

Original Article

Responses of Plasma Levels of Irisin, Follistatin and Insulin Resistance Index to Two Types of High Intensity Interval Training in Overweight Men

Davar Rezaeimanesh*

Department of General Courses and Basic Sciences, the College of Maritime Economics and Management, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

Abstract

Background and Purpose: Irisin is an exercise-stimulated hormone that affects white adipose tissue and brown adipose tissue. Based on the previous studies, physical activity increases the expression of proteins such as follistatin, which causes weight loss by increasing energy expenditure and through this has an effect on the insulin resistance index. The present study aimed to investigate the response of plasma levels of irisin, follistatin, and insulin resistance index to two types of high-intensity interval training (HIIT) in overweight men.

Materials and Methods: For this purpose, 33 overweight men (mean age 22.9 ± 2.11 years, weight 82.45 ± 6.1 kg, body mass index 26.7 ± 1.22 kg/m²) who were able to regularly attend physical activity voluntarily participated in the study and were randomly divided into three groups: 30-s HIIT groups (HIIT-30), 60-s HIIT (HIIT-60), and control. The training protocol was performed three sessions per week for eight weeks. The HIIT-30 exercise program included eight repetitions of 30-second activity at an intensity of 80-90% of the maximum heart rate with a two-minute recovery for the first four weeks, ten repetitions for the fifth and sixth weeks, and twelve repetitions for the seventh and eighth weeks. The HIIT-60 exercise program included four repetitions of 60-second activity at an intensity of 80-90% of the maximum heart rate with a four-minute recovery for the first four weeks, five repetitions for the fifth and sixth weeks, and six repetitions for the seventh and eighth weeks. The control group did not attend any regular exercise program during the research. Blood samples were taken to measure levels of Irisin, follistatin, and determine the insulin resistance index. One-way analysis of variance (ANOVA) and paired t-test were utilized at a level of $P < 0.05$ to compare means of parameters.

Results: The within-group comparisons for irisin and follistatin data showed that there is a significant difference between pre-test and post-test in the 30-s HIIT and 60-s HIIT groups ($P < 0.05$). The results of ANOVA indicated that the 30-s HIIT and 60-s HIIT protocols increased the levels of irisin ($P < 0.05$), follistatin ($P < 0.05$), and reduced insulin resistance index significantly ($P < 0.05$). The between-group comparisons of the data showed no significant differences between the HIIT-30 group and the HIIT-60 group for all variables.

Conclusion: According to the results of this research, it could be concluded that, the two HIIT methods of 30 and 60 seconds by increasing irisin and follistatin levels can cause weight loss, treat obesity and improve the insulin resistance index in overweight men.

Keywords: Irisin; Overweight, High-intensity interval training, Follistatin, Insulin resistance.

How to cite this article: Rezaeimanesh D. Responses of Plasma Levels of Irisin, Follistatin and Insulin Resistance Index to Two Types of High Intensity Interval Training in Overweight Men. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2024;16(4):31-40.

*Corresponding Author; E-mail: d.rezaeimanesh@kmsu.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2023.232503.1182>

Received: 26/07/2023

Revised: 01/11/2023

Accepted: 14/11/2023



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

پاسخ های سطوح پلاسمایی آیریزین، فولیستاتین و شاخص مقاومت انسولینی به دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا در مردان دارای اضافه وزن

داور رضایی منش*

گروه عمومی و علوم پایه، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: آیریزین یک هورمون تحریک شده در اثر فعالیت ورزشی است که بر بافت چربی سفید و بافت چربی قهوه‌ای اثرگذار است. بر پایه تحقیقات انجام گرفته فعالیت بدنی ضمن افزایش بیان پروتئین‌هایی مانند فولیستاتین با افزایش مصرف انرژی سبب کاهش وزن می‌شود و از این طریق بر شاخص مقاومت بر انسولین تأثیر دارد. هدف پژوهش حاضر بررسی پاسخ سطوح پلاسمایی آیریزین، فولیستاتین و شاخص مقاومت انسولینی به دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا در مردان دارای اضافه وزن بود.

مواد و روش‌ها: ۳۳ مرد دارای اضافه وزن (میانگین سنی ۲۲/۹±۲/۱۱ سال، وزن ۸۲/۴۵±۶/۱ کیلوگرم، شاخص توده بدنی ۲۶/۷±۱/۲۲ کیلوگرم بر متر مربع) که توانایی شرکت منظم در فعالیت‌های بدنی را داشتند، داوطلبانه در پژوهش حاضر شرکت کردند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی ساده به سه گروه تمرین تناوبی شدید ۳۰ ثانیه (HIIT-۳۰)، تمرین تناوبی شدید ۶۰ ثانیه (HIIT-۶۰) و کنترل تقسیم شدند. برنامه تمرینی به مدت هشت هفته، هر هفته سه جلسه اجرا شد. برنامه گروه HIIT-۳۰ شامل هشت و هله ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت دودقیقه‌ای در چهار هفته اول، ۱۰ و هله در هفته پنجم و ششم و ۱۲ و هله در هفته‌های هفتم و هشتم بود. برنامه تمرین گروه HIIT-۶۰ شامل چهار و هله ۶۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان بیشینه با استراحت چهاردقیقه‌ای در چهار هفته اول بود. به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار در هفته‌های پنجم و ششم یک و هله و در هفته‌های هفتم و هشتم یک و هله دیگر اضافه شد. در مدت اجرای پژوهش، گروه کنترل برنامه ورزشی منظمی نداشتند. نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری آیریزین، فولیستاتین به روش الیزا و تعیین شاخص مقاومت به انسولین گرفته شدند. برای مقایسه میانگین شاخص‌ها از تحلیل واریانس یکطرفه و تی زوجی در سطح $P \geq 0.05$ استفاده شد.

نتایج: ارزیابی درون‌گروهی داده‌ها نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه تمرینات HIIT-۳۰ و گروه تمرینات HIIT-۶۰ در متغیرهای آیریزین و فولیستاتین، تفاوت معناداری وجود دارد ($P > 0.05$). تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد که تمرینات HIIT-۳۰ و HIIT-۶۰ به افزایش معنادار در مقادیر آیریزین ($P > 0.05$) و فولیستاتین ($P > 0.05$) و کاهش معنادار شاخص مقاومت به انسولین ($P > 0.05$) منجر شد. مقایسه تغییرات بین‌گروهی نشان داد که بین گروه تمرینات HIIT-۳۰ و گروه تمرینات HIIT-۶۰ از نظر تأثیر بر متغیرهای پژوهش، تفاوت معناداری وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: بر پایه نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که دو شیوه تمرین تناوبی شدید ۳۰ و ۶۰ ثانیه‌ای می‌تواند از راه افزایش سطوح آیریزین و فولیستاتین ضمن کاهش اضافه وزن و درمان چاقی سبب بهبود شاخص مقاومت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن شود.

