



Research Article

Comparison of the Effects of Strength and Endurance Training on Irisin, Insulin Resistance, and Body Composition of Obese Male Students

Mohammad Ali Gharaat^{1*} , Sajad Karami²

¹ Department of Physical Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran

² Department of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

* **Corresponding author:** Mohammad Ali Gharaat, Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran. Email: alighara@cfu.ac.ir

DOI: [10.61186/jams.28.1.24](https://doi.org/10.61186/jams.28.1.24)

How to Cite this Article:

Gharaat MA, Karami S. Comparison of the Effects of Strength and Endurance Training on Irisin, Insulin Resistance, and Body Composition of Obese Male Students. *J Arak Uni Med Sci.* 2025;28(1): 24-33. DOI: [10.61186/jams.28.1.24](https://doi.org/10.61186/jams.28.1.24)

Received: 06.11.2024

Accepted: 26.01.2025

Keywords:

Aerobic exercise;
Weight training;
Insulin resistance;
Irisin;
Fat profile;
Young students

© 2024 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Different training methods increase performance capabilities in addition to metabolic changes in body organs. The present study aimed to compare the effect of endurance and strength training on anthropometric indicators, glucose changes, fat metabolism, and irisin levels of young male students.

Methods: Thirty-six obese students (age: 21.19 ± 2.43 years; weight: 88.59 ± 6.20 kg; height: 175.41 ± 12.96 cm; body mass index: 30.45; fat percentage: 25.73%) were randomly placed in one of control, endurance, and strength training groups ($n = 12$). The strength training group trained for 8 week/3 session/4 sets/10 repetitions/ from 50 to 70% of the one repetition maximum (incremental manner, every 2 weeks), and the endurance training group trained for 30 minutes of aerobic jogging with 60 to 80% heart rate maximum. Plasma irisin, glucose, insulin, insulin resistance, fat percentage, body mass index, weight, waist circumference, and hip circumference were measured. The data were analyzed by one-way analysis of variance and Tukey's test at 0.05.

Results: Body weight ($P = 0.03$), fat percentage ($P = 0.04$), and body mass index ($P = 0.04$) significantly decreased in the post-test of endurance training group. Irisin level in the post-test in the control group had a significant difference with endurance and strength training ($P = 0.01$ and $P = 0.02$, respectively). Insulin in the post-test of the control group was significantly different from the endurance and strength group ($P = 0.00$ and $P = 0.00$, respectively). The level of insulin resistance in the post-test of the endurance and strength group had a significant difference compared to the control ($P = 0.00$ and $P = 0.00$, respectively).

Conclusions: Eight weeks of aerobic treadmill training and strength training with free weights can improve body composition, increase irisin levels, and reduce insulin resistance in obese male adolescents.

مقایسه اثر تمرین قدرتی و استقامتی بر آیریزین، مقاومت انسولینی و ترکیب بدن دانشجویان مرد چاق

محمدعلی قرائت^۱ ID*، سجاد کرمی^۲

^۱ گروه تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

^۲ دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: محمدعلی قرائت، گروه تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. ایمیل: alighara@cfu.ac.ir

DOI: 10.61186/jams.28.1.24

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۶	چکیده
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷	مقدمه: روش‌های مختلف تمرین، افزون بر بهبود عملکردی دارای اثرات متابولیکی بر ارگان‌های بدن هستند. هدف این پژوهش، مقایسه اثر تمرین استقامتی و قدرتی بر شاخص‌های آنزیم‌های متابولیک، تغییرات متابولیسم گلوکوز و چربی و آیریزین سرمی دانشجویان جوان پسر بود.
واژگان کلیدی:	روش کار: ۳۶ دانشجوی چاق (سن: ۲۱/۱۹ ± ۲/۴۳ سال؛ وزن: ۸۸/۵۹ ± ۶/۲۰ کیلوگرم؛ قد: ۱۷۵/۴۱ ± ۱۲/۹۶ سانتی‌متر؛ شاخص توده بدنی: ۳۰/۴۵؛ درصد چربی: ۲۵/۷۳) در گروه شاهد، تمرین استقامتی و قدرتی بطور تصادفی قرار گرفتند. گروه قدرتی ۸ هفته ۳ جلسه ۴ ست، ۱۰ تکرار (از ۵۰ تا ۷۰ درصد قدرت بیشینه)، گروه استقامتی ۸ هفته ۳ جلسه به مدت ۳۰ دقیقه تمرین هوازی (ضربان قلب ۶۰ تا ۸۰ درصد ضربان بیشینه) به تمرین پرداختند. میزان آیریزین، گلوکوز، انسولین، مقاومت انسولینی، درصد چربی، شاخص توده بدن، وزن، دور کمر و دور باسن اندازه‌گیری شد. داده‌ها با تحلیل واریانس یک سویه و آزمون Tukey در سطح ۰/۰۵ تحلیل گردید.
تمرین هوازی؛ تمرین با وزنه؛ مقاومت انسولینی؛ آیریزین؛ نیمرخ چربی؛ دانشجویان جوان	یافته‌ها: وزن ($P = ۰/۰۳$)، درصد چربی ($P = ۰/۰۴$) و شاخص توده بدنی ($P = ۰/۰۴$) در پس آزمون گروه تمرین استقامتی نسبت به شاهد، کاهش معنی‌داری داشت. میزان آیریزین در پس آزمون در گروه شاهد تفاوت معنی‌دار با تمرین استقامتی و قدرتی ($P = ۰/۰۲$ و $P = ۰/۰۱$) داشت. غلظت انسولین در پس آزمون گروه شاهد با گروه استقامتی و قدرتی تفاوت معنی‌دار داشت ($P = ۰/۰۰۶$ و $P = ۰/۰۱$). میزان مقاومت انسولینی در پس آزمون گروه استقامتی و قدرتی نسبت به گروه شاهد با تفاوت معنی‌دار داشت ($P = ۰/۰۱$ و $P = ۰/۰۱$).
تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.	نتیجه‌گیری: ۸ هفته تمرین هوازی تردمیل و تمرین قدرتی با وزنه می‌تواند سبب بهبود ترکیب بدن همراه با افزایش سطوح آیریزین شده، ضمن اینکه مقاومت انسولینی را در جوانان چاق کاهش دهد.
ارجاع: قرائت محمدعلی، کرمی سجاد. مقایسه اثر تمرین قدرتی و استقامتی بر آیریزین، مقاومت انسولینی و ترکیب بدن دانشجویان مرد چاق. مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک ۱۴۰۴؛ ۲۸ (۱): ۲۴-۳۳.	

مقدمه

توده عضلات اسکلتی، بزرگترین ارگان بدن است که بخش عمده‌ای از سازگاری‌های ناشی از فعالیت بدنی به این ارگان مربوط می‌شود. این توده عضلانی، پپتیدهایی موسوم به مایوکاین از خود ترشح نموده و آنها را از طریق سیستم گردش خون در سراسر بدن منتقل می‌کند. مایوکاین‌ها، دارای اثرات متابولیکی مفید روی سایر لندام‌های بدن مانند کبد و بافت چربی هستند (۱). پژوهشگران دریافته‌اند که انقباض عضلات اسکلتی، به واسطه ترشح مایوکاین‌ها بر مکانیزم‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی بدن اثرگذار است و می‌تواند بافت‌های دیگر بدن را تحت تأثیر قرار دهد (۲، ۱). یکی از مایوکاین‌های شناخته شده آیریزین است. آیریزین، یک پروتئین کوچک است که ترشح آن بیشتر توسط سلول‌های عضلات اسکلتی و قلب انجام گرفته و مقدار کمی نیز از بافت چربی، مغز، کبد، طحال، بیضه و سایر بافت‌ها تولید می‌گردد. پیش‌ساز آیریزین، فیبرونکتین-۳ حاوی پروتئین

