

تاثیر تمرینات تناوبی پرشدت (HIIT) بر سطوح آیریزین و شاخص مقاومت انسولین در موش‌های صحرایی

سعید حضرتی مولائی^۱، رحمن سوری^۲✉، علی اصغر رواسی^۳، علی گزری^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران

۳. استاد فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران

۴. استادیار فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه زنجان

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۹/۰۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۰۷

چکیده

هدف: هدف از اجرای پژوهش، بررسی تاثیر ۱۰ هفته تمرین اینتروال پرشدت را بر سطوح سرمی آیریزین و شاخص مقاومت انسولین (HOMA-IR) در موش‌های صحرایی نر بود. **روش شناسی:** ۱۶ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار به طور تصادفی به دو گروه کنترل (۸ سر) و تمرینی (۸ سر) تقسیم شدند. گروه تمرینی، تمرینات اینتروال پرشدت (یک دقیقه دوی سرعت و ۲-۵ دقیقه استراحت، ۶-۱۰ بار در روز، ۵-۶ روز در هفته، با سرعت ۳۰-۸۰ متر بر دقیقه) را به مدت ۱۰ هفته، روی تردمیل اجرا کردند. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی نمونه‌های خونی جمع‌آوری و سطوح سرمی آیریزین و انسولین به روش الایزا و سطوح گلوکز به روش گلوکز اکسیداز اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون آنالیز واریانس یک سویه و آزمون همبستگی پیرسون در سطح معنی‌داری $P < 0.05$ انجام گرفت. **نتایج:** اجرای ۱۰ هفته تمرینات تناوبی پرشدت افزایش معنی‌دار سطوح سرمی آیریزین ($P = 0.004$) را در پی داشت. علاوه بر این در گروه تمرین سطوح گلوکز ناشتا و HOMA-IR کاهش یافت ولی این کاهش معنادار نبود ($P > 0.05$)؛ سطوح انسولین سرمی در گروه تمرین بیش از گروه کنترل بود ولی این مقدار نیز معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). ضمناً رابطه‌ی معنی‌داری بین سطوح سرمی آیریزین با سطوح سرمی انسولین و شاخص مقاومت انسولین مشاهده نگردید ولی رابطه‌ی بین سطوح سرمی آیریزین با سطوح سرمی گلوکز معنی‌دار بود ($P = 0.029$). **بحث و نتیجه‌گیری:** تمرینات اینتروال پر شدت سبب افزایش سطوح آیریزینی و بهبود شاخص مقاومت انسولینی در رت‌های نر می‌شود.

کلید واژه‌ها: تمرین تناوبی پرشدت، آیریزین، مقاومت انسولینی، موش صحرایی

Effect of High Intensity Interval Training (HIIT) on Level of Irisin and Insulin Resistance Index in Rats

Abstract

Aims: The aim of this study was to investigate the effects of 10 week high intensity interval training on serum levels of irisin and insulin resistance index (HOMA-IR) in male rats. **Methodology:** sixteen male wistar rats were randomly divided in two control (n=8) and training (n=8) groups. Training group performed high intensity interval training (1 min/sprint, 6~10 sets/day and 5~6 days/week) for 10 weeks. Blood samples were collected 48 hours after last training session and serum levels of irisin, insulin and glucose were measured using ELISA and glucose oxidase method. Statistical analysis was done by ANOVA and Pearson correlation and ($P < 0.05$) was considered significant. **Results:** serum levels of irisin ($P = 0.004$) significantly increased following 10 week high intensity interval training. In addition serum levels of fasting glucose and HOMA-IR were decreased in the trained group but were not significant ($P > 0.05$). Also serum levels of insulin in the trained group were more than control group but were not significant ($P > 0.05$). Hence there were not significant correlations between irisin levels and insulin and HOMA-IR ($P > 0.05$) but correlations between irisin and glucose were not significant ($P = 0.029$). **Conclusion:** high intensity interval training increases irisin levels and improves insulin resistance index in male rats

Keywords: High Intensity Interval Training, Irisin, Insulin Resistance, Rat

✉ نویسنده مسئول: رحمن سوری تلفن: ۰۹۱۲۲۰۷۷۸۶۲

آدرس: دانشگاه تهران؛ امیرآباد شمالی، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران، ساختمان ظفر.

پست الکترونیکی: soorirahman@yahoo.com

مقدمه

دارد) عمل می‌کند و این سبب ترشح FNDC5 شده که با شکسته شدن این پروتئین هورمون آیریزین که بخشی از این پروتئین است، رها می‌شود. با رها شدن آیریزین بیان پروتئین جداساز نوع ۱ (UCP1)^۹ افزایش می‌یابد. UCP1 با افزایش نفوذپذیری غشای داخلی میتوکندری به پروتون مانع از جفت شدن پروتون‌ها شده و پتانسیل الکتروشیمیایی را کاهش داده و مانع ساخته شدن ATP^{۱۰} می‌شود. در این فرایند با وجود این که زنجیره انتقال الکترون با سرعت انجام می‌شود ولی انرژی حاصل از انتقال الکترون‌ها به صورت حرارت هدر می‌رود و ATP ساخته نمی‌شود و این منجر به القای خواص بافت چربی قهوه‌ای در بافت چربی سفید شده و گرمزایی را افزایش می‌دهد (۹).

