

## Original Article

### The effect of eight weeks pilates training on plasma irisin levels and anthropometric parameters in overweight women

Afsaneh Khosravi<sup>1</sup> , Maryam Keshvari<sup>2\*</sup> , Mir Abdullah Tahramuzi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D Student in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Ferdowsi, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>Ph.D Student in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Lorestan, Khorramabad, Iran

<sup>3</sup>Ph.D Student in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran

\*Corresponding author; E-mail: keshvari\_maryam@yahoo.com

Received: 6 May 2017      Accepted: 18 June 2017      First Published online: 20 May 2019  
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 June-July; 41(2):38-46

#### Abstract

**Background:** Exercise training is always known as one of the most important workout strategies to treat and prevent fat accumulation, obesity and related diseases in all age groups. The aim of this study is to investigate the effect of 8 weeks pilates training on resting levels of irisin and anthropometric obesity indexes in overweight middle-aged women.

**Methods:** In this semi-experimental study, 20 women with regular menstrual cycles and body mass index (30-25) were voluntarily chosen and randomly divided into two groups, Pilates and control. Pilates group trained 8 weeks, three time per week. Blood samples from participants were taken 12 hours before pre-test and also at the end of the exercise protocol after 48 hours of fasting state in two stages. Data were analyzed using the independent samples T-test and paired samples T-test ( $p < 0.05$ ).

**Results:** Paired t-test results for plasma irisin in training group showed a significant increase after 8 weeks pilates training ( $p = 0.00$ ). As well as the arms, abdomen, hips, thighs, weight and body mass index after training in the Pilates group was significantly reduced ( $p < 0.05$ ) and control group showed no significant change compared to the start of the study ( $p > 0.05$ ). Comparison of means between groups by independent t-test was significant only in irisin variable compared to the control group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** It seems Pilates exercise can effect on irisin plasma levels and anthropometric indexes in overweight women.

**Keyword:** Pilates, Irisin, Overweight.

**How to cite this article:** Khosravi A, Keshvari M, Tahramuzi M A. [The effect of eight weeks pilates training on plasma irisin levels and anthropometric parameters in overweight women]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2019 June-July; 41(2):38-46. Persian.

## مقاله پژوهشی

## تاثیر هشت هفته تمرینات پیلاتس بر سطوح آیریزین پلاسما و شاخص‌های آنتروپومتریک در زنان دارای اضافه وزن

افسانه خسروی<sup>۱</sup>، مریم کشوری<sup>۲\*</sup>، میرعبده طهرآموزی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران  
<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

\* نویسنده مسوول: ایمیل: keshvari\_maryam@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۶ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۸ انتشار برخط: ۱۳۹۸/۲/۳۰  
 مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز، خرداد و تیر ۱۳۹۸؛ ۴۱(۲): ۳۸-۴۶

## چکیده

زمینه: تمرین ورزشی همواره به عنوان یکی از مهمترین راهکارهای درمانی و پیشگیری از تجمع چربی، چاقی و بیماری‌های ناشی از آن در همه رده‌های سنی شناخته شده است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرینات پیلاتس بر سطوح استراحتی آیریزین و شاخص‌های چاقی آنتروپومتریک زنان دارای اضافه وزن میانسال است.

روش کار: در این تحقیق نیمه تجربی، ۲۰ زن دارای اضافه وزن باشگاه آروشای شهر خرم‌آباد، با دوره قاعدگی منظم و شاخص توده بدنی (۲۵-۳۰) کیلوگرم بر متر مربع) به صورت داوطلبانه انتخاب و بطور تصادفی به دو گروه تمرین پیلاتس و کنترل تقسیم شدند. گروه پیلاتس به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه تمرین کردند. عمل خونگیری بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی پیش از تمرین و در پایان پروتکل تمرینی بعد از ۴۸ ساعت استراحت و حالت ناشتایی در دو مرحله، صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون‌های t وابسته و t مستقل انجام گرفت ( $p < 0/05$ ).