۵ Fibronectin type III Domain-Containing protein 5 (FNDC5) است و میزان رونویسی آن توسط فاکتور (Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ Coactivator 1-alpha, PGC1 α) تنظیم می‌شود (۳). اعتقاد پژوهشگران بر این است که آیریزین نقش مهمی در کاهش توده چربی از طریق تولید حرارت دارد (۴). همچنین ارتباط منفی معنی‌داری بین میزان آیریزین پلاسما با چاقی و مقاومت به انسولین مشاهده شده که همین مشاهدات، نقش آیریزین در پیشگیری از دیابت نوع ۲ و افزایش وزن بصورت بافت چربی را تأیید نموده‌اند (۵-۷). پژوهشگران حوزه پاتولوژی نیز بر کاهش غلظت آیریزین در بیماران مبتلا به بیماری عروق کرونری قلب اشاره دارند (۸) و همبستگی منفی بین غلظت آیریزین سرم با میزان آترواسکلروز عروق کرونری در بیماران دارای اضافه وزن مبتلا به دیابت نوع ۲ را گزارش نموده‌اند (۹، ۱۰). یکی دیگر از مهم‌ترین اثراتی که آیریزین بر بافت‌های بدن دارد، اثر آن

۱۴۰۲ بطور داوطلبانه شرکت جستند. از ۱۱۴ نفر داوطلب شرکت در پژوهش که از طریق فراخوان ثبت نام نمودند، اندازه های وزن، درصد چربی و شاخص توده بدنی دانشجویان توسط دستگاه سنجش ترکیب بدن (Cosmed, Italy, Body Composition) در ابتدای کار اندازه گیری شد تا افراد دارای شاخص توده بدنی BMI (Body Mass Index) بالای ۳۰ به عنوان افراد چاق انتخاب شوند (مطابق فرمول اندازه گیری شاخص توده بدنی بصورت وزن به کیلوگرم تقسیم بر قد به متر به توان ۲). اندازه دور کمر (سانتی متر) و دور باسن (سانتی متر) نیز بوسیله متر نواری بدست آمد. سپس، از بین ۴۷ نفر دانشجوی خوابگاهی بی تحرک (بدون فعالیت منسجم و منظم بدنی) که دارای BMI بالای ۲۸ بودند، ۳۶ دانشجو (سن میانگین: $21/19 \pm 2/43$ سال؛ وزن میانگین: $6/20 \pm 88/59$ کیلوگرم؛ قد ایستاده: $175/41 \pm 12/96$ ؛ شاخص توده بدنی: $30/45$ ؛ درصد چربی: $25/73$) بصورت تصادفی گزینش شدند و در ۳ گروه تمرین قدرتی (۱۲ نفر)، تمرین استقامتی (۱۲ نفر) و شاهد (۱۲ نفر) بصورت تصادفی تقسیم شدند. در ادامه، آزمودنی ها از چگونگی انجام مطالعه آگاه شده و پرسشنامه سلامت با معیارهای ورود به مطالعه شامل عدم وجود بیماری قلبی - عروقی، بیماری ریوی، دیابت و نداشتن برنامه تمرینی ورزشی منظم، عدم سابقه هرگونه مصرف داروی خاص بطور مداوم و مکمل ورزشی تکمیل شد. آزمودنی ها از ۲۴ ساعت قبل از آغاز روند پژوهش از انجام هر گونه فعالیت ورزشی منع شدند (۱۷، ۲).

اندازه گیری اکسیژن مصرفی بیشینه: یک هفته پیش از آغاز پروژه، دانشجویان در یک آزمون ارزیابی توان هوازی شرکت نمودند. اندازه گیری اکسیژن مصرفی همزمان با ارزیابی سلامت اولیه داوطلبان بر روی تردمیل با پروتکل افزایشی بروس انجام گرفت. بدین صورت که مطابق پروتکل بروس، فعالیت با روند افزایش در شیب و سرعت دویدن روی تردمیل، تا زمان ناتوانی فرد ادامه یافت. سپس زمان کلی تداوم دویدن فرد در فرمول بروس قرار گرفت و اکسیژن مصرفی بیشینه (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه) تعیین گردید (۱۸).

(زمان به توان $3 * 0/12$) - (زمان به توان $2 * 0/451$) + (زمان $1/379$) -

$14/8 =$ اکسیژن مصرفی بیشینه

اندازه گیری قدرت عضلانی بیشینه: ۲ روز پس از انجام تست بروس، آزمون تعیین قدرت بیشینه عضلانی با یک آزمون تکرار بیشینه (1RM) اندازه گیری شد. این آزمون در حرکات منتخب (جلو بازو، پشت بازو، جلو ران، پشت پا، قفسه سینه، سرشانه) و زیر نظر مربی متخصص بدنسازی دارای مدرک مربیگری از فدراسیون بدنسازی و با رعایت نکات ایمنی انجام شد. میزان وزنه جابجا شده به تدریج بالاتر رفت، تا زمانی که آزمودنی ها توان اضافه نمودن بار را نداشته باشند. بالاترین میزان وزنه جابجا شده برای برنامه ریزی تمرین قدرتی مورد استفاده قرار گرفت (۲).

نمونه گیری خون و پروتکل تمرینی

در روز بعد و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، نمونه خون «پیش آزمون» به حجم ۵ میلی لیتر خون سیاهرگی در درون لوله محتوی EDTA در دمای ۲۴ - ۱۸ درجه سانتی گراد از ورید دست غیر برتر آزمودنی ها، برداشت شد. سپس، دستورالعمل ۸ هفته تمرین مقاومتی (جلو بازو، پشت بازو، جلو ران، پشت پا، قفسه سینه، سرشانه و شکم) توسط گروه تمرین مقاومتی به

بر بافت چربی است که قهوه ای شدن سلول های چربی نامیده شده و این مکانیزم، از طریق افزایش سطوح پروتئین UCP-1 (Uncoupling Protein-1) راه اندازی می شود (۲، ۳). بافت چربی در بدن به دو گونه سفید و قهوه ای ذخیره می شود. van Marken Lichtenbelt و همکاران نشان دادند که ذخیره چربی افراد چاق، عمدتاً بصورت چربی سفید بوده و چربی قهوه ای در آنها نسبت به افراد معمولی بسیار کمتر است. این موضوع نشانگر وجود رابطه منفی بین چربی قهوه ای با درصد چربی، شاخص توده بدن و میزان چاقی است (۱۱).

آیریزین، هنگام فعالیت ورزشی از عضله به خون رها می شود و برخی اثرات مفید فیزیولوژیکی و متابولیکی را در بافت های مختلف بدن در پی دارد. فعالیت ورزشی موجب افزایش ترشح آیریزین از بافت قلب و تنظیم سلامتی قلبی - عروقی می گردد (۴، ۱۲). افزایش پروتئین UCP-1 در پی فعالیت ورزشی موجب تبدیل چربی سفید به چربی قهوه ای شده و افزون بر افزایش فعالیت ترموژنیک و هزینه انرژی بافت چربی، این بافت را برای سوختن و تولید انرژی آماده می کند (۲).

Miyamoto-Mikami و همکاران، افزایش معنی دار در سطوح آیریزین سرمی را در پی تمرین استقامتی در مردان میان سال گزارش نمودند (۱۳). Blüher و همکاران، در پی یک سال تمرین طناب زدن و دویدن، افزایش معنی دار در سطوح آیریزین سرم را در کودکان چاق گزارش نمودند (۱۴).

همچنین Boström و همکاران، افزایش آیریزین تا ۴ برابر را پس از ۱۰ هفته تمرین استقامتی و بهبود تحمل گلوکز در موش های دارای چربی خون و چاقی گزارش کردند (۳). Pekkala و همکاران، در مقایسه اثر یک جلسه تمرین استقامتی (به مدت یک ساعت)، یک جلسه تمرین قدرتی (به مدت یک ساعت) و ۲۱ هفته تمرین استقامتی هوازی با شدت متوسط (به تعداد ۲ جلسه در هفته) و ترکیب تمرین استقامتی و قدرتی (به تعداد ۲ جلسه در هفته) دریافتند که یک جلسه فعالیت استقامتی یا ۲۱ هفته تمرین ورزشی هوازی و ترکیبی بر آیریزین سرم مردان میان سال و مسن اثر معنی داری نداشت. ولی یک جلسه تمرین قدرتی موجب افزایش FNDC5 به عنوان پیش ساز آیریزین در مردان جوان شد، در حالی که این پیش ساز در پی تمرین هوازی و ترکیبی تغییر معنی داری نشان نداد (۱۵). از سوی Tsuchiya و همکاران نشان دادند که یک وهله تمرین شدید، میزان آیریزین را تا سطوح بالاتری نسبت به یک جلسه تمرین متوسط بالا می برد (۱۶).