واژه‌های کلیدی: آیریزین، اضافه وزن، تمرین تناوبی شدید، فولیستاتین، مقاومت به انسولین.

* نویسنده مسئول: رایانامه: d.rezaimanesh@kmsu.ac.ir

مقدمه

اگرچه تأثیرات مفید ورزش بر تندرستی به اثبات رسیده است، اما سازوکارهای مولکولی که از راه آن ورزش از بیماری‌های مزمن پیشگیری می‌کند و سبب بهبود سلامتی می‌شود، به خوبی شناخته نشده‌اند (۱). بر پایه یافته‌های موجود، تمرینات ورزشی به‌طور مستقیم مصرف انرژی را افزایش می‌دهد و به‌طور غیرمستقیم بر تنظیم دریافت و هزینه انرژی، از راه کنترل ترشح هورمون‌های درگیر اثرگذار است (۲). اضافه وزن و چاقی بزرگ‌ترین چالش بهداشت جهانی است (۱). بررسی بیشتر این چالش نشان می‌دهد که توزیع فراوانی آن در بسیاری از کشورها تابع مؤلفه‌های زیادی از جمله جنسیت، سن، فعالیت بدنی، نوع رژیم غذایی و عوامل اجتماعی است (۲). اگرچه عوامل زیادی در فرایند افزایش وزن درگیرند، اما عدم تعادل بین دریافت و مصرف انرژی مهم‌ترین عامل اضافه وزن و چاقی است (۳). یکی از خواص اصلی تمرینات بدنی تبدیل بافت چربی سفید به بافت چربی قهوه‌ای است (۴). کاهش میزان بافت چربی سفید و افزایش بافت چربی قهوه‌ای از روش‌های مؤثر جلوگیری از بروز بیماری‌های سوخت‌وساز است (۵). بر اساس نتایج پژوهش‌ها، آیریزین پپتیدی است که از بافت عضلانی ترشح شده و سبب تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای می‌شود (۶). در حین یا بلافاصله پس از انجام تمرینات بدنی میوسیت‌ها، مولکول‌هایی به نام میوکین‌ها را ترشح می‌کنند که بیشتر شیمیوکین‌ها و سایتوکاین‌ها هستند. میوکین‌ها انواع مختلفی از فرایندهای سوخت‌وساز را در بافت‌ها و اندام‌های گوناگون نظیر کبد، استخوان‌ها، مغز یا بافت چربی را از راه مسیرهای پیام‌رسانی غدد درون‌ریز، پاراکرین یا اندوکراین تنظیم می‌کنند (۷). آیریزین محصول بیان پروتئین غشایی فیبرونکتین عضلانی (FNDC5) است که به‌طور عمده در عضلات تولید و توسط گیرنده فعال‌کننده تکثیر پروکسی زوم-۱ آلفا (PGC-1 α) تنظیم می‌شود. با انجام فعالیت‌های ورزشی بیان PGC-1 α از عضلات اسکلتی افزایش می‌یابد. بیان PGC-1 α باعث افزایش تحریک و تولید ژن FNDC5 که پیش‌ساز آیریزین است، می‌شود (۸). آیریزین در بافت چربی قهوه‌ای موجب بیان ژن پروتئین جفت‌نشده-۱ (UCP-1) می‌شود. بر پایه نتایج این پروتئین احتمالاً سبب تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای می‌شود. به نظر می‌رسد بافت چربی قهوه‌ای بر هومئوستاز گلوکز، حساسیت انسولینی، بیوژنز میتوکندری و سوخت‌وساز چربی اثرگذار است. برخی پژوهشگران این سازوکارها را مسیری در جهت کنترل دیابت، چاقی و پیامدهای وابسته به آن می‌دانند (۷). از آیریزین به‌عنوان یک هدف درمانی امیدوارکننده در بهبود چاقی و دیابت نوع دو نام برده می‌شود (۶). به نظر می‌رسد آیریزین

به مصرف انرژی بیشتر توسط آدیپوسیت‌ها کمک می‌کند. همچنین آیریزین از راه کمک به افزایش بیان آنزیم‌ها و میانجی‌های سوخت‌وسازی گوناگون سبب مهار تجمع چربی و مانع از تمایز پری‌آدیپوسیت‌ها به آدیپوسیت‌های بالغ می‌شود (۸). با این توصیف، آیریزین از راه بهبود هومئوستاز گلوکز سبب بهبود حساسیت به انسولین می‌شود و در نهایت از راه کنترل بیوژنز میتوکندری و سوخت‌وساز اکسایشی در بسیاری از سلول‌ها، در اختلالات سوخت‌وسازی از جمله چاقی و مقاومت به انسولین که با ورزش بهبود پیدا می‌کنند، نقش واسطه‌ای دارد (۵).

فولیستاتین نیز یکی دیگر از مایوکاین‌هاست که در همه بافت‌ها و به‌طور ویژه توسط عضلاتی اسکلتی بیان و ترشح می‌شود (۹). مهم‌ترین وظیفه این مایوکاین مهار اعمال پروتئین‌های خانواده تبدیل عامل رشد بتا (TGF- β) از جمله میوستاتین است. مهار میوستاتین به هاپیرتروفی عضله اسکلتی و کاهش توده چربی کمک می‌کند. افزایش ترشح فولیستاتین در بدن به‌عنوان یک سازوکار حفاظتی برای توده عضلانی عمل کرده و با کاتابولیسم توده چربی و سوزاندن چربی‌های اضافی به تنظیم ترکیب بدن کمک می‌کند و سبب بهبود چاقی یا اضافه وزن می‌شود (۱۰). در حضور فولیستاتین، میوستاتین قادر به اتصال به گیرنده خود نیست و بدین شکل عملکردش مختل می‌شود. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اجرای تمرینات ورزشی مقادیر فولیستاتین و نسبت فولیستاتین/میوستاتین را افزایش و مقادیر میوستاتین را کاهش می‌دهند (۱۱).

