۱)، کاهش انسولین (P=۰/۰۰۱)، و کاهش معنی‌دار گلوکز (P=۰/۰۰۲) شد، در حالیکه در گروه تمرین+دارونما این تغییرات معنی دار نبود.

بحث و نتیجه‌گیری: تحقیق حاضر نشان می‌دهد که انجام تمرینات تناوبی شدید به همراه مصرف کورکومین به عنوان یک روش غیرتهاجمی می‌تواند اثر مثبت و مهمی بر افزایش آدیپونکتین و کاهش مقاومت انسولینی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی شدید، مکمل کورکومین، آدیپونکتین، مقاومت انسولینی، زنان چاق

مقدمه

بیماری دیابت امروزه به عنوان یکی از پرهزینه‌ترین بیماری‌های غدد درون ریز در سراسر جهان شناخته شده است و شیوع آن به طور چشمگیری رو به افزایش است (۱). به‌طوری‌که پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۴۰ به ۶۴۲ میلیون نفر افزایش یابد بنابراین برای کنترل بیماری دیابت، مدیریت کردن آن، همگام با جامعه‌ی جهانی کاملا ضروری است (۲). بافت چربی به عنوان بزرگترین منبع انرژی در بدن انسان به عنوان یکی از چالش‌های سلامت در دنیا تبدیل شده است به‌طوری که چاقی به عنوان یک بیماری چندعاملی با اثرات سوء سلامت شناخته شده است (۳). تغییرات متابولیکی در بدن به دنبال افزایش بافت چربی باعث به وجود آمدن بیماری‌های قلبی و عروقی و بیماری دیابت نوع ۲ می‌شود، دیابت نوع ۲، سندرم متابولیکی است که با مقاومت به انسولین یا اختلال در ترشح انسولین پدیدار می‌شود (۳). همچنین مطالعات نشان می‌دهد آدیپوکین‌ها نقش مهمی در عوارض مربوط به دیابت نوع ۲ دارد (۴). آدیپوکین‌ها اعمال حیاتی زیادی را تنظیم می‌کنند و نقش مهمی در پاتوفیزیولوژی مقاومت به انسولین، دیابت، اختلال در اندوتلیال عروقی و التهاب ایفا می‌کنند (۵) و لپتین[1]، آدیپونکتین[2]، ویسفاتین[3]، رزیستین[4] و امنتین[5] را ترشح می‌کنند که در سطوح غدد اتوکرین/ پاراکرین و غدد اندوکرین عمل می‌کنند، همچنین به عنوان یک آدیپوکاین ضدالتهابی باعث افزایش حساسیت به انسولین می‌شوند، این در حالی است که، در چاقی و دیابت نوع ۲ مقادیر آن کاهش می‌یابد. آدیپونکتین، آدیپوکاینی است که رابطه‌ی معکوسی با توده چربی بدن دارد و در تعادل قند خون، چربی خون و دیابت دخالت دارد (۶).

آدیپونکتین از طریق گیرنده‌های خود (Adipo R1 و Adipo R2) عمل می‌کند که چاقی با کاهش بیان این گیرنده‌ها و سطح پایین آدیپونکتین مرتبط است (۷) و منجر به کاهش انباشت تری گلیسرید در کبد و بافت چربی و بهبود عمل انسولین می‌شود که از طریق افزایش اکسیداسیون درون سلولی چربی اتفاق می‌افتد (۸). تزریق آدیپونکتین میزان گلوکز خون را بدون تحریک ترشح انسولین در موش‌های سالم و موش‌های دیابتی، کاهش می‌دهد که نشان دهنده‌ی اثرات متابولیکی ضددیابتی آن می‌باشد. بر همین اساس، جایگزین آدیپونکتین و به کارگیری روش‌هایی که بتواند سطح سرمی آن را افزایش دهد ممکن است یک راهکار مفید برای درمان دیابت نوع دو و مقاومت به انسولین باشد (۹). در مطالعه‌ای که ۶۶۱ مرد را مورد بررسی قرار دادند به این نتیجه رسیدند غلظت پلاسمایی آدیپونکتین با چاقی شکمی، غلظت پایین لیپوپروتئین پر چگال (HDL)، غلظت بالای گلوکز و فشار خون ارتباط مستقیم دارد و همچنین نشان داده شده است که، سطح بالای آدیپونکتین با اثرات ضدالتهابی و آنتی‌دیابتیک همراه است (۷).

