University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Fall 2023, 11(27), 34-46

Received: May 12, 2022 Revised: Aug 01, 2022 Accepted: Aug 02, 2022

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of high-Intensity interval training and moderate-intensity continuous training on serum irisin levels and insulin resistance in overweight men

Ali Barzegari[1], Mohammad Reza Assad[2], Mohammad Hassan Dashti Khavidaki[1*], Ehsan Eri[3]

1. Assistant Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

2. Associate Professor at Exercise Physiology Department, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

3. MS.c in Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Payam Noor University, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Aim: Obesity and overweight can be considered as important factors due to their effect on metabolic disorders. Therefore, the aim of the present research was to study the effect of intermittent intense and continuous moderate intensity training on serum irisin levels and insulin resistance in overweight men. **Materials and Methods:** In the current study, 30 men with an average age of 38.6±3.98 years and a body mass index of 28.5±6.17 kg/m^2 were selected and randomly divided into three equal groups including intense interval training, continuous tranining with moderate intensity and control. The training including Intense intermittent and moderate intensity continuous training were performed for eight weeks and repeated three sessions a week. Before and after eight weeks of training, the subjects' blood samples were collected and the serum irisin and lipid profile were measured using ELISA and calorimetric methods, respectively. Then, intra-group changes were evaluated using the dependent t-test and extra-group changes were evaluated with one-way analysis of variance and Bonferroni test at a significance level of $p<0.05$. **Results:** The improvement of irisin serum levels and insulin resistance was observed in both training groups compared to the control group, so that the changes were more obvious in the continuous training group than the intense intermittent training group. Also, high-density lipoprotein cholesterol increased significantly in both training groups compared to the control group, while these changes were not significant between training groups. Moreover, low-density lipoprotein cholesterol was significantly reduced in both training groups compared to the control group, so that this reduction was significantly greater in the intense intermittent training group than continuous training group. **Conclusion**: The current study showed that intermittent and continuous trainings can be considered as a important training, because of effectiveness on irisin, insulin resistance and some variables of lipid profile; they can be very useful in reducing complications caused by overweight.

Keywords: Exercise training, Overweight, Irisin, Insulin resistance.

Cite this article:
Barzegari, A., Assad, M.R., Dashti Khavidaki, M.H., & Eri, E. (2023). The effect of high-Intensity interval training and moderate-intensity continuous training on serum irisin levels and insulin resistance in overweight men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 11***(27), 34-46.**

***Corresponding Author, Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Payam Noor University, Tehran, Iran;**
Email: dashty54 @pnu.ac.ir

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.5305.1716

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
پاییز ۱۴۰۲، دوره ۱۱، شماره ۲۷، ص ۴۶-۳۴
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۱
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش
دانشگاه پیام نور

اثر تمرین تناوبی شدید و تداومی با شدت متوسط بر آیریزین سرمی و مقاومت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن

علی برزگری[۱]، محمد رضا اسد[۲]، محمد حسن دشتی خویدکی[۱*]، احسان ایری[۳]

۱. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه پیام نور، تهران ، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: چاقی و اضافه وزن به دلیل اثر بر اختلات متابولیکی، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر اثر تمرین تناوبی شدید و تداومی با شدت متوسط بر سطح آیریزین سرمی و مقاومت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن بود. **روش تحقیق** : در پژوهش حاضر، ۳۰ مرد با میانگین سنی ۳۸/۶±۳/۹۸ سال و شاخص توده بدنی ۲۸/۵±۶/۱۷ کیلوگرم بر متر مربع انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه ۱۰ نفری شامل تمرین تناوبی شدید، تمرین تداومی با شدت متوسط و کنترل تقسیم گردیدند. تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی با شدت متوسط ، به مدت هشت هفته و تکرار سه جلسه در هفته به اجرا درآمدند. قبل و بعد از هشت هفته تمرین، نمونه های خونی آزمودنی ها جمع آوری و میزان سرمی آیریزین و نیمرخ لیپیدی به ترتیب با استفاده از روش های الایزا و کالریمتریک اندازه گیری گردید. سپس تغییرات درون گروهی با استفاده از آزمون t وابسته و تغییرات برون گروهی با کمک آزمون تحلیل واریانس یک راهه و بونفرونی، در سطح معنی داری p<۰/۰۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. **یافته ها**: بهبود سطوح سرمی آیریزین و مقاومت به انسولین در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل معنی دار بود، به گونه ای که این تغییرات در گروه تمرین تداومی بیشتر از گروه تمرین تناوبی شدید بود. همچنین لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری داشت، در حالی که این تغییرات بین گروه های تمرینی معنی دار نبود. لیپوپروتئین کلسترول با چگالی کم در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری داشت، به شکلی که این کاهش در گروه تمرین تناوبی شدید به طور معنی داری بیشتر از گروه تمرین تداومی بود. **نتیجه گیری**: تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات تناوبی و تداومی با اثرگذاری بر آیریزین، مقاومت به انسولین و بعضی از متغیرهای نیمرخ های لیپیدی؛ می توانند در کاهش عوارض ناشی از اضافه وزن موثر باشند.

واژه های کلیدی: تمرین ورزشی، اضافه وزن، آیریزین، مقاومت به انسولین.

* نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه پیام نور، دانشده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه فیزیولوژی ورزشی؛
پست الکترونیک: dashty54 @pnu.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.5305.1716

مقدمه

در دهه‌های اخیر، چاقی به یکی از بزرگ‌ترین عوامل بیماری‌های غیرواگیر در جهان تبدیل شده است. انتظار می رود تا سال ۲۰۵۰، چاقی بر ۲۰ درصد از جمعیت جهان و به طور خاص در ایران، بر حدود ۲۵ میلیون نفر تأثیر بگذارد؛ روندی که به چالشی بزرگ در حوزه سلامت جهان تبدیل شده (دیویس[1] و دیگران، ۲۰۲۲، آرشوندیا[2] و دیگران، ۲۰۱۷، جمشیدی و دیگران، ۲۰۱۸) و فرآیند رو به رشد آن بخش های بهداشتی اکثر کشورها را درگیر مشکلات مختلف خواهد نمود. شواهد دال بر آن است که در بیشتر کشورها، توزیع فراوانی افراد چاق به مولفه های متعددی مانند جنسیت، سن، فعالیت بدنی، نوع رژیم غذایی و عوامل اجتماعی؛ بستگی دارد (رضایی منش، ۲۰۲۰). چاقی عوارض جانبی مختلفی مانند فشار خون بالا، قند خون و کلسترول بالا، کاهش لیپوپروتئین کلسترول پر چگال[3] (HDL) و نهایتا، شکل گیری سندرم متابولیک را به همراه دارد (قربانی، ۲۰۱۵). علیرغم نقش عوامل متعدد در ایجاد چاقی، عدم تعادل بین دریافت و مصرف انرژی، مهم ترین عامل چاقی است. بافت چربی دارای دو جزء عملکردی متفاوت است، یعنی چربی سفید و قهوه ای. چربی سفید انرژی را ذخیره می کند و چربی قهوه ای نقش گرمازایی دارد و انرژی شیمیایی را به انرژی حرارتی تبدیل می کند (پلیزوس[4] و دیگران، ۲۰۱۳). کاهش بافت چربی سفید و افزایش بافت چربی قهوه ای، راه های موثری در پیشگیری از بروز بیماری های متابولیک بشمار می روند.