با توجه به اینکه چاقی و اضافه وزن از مشکلات جوامع امروزی است، جلوگیری و کاهش آن امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر آیریزین از راه کمک به افزایش بیان آنزیم‌ها و میانجی‌های سوخت‌وسازی گوناگون سبب مهار تجمع چربی می‌شود (۱۰). پژوهشگران زیادی بر نقش مثبت اثر ورزش بر آیریزین اشاره کرده‌اند (۴-۸)، اما برخی پژوهش‌ها این نظریه را رد می‌کنند (۱۱). نتایج پژوهشگران پیشین نشان می‌دهد تمرینات ورزشی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر بیان و ترشح آیریزین است (۱۲). یافته‌های پژوهش کولیپتس و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که تمرینات تناوبی با شدت بالا (high-intensity interval training) نسبت به تمرینات مداوم با شدت متوسط موجب افزایش بیشتری در سطوح آیریزین در آزمودنی‌های جوان می‌شود (۱۳). نتایج برخی پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که تمرینات HIIT تأثیرات مفید و حتی بهتری نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط بر کاهش توده چربی بدن دارد (۱۴). تمرینات تناوبی شامل دوره‌های متناوب تمرین و استراحت است. تناوب شدت و مدت تمرین و استراحت بین وهله‌های آن به ایجاد تمرینات متنوع

از پزشک متخصص مجوز شرکت در فعالیت ورزشی را دریافت کردند. همچنین از طریق پرسشنامه سبک زندگی با ضرایب پایایی ۰/۸۴ تا ۰/۹۴ و ضرایب آلفای کرونباخ در دامنه ۰/۷۶ تا ۰/۸۹، عدم فعالیت ورزشی منظم آنها مشخص شد. سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی ساده به سه گروه تمرینات HIIT-30، تمرینات HIIT-60 و کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرین برنامه‌های مربوط را به مدت هشت هفته (هر هفته سه جلسه) اجرا کردند. گروه کنترل در طول دوره پژوهش به شکل منظم هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشتند.

روش اجرای پژوهش: ابتدا از آزمودنی‌ها دعوت به عمل آمد تا در جلسه توجیهی آشنایی با مراحل پژوهش شرکت کنند. در این جلسه آزمودنی‌ها با نحوه انجام برنامه‌های اجرایی پژوهش آشنا شدند و فرم‌های رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. سپس توسط دستگاه قدسنج نوع VG200 ساخت ژاپن و دستگاه تحلیل ترکیب بدنی نوع Inbody 720 ساخت کره جنوبی به روش مقاومت الکتریکی زیستی به ترتیب قد، وزن، ترکیب بدنی و درصد چربی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. یک روز پیش از شروع برنامه تمرین از تمام آزمودنی‌ها برای حضور در آزمایشگاه دعوت به عمل آمد. در آزمایشگاه پس از اینکه آزمودنی‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در وضعیت نشسته استراحت کردند، به منظور تعیین سطوح پایه آیریزین، فولیستاتین، قند خون ناشتا و انسولین ده میلی لیتر خون از ورید جلو بازویی توسط متخصص آزمایشگاه گرفته شد. ۲۴ ساعت پس از آن آزمودنی‌های گروه‌های تجربی در هشت هفته تمرینات HIIT-30 و HIIT-60 شرکت کردند. در پایان و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، مجدداً ده میلی لیتر خون از آزمودنی‌های گروه‌های تجربی و گروه کنترل که در این مدت به شکل منظم هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشتند، گرفته شد. هر دو مرحله نمونه‌گیری خونی بین ساعت هشت تا نه صبح و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی به عمل آمد.

برنامه تمرین تناوبی شدید: آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی هشت هفته و هر هفته سه جلسه برنامه‌های تمرین را اجرا کردند. هر جلسه تمرینی شامل مرحله گرم کردن، برنامه اصلی تمرین و مرحله سرد کردن بود. گرم کردن ده دقیقه فعالیت هوازی، شامل دویدن آرام، حرکات کششی، جنبشی و دویدن با بیشترین سرعت در مسافت ۲۰ متر به صورت رفت و برگشت بود. برنامه گروه HIIT-30 شامل هشت وهله ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه با استراحت دودقیقه‌ای در چهار هفته اول، ده وهله در هفته‌های پنجم و ششم و ۱۲ وهله در هفته‌های هفتم و هشتم بود. برنامه تمرین گروه HIIT-60 شامل چهار وهله ۶۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۸۰ تا ۹۰ درصد ضربان بیشینه

منجر می‌شود. تمرینات HIIT نوعی تمرین شدید است که در آن وهله‌های فعالیت شدید با بازیافت فعال یا غیرفعال از هم جدا می‌شود (۱۵). این تمرینات اکسایش چربی و کربوهیدرات را در عضله اسکلتی افزایش می‌دهد و محرک مناسبی برای کاهش وزن در مقایسه با تمرینات هوازی است. از طرفی فعالیت شدید سبب افزایش شایان توجه در هورمون‌های گردش خون می‌شود و از آنجاکه تمرینات HIIT جزء این گروه از تمرینات به‌شمار می‌روند، انتظار می‌رود این نوع تمرینات بتوانند در وضعیت هورمونی تغییر ایجاد کنند (۱۶). برخی تمرینات HIIT (نزدیک به بیشینه یا فوق بیشینه) ممکن است برای همه افراد قابل تحمل نباشد (۱۷). به همین دلیل، طراحی تمریناتی با شدت و تکرار به نسبت کمتر، اما با زمان طولانی‌تر شاید کارایی بهتری داشته باشد (۱۸). با توجه به نتایج به دست آمده مبنی بر تأثیر مثبت اجرای HIIT، بررسی تأثیر حجم‌های متفاوت آن بر کاهش وزن بدن و سایر تغییرات فیزیولوژیکی، حین اجرای آن ضروری به نظر می‌رسد. اگرچه بیشتر پژوهشگران باور دارند که تمرینات HIIT بهترین تمرین برای تندرستی و کاهش وزن است، تاکنون بهترین نوع، شدت و مدت HIIT مشخص نشده است و در این خصوص هنوز جای سؤال فراوانی وجود دارد. با این همه، پژوهشی که به این شکل اثر دو برنامه تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر آیریزین، فولیستاتین و برخی شاخص‌های گلیسمی را بررسی کند، یافت نشد. از این رو این پژوهش با هدف بررسی پاسخ سطوح پلاسمایی آیریزین، فولیستاتین و شاخص مقاومت انسولینی به دو نوع برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) در مردان دارای وزن انجام گرفت.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر به صورت نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. به این منظور از بین افراد دارای اضافه وزن با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۷ سال به صورت داوطلبانه ۳۳ نفر به عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت کردند. اندازه نمونه با در نظر گرفتن آزمون آماری، اندازه اثر ۰/۶، مقدار آلفای ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸، تعداد گروه‌ها و با احتساب حدود ۲۰ درصد تغییر در متغیرهای موردنظر با استفاده از نرم‌افزار جی پاور، ۳۳ نفر تعیین شد.