یافته‌ها: نتایج آزمون تی همبسته برای آیریزین پلاسما در گروه تمرینی بعد از ۸ هفته تمرین پیلاتس افزایش معنی‌داری را نشان داد ( $p = 0/00$ ). همچنین محیط بازو، شکم، لگن، ران، وزن و شاخص توده بدنی پس از تمرین در گروه پیلاتس از نظر آماری کاهش معناداری یافت ( $p < 0/05$ ) و در گروه کنترل نسبت به ابتدای پژوهش تغییر معنی‌داری مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). مقایسه میانگین بین گروهی تنها در متغیر آیریزین نسبت به گروه کنترل معنی‌دار بود ( $p > 0/05$ ). نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج بدست آمده، بنظر می‌رسد انجام تمرین پیلاتس بمدت ۸ هفته می‌تواند بر سطوح پلاسما آیریزین و شاخص‌های آنتروپومتریک در زنان دارای اضافه وزن مؤثر باشد.

کلید واژها: تمرین پیلاتس، آیریزین، اضافه وزن

نحوه استناد به این مقاله: خسروی، م، طهرآموزی، م. ع. تاثیر هشت هفته تمرینات پیلاتس بر سطوح آیریزین پلاسما و شاخص‌های آنتروپومتریک در زنان دارای اضافه وزن. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز. ۱۳۹۸؛ ۴۱(۲): ۳۸-۴۶

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.

این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز تحت مجوز کرییتیو کامنز (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

## مقدمه

چاقی یک بیماری مزمن است که شیوع آن در بالغین، نوجوانان و کودکان در حال افزایش بوده و در حال حاضر به عنوان یک اپیدمی جهانی در نظر گرفته می‌شود. عدم تعادل بین دریافت مصرف انرژی منجر به افزایش ذخایر چربی بدن می‌شود. راهکارهای پیشگیرانه از چاقی نیز با دستکاری این دو عامل مؤثر بر موازنه انرژی، یعنی رژیم غذایی و فعالیت ورزشی مرتبط هستند و مطالعات زیادی تاثیر مثبت انواع تمرین ورزشی را در کاهش چربی، اضافه وزن و بیماری‌های مرتبط با آن نشان داده‌اند؛ هنگامی که ذخایر چربی افزایش می‌یابد، سلول‌های بافت چربی رشد کرده و بزرگ می‌شوند که این فرایند منجر به بروز چاقی می‌گردد. چاقی ناشی از بزرگ شدن سلول‌های چربی (هایپرتروفی) اغلب با خطر ابتلا به اختلالات متابولیک مانند عدم تحمل گلوکز، دیس‌لیپیدمی، فشارخون بالا و بیماری‌های قلبی-عروقی ارتباط دارد (۱). اگرچه داشتن حداقل میزان چربی برای عملکرد مناسب سیستم هورمونی، باروری و ایمنی ضروری است، اما تجمع بیش از حد چربی با بروز اختلالات متابولیکی همراه است. چاقی علاوه بر BMI بر اساس الگوی توزیع چربی در بدن نیز تعریف می‌شود. چاقی عمومی افزایش تجمع چربی در تمام قسمت‌های بدن است، اما چاقی شکمی تجمع بیش از حد چربی در ناحیه شکم بوده و پیامد آن افزایش اندازه دور کمر است. افزایش تجمع چربی در ناحیه مرکزی در مقایسه با تجمع آن در ناحیه محیطی با خطر مرگ و میر بیشتری همراه است. چاقی شکمی عامل پیشگویی کننده اصلی بیماری‌های مرتبط با چاقی به خصوص اختلالات متابولیک و بیماری‌های قلبی و عروقی است. افزایش سن و به موازات آن کاهش فعالیت بدنی و سوخت و ساز پایه باعث افزایش تجمع چربی در ناحیه شکم می‌شود. شواهد نشان می‌دهد عدم فعالیت بدنی از علل اصلی افزایش میزان شیوع چاقی و یک عامل خطرزای مهم برای تهدید سلامت عمومی افراد محسوب می‌شود (۲). چاقی در اثر عدم تعادل انرژی دریافتی (انرژی مربوط به غذاها) و انرژی مصرفی (انرژی مربوط به متابولیسم پایه و فعالیت بدنی) ایجاد می‌شود (۳). روند افزایش سن و گذر از مرحله جوانی به مراحل بزرگسالی و میانسالی با تغییرات منفی و تحلیل برنده آناتومیک و فیزیولوژیک فراوانی در بدن مرتبط است که یکی از این تغییرات، کاهش در میزان متابولیسم پایه (Basal Metabolic Rate, BMR) تحلیل و آتروفی عضلانی و افزایش بافت توده چربی و در نتیجه مستعد شدن برای چاقی و بیماری‌های وابسته به آن می‌باشد (۴). از سوی دیگر اغلب افراد به علت کاهش توانمندی‌های حرکتی و تلقینات روانی ناشی از افزایش سن، وقت کم تمایل زیادی به انجام فعالیت ورزشی ندارند و در نتیجه با کاهش عوامل مؤثر در هزینه انرژی، توازن انرژی دریافتی و مصرفی در آن‌ها به هم می‌خورد و خطر ابتلا به چاقی و بیماری