همچنین تمرینات ورزشی یک روش درمانی موثر در متابولیسم آدیپوسیت‌هاست که باعث بهبود حساسیت انسولینی می‌شود (۱۱)، در افزایش آدیپوسیت‌ها و کاهش مقاومت انسولینی، کاهش تجمع چربی و پیشگیری از اضافه وزن بعدی، بهبود نیمرخ و متابولیسم لیپیدها و به دنبال آن کاهش وقوع بیماری‌های قلبی- عروقی، مطالعات متعددی بر لزوم اجرای روزانه فعالیت-های ورزشی در آزمودنی‌های مبتلا به دیابت نوع ۲ اذعان دارند (۱۱). ورزش و فعالیت‌بدنی در افراد دیابتی، سازگاری‌های مفیدی در بافت چربی و عضلات اسکلتی ایجاد می‌کند که نتیجه‌ی آن، افزایش پروتئین ناقل، GLUT4 کاهش سطح گلوکز خون و افزایش حساسیت به انسولین می‌باشد (۱۲). با توجه به اینکه انجام تمرینات ورزشی باعث بهبود حساسیت انسولینی و تحمل گلوکز خون می‌شود در نتیجه، در برنامه درمانی کنترل دیابت نوع دو توصیه می‌شوند (۱۳).

نتایج پژوهش‌های انجام شده در بررسی تاثیر تمرینات ورزشی بر سطح سرمی ادیپونکتین ضد و نقیض است. به طوری که در برخی کاهش و در گروهی افزایش و بعضی نیز عدم تغییر سطوح سرمی آدیپونکتین را گزارش کرده‌اند (۱۱, ۱۴). به عنوان مثال، حسینی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که انجام تمرینات تناوبی به همراه مصرف کورکومین باعث افزایش میزان آدیپونکتین در موش‌های صحرایی مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود (۱۵). همچنین، تی پی اولسون و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با انجام یک سال تمرینات مقاومتی سطح آدیپونکتین آزمودنی‌ها افزایش می‌یابد (۱۶). همچنین سوری و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود به بررسی تاثیر تمرینات استقامتی و مقاومتی بر مقادیر آدیپونکتین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سطح سرمی آدیپونکتین در آزمودنی‌های چاق افزایش می‌یابد (۱۱). در حالی که حسینی کاخک و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود که بررسی تاثیر حاد دو جلسه تمرین در آب بر آدیپونکتین و مقاومت انسولینی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ پرداخته بودند تغییر معنی‌داری مشاهده نکردند (۱۲) دلیل این تفاوت می‌تواند در نوع تمرین و شدت و مدت زمان تمرین ارائه شده باشد. از طرفی 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

1. Leptin
2. Adiponectin
3. Visfatin
4. Resistin
5. Omentin-1

این بین گیاهان دارویی به دلیل دارا بودن برخی ترکیبات خاص از جمله پلی‌فنول‌ها، دارای خواص آنتی اکسیدانی 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 (۱۷).

کورکومین یک پلی‌فنول طبیعی و از اصلی‌ترین ترکیبات ریشه گیاه Curcuma longa است. مطالعات نشان داده‌اند که کورکومین دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضددیابتی است و می‌تواند منجر به کاهش وزن بدن و کاهش قند خون شود افزون بر این، در آزمایشات انجام شده بر روی مدل‌های مختلف حیوانی، تأثیر کورکومین در جلوگیری از مرگ سلول‌های بتاپانکراس و کاهش مقاومت به انسولین اثبات شده است (۱۸). جونیور و همکاران (۲۰۱۹) در یک مرور سیستماتیک گزارش کردند که تمرین ورزشی همراه با مکمل‌یاری کورکومین از طریق فعالیت ضدالتهابی، بهبود دفاع آنتی اکسیدانی و مهار استرس اکسیداتیو می‌تواند در مدیریت دیابت مؤثر باشد (۱۹). تمرینات ورزشی متفاوت با صرفه جویی در زمان از جمله تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT)، می‌توانند به عنوان جایگزینی برای تمرینات سنتی در نظر گرفته شوند (۲۰). با وجود اثبات اثرات سودمند HIIT و مصرف کورکومین به عنوان عوامل مؤثر بر بهبود سطوح گلوکز و عوارض ناشی از دیابت، تأثیر همزمان این دو عامل در بیماران دیابتی تا به حال مورد بررسی قرار نگرفته است. از اینرو شفاف نمودن تأثیر همزمان HIIT و مکمل کورکومین بر عوامل ضدالتهابی همچون آدیپونکتین و مقاومت انسولینی در زمینه‌ی دیابت را ضروری دانستیم.

روش‌شناسی

مطالعه حاضر از نوع شبه‌تجربی با طرح پیش آزمون–پس آزمون بود که به تایید کمیته اخلاق با کد IR-SSRI.REC. ۱۳۹۹.۷۵۰ رسیده است. جامعه آماری این پژوهش طی فراخوان و از بین زنان چاق مبتلا به دیابت نوع دو مراجعه‌کننده به انجمن دیابت با دامنه سنی ۳۵–۴۰ سال به صورت هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. در این پژوهش از بین ۶۰ زن چاق دیابتی، تعداد ۲۰ شرکت کننده به علت عدم رعایت معیارهای ورود از مطالعه حذف شدند و ۴۰ نفر پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و پرسشنامه تندرستی به عنوان نمونه انتخاب شده و به صورت تصادفی ساده در دو گروه تمرین+ مکمل (۲۰ نفر) و گروه تمرین+ دارونما (۲۰ نفر) تقسیم شدند. در طول مطالعه ۲ نفر از گروه تمرین+ مکمل و ۳ نفر از گروه تمرین+دارونما از ادامه پژوهش حذف شدند. در نهایت ۱۸ نفر در گروه تمرین+ مکمل و ۱۷ نفر در گروه تمرین+دارونما مطالعه را به پایان رساندند.