روش نمونه‌گیری به صورت هدفدار و در دسترس با استفاده از فراخوان عمومی صورت گرفت. پس از غربال اولیه از بین ۵۸ داوطلب، ۳۳ نفر که معیارهای ورود به پژوهش را داشتند، برگزیده شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل نمایه توده بدن (۲۵-۳۰) کیلوگرم بر متر مربع، سالم و عدم سابقه مصرف داروهای اثرگذار بر نیمرخ لیپیدی، عدم مصرف دخانیات، عدم سابقه اختلالات خواب، بیماری‌های قلبی-عروقی، بیماری‌های کبدی، کلیوی و روانی بود. افراد نمونه

مقایسه میانگین پارامترها از تحلیل واریانس یکطرفه و تی زوجی استفاده شد. تحلیل‌های آماری در سطح آماری $P \leq 0.05$ و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام گرفت.

نتایج

بر پایه نتایج آزمون شاپیروویلیک، توزیع داده‌ها در همه متغیرها در سه گروه طبیعی بود. همگونی واریانس‌ها نیز با آزمون لوون بررسی شد.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه برای آیریزین نشان داد که بین میانگین غلظت آیریزین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که میانگین غلظت آیریزین گروه تمرینات HIIT-60 نسبت به گروه کنترل به طور معناداری بالاتر بود ($P < 0.05$) (شکل ۱).

در باره فولیستاتین نتایج آزمون آنووا نشان داد که بین میانگین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$). بررسی نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که غلظت فولیستاتین گروه تمرینات HIIT-60 نسبت به گروه کنترل به طور معناداری بالاتر بود ($P < 0.05$) (شکل ۲).

ارزیابی درون گروهی داده‌ها نشان داد که بین پیش و پس آزمون گروه تمرینات HIIT-60 و گروه تمرینات HIIT-30 در متغیرهای آیریزین و فولیستاتین، تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$).

همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد که بین میانگین وزن، شاخص توده بدنی (BMI) و شاخص مقاومت انسولین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$). آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که تغییرات بین گروه تمرینات HIIT-60 و کنترل در شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی معنادار بوده است ($P < 0.05$). بین گروه تمرینات HIIT-30 و کنترل در شاخص مقاومت به انسولین، درصد چربی و شاخص توده بدن نیز تفاوت معنادار بود ($P < 0.05$).

با استراحت چهاردقیقه‌ای در چهار هفته اول بود. به منظور رعایت اصل اضافه‌بار در هفته‌های پنجم و ششم یک وهله و در هفته‌های هفتم و هشتم یک وهله دیگر اضافه شد. در پایان نیز پنج دقیقه سرد کردن با راه رفتن و انجام حرکات کششی اجرا شد (۱۶).

روش‌های آزمایشگاهی: یک روز پیش از شرکت در تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین ده میلی لیتر خون با رعایت اصول بهداشتی، از هر سه گروه گرفته شد. نمونه‌های خونی به مدت ده دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و پلاسما آنها جدا شد. پلاسما به دست آمده در میکروتیوب‌های مخصوص ریخته شده و در دمای -80°C درجه سانتی‌گراد منجمد و تا روز ارزیابی نگهداری شد. سطوح پلاسمایی آیریزین به روش الایزا (ELISA) با استفاده از کیت Human Irisin ساخت ELISA-ZellBio آلمان با حساسیت 0.4 نانوگرم بر میلی لیتر، سطوح پلاسمایی فولیستاتین با استفاده از کیت Human Follistatin ELISA-ZellBio ساخت آلمان با حساسیت 1 نانوگرم بر میلی لیتر اندازه‌گیری شد. قند خون ناشتا به وسیله دستگاه Hitachi 902 ساخت ژاپن و کیت Glucose پارس آزمون ساخت ایران و انسولین به روش الایزا و کیت مخصوص Monobind Inc، ساخت آمریکا با حساسیت 0.75 میکروواحد بر میلی لیتر و ضریب تغییرات درون گروهی $6/3$ درصد اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مقاومت به انسولین از روش ارزیابی الگوی هومئوستازی و با اندازه‌گیری گلوکز ناشتا و انسولین بر پایه فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{HOMA IR} = [\text{Fasting insulin } (\mu\text{U/ml}) \times \text{Fasting glucose (m mol/l)}] \div 22.5$$

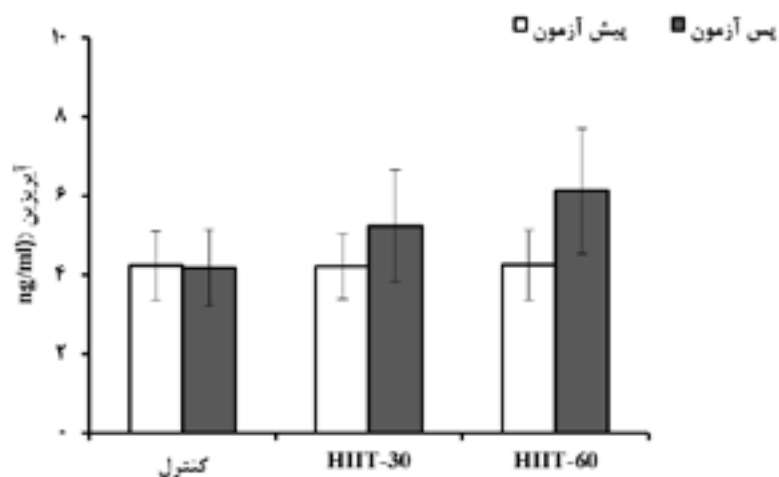
تحلیل آماری: از آزمون شاپیروویلیک به منظور تعیین وضعیت طبیعی توزیع داده‌ها استفاده شد. برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها از آزمون لوون و برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، برای