در نتیجه‌ی همه‌ی این فعل و انفعالات بافت چربی سفید که به عنوان ذخیره‌ی انرژی محسوب می‌شود به بافت چربی قهوه‌ای تبدیل می‌شود که انرژی را به صورت گرما هزینه می‌کند و این عمل سبب افزایش هزینه‌ی انرژی و کاهش وزن می‌گردد (۱۰). همچنین با توجه به مطالعات انجام شده ارتباط معنی‌داری بین هورمون آیریزین و شاخص مقاومت انسولینی که یکی از شاخص‌های اصلی در بیماری دیابت نوع ۲ است، مشاهده شده است (۱۱-۱۳).

بوستروم و همکاران (۲۰۱۲) که تاثیر فعالیت بدنی بر PGC1- را مطالعه می‌کردند برای اولین بار آیریزین را کشف کرده و از تاثیر مثبت ورزش و فعالیت بدنی استقامتی در هر دو نمونه انسانی و حیوانی بر این مایوکاین گفتند، آن‌ها همچنین ارتباط بین آیریزین و شاخص مقاومت انسولین را تایید کردند (۴). تیمونز و همکارانش (۲۰۱۲) ارتباط بین فعالیت بدنی و آیریزین را در دو گروه متفاوت که یکی ۲۶ هفته تمرین مقاومتی و دیگری ۶ هفته تمرین استقامتی با شدت ۷۵٪ VO2peak روی دوچرخه ثابت انجام داده بودند مورد بررسی قرار دادند و به دلیل عدم مشاهده‌ی تغییرات معنی‌دار در آیریزین تاثیر فعالیت بدنی بر آیریزین را رد کردند و کاهش مقدار مقاومت انسولین را نیز نه در اثر افزایش آیریزین بلکه به عنوان یکی از آثار مثبت تمرین تلقی کردند (۱۴). لیکر و همکارانش (۲۰۱۲) با بررسی ۲۴ بیمار مبتلا به نارسایی قلبی، ارتباط بین آیریزین و VO2peak را که یکی از شاخص‌های آمادگی جسمانی است، تصدیق کردند (۱۵). پژوهش‌ها و همکارانش (۲۰۱۲) نیز با اعمال ۸ هفته تمرین سرعتی تناوبی از افزایش حاد آیریزین پس از یک جلسه تمرین که

امروزه چاقی و بیماری‌های ناشی از آن یکی از مشکلات شایع در جوامع مختلف است (۱، ۲). از این رو شناسایی تأثیرات مثبت فعالیت ورزشی بر متابولیسم در هر دو سطح مولکولی و بالینی به یکی از موضوعات مورد علاقه محققان تبدیل شده است. اگرچه مزایای استفاده از تمرین مناسب به منظور بهبود و درمان غیردارویی بیماری‌های متابولیکی و قلبی-عروقی به خوبی نشان داده شده است (۳، ۴)، با وجود این مکانیسم‌هایی که تمرین از طریق آن‌ها اثرات مثبت خود را اعمال می‌کند، هنوز به خوبی شناخته شده نیست (۴).

بافت چربی به عنوان عامل به وجود آورنده چاقی از دو جز عملکردی متفاوت تشکیل شده است. بافت چربی سفید^۱ که محل ذخیره‌ی انرژی است و بافت چربی قهوه‌ای^۲ که نقش گرمزایی (تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی حرارتی) را ایفا می‌کند (۵). از این رو به نظر می‌رسد کاستن از چربی سفید که به عنوان یکی از عوامل خطر در اکثر بیماری‌ها به شمار می‌رود و افزایش چربی قهوه‌ای که نقش مثبت آن بیان شد، یکی از روش‌های موثر برای جلوگیری از برخی بیماری‌های قلبی-عروقی و متابولیکی باشد.

مکانیسم مولکولی تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای و افزایش گرمزایی و در نهایت کاهش وزن اخیراً توسط بوستروم و همکارانش مورد کنکاش قرار گرفت و آن‌ها بیان داشتند که عامل اصلی این پدیده، پپتیدی به نام آیریزین است که از بافت عضلانی ترشح می‌شود (۴).

این مایوکاین از تجزیه‌ی پروتئین پراکسی‌زومی (که با نام‌های FNDC5^۳، PEP^۴ و FRCP2^۵ نیز نشان داده می‌شود) به وجود می‌آید. پروتئین FNDC5 که یک پروتئین غشایی است از یک پپتید سیگنالی، یک شاخه‌ی فیبرونکتین نوع ۳ و شاخه‌ی آگریز C-ترمینال به وجود می‌آید (۵-۸). پروتئین FNDC5 پس از تجزیه و جدا شدن از غشا به یک پپتید با ۱۱۲ اسیدآمینو تبدیل می‌شود که به دلیل شباهتش به الهیسه‌ی پیام‌آور رنگین کمان یونان باستان (آیریز^۶)، آیریزین نامیده می‌شود (۴).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که FNDC5 در پاسخ به فعالیت عضلانی ترشح می‌شود. در حقیقت فعالیت بدنی ترشح PGC1-^۷ را تحریک کرده و PGC1- به عنوان فعال‌کننده‌ی PPAR-^۸ (که در متابولیسم انرژی شرکت