معیارهای ورود به مطالعه عبارت بود از: داشتن سن ۳۵ الی ۴۰ سال، چاق (شاخص توده بدن بیشتر و مساوی با ۳۰ کیلوگرم بر مجذور متر)، نداشتن فعالیت ورزشی منظم ، نداشتن سابقه بیماری قلبی و عروقی، انجام ندادن فعالیت بدنی منظم در شش ماه گذشته، عدم مصرف الکل، قند خون ناشتای بیشتر از ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، همچنین همه آزمودنی‌ها تحت درمان با متفورمین بودند و در طول مطالعه در برنامه درمان دارویی آن‌ها تغییری صورت نگرفت. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل عدم شرکت در سه جلسه متوالی تمرینات ورزشی، مصرف مکمل‌های غذایی و عدم شرکت در پس آزمون، یائسه شدن و همچنین عدم تمایل آزمودنی برای ادامه همکاری بود.

قبل از دریافت رضایت‌نامه کتبی، اطلاعات لازم درباره ماهیت، نحوه اجرای پژوهش، خطرات احتمالی، محرمانه بودن اطلاعات آن‌ها و نکاتی که شرکت‌کنندگان باید در پژوهش رعایت می‌کردند، در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. همچنین به آن‌ها اجازه داده شد در صورت تحمل نکردن شرایط پژوهش، از ادامه مشارکت در پژوهش انصراف دهند. تمام آزمودنی‌ها موظف بودند داروی مصرفی (متفورمین) خود را طبق نظر پزشک متخصص در طول دوره پژوهش نیز مصرف کنند و به ترتیب ثبت غذای دریافتی سه روزه و یادآمد غذایی ۲۴ ساعته، اندازه‌گیری ترکیب بدن و خونگیری قبل و بعد از دوره مداخله انجام شد. به آزمودنی‌ها توصیه شد در طول دوره مداخله و ۴۸ ساعت قبل از هر آزمون، رفتار و عادات غذایی و هر گونه فعالیت بدنی ورزشی دیگر را کنترل کنند و از مصرف اضافی مواد حاوی کورکومین (مثل زردچوبه، زنجبیل، هل و خولنجان) خودداری کنند.

اندازه‌گیری شاخص‌های آنتروپومتریکی: آزمودنی ها در دو مرحله، پیش از شروع پروتکل تمرینی و پس از ۸ هفته تمرین در محل کلینیک حاضر شده، وزن، قد، شاخص توده بدنی آن‌ها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قد بوسیله قدسنج مارک Seca ساخت کشور چین و با دقت یک دهم سانتی‌متر ساعت ۸ صبح انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن، آزمودنی‌ها با حداقل لباس و بدون کفش روی ترازو با مدل Seca ساخت کشور چین با ضریب خطای یک دهم کیلوگرم قرار گرفتند. شاخص توده بدنی (BMI) از تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) به دست آمد.

برنامه تمرینی: برنامه تمرین به مدت ۸ هفته و در داخل سالن ورزشی با دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد اجرا شد. گروه تمرینی به مدت ۳ هفته برای آماده‌سازی اولیه برای انجام تمرینات تناوبی شدید، به صورت تمرینات تداومی و تناوبی هوازی بلند و متوسط با شدت ۵۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره انجام دادند. از هفته چهارم تا هشتم، تمرینات تناوبی شدید به شکل دویدن و راه رفتن انجام شد. گرم‌کردن به مدت ۱۵ دقیقه شامل کشش، دوی آرام و نرمش و سردکردن به مدت ۱۰

دقیقه و شامل حرکات کششی و راه رفتن بود. گروه تمرین تناوبی شدید و مکمل نیز برنامه تمرین را اجرا کردند و مکمل کورکومین مصرف کردند. لازم به ذکر است که شدت تمرینات با ۵۰ الی ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره انجام شد که با ضربان‌سنج سینه‌ای پولار کنترل شد (۱۸, ۲۱) (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱. برنامه تمرینات آماده‌سازی تناوبی شدید در گروه تمرین- مکمل و تمرین - دارونما