جدول ۱. بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرها در سه گروه تناوبی ۳۰ ثانیه، تناوبی ۶۰ ثانیه و کنترل

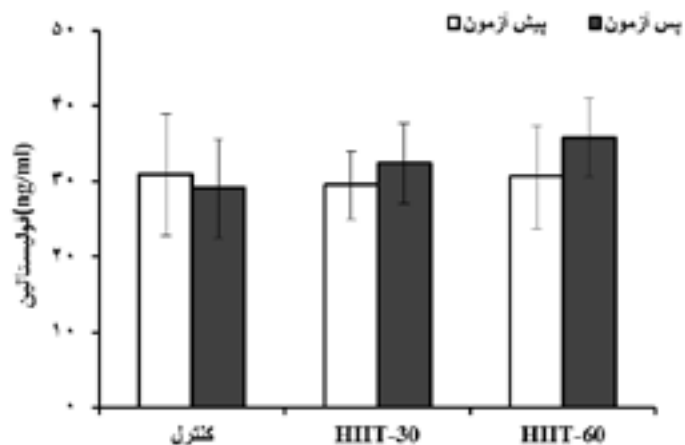
متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	درون گروهی P	بین گروهی P
وزن (kg)	تمرینات HIIT-30	$83/2 \pm 5/2$	$78/6 \pm 4/2$	$*/0001$	$0/183$
	تمرینات HIIT-60	$82/5 \pm 6/1$	$77/4 \pm 3/9$	$*/001$	
	کنترل	$80/9 \pm 5/2$	$80/6 \pm 5/1$	$0/52$	
شاخص توده بدن (kg/m^2)	تمرینات HIIT-30	$26/7 \pm 1/2$	$25/1 \pm 0/87$	$*/0001$	$0/24$
	تمرینات HIIT-60	$26/3 \pm 1/3$	$24/8 \pm 0/99$	$*/001$	
	کنترل	$25/9 \pm 1/1$	$25/8 \pm 1/1$	$0/54$	
درصد چربی بدن (BFP)	تمرینات HIIT-30	$29/7 \pm 2/9$	$26/2 \pm 3/1$	$*/001$	$0/03$
	تمرینات HIIT-60	$29/5 \pm 3/3$	$26/1 \pm 2/6$	$*/003$	
	کنترل	$30/3 \pm 3/4$	$30/1 \pm 3/1$	$0/192$	

.¥/۰۰۸	۰*/۰۳۴	۵/۲۴±۱/۴۲	۴/۲۲±۰/۸۲	تمرینات HIIT-30	آیریزین (ng/ml)
	۰*/۰۰۶	۶/۱۲±۱/۵۹	۴/۲۵±۰/۸۸	تمرینات HIIT-60	
	۰/۸۳	۴/۱۸±۰/۹۷	۴/۲۴±۰/۸۷	کنترل	
.¥/۰۳۱	۰*/۰۰۲	۳۲/۴±۵/۳	۲۹/۵±۴/۵	تمرینات HIIT-30	فولیستاتین (ng/ml)
	۰*/۰۰۴	۳۵/۸±۵/۲	۳۰/۶±۶/۸	تمرینات HIIT-60	
	۰/۰۵۵	۲۹/۱±۶/۶	۳۰/۹±۸/۱	کنترل	
۰/۰۵۱	۰*/۰۲۶	۷۹/۲±۱۰/۱	۹۲/۲±۲۲/۱	تمرینات HIIT-30	گلوکز (mg/dl)
	۰*/۰۰۹	۸۱/۷±۹/۵	۹۲/۱±۱۷/۷	تمرینات HIIT-60	
	۰/۱۷۸	۹۱/۵±۱۵/۴	۹۴/۱±۱۵/۳	کنترل	
۰/۱۴۷	۰*/۰۰۴	۸/۶±۲/۱	۹/۹±۲/۹۴	تمرینات HIIT-30	انسولین (IU/ml)
	۰*/۰۱۹	۸/۳±۱/۲۹	۱۰/۳±۲/۸۸	تمرینات HIIT-60	
	۱	۱۰/۲±۳/۱	۱۰/۱±۲/۷۷	کنترل	
.¥/۰۰۸	۰*/۰۰۴	۱/۶۶±۰/۳۷	۲/۲۳±۰/۷۳	تمرینات HIIT-30	مقاومت انسولینی (HOMA)
	۰*/۰۰۲	۱/۶۷±۰/۲۹	۲/۲۷±۰/۷۲	تمرینات HIIT-60	
	۰/۳۰۶	۲/۶۲±۰/۷	۲/۳۲±۰/۶۷	کنترل	

¥ تفاوت معنادار بین گروهی، * تفاوت معنادار درون گروهی نسبت به پیش آزمون



شکل ۱. میانگین (± خطای معیار) آیریزین پیش و پس در سه گروه



شکل ۲. میانگین (± خطای معیار) فولیستاتین پیش و پس در سه گروه

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش می‌دهد (۱۶). در مورد نتایج پژوهش حاضر، شاید انتخاب مدت و شدت مناسب و رعایت اصل اضافه‌بار تدریجی و کنترل مناسب و دقیق شدت تمرین به سازگاری در افزایش آیریزین منجر شده است. به نظر می‌رسد تمرینات HIIT و درازمدت‌تر به‌ویژه روی افراد غیرفعال و دارای اضافه وزن می‌تواند از راه تغییر ترکیب بدن و نیز افزایش نسبت بافت عضلانی به بافت چربی زمینه تسهیل و افزایش مقدار مایوکاین‌هایی نظیر آیریزین را فراهم سازد.

