

The Effect of Submaximal Aerobic Training on Serum Irisin Level in Obese Men; with Emphasis on the Role of Irisin in Insulin-Resistance Change

Rahman Soori^{1*}, Mohammad Reza Asad², Mahboobe Khosravi³, Sadeq Abbasian⁴

1- Associate Professor, Department of Sport physiology, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Sport Physiology, Payame Noor University, Karaj, Iran.

3- MSc in Sport Physiology, Payame Noor University, Karaj, Iran.

4- PhD Student in Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 6 March 2016, Accepted: 11 May 2016

Abstract

Background: Irisin is a new myokine that exerts its positive effects via increasing energy expenditure. The purpose of this study was to determine the effect of submaximal aerobic training on serum irisin level and irisin-related insulin-resistance change in obese men.

Materials and Methods: In this study, 26 obese men were selected as statistical sample and they were divided into experimental groups. Former group (13 men) consisted of subjects who carried out exercise training with 50-60 percent of maximum max heart rate for 10 continuous weeks (3 sessions per week for 30 to 45 minutes in each session). Later group was consisted of subjects who do not carried out exercise training. After the interventions of study, irisin serum levels, insulin resistance indices, body composition and maximum oxygen consumption were determined. Finally, data were analyzed by Stata software.

Results: Statistical data analysis illustrated that the amounts of irisin serum were significantly increased in exercise training group than control group (14.75 ± 6.22 ; $p=0.022$) after the intervention. Also, only body fat percentage (1.242 ± 0.57) and max oxygen consumption (1.509 ± 0.328) of subjects were significantly increased ($p=0.034$ and $p=0.0001$, respectively). However, there were not statistically significant changes in irisin-related insulin-resistance indices ($p>0.05$).

Conclusion: Current study presented that serum irisin was increased after 30 submaximal exercise training sessions regardless of insulin resistance changes in obese men.

Keywords: Irisin, Insulin resistance, Obesity

*Corresponding Author:

Address: Department of Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

Email: Soorirahman@yahoo.com

اثر تمرین ورزشی هوازی زیر بیشینه بر سطح سرمی آیریزین مردان چاق با تأکید بر نقش آیریزین در تغییر مقاومت انسولینی

رحمان سوری^{۱*}، محمدرضا اسد^۲، محبوبه خسروی^۳، صادق عباسیان^۴

۱- دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه پیام نور، کرج، ایران.

۳- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور، کرج، ایران.

۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۲

چکیده

زمینه و هدف: آیریزین، مایوکاین جدیدی است که اثرات مفید خود را از طریق افزایش هزینه کرد انرژی نشان می‌دهد. هدف از تحقیق حاضر تعیین اثر تمرین ورزشی هوازی زیربیشینه بر آیریزین سرمی و تغییر مقاومت انسولینی ناشی از تمرین مرتبط با آیریزین در مردان چاق بود.

مواد و روش‌ها: نمونه آماری تحقیق تجربی را ۲۶ آزمودنی چاق تشکیل می‌دادند که به نحو تصادفی در گروه‌های تجربی قرار گرفتند. گروه اول (۱۳ آزمودنی) برنامه تمرینی هوازی را تقریباً با شدتی برابر با ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۱۰ هفته مداوم تمرینی (۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ الی ۴۵ دقیقه) انجام دادند و گروه دوم (۱۳ آزمودنی) هیچ نوع فعالیتی را در طول مداخله ورزشی انجام ندادند. پس از مداخله‌های تحقیقی، سطوح سرمی آیریزین، شاخص‌های مقاومت انسولینی، ترکیب بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی بررسی شد. در نهایت، داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری Stata مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بررسی‌های آماری نشان داد که مقادیر سرمی آیریزین پس از مداخله تحقیقی در گروه تمرین ورزشی نسبت به گروه کنترل به طور معنی‌داری افزایش یافته است ($p=0/022$)، در همین راستا، تنها درصد چربی بدنی ($1/242 \pm 0/57$) و هم‌چنین حداکثر اکسیژن مصرفی ($1/509 \pm 0/328$) آزمودنی‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافته بود (به ترتیب $p=0/034$ و $p=0/001$). با این حال، تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های مقاومت انسولینی در ارتباط با آیریزین مشاهده نشد ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر نشان داد که آیریزین سرمی متعاقب ۳۰ جلسه تمرین هوازی زیربیشینه مستقل از تغییرات مقاومت انسولینی در افراد چاق افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: آیریزین، مقاومت انسولینی، چاقی

* نویسنده مسئول: ایران، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش

Email: Soorirahman@yahoo.com

مقدمه

چاقی اصلی‌ترین تهدید کننده سلامتی در سراسر دنیا است. شیوع چاقی تقریباً در هر قاره افزایش یافته و احتمالاً در تمام کشورها توسعه یافته است (۱). چاقی هم‌چنین به عنوان فاکتور علی در هایپرنتشن و دیابت شیرین نوع ۲ عمل می‌کند (۲، ۳). چربی احشایی بیش از اندازه با چاقی مرکزی همراه است که به لحاظ متابولیکی فعال‌ترین بافت چربی بدن بوده و علت افزایش یافتن مقاومت انسولینی، غلظت‌های تری‌گلیسرید، تغییرات در اندازه‌های ذرات لیپوپروتئین با چگالی پایین و پایین آمدن لیپوپروتئین با چگالی بالا است (۴). مکانیسم‌های وابسته به چربی بیش از آن که مقاومت انسولینی را ایجاد می‌کنند، پیچیده هستند و شامل مسیرهای پاتوفیزیولوژیکی مختلفی هستند که توسط سایتوکاین‌ها، سایر میانجی‌های التهابی و سطوح بالارفته لپتین ایجاد می‌شوند (۱). مقاومت انسولینی، دیابت شیرین نوع ۲ را ایجاد می‌کند؛ وضعیتی که به تنهایی می‌تواند شروع کننده یا شتاب دهنده فرآیند دیابتی شدن همراه با چندین مکانیسم مضاعف نظیر هایپرگلیسمی باشد (۵). هم‌چنین، ارتباط معنی‌داری بین چاقی، نسبت دور کمر با مقاومت انسولینی (۳) و هم‌چنین تمام این فاکتورها با مقادیر آیریزین مشاهده شده است (۳، ۶، ۷).