هفته تمرین تناوبی پرشدت را بر سطوح آیریزین، انسولین و گلوکز سرمی در موش‌های صحرایی نر بالغ را مورد بررسی قرار دهیم تا هم برای اولین بار بتوان پاسخ آیریزین به یک تمرین شدید را به صورت مزمن سنجید و هم ارتباط بین آیریزین و شاخص مقاومت انسولین را مورد ارزیابی قرار داد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تجربی بود که با هدف کلی بررسی تاثیر اجرای ۱۰ هفته تمرین تناوبی پرشدت بر سطح سرمی آیریزین، انسولین، گلوکز و شاخص مقاومت انسولین در موش‌های صحرایی سالم اجرا شد. در ابتدا ۱۶ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار (میانگین وزن 178 ± 11 و سن ۶ هفته‌ای) از مرکز تکثیر و پرورش حیوانات آزمایشگاهی پاستور تهیه و به آزمایشگاه حیوانات دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی منتقل شد. حیوانات در گروه‌های ۴ تایی و در قفس‌های پلی کربنات در شرایط کنترل شده با میانگین دمای $23 \pm 1/7$ درجه سانتی‌گراد و چرخه روشنایی، تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و با دسترسی آزاد به آب و غذای ویژه حیوانات آزمایشگاهی نگهداری شدند. پس از ۲ هفته آشناسازی با محیط آزمایشگاه و آشنایی با شیوهی تمرین (دویدن روی نوارگردان) و رسیدن به وزن مطلوب، موش‌ها با میانگین وزن 195 ± 14 گرم به طور تصادفی به ۲ گروه تمرین اینتروال پرشدت (۸ سر) و گروه کنترل (۸ سر) تقسیم شدند (جدول ۲) و هیچگونه ریزی در طی مراحل اجرای پژوهش صورت نگرفت. موش‌های گروه تمرین تناوبی پرشدت تحت پروتکل تمرینی خود قرار گرفتند در حالیکه گروه کنترل فقط در قفس نگهداری و درگیر تمرین نمی‌شد.

پروتکل تمرین دوی تناوبی پرشدت که در هفته‌ی اول شامل ۶ جلسه و در سایر هفته‌ها ۵ جلسه در هفته بود، شامل تناوب‌های یک دقیقه‌ای با سرعت مشخص شده در جدول ۱ و استراحت‌های ۲ الی ۵ دقیقه‌ای فعال بین این تناوب‌ها بود که در صورت اجتناب موش‌ها از انجام تمرین با زدن ضربه به محفظه موش‌ها و تولید صدا و در مواردی با استفاده از شوک الکتریکی که در انتهای تردمیل تعبیه شده بود موش‌ها وادار به اجرای تمرین می‌شدند. همه‌ی جلسات تمرینی دارای گرم و سرد کردن‌های ۵ الی ۱۰ دقیقه‌ای پیش و پس از تمرین بود (۲۶)(جدول ۱).

شامل ۲ الی ۳ ست، ۲ دوی سرعت ۸۰ متری با استراحت ۲۰ دقیقه‌ای بین ست‌ها می‌شد، خبر داد ولی افزایش آن پس از ۸ هفته تمرین به این شیوه را رد کرد (۱۶). پس از مشخص شدن نتایج پژوهش هو، مطالعات در این حوزه به دو شاخه مجزا تقسیم شد که یکی به بررسی تاثیرات حاد تمرین بر آیریزین می‌پرداخت و شاخه دیگر تاثیر مزمن ورزش و فعالیت بدنی را بر آیریزین بررسی می‌کرد.