از دیگر نتایج این تحقیق افزایش معنادار سطوح فولیستاتین در پاسخ به تمرینات تناوبی شدید بود. در این بین تمرینات HIIT-60 نسبت به تمرینات HIIT-30 اثرگذاری بیشتری داشت، به طوری که درصد افزایش فولیستاتین در گروه HIIT-60 حدود ۱۷ درصد و در گروه HIIT-30 حدود ده درصد بود که نشان‌دهنده اثر بیشتر مدت تمرین در این گروه از تمرینات است. نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که انجام فعالیت‌های بدنی، افزایش سطوح فولیستاتین به‌عنوان تنظیم‌کننده مثبت عامل رشد عضلانی را به همراه دارد (۲۷). نتایج تحقیق آقابیگی و همکاران (۲۰۲۰) افزایش معنادار مقادیر فولیستاتین را در پی هشت هفته تمرین استقامتی در زنان نشان داد (۲۸). شجیعی و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی تأثیر هشت هفته تمرین هوازی بر فولیستاتین و میوستانین زنان دارای اضافه وزن افزایش معنادار سطوح فولیستاتین را گزارش کردند (۲۹). در پژوهش طاهری و همکاران (۱۴۰۰) نیز افزایش معنادار سطوح فولیستاتین در پاسخ به ده هفته تمرینات عضلات مرکزی در زنان سالمند گزارش شد (۲۷). مدت و شدت تمرین از عوامل تنظیم‌کننده عامل رشد عضلانی به‌ویژه فولیستاتین است، به‌گونه‌ای که تمرینات هوازی نیز با افزایش مقادیر فولیستاتین سبب بهبود ساختار بافت عضلانی می‌شوند (۳۰). افزایش استرس اکسایشی و التهاب با ایجاد اختلال در تنظیم مایوکاین‌ها، نقشی کلیدی در تغییرات عضلانی ایفا می‌کنند. تأثیرات آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی فعالیت‌های ورزشی به‌ویژه تمرینات تناوبی پذیرفته شده‌اند. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد تمرین شدید نه تنها ابزار مناسب و سودمندی برای ورزشکاران نخبه است، بلکه برای جلوگیری از آسیب و توانبخشی نیز مفید است. تمرینات HIIT در مقایسه تمرینات استقامتی سنتی، با افزایش بیوزنز میتوکندریایی، کاهش آسیب اکسایشی، کاهش التهاب مزمن و بهبود پروفایل مایوکینی، ساختار و عملکرد عضلانی را بهبود می‌بخشد (۳۱). بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت افزایش سطوح فولیستاتین به‌عنوان یکی از نتایج این تحقیق می‌تواند ناشی از بهبود ساختار بافت عضلانی در آزمودنی‌ها، همچنین فواید ضداکسایشی و ضدالتهابی تمرینات HIIT باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که فعالیت بدنی و به‌طور خاص تمرینات HIIT-30 و HIIT-60 سبب افزایش سطوح پلاسمایی آیریزین و فولیستاتین و همچنین کاهش شاخص مقاومت به انسولین و شاخص‌های گلیسمی مانند شاخص توده بدن و درصد چربی بدن در افراد دارای اضافه وزن می‌شوند. همچنین نتایج نشان داد که بیان آیریزین تحت تأثیر مدت تمرینات HIIT قرار می‌گیرد، به طوری که تمرینات HIIT-60 افزایش بیشتری (۴۴ درصد) در مقایسه با تمرینات HIIT-30 (۲۴ درصد) در مقدار آیریزین ایجاد کرده است. این نتایج با نتایج برخی پژوهش‌ها (۴، ۱۹-۲۱) همخوانی دارد. این در حالی است که یافته‌های این پژوهش با نتایج برخی پژوهشگران دیگر همخوانی ندارد (۲۲، ۲۳). از دلایل ناهمسو بودن نتایج می‌توان به نوع برنامه تمرین به‌کاررفته اشاره کرد. برخی پژوهشگران اعتقاد دارند که بیان آیریزین تحت تأثیر رژیم غذایی و شدت تمرین قرار دارد. تسوچیا و همکاران سطح پلاسمایی آیریزین را در دو فعالیت با شدت متفاوت ۴۰ و ۸۰ درصد VO_{2max} بررسی کردند. نتایج نشان داد که پاسخ آیریزین پلاسمای به تمرین شدید بیشتر و مقدار آن بلافاصله پس از تمرین بالاتر است (۲۴). همچنین حکیمی و همکاران (۲۰۱۸) پس از هشت هفته تمرین با شدت کم با وجود کاهش معنادار در وزن، شاخص توده بدن و درصد چربی بدن، تغییر معناداری در آیریزین سرم مشاهده نکردند. طولانی بودن مدت تمرین و شدت پایین از دلایل عدم تغییر در سطوح آیریزین گزارش شده است (۲۰).

فعالیت بدنی شدید با افزایش هزینه انرژی و به صورت غیرمستقیم از راه تحریک ترشح برخی هورمون‌ها مانند آیریزین به تنظیم سوخت‌وساز کمک می‌نماید. یکی از اصلی‌ترین عوامل ارتباطی میان عضله اسکلتی و بافت چربی آیریزین است که می‌تواند با تبدیل بافت چربی سفید به بافت چربی قهوه‌ای بر هومئوستاز گلوکز و مقاومت انسولینی اثر بگذارد (۸، ۲۵). این مایوکاین در طول فعالیت بدنی از عضله اسکلتی آزاد شده و به عنوان لینک بین عضلات و سایر ارگان‌ها و بافت‌ها عمل می‌کند (۲۶). برخی نتایج افزایش سطح سرمی آیریزین ناشی از انجام فعالیت ورزشی و تأثیرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدآپوپتوزی را نشان داده است (۹). درباره بیان سازوکار فیزیولوژیکی تأثیر فعالیت ورزشی بر سطوح آیریزین به نظر می‌رسد برخی عوامل مداخله‌گر مانند نوع، شدت و مدت فعالیت اثرگذارند. افزون بر این جنسیت و سن آزمودنی‌ها، تأثیرات حاد و مزمن و فاصله زمانی نمونه‌گیری خونی از آخرین جلسه تمرین نیز باید مدنظر قرار گیرد. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد تمرینات HIIT سبب افزایش انتقال‌دهنده‌های اسید چرب در کوتاه مدت شده و اکسایش چربی را

نیست. به همین علت فعالیت‌های بدنی نیز باید به برنامه‌های روزانه افراد اضافه شود. تمرینات HIIT می‌تواند به واسطه بیان بیشتر آیریزین و فولیستاتین سهم عمده‌ای در کاهش پیامدهای اضافه وزن و چاقی و افزایش حساسیت به انسولین در بافت هدف داشته باشد. نتایج این پژوهش نشان داد تمرینات HIIT-60 در مقایسه با تمرینات HIIT-30 سبب ایجاد سازگاری‌های بیشتر در آیریزین و فولیستاتین و کاهش شاخص مقاومت به انسولین شده است. بنابراین می‌توان توصیه کرد که افراد دارای اضافه وزن، بیشتر از برنامه HIIT-60 استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های مشارکت‌کننده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

حامی / حامیان مالی

پژوهش حاضر بخشی از برنامه کوتاه‌مدت تحقیقات مصوب شورای پژوهشی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر است و با حمایت مالی آن دانشگاه انجام گرفته است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول مجری برنامه کوتاه‌مدت پژوهش هستند.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی در دست نیست.