آیریزین مایوکاین جدیدی است که به واسطه‌ی فعال شدن $PGC1-\alpha$ ایجاد می‌شود و FNDC5 را تحریک می‌کند، سپس آیریزین شکسته و به درون خون رها می‌گردد (۳، ۶، ۸). فعال شدن آیریزین از طریق فعالیت ورزشی صورت می‌گیرد و آیریزین تکامل چربی سفید را به بافت چربی شبه قهوه‌ای ممکن می‌سازد (۸). هم‌چنین، تغییرات ترموژنیکی در بافت چربی سفید ممکن است نقش درمانی را برای چاقی و دیابت نوع ۲ ایفا کند (۸-۱۰). از زمان کشف آیریزین تاکنون چندین مطالعه به بررسی اثر آیریزین (۶، ۸، ۱۱) و FNDC5 (۱۲-۱۴) طی فعالیت ورزشی پرداخته است که پاسخ حاد و سازگاری به فعالیت ورزشی در مطالعات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است (۳، ۶، ۸). هم‌چنین، قبلاً اثر فعالیت ورزشی تناوبی و استقامتی شدید را

بر سطوح آیریزین در انسان‌ها و موش صحرایی نشان دادیم (۶، ۷). با این حال، راهنمای قابل قبولی در خصوص شدت تمرینی موثر بر تغییرات آیریزین به ویژه در افراد تمرین نکرده و در بازه زمانی بیش از ۸ هفته وجود ندارد (۱۱). به علاوه، در میان نتایج ضد و نقیض مطالعات انجام گرفته بر روی اثر تمرین ورزشی استقامتی و یا ترکیب با مقاومت (۸، ۱۵-۱۳)، تاکنون مطالعه‌ای به بررسی اثر تمرین ورزشی هوازی زیر بیشینه (۶۰ الی ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه) بر آیریزین سرمی و تغییر مقاومت انسولینی ناشی از تمرین مرتبط با آیریزین در مردان چاق پرداخته است. از این رو، احتمال تأثیر مستقیم تمرین ورزشی بر انسولین، گلوکز و بهبود عملکرد آن‌ها (HbA1c) و هم‌چنین احتمال این که از طریق تأثیر بر رهایی آیریزین، میزان مقاومت انسولینی را در افراد چاق بهبود بخشد، فرضیه‌ای است که هدف اصلی تحقیق حاضر بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر، از نوع تحقیقات تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری تحقیق شامل ۳۸ مرد میان سال با توده بدنی بیشتر از ۲۷ کیلوگرم بر مترمربع بود که بر طبق نظر مرکز امریکایی پیش‌گیری و کنترل بیماری (CDC) در جوامع آسیایی، شاخص توده بدنی (BMI) بیش از ۲۷/۵ چاق محسوب می‌شود (۱۶). آزمودنی‌های تحقیق پس از فراخون عمومی، تکمیل پرسش‌نامه میزان فعالیت بدنی (۱۷، ۱۸) و با رعایت معیارهای ورود و خروج تحقیق، وارد تحقیق شدند. در همین راستا، ۱۲ آزمودنی به دلیل عدم رعایت معیارهای ورود و خروج تحقیق از ادامه کار کنار گذاشته شدند. از این رو، نمونه آماری تحقیق را ۲۶ آزمودنی تشکیل می‌دادند که به طور تصادفی در دو گروه تمرین ورزشی (۱۳) آزمودنی با میانگین سنی $41/54 \pm 4/7$ (سال) و گروه کنترل (۱۳) آزمودنی با میانگین سنی $42/31 \pm 5/8$ (سال) قرار گرفتند. لازم به ذکر است که کاهش بیشتری در تعداد آزمودنی‌های دو گروه طی مدت تمرین روی نداد. هم‌چنین، به این دلیل که افراد دو گروه در روزهای پیش‌آزمون، در طول مدت تمرین و پس‌آزمون با یکدیگر دیداری نداشتند و سعی شده بود تا

فعالیت ورزشی منع نماید بررسی گردید. هم چنین، اطلاعات به دست آمده از پرسش نامه ارزیابی سلامت (HAQ) نشان داد که آن‌ها توانایی انجام فعالیت ورزشی مورد نظر محقق را دارا هستند. اطلاعات به دست آمده از گویه‌های مختلف پرسش نامه‌های فوق، بیانگر وجود همگنی نسبی در شاخص‌های جسمانی آزمودنی‌ها پیش از شروع مداخله‌های تحقیقی مورد نظر بود. قبل از شروع مراحل عملیاتی تحقیق، آگاهی‌های نسبی در خصوص نوع آزمون‌ها، شیوه و چگونگی انجام مراحل تحقیق به آزمودنی‌ها گوشزد شده بود. پس از طی مراحل فوق، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا در آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی حضور به هم رسانند. پس از ورود آزمودنی‌ها به آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی ابتدا با هماهنگی‌هایی که با آزمایشگاه تشخیص طبی انجام گرفته بود، میزان ۱۰ سی‌سی خون از ورید آنتی کویتال جهت بررسی بیومارکرهای مورد نظر محقق پیش از مداخله تحقیقی (۲۴ ساعت پیش از مداخله تمرینی) از آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس، در همین محل ترکیب بدنی آزمودنی‌ها با دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیب بدن موجود در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