اغلب پژوهش‌هایی که اثرات حاد تمرین بر آیریزین را مورد بررسی قرار داده‌اند، فارغ از نوع تمرین اثر حاد ورزش بر آیریزین را تصدیق کرده‌اند که از جمله آنها می‌توان به پژوهش رئیسی و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد که افزایش مقدار آیریزین پس از یک جلسه تمرین مقاومتی (۳ دور بالا رفتن از نردبان با وزنه‌ای معادل ۵۰٪ وزن بدن با ۵ تکرار) در موش‌های صحرایی را تصدیق کرده‌اند یا کرامر و همکاران (۲۰۱۳) که افزایش گذرای آیریزین یک ساعت پس از تمرین استقامتی با ۶۰ درصد VO_{2max} را تایید کرده‌اند (۱۶-۲۰) و با توجه به تعدد این دست تحقیقات می‌توان با اطمینان از تاثیرات حاد فعالیت بدنی بر آیریزین گفت. اما اثرات مزمن و بلند مدت ورزش بر سطوح آیریزین دارای ابهامات فراوانی است. نورهیم و همکاران (۲۰۱۳) پس از ۱۲ هفته تمرین قدرتی و استقامتی نه تنها افزایشی در مقدار آیریزین مشاهده نکردند بلکه مقدار آیریزین پس از ۱۲ هفته تمرین کاهش یافت (۲۱). پکالا و همکاران نیز ۲۱ هفته تمرین استقامتی بر آیریزین را بی‌تاثیر خواندند (۲۲). فین و همکاران (۲۰۱۳) با اعمال ۲۰ هفته تمرین استقامتی (۴۵ دقیقه با ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه) در خوک‌ها، الفسن و همکاران با اعمال ۱۲ هفته تمرین قدرتی فزاینده (۸ حرکت، ۱ ست، با وزنه معادل ۷-۱۰ تکرار بیشینه)، همچنین هکستدن و همکاران (۲۰۱۳) با اعمال ۲۶ هفته تمرین قدرتی (۸ حرکت، ۲ ست، ۱۵ تکرار با وزنه معادل ۲۰ تکرار بیشینه) و استقامتی (۴۵ دقیقه پیاده‌روی یا دوی نرم با ۶۰ درصد ضربان قلب) در نمونه‌های انسانی هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری در پی یک دوره تمرینی مشاهده نکردند و ارتباط بین آیریزین پایه و گلوکز را نیز رد کردند (۲۳-۲۵). علاوه بر ابهام‌های فراوان در مورد ارتباط بین آیریزین و شاخص مقاومت انسولینی و تاثیر یا عدم تاثیر مزمن ورزش بر آیریزین، در مورد نوع، شدت و مقدار فعالیت ورزشی نیز سوالات فراوانی بی‌پاسخ مانده است. از این رو در این تحقیق برآنیم تا تأثیر ۱۰

جدول ۱. پروتکل تمرین اینتروال پرشدت

هفته ۱۰	هفته ۹	هفته ۸	هفته ۷	هفته ۶	هفته ۵	هفته ۴	هفته ۳	هفته ۲	هفته ۱	آشنایی	
۸۰-۷۵	۸۰-۷۵	۸۰-۷۵	۸۰-۷۰	۷۰-۶۵	۷۰-۶۰	۶۵-۵۵	۶۵-۵۵	۵۵-۴۵	۴۵-۳۰	۳۰-۱۰	سرعت تردمیل (متر/دقیقه)
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	مدت اینتروال (دقیقه)
۳	۳	۴	۴	۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	مدت استراحت (دقیقه)
۷	۷	۷	۶	۶	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	دوره‌ها (تعداد/روز)
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۶	تعداد جلسات در هفته

یافته‌ها

مقایسه‌ی نتایج یافته‌های مربوط به وزن هفته اول و هفته دهم نشان داد تفاوت معناداری بین وزن موش‌های گروه تمرین و کنترل در پی ۱۰ هفته تمرین تناوبی پرشدت به وجود می‌آید ($P=0/001$) (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج مربوط به وزن موش‌ها در هفته اول و هفته دوازدهم

وزن هفته اول (گرم) M±SD	وزن هفته دهم (گرم) M±SD	
۱۹۹/۵۰±۱۶/۹۱	۳۲۲/۳۷±۳۱/۴۸	گروه کنترل
۱۹۱/۳۷±۱۱/۳۲	*۲۶۵/۵۰±۱۳/۱۶	گروه تمرین

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده اند. *تغییر معنادار نسبت به گروه کنترل $P < 0/05$

یافته‌های پژوهش پیرامون تغییرات آیریزین، گلوکز، انسولین و شاخص مقاومت انسولین نشان داد که سطوح آیریزین گروه تمرین نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت ($P=0/004$). مقدار انسولین سرمی نیز در گروه تجربی بیش از گروه کنترل بود ولی تفاوت معنی‌دار نبود. سطوح گلوکز سرمی و شاخص مقاومت انسولین نیز هر چند در گروه تمرین کمتر از گروه کنترل بود ولی تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج مربوط به مقایسه آیریزین در دو گروه

df	p	آیریزین (ng/mL)	گروه
۱۴	۰/۰۰۴	۶/۶۲	گروه کنترل
		*۹/۸۱±۲/۰۰	گروه تمرین

داده‌ها به صورت میانگین ارائه شده اند. *تغییر معنادار نسبت به گروه کنترل $P < 0/05$

به منظور از بین بردن اثر حاد تمرین، خون‌گیری ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین و با ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد. با بیهوش نمودن حیوان از طریق اتر خونگیری از قلب حیوان و با سرنگ ۵ سی‌سی انجام شد و پس از انتقال نمونه‌ها به داخل لوله‌های از قبل شماره‌گذاری شده، سرم‌ها با استفاده از ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه جدا شد و نمونه‌ها برای سایر اندازه‌گیری‌ها در دمای ۸۰- فریز شدند.