با توجه به نتایج ناهمسان مطالعات پیرامون اثر فعالیت ورزشی بر سطوح آیریزین، درصد چربی و تغییر احتمالی ترکیب بدن در پی افزایش آیریزین و همچنین اهمیت و فراگیری بیماری های متابولیکی همچون دیابت و چاقی به عنوان عواملی مهم در تهدید سلامت فردی و اقتصاد جوامع که ممکن است بتوان آنها را با تمرین ورزشی کنترل نمود، این مطالعه در نظر دارد به بررسی اثر گونه های مختلف فعالیت ورزشی، در یک دوره تمرینی ۸ هفته ای بر آیریزین، درصد چربی و تغییرات انسولین بپردازد.

روش کار

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل دانشجویان بی تحرک مرد دانشگاه فرهنگیان بود که در این پژوهش نیمه تجربی کاربردی در همراه تا آذرماه

مطالعه حاضر با توجه به توصیه‌های ویژه کالج آمریکایی طب ورزش (ACSM)، به منظور جلوگیری از مانور والسالوا (حبس نفس هنگام برداشتن وزنه)، الگوی صحیح تنفس هنگام تمرین مقاومتی به تمام آزمودنی‌ها آموزش داده شد. هنگام انجام تمرین‌های دویدن و قدرتی، از دانشجویان خواسته شد تا در صورت مشاهده درد در قفسه سینه، تنگی نفس شدید همراه با عرق سرد و احساس سرگیجه، از ادامه فعالیت خودداری کنند تا بررسی پزشک صورت گیرد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای گزارش نتایج از آزمون‌های توصیفی استفاده شد. طبیعی بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون Shapiro-Wilk و همگن بودن آنها با آزمون Leven مورد بررسی قرار گرفت. بررسی اختلاف بین گروه‌ها، از طریق آزمون آنالیز واریانس یک‌سویه و آزمون تعقیبی Tukey در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۴ (version 14, SPSS Inc., Chicago, IL) مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج به صورت میانگین و انحراف استاندارد گزارش شدند.

ملاحظات اخلاقی

قبل از اجرای روند پژوهش، پروتکل حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشگاه ورزش مطرح و با شماره IR.SSRI.REC.1397.219 به تصویب رسید.

یافته‌ها

مقادیر حاصل از اندازه‌های آنتروپومتری دانشجویان در جدول ۲ قبل مشاهده است. همانطور که می‌بینید، تفاوت معنی‌دار در وزن ($P = ۰/۰۲$)، $F = ۴/۳۲$ ، درصد چربی بدن ($P = ۰/۰۴$)، $F = ۳/۸۳$ و شاخص توده بدنی ($P = ۰/۰۲$)، $F = ۵/۹۲$ در پس‌آزمون گزارش شد. در حالیکه این شاخص‌ها در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری بین ۳ گروه نشان ندادند. این موضوع نشانگر همگن بودن گروه‌ها نیز هست که با آزمون Leven نیز مورد تأیید قرار گرفت. اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف معیار وزن، درصد چربی، شاخص توده بدنی، اندازه‌های دور کمر و دور باسن در پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر ۳ گروه در جدول ۲ آمده است. وزن دانشجویان ($P = ۰/۰۱$)، درصد چربی ($P = ۰/۰۱$) و شاخص توده بدنی ($P = ۰/۰۱$) در پس‌آزمون گروه تمرین استقامتی نسبت به پیش‌آزمون همان گروه کاهش معنی‌داری داشت. اندازه‌های دور باسن و دور کمر در پس‌آزمون تمرین استقامتی نسبت به پیش‌آزمون همان گروه کاهش معنی‌داری داشت (به ترتیب $P = ۰/۰۱$ و $P = ۰/۰۱$). در گروه قدرتی، تغییرات معنی‌داری در وزن ($P = ۰/۰۳$)، درصد چربی ($P = ۰/۰۱$) و شاخص توده بدنی ($P = ۰/۰۳$) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون خودشان نشان دادند. این تغییرات در گروه شاهد معنی‌دار نبود. ولی اندازه‌های دور باسن و دور کمر در پس‌آزمون گروه تمرین قدرتی با وجود کاهش، تغییر معنی‌داری نداشت.

در بررسی تغییرات بین گروه‌ها، وزن بدن گروه تمرین استقامتی در مقایسه با پس‌آزمون گروه شاهد کاهش معنی‌دار داشت ($P = ۰/۰۱$)، همچنین وزن در گروه تمرین قدرتی کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P = ۰/۰۳$)، جالب اینکه کاهش وزن در گروه استقامتی بطور معنی‌داری بیشتر از گروه قدرتی بود ($P = ۰/۰۴$). درصد چربی گروه

صورت ۳ جلسه در هفته و به مدت ۸ هفته در ۶ حرکت منتخب با رعایت اصل افزایش بار مطابق جدول ۱ انجام گرفت. تمرین استقامتی شامل ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته راه رفتن سریع و دویدن هوازی روی تردمیل (مدل تکنوجیم RUN 900 ساخت ایتالیا) با رعایت اصل اضافه بار مطابق جدول ۱ انجام شد. ضربان قلب مورد نظر تمرین برای هر فرد با توجه به فرمول «سن فرد - ۲۲۰ = ضربان قلب بیشینه (HRmax)» تعیین شد (۱۷، ۲). کنترل ضربان حین تمرین توسط ساعت polar (مدل 5610 ساخت فنلاند) و با اتصال به مانیتور تردمیل صورت گرفت.

جدول ۱- پروتکل ۸ هفته تمرین قدرتی و هوازی دانشجویان مرد جوان

نوع تمرین	مدت تمرین	جلسه در هفته	حجم تمرین	زمان اجرا	شدت تمرین (مقدار وزنه 1RM، درصد ضربان قلب HRmax)
تمرین قدرتی	۸ هفته	۳ جلسه	۴ ست ۱۰ تکرار ۶۰ ثانیه	هفته ۱-۲	۵۵٪ 1RM
			فعالیت: جلو بازو، پشت بازو، جلو ران، پشت پا، قفسه سینه، سرشانه	هفته ۳-۴	۶۰٪ 1RM
				هفته ۵-۶	۶۵٪ 1RM
				هفته ۷-۸	۷۰٪ 1RM
تمرین هوازی	۸ هفته	۳ جلسه	۳۰ دقیقه	هفته ۱-۲	۶۵٪ HRmax
			فعالیت: راه رفتن و دویدن روی تردمیل	هفته ۳-۴	۷۰٪ HRmax
				هفته ۵-۶	۷۵٪ HRmax
				هفته ۷-۸	۸۰٪ HRmax

در طول مدت این هشت هفته، آزمودنی‌های گروه شاهد از شرکت در هر گونه فعالیت ورزشی منع شدند و پس از هشت هفته و دقیقاً ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، نمونه خون «پس‌آزمون» گرفته شد. نمونه‌های خونی به آرامی وارد لوله حاوی EDTA شده و پس از انجام سانتریفیوژ، پلاسما از فاز بالایی لوله برآشت و در دمای ۲۰ - سانتی‌گراد فریز شد و جهت انجام مراحل آزمایشگاهی، به مرکز تحقیقات آزمایشگاهی دانشگاه علوم پزشکی ایران منتقل گردید. ارزیابی آیریزین و انسولین به روش الایزا و با استفاده از کیت شرکت کیازول ساخت کشور ژاپن (دستگاه الایزا ریدر ساخت کمپانی Biotech) و مطابق با پروتکل ارائه شده توسط شرکت East BioPharma انجام گرفت. همچنین، اندازه‌گیری میزان گلوکوز خون توسط کیت شرکت کیازول صورت گرفت. میزان مقاومت انسولین بر اساس فرمول زیر تعیین شد (۱۹):

شاخص مقاومت انسولینی = (انسولین ضربدر گلوکوز) تقسیم بر ۲۲/۵

ملاحظات پروتکل تمرینی

قبل از آغاز پژوهش و در زمان تعیین اکسیژن مصرفی بیشینه، از آزمودنی‌ها تست ورزش بروس بعمل آمد و پس از مشورت با پزشک متخصص، دانشجویان دارای مشکل حاد قلبی-عروقی از ورود به پژوهش کنار گذارده شدند. ۳ نفر از دانشجویان دارای مشکل قلبی تشخیص داده شدند که قبل از آغاز دوره تمرینی، این ۳ نفر با دانشجویان بدون مشکل جایگزین شدند. در روند اجرای پروتکل‌های تمرینی مورد استفاده در