آیریزین[5]، مایوکاینی[6] جدید و محصول ژن فیبرونکتین نوع ۳ حاوی پروتئین ۵[7] (FNDC5) است و به نظر می رسد بافت چربی سفید را به بافت چربی قهوه ای تبدیل می کند. در واقع، آیریزین یک پروتئین پیام دهی است که توسط عضلات اسکلتی پس از تجزیه پروتیین غشایی، FNDC5 آزاد می کند و سپس در بافت چربی، موجب بیان ژن پروتئین جفت نشده-۱[8] (UCP-1) می شود (حسین زاده و دیگران، ۱۳۹۹). بوستروم[9] و دیگران (۲۰۱۲) در مطالعات خود مشاهده نموده اند که در موش های چاق، افزایش مقدار آیریزین به موازات بیان بیشتر FNDC5 در کبد موش، باعث قهوه ای شدن چربی سفید، کاهش وزن، افزایش مصرف اکسیژن، بهبود تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین می شود. این مکانیسم ژن UCP1 را در بافت چربی قهوه بیان کرده و باعث تبدیل بافت چربی سفید به چربی قهوه ای می گردد و بدین شکل، بر گلوکز خون، حساسیت به انسولین، تراکم میتوکندری ها و متابولیسم چربی تأثیر می گذارد. بر طبق مکانیسم دیگری که ارائه شده، گیرنده فعال شده با تکثیر پروکسی زوم - گاما - هم فعال ساز یک آلفا[10] (PGC-1α) ، آیریزین و UCP1 ممکن است در پاسخ به مقاومت به انسولین یا افزایش بیش از حد چربی، بیان شوند (هوه[11] و دیگران، ۲۰۱۵) و یا اختلالات متابولیکی مانند چاقی، سندرم متابولیک و دیابت نوع دوم؛ باعث کاهش سطوح آیریزین در بیماران دیابتی نوع دو کردند (ژانگ[12] و دیگران، ۲۰۱۶).

فعالیت بدنی یکی از راه های اثر گذار و کم هزینه جهت تحریک رهایش آیریزین از عضلات اسکلتی درگیر به پلاسما و به دنبال آن، بهبود متابولیسم سلولی در افراد غیر فعال است (بوستروم و دیگران، ۲۰۱۲). آیریزین همچنین با فعال سازی فسفوفروکتوکیناز[13] (PFK)، موجب فعال سازی لیپاز حساس به هورمون[14] (HSL) و در نتیجه، افزایش لیپولیز می‌شود (حسین زاده و دیگران، ۲۰۲۰). بنابراین، انجام فعالیت ورزشی منظم و رعایت سبک الگوی غذایی سالم، می تواند با تغییر در متابولیسم و بهبود انرژی مصرفی، به خصوص در افراد چاق و دارای اضافه وزن، عوارض مربوط به چاقی را کاهش دهد (موسی[15] و دیگران، ۲۰۰۳). تعدای از محققین به نقش مثبت تمرین بر آیریزین اشاره کرده اند (بوستروم و دیگران، ۲۰۱۲؛ هوه و دیگران، ۲۰۱۵؛ تسوچیا[16] و دیگران، ۲۰۱۴). بوستروم و دیگران (۲۰۱۲) اشاره نموده‌اند که سطوح آیریزین در نمونه های حیوانی و انسانی بعد از سه هفته دویدن آزاد روی چرخ[17]، افزایش معنی داری پیدا می کند (بوستروم و دیگران، ۲۰۱۲). نتایج پکالا[18] و دیگران (۲۰۱۳) نشان داده که اثرات طولانی مدت تمرین ترکیبی (ترکیب تمرین مقاومتی و استقامتی) باعث افزایش معنی‌دار غلظت پایه آیریزین می شود. با توجه به نتایج تحقیقات، به نظر می رسد که تمرین عامل موثری در ترشح آیریزین و نقش آن در متابولیسم انرژی باشد (کارتیناه و سیانیپار[19]، ۲۰۱۸). با این حال، کیم[20] و دیگران (۲۰۱۶) گزارش کرده اند که هشت هفته تمرین مقاومتی در افراد دارای اضافه وزن، باعث افزایش معنی دار سطوح آیریزین

1. Davis
2. Archundia
3. High density lipoprotein
4. Polyzos
5. Irisin
6. Myokines
7. Fibronectin type III domain containing 5
8. Uncoupling protein levels - 1
9. Boström
10. Peroxisome proliferator activated receptor - gamma co-activator 1-alpha
11. Huh
12. Zhang
13. Phosphofructokinase
14. Hormone sensitive lipase
15. Moussa
16. Tsuchiya
17. Free wheel running
18. Pekkala
19. Kartinah & Sianipar
20. Kim

می شود، اما تمرینات هوازی تداومی، تغییر معنی داری در آن ایجاد نمی‌کند. به دلیل این که در مطالعات مختلف، نوع تمرین و شدت و مدت آن متفاوت بوده؛ نتایج همسویی حاصل نشده است؛ از این رو، لازم است در مطالعات آتی این عوامل بیشتر مورد بررسی بیشتر قرار گیرند.

در مجموع، اگرچه نقش آیریزین آزاد شده پس از ورزش به عنوان یک هدف درمانی مهم برای چاقی شناخته شده است، ولی تغییرات این هورمون به دنبال انواع مختلف فعالیت های ورزشی به طور کامل بررسی نشده است. نقش تمرینات تداومی متوسط[1] (MCT) در سلامت جسمانی و کنترل وزن روشن شده است، اما به دلیل مدت طولانی آن، بعضی فرصت پرداختن به چنین تمریناتی پیدا نمی‌کنند. امروزه تمرین تناوبی شدید[2] (HIIT) به عنوان شیوه تمرینی که مستلزم صرف زمان کمتر و اجرا با شدت خیلی بالاتر است؛ مورد توجه بسیاری از افراد و محققین قرار گرفته است بررسی تأثیر این شیوه تمرینی بر آیریزین و شناخت این که در افراد چاق، این نوع تمرین و شدت بالای اجرای کار، چه سازگاری هایی در پی خواهد داشت؛ از اهمیت برخوردار است. بر این اساس و به علت محدود بودن مطالعات انجام شده در این زمینه و گاه ناهمسو بودن یافته‌ها؛ در این مطالعه به مقایسه اثر تمرینات HIIT و MCT بر آیریزین سرمی و مقاومت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن پرداخته شد.