اندازه‌گیری سطوح آیریزین و انسولین از روش الیزا و با استفاده از کیت آیریزین Cusabio ساخت کشور چین و کیت انسولین Mercodia ساخت کشور سوئد انجام شد. غلظت گلوکز سرمی نیز به روش کلوگزاکسیداز و با استفاده از کیت اندازه‌گیری پارس آزمون ساخت کشور ایران اندازه‌گیری شد و شاخص مقاومت انسولینی نیز با استفاده از معادله ذیل محاسبه گردید (۲۷):

$$HOMA-IR = \frac{22/5}{\text{mmol/L}} \text{ گلوکز ناشتا} \times (\mu\text{U/mL}) \text{ انسولین ناشتا}$$

اطلاعات بدست آمده بر اساس میانگین و انحراف استاندارد دسته بندی و توصیف شدند. برای ارزیابی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری کلموگراف - اسمیرنوف استفاده شد. تغییرات بین گروهی گروه تجربی و کنترل با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک سویه ارزیابی گردید. روابط همبستگی نیز با کمک آزمون همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ویرایش ۲۰ در سطح معنی‌داری $0/05 < P$ انجام شد.

منفی معنی‌دار بین آیریزین و گلوکز وجود داشت. بوستروم و همکاران (۲۰۱۱) با اعمال دو شیوه‌ی تمرینی مختلف بر موش‌ها که به صورت ۱۴ روز شنای استقامتی یا دویدن آزادانه روی چرخ گردان بود، دریافتند که این دو نوع تمرین سبب افزایش سطوح آیریزینی می‌شود، آن‌ها مطالعات دیگری نیز روی انسان‌ها انجام داده و دریافتند که پاسخ آیریزین به تمرین در انسان‌ها نیز مانند موش‌ها بوده و ۱۰ هفته تمرین استقامتی با شدتی در حدود ۶۵ درصد VO_{2peak} موجب افزایش سطح آیریزین می‌شود (۴). هر چند در خصوص زمان خونگیری در این پژوهش ابهام وجود داشته و نمی‌توان دقیقاً مشخص نمود که بوستروم و همکاران اثر حاد تمرین بر آیریزین را مورد ارزیابی قرار داده‌اند یا اثر مزمن آن را سنجیده‌اند، با این وجود در پژوهش حاضر نیز نتایج مشابه در مورد آیریزین حاصل شده و یک دوره تمرین تناوبی پرشدت ۱۰ هفته‌ای منجر به افزایش آیریزین شده است.

بعد از بوستروم سایر پژوهش‌های انجام شده در این حوزه همگی از نمونه‌های انسانی یا حیوانی غیر از موش استفاده کرده و تنها رئیسی و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر یک جلسه تمرین مقاومتی بر آیریزین در موش‌های صحرایی را مورد ارزیابی قرار داده‌اند که به دلیل سنجش اثرات حاد آیریزین، تک جلسه‌ای بودن پروتکل تمرین شان و تفاوت نوع تمرین نمی‌توان آن را به عنوان معیار مناسبی برای مقایسه با این پژوهش دانست (۱۷).

با بررسی پژوهش‌های انسانی انجام شده در این حوزه میتوان به وجود یک خلا در این حوزه اشاره کرد که اکثر پژوهش‌هایی که برای سنجش اثرات مزمن تمرین بر آیریزین صورت گرفته فاقد شدت مناسب بوده و تحقیقاتی که با شدت‌های بالا انجام شده‌اند اثرات حاد تمرین بر آیریزین را مورد ارزیابی قرار داده‌اند.

برای مثال تیمونز و همکاران (۲۰۱۲) که درصدد راستی‌آزمایی نتایج آزمایش بوستروم و همکارانش بودند، تاثیر ۶ هفته تمرین استقامتی با شدتی در حدود ۷۵ درصد VO_{2peak} روی دوچرخه کارسنج در جوانان و ۲۶ هفته تمرین مقاومتی در جوانان و سالمندان را بررسی کردند و بیان داشتند که این دو نوع تمرین تاثیر معناداری بر آیریزین ندارد.

نتایج پژوهش نورهیم و همکاران (۲۰۱۴) که اثرات حاد و مزمن تمرین بر آیریزین را مورد سنجش قرار داده‌اند به

جدول ۴. نتایج مربوط به مقایسه انسولین در دو گروه

گروه	انسولین ($\mu\text{U/mL}$)	P	df
گروه کنترل	۸/۶۹	۰/۸۰۹	۱۴
گروه تمرین	$9/59 \pm 10/18$		

داده‌ها به صورت میانگین ارائه شده اند. *تغییر معنادار نسبت به گروه کنترل $P < 0/05$

جدول ۵. نتایج مربوط به مقایسه گلوکز در دو گروه

گروه	گلوکز (mg/dL)	P	df
گروه کنترل	۱۴۴/۶۲	۰/۲۹۶	۱۴
گروه تمرین	$111/12 \pm 65/73$		

داده‌ها به صورت میانگین ارائه شده اند. *تغییر معنادار نسبت به گروه کنترل $P < 0/05$

جدول ۵. نتایج مربوط به مقایسه مقاومت انسولینی در دو گروه

گروه	شاخص مقاومت انسولین	P	df
گروه کنترل	۳/۱۱	۰/۸۰۷	۱۴
گروه تمرین	$2/73 \pm 3/98$		

داده‌ها به صورت میانگین ارائه شده اند. *تغییر معنادار نسبت به گروه کنترل $P < 0/05$

بنابر یافته‌های آزمون همبستگی پیرسون، بین سطوح آیریزین و گلوکز سرمی یک همبستگی منفی معنادار وجود داشت ($r = -0/546, P = 0/029$) ولی ارتباط بین آیریزین با وزن، انسولین و شاخص مقاومت انسولین معنادار نبود (جدول ۴).