منابع

1. Motahari Rad M, Bijeh N, Attarzadeh Hosseini R, Raouf Saeb A. The Impact of Different Modes of Exercise Training on Irisin: A Systematic Review and Meta-Analysis Research. *J Adv Med Biomed Res.* 2021; 29(134): 125-138.
2. Sanayei M, Hajizadeh-Sharafabad F, Amirsasan R, Barzegar A. High-intensity interval training with or without chlorella vulgaris supplementation in obese and overweight women: effects on mitochondrial biogenesis, performance and body composition. *Br J Nutr.* 2022; 28;128(2):200-210.
3. azizi, M., Tahmasebi, W., Mohammadi, P. The effect of 8 weeks of exercise training in hypoxia and normoxia on irisin levels and insulin resistance index in overweight men. *Journal of Sport and Exercise Physiology*, 2021; 13(2): 87-95.[In Persian]
4. Archundia-Herrera C, Macias-Cervantes M, Ruiz-Muñoz B, Vargas-Ortiz K, Kornhauser C, Perez-Vazquez V. Muscle irisin response to aerobic vs HIIT in overweight female adolescents. *Diabetol Metab Syndr.* 2017; 28;9:101.
5. Alizadeh, L, Tofighi, A, Tolouei Azar, J. The Effect of 8 Weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) On Serum Irisin, FGF21 and Glycemic

یکی دیگر از آثار مهم فعالیت بدنی منظم بر هومئوستاز گلوکز و عوامل گلیسمیک خون، بهبود شاخص مقاومت به انسولین است. در پژوهش حاضر در نتیجه اجرای برنامه‌های تمرین تناوبی شدید، هر دو متغیر ذکر شده کاهش یافت، هرچند این کاهش در قند خون ناشتا معنا دار نبود. فعالیت بدنی منظم سبب بهبود حساسیت به انسولین و تحمل گلوکز می‌شود و قند خون را کاهش می‌دهد (۳۲). از سوی دیگر فعالیت بدنی باعث افزایش دریافت گلوکز توسط عضلات فعال می‌شود. این سازوکار از راه تحریک و انتقال حمل‌کننده گلوکز شماره ۴ (GLUT-4) به غشای سلولی و برداشت سریع گلوکز توسط عضلات فعال به وسیله حامل‌های پروتئینی صورت می‌پذیرد (۳۳). یافته‌ها نشان داد که اجرای برنامه‌های تمرینات HIIT این پژوهش موجب بهبود شاخص مقاومت به انسولین شده است. میزان کاهش شاخص مقاومت به انسولین در گروه HIIT-60 حدود ۱۹ درصد و در گروه HIIT-30 حدود ۱۳ درصد بود که بر اثر بیشتر مدت تمرین در تمرینات HIIT دلالت می‌کند. کاهش مقاومت به انسولین در این پژوهش با احمدی زاد و همکاران (۳۴) همسو و با یافته‌های جیون و همکاران (۳۵) ناهمسو بود. سازوکارهای مختلفی برای کاهش مقاومت به انسولین پس از فعالیت ورزشی پیشنهاد شده است. از جمله افزایش پیام‌رسانی انسولین و گیرنده‌های در دسترس، افزایش فعالیت گلیکوزن سنتاز و هگزوکیناز، کاهش رهایش اسیدهای چرب آزاد، افزایش پاکسازی آنها و بهتر شدن روند تحویل گلوکز به عضله و تغییر در ترکیب آن است (۳۶). نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه، افزایش اکسایش چربی پس از تمرینات HIIT را برای برگرداندن یون H^+ و سنتز دوباره گلیکوزن، ضروری می‌دانند (۱۶). تمرینات HIIT با افزایش عملکرد پیام‌رسانی انسولین، بیشتر کردن انتقال دهنده‌های گلوکز از درون به غشای سلول، بالا بردن سرعت برداشت گلوکز، گسترش چگالی مویرگی، افزایش بیان ژن و فعالیت پروتئین‌های درگیر در پیام‌رسانی انسولین، افزایش فعالیت آنزیم گلیکوزن سنتاز و در نهایت بهبود ذخیره‌سازی گلیکوزن، موجب تأثیر بر هومئوستاز گلوکز و کاهش مقاومت به انسولین می‌شود (۳۶). بنابراین هنگام اجرای تمرینات HIIT با وجود افزایش لاکتات خون، انتقال اسیدهای چرب آزاد و میزان گلیسرول رها شده از چربی نیز افزایش می‌یابد. افزایش گلیسرول سیاهرگی در هنگام اجرای تمرینات HIIT احتمالاً سبب افزایش انتقال اسید چرب و اکسایش آن می‌شود.

روی هم رفته، کنترل اضافه وزن و چاقی و خطرهای وابسته به این بیماری‌ها به روش‌های گوناگون امکان‌پذیر است. امروزه متخصصان باور دارند که رژیم غذایی به‌تنهایی در کنترل این بیماری‌ها کافی