های مرتبط با آن افزایش می‌یابد. در این میان زنان میانسال بیشتر در معرض خطر مبتلا شدن به بیماری‌های ناشی از فقر حرکتی هستند: به علت نزدیک شدن به دوران یائسگی و کاهش پیش رونده هورمون‌های جنسی زنانه که در متابولیسم موثر چربی و کنترل وزن نقش به‌سزایی دارند (۵). احتمالاً زنان میانسال یکی از مستعدترین اقشار جامعه برای ابتلا به چاقی و خطرات و بیماری‌های مرتبط با آن هستند. چاقی و عوارض آن با مدیریت صحیح و از طریق کنترل رژیم غذایی، دارو و ورزش قابل درمان و پیشگیری است که در این بین فعالیت بدنی به عنوان روشی مناسب و کم هزینه و بدون عوارض در درمان چاقی مورد توجه قرار گرفته است. ورزش و فعالیت بدنی یکی از مداخلات رفتاری مهم در برنامه‌های کاهش وزن کوتاه مدت (به ویژه وقتی با تغییرات رژیم غذایی همراه باشد) و یکی از عوامل تعیین کننده در برنامه‌های کاهش وزن بلند مدت است. چاقی اکسیداسیون اسیدهای چرب را در عضلات کاهش می‌دهد، این نقص در اکسیداسیون باعث افزایش اندوخته چربی می‌شود. این در حالی است که تمرین ورزشی در همه افراد اکسیداسیون اسیدهای چرب را افزایش می‌دهد و به خصوص در افراد چاقی که کاهش وزن داشته‌اند این تغییرات ادامه‌دار است؛ زیرا تمرین، تعداد میتوکندری و اکسیداسیون اسیدهای چرب را افزایش داده و مصرف ماکرومولکول را بالا می‌برد (۲). بنابراین، تمرین ورزشی همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای درمانی و پیشگیری از تجمع چربی، چاقی و بیماری‌های ناشی از آن در همه رده‌های سنی شناخته شده است (۶). مطالعات جدید نشان داده‌اند که برخی مایوکاین‌ها که در اثر تمرین ورزشی از عضلات ترشح می‌شوند در تنظیم اکسیداسیون چربی و کاهش چاقی مؤثرند. یکی از مهم‌ترین این مایوکاین‌ها آیریزین می‌باشد. آیریزین پپتیدی متشکل از ۱۱۲ اسید آمینه است که در اثر انقباضات عضلانی ناشی از تمرین ورزشی و افزایش القای (Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma)  $\alpha$  1-PGC1، coact-ivator (PGC)-1  $\alpha$ ، PG1  $\alpha$  به نام (Fibronectin type III domain-containing protein 5) FNDC5 در عضلات ساخته می‌شود و سپس با ورود به گردش خون و تأثیر بر سلول‌های بافت چربی سفید باعث افزایش بیان ژن پروتئین جفت نشده نوع ۱ (UCP1) می‌شود که این پروتئین با افزایش هزینه انرژی و گرمایی در میتوکندری مرتبط است (۷). به علاوه آیریزین با افزایش بیان ژن‌های مؤثر در افزایش بیورژن میتوکندری در تغییر فنوتیپ بافت چربی سفید به چربی قهوه‌ای که خود عامل بسیار مؤثری در افزایش متابولیسم چربی و کاهش وزن می‌باشد نیز نقش دارد (۸). در همین راستا مطالعات نشان داده‌اند که انواع تمرین ورزشی استقامتی و مقاومتی با افزایش میزان آیریزین همراه بوده‌اند و این افزایش، ارتباط قوی منفی با تغییرات