جدول ۶. نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون بین آیریزین و

سایر شاخص‌ها

شاخص مقاومت انسولین	گلوکز	انسولین	وزن هفته دهم	وزن هفته اول	آیریزین IP
۰/۰۳۹	$-0/546^*$	۰/۲۶۴	-۰/۴۶۰	۰/۱۰۷	آیریزین IP
۰/۸۸۷	۰/۰۲۹	۰/۳۲۴	۰/۰۷۳	۰/۶۹۳	

*همبستگی معنادار در سطح $P < 0/05$

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۱۰ هفته تمرین تناوبی پرشدت به افزایش مزمن سطح آیریزین سرمی در موش‌های نر منجر شده و هرچند موجب کاهش شاخص مقاومت انسولینی و گلوکز سرمی شده ولی این کاهش معنادار نبوده و ارتباط معناداری نیز بین آیریزین با سطوح انسولینی و شاخص مقاومت انسولین مشاهده نشده است ولی یک همبستگی

بوده و به صورت حاد انجام شده است ولی نتایج این دو پژوهش را می‌توان دلیل تاکید بیش از حد بر موضوع تاثیر شدت بر آیریزین در پژوهش حاضر دانست چنانکه با استفاده از تمرین پرشدت در این پژوهش آیریزین حتی به صورت مزمن نیز پس از ۱۰ هفته تمرین افزایش یافته است یا به عبارت دیگر با توجه به نتایج می‌توان گفت تمرین به صورت مزمن نیز می‌تواند آیریزین را افزایش دهد ولی در صورتی که شدت و حجم آن بالا باشد.

پژوهش‌هایی که به ارتباط بین شاخص مقاومت انسولین با آیریزین پرداخته‌اند از مرتبط بودن این دو شاخص با هم خبر داده‌اند (۱۲، ۱۳، ۳۰) ولی این پژوهش‌ها به تاثیر ورزش و فعالیت بدنی بر این دو شاخص نپرداخته و تاثیر متقابل این دو شاخص بر هم در حالت پایه یا در حین یک بیماری مورد ارزیابی قرار داده‌اند. پژوهش‌هایی که تاثیر این دو شاخص بر هم و ورزش را مورد ارزیابی قرار داده‌اند هرچند اندک هستند ولی نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد.

نتایج پژوهش بوستروم و همکارانش نشان داد که آیریزین سبب بهبود شاخص مقاومت انسولین می‌شود (۴) آن‌ها برای سنجش تاثیر آیریزین بر چاقی و مقاومت انسولینی یک گروه از موش‌ها را با استفاده از رژیم غذایی به چاقی و دیابت مبتلا کرده و با تزریق FNDC5 به این گروه دریافتند که مقدار مقاومت انسولینی و چاقی با افزایش آیریزین کاهش می‌یابد، که این با نتایج برخی پژوهش‌های دیگر متناقض بود چون آنها ارتباطی بین مقاومت انسولین با آیریزین مشاهده نکردند و بهبود این شاخص‌ها را در اثر خود تمرین و سایر عوامل دانسته‌اند (۱۴، ۱۶) در پژوهش حاضر نیز مقاومت انسولینی هرچند کاهش یافته ولی این مقدار کاهش معنی‌دار نبوده که می‌توان دلیل آن را کم بودن مقدار افزایش آیریزین در اثر ورزش دانست چون همانطور که بیان شد بوستروم و همکارانش نیز برای بررسی اثر آیریزین بر مقاومت انسولینی از تزریق FNDC5 استفاده کردند که این تزریق منجر به افزایش ۳-۴ برابری آیریزین در بدن موش‌ها شده است. علاوه بر این شیوه‌های مختلف سنجش این شاخص‌ها، روش‌های مختلف تمرینی و همچنین در نظر نگرفتن سایر فاکتورهای موثر بر شاخص مقاومت انسولین در پژوهش‌هایی که از تاثیر مثبت آیریزین بر مقاومت انسولین دفاع می‌کنند را نیز می‌توان دلیلی برای برخی از تفاوت‌ها

حاد بودن اثر تمرین بر آیریزین صحه گذاشته و از کاهش آن در پی ۱۲ هفته تمرین ترکیبی قدرتی و استقامتی خبر داده‌اند. در این پژوهش برای بررسی اثرات حاد تمرین از آزمون دوچرخه کارسنج با شدت ۷۰ درصد VO_{2max} قبل و بعد از ۱۲ هفته تمرین ترکیبی استفاده شده که نمونه‌های خونی قبل از آزمون، بلافاصله بعد از آزمون و ۲ ساعت پس از اجرای آزمون دوچرخه کارسنج مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج حاکی از افزایش تقریباً ۱/۲ برابری آیریزین پس از تمرین به صورت حاد بوده ولی مقدار آیریزین در پی ۱۲ هفته تمرین ترکیبی کاهش یافته است (۲۱). تمرین ترکیبی این پژوهش شامل دو جلسه دوچرخه سواری استقامتی به مدت ۶۰ دقیقه و دو جلسه تمرین قدرتی به مدت ۶۰ دقیقه در هر هفته بوده و شدت آن مشخص نبوده ولی با توجه به یک ساعتی بودن جلسات تمرینی و محدوده سنی نمونه‌های پژوهش که بین ۴۰ تا ۶۵ سال بوده‌اند یقیناً تمرینات دارای شدت بالایی نبوده است.