هفته	اول	دوم	سوم
تمرین آماده سازی	تداومی	تناوبی هوازی بلند	تناوبی هوازی متوسط
شدت (حداکثر ضربان قلب)	۵۰ تا ۶۰ درصد و شاخص بورگ ۱۰ تا ۱۲	۶۰ تا ۷۰ درصد و شاخص بورگ ۱۲ تا ۱۴	۷۰ تا ۸۰ درصد و شاخص بورگ ۱۴ تا ۱۶
تعداد تکرار	شش تکرار پنج دقیقه ای	پنج تکرار سه دقیقه ای	شش تکرار دو دقیقه ای
تعداد ست	یک	سه	پنج
استراحت غیرفعال	یک تا دو دقیقه بین تکرار		پنج دقیقه بین ست
تعداد جلسات در هفته	چهار جلسه		
مجموع زمان (بدون گرم کردن و سرد کردن)	۳۰ دقیقه	۴۵ دقیقه	۶۰ دقیقه

جدول ۲. برنامه تمرینات تناوبی شدید در گروه تمرین-مکمل و تمرین – دارونما

هفته	اول و دوم	سوم و چهارم	پنجم و ششم	هفتم و هشتم
تمرین HIIT (دویدن:راه رفتن) دویدن (۲۰ ثانیه) استراحت (راه رفتن)	۱۶۰:۲۰	۱۴۰:۲۰	۱۲۰:۲۰	۱۰۰:۲۰
شدت ضربان قلب	۸۰ تا ۹۰ درصد و شاخص بورگ ۱۶ الی ۱۸		۹۰ تا ۱۰۰ درصد و شاخص بورگ ۱۸ الی ۲۰	
تعداد تکرار			چهار	
تعداد ست	سه	چهار		پنج
استراحت بین ست ها		پنج دقیقه غیر فعال		
تعداد جلسات در هفته		چهار جلسه		
مجموع زمان به دقیقه (بدون گرم کردن و سرد کردن)	۴۴	۵۰	۵۵	۶۰

براساس مطالعات انسانی انجام شده در مورد مصرف کورکومین، گروه‌های مصرف کننده کورکومین روزانه ۲۱۰۰ میلی گرم مکمل کورکومین را در قالب سه کپسول ۷۰۰ میلی گرمی بعد از سه وعده اصلی غذایی به مدت ۸ هفته دریافت کردند. از کپسول کورکومین ۹۵ درصد کارن (ساخت کشور ایران، شرکت کارن و تحت لیسانس کانادا) استفاده شد (۲۲). کپسول دارونما هم حاوی ۷۰۰ میلی گرم آرد نشاسته ذرت در شکل و رنگ و بسته بندی های مشابه کپسول کورکومین مهیا و توسط گروه تمرین دارونما مصرف شد (۲۲). در طول پژوهش به آزمودنی‌ها یادآوری شد که از مصرف مکمل‌ها و یا داروهای خاصی که متخصص مربوطه تجویز نکرده است، جدا خودداری کنند. در تحقیق حاضر موازین اخلاقی حاکم بر پژوهش از جمله: رضایت آگاهانه، رازداری، رعایت حریم خصوصی شرکت کنندگان، حراست آزمودنی‌ها در برابر فشارها و آسیب‌ها و خطرات جسمانی و روانی و آگاهی از نتیجه رعایت شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های شیمیایی: برای اندازه‌گیری متغییرهای بیوشیمیایی، خونگیری ساعت ۸ الی ۱۰ یک روز قبل از شروع برنامه تمرینی و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی و با ۱۲ ساعت ناشتایی انجام گرفت. نمونه خون به میزان ۵ سی سی از ورید آنتی کوبیتال از هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حال استراحت گرفته شد. نمونه‌های خونی برای جداسازی پلاسما در لوله‌های آزمایشگاهی حاوی EDTA ریخته شد و سپس مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ برای جداسازی قرار گرفت.

اندازه‌گیری گلوکز ناشتا به روش آنزیمی گلوکزاکسیداز (توسط دستگاه اتو آنالیز هیتاچی و معرف پارس آزمون) انجام شد. اندازه‌گیری انسولین و آدیپونکتین سرمی به روش الایزا به ترتیب

با کیت‌های Mercodia Insulin ELIS (ساخت کشور سوئد با حساسیت یک میکروگرم بر لیتر) و " adiponectin,ADP ELISA Human Kit" (ساخت شرکت cusabio کشور چین با حساسیت یک نانوگرم بر میلی لیتر) انجام شد. علاوه بر این مقاومت انسولینی (HOMA) نیز از حاصل ضرب مقدار گلوکز (میلی مول) در انسولین ناشتا (میلی واحد بین المللی) تقسیم بر ۲۲/۵ و معادله زیر محاسبه شد:

HOMA-IR= (گلوکز ناشتا (mg/dl)×انسولین ناشتا (mu/l))/۴۰۵

روش‌های آماری

ابتدا به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. با توجه به طبیعی بودن داده‌ها به منظور اثر مداخلات از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. تمام آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام گرفت و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیولوژیکی و تغییرات وزن و شاخص توده بدنی در مرحله پیش آزمون و پس آزمون، پس از ۸ هفته تمرین تناوبی شدید در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۳ نشان داد که با حذف اثر پیش آزمون مقایسه پس آزمون‌ها، بین دو گروه تمرین- دارونما و تمرین- کورکومین در متغیرهای وزن (P=۰/۰۳۱). و شاخص توده بدنی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P=۰/۰۰۳). در مطالعه‌ی حاضر شاخص گلوکز ناشتا (P=۰/۰۰۱)، انسولین ناشتا (P=۰/۰۰۲) و شاخص مقاومت به انسولین (P=۰/۰۰۱) به‌طور معنی‌داری در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). همچنین مطالعه حاضر نشان می‌دهد که انجام تمرینات HIIT به همراه مصرف کورکومین باعث افزایش معنی‌دار آدیپونکتین می‌شود (P<۰/۰۰۱) (شکل ۱).