سه دوره پیش آزمون در طول مدت تمرین و پس آزمون در بین دو گروه متفاوت باشد، شرکت کنندگان در مطالعه از تخصیص مداخله اطلاع نداشتند (کور سازی). این افراد پس از هماهنگی‌های لازم به صورت داوطلبانه و بر اساس معیارهای ورود آزمودنی‌ها انتخاب شدند. معیارها شامل این موارد بود: الف) توده بدنی بیشتر از ۲۷ کیلوگرم بر مترمربع داشته باشند، ب) عدم دارا بودن هایپوتیروئیدسم، نداشتن سابقه بیماری قلبی-عروقی، کبدی، کلیوی، ریوی و دیابت و پ) در فعالیت‌های ورزشی منظم طی یک سال گذشته شرکت نداشته باشند. لازم به ذکر است در کلیه مراحل تحقیق، اصول بیانیه هلسینکی و کمیته محترم اخلاق در پژوهش رعایت شد. به علاوه قبل از شروع مطالعه مجوز کمیته اخلاق در پژوهش به شماره ۲۶-۱۷۵۶۰ اخذ گردید. سپس، جهت کسب مجوز معتبر در راستای برگزاری تحقیق، رونوشت رضایت‌نامه همکاری شرکت در طرح تحقیقاتی از آزمودنی‌ها اخذ شد. از آنجایی که عدم ابتلا به بیماری‌های واگیر و یا عدم ناتوانی در انجام فعالیت ورزشی جهت ورود به طرح ملاک انتخاب آزمودنی‌ها بود، بر اساس گویه‌های پرسش نامه، سلامت عمومی افراد از لحاظ به بیماری‌هایی که آن‌ها را از انجام

جدول ۱. شاخص‌های تن‌سنجی و حداکثر اکسیژن مصرفی مردان چاق گروه‌های تجربی تمرین ورزشی (۱۳ تن) و کنترل (۱۳ تن) قبل و پس از ۳۰ جلسه فعالیت ورزشی هوازی زیر بیشینه

شاخص*	تکرار	پیش آزمون		پس آزمون		گروه (F)	p	زمان (F)	p	گروه × زمان (F)	p
		(میانگین ± انحراف معیار)	(میانگین ± انحراف معیار)	(میانگین ± انحراف معیار)	(میانگین ± انحراف معیار)						
وزن (کیلوگرم)	تمرین	۹۰/۰۳ ± ۶/۵	۸۷/۶۷ ± ۶/۹	۰/۸۸	۰/۳۵۳	۰/۲۰۲	۰/۶۵۵	۰/۵۸۹	۰/۴۴۷		
کنترل	۹۰/۴ ± ۷/۱	۹۰/۹ ± ۷/۲	۰/۵۲۵	۰/۴۷۲	۰/۵۴۲	۰/۴۶۵	۱/۵۰۶	۰/۲۲۶			
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	تمرین	۲۹/۶۴ ± ۱/۳۷	۲۸/۸ ± ۱/۶	۰/۵۲۵	۰/۴۷۲	۰/۵۴۲	۰/۴۶۵	۱/۵۰۶	۰/۲۲۶		
کنترل	۲۸/۸۷ ± ۱/۳	۲۹/۰۶ ± ۱/۳۶	۴/۷۴	۰/۳۴*	۰/۵۸۱	۰/۴۵	۱/۱۵	۰/۲۸۹			
چربی (درصد)	تمرین	۳۰/۲۵ ± ۵/۰۰	۲۸/۱۶ ± ۵/۵۴	۴/۷۴	۰/۳۴*	۰/۵۸۱	۰/۴۵	۱/۱۵	۰/۲۸۹		
کنترل	۲۶/۵۴ ± ۲/۵۲	۲۶/۹ ± ۲/۳۲	۰/۲۳۸	۰/۶۲۸	۰/۱	۰/۷۵۴	۰/۸۹۸	۰/۳۴۸			
نسبت دور کمر به لگن	تمرین	۰/۹۲۵ ± ۰/۰۵۶	۰/۹۰۸ ± ۰/۰۵۶۶	۰/۲۳۸	۰/۶۲۸	۰/۱	۰/۷۵۴	۰/۸۹۸	۰/۳۴۸		
کنترل	۰/۹۱۸ ± ۰/۰۳۹	۰/۹۲۷ ± ۰/۰۳۷۱	۰/۲۳۸	۰/۶۲۸	۰/۱	۰/۷۵۴	۰/۸۹۸	۰/۳۴۸			
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)	تمرین	۴۱/۶ ± ۱/۹۲	۴۳/۵ ± ۲/۴۵	۰/۲۳۸	۰/۶۲۸	۰/۱	۰/۷۵۴	۰/۸۹۸	۰/۳۴۸		
کنترل	۳۹/۷۸ ± ۲/۳۹	۳۹/۳۲ ± ۲/۶۳	۲۱/۱۴	۰/۰۰۱*	۱/۲۵	۰/۲۶۹	۳/۳	۰/۰۷۵			

* - سطح معنی‌داری پذیرفته شده در $p < 0.05$ ، M میانگین و SD میزان انحراف معیار را نشان می‌دهد.