نتایج پژوهش هو و همکاران (۲۰۱۲) نیز تاثیر حاد تمرین بر آیریزین را تایید کرده و ۸ هفته تمرین اینتروال سرعتی که پروتکل تمرینی آن شامل ۳ جلسه تمرین دوی سرعت ۸۰ متر در هفته بوده و آزمودنی‌ها ۲ الی ۳ ست، دوبار مسافت ۸۰ متر را با نهایت سرعت طی می‌کردند و استراحت بین دوها ۱۰ الی ۶۰ ثانیه و فاصله بین هر ست ۲۰ دقیقه بوده است، را بر آیریزین بی‌تاثیر گزارش نموده است (۱۶). هر چند در این پژوهش شدت تمرین نسبت به شدت‌های تمرینی سایر پژوهش‌های انجام شده در این حوزه بالاتر بوده ولی به نظر می‌آید حجم تمرینات برای تاثیر بر آیریزین بسیار پایین بوده است.

تسوچیا و همکاران (۲۰۱۴) نیز با مقایسه تاثیر دو شیوه تمرین دوی پرشدت (۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) و دوی کم شدت (۴۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) روی تردمیل بر آیریزین، از شدت تمرین به عنوان عنصر اصلی در افزایش سطوح آیریزین نام برده‌اند (۲۸).

داسکالوپولو و همکاران (۲۰۱۴) نیز با آزمایش اثرات حاد شدت‌های مختلف تمرین بر آیریزین به وجود رابطه‌ی مستقیم بین شدت تمرین و افزایش سطوح آیریزین اشاره کرده و بیان داشتند که مقدار افزایش آیریزین در شدت‌های بالاتر تمرینی بیشتر بوده است. پروتکل تمرینی این پژوهش نیز صورت تک جلسه‌ای بوده است (۲۹). هرچند برنامه تمرینی این دو پژوهش تک جلسه‌ای

- cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*.;15(3):239-46.
3. Dunstan D.(2011). Diabetes: Exercise and T2DM—move muscles more often! *Nature Reviews Endocrinology*.;7(4):189-90.
 4. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al.(2012). A PGC1- dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*.; 481 (7382): 463-8.
 5. Handschin C, Spiegelman BM.(2008). The role of exercise and PGC1 in inflammation and chronic disease. *Nature*.;454(7203):463-9.
 6. Ferrer-Martínez A, Ruiz-Lozano P, Chien KR. Mouse PpP:(2002). a novel peroxisomal protein linked to myoblast differentiation and development. *Developmental dynamics*.;224(2):154-67.
 7. Xu X, Ying Z, Cai M, Xu Z, Li Y, Jiang SY, et al. (2011). Exercise ameliorates high-fat diet-induced metabolic and vascular dysfunction, and increases adipocyte progenitor cell population in brown adipose tissue. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*.;300(5):R1115-R25.
 8. Teufel A, Malik N, Mukhopadhyay M, Westphal H.(2002). Frp1 and Frp2, two novel fibronectin type III repeat containing genes. *Gene*.;297(1):79-83.
 9. Seale P, Conroe HM, Estall J, Kajimura S, Frontini A, Ishibashi J, et al.(2011). Prdm16 determines the thermogenic program of subcutaneous white adipose tissue in mice. *The Journal of clinical investigation*.;121(121 (1)):96-105.
 10. Hofmann T, Elbelt U, Stengel A.(2014). Irisin as a muscle-derived hormone stimulating thermogenesis—a critical update. *Peptides*.;54:89-100.
 11. Choi Y-K, Kim M-K, Bae KH, Seo H, Jeong J-Y, Lee W-K, et al.(2013). Serum irisin levels in new-onset type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*.;100(1):96-101.
 12. Crujeiras AB, Pardo M, Arturo RR, Santiago NC, Zulet M, Martínez JA, et al.(2014). Longitudinal variation of circulating irisin after an energy restriction-induced weight loss and following weight regain in obese men and women. *American Journal of Human Biology*.;26(2):198-207.
 13. Hee Park K, Zaichenko L, Brinkoetter M, Thakkar B, Sahin-Efe A, Joung KE, et al.(2013). Circulating irisin in relation to insulin resistance and the metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*.; 98 (12): 4899-907.
 14. Timmons JA, Baar K, Davidsen PK, Atherton PJ.

دانست. البته ناشتا بودن ۱۲ ساعته آزمودنی‌های این پژوهش قبل از خونگیری و عدم ابتلای آنها به دیابت را نیز می‌توان به عنوان دلیلی برای تفاوت برخی یافته‌های این پژوهش با سایر پژوهش‌ها در نظر گرفت.