جدول۳. شاخص‌های توصیفی در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون به همراه نتایج تحلیل کوواریانس

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	مقایسه پس آزمون		
		میانگین و انحراف معیار	میانگین و انحراف معیار	F	P	مجذور اتا
سن (سال)	تمرین+دارونما	۳۶/۲±۱/۳۲	----	----	-------	-----
	تمرین+مکمل	۳۶/۵±۰/۱۳	----	--		
قد (سانتی‌متر)	تمرین+دارونما	۱۵۹/۸±۳/۱	----	----	-----	-----
	تمرین+مکمل	۱۶۰/۱±۴/۱۱	----	--		
وزن (کیلوگرم)	تمرین+دارونما	۸۹/۶±۳/۵۳	۸۸/۶±۵/۳۲	۳/۱۲	۰/۰۳۱	۰/۸۱
	تمرین+مکمل	۸۸/۵±۳/۴۱	۸۶/۱±۱/۲۸*			
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	تمرین+دارونما	۳۱/۰±۲/۱	۳۰/۷±۲/۳۲	۲۰/۰۹	۰/۰۰۳	۰/۸۷
	تمرین+مکمل	۳۱/۰±۳/۵۱	۲۹/۱±۰/۲۱*			
گلوکز ناشتا (مول بر لیتر)	تمرین+دارونما	۱۵۶/۱۴±۱/۷	۱۳۷/۶±۴/۶	۲/۲۲	۰/۰۰۱	۰/۹۱
	تمرین+مکمل	۱۵۵/۹±۶/۲	۱۲۲/۳±۵/۱*			
انسولین ناشتا (میکروواحد بر میلی‌لیتر)	تمرین+دارونما	۸/۰۴±۱/۲۱	۷/۸۲±۲/۱۱	۱۷/۱۱	۰/۰۰۲	۰/۷۵
	تمرین+مکمل	۸/۲±۳/۹	۷/۵۸±۱/۳*			
مقاومت به انسولین	تمرین+دارونما	۳/۲۱±۱/۳	۲/۵۴±۰/۶	۲/۹۱	۰/۰۰۱	۰/۸۵
	تمرین+مکمل	۳/۲۶±۰/۲	۲/۳۴±۰/۴۳*			
آدیپونکتین	تمرین+دارونما	۱/۴۲±۰/۱	۱/۷±۱/۲	۹/۳۲	۰/۰۰۱	۰/۶۹
	تمرین+مکمل	۱/۴±۱/۱	۱/۹۵±۰/۲*			

* اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مورد مطالعه (P<۰/۰۵)

شکل ۱. ارزیابی آدیپونکتین و مقاومت انسولینی سرم در گروه تمرین+دارونما و تمرین+مکمل پیش و پس‌آزمون