جدول ۲. اندازه‌های اکسیژن مصرفی بیشینه، وزن، درصد چربی زیرپوستی، شاخص توده بدنی، دور کمر و دور باسن دانشجویان در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌های شاهد بی‌تحرك،

تمرین قدرتی و تمرین استقامتی (میانگین و انحراف معیار)

گروه	مرحله	VO2max (میلی لیتر بر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه)	وزن بدن (کیلوگرم)	درصد چربی	شاخص توده بدنی	دور کمر (سانتی‌متر)	دور باسن (سانتی‌متر)
شاهد	پیش‌آزمون	37/57 ± 7/32	90/62 ± 6/51	26/01 ± 3/71	30/37 ± 6/16	122/32 ± 10/72	103/24 ± 10/62
بی‌تحرك	پس‌آزمون	38/22 ± 7/66	89/91 ± 7/32	25/89 ± 4/53	30/22 ± 5/77	121/45 ± 10/23	102/61 ± 9/91
تمرین	پیش‌آزمون	38/41 ± 7/11	89/12 ± 7/16	25/74 ± 4/21	30/23 ± 6/51	123/21 ± 11/19	103/58 ± 11/31
قدرتی	پس‌آزمون	41/81 ± 6/82	85/33 ± 7/50	23/12 ± 5/03	26/81 ± 6/82	118/89 ± 11/81	98/44 ± 9/78
تمرین	پیش‌آزمون	37/83 ± 5/89	89/91 ± 7/89	25/69 ± 3/43	29/73 ± 4/87	120/42 ± 9/33	101/69 ± 11/08
استقامتی	پس‌آزمون	42/46 ± 6/11	82/22 ± 7/11	22/68 ± 4/71	26/06 ± 7/22	107/90 ± 11/23	93/71 ± 11/30

*: اختلاف معنی‌دار با پیش‌آزمون همان گروه و پس‌آزمون گروه شاهد ($P \leq 0.05$)

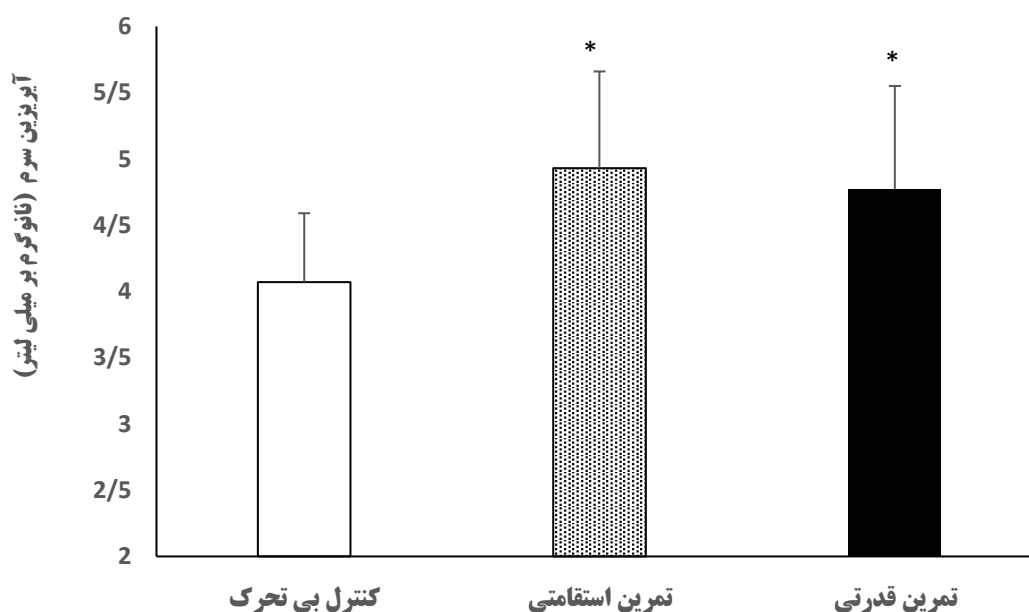
به پیش‌آزمون بود. همچنین، تحلیل آماری نشانگر تفاوت معنی‌دار در میزان آیریزین سرمی بین گروه‌ها بود. این تفاوت در گروه شاهد با هر دو گروه استقامتی ($P = 0.01$) و قدرتی ($P = 0.02$) برقرار بود (شکل ۱).

بررسی غلظت گلوکز و انسولین خون نشانگر تغییرات معنی‌دار این فاکتورها از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون بود. میزان انسولین از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه‌های تمرین استقامتی ($P = 0.01$) و قدرتی ($P = 0.01$) کاهش یافته بود. همچنین، میزان گلوکز ناشتا در پس‌آزمون گروه تمرینی استقامتی ($P = 0.01$) و قدرتی ($P = 0.01$) نسبت به پیش‌آزمون کاهش نشان داد. تحلیل آمار بین گروهی نشانگر تفاوت قابل توجه در میزان انسولین و گلوکز بین گروه‌ها بود. این تفاوت در گروه شاهد با هر دو گروه استقامتی ($P = 0.01$) و قدرتی ($P = 0.01$) معنی‌دار بود. شاخص مقاومت به انسولین ($HOMA-IR$) نیز در هر دو گروه تمرین استقامتی ($P = 0.01$) و قدرتی ($P = 0.02$) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کاهش نشان داد. این کاهش در مقایسه نتایج بین گروهی نیز در پس‌آزمون مشاهده شد. $HOMA-IR$ در گروه تمرین استقامتی ($P = 0.01$) و تمرین قدرتی ($P = 0.01$) نسبت به گروه شاهد بی‌تحرك، کاهش معنی‌دار نشان داد (شکل ۲ و ۳).

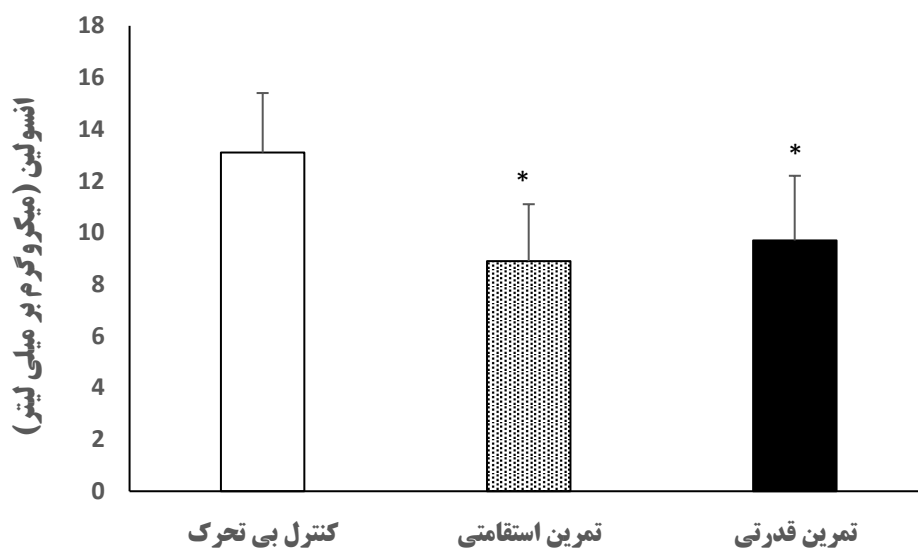
استقامتی و گروه قدرتی بطور معنی‌دار نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (به ترتیب $P = 0.01$ و $P = 0.02$) که این کاهش، در گروه تمرین استقامتی اندکی معنی‌دارتر بود. BMI گروه تمرین استقامتی در مقایسه با پس‌آزمون گروه شاهد کاهش معنی‌دار داشت ($P = 0.01$)، همچنین BMI در گروه تمرین قدرتی کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P = 0.01$). این کاهش در گروه قدرتی نسبت به گروه استقامتی بطور معنی‌دار کمتر بود ($P = 0.03$).