سرمی آیریزین و شاخص مقاومت به انسولین بررسی کردند اما نتایج تحقیق تغییرات معناداری را نشان نداد (۱۵)؛ همچنین Moienneia و همکاران به مقایسه اثر یک دوره برنامه تمرین مقاومتی با شدت‌های مختلف بر سطوح سرمی آیریزین زنان جوان غیر فعال پرداختند و نتایج نشان داد یک دوره تمرین مقاومتی با شدت‌های کم و زیاد نمی‌تواند سبب افزایش سطوح آیریزین در زنان جوان غیر فعال شود (۱۶). نتایج تحقیق Jabari و همکاران که تأثیر یک جلسه فعالیت استقامتی زیر بیشینه بر میزان آیریزین پلاسما و چهار هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و حجم پایین بر میزان استراحتی آیریزین و میزان آیریزین پلاسما پس از یک وهله فعالیت استقامتی زیربیشینه در مردان جوان انجام دادند همسو با نتایج تحقیق حاضر است (۱۷). Miyamoto و همکاران به بررسی تغییرات آیریزین پلاسمایی و ارتباطش با تغییرات بافت چربی، احشایی و زیرپوستی و کلی بدن در افراد میانسال و جوان متعاقب انجام تمرینات استقامتی پرداخت و نشان داد که ۸ هفته تمرین استقامتی باعث افزایش معناداری در میزان آیریزین پلاسمایی و کاهش معنی‌داری در میزان هر سه نوع چربی احشایی، زیرپوستی و کلی بدن در افراد میانسال شده است (۱۸). Tsuchiya و همکاران به مقایسه اثر ۳ نوع فعالیت حاد استقامتی، مقاومتی و ترکیبی بر پاسخ مقادیر آیریزین پلاسمایی پرداختند و نشان دادند که فعالیت مقاومتی در مقایسه با دو نوع فعالیت استقامتی و ترکیبی تأثیر افزایشی معنادارتری به دنبال دارد (۱۹). با توجه به تحقیقات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که انواع تمرینات پیلاتس، استقامتی، مقاومتی و ... در تغییرات ترکیب بدنی، میزان چربی و چاقی موثر باشد و گاهی نیز به دلیل پروتکل تمرینی، سن، جنس نتایج متناقض بوده است. از طرفی با توجه به محبوبیت رشته پیلاتس و گرایش روز افزون زنان به این رشته به دلیل آسیب کمتر و تقویت عضلانی و تشابه تمرینات پیلاتس به تمرینات استقامتی زیربیشینه از نظر شدت، مدت و زمان درگیری عضلات بدن، تحقیق حاضر تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس بر سطوح پلاسمایی آیریزین و شاخص‌های آنتروپومتریک در زنان دارای اضافه وزن را بررسی می‌کند.