روش تحقیق

از آنجا که شرایط اجرای تحقیق حاضر به طور کامل در کنترل محقق نبوده است، این تحقیق در زمره مطالعات نیمه تجربی می باشد. مردان با شاخص توده بدنی[3] (BMI) بین ۲۵ تا ۲۹/۵ به عنوان افراد دارای اضافه وزن در نظر گرفته شدند و با فراخوان و اطلاع رسانی در شهرستان گنبد کاووس و سپس تکمیل پرسشنامه اطلاعات فردی، از بین مردانی که داوطلبانه مایل به شرکت در طرح تحقیقی بودند و شرایط لازم ورود به تحقیق (عدم سابقه بیماری‌ها، عدم مصرف الکل و دخانیات، عدم رژیم غذایی/دارویی خاص) را داشتند؛ ۳۰ نفر (۴۰-۳۰ سال) انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه، شامل: گروه تمرین تناوبی شدید (۱۰ نفر)، گروه تمرین تداومی با شدت متوسط (۱۰ نفر) و گروه کنترل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. به علاوه، هیچ یک از افراد حاضر در تحقیق تجربه شرکت در فعالیت های منظم ورزشی طی شش ماه قبل از مطالعه را نداشتند. به منظور اطمینان از عدم ابتلای شرکت کنندگان به بیماری های قلبی- عروقی، تنفسی، کلیوی یا بیماری های حاد، مانند هپاتیت ویروسی و سایر بیماری های کبدی؛ بیماری فشار خون و نیز آگاهی از سابقه مصرف دارو یا اعتیاد به سیگار و الکل؛ ضمن خوداظهاری افراد، معاینه توسط پزشک نیز انجام شد. معیارهای خروج از تحقیق ناتوانی افراد نسبت به ادامه تمرین و آزمون ها و غیبت بیش از دو جلسه در تمرینات بود.

طبق فرآیند پژوهش، قبل (۲۴ ساعت) و پس (۴۸ ساعت) از انجام پروتکل ورزشی، میزان پنج میلی لیتر خون از ورید بازویی شرکت کنندگان در حالت ناشتایی اخذ گردید. همچنین حداکثر اکسیژن مصرفی (توان هوازی) آزمودنی‌ها از طریق آزمون میدانی یک مایل دویدن و راه رفتن راکپورت[4] ارزیابی گردید، بدین صورت که فرد با حداکثر سرعت مسیر را به صورت راه رفتن یا دویدن طی کرد و در نهایت، ضربان قلب و زمان اجرا ثبت گردید و سپس از طریق معادله زیر توان هوازی محاسبه شد (کریمی و دبیدی روشن، ۲۰۲۰):

(سن)۰/۳۸۷۷- (وزن)۰/۰۷۶۹ – ۱۳۲/۸۵۳=حداکثر اکسیژن مصرفی
(تعداد ضربان)۰/۱۵۶۵-(زمان)۳/۲۶۴۹-(جنس)۶/۳۱۵+

در این معادله، برای زنان ضریب صفر و مردان ضریب ۱ در نظر گرفته می شود.

شاخص چربی زیر پوستی از طریق دستگاه بادی ایمپدانس[5] با نام تجاری Boca x1 ساخت کشور کره جنوبی، وزن آزمودنی ها از طریق باسکول سهند (ساخت ایران)، و قد با متر نواری اندازه گیری گردید. به علاوه، BMI از طریق نسبت وزن بدن (کیلوگرم) به مجذور قد (سانتی متر) و نسبت دور کمر به دور لگن[6] (WHR) هم با استفاده از متر نواری (و ثبت اندازه دور کمر و لگن بر حسب سانتی‌متر) محاسبه شد.

پروتکل های ورزشی: مداخله ها به مدت هشت هفته و تکرار سه جلسه در هفته، در ساعت های یکسانی از روز (ساعت ۶ .بعد از ظهر) انجام شدند. هر آزمودنی در طی هشت روز حضور خود در محل آزمون، کلیه پروتکل‌ها را به اجرا درآورد. پروتکل های تمرین بر روی نوارگردان به اجرا درآمدند. پروتکل HIIT شامل پنج دقیقه گرم کردن (دویدن) با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره[7] (MRHR) بود و به دنبال آن، برنامه اصلی شامل دویدن با شدت ۹۰ تا ۹۵ درصد MRHR و تکرارهای متفاوت، با استراحت دو دقیقه ای (با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد MRHR) بین هر اجرا بود (جدول یک). در انتهای هر

1. Moderate intensity continuous training
2. High intensity interval training
3. Body mass index
4. Rockport
5. Body impedance
6. Waist to hip ratio
7. Maximum reserve heart rate

جلسه، سرد کردن به مدت پنج دقیقه با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد MRHR انجام گردید (جوکار و دیگران، ۲۰۲۱). برنامه MCT مشتمل بر پنج دقیقه گرم کردن با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد MRHR، بخش اصلی مشتمل بر ۱۲ تا ۳۳ دقیقه دویدن با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد MRHR و سرد کردن به صورت ۵ دقیقه دویدن با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد MRHR بود (یزدانیان و دیگران، ۲۰۱۸). ضربان قلب با استفاده از دستگاه ضربان سنج پولار کنترل گردید. ابتدا شرکت کنندگان ضربان قلب استراحتی خود را پس از بیدار شدن از خواب شمارش نمودند و سپس، MRHR آن ها با روش کاروونن[1] تعیین گردید. گروه کنترل در این مدت هیچ گونه فعالیت تمرینی نداشتند.

جدول ۱. جزئیات پروتکل های HIIT و MCT به اجرا درآمده

هفته ها	پروتکل HIIT				پروتکل MCT	
	شدت تمرین (MRHR)	مدت فعالیت (دقیقه)	تعداد تکرار (دقیقه)	مدت زمان استراحت فعال (دقیقه)	شدت تمرین (HRR)	مدت فعالیت (دقیقه)
۱	۹۰-۹۵ درصد	۴	۱*۴	۸	۷۰ درصد	۱۲
۲	۹۰-۹۵ درصد	۱۰	۲*۵	۱۰	۷۲ درصد	۱۵
۳	۹۰-۹۵ درصد	۱۸	۳*۶	۱۲	۷۴ درصد	۱۸
۴	۹۰-۹۵ درصد	۲۸	۴*۷	۱۴	۷۶ درصد	۲۱
۵	۹۰-۹۵ درصد	۴۰	۵*۸	۱۶	۷۸ درصد	۲۴
۶	۹۰-۹۵ درصد	۵۴	۶*۹	۱۸	۸۰ درصد	۲۷
۷	۹۰-۹۵ درصد	۷۰	۷*۱۰	۲۰	۸۲ درصد	۳۰
۸	۹۰-۹۵ درصد	۸۸	۸*۱۱	۲۲	۸۵ درصد	۳۳