بررسی نتایج اندازه‌های دور باسن و دور کمر نشان داد که هر دو نوع تمرین قدرتی و استقامتی موجب کاهش این اندازه‌ها نسبت به گروه شاهد شدند. این در حالی است که کاهش این اندازه‌ها در گروه تمرین قدرتی نسبت به شاهد معنی‌دار نبود، ولی در گروه تمرین استقامتی نسبت به گروه شاهد معنی‌دار بود (به ترتیب $P = 0.03$).

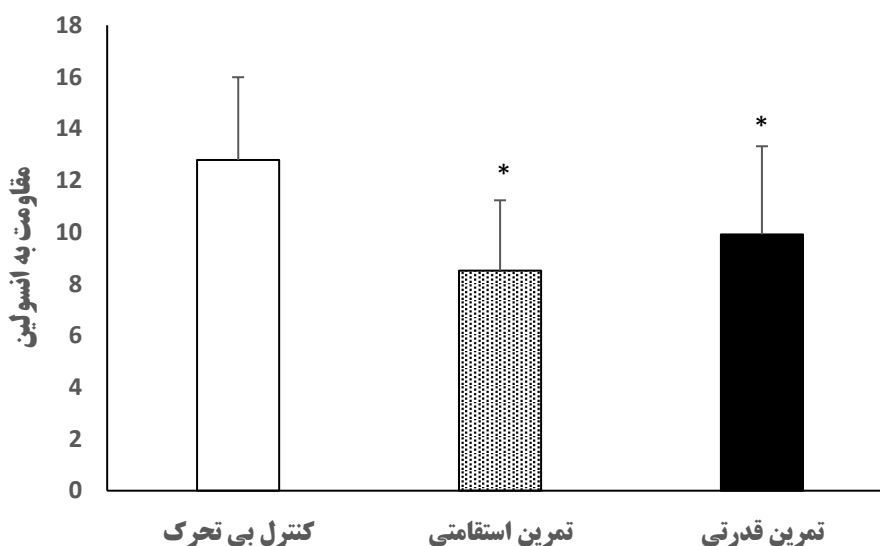
در بررسی نتایج پیرامون میانگین سطح آیریزین سرم، این میزان در گروه شاهد 4/07، استقامتی 4/93 و قدرتی 4/77 میکروگرم بر میلی لیتر بود. مقایسه نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها نشانگر افزایش معنی‌دار آیریزین در پس‌آزمون گروه تمرینی استقامتی ($P = 0.01$) و قدرتی ($P = 0.01$) نسبت



شکل ۱. میزان غلظت آیریزین سرم در گروه‌های تمرینی و شاهد بی‌تحرك (میانگین ± انحراف استاندارد): (*: تغییر معنی‌دار نسبت به گروه شاهد در دامنه $P \leq 0.05$)



شکل ۲. میزان غلظت انسولین در گروه‌های تمرین و شاهد بی تحرک (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد)؛ (*: تغییر معنی دار نسبت به گروه شاهد در دامنه $P \leq 0.05$).



شکل ۳. میزان مقاومت به انسولین در گروه‌های تمرین و شاهد بی تحرک (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد)؛ (*: تغییر معنی دار نسبت به گروه شاهد در دامنه $P \leq 0.05$).

بحث

پژوهش حاضر به دنبال بررسی اثر یک دوره تمرین هوازی و قدرتی بر شاخص‌های چربی و تغییرات مقاومت به انسولین مردان دانشجوی جوان دارای اضافه وزن با توجه به تغییرات آیریزین در سرم بود. نتایج بررسی‌های آنروپومتریک نشان داد که وزن بدن، چربی زیرپوستی و BMI در گروه‌های تمرین استقامتی و قدرتی نسبت به دانشجویان بی تحرک کاهش داشت، البته این کاهش در پی تمرین استقامتی بیشتر بود. اندازه دور کمر و دور باسن نیز در گروه تمرین استقامتی کاهش معنی داری یافت. همچنین، توان هوازی دانشجویان در پی ۸ هفته تمرین هوازی بهبود یافته بود. این یافته‌ها با پژوهش‌های پیشین که بهبود شاخص‌های عملکرد

هوازی را در پی تمرین استقامتی و پر شدت با مقاومت اضافی در افراد سالم و دیابتی چاق نشان داده‌اند، همخوانی داشت (۱۷، ۲۰، ۲۱). احتمال می‌رود بهبود عملکرد هوازی در افراد دارای اضافه وزن در پی تمرین قدرتی، ناشی از افزایش متابولیسم پایه بدن بدلیل بالاتر رفتن توده عضلانی، افزایش PGC1 α و بیوژنز میتوکندریایی نسبت به افراد بی تحرک باشد که بدن را به سمت آمادگی هوازی بالاتر سوق می‌دهد (۲۲). همچنین، بهبود توان هوازی را می‌توان پیامد بهبود عملکرد سیستم قلبی تنفسی، بالا رفتن ظرفیت برداشت اکسیژن توسط عضلات و افزایش ظرفیت اکسایشی عضله، افزایش متابولیسم چربی و کاهش فعالیت سیستم بی‌هوازی دانست (۱۷، ۲۳). با نظر به یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان

تمرین قدرتی در این افراد، بدلیل تحمل وزن اضافی افراد چاق به چربی سوزی کمک می‌کند (۳۴). تنفس دیافراگمی بخش مهمی از انجام تمرین هوازی است. همچنین در افراد چاق، تنفس در شدت یکسان تمرینی بالاتر از افراد عادی رفته و بدن را به سمت راه اندازی سیستم‌های فیزیولوژیک درگیر در فعالیت مداوم هوازی می‌برد (۳۲). همچنین، فعالیت ورزشی موجب افزایش جریان خون به بافت چربی و عضلات فعال بدن شده که کاهش چربی و بهبود ترکیب بدن بدلیل بهم خوردن تعادل بین انرژی و ایجاد تعادل کالریک منفی را به همراه دارد (۳۵).

افزایش میزان آیریزین پلاسما در پی هر دو نوع تمرین قدرتی و استقامتی در این پژوهش نیز می‌تواند تأییدی بر کاهش چربی باشد. پژوهشگران نشان داده اند که آیریزین در پاسخ به فعالیت ورزشی، از عضلات ترشح و وارد گردش خون می‌شود. سپس در بافت چربی موجب بیان ژن UCP-1 می‌گردد که به قهوه‌ای شدن چربی زیرپوستی و بافت چربی احشایی کمک می‌کند و ذخائر چربی را مستعد سوختن و تولید انرژی می‌نماید. کاهش در سطح ATP سلولی سیگنالی قوی برای ترشح آیریزین از عضله است (۲، ۳، ۵). آیریزین علاوه بر تحریک بیان ژن UCP1، میزان PGC-1 α را نیز افزایش داده که با راه‌اندازی سیتوکروم به عنوان یک حسگر متابولیکی، به قهوه‌ای نمودن چربی سفید کمک می‌کند (۳۶). این یافته‌ها با گزارش Pekkala و همکاران مبنی بر افزایش بیان آیریزین پس از تمرین‌های هوازی و ترکیبی (هوازی و قدرتی) همخوانی داشت، گرچه این افزایش پس از تمرین‌های هوازی بیشتر بود (۱۵).