## روش کار

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و به روش نیمه‌تجربی با یک گروه تجربی و یک گروه کنترل و با طرح پیش‌آزمون-اعمال متغیر مستقل - پس آزمون به انجام رسید. شرکت کنندگان در این پژوهش زنان میانسال غیرفعال بودند، که از میان مراجعه کنندگان به باشگاه ورزشی آروشای خرم آباد که در محدوده توده بدنی ۲۵-۳۰ قرار داشتند، برای شرکت در مطالعه انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: نداشتن هیچ‌گونه بیماری، داشتن دوره قاعدگی منظم سبک زندگی کم تحرک، توانایی انجام حرکات ورزشی، شرکت نکردن در برنامه ورزشی حداقل شش ماه پیش از

انواع چربی احشایی، زیرپوستی و کلی بدن داشته است (۹). که این خود می‌تواند نشان‌دهنده نقش مهم آیریزین در کاهش بافت چربی تمرین ورزشی باشد. با وجود این، اکثر مطالعات انجام شده در این زمینه تنها تأثیر انواع تمرینات سستی مانند تمرینات استقامتی و مقاومتی و ترکیبی را بر ترکیب بدنی، میزان چربی، چاقی و میزان آیریزین پلاسمایی نشان داده اند (۱۰). تأثیر تمرینات به روزتر مانند تمرینات پیلاتس بر تحریک و ترشح آیریزین و در نتیجه تغییرات بافت چربی و کاهش اضافه وزن و چاقی هنوز در حال‌های از ابهام است. لذا با توجه به اهمیت برنامه‌های ورزشی در کاهش چربی، اضافه وزن و بیماری‌های مرتبط با آن، برداشتن گام‌هایی در جهت شناسایی مشخصات فعالیت ورزشی مؤثرتر و غنی ساختن این برنامه‌ها از طریق روشن کردن تأثیر آن‌ها بر مکانیسم‌های موثر در درمان و پیشگیری از چاقی، هنوز نیازمند مطالعه‌های بیش‌تری است. با توجه به تأثیرات مثبت ورزش و فعالیت بدنی بر روی ترکیب بدنی انعطاف‌پذیری به معرفی یکی از شکل‌های جدید ورزش ذهنی-بدنی به نام ورزش پیلاتس می‌پردازیم که در آن تمرکز بر روی کنترل حرکات، وضعیت قرارگیری بدن و تنفس است. پیلاتس (کنترولوژی) به معنای ایجاد هماهنگی کامل بین جسم، ذهن و روح است. در پیلاتس فرد در ابتدا از طریق کنترولوژی به شیوه هدفمند، کنترل کامل جسم خود را در دست می‌گیرد و سپس از طریق تکرار کامل حرکات به شیوه ای تدریجی ولی پیشرفت‌کننده به یک نوع هماهنگی طبیعی دست پیدا می‌کند. این روش توسط پزشکان به عنوان یک روش منحصر به فرد از آمادگی جسمانی که در آن ترکیبی از تقویت، کشش تنفس عضلانی به منظور توسعه عضلات تنه و بازگرداندن تعادل عضله استفاده می‌شود؛ شناخته شده است (۱۱) و برخلاف ورزشهای مقاومتی سستی که در آن عضلات به صورت جداگانه تمرین داده می‌شود، با یک رویکرد کل نگر نیازمند فعال سازی و هماهنگی چندین گروه عضله در یک زمان است. گرچه مطالعات اخیر گزارش کرده‌اند که ورزش پیلاتس برای تمام سنین، تمام تیپهای بدنی و آمادگی‌های بدنی مختلف مناسب است ولی محققان برای ترسیم نتایج ورزش پیلاتس روی عوامل آمادگی جسمانی و چاقی نیازمند تحقیقات بیشتری هستند (۱۲). تمرینات پیلاتس تنها شامل یک سری حرکات ثابت و کسل‌کننده نیست و به علت تنوع و ماهیت آن، تمایل افراد به ویژه زنان به آن بیشتر است. تمرینات پیلاتس جدید نه اصل دارد که شامل: تمرکز، آگاهی، راستای بدن، تنفس، تمرکز بر مرکز بدن، دقت، هماهنگی، کشش و تداوم است. ورزش پیلاتس روشی مناسب برای تعیین آگاهی ذهن - بدن و کنترل حرکات پوسچرال با درخواست‌های عصبی - عضلانی بالاست (۱۳). در تحقیق Omid Ali و همکاران دریافتند که انجام تمرینات پیلاتس به مدت ۸ هفته می‌تواند باعث کاهش درصد چربی، توده چربی و محیط کمر شود (۱۴). در تحقیقی دیگر Khirandesh و همکاران اثر هشت هفته تمرین پیلاتس را بر سطوح