اندازه گیری متغیرهای خونی: به منظور تعیین سطوح سرمی شاخص های خونی، میزان پنج میلی لیتر خون از سیاهرگ بازویی شرکت کنندگان اخذ گردید و در لوله های پلاستیکی حاوی ژل جداکننده سرم ریخته شد. این نمونه ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بدون هم زدن نگهداری شدند. سپس با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ ۱۸ شاخه مخروطی قفل دار مدل Behdad، ساخت ایران؛ در دمای چهار درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه، با سرعت ۲۵۰۰ دور بر دقیقه قرار داده شدند تا سرم آن ها جدا شود. سرم جدا شده در لوله های پلاستیکی ریخته شد و سپس در دمای ۳۵ درجه زیر صفر تا تکمیل شدن همه نمونه ها و انتقال به آزمایشگاه برای تجزیه و تحلیل بعدی؛ نگهداری گردید. در آزمایشگاه به روش الایزا[2] و با استفاده از کیت های آزمایشگاهی آیریزین (Human Irisin Elisa kit) ساخت کشور چین با حساسیت ۰/۰۲۳ میکروگرم بر میلی لیتر؛ و سطوح سرمی HDL به وسیله روش آنزیماتیک رنگ سنجی اندازه‌گیری شدند و میزان LDL نیز با استفاده از فرمول فریدوالد[3] و دیگران (۱۹۷۲) محاسبه گردید. غلظت سرمی انسولین با استفاده از کیت شرکت مرکودیا[4]، ساخت کشور سوئد با حساسیت یک میلی گرم واحد بین‌المللی در لیتر و با روش الایزا اندازه‌گیری شد. اندازه گیری‌ها بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده انجام گردید. غلظت گلوکز خون نیز با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و به روش کالریمتریک تعیین شد. برای محاسبه مقاومت به انسولین از شاخص HOMA-IR[5] بر اساس حاصل ضرب غلظت گلوکز ناشتا (میلی مول بر لیتر) در غلظت انسولین ناشتا (میکرو واحد بر میلی لیتر) و تقسیم بر عدد ثابت ۲۲/۵؛ استفاده گردید (اسلامی، ۲۰۱۹).

ملاحظات اخلاقی: قبل از شروع پژوهش، طی جلسه ای کلیه مراحل تحقیق اعم از خون گیری، ارزیابی ترکیب بدنی، نوع و مکان تمرین (باشگاه تختی شهر گنبد کاووس) به صورت کامل و با جزییات برای همه افراد شرکت‌کننده توضیح داده شد و از کلیه شرکت کنندگان رضایت نامه کتبی اخذ گردید. همچنین به افراد این اختیار داده شد که هر زمانی بخواهند پژوهش را ترک کنند. ضمناً این تحقیق دارای شناسه اخلاق در پژوهش (IR.PNU. REC.1397.04) از دانشگاه پیام نور می باشد.

روش های آماری: ابتدا برای مشخص کردن طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون کلموگروف – اسمیرنوف[6] استفاده شد. سپس برای بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون t وابسته و برای مقایسه تغییرات بین گروه ها، از آزمون تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی[7] بهره برداری گردید. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS

1. Karvonen
2. ELISA
3. Friedewald
4. Mercodia
5. Homeostatic model assessment–insulin resistance
6. Kolmogorov-Smirnov
7. Bonferroni

نسخه ۲۲ در سطح معنی داری p<۰/۰۵ صورت گرفت.

یافته ها

مشخصات توصیفی شرکت کنندگان گروه های HIIT و MCT و کنترل، قبل و بعد از هشت هفته تمرین در جدول دو ارائه شده است.

جدول ۲. توصیف (میانگین ± انحراف استاندارد) شاخص های فردی شرکت کنندگان در مطالعه

شاخص ها	گروه کنترل		تمرین تداومی متوسط		تمرین تناوبی شدید	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
قند خون ناشتا (میلی مول/لیتر)	۹۳/۴۵ ± ۳/۲۰	۹۶/۴۵ ± ۴/۱۵	۹۱/۲۱ ± ۴/۱۵	۸۸/۱۲ ± ۵/۲۲	۹۰/۱۱ ± ۳/۵۳	۸۵/۳۷ ± ۳/۰۲
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۸/۷۴ ± ۱/۵۳	۲۷/۷۴ ± ۱/۸۲	۲۸/۱۷ ± ۱/۳۲	۲۶/۸۸ ± ۱/۴۴	۲۷/۳۴ ± ۲/۴۴	۲۶/۸۰ ± ۱/۳۰
نسبت دور کمر به باسن	۰/۹۳ ± ۰/۰۲	۰/۹۴ ± ۰/۰۱	۰/۹۵ ± ۰/۰۵۴	۰/۹۲ ± ۰/۰۴	۰/۹۲ ± ۰/۰۸	۰/۹۲ ± ۰/۰۳
چربی بدن (درصد)	۱۸/۵۳ ± ۶/۵۶	۱۸/۷۳ ± ۷/۷۶	۲۲/۴۸ ± ۲/۲۸	۱۸/۲۷ ± ۳/۱۸	۲۰/۶۲ ± ۱/۳۷	۱۸/۴۵ ± ۲/۴۰

آزمون کلموگروف- اسمیرنوف نشان داد که توزیع همه متغیرها طبیعی می باشد (p>۰/۰۵)، بنابراین از آزمون‌های پارامتریک برای انجام محاسبات آماری استفاده شد. بر اساس نتایج (جدول سه)، تغییرات متغیرهای LDL و مقاومت به انسولین در گروه های HIIT و MCT کاهش معنی داری (نسبت به گروه کنترل) داشت؛ در حالی که آیریزین، HDL و حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش معنی داری (نسبت به گروه کنترل) پیدا کردند. از طرف دیگر، نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه در مورد مقایسه تغییرات متغیرهای وابسته نشان داد که شاخص‌های HDL، LDL، آیریزین، مقاومت به انسولین و حداکثر اکسیژن مصرفی در بین گروهای تمرین HIIT و MCT و کنترل تفاوت معنی داری (p<۰/۰۰۱) دارد (جدول سه).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که سطوح سرمی آیریزین افزایش و مقاومت به انسولین در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری دارد، به گونه ای که این تفاوت به طور معنی داری در گروه تمرین MCT بیشتر از گروه تمرین HIIT بود. شاخص HDL در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری داشت، در حالی که بین گروه های تمرینی تفاوت معنی‌داری دیده نشد. از طرف دیگر، شاخص LDL در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری پیدا کرد؛ ضمن آن که این کاهش به طور معنی داری در گروه تمرین HIIT بیشتر از گروه تمرین MCT بود. از طرف دیگر، حداکثر اکسیژن مصرفی در هر دو گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری نشان داد؛ در حالی که تغییرات آن بین گروه های تمرینی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴).

بحث

طبق یافته‌های مطالعه حاضر؛ میزان آیریزین سرمی پس از هشت هفته تمرین (HIIT و MCT) به طور معنی‌داری افزایش یافت. همراستا با نتایج تحقیق حاضر، برهانی کاخکی و دیگران (۲۰۲۲) در مطالعات خود دریافته‌اند که استفاده ازتمرینات تناوبی می تواند به اندازه تمرینات تداومی، باعث افزایش بیان آیریزین و احتمالاً بهبود اختلات متابولیکی در افراد مبتلا به سندرم متابولیک گردد. مطالعه ای در همین راستا شیروانی و عرب‌زاده (۲۰۲۰) انجام داده و افزایش آیریزین را پس هر دو تناوبی و تداومی نسبت به گروه کنترل، گزارش کرده‌اند؛ یافته هایی که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. با توجه به نتایج تحقیقات، به نظر می رسد که تمرین عامل موثری در ترشح آیریزین و تغییر متابولیسم انرژی است (کارتیناه و سیانیپار، ۲۰۱۸). با این حال، چند مطالعه نتایجی ناهمسو با یافته های تحقیق حاضر، گزارش کرده اند. از جمله این که اسلامی (۲۰۱۹) گزارش کرده است ترکیب تمرینات قدرتی و استقامتی با هم، تاثیر معنی‌داری بر آیریزین ندارد. در تحقیق دیگری که توسط کیم و دیگران (۲۰۱۶) انجام شده، آیریزین پس از اجرای تمرینات هوازی، پنج روز در هفته، به مدت هشت هفته و با شدت ۶۵ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب؛ تغییر معنی داری نکرد. دلیل اختلاف در یافته ها احتمالا طول زمان بیشتر (۴۰ دقیقه)، شدت تمرین کمتر (۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه)، و شاخص توده بدنی اولیه کمتر در شرکت کنندگان در مطالعه کیم و دیگران (۲۰۱۶) و اسلامی (۲۰۱۹) می باشد. بر اساس مطالعات