همچنین نتایج پس از تمرین هوازی با گزارش زعمی فرد و همکاران مبنی بر افزایش آیریزین در پی تمرین‌های هوازی بر روی تردمیل (۳۷)، Blüher و همکاران در پی تمرین طناب زدن کودکان چاق (۱۴) و مردانی و همکاران (۳۸)، در پی ۸ هفته تمرین هوازی زنان دیابتی چاق هم‌راستا بود. به نظر می‌رسد تمرین‌های استقامتی و قدرتی با ایجاد کسر انرژی، مسیرهای متابولیکی مؤثر در تنظیم آیریزین را فعال کرده و منجر به ترشح آیریزین می‌شود (۵، ۳۹). البته این یافته‌ها با گزارش پژوهش Hecksteden و همکاران که عدم تغییر معنی‌دار در غلظت آیریزین سرم را در پی ۲۶ هفته تمرین استقامتی با ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره و ۲۶ هفته تمرین قدرتی با ۸۰ درصد قدرت بیشینه را نشان دادند، هم‌راستا نبود (۴۰). نتایج این پژوهش با یافته‌های Norheim و همکاران که کاهش آیریزین پلاسما را در اثر تمرین استقامتی روی دوچرخه ثابت نشان دادند (۴۱) و Fernandez و همکاران که تغییری در آیریزین پس از ۳ هفته تمرین مقاومتی زنان میان‌سال چاق مشاهده نکردند، نیز در تناقض است (۴۲). ممکن است این تناقضات به تفاوت در فشار تمرین روی تردمیل با دوچرخه ثابت برگردد، چون دویدن روی تردمیل بصورت ایستاده انجام می‌شود و نسبت به دوچرخه ثابت، که تحمل وزن بدن در آن توسط صندلی انجام شده و از فشار وزن بالاتنه روی عضلات پا کاسته می‌شود، به کار عضلانی بیشتری نیازمند است. این تناقض همچنین در افزایش سطح آیریزین در پژوهش حاضر نسبت به پژوهش Norheim و همکاران (۴۱) و Moraes و همکاران (۴۳) که تغییر معنی‌داری در سطوح آیریزین پلاسما پس از فعالیت قدرتی گزارش نکردند، مشاهده می‌شود. دلیل این تناقض، احتمالاً به زمان اندازه‌گیری میزان آیریزین که در پژوهش حاضر در پی یک دوره فعالیت قدرتی بود، نسبت به پژوهش

گفت تمرین هوازی در مجموع اثر مثبت‌تری بر بهبود ترکیب بدن و توان هوازی نسبت به تمرین قدرتی داشته است.

یافته‌ها پیرامون تغییرات آنزیم‌های چربی سوزی با گزارش پژوهش حیدری و همکاران (۲۴) و قرائت و عیدی (۲۵) که کاهش وزن و درصد چربی و BMI در پی فعالیت ورزشی هوازی یا دایره‌ای قدرتی در افراد چاق را گزارش نمودند، همخوانی داشت. همچنین با یافته‌های فراتحلیل شرفی‌فرد و کاظمی‌نسب مبنی بر کاهش وزن و درصد چربی افراد چاق در پی تمرین قدرتی همسو بود. البته این فراتحلیل نشان داد که مدت زمان تمرینی کمتر از ۸ هفته نتوانست تغییر معنی‌داری در وزن و چربی و توده بدن در پی تمرین قدرتی ایجاد کند (۲۶). این موضوع با یافته‌های پژوهش کاظم‌زاده و همکاران که عدم تغییر در درصد چربی و شاخص توده بدن را در پی تمرین تناوبی شدید با ۹۵ درصد توان هوازی در جوانان دارای اضافه وزن گزارش نمودند، همخوانی نداشت (۲۰). شدت تمرین بالاتر نسبت به تمرین استقامتی و قدرتی در این پژوهش می‌تواند دلیلی بر این تناقض باشد.

Goldhaber-Fiebert و همکاران نیز، تغییر قابل توجهی در نیمرخ چربی خون در پی ۳ هفته پیاده روی مشاهده نکردند که دوره تمرینی کوتاه‌تر، احتمالاً نتوانسته اثرات مورد نیاز برای چربی سوزی را در بدن آزمودنی‌ها ایجاد نماید (۲۷). گمان می‌رود طول مدت تمرین و حجم تمرین در هر جلسه، در مقایسه با شدت تمرین عامل مهم‌تری برای بهبود نیمرخ چربی است (۲۶، ۲۸). ضمن اینکه کارایی مکانیکی حرکت با طولانی‌تر شدن دوره تمرین بهبود یافته و سیستم چربی سوز بر بی‌هوازی برای تولید انرژی در دسترس غلبه می‌کند (۲۹). در مورد اندازه‌های دور کمر و دور باسن، یافته‌ها مبنی بر عدم اختلاف معنادار بین گروه بی‌تحرك و گروه قدرتی، با گزارشات Chih و همکاران هم‌راستا است که تغییر چندانی در پی فعالیت ورزشی سبک تا متوسط در دانشجویان مشاهده نکردند (۳۰). از سویی، با توجه به کاهش معنی‌دار این شاخص‌ها در پی تمرین استقامتی، با گزارشات مقالاتی که بر کاهش اندازه دور کمر و باسن در تمرین استقامتی و دایره‌ای با وزنه در دانشجویان دلالت دارند، همخوانی دارد (۲، ۲۵، ۳۱).

از آنجا که ادبیات پژوهشی بیانگر تغییر میزان و سرعت جریان انرژی مصرفی بدن در پی فعالیت‌های منظم ورزشی برای کمک به برداشت بیشتر انرژی از سیستم چربی‌سوز است (۳۲)، پس این تغییرات در ترکیب بدنی و کاهش وزن بدن و جلوگیری از چاقی در پی هر دو گونه تمرین منطقی به نظر می‌رسد. پژوهش‌ها بیان داشته‌اند که هر دو نوع تمرین قدرتی و استقامتی منجر به افزایش سطوح پروتئین‌های PGC1 α و SIRT1 می‌شود که هر دو، عاملی کلیدی در تنظیم متابولیسم چربی هستند. همچنین، هر دو نوع تمرین با افزایش سطح آنزیم کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز که آنزیمی کلیدی در اکسیداسیون چربی است، به برداشت چربی کمک می‌کنند (۳۳). همچنین از نظر بیومکانیکی، تمرین قدرتی می‌تواند به بهبود کارایی مکانیکی حرکت در افراد چاق بیانجامد. این موضوع منجر به فعالیت با شدت بالاتر در ضربان مشابه در افراد دارای اضافه وزن شده، ضمن اینکه احتمال می‌رود افراد چاق بدلیل وجود اضافه وزن، در تمرین‌های قدرتی افزون بر وزنه‌های منتخب، بار ناشی از جابجایی وزن اضافی بدن که کارایی حرکتی ندارد را تحمل کنند. لذا به نظر می‌رسد

سطوح آیریزین به عنوان عامل پیشنهادی اثرگذار در متابولیسم چربی ذخیره در بدن، می‌تواند گواهی بر اثرات مثبت تمرین استقامتی و قدرتی بر سلامت افراد جوان بی تحرک شرکت کننده در پژوهش حاضر باشد. بر اساس پروتکل بکار گرفته شده در پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود برنامه تمرین منظم، چه از نوع قدرتی و چه از نوع هوازی با توجه به امکانات در دسترس در افراد چاق با دامنه سنی مشابه انجام گردد تا علاوه بر بهبود ترکیب بدن، از امکان بروز بیماری‌های متابولیکی همچون دیابت کاسته شود.

با وجود توصیه به دانشجویان مبنی بر عدم انجام هر گونه فعالیت ورزشی خارج از برنامه در مدت انجام پژوهش، پرداختن به استراحت ۸ ساعته شبانه و مصرف غذاهای تهیه شده توسط دانشگاه و کنترل آنها بصورت خودگزارشی، با این وجود عدم دسترسی کامل به کنترل تغذیه و وضعیت خواب و میزان فعالیت جانبی دانشجویان را می‌توان بعنوان محدودیت در این پژوهش در نظر گرفت. پیشنهاد می‌گردد پژوهشی مشابه روی افراد دیابتی جوان در دو گروه زن و مرد صورت گیرد تا مقایسه فاکتورهای مذکور در این پژوهش بصورت جامع‌تری انجام گیرد. همچنین، پژوهش‌های دیگر می‌تواند با در نظر گرفتن تغییرات در نیمرخ چربی افراد بی‌تحرک در پی فعالیت ورزشی و مقایسه افراد بی‌تحرک بدون اضافه وزن، دارای اضافه وزن و چاق به تکمیل نتایج حاصله در این پژوهش بپردازند. انجام پژوهش با بکارگیری تمرین‌های ترکیبی و اینتروال نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی مدنظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از متخصصان و کارشناسان دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی ایران که اینجانب را در انجام این پژوهش راهنمایی و یاری نمودند سپاسگزاریم. همچنین، از تک تک دانشجویان که صمیمانه در انجام این پژوهش حاضر شدند، کمال تشکر را داریم.

سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان در تمامی قسمت‌های مقاله نقش داشتند.

تضاد منافع

در کلیه مراحل این مقاله، هیچگونه حمایت مالی بیرونی صورت نگرفت و نقش نویسندگان در انجام مراحل مختلف این پژوهش شامل طراحی پروژه، عملیاتی نمودن تمرین‌ها، تحلیل داده‌ها و نگارش مقاله، یکسان بود.