فیلاند) اندازه گیری شد. سپس بر اساس معادله «سن (سال) × ۰/۷ - ۲۰۸» ضربان قلب بیشینه به دست آمد (۲۱). هم چنین، حداکثر اکسیژن مصرفی توسط آزمون بروس انجام گرفت. این آزمون شامل شش مرحله سه دقیقه‌ای است که در آن به ازای هر سه دقیقه، ۲ درصد به شیب دستگاه اضافه می‌شود. سرعت دستگاه نیز از شروع آزمون تا انتها به ترتیب ۱/۷، ۲/۵، ۳/۴، ۵ و ۵/۵ مایل در ساعت بود. دویدن آزمودنی تا رسیدن به واماندگی ارادی (عدم توانایی ادامه آزمون) کامل ادامه یافت. با قرار دادن عدد مدت رسیدن به واماندگی هر آزمودنی در نمودار مربوطه، حداکثر اکسیژن مصرفی وی برآورد می‌شود (۶). هم چنین، جهت کنترل برنامه غذایی (به عنوان عامل مخدوش کننده) از پرسش نامه ۱۰۰ قسمتی غذای دریافتی طی سه روز زوج و سه روز فرد استفاده شد (۱۹). به علاوه، به همه آزمودنی‌ها توصیه شد که در طول ۱۰ هفته اجرای برنامه تمرینی از شرکت در هر گونه فعالیت ورزشی دیگر خودداری ورزند و تغییری در رژیم غذایی خود نیز ایجاد نکنند.

برای تعیین سطوح اولیه آیریزین، انسولین، گلوکز و HbA1c آزمودنی‌ها، طی دو مرحله و پس از دست کم ۱۲ ساعت ناشتایی (کلیه اندازه گیری‌ها در ساعت ۱۱ تا ۱۲ انجام گرفت). از سیاهرگ بازویی مقدار ۱۰ میلی لیتر خون گیری به عمل آمد. پس از جمع آوری نمونه‌ها، آن‌ها فوراً با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۷ دقیقه و در درجه حرارت ۵ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شده و برای اندازه گیری متغیرهای مورد نظر تا اتمام مرحله پس آزمون، در شرایط فریز -۷۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند (۶). لازم به ذکر است که مقادیر گلوکز و HbA1c پیش از فریز کردن نمونه‌های سرمی مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت سرمی آیریزین پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از روش الیزا و کیت شرکت کوزابایو بایوتک کشور ژاپن اندازه گیری شد. درجه حساسیت کیت برابر ۰/۷۶ (نانوگرم بر میلی لیتر)، میزان دقت درونی (CV) کمتر از ۸ درصد و برای دقت بیرونی کمتر از ۱۰ درصد با طول موج ۴۵۰ نانومتر بود. هم چنین، برای ارزیابی گلوکز خون از کیت

جهت کنترل برنامه غذایی و میزان کالری دریافتی آزمودنی‌ها، از پرسش نامه ۱۰۰ قسمتی غذای دریافتی طی سه روز زوج و سه روز فرد استفاده شد. آن گاه با توجه به گزارش آزمودنی‌ها و به منظور کاهش تأثیر در میزان کالری دریافتی روزانه، برنامه غذایی آزمودنی‌ها همسان سازی گردید (۱۹). در نهایت، مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها توسط آزمون بروس مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از طی مراحل فوق، افراد به نحو تصادفی در گروه‌های دوگانه تجربی و کنترل قرار گرفتند؛ گروه تجربی اول متشکل از افرادی بودند که تنها فعالیت ورزشی را انجام می‌دادند (گروه تمرین ورزشی و تعداد ۱۳ آزمودنی) و گروه دوم متشکل از افرادی بودند که فعالیت ورزشی را انجام نمی‌دادند (گروه کنترل و تعداد ۱۳ آزمودنی). آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی بر طبق پیش فرض‌های تحقیق، برنامه تمرینی هوازی را تقریباً با شدتی برابر با ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت ۳۰ جلسه (۱۰ هفته) مداوم تمرینی (۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۳۰ الی ۴۵ دقیقه) انجام می‌دادند. لازم به ذکر است هر چهار هفته به تناسب بهبود آمادگی هوازی آزمودنی‌ها حداقل ۵ درصد بر شدت تمرینات هوازی افزوده شد تا در نهایت در پایان هفته دهم به حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه افزایش یافت (۲۰).

در پایان تحقیق (۲۴ ساعت پس از اجرای آخرین جلسه تمرینی)، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا برای مرحله بعد مجدداً در آزمایشگاه دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی حضور به هم رسانند. در این مرحله نیز شرایط مشابه مرحله اول بود و اجرای نمونه گیری خون و سایر مراحل تحقیقی عیناً تکرار گردید.

مشخصات فردی و ترکیب بدن آزمودنی‌ها (شامل وزن، شاخص توده بدنی و غیره) توسط دستگاه اندازه گیری ترکیب بدن (مدل ۵۱۱ Omron-BF)، ساخت کشور امریکا) انجام پذیرفت. به علاوه، ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها و هم چنین ضربان قلب آزمودنی‌ها در حین تمرین به وسیله ضربان سنج پلار (مدل T-31، ساخت کشور

شرکت پارس آزمون ساخت کشور ایران و از کیت شرکت کریستال دی ساخت کشور چین جهت ارزیابی انسولینی (میزان دقت درونی (CV) کمتر از ۱۰ درصد و برای دقت بیرونی کمتر از ۱۲ درصد با طول موج ۴۵۰ نانومتر) و از کیت شرکت پیشتاز طب ساخت کشور ایران جهت ارزیابی HbA1c به روش آنزیمی با دقت درونی کمتر از ۵ درصد و با طول موج بین ۵۰۵ الی ۸۰۰ نانومتر استفاده شد. مقاومت انسولینی نیز با روش ارزیابی مدل هومئوستازی مقاومت انسولینی و بر اساس معادله زیر محاسبه و ارزیابی شد (۲۲):

$$\text{HOMA-IR} = \left[\frac{\text{گلوکز خون ناشتایی (میلی گرم / دسی لیتر)}}{405} \right] \times \left[\frac{\text{انسولین (میکرو واحد / میلی لیتر)}}{1} \right]$$

در اینجا HOMA-IR مدل هومئوستازی مقاومت انسولینی است.