با وجود این هر چند که در این پژوهش ارتباط معناداری بین آیریزین و شاخص مقاومت انسولین مشاهده نشده است و تفاوت معناداری نیز بین شاخص‌های متابولیکی دو گروه تمرین و کنترل مشاهده نشده است، شاخص مقاومت انسولین و گلوکز ناشتا در گروه تمرین پایین‌تر از گروه کنترل بوده است و بهتر است برای بررسی بهتر ارتباط بین آیریزین و شاخص مقاومت انسولینی پژوهش‌های بیشتری در این حوزه و با نمونه‌های مبتلا به دیابت نیز انجام شود.

در مجموع نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که تمرین تناوبی پرشدت سبب افزایش معنی‌دار سطح آیریزین سرمی به صورت مزمن در موش‌های صحرایی نر شده و برای افزایش آیریزین به صورت مزمن باید از تمرین‌هایی با شدت و حجم بالا استفاده کرد. همچنین به نظر می‌رسد که این گونه تمرینات تاثیر معناداری بر انسولین، گلوکز و شاخص مقاومت انسولینی نداشته است و بین سطوح آیریزین سرمی و سطوح گلوکز سرمی یک همبستگی منفی معنی‌دار وجود دارد.

پی‌نوشت‌ها

1. White adipose tissue (WAT)
2. Brown adipose tissue (BAT)
3. Fibronectin type III domain containing 5
4. Peroxisomal protein
5. Fibronectin repeat containing protein 2
6. Iris
7. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha
8. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma
9. Uncoupling protein 1
10. Adenosine triphosphate

منابع

1. Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, Valle TT, Hämäläinen H, Ilanne-Parikka P, et al. (2001). Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *New England Journal of Medicine*.;344(18):1343-5.
2. Nocon M, Hiemann T, Müller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN.(2008). Association of physical activity with all-cause and

25. Ellefsen S, Vikmoen O, Sletdaløkken G, Whist J, Nygaard H, Hollan I, et al. (2014). Irisin and FNDC5: effects of 12-week strength training, and relations to muscle phenotype and body mass composition in untrained women. *European Journal of Applied Physiology*.;14-1:
26. Takekura H, Yoshioka T. (1990). Different metabolic responses to exercise training programmes in single rat muscle fibres. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*.;11(2):105-13.
27. Matthews D, Hosker J, Rudenski A, Naylor B, Treacher D, Turner R. (1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*.;28(7):412-9.
28. 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):135-40.
29. Daskalopoulou SS, Cooke AB, Gomez Y-H, Mutter AF, Filippaios A, Mesfem ET, et al. (2014). Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *European Journal of Endocrinology*.;171(3):343-52.
30. Sesti G, Andreozzi F, Fiorentino TV, Mannino GC, Sciacqua A, Marini MA, et al. (2014). High circulating irisin levels are associated with insulin resistance and vascular atherosclerosis in a cohort of nondiabetic adult subjects. *Acta Diabetol*.;51(5):705-13.
- (2012). Is irisin a human exercise gene? *Nature*.;4: (7413):88 E9-E10.
15. Lecker SH, Zavin A, Cao P, Arena R, Allsup K, Daniels KM, et al. (2012). Expression of the irisin precursor FNDC5 in skeletal muscle correlates with aerobic exercise performance in patients with heart failure. *Circulation: Heart Failure*.;8(1):6-12;
16. Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE, et al. (2012). 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*.;61(12):1725-38.
17. Reisi J, Rajabi H, Ghaedi K, Marandi SM, Dehkoda MR. (2013). Effect of Acute Resistance Training on Plasma Irisin Protein Level and Expression of Muscle FNDC5 and Adipose Tissue UCP1 Genes in Male Rats. *J Isfahan Med Sch*; 31(256):1657-66.
18. Aydin S, Aydin S, Kuloglu T, Yilmaz M, Kalayci M, Sahin , et al. (2013). Alterations of irisin concentrations in saliva and serum of obese and normal-weight subjects, before and after 45min of a Turkish bath or running. *Peptides*.;50:13-8.
19. Kraemer R, Shockett P, Webb N, Shah U, Castracane V. (2014). A transient elevated irisin blood concentration in response to prolonged, moderate aerobic exercise in young men and women. *Hormone and Metabolic Research*.;46(02):150-4.
20. Huh JY, Mougios V, Skraparlis A, Kabasakalis A, Mantzoros CS. (2014). Irisin in response to acute and chronic whole-body vibration exercise in humans. *Metabolism*.
21. Norheim F, Langleite TM, Hjorth M, Holen T, Kielland A, Stadheim HK, et al. (2014). The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *FEBS Journal*.;281(3):739-49.
22. Pekkala S, Wiklund PK, Hulmi JJ, Ahtiainen JP, Horttanainen M, Pöllänen E, et al. (2013). Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health? *The Journal of physiology*.;591(21):5393-400.
23. Hecksteden A, Wegmann M, Steffen A, Kraushaar J, Morsch A, Ruppenthal S, et al. (2013). Irisin and exercise training in humans-Results from a randomized controlled training trial. *BMC medicine*.;11(1):235.
24. Fain JN, Company JM, Booth FW, Laughlin MH, Padilla J, Jenkins NT, et al. (2013). Exercise training does not increase muscle FNDC5 protein or mRNA expression in pigs. *Metabolism*.;62(10):1503-11.