بحث

مطالعه حاضر نشان داد که انجام ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید و مصرف کورکومین باعث کاهش وزن، گلوکز خون، انسولین و مقاومت انسولینی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد. یافته‌های پژوهش حاضر با تحقیقات دارمیان و همکاران (۲۰۲۱) (۱۷)، نقی‌زاده و همکاران (۲۰۲۲) (۲۲)، همسو و با نتایج تحقیق فخری و همکاران (۲۰۲۰) (۸)، مغایر است. از جمله دلایل احتمالی نتایج مغایر را می‌توان به نوع آزمودنی‌ها که شامل دختران جوان دارای اضافه وزن، نوع فعالیت بدنی که شامل انجام فعالیت‌های بدنی هوازی و میزان مصرف کورکومین که شامل مصرف ۸۰ میلی‌گرم نانوکورکومین به صورت روزانه به مدت ۶ هفته بود، نسبت داد. ژنگ و همکاران (۲۰۲۰) کاهش گلوکز ناشتا و مقاومت انسولینی در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ را در پی انجام تمرینات تناوبی شدید گزارش کردند که همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد محققان به این نتیجه رسیدند که تفاوت رفتاری افراد در دریافت انرژی و بیوژنز میتوکندری در کاهش مقاومت به انسولین و هموستاز گلوکز پس از تمرینات تناوبی شدید موثر می‌باشد (۲۳). سازوکار مولکولی تاثیر تمرینات تناوبی شدید بر مقاومت انسولینی ممکن است انتقال گلوت ۴ (GLUT-4) بالاتر و کاهش گلیکوژن پس از تمرین و عملکرد گشادی عروق باشد (۲۴). همچنین ثابت شده است که شاخص گلایسمیک پایین‌تر بعد از تمرینات HIIT ناشی از بهبود حساسیت انسولین کبدی می‌باشد (۲۵). در حال حاضر چندین مطالعه بر تاثیر کورکومین بر روی نمونه‌های انسانی انجام شده است از جمله لو و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیق خود نشان دادند که مصرف کورکومین با مقدار زیاد (دوز ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌تواند عدم تحمل گلوکز و انسولین را از طریق فعال کردن مسیر AMPK در دیابتی ها بهبود بخشد (۲۶). در واقع کورکومین با تاثیر بر سه فرایند حساسیت به انسولین را بهبود می‌دهد. ۱) کورکومین با تحریک فعالیت گلوکوکیناز در کبد، هموستاز گلوکز را بهبود می‌بخشد. ۲) با افزایش فعالیت لیپوپروتئین لیپاز برای کاهش تری گلیسیرید، متابولیسم لیپید را ایجاد می‌کند. ۳) کورکومین با بیان انتقال‌دهنده گلوکز (GLUT4) برای افزایش جذب گلوکز محیطی، به طور مستقل بر مسیر انسولین تاثیر می‌گذارد (۲۷). در واقع کوکومین دارای پتانسیل درمانی در نمونه‌های انسانی است و تا ۱۲ گرم در روز بی‌عارضه می‌باشد (۲۲). مکانیزم اثرگذاری تمرین ورزشی و مصرف مکمل کورکومین به طور کامل مشخص نیست. با این حال تحقیقات نشان دادند که انجام تمرینات ورزشی به طور منظم می‌تواند به عنوان یک راه حل درمانی غیردارویی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ حساسیت به انسولین را افزایش دهد (۳). یکی از سازوکارهای تاثیر کورکومین به این صورت است که لیپولیز را از طریق افزایش آنزیم‌های درگیر در اکسایش چربی مانند کارنیتین پالمیتول ترانسفراز–۱ و لیپاز حساس به هورمون، افزایش داده و از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های سنتزکننده اسیدچرب مانند استیل کواکربوکسیلاز و آنزیم سازنده ذخایر تری‌گلیسرید مثل گلیسرول سه فسفات آسیل ترانسفراز –۱، لیپوژنز را مهار می‌کند (۲۸). همچنین پاسخ‌های کاتولامین‌ها به وسیله تمرینات تناوبی شدید به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و از طریق گیرنده‌های بتاآدرنرژیک لیپولیز را افزایش می‌دهد بنابراین با افزایش فعال‌سازی سیستم عصبی سمپاتیک در تمرینات تناوبی شدید اکسایش چربی‌ها افزایش پیدا می‌کند که باعث کاهش مقاومت انسولینی می‌شود (۲۹).

از دیگر نتایج تحقیق حاضر افزایش معنی‌دار آدیپونکتین تحت تاثیر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف کورکومین در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ بود. یافته‌های تحقیق حاضر با تحقیقات نقی‌زاده و همکاران (۲۲)، حسینی و همکاران (۲۰۱۷) (۱۵)، چونگساماران و همکاران (۲۰۱۳) (۳۰) همسو می‌باشد. از