پس از جمع آوری داده‌ها، آن‌ها در بسته‌های نرم افزاری اکسل نسخه ۲۰۱۳ و نرم افزار آماری Stata نسخه ۱۲ (Stata CORP LP، ساخت آمریکا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برچسب‌هایی برای متغیرهای وابسته تعیین شد. به نحوی که از مقادیر گرایش مرکزی و پراکندگی میانگین و انحراف معیار و هم‌چنین ترسیم گراف جهت برآورد آمار توصیفی تحقیق استفاده شد. سپس از آزمون شاپیرو - فرانسیا جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و هم‌چنین از آزمون لیون در گروه‌های مستقل پیش از مداخله‌های تحقیقی جهت بررسی همگن بودن گروه‌های تجربی استفاده شد. به علاوه، از آزمون آنوای دو طرفه جهت برآورد تفاوت‌های بین گروهی، زمان (پیش آزمون - پس آزمون) و اثر متقابل گروه در زمان استفاده شد. در نهایت، از آزمون ضریب هم‌بستگی پیرسون جهت برآورد میزان هم‌بستگی بین متغیرهای وابسته استفاده شد. سطح معنی داری $p < 0.05$ به عنوان ضابطه تصمیم‌گیری جهت آزمون فرضیه‌ها در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی شاخص‌های تن‌سنجی و حداکثر اکسیژن مصرفی مردان

چاق گروه‌های تجربی تمرین ورزشی (۱۳ تن) و کنترل (۱۳ تن) قبل و پس از ۳۰ جلسه فعالیت ورزشی هوازی زیر بیشینه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج بیان‌گر آن بود که وزن آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان ۱۰ هفته (۳۰ جلسه) فعالیت ورزشی به میزان $2/3$ کیلوگرم ($2/6$ درصد) کاهش یافته بود، اما این تغییر به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). هم‌چنین، مقادیر BMI آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان تمرینات به میزان $2/83$ درصد کاهش یافته بود که تجزیه و تحلیل آماری بیان‌گر عدم وجود معنی‌داری در تغییرات درون گروهی، بین گروهی و اثر متقابل (گروه \times زمان) در گروه‌های تجربی بود ($p > 0.05$). با این حال، نتایج نشان‌گر وجود تغییرات بین گروهی معنی‌دار در متغیر درصد چربی بین گروه‌های تمرین ورزشی و کنترل بود ($1/242 \pm 0.57$ ، 0.096 تا $2/389$ CI). بدین معنی که تمرین ورزشی توانسته بود میزان چربی بدن آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی را به میزان $6/91$ درصد کاهش دهد که به لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p = 0.034$). هم‌چنین، نسبت دور کمر به لگن آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان تمرینات به میزان $1/84$ درصد کاهش یافته بود که تجزیه و تحلیل آماری بیان‌گر عدم وجود معنی‌داری در تغییرات درون گروهی، بین گروهی و اثر متقابل (گروه \times زمان) در گروه‌های تجربی بود ($p > 0.05$). هم‌چنین، نتایج نشان‌گر وجود تغییرات بین گروهی معنی‌دار در متغیر حداکثر اکسیژن مصرفی بین گروه‌های تمرین ورزشی و کنترل بود ($1/509 \pm 0.328$ ، $0/849$ تا $2/169$ CI)، بدین معنی که تمرین ورزشی توانسته بود میزان حداکثر اکسیژن مصرفی بدن آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی را به میزان $4/567$ درصد کاهش دهد که به لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p = 0.001$) (جدول ۱).

آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی شاخص‌های مقاومت انسولینی مردان چاق گروه‌های تجربی تمرین ورزشی (۱۳ تن) و کنترل (۱۳ تن) قبل و پس از ۱۰ هفته فعالیت ورزشی هوازی زیر بیشینه در جدول ۲ نشان

گروهی، بین گروهی و اثر متقابل (گروه × زمان) در گروه‌های تجربی بود ($p > 0/05$). به علاوه، مقادیر مقاومت انسولینی آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان تمرینات به میزان ۲۷/۸ درصد کاهش یافته بود که به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). احتمال می‌رود بالا بودن میزان پراکندگی عامل عدم تغییر معنی‌دار در این متغیر باشد. هم‌چنین، هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان تمرینات فاقد نتایج معنی‌دار بود ($p > 0/05$) (جدول ۲).

داده شده است. نتایج بیان‌گر آن بود که میزان انسولین آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان ۱۰ هفته (۳۰ جلسه) فعالیت ورزشی به میزان ۲۴/۶۹ درصد کاهش یافته بود، اما این تغییر به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). احتمال می‌رود بالا بودن میزان پراکندگی عامل عدم تغییر معنی‌دار در این متغیر باشد. هم‌چنین، مقادیر گلوکز خون ناشتای آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی در پایان تمرینات به میزان ۵/۷۷ درصد کاهش یافته بود که تجزیه و تحلیل آماری بیان‌گر عدم وجود معنی‌داری در تغییرات درون

جدول ۲. شاخص‌های مقاومت انسولینی مردان چاق گروه‌های تجربی تمرین ورزشی (۱۳ تن) و کنترل (۱۳ تن) قبل و پس از ۳۰ جلسه فعالیت ورزشی هوازی زیر بیشینه