جدول ۳. توصیف و مقایسه متغیرهای وابسته تحقیق در گروه های شرکت کننده در تحقیق

متغیرها	مراحل	گروه تمرین تناوبی شدید	گروه تمرین تداومی متوسط	گروه کنترل	F (بین گروهی)	p
آیریزین (میکروگرم/میلی لیتر)	قبل از مطالعه	۹/۱±۲/۴۱	۸/۹±۱/۵۳	۹/۳±۱/۴۰	۱۹/۲۲	۰/۰۰۱#
	بعد از مطالعه	۱۲/۸±۲/۲۲	۱۴/۹±۱/۶۷	۹/۱±۱/۲۰		
	p (درون گروهی)	۰/۰۱*	۰/۰۰۱ *	۰/۸۵		
مقاومت به انسولین	قبل از مطالعه	۲/۶۷±۰/۷۲	۲/۹۷±۰/۷۱	۲/۹۱±۰/۹۲	۳۸/۱۲	۰/۰۰۱#
	بعد از مطالعه	۱/۴۳±۰/۱۲	۱/۵۱±۰/۲۰	۲/۹۷±۰/۷۰		
	p (درون گروهی)	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱ *	۰/۵۱		
HDL (میلی گرم/دسی متر)	قبل از مطالعه	۴۲/۳۵ ±۴/۴۰	۴۰/۲۵ ±۳/۴۲	۴۱/۵۰ ±۴/۵۱	۱۶/۸۲	۰/۰۰۱#
	بعد از مطالعه	۴۹/۳۷ ±۴/۴۰	۴۷/۵۱ ±۳/۶۴	۴۰/۳۸ ±۴/۸۴		
	p (درون گروهی)	۰/۰۰۲ *	۰/۰۰۱ *	۰/۷۲		
LDL (میلی گرم/دسی متر)	قبل از مطالعه	۱۲۵/۵۹ ±۱۸/۳۱	۱۲۸/۴۱ ±۱۷/۸۷	۱۲۷/۳۶ ±۲۵/۵۴	۳۸/۱۲	۰/۰۰۱#
	بعد از مطالعه	۱۰۱/۱۲ ±۱۸/۳۱	۱۱۳/۰۰ ±۱۷/۸۷	۱۲۰/۳۶ ±۲۷/۷۴		
	p (درون گروهی)	۰/۰۰۱ *	۰/۰۰۴ *	۰/۶۳		
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	قبل از مطالعه	۳۱/۰۱ ±۳/۴۲	۳۰/۳۷ ±۴/۴۰	۳۰/۵۰ ±۴/۵۱	۲۷/۷۸	۰/۰۰۱#
	بعد از مطالعه	۳۵/۷۶±۵/۱۹	۳۳/۸۱±۴/۸۵	۳۰/۶۸±۴/۲۷		
	p (درون گروهی)	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۸*	۰/۷۲		

* نشانه تفاوت معنی دار نسبت به قبل از مطالعه در سطح ۰/۰۵ >p؛ # نشانه معنی دار بین گروه ها در سطح ۰/۰۵ >p.

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مورد مقایسه زوجی متغیرها

مداخله		آیریزین (میکروگرم/میلی لیتر)		مقاومت به انسولین		HDL (میلی گرم/دسی متر)		LDL (میلی گرم/دسی متر)		حداکثر اکسیژن مصرفی (لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	
	گروه ها	تفاوت میانگین	p	تفاوت میانگین	P	تفاوت میانگین	p	تفاوت میانگین	p	تفاوت میانگین	p
تمرین تناوبی شدید	کنترل	۳/۷۰	۰/۰۰۱ *	-۱/۵۴	۰/۰۰۱ *	۸/۹۹	۰/۰۲ *	-۱۹/۲۴	۰/۰۰۱ *	۵/۰۸	۰/۰۰۱ *
	تمرین تداومی متوسط	-۲/۱۰	۰/۰۰۱ *	-۰/۰۸	۰/۰۳ *	۱/۸۶	۰/۱۴	-۱۱/۸۸	۰/۰۳ *	۱/۹۵	۰/۰۷
تمرین تداومی متوسط	کنترل	۵/۸۰	۰/۰۰۱ *	-۱/۴۶	۰/۰۰۱ *	۷/۱۳	۰/۰۰۱ *	-۷/۳۶	۰/۰۰۱ *	۳/۱۳	۰/۰۰۱ *

*نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح معنی داری ۰/۰۵ >p.

علمی، آیریزین می تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم، مانع از تجمع تری گلیسرید شود. در این زمینه، آیریزین ممکن است مسیر پیام رسانی گیرنده آلفا فعال شده از طریق تکثیر پروکسی زوم[1] (PPAR-α) را تعدیل کند که یک تنظیم کننده کلیدی متابولیسم چربی است و می‌تواند اکسیداسیون چربی را از طریق یک مکانیسم گرمازایی هماهنگ کند (حسین زاده و دیگران، ۲۰۲۰). به این صورت که این مایوکاین از طریق افزایش انقباضات عضلانی