سپس، آزمودنی‌ها در آزمایشگاه تشخیص طبی حاضر شدند. دما و ساعت آزمون ثبت شد تا در مرحله بعدی نیز این شرایط حفظ گردد. از سیاهرگ دست راست هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حال استراحت، ۱۰ میلی لیتر خون گرفته شد. آنگاه نمونه خونی با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پلاسما حاصل در یخچال در دمای ۴۰ - درجه سانتی گراد نگهداری شد تا در زمان لازم برای تشخیص آیریزین پلاسمایی به صورت کمی با روش الیزا استفاده شود. روش آماری: پس از جمع آوری داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آزمون کولموگروف - اسمیرنف جهت تعیین توزیع طبیعی داده‌ها استفاده شد. همچنین از آزمون آماری تی همبسته برای بررسی اختلاف معناداری میانگین‌های درون گروهی و از آزمون آماری تی مستقل نیز برای بررسی اختلاف معناداری میانگین‌های بین گروه کنترل و تجربی استفاده شد. همه‌ی نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار نشان داده شده‌اند و مقادیر  $p < 0/05$  از نظر آماری معنی‌دار تلقی شد. کلیه داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS ۲۲ تجزیه و تحلیل شد.

### یافته‌ها

متناسب با هدف پژوهش که بررسی اثر ۸ هفته تمرین پیلاتس بر آیریزین پلاسما و برخی شاخص‌های آنروپومتریکی زنان دارای اضافه وزن بود، آزمودنی‌هایی با شاخص توده بدنی ۲۵-۳۰ کیلوگرم برمجدور متر، دامنه سنی ۲۰-۳۰ سال و میانگین قد ۱۶۲ سانتی متر انتخاب شدند. با توجه به داده‌های جدول شماره ۱ نتایج آزمون تی همبسته برای متغیر آیریزین پلاسما در گروه تجربی قبل از اجرای پروتکل تمرینی با میانگین  $2/02 \pm 12/79$  نانوگرم بر میلی لیتر بعد از هشت هفته تمرین پیلاتس به  $2/42 \pm 20/30$  نانوگرم بر میلی لیتر رسید که این مقدار با توجه به مقدار  $p = 0/00$ ،  $t = 17/52$  از نظر آماری معنی‌دار شد. همچنین نتایج اختلاف درون گروهی از موزن تی همبسته برای شاخص‌های آنروپومتریکی اندازه‌گیری شده در گروه تجربی (محیط بازو، محیط شکم، محیط لگن، محیط ران، وزن و شاخص توده بدنی) بعد از هشت هفته تمرین پیلاتس از نظر آماری معنی‌دار شد ( $p < 0/05$ ). در متغیرهای اندازه‌گیری شده در گروه کنترل بعد از گذشت هشت هفته نسبت به ابتدای پژوهش تغییری حاصل نشد ( $p > 0/05$ ). میانگین آیریزین پلاسما، بعد از هشت هفته تمرین پیلاتس براساس آزمون آماری تی مستقل که برای مقایسه میانگین بین گروهی بکار گرفته شد، اختلاف معناداری مشاهده شد ( $p = 0/00$ ،  $t = 5/156$ ). همچنین با وجود اینکه در متغیرهای آنروپومتریکی کاهش معنی‌داری نسبت به قبل از تمرین در گروه تمرینی مشاهده شد، اما این بهبود نسبت به گروه کنترل معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ).