طرفی با نتایج تحقیق باطنی و همکاران (۲۰۲۲) (۳۱) ناهمسو می‌باشد. از دلایل احتمالی مغایرت می‌توان به مدت زمان انجام و مصرف نانو کورکومین اشاره کرد که آزمودنی ها به مدت ۱۲ هفته و به مقدار ۸۰ میلی‌گرم در روز نانوکورکومین مصرف می‌کردند. فرگوسن و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیق خود تاثیر یک جلسه تمرین ورزشی شدید را بر غلظت آدیپونکتین پلاسمایی زنان و مردان سالم برررسی کردند و نشان دادند که انجام یک جلسه تمرینات تناوبی شدید بر میزان ادیپونکتین اثر گذار است (۳۲). تغییرات آدیپونکتین در پاسخ به تمرینات ورزشی ممکن است به مدت و شدت پروتکل تمرین نیز بستگی داشته باشد. کرمر و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند مقدار آدیپونکتین در ورزش‌هایی با شدت زیاد نسبت به فعالیت‌هایی با شدت کمتر افزایش می‌یابد. بنابراین شدت تمرینات یک فاکتور اثر گذار بر تغییرات سطوح استراحتی آدیپونکتین می‌باشد (۳۳). تغییرات سطوح استراحتی آدیپونکتین بستگی به تغییرات توده بدن و کاهش درصد چربی بدن آزمودنی‌ها دارد. در تبیین تاثیر ورزش‌های کوتاه مدت بر مقدار آدیپونکتین حجم عضلات درگیر در فعالیت‌های بدنی می‌باشد به طوری‌که برخی از محققان معتقد هستند که هر چه حجم توده عضلانی بیشتری در فعالیت‌های بدنی به کار گرفته شود، احتمال تغییرات آدیپونکتین بیشتر است. زیرا آدیپونکتین به عنوان یک سیگنال بین بافت چربی و عضله عمل می‌کند و AMPK را فعال کرده و اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد را فعال می‌کند و اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد را در عضله بیشتر می‌کند و از طرفی به توده عضلانی نیز وابسته می‌باشد. در نتیجه افرادی که توده عضلانی بیشتری در حین انجام فعالیت‌های بدنی به کار می‌گیرند به آدیپونکتین بیشتری برای تنظیم فعالیت‌های متابولیکی نیاز دارند (۱۲). همچنین می‌توان بیان کرد که لازمه افزایش میزان آدیپونکتین کاهش وزن است و کاهش وزن می‌تواند باعث افزایش میزان آدیپونکتین شود (۳۴) و تغییرات ورزشی زمانی می‌توانند سطح ادیپونکتین را تغییر دهند که وزن افراد کاهش یابد. بطوری که کوندو و همکاران در سال (۲۰۰۶) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که انجام تمرینات هوازی به مدت ۷ ماه، در زنان چاق منجر به کاهش وزن و درصد چربی و در نتیجه افزایش میزان آدیپونکتین شد (۳۵). همچنین چونگسامارن و همکاران (۲۰۱۲) (۳۰) در تحقیق خود که بر روی ۲۴۰ نفر از افراد مبتلا به پیش‌دیابت انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افرادی که کورکومین با دوز ۲۵۰ میلی گرم استفاده می‌کنند سطوح آدیپونکتین بالاتری دارند و مقاومت انسولینی کمتری تجربه می‌کنند همچنین پناهی و همکاران (۲۰۱۶) (۳۶) به این نتیجه رسیدند که دریافت کورکومین باعث افزایش میزان آدیپونکتین سرمی می‌شود.

نتیجه‌گیری

مطالعات نشان می‌دهند که شدت انجام تمرینات ورزشی و استفاده از گیاهان دارویی با خواص ضدالتهابی از عوامل تاثیرگذار بر ایجاد تغییرات سودمند در سطوح آدیپونکتین در افراد چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد. پژوهش حاضر نیز مانند تحقیقات دیگر با محدودیت‌هایی همراه بود. از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر عدم کنترل برنامه غذایی و استرس و حالات روحی و روانی آزمودنی‌ها و عدم‌داشتن گروه کنترل بود. پیشنهاد می‌شود استفاده از ورزش‌های مختلف در شدت‌های متفاوت در تحقیقات آینده استفاده شود همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی گروهی به عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شود و همچنین پیشنهاد می‌شود که انجمن‌ها و مراکز درمانی مربوط به بیماران دیابتی از تمرینات ورزشی در کنار مصرف داروهای گیاهی مانند کورکومین استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت‌کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

منابع

1. Hu P, Li K, Peng X-X, Kan Y, Yao T-J, Wang Z-Y, et al. Curcumin derived from medicinal homologous foods: its main signals in immunoregulation of oxidative stress, inflammation, and apoptosis. *Frontiers in Immunology*. 2023;14:1-5. [https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1233652].
2. Xia Z, Liu X, Li Y, Li Z, Ni F, Tian G, et al. Isobavachalcone inhibits hyperglycemia and hyperlipemia in type 2 diabetes and the underlying mechanisms. *Natural Product Communications*. 2023;18(10):1185-1197. [doi:10.3390/biology12091185].
3. 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;20:193-9.[doi: 10.1007/s40200-021-00729-y].
4. Sh F, Kh J, Taftian F. The effect of eight weeks of aerobic exercise with nano-eugenol supplementation on pancreatic tissue UPC3 gene expression and serum MDA levels in rats with% J diabetes. *Res Sports Sci Herbs*. 2020;1(1):79-89. [http://umj.umsu.ac.ir/article-1-5130-en.html].[In Persian]