References

- Pedersen BK. Muscles and their myokines. *The J Exp Biol*. 2011;214(Pt 2):337-46. [pmid: 21177953](#) [doi: 10.1242/jeb.048074](#)
- Gharaat MA, MehriAlvar Y (2023). Effect of resistance training modalities on angiogenic indices in sedentary male students [in Persian]. *Tehran U Med Sci J*. 2023;81(6):441-9
- Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1-alpha-dependent myokine that drives brownfat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012;481(7382):463-8. [pmid: 22237023](#) [doi: 10.1038/nature10777](#)
- Aydin S, Kuloglu T, Aydin S, Eren MN, Celik A, Yilmaz M, et al. Cardiac, skeletal muscle and serum irisin responses to with or without water exercise in young and old male rats: cardiac muscle produces more irisin than skeletal muscle. *Peptides*. 2014;52:68-73. [pmid: 24345335](#) [doi: 10.1016/j.peptides.2013.11.024](#)
- Huh JY, Dincer F, Mesfum E, Mantzoros CS. Irisin stimulates muscle growth-related genes and regulates adipocyte differentiation and metabolism in humans. *Int J Obesity*. 2014;38(12):1538-44. [doi: 10.1016/j.ircvsc.2022.08.025](#)
- Choi YK, Kim MK, Bae KH, Seo HA, Jeong JY, Lee WK, et al. Serum irisin levels in new-onset type 2 diabetes. *Diabetes Res*

Norheim و همکاران مربوط باشد که بلافاصله پس از تمرین هوازی یا ۷۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه اندازه‌گیری صورت گرفت. همچنین سن آزمودنی‌های پژوهش مذکور از میانسال تا پیر بود که این تفاوت دامنه سنی می‌تواند عامل مهمی در تعارض نتایج بدست آمده باشد (۴۱). همچنین، آزمودنی‌های پژوهش Moraes و همکاران بیماران همودیالیزی بودند که ممکن است تفاوت آزمودنی‌ها دلیلی بر نتایج نامشابه با پژوهش حاضر باشد (۴۳). مقایسه میزان آیریزین پلاسمای خون دو روش تمرینی نشانگر اثرات نزدیک به هم این روش‌هاست.

یافته دیگر این پژوهش، کاهش میزان انسولین و مقاومت انسولینی در پی هر دو گونه تمرین قدرتی و استقامتی به طور معنی‌دار بود. یافته‌های پژوهش، نتایج مشابهی مبنی بر کاهش مقاومت به انسولین و میزان انسولین پلازما در پژوهش Shakil-ur-Rehman و همکاران پس از ۱۸ ماه تمرین هوازی (۴۴)، Gharaat و همکاران پس از ۳ هفته و ۶ هفته تمرین هوازی شدید (۱۹) و انتشاری و همکاران پس از ۸ هفته تمرین ترکیبی نشان داد (۴۵).

Kumar و همکاران نیز در فراتحلیل نشان دادند که فعالیت ورزشی باعث بهبود مقاومت به انسولین و سطح گلوکز ناشتا می‌شود (۴۶). همچنین، از آنجا که Choi و همکاران (۶) و Liu و همکاران (۷) کاهش آیریزین را در بیماران دیابتی گزارش نمودند، می‌توان به نقش آیریزین در متابولیسم گلوکز پی برد (۶، ۷). سازوکارهای احتمالی مختلفی از سوی پژوهشگران همچون بهبود پیام‌رسانی پیش‌گیرنده‌های انسولین، افزایش فعالیت آنزیم‌های گلیکوژن سنتتاز و هگزوکیناز، افزایش مصرف اسیدهای چرب آزاد در خون، افزایش رهایی گلوکز از خون به عضله و تغییر در ترکیب عضلات اسکلتی در جهت افزایش برداشت گلوکز به عنوان عوامل مؤثر بر بهبود شاخص مقاومت به انسولین پس از تمرین بدنی بیان شده‌اند (۱۹، ۳۷). می‌توان گفت این نتایج بر بهبود عملکرد هوازی و سلامت عمومی سیستم متابولیکی در پی فعالیت بدنی اذعان دارند که با نتایج پیشین در این زمینه همسو می‌باشد (۲۹، ۳۸، ۴۷).

نتیجه‌گیری

آنچه از نتایج پژوهش حاضر برداشت می‌شود بهبود کارکرد برداشت گلوکز خون هنگام استراحت و سلامت عمومی دانشجویان حاضر در این پژوهش با انجام هر دو گونه فعالیت هوازی و قدرتی است، هرچندکه نقش فعالیت هوازی در این بهبودی بالاتر به نظر می‌رسد. بهبود ترکیب بدنی هر دو گروه تمرینی، کاهش مقاومت به انسولین و کاهش درصد چربی همراه با افزایش