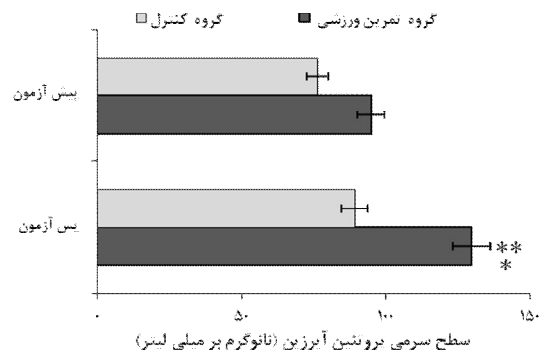
p	گروه × زمان (F)	سطح معنی‌داری	زمان (F)	سطح معنی‌داری	گروه (F)	مراحل		شاخص*
						پس آزمون (میانگین ± انحراف معیار)	پیش آزمون (میانگین ± انحراف معیار)	
۰/۵۹۱	۰/۲۹۲	۰/۴۳۶	۰/۶۱۸	۰/۷۲۸	۰/۱۲۲	۷/۹۶ ± ۸/۱۴	۱۰/۵۷ ± ۵/۶۷	انسولین ($\mu\text{U.ml}^{-1}$)
۰/۰۶۷	۳/۵۲	۰/۹۶	۰/۰۰۳	۰/۶۸۶	۰/۱۶۶	۹/۷ ± ۸/۲	۱۰/۲ ± ۶/۰۰	گلوکز خون ناشتا (mg.dl^{-1})
۰/۴۶۷	۰/۵۳۷	۰/۵۰۴	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۳۱۸	۴/۹ ± ۰/۳۶	۵/۲ ± ۰/۵۸	مقاومت انسولینی (HOMA-IR)
۰/۴۳۶	۰/۶۱۶	۰/۲۹	۱/۱۴۶	۰/۲۳۱	۱/۴۷	۵/۲۵ ± ۰/۴۸	۵/۰ ± ۰/۵۷۸	HbA1c (درصد)
						۱/۷۴ ± ۱/۷	۲/۴۱ ± ۱/۲	
						۲/۳۶ ± ۲/۱۲	۲/۳۳ ± ۱/۶	
						۵/۲ ± ۰/۲۳۴	۵/۳ ± ۰/۲۳۸	
						۵/۱۷۷ ± ۰/۱۵۹	۵/۱۹ ± ۰/۱۱۸	

* - سطح معنی‌داری پذیرفته شده در $p < 0/05$ ، M میانگین و SD میزان انحراف معیار را نشان می‌دهد.

کند، تجزیه و تحلیل بیشتر بر میانگین حاشیه‌ای گروه تمرین ورزشی بیان‌گر وجود تفاوت درون گروهی معنی‌دار در مقایسه با مقادیر پیش آزمون بود ($p = 0/05$)، بدین معنی که تمرین ورزشی توانسته بود میزان چربی بدن آزمودنی‌های گروه تمرین ورزشی را به میزان ۳۶/۹۲ درصد افزایش دهد که به لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p = 0/034$) (نمودار ۱).

نمودار ۱ اثر مداخله برنامه تمرین ورزشی هوازی زیر بیشینه را بر سطح سرمی آیریزین آزمودنی‌های چاق گروه‌های تجربی تمرین ورزشی (۱۳ تن) و کنترل (۱۳ تن) قبل و پس از ۱۰ هفته فعالیت ورزشی هوازی زیر بیشینه نشان می‌دهد. نتایج بیان‌گر وجود تغییرات بین گروهی معنی‌دار در متغیر آیریزین سرمی بین گروه‌های تمرین ورزشی و کنترل بود ($CI = 27/26$ تا $2/23$ ، $14/75 \pm 6/22$)، با این حال، نتایج بیان‌گر عدم وجود تغییرات زمانی (پیش آزمون - پس آزمون) معنی‌دار بین گروه‌های تجربی بود ($CI = -24/46$ تا $0/57$ ، $-11/94 \pm 6/00$)، با این وجود، به این دلیل که آزمون آنوای دو طرفه میانگین‌های هر دو گروه را روی هم محاسبه می‌کند تا مقدار F کلی را ارائه

جدول ۳ اثر ارتباط همبستگی بین سطوح سرمی آیریزین و مقاومت انسولینی آزمودنی‌های چاق را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر عدم وجود ارتباط معنی‌دار بین متغیر آیریزین سرمی و مقاومت انسولینی آزمودنی‌های چاق وجود نداشت ($p > 0.05$) (جدول ۳).



نمودار ۱. اثر مداخله برنامه تمرین ورزشی هوازی زیر بیشینه بر سطح سرمی آیریزین آزمودنی‌های چاق. * و ** - سطح معنی‌داری پذیرفته شده در $p < 0.05$ به ترتیب برای تغییرات بین گروهی و درون گروهی

جدول ۳: ارتباط بین سطوح سرمی آیریزین و مقاومت انسولینی آزمودنی‌های چاق

آزمون آماری	متغیر	انسولین	گلوکز خون ناشتا	HbA1c	مقاومت انسولینی
r	آیریزین (نانوگرم بر میلی لیتر)	۰/۲۰۸	- ۰/۰۰۵	۰/۰۷۹	۰/۱۸۷
p	میلی لیتر)	۰/۱۳۹	۰/۹۷۳	۰/۳۳	۰/۱۸۳

بحث

هدف از تحقیق حاضر، تعیین اثر تمرین ورزشی هوازی زیر بیشینه (۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه) بر آیریزین سرمی و تغییر مقاومت انسولینی ناشی از تمرین مرتبط با آیریزین در مردان چاق بود. نتایج تحقیق، بیانگر افزایش معنی‌دار مقادیر آیریزین سرمی در مقایسه با گروه کنترل در افراد چاق بود. هم‌چنین، نتایج درون گروهی نیز بیانگر افزایش ۳۶/۹۲ درصدی در مقادیر این پروتئین سرمی متعاقب ۱۰ هفته تمرین هوازی زیر بیشینه بود. آیریزین، مایوکاینی وابسته به PGC-1 و وابسته به فعالیت ورزشی است که می‌تواند در فرآیند تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای در موش‌ها نقش داشته باشد (۸). در انسان‌ها نشان داده شده است که بیان FNDC5 و سطوح آیریزین ممکن است در پاسخ به ۱۰ هفته تمرین ورزشی استقامتی افزایش یابد (۸). با این حال، سایر مطالعات نتوانستند افزایش بیان FNDC5 (۱۴) یا سطوح آیریزین در گردش خون را پس از تمرین ورزشی نشان دهند (۱۲، ۱۵). این تحقیق نشان داد که بر خلاف تحقیقات پیشین (۱۲، ۱۵)، تنها پس از ۳۰ جلسه فعالیت ورزشی زیر بیشینه سطوح آیریزین به طور معنی‌داری

افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد افزایش شدت یا مدت تمرین مستقل از یکدیگر می‌توانند سطوح آیریزین را افزایش دهند. در همین راستا نشان داده شد که در پاسخ به ۴۵ دقیقه فعالیت روی ارگومتر (۱۳)، پس از یک جلسه تمرین تناوبی شدید (۶) و یا پس از تمرین سرعتی (۱۲) سطوح آیریزین در گردش خون آیریزین به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، اما سایر مطالعات با پس زمینه سازگاری نشان دادند که حتی پس از ۲۰ هفته تمرین استقامتی (۱۴)، ۱۲ هفته ترکیبی از تمرین استقامتی و قدرتی (۱۳) و ۲۱ هفته تمرین استقامتی یا ترکیبی با قدرت (۱۵) اثری بر سطوح آیریزین ندارد. با این حال، بوستروم و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که پس از ۱۰ هفته تمرین استقامتی با شدتی حدود ۶۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه مقادیر آیریزین در گردش خون افزایش می‌یابد (۸) که در توافق با یافته‌های این مطالعه بود. به نظر می‌رسد افزایش رهایی آیریزین ناشی از افزایش بیان FNDC5 mRNA عضلانی باشد که پس از تمرینات با شدت بالا دیده شده است (۱۳)، اما چنانچه شدت تمرین به اندازه‌ای نباشد که باعث تحریک بیان FNDC5 mRNA عضلانی شود (۸)، افزایشی در سطوح آیریزین در گردش

لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشد که این مسئله با یافته‌های سایر مطالعات مغایر بود (۱۳، ۲۷، ۲۹). هم‌چنین، به دلیل وجود مقادیر پایین مقاومت انسولینی در آزمودنی‌های این مطالعه در مقایسه با آزمودنی‌های دیابتی یا پیش دیابتی سایر مطالعات (۶، ۱۳، ۲۷، ۲۹)، ارتباط معنی‌داری بین تغییرات آیریزین در گردش خون و شاخص‌های مقاومت انسولینی افراد چاق دیده نشد. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به تعداد نسبتاً اندک نمونه آماری، عدم استفاده از چند کیت مختلف (به دلیل حساسیت کیت متفاوت در شرکت‌های مختلف)، عدم بررسی مقادیر FNDC5 عضلانی (از طریق بایوپسی) در گردش خون آزمودنی‌ها و هم‌چنین مقایسه سطوح آیریزین در گردش خون افراد چاق با افراد دارای وزن نرمال اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که آیریزین سرمی مستقل از تغییرات مقاومت انسولینی در افراد چاق افزایش می‌یابد. هم‌چنین، به نظر می‌رسد ۳۰ جلسه تمرین هوازی زیر بیشینه با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه برای افزایش آیریزین کافی است، اما تغییرات مقاومت انسولینی به دلیل پایین بودن مقادیر آن در مقایسه با رفرنس‌های قبلی تغییری نیافت که به نظر می‌رسد تعداد اندک نمونه‌ها نیز عامل موثری در این نتیجه باشد. با این حال، مطالعات بیشتری برای تعیین ارتباط بین آیریزین و مقاومت انسولینی افراد چاق نیاز مورد است.

تشکر و قدردانی

محققان از تمامی شرکت کنندگان در مطالعه حاضر کمال تشکر را دارند.

منابع

1. López-Jiménez F, Cortés-Bergoderi M. Obesidad y corazón. Revista española de cardiología. 2011; 64(2):140-9.

خون دیده نمی‌شود (۱۵-۱۳). از این رو، به نظر می‌رسد ۳۰ جلسه تمرین ورزشی هوازی با شدت زیر بیشینه (۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه) می‌تواند تلفیق مناسبی از شدت و مدت تمرین در افراد چاق باشد. با این حال، بایستی تولید آیریزین از سایر اندام‌ها (نه فقط عضله) را نیز مد نظر قرار داد (۱۳). به نظر می‌رسد بخشی از وجود تفاوت‌ها نسبت به سایر مطالعات که نتوانستند افزایش معنی‌دار آیریزین در گردش خون را نشان دهند به این موضوع بر می‌گردد. هم‌چنین، توجه به نوع فعالیت ورزشی، شدت تمرین ورزشی، زمان و ناحیه خون‌گیری و به ویژه نوع آزمودنی‌ها (که در این تحقیق از آزمودنی‌های چاق استفاده شد) می‌تواند دلیل تفاوت با سایر مطالعات انجام شده باشد. با این وجود، از آنجایی که مقادیر آیریزین در گردش خون افراد چاق کمتر از افراد با وزن نرمال است (۲۳)، به نظر می‌رسد تمرین ورزشی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه و به مدت ۳۰ جلسه طی ۱۰ هفته می‌تواند سطوح این پروتئین وابسته به PGC-1 α را در افراد چاق افزایش دهد.