1. Peroxisome proliferator–activated receptors α

که حین اجرای فعالیت ورزشی ایجاد می گردد، باعث افزایش بیان PGC1-α (به عنوان مسیر ژنتیکی آیریزین درون پلاسمایی) می شود. آیریزین گیرنده های سطح سلولی دارد و باعث قهوه ای شدن بافت چربی زیرپوستی و احشایی و گرمازایی در بدن می‌گردد. بنابراین انرژی مصرفی کل بدن را افزایش می‌دهد (بوستروم و دیگران، ۲۰۱۲). تحقیقات نشان داده اند که میزان بیان ژن PGC1-α و مقادیر سرمی آیریزین، با شدت تمرین و عضلات درگیر در فعالیت ورزشی، رابطه مستقیم دارند (کوکس[1] و دیگران، ۲۰۱۶). تمرینات MCT از طریق مسیرهای وابسته به فسفات و کلسیم - کالمودولین، موجب افزایش بیان PGC1-α می‌گردند (شیروانی و عرب‌زاده، ۲۰۲۰) و HIIT با بهره گیری از عضلات تند انقباض و بکار گیری حجم عضلانی بیشتر، می تواند اثر گذاری بیشتری در رهایش آیریزین به داخل سرم داشته باشد (کوکس و دیگران، ۲۰۱۶).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، مقاومت به انسولین پس از اجرای HIIT و MCT کاهش معنی داری پیدا کرد. همسو با تحقیق حاضر، عصارزاده نوش آبادی و دیگران (۲۰۱۲) در مطالعات خود نشان داده اند که ترکیب تمرینات قدرتی و استقامتی در مردان غیرفعال، موجب کاهش معنی دار غلظت انسولین و شاخص مقاومت به انسولین می شود. همچنین نتایج تحقیق اسلامی (۲۰۱۹) نشان داده که ترکیب تمرینات قدرتی و استقامتی با هم، باعث کاهش مقاومت به انسولین در افراد دارای اضافه وزن می شود. لی[2] و دیگران (۲۰۱۳) نشان داده اند که در پاسخ به مداخله هشت هفته ای و مداخله غذایی (کاهش کالری دریافتی روزانه به میزان ۱۲۰۰ کیلوکالری در روز)، مقاومت به انسولین کاهش پیدا می کند. با این حال، خدادادی و دیگران (۲۰۱۴) با بررسی اثر HIIT و پیلاتس بر مقاومت به انسولین زنان دارای اضافه وزن، عدم تغییر معنی دار این شاخص را گزارش کرده اند. در توضیح مکانیسم‌های اصلی درگیر در مقاومت به انسولین می توان گفت که کاهش این شاخص پس از تمرین می‌توانند به دلیل افزایش پروتئین‌های ناقل گلوکز-۴[3] (GLUT4)، افزایش پاک سازی اسیدهای چرب آزاد، افزایش تحویل گلوکز به عضلات، افزایش فعالیت آنزیم های گلیکوژن سنتتاز و هگزوکیناز[4]، تغییر در ترکیب عضله به منظور افزایش برداشت گلوکز (عطارزاده حسینی و دیگران، ۲۰۱۵) و تغییر در افزایش تمایل عضلات به گلوکز در دسترس باشد (دشتی خویدکی و دیگران، ۲۰۱۸). علت دیگر کاهش مقاومت به انسولین پس از تمرین را می‌توان به کاهش تودۀ چربی نسبت داد (پاسمن[5] و دیگران، ۱۹۹۸). اغلب مطالعاتی که کاهش این شاخص را به دنبال برنامه تمرینی گزارش کرده‌اند، از تمرین با شدت نسبتاً بالا استفاده کرده اند (دشتی خویدکی و دیگران، ۲۰۱۸). عضلات، مسئول جذب بیش از ۸۰ درصد گلوکز بعد از صرف غذا هستند که با تحریک انسولین صورت می گیرد (دفرونزو و تریپاتی[6]، ۲۰۰۹). حین تمرین، تحریک جذب گلوکز مستقل از انسولین بوده و به جای آن، از طریق مسیرهای ناشی از انقباض فعال می‌شود. روشن است که جذب گلوکز بدون حضور انسولین (هنگام تمرین)، می‌تواند برای افرادی که در برابر انسولین مقاوم‌اند یا دچار کمبود انسولین هستند، فواید بالینی سریع به همراه داشته باشد (استفنسون[7] و دیگران، ۲۰۱۴). همسو با یافته های حاضر، بسیاری از مطالعات پیشین از بهبود مقاومت به انسولین در پاسخ به MICT و HIIT حمایت می کنند و گزارش کرده اند که هر دوی این تمرینات می‌توانند باعث بهبود مقاومت به انسولین شوند. با این حال، برخی مطالعات نقش مؤثرتر HIIT و برخی دیگر، نقش بهتر MICT بر بهبود مقاومت به انسولین را گزارش کرده اند. دلیل این بهبودی ممکن است بخاطر نوع اثرگذاری تمرین بر اندازۀ آدیپوسیت ها باشد (خلفی و دیگران، ۲۰۱۸) و از طرفی، در رابطه با وجود تفاوت معنی‌دار بین شیوه‌های MICT و HIIT، می توان گفت که احتمالاً پارامترهای هر دو شیوه تمرینی سازگاری های مشابهی ایجاد نمی کند و با استناد به پیشینه تحقیقات موجود، نقش شدت فعالیت ورزشی در فرآیند بازتوانی پس از فعالیت ورزشی، بسیار مهم است.

در مطالعه حاضر، پس از هشت هفته MICT و HIIT، شاخص HDL افزایش و LDL کاهش یافت. بر اساس نتایج تحقیق اسلامی (۲۰۱۹)، ترکیب تمرینات قدرتی و استقامتی با هم، موجب بهبود LDL افراد دارای اضافه وزن می شود؛ اما اثری بر HDL ندارد. کانان[8] و دیگران (۲۰۱۴) تاثیر ۱۵ هفته MICT و HIIT را بررسی و مشاهده کرده اند که پس از هر دو نوع تمرین یاد شده، میزان کلسترول، BMI، و LDL کاهش؛ و بر عکس، HDL افزایش پیدا می کند. در پژوهشی دیگر، حاجی نیا و دیگران (۲۰۲۰) دریافته اند که برنامه HIIT و تمرین مقاومتی با شدت بالا، موجب بهبود شاخص‌های نیمرخ لیپیدی، ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی افراد دارای اضافه وزن و چاق می شود؛ این در حالی بود که اثر تمرین مقاومتی با شدت بالا نسبت به HIIT، تا حدودی

1. Cocks
2. Lee
3. Glucose transporter 4
4. Glycogen synthetase and Hexokinase
5. Pasman
6. DeFronzo & Tripathy
7. Stephenson
8. Kannan

بیشتر بود. در همین رابطه، پاشایی و دیگران (۲۰۲۰) نشان داده اند کهHIIT و تمرین ترکیبی، به‌دلیل اعمال تأثیرات مضاعف ناشی از سازوکارهای جبرانی، به‌نحو مطلوب‌تری می‌توانند منجر به کاهش وزن، تعدیل عوامل متابولیک، کاهش کلسترول تام، LDL، تری گلیسیرید، BMI، درصد چربی بدن و افزایش HDL در زنان میان‌سال اضافه‌وزن یا چاق شود. در تبیین این نتایج می توان گفت که دو نوع پروتکل MICT و HIIT نیازمند کاتابولیسم گلوکز هستند و در دوره بازگشت به حال اولیه پس از ورزش، بازسازی گلیکوژن از نظر متابولیکی در اولویت است و این باعث سوخت بیشتر چربی ها به دنبال فعالیت ورزشی می‌شود. این موضوع را می توان توسط افزایش حذف یون هیدروژن و لاکتات خون برای بازسازی گلیکوژن و افزایش میزان هورمون رشد توضیح داد که بیانگر تاثیر مطلوب تمرین بر نیمرخ لیپیدی است (پاشایی و دیگران، ۲۰۲۰). به علاوه، اعتقاد بر آن است که عضلات درگیر درHIIT ، تولید و مصرف انرژی و نهایتاً، مقدار مصرف چربی ها و کربوهیدرات ها را افزایش می‌دهند (لامونتاگن[1] و دیگران، ۲۰۰۷) و بسیاری از متخصصان بیوشیمی ورزشی معتقدند که HIIT اثر بهتری بر کاهش LDL پلاسما دارد (جعفری و دیگران، ۲۰۱۳).