- Clin Pract. 2013;100(1):96-101. [pmid: 23369227](#) [doi: 10.1016/j.diabres.2013.01.007](#)
7. Liu JJ, Wong MD, Toy WC, Tan CS, Liu S, Ng XW, et al. Lower circulating irisin is associated with type 2 diabetes mellitus. J Diabetes Complications. 2013;27(4):365-369. [pmid: 23619195](#) [doi: 10.1016/j.jdiacomp.2013.03.002](#)
8. Deng W. Association of serum irisin concentrations with presence and severity of coronary artery disease. Med Sci Monit. 2016;22:4193-7. [pmid: 27815563](#) [doi: 10.12659/msm.897376](#)
9. Khorasani ZM, Bagheri RK, Yaghoubi MA, Chobkar S, Aghaee MA, Abbaszadegan MR, et al. The association between serum irisin levels and cardiovascular disease in diabetic patients. Diabetes Metab Syndr: Clin Res Rev. 2019;13(1):786-90. [pmid: 30641808](#) [doi: 10.1016/j.dsx.2018.11.050](#)
10. Saadeldin MK, Elshaer SS, Emara IA, Maged M, Abdel-Aziz AK. Serum sclerostin and irisin as predictive markers for atherosclerosis in Egyptian type II diabetic female patients: A case control study. PLoS One. 2018;13(11):e0206761. [pmid: 30403705](#) [doi: 10.1371/journal.pone.0206761](#)
11. van Marken Lichtenbelt WD, Vanhomerig JW, Smulders NM, Drossaerts JM, Kemerink GJ, Bouvy ND, et al. Cold activated brown adipose tissue in healthy men. New England J Med. 2009;360(15):1500-8. [pmid: 19357405](#) [doi: 10.1056/NEJMoa0808718](#)
12. Zhu B, Wang B, Zhao C, Wang Y, Zhou Y, Lin J, et al. Irisin regulates cardiac responses to exercise in health and diseases: a narrative review. J Cardiovasc Transl Res. 2023;16(2):430-42. [pmid: 36036861](#) [doi: 10.1007/s12265-022-10310-4](#)
13. Miyamoto-Mikami E, Sato K, Kurihara T, Hasegawa N, Fujie S, Fujita S, et al. Endurance training-induced increase in circulating irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. PLoS One. 2015;10(3):e0120354. [pmid: 25793753](#) [doi: 10.1371/journal.pone.0120354](#)
14. 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):1701-8. [doi: 10.1002/oby.20739](#)
15. 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? The J Physiol. 2013;591(21):5393-400. [pmid: 24000180](#) [doi: 10.1113/jphysiol.2013.263707](#)
16. 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 Exp Med. 2014;233(2):135-40. [pmid: 24910199](#) [doi: 10.1620/tjem.233.135](#)
17. Gharaat MA, Ramezani A. Effect of interval training on performance and rheological characteristics of elite male rowers [in Persian]. J Practical Studies Biosci in Sport. 2018;6(11):120-30. [doi: 10.22077/jpsbs.2018.852](#)
18. Samadi M, Nazem F, Gharaat MA. Designing the simulation training of taekwondo competition according to heart rate, blood lactate and rating of perceived exertion. Med Dello Sport. 2014;67(4):581-92.
19. Gharaat MA, Choobdari HR, Sheykhlouvand M. Cardioprotective effects of aerobic training in diabetic rats: Reducing cardiac apoptotic indices and oxidative stress for a healthier heart. ARYA Atheroscler. 2024;20(2):50-60. [pmid: 39170813](#) [doi: 10.48305/arya.2024.41976.2911](#)
20. Kazemzadeh Y, Banaeifar A, Shirvani H, Gharaat MA. The effect of high intensity interval training HIIT on body composition, lipid profile and insulin sensitivity in overweight young men [in Persian]. J Sport Exerc Physiol. 2016;9(2):1385-94. [doi: 10.48308/joeppa.2016.98829](#)
21. Gharaat MA, Kashef M, Jameie B, Rajabi H. Effect of endurance and high intensity interval swimming training on cardiac structure and Hand2 expression of rats [in Persian]. J Shahid Sadoughi Uni Med Sci. 2017;25(9):748-58.
22. Soltani M, Rashidlamir A, Fathi M, Ghahremanimoghaddam M. The effect of eight weeks of water training on Sirt1, Pgc -1α and body fat percentage in obese men [in Persian]. J Babol Univ Med Sci. 2018;20(9):55-60.
23. Aghajani A, Alikhani H, Hojjati Z, Gharaat MA. Comparison of the effects of continuous and high intensity interval training on aerobic performance in elite male rowers [in Persian]. J Practical Studies Biosci in Sport. 2016;4(7):23-32. [doi: 10.22077/jpsbs.2016.379](#)
24. Heidari A, Fathi M, Mirnsouri R. Comparison of the effect of 12 weeks of aerobic activity with light and heavy intensities on some factors related to obesity in obese and overweight children: A quasi-experimental study [in Persian]. Feyz. 2022;27(5):540-8. [doi: 10.48307/FMSJ.2022.26.5.539](#)
25. Gharaat MA, Eidi Abarghani L. Effect of circuit training with body weight on fat profile and body composition of overweight male students [in Persian]. J Physic Edu Student Health Sci. 2022;1(2):34-43.
26. Sharafifard F, Kazeminasab F. The combined impact of strength exercise and low-carbohydrate diet on body fat mass in adults: a systematic review and meta-analysis [in Persian]. Res Exerc Nut. 2023;1(4):35-48. [doi: 10.22034/ren.2023.140179.1036](#)
27. Goldhaber-Fiebert JD, Goldhaber-Fiebert SN, Tristán ML, Nathan DM. Randomized controlled community-based nutrition and exercise intervention improves glycemia and cardiovascular risk factors in type 2 diabetic patients in rural Costa Rica. Diabetes Care. 2003;26(1):24-9. [pmid: 12502654](#) [doi: 10.2337/diacare.26.1.24](#)
28. Nybo L, Sundstrup E, Jakobsen MD, Mohr M, Hornstrup T, Simonsen L, et al. High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(10):1951-8. [pmid: 20195181](#) [doi: 10.1249/MSS.0b013e3181d99203](#)
29. Gharaat MA, Kashef M, Jameie B, Rajabi H. Effect of endurance and high intensity interval swimming training on cardiac hypertrophy of male rats [in Persian]. J Shahid Sadoughi Uni Med Sci. 2018;26(4):306-18.
30. Chih HC, Ming CK, Long SW, Ding PY, Nai WK, Po FL, et al. Benefits of different intensity of aerobic exercise in modulating body composition among obese young adults: a pilot randomized controlled trial. Health Qual Life Outcomes. 2017;15(1):168. [pmid: 28836987](#) [doi: 10.1186/s12955-017-0743-4](#)
31. Yaghoubi M, Ramezani S. The effect of resistance training at home on different dimensions of quality of life, blood pressure and indices of abdominal obesity in the elderly during COVID-19 quarantine [in Persian]. Caspian J Health Aging. 2020;5(2):80-94.
32. Hosseini S, Salehi O, Farkhaie F. Lipid profile changes of elderly males in response to aerobic training and detraining [in Persian]. J Geriatr Nurs. 2017;3(2):21-33.
33. Alizadeh L, Tofighi A, Tolouei Azar J. The effect of 8 weeks of high intensity interval training (hiit) on serum irisin, fgf21 and glycemic indices in type 2 diabetic women. J Appl Health Stud Sport Physiol. 2020;6(2):17-24. [doi: 10.22049/jassp.2019.26337.1184](#)
34. Cavaggioni L, Gilardini L, Croci M, Formenti D, Merati G, et al. The usefulness of Integrative Neuromuscular Training to counteract obesity: a narrative review. Int J Obes. 2024;48:22-32. [doi: 10.1038/s41366-023-01392-4](#)
35. Bouassida A, Chamari K, Zaouali M, Feki Y, Zbidi A, Tabka Z. Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. Br J Sports Med. 2010;44(9):620-30. [pmid: 18927166](#) [doi: 10.1136/bjsm.2008.046151](#)
36. Canto C, Auwerx J. PGC-1α, SIRT1 and AMPK, an energy sensing network that controls energy expenditure. Curr Opin

- Lipidol. 2009;20(2):98-105. [pmid: 19276888](#) [doi: 10.1097/MOL.0b013e328328d0a4](#)
37. Zaeimifard E, Arshadi S, Sohaily S, Banaeifar A. The effect of aerobic exercise on indicators of preptin, irizine and insulin resistance in obese women [in Persian]. *Razi J Medical Sci.* 2020;27(2):70-9.
 38. Mardani S, Binias S A, Ramezani S. The effect of 8 weeks of continuous aerobic training on serum irisin level and insulin resistance index of middle-aged women with type 2 diabetes [in Persian]. *Iranian J Diabetes Metab.* 2022;22(2):89-98.
 39. Nazar-Ali P, Ansari Ghadim R, Rahmani H. The effect of high-intensity circular exercises on high serpentine serum levels and insulin resistance in inactive women with overweight [in Persian]. *J Endocrine Metabol Iran.* 2018;10(40):149-62. [doi:10.52547/joeppa.14.2.115](#)
 40. Hecksteden A, Wegmann M, Steffen A, Kraushaar J, Morsch A, Ruppenthal S, et al. Irisin and exercise training in humans—results from a randomized controlled training trial. *BMC Med.* 2013;11(1):235. [pmid: 24191966](#) [doi: 10.1186/1741-7015-11-235](#)
 41. Norheim F, Langleite TM, Hjorth M, Holen T, Kielland A, Stadheim HK, et al. The effects of acute and chronic exercise on PGC- 1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *FEBS J.* 2014;281(3):739-49. [pmid: 24237962](#) [doi: 10.1111/febs.12619](#)
 42. Fernandez-del-Valle M, Short MJ, Chung E, McComb J, Kloiber S, Naclerio F, et al. Effects of high -intensity resistance training on circulating levels of irisin in healthy adults: a randomized controlled trial. *Asian J Sports Med.* 2018;9(2):e13025. [doi: 10.5812/asjms.13025](#)
 43. Moraes C, Leal VO, Marinho SM, Barroso SG, Rocha GS, Boaventura GT, et al. Resistance exercise training does not affect plasma irisin levels of hemodialysis patients resistance exercise training does not affect plasma irisin levels of hemodialysis patients. *Horm Metab Res.* 2013;45(12):900-4. [pmid: 24013946](#) [doi: 10.1055/s-0033-1354402](#)
 44. Shakil-ur-Rehman S, Karimi H, Gillani SA. Effects of supervised structured aerobic exercise training program on fasting blood glucose level, plasma insulin level, glycemic control, and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. *Pak J Med Sci.* 2017;33(3):576-80. [pmid: 28811774](#) [doi: 10.12669/pjms.333.12023](#)
 45. 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 [in Persian]. *Med J Mashhad Uni Medical Sci.* 2018;61(2):971-84. [doi: 0.22038/mjms.2018.11565](#)
 46. Kumar AS, Maiya AG, Shastry B, Vaishali K, Ravishankar N, Hazari A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehab Med.* 2019;62(2):98-103. [pmid: 30553010](#) [doi: 10.1016/j.rehab.2018.11.001](#)
 47. Lavie CJ, Johannsen N, Swift D, Senechal M, Earnest C, Church T, et al. Exercise is medicine - the importance of physical activity, exercise training, cardiorespiratory fitness and obesity in the prevention and treatment of type 2 Diabetes. *Eur Endocrinol.* 2014;10:18-22. [pmid: 29872459](#) [doi: 10.17925/EE.2014.10.01.18.](#)