شروع اجرای این طرح. پس از غربالگری بر مبنای معیارهای فوق، ۲۰ نفر اجازه ورود به این مطالعه را گرفتند. بعد از توضیح طرح تحقیق و پر کردن فرم پرسشنامه آمادگی برای فعالیت بدنی (-PAR-Q)، پرسشنامه وضعیت تندرستی و رضایت نامه شرکت و همکاری در تحقیق، افراد در یکی از دو گروه تجربی و کنترل به صورت تصادفی ساده تقسیم شدند. به همه‌ی آزمودنی‌ها آگاهی‌های لازم ارائه شد. به شرکت‌کنندگان در گروه تجربی مطالعه، توصیه شد که برنامه غذایی خود را ادامه دهند و برای کنترل تغذیه یادآمد خوراک دادیم. به علاوه به آزمودنی‌های گروه کنترل نیز توصیه شد که همان سبک زندگی قبلی خود را تا پایان کار تحقیقی ادامه دهند. امروزه روش‌های متعددی برای سنجش بافت چربی وجود دارد که برخی پیچیده و گران‌قیمت هستند و در پروژه‌های پژوهشی آزمایشگاهی به کار می‌روند و امکان استفاده از آن‌ها در پروژه‌های پژوهشی میدانی و جمعیت‌های بزرگ نیست؛ از طرفی روش‌های ساده‌تری مانند چین پوستی و اندازه‌گیری محیط و ابعاد اندام‌ها وجود دارد که دقت زیادی دارند و به سادگی قابل اجرا می‌باشند (۲۰). در تحقیق حاضر قبل از اعمال پروتکل تمرینی فاکتورهای مورد نظر از قبیل آزمایش خون، شاخص‌های آنروپومتریکی چاقی شامل وزن بدن، BMI، دور کمر، دور لگن، دور ران و دور بازو قبل و بعد از انجام مداخله در هر دو گروه اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها به دو گروه (N=۱۰) تمرین پیلاتس و کنترل تقسیم شدند. در این تحقیق از پروتکل تمرینی استوت استفاده شد که در آن از پنج حرکت برای گرم کردن (تنفسی، چرخش کمر، کشش گربه، جمع کردن پاها به سینه در حالت درازکش، چرخش بازو و بالا بردن کف‌ها)، ده حرکت تقویتی شامل تقویت عضلات شکمی و باز کننده‌های ران (اسپاین استرچ، رول بک، اسپاین تویست، سینگل لگ استرچ، دابل لگ استرچ، سینگل لگ کیک، حرکت سا، ساید کیک سریز، لگ پول فرونت، لگ پول بک) و ده حرکت کششی شامل کشش عضلات خم کننده ران و ناحیه کمر (سویمنگ، هاندر لگ سیر کل، شولدر بریج، سیزورز، کروک اسکرو، تیزر، هیپ توریست، رول اور، رول آپ) استفاده شده است، که عضلات تنه (عرضی شکم، مایل داخلی و خارجی، دیافراگم، مربع کمری، سوئز خاصره‌ای، بازکننده‌های عمقی ستون فقرات، سرنی‌ها) را درگیر می‌کرد و در سه وضعیت ایستاده، نشسته، خوابیده انجام شد (۱۷). آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته/سه جلسه در هفته، تحت شرایط تمرین قرار گرفت. برای بررسی متغیر آیریزین، عمل خون‌گیری بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی قبل از شروع پروتکل تمرینی و در پایان پروتکل تمرینی بعد از ۴۸ ساعت استراحت و حالت ناشتایی در دو مرحله، یعنی پیش از شروع تمرینات پیلاتس و بعد از هشت هفته تمرین، صورت گرفت. در مرحله اول، برای انجام خون‌گیری، از همه‌ی آزمودنی‌ها خواسته شد تا دو روز قبل از آزمون، هیچ فعالیت جسمی سخت انجام ندهند.