- Indices in Type 2 Diabetic Women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 2019; 6(2): 17-24. (In Persian)
6. Mohammad Rahimi GR, Hejazi K, Hofmeister M. The effect of exercise interventions on Irisin level: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *EXCLI J.* 2022; 25;21:524-539.
7. Korta P, Poche E, Mazur-Biały A. Irisin as a Multifunctional Protein: Implications for Health and Certain Diseases. *Medicina.* 2019; 55(8):485.
8. Borhani Kakhki, Z, Naibifar, S, Nakhaei, H, Ghasemi, E. The effect of eight weeks of high-intensity interval training vs. continuous training on serum Irisin levels and expression of skeletal muscle PGC-1 gene in male rats with metabolic syndrome. *Journal of Sport and Exercise Physiology*, 2022; 15(2): 95-103.[In Persian]
9. Ghanei, M, Shirvani, H, Roshani Koosha, M, S, Shakibae, A, Arabzadeh, E. Exercise training and muscle-lung crosstalk: The emerging roles of Irisin and Semaphorin-3A in pulmonary diseases. A narrative review. *Journal of Exercise & Organ Cross Talk*, 2021; 1(1): 24-28.
10. Trovato FM, Castrogiovanni P, Szychlinska MA, Purrello F, Musumeci G. Impact of Western and Mediterranean Diets and Vitamin D on Muscle Fibers of Sedentary Rats. *Nutrients.* 2018;17;10(2):231.
11. Blüher S, Panagiotou G, Petroff D, Markert J, Wagner A, Klemm T, et al. Effects of a 1 year exercise and lifestyle intervention on irisin, adipokines, and inflammatory markers in obese children. *Obesity.* 2014; 22(7): 1701-78.
12. Ahmadzadeh, S, Gholami, M, Soheili, S, Ghazalian, F. The Effect of Eight Weeks Aerobic Training and Omega3 Ingestion on the Levels of Adipsin and Insulin Resistance in Overweight and Obese Women. *Women's Health Bulletin.* 2021; 8(3):134-141.
13. Colpitts BH, Rioux BV, Eadie AL, Brunt KR, Sénéchal M. Irisin response to acute moderate intensity exercise and high intensity interval training in youth of different obesity statuses: A randomized crossover trial. *Physiol Rep.* 2022;10(4):e15198.
14. Burgomaster, K.A, Howarth, K.R, Phillips, S.M, Rakobowchuk, M, MacDonald, M.J, McGee, S.L, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *Journal of Physiology.* 2008;586:151-160.
15. Anderson E, Durstine JL. Physical activity, exercise, and chronic diseases: a brief review. *Sports Medicine and Health Science.* 2019;1(1):3e10.
16. Ravasi, A., Pournemati, P., Sarabi, S. The Effect of Two Types of High Intensity Interval Training Programs on Plasma Level of Interleukin-6 and Irisin in Young Overweight Women. *Journal of Applied Exercise Physiology*, 2021;17(34): 171-182.
17. Stork MJ, Banfield LE, Gibala MJ, Martin Ginis KA. A scoping review of the psychological responses to interval exercise: is interval exercise a viable alternative to traditional exercise? *Health Psychol Rev.* 2017;11(4):324-344.
18. Tsirigkakis S, Koutedakis Y, Mastorakos G, Stavrinou PS, Mougios V, Bogdanis GC. Physiological, perceptual and affective responses to high-intensity interval training using two work-matched programs with different bout duration in obese males. *J Exerc Sci Fit.* 2022;20(3):199-205.
19. Korkmaz A, Venojärvi M, Wasenius N, Manderoos S, Deruisseau KC, Gidlund EK, et al. Plasma irisin is increased following 12 weeks of Nordic walking and associates with glucose homeostasis in overweight/obese men with impaired glucose regulation. *Eur J Sport Sci.* 2019; 19(2):258-266.
20. Enteshary M, Esfarjani F, Reisi J. The Comparison of 8 week combined training with two different intensity on level of serum Irisin, and glycemic indices of type 2 diabetic women. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences.* 2018; 61(2): 971-984.(In Persian)
21. Hakimi M, Attarzade Hosseini SR. The changes of irisin serum levels and lipid profile of overweight male students after eight weeks of aerobic training. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci.* 2016; 23(12):1189-201.(In Persian)
22. Pekkala S, Wiklund PK, Hulmi JJ, Ahtiainen JP, Horttanainen M, Pöllänen E, et al. Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health?. *J Physiol.* 2013;591(21):5393-400.
23. Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Scheneider BE, et al. FNDC5 and Irisin in humans: I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise. *Metabolism.* 2012;61(12):1725-38.
24. Tsuchiya Y, Ando D, Goto K, Kiuchi M, Yamakita M, Koyama K. High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *Tohoku J Experi Med.* 2014; 233(2):135-40.
25. Martinus R, Corban R, Wackerhage H, Atkins S, Singh J. Effect of psychological intervention on exercise adherence in type 2 diabetic subjects. *Ann N Y Acad Sci.* 2006;1084:350-60.
26. Catalano A. COVID-19: Could Irisin Become the Handyman Myokine of the 21st Century?. *Coronaviruses.* 2020; 1 (1): 32-41.
27. Taheri F, Fathi M, Hejazi K. The Effect of 10 Weeks Core Muscle Training on Levels of Follistatin, Myostatin, and Pain in Elderly Women. *Quarterly of the Horizon of Medical Sciences.* 2021; 27(2):

- 164-181.
28. Aghabagi E, Ghanbar Zadeh M, Ranjbar R. The effect of 8 weeks endurance and resistance training on Myostatin and Follistatin serum level in post-menopausal women's. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*. 2020;10 (S4): 63-69.
29. Shajiei A, Rashidlamir A, Khajei R, Ramzan Pour M. The effect of eight weeks of a blinded clinical trial of aerobic exercise with green coffee consumption on plasma levels of follistatin and myostatin in Overweight non-athletic women. *Journal of Neyshabur Faculty of Medical Sciences*. 2020; 7(4):104-119.(In Persian)
30. Shirzad J, Tofighi A, Tolouei Azar J, Khadem Ansari M. H. Adaptation of Irisin, Follistatin and Myostatin to 8 weeks of Resistance, Endurance and Concurrent Training in Obese Men. *Sport Physiology & Management Investigations*. 2021;12(4):23-41.(In Persian)
31. El Assar M, Álvarez-Bustos A, Sosa P, Angulo J, Rodríguez-Mañas L. Effect of Physical Activity/Exercise on Oxidative Stress and Inflammation in Muscle and Vascular Aging. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(15): 8713.
32. Rezaeimanesh D, Amiri Farsani P. The effect of an 8-week selected aquatic aerobic training period on plasma Leptin and insulin resistance in men with type 2 diabetes. *J Adv Pharm Edu Res*. 2019;9(S2):121-124.
33. Arora E, Shenoy S, Sandhu JS. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes. *Indian J Med Res*. 2009;129(5):515-9.
34. Ahmadizad S, Ghorbani S, Ghasemikaram M, and Bahmanzadeh M. Effects of short-term nonperiodized, linear periodized and daily undulating periodized resistance training on plasma adiponectin, leptin and insulin resistance. *Clinical Biochemistry*. 2014;47: 417-422.
35. Jeon JY, Han J, Kim HJ, Park MS, Seo DY, Kwak YS. The combined effects of physical exercise training and detraining on adiponectin in overweight and obese children. *International Medicine Research*. 2013;2:145-150.
36. Vakili J, Sari Sarraf V, Khanvari T. Effects of High-intensity Interval Training on Body Composition and Hormone Growth Agents in Overweight Adolescent Boys. *J Arak Uni Med Sci*. 2021; 24(1):136-149.