در نهایت، تحقیق حاضر نشان داد که حداکثر اکسیژن مصرفی (توان هوازی) پس از هشت هفته MICT و HIIT به طور معنی دار افزایش می یابد. این تغییر پس از HIIT و MCT به نقش بیوژنز میتوکندریایی، گسترش شبکه مویرگی، کمپلیانس شریانی[2] و تنظیم افزایشی PGC1-α نسبت داده شده است (اسمی رایان[3] و دیگران، ۲۰۱۵). بدان معنی که افزایش فعال سازی PGC1-α، خود اثرات مثبتی بر ظرفیت اکسیداتیو و مصرف گلوکز دارد. از سایر مکانیسم‌های احتمالی افزایش این شاخص پس از MICT و HIIT؛ می‌توان به افزایش شبکه مویرگی، چگالی میتوکندریایی، گلیکوژن عضلانی، اندازه میوفیبریل ها، و بهبود فعالیت آنزیم‌های گلیکولیزی و اکسیداتیوی اشاره کرد (حاجی نیا و دیگران، ۲۰۲۰). راسیل[4] و دیگران (۲۰۱۶) گزارش کرده اند که کاهش توده چربی پس از دوره های تمرین، می تواند به عضلات اسکلتی برای دوره های طولانی فعالیت ورزشی کمک کرده و باعث بهبودی حداکثر اکسیژن مصرفی شود (راسیل و دیگران، ۲۰۱۶). در تحقیق حاضر پروتکل های MICT و HIIT موجب بهبود توان هوازی شدند، ولی تفاوت معنی داری بین دو شیوه MICT و HIIT مشاهده نشد.

هر چند نتایج این پژوهش از آثار مطلوب MICT و HIIT بر بهبود آیریزین حمایت می کند، بنا به وجود پاره‌ای محدودیت ها در مطالعه حاضر؛ از جمله عدم بررسی مسیرهای پیام دهی آیریزین، عدم اندازه گیری تغییرات سطوح پروتئین آیریزین (که خود نشان دهنده تغییرات پس ترجمانی و میزان تغییر واقعی این متغیر است)، و عدم کنترل دقیق تغذیه آزمودنی ها؛ اظهار نظر قطعی نیاز به مطالعات بیشتر در آینده دارد.

نتیجه گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای منظم تمرینات هوازی در قالب پروتکل های MICT و HIIT با اثرگذاری بر آیریزین، مقاومت به انسولین و بعضی از متغیرهای نیمرخ های لیپیدی؛ می توانند در کاهش عوارض ناشی از اضافه وزن موثر باشند. هرچند اثر تمرین MICT نسبت به HIIT تا حدودی بیشتر است.

تعارض منافع

این پژوهش حامی مالی نداشته و نویسندگان مقاله هیچ گونه تعارض منافعی برای انتشار این مقاله ندارند

قدردانی و تشکر

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب در دانشگاه پیام نور است. بدین وسیله پژوهش گران از تمام افرادی که در انجام پایان نامه حاضر همکاری داشته اند، قدردانی می نمایند.

منابع

Aram, S., Ghofrani, M., & Salehikia, A. (2016). Effect of combination of a ten-week aerobic exercise and vitamin E supplement on blood pressure, heart rate and VO2max of addicted women. *Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences, 20***(1), 16-24. [In Persian], http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-2967-en.html.**

Archundia-Herrera, C., Macias-Cervantes, M., Ruiz-Muñoz, B., Vargas-Ortiz, K., Kornhauser, C., & Perez-Vazquez, V. (2017). Muscle irisin response to aerobic vs HIIT in overweight female adolescents. *Diabetology & Metabolic Syndrome Journal, 9***(1), 1-7. https://doi.org/10.1186/s13098-017-0302-5.**

Assarzade Noushabadi, M., & Abedi B. (2012). The combined effects of exercise on insulin resistance and some inflammatory markers in men inactivemen .*Quarterly Journal of the Internal Medicine Today, 18***(3), 96-101. [In Persian], http://imtj.gmu.ac.ir/article-1-1302-en.html.**

1. Lamontagne
2. Arterial compliance
3. Smith-Ryan
4. Racil

Attarzadeh Hosseini, S.R., Mir, E., Hejazi, K., & Mir Sayeedi, M. (2015). The effect of eight weeks combined training on some insulin resistance markers in middle-aged men. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences, 58***(3), 129-136. [In Persian], https://doi.org/10.21859/sija-110120.**

Borhani Kakhki, Z., Naibifar, S., Nakhaei, H., & Ghasemi, E. (2022). The effect of eight weeks of high-intensity interval training vs. continuous training on serum Irisin levels and expression of skeletal muscle PGC-1α gene in male rats with metabolic syndrome. *Journal of Sport and Exercise Physiology, 15***(2), 95-103. [In Persian], https://doi.org/10.52547/joeppa.15.2.95.**

Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., ... & Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1-α-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature, 481***(7382), 463-468. https://doi.org/10.1038/nature10777.**

Cocks, M., Shaw, C.S., Shepherd, S.O., Fisher, J.P., Ranasinghe, A., Barker, T.A., & Wagenmakers, A.J. (2016). Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD(P) Hoxidase protein ratio in obese men. *Journal of Physiology, 594***(8), 2307-2321. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.285254.**

Dashti Khavidaki, M.H., Faramarzi, M., Azamian Jazi, A., & Banitalebi, E. (2018). Effect of endurance training intensity (low, moderate and high) on the expression of skeletal muscle ATGL protein and serum levels of insulin and glucose in male diabetic rats. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 23***(2), 92-102. [In Persian], https://doi.org/10.29252/sjku.23.2.92.**

Davis, M.E., Blake, C., Perrotta, C., Cunningham, C., & O'Donoghue, G. (2022). Impact of training modes on fitness and body composition in women with obesity: A systematic review and meta-analysis. *Journal of The Obesity Society, 30***(2), 300-319. https://doi.org/10.1002/oby.23305.**

DeFronzo, R.A., & Tripathy, D. (2009). Skeletal muscle insulin resistance is the primary defect in type 2 diabetes. *Diabetes Care, 32***(suppl 2), S157-S163. https://doi.org/10.2337/dc09-s302.**

Egan, B., & Zierath, J.R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism, 17***(2), 162-184. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012.**

Eslami, R. (2019). Effects of concurrent training on chemerin, irisin, insulin resistance and lipid profile in children girls with overweight. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 7***(14), 117-127. [In Persian], https://doi.org/10.22077/jpsbs.2017.758.1259.**

Ghorbani, M. (2015). A review of type 2 diabetes and obesity. *New Cellularand Molecular Biotechnology Journal, 5***(18), 9-14. [In Persian], http://ncmbjpiau.ir/article-1-618-en.html.**

Gillen, J., Little, J., Punthakee, Z., Tarnopolsky, M., Riddell, M., & Gibala, M. (2012). Acute high-intensity interval exercise reduces the postprandial glucose response and prevalence of hyperglycaemia in patients with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism, 14***(6), 575-577. https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2012.01564.x.**

Hajinia, M., Haghighi, A., & Askari, R. (2020). The effect of high-intensity interval training and high-intensity resistance training on the Lipid profile and body composition in overweight and obese men. *Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, 8***(3), 61-74. [In Persian], https://doi.org/10.1139/cjpp-2021-0712.**

Hoseinzadeh, M., Rashidlamir, A., Sadeghi fazel, F., & Khajei, R. (2020). The effect of eight weeks progressive resistance and endurance training on liver tissue and gastrocnemius muscle's irisin levels in male rats. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 27***(3), 340-346. [In Persian], https://jsums.medsab.ac.ir/article_1306.html.**