هم‌چنین، بایستی در تفسیر سطوح افزایش یافته این مایوکاین، عواملی نظیر حساسیت به انسولین (۲۴)، غلظت ATP در عضله (۱۲)، مقادیر لیپوپروتئین با چگالی بالا (۲۵)، میزان چاقی (۱۲، ۲۵، ۲۶) را در نظر گرفت که ممکن است سطوح آیریزین را مستقل از PGC-1 α تنظیم کنند. بر خلاف مطالعه حاضر، نشان داده شده که توده خالص، توده چربی و غلظت گلوکز به طور مستقیم با سطوح آیریزین در گردش خون مرتبط است (۱۲، ۲۵، ۲۶). اخیراً نشان داده شده است که در افراد دارای مقاومت انسولینی یا در افراد دارای اضافه وزن با عارضه پیش-دیابتی مقادیر آیریزین در گردش خون افزایش می‌یابد (۱۳، ۲۷) که بر خلاف یافته‌های مطالعه حاضر بود. با این حال، بیان این نکته ضروری است که آزمودنی‌های چاق مطالعه حاضر از میزان شاخص مقاومت انسولینی پایین (۲۲، ۲۸) نسبت به سایر مطالعات (۶، ۱۳، ۲۷، ۲۹) برخوردار بودند. هم‌چنین، مطالعه حاضر نشان داد که گرچه تمرین ورزشی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه باعث کاهش شاخص‌های مقاومت انسولینی می‌شود، اما به

2. Catenacci VA, Hill JO, Wyatt HR. The obesity epidemic. *Clinics in chest medicine*. 2009; 30(3):415-44.
3. Kim H, Lee H, So B, Son J, Yoon D, Song W. Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological research/Academia Scientiarum Bohemoslovaca*. 2015.
4. Després J-P, Lemieux I. Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*. 2006; 444(7121):881-7.
5. Sierra-Johnson J, Romero-Corral A, Somers VK, Lopez-Jimenez F, Mälarstig A, Brismar K, et al. IGF-I/IGFBP-3 ratio: a mechanistic insight into the metabolic syndrome. *Clinical Science*. 2009; 116(6):507-12.
6. Khodadadi H, Rajabi H, Attarzadeh SR, Reza S, Abbasian S. The Effect of High Intensity Interval Training (HIIT) and Pilates on Levels of Irisin and Insulin Resistance in Overweight Women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2014; 16(3):190-6.[Persian]
7. Soori R, Ravasi A, Hazrati Molae S. Comparing the Effects of High Intensity Endurance Training and Resistance Training on Irisin Levels and Insulin Resistance in Rats. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2015;17(3):224-9.[persian]
8. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012; 481(7382):463-8.
9. Sanchis-Gomar F, Lippi G, Mayero S, Perez-Quilis C, García-Giménez JL. Irisin: a new potential hormonal target for the treatment of obesity and type 2 diabetes. *Journal of diabetes*. 2012; 4(3):196-7.
10. Villarroya F. Irisin, turning up the heat. *Cell metabolism*. 2012; 15(3):277-8.
11. 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 medicine*. 2013; 11(1):235-6.
12. Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider 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.
13. 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 Journal*. 2014; 281(3):739-49.
14. Timmons JA, Baar K, Davidsen PK, Atherton PJ. Is irisin a human exercise gene? *Nature*. 2012; 488(7413):E9-E10.
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 Journal of physiology*. 2013;591(21):5393-400.
16. Tang JW. South Asian American perspectives on overweight, obesity, and the relationship between weight and health. *Preventing chronic disease*. 2012; 9.
17. Baecke JA, Burema J, Frijters J. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *The American journal of clinical nutrition*. 1982; 36(5): 936-42.
18. Kannel WB, Sorlie P. Some health benefits of physical activity: the Framingham Study. *Archives of internal medicine*. 1979; 139(8): 857-61.
19. Potischman N, Carroll RJ, Iturria SJ, Mittl B, Curtin J, Thompson FE, et al. Comparison of the 60-and 100-item NCI-block questionnaires with validation data. *Nutrition and cancer*. 1999;34(1):70-5.
20. Ciolac EG, Brech GC, Greve JM. Age does not affect exercise intensity progression among women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010; 24(11):3023-31.
21. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001; 37(1):153-6.
22. Salgado ALFdA, Carvalho Ld, Oliveira AC, Santos VNd, Vieira JG, Parise ER. Insulin resistance index (HOMA-IR) in the differentiation of patients with non-alcoholic fatty liver disease and healthy individuals.

- Arquivos de gastroenterologia. 2010; 47(2):165-9.
23. Hou N, Han F, Sun X. The relationship between circulating irisin levels and endothelial function in lean and obese subjects. *Clinical endocrinology*. 2015; 83(3):339-43.
24. Staiger H, Böhm A, Scheler M, Berti L, Machann J, Schick F, et al. Common genetic variation in the human FNDC5 locus, encoding the novel muscle-derived 'browning' factor irisin, determines insulin sensitivity. *PLoS ONE*. 2013; 8(4):e61903.
25. Wen M-S, Wang C-Y, Lin S-L, Hung K-C. Decrease in irisin in patients with chronic kidney disease. *PLoS ONE*. 2013; 8(5):e64025.
26. Moreno-Navarrete JM, Ortega F, Serrano M, Guerra E, Pardo G, Tinahones F, et al. Irisin is expressed and produced by human muscle and adipose tissue in association with obesity and insulin resistance. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2013; 98(4):E769-E78.
27. Hee Park K, Zaichenko L, Brinkoetter M, Thakkar B, Sahin-Efe A, Joung KE, et al. Circulating irisin in relation to insulin resistance and the metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2013; 98(12):4899-907.
28. Matthews D, Hosker J, Rudenski A, Naylor B, Treacher D, Turner R. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985; 28(7):412-9.
29. Choi Y-K, Kim M-K, Bae KH, Seo H-A, Jeong J-Y, Lee W-K, et al. Serum irisin levels in new-onset type 2 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2013; 100(1):96-101.