5. Yamauchi T, Iwabu M, Okada-Iwabu M, Kadowaki T. Adiponectin receptors :a review of their structure, function and how they work. *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*. 2014;28(1):15-23. [doi: 10.1016/j.beem.2013.09.003].
6. 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. [doi: 10.1016/j.orcp.2020.09.007].
7. 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. [doi: 10.14814/phy2.14506].
8. 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. **F***eyz Medical Sciences Journal*. 2020;24(2):181-9. [URL: http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-4031-en.html]. [In Persian]
9. Kazemi N, Kordi M, Noori R, Kasraian M. The Effect of Aerobic and Resistance Training Program on Fasting Blood Sugar Levels and Insulin in Women with Gestational Diabetes. *Armaghane Danesh.* 2016;21(3):249-64.[URL: http://armaghanj.yums.ac.ir/article-1-1212-en.html]. [In Persian].
10. Kaisar OM, Johnson DW, Prins JB, Isbel N. The role of novel biomarkers of cardiovascular disease in chronic kidney disease: focus on adiponectin and leptin. *Current cardiology reviews*. 2008;4(4):287-92. [doi: 10.2174/157340308786349516].
11. Soori R, Ravasi A, Ranjbar K. The comparison of between endurance and resistance training on vaspin and adiponectin in obese middle-age men. *Sport Physiology*. 2014;5(20):97-114. [URL: http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-5888-en.html]. [In Persian].
12. Hosseini Kakhk SA, Attarzadeh Z, Haghighi A. A comparison of the effects of two aquatic exercise sessions with different duration on adiponectin and insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences.* 1970;20(4):563-72. [URL: http://hcjournal.arums.ac.ir/article-1-1015-en.html]. [In Persian].
13. Tjønna AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008. 22;118(4):346-54. [doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822].
14. Kobayashi J, Murase Y, Asano A, Nohara A, Kawashiri M-a, Inazu A, et al. Effect of walking with a pedometer on serum lipid and adiponectin levels in Japanese middle-aged men. *Journal of atherosclerosis and thrombosis.* 2006;13(4):197-201. [doi: 10.5551/jat.13.197].
15. Hosseini M, Eftekhar 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. [URL: http://journal.rums.ac.ir/article-1-3644-en.html]. [In Persian]
16. Olson TP, Dengel D, Leon A, Schmitz K. Changes in inflammatory biomarkers following one-year of moderate resistance training in overweight women. *International journal of obesity.* 2007;31(6):996-1003. [doi: 10.1038/sj.ijo.0803534].
17. Darmian MA, Hoseini R, Amiri E, Golshani S. How combined and separate aerobic training and 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):e118791. [https://brieflands.com/articles/ircrj-118791].
18. Babaei Bonab S. The effect of 12 weeks of HIIT training and curcumin consumption on leptin and galanin levels in obese women. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences.* 2020;20(2):188-99.[URL: http://jarums.arums.ac.ir/article-1-1873-en.html]. [In Persian].
19. Júnior MM, de Oliveira TP, Gonçalves OH, Leimann FV, Marques LLM, Fuchs RHB, et al. Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. *Food chemistry.* 2019;300:125231. [doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125231].
20. Shanaki M, Khosravi M, Khoshdooni-Farahani A, Dadashi A, Heydari MF, Delfan M, et al. High-intensity interval training reversed high-fat diet–induced M1-macrophage polarization in rat adipose tissue via inhibition of NOTCH signaling. *Journal of Inflammation Research.* 2020:165-74. [doi: 10.2147/JIR.S237049. eCollection 2020].
21. Fattahpour M, Babaei S. The effect of 12 weeks of water training on Omentin-1 and chemerin levels in inactive obese Woman. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023;10(2):151-62. [doi: 20.1001.1.26766507.1402.10.2.12.4]. [In Persian].
22. Naghizadeh H, Heydari F, Pouzesh Jadidi G. 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. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023;10(1):50-66. [doi:10.22049/JAHSSP.2022.28030.1503]. [In Persian]

23. 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;11:561. [https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00561].
24. 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. [doi: 10.1111/dom.13198].
25. 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;20:1-12. [doi: 10.1186/s12902-020-00640-2].
26. 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. [doi: 10.1080/13880209.2019.1594311].
27. 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. [doi: 10.3390/nu13020404].
28. 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. [https://doi.org/10.22089/spj.2019.7155.1881].
29. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. *Sports Medicine*.2018;48(2):269-288. [doi: 10.1007/s40279-017-0807-y].
30. 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. [doi: 10.2337/dc12-0116].
31. 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. [https://doi.org/10.1016/j.hermed.2021.100531].
32. Ferguson MA, White LJ, McCoy S, Kim H-W, Petty T, Wilsey J. Plasma adiponectin response to acute exercise in healthy subjects. *European journal of applied physiology*. 2004;91:324-9. [doi: 10.1007/s00421-003-0985-1].
33. Kraemer RR, Aboudehen KS, Carruth AK, Durand RJ, Acevedo EO, Hebert EP, et al. Adiponectin responses to continuous and progressively intense intermittent exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2003;35(8):1320-5. [doi: 10.1249/01.MSS.0000079072.23998.F3].
34. Bruun JM, Lihn AS, Verdich C, Pedersen SB, Toubro S, Astrup A, et al. Regulation of adiponectin by adipose tissue-derived cytokines: in vivo and in vitro investigations in humans. *American journal of physiology-Endocrinology and metabolism.* 2003;285(3):E527-E33. [doi: 10.1152/ajpendo.00110.2003].
35. Kondo T, Kobayashi I, Murakami M. Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocrine journal*. 2006;53(2):189-95. [doi: 10.1507/endocrj.53.189].
36. 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. [doi: 10.1016/j.nut.2016.03.018].