Huh, J.Y., Siopi, A., Mougios, V., Park, K.H., & Mantzoros, C.S. (2015). Irisin in response to exercise in humans with and without metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 100***(3), E453-E457. https://doi.org/10.1210/jc.2014-2416.**

Jafari, A., Khazaei, S.F., & Alipour, M.R. (2013). Effect of four weeks concurrent training (aerobics-resistance) and caffeine supplementation on body composition and lipid profile in overweight girls. *International Journal of Sport Sciences for Health, 6***(6), 383-390. http://cmja.arakmu.ac.ir/article-1-501-en.html.**

Jamshidi, O., Doostipasha, M., Razavi, S.M.H., & Gudarzi, M. (2018). Adjustment of optimal sorts site selection criteria for elderly using analytical hierarchy process and geographic information system. *Salmand: Iranian Journal of Ageing, 12***(4), 506-517. [In Persian], https://doi.org/10.21859/sija.12.4.506.**

Jokar, M., Sherafati Moghadam, M., & Daryanoosh, F. (2021). The effect of a period of high-intensity interval training on the content of AMPK and PGC-1α proteins in the heart muscle tissue of rats with type 2 diabetes. *Daneshvar Medicine, 29***(1), 23-34. [In Persian], https://doi.org/10.18502/ssu.v29i11.8502.**

Kannan, U., Vasudevan, K., Balasubramaniam, K., Yerrabelli, D., Shanmugavel, K., & John, N.A. (2014). Effect of exercise intensity on lipid profile in sedentary obese adults. *Journal of Clinical and Diagnostic Research, 8***(7), BC08. https://doi.org/10.7860/jcdr/2014/8519.4611.**

Karimi, N., & Dabidi Roshan, V. (2020). Prediction of non-exercise equation for estimating cardiorespiratory fitness and livestigation of the effective components on society: an analytic (case-control) study. *Urmia Medilcal Journal, 3***(10), 779-790. [In Persian], http://umj.umsu.ac.ir/article-1-4913-en.html.**

Kartinah, N., Sianipar, I., Nafi'ah, N. A., & Rabia, R. (2018). The effects of exercise regimens on irisin levels in obese Rats model: comparing high-intensity intermittent with continuous moderate-intensity training. *BioMed Research International, 2018*, **1-7. https://doi.org/10.1155/2018/4708287.**

khalafi, M., Mohebbi, H., Karimi, P., Faridnia, M., & Tabari, E. (2018). The effect of high intensity interval training and moderate intensity continuous training on mitochondrial content and PGC-1α of subcutaneous adipose tissue in male rats with high fat diet induced obesity. *Journal of Sport Biosciences, 10***(3), 297-315. [In Persian], https://doi.org/10.3390/nu12040925.**

Khodadadi, H., Rajabi, H., Attarzadeh Hosseini, S.R., & Abbasian, S. (2014). The effect of high intensity interval training (HIIT) and pilates on levels of irisin and insulin resistance in overweight women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism, 16***(3), 190-196. [In Persian], http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-1709-en.html.**

Kim, H.-J., Lee, H.-J., So, B., Son, J.S., Yoon, D., & Song, W. (2016). Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological Research, 65***(2), 271-279. https://doi.org/10.33549/physiolres.932997.**

Lamontagne, J., Masiello, P., Marcil, M., Delghingaro-Augusto, V., Burelle, Y., Prentki, M., & Nolan, C.J. (2007). Circulating lipids are lowered but pancreatic islet lipid metabolism and insulin secretion are unaltered in exercise-trained female rats. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 32***(2), 241-248. https://doi.org/10.1139/h06-105.**

Lee, M.K., Chu, S.H., Lee, D.C., An, K.Y., Park, J.H., Kim, D.I., ... & Lee, J.W. (2013). The association between chemerin and homeostasis assessment of insulin resistance at baseline and after weight reduction via lifestyle modifications in young obese adults. *Clinica Chimica Acta, 421***(4), 109-115. https://doi.org/10.1016/j.cca.2013.02.017.**

Moussa, E., Zouhal, H., Vincent, S., Proiux, J., Delamarche, P., & Gratas-Delamarche, A. (2003). Effect of sprint duration (6 s or 30 s) on plasma glucose regulation in untrained male subjects. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 43*(4), 546-553. https://doi.org/10.1016/s0765-1597(03)00161-8.

Pashaei, Z., Jafari, a., & Alivand, M. (2020). The effect of eight weeks high- intensity interval training with and without with resistance training on lipid profiles and glucose homeostasis in overweight/obese middle-aged women. *Pejouhesh dar Pezeshki (Research in Medicine), 44*(4), 554-561. [In Persian], https://doi.org/10.34172/mj.2020.084.

Pasman, W., Westerterp-Plantenga, M., & Saris, W. (1998). The effect of exercise training on leptin levels in obese males. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism, 274*(2), E280-E286. https://doi.org/10.1152/ajpendo.1998.274.2.e280.

Pekkala, S., Wiklund, P. K., Hulmi, J. J., Ahtiainen, J. P., Horttanainen, M., Pöllänen, E., ... & Cheng, S. (2013). Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health? *The Journal of Physiology, 591*(21), 5393-5400. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.263707.

Polyzos, S.A., Kountouras, J., Shields, K., & Mantzoros, C.S. (2013). Irisin: a renaissance in metabolism? *Metabolism-Clinical and Experimental, 62*(8), 1037-1044. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2013.04.008.

Racil, G., Coquart, J., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... & Chamari, K. (2016). Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of Sport, 33*(2), 145. https://doi.org/10.5604/20831862.1198633.

Rezaeimanesh, D. (2020). Effects of interval training on irisin and insulin resistance in overweight men. *Archives of Pharmacy Practice, 11*(S1), 78-83.

Shirvani, H., & Arabzadeh, E. (2020). Metabolic cross-talk between skeletal muscle and adipose tissue in high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training by regulation of PGC-1α. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia. Bulimia and Obesity, 25*(1), 17-24. https://doi.org/10.1007/s40519-018-0491-4.

Stephenson, E.J., Smiles, W., & Hawley, J.A. (2014). The relationship between exercise, nutrition and type 2 diabetes. *Medicine and Sport Science, 60*, 1-10. https://doi.org/10.1159/000357331.

Tsuchiya, Y., Ando, D., Goto, K., Kiuchi, M., Yamakita, M., & Koyama, K. (2014). High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine, 233*(2), 135-140. https://doi.org/10.1620/tjem.233.135.

Yazdanian, N., Asad, M.R., & Rahimi, M. (2018). The effect of high intensity interval training and moderate-intensity continuous training on PGC1α and VEGF in heart muscle of male Wistar rats. *Sport Physiology, 10*(38), 111-124. [In Persian], https://doi.org/10.22089/spj.2018.1160.

Zhang, C., Ding, Z., L.V, G., Li, J., Zhou, P., & Zhang, J. (2016). Lower irisin level in patients with type 2 diabetes mellitus: A case–control study and meta-analysis. *Journal of Diabetes, 8*(1), 56-62. https://doi.org/10.1111/1753-0407.12256.