جدول ۱: نتایج آزمون t همبسته و مستقل آیریزین پلاسما و شاخص‌های آنتروپومتریک در زنان دارای اضافه وزن برای دو گروه کنترل و تجربی

متغیر	گروه	قبل تمرینات		بعد تمرینات	
		M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
آیریزین (نانوگرم/میلی‌لیتر)	گروه کنترل	۱۵/۱۸±۱/۸۹	۱۵/۰۷±۲/۱۰	۰/۴۵۹	۰/۸۷۴
	گروه تجربی	۱۲/۷۹±۲/۰۲	۲۰/۳۰±۲/۴۲	۰/۰۰۰*	-۱۷/۵۲۳
محیط بازو (سانتی‌متر)	گروه کنترل	۲۹/۸۰±۳/۳۵	۳۰/۱۰±۳/۶۳	۰/۲۷۹	-۱/۱۵۲
	گروه تجربی	۳۳/۸۰±۳/۳۹	۳۲/۳۰±۳/۴۶	۰/۰۰۷*	۳/۵۰۳
محیط کمر (سانتی‌متر)	گروه کنترل	۸۷/۲۰±۸/۷۷	۸۷±۸/۸۰	۰/۶۷۸	۰/۴۲۹
	گروه تجربی	۹۶/۹۰±۱۰/۹۱	۹۰/۴۰±۱۰/۱۰	۰/۰۰۰*	۵/۳۱۲
محیط لگن (سانتی‌متر)	گروه کنترل	۹۲/۲۰±۲۰/۶۱	۹۲/۵۰±۲۰/۵۲	۰/۲۷۹	-۱/۱۵۲
	گروه تجربی	۱۰۵/۲۰±۸/۱۸	۱۰۲/۷۰±۷/۳۷	۰/۰۱۳*	۳/۱۰۱
محیط ران (سانتی‌متر)	گروه کنترل	۶۵/۵۰±۱۴/۰۲	۶۵/۸۰±۱۴/۰۱	۰/۱۹۳	-۱/۴۰۶
	گروه تجربی	۶۲/۸۰±۵/۱۵	۶۰/۶۰±۴/۳۲	۰/۰۰۵*	۳/۷۱۳
وزن (کیلوگرم)	گروه کنترل	۶۴/۴۳±۷/۰۹	۶۴/۴۸±۶/۹۸	۰/۸۲۵	-۰/۲۲۸
	گروه تجربی	۷۲/۱۷±۸/۸۹	۷۰/۳۴±۹/۴۳	۰/۰۰۳*	۳/۹۶۷
شاخص توده بدن (کیلوگرم برمجدور متر)	گروه کنترل	۲۵/۲۷±۲/۶۳	۲۵/۱۷±۲/۷۶	۰/۴۷۹	۰/۸۳۸
	گروه تجربی	۲۸/۱۳±۴/۰۲	۲۷/۳۳±۴/۱۳	۰/۰۰۲*	۴/۲۶۸

\*علامت معنی‌داری در  $p < 0/05$  است.

## بحث

(۲۲). در گذشته تصور بر این بود که بافت چربی قهوه‌ای در بدن انسان بالغ وجود ندارد، اما مطالعات جدید حاکی از وجود این بافت و عملکرد مفید آن در بدن انسان است. در حقیقت برخلاف عمل ذخیره‌سازی که ویژه بافت چربی سفید است، بافت چربی قهوه‌ای به خاطر بیان پروتئین جفت نشده‌ی ۱ و افزایش تراکم میتوکندریایی، نقش گرم‌زایی (تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی حرارتی) را ایفا می‌کند (۲۳). به علاوه، سطوح بالای بافت چربی قهوه‌ای با مقاومت در مقابل بیماری‌های متابولیک مرتبط است (۲۴). با توجه به تحقیقات Van و همکاران که نشان دادند مقدار بافت قهوه‌ای در افراد چاق نسبت به افراد گروه شاهد کمتر بود این بدان معنی است که بین بافت چربی قهوه‌ای و شاخص توده بدنی و درصد چربی در افراد غیرفعال، ارتباط منفی وجود دارد. به هر حال، ساز و کار مؤثر در تغییر بافت چربی تا حد زیادی ناشناخته است (۲۵). یکی از مطالعات جذابی که در سالهای اخیر توسط Bostrom و همکاران انجام شده است، پرده از یک مکانیسم مولکولی جدید برمی‌دارد که بر مبنای آن، اثر تبدیلی بافت چربی سفید به قهوه‌ای و افزایش گرم‌زایی و در نهایت، کاهش وزن نشان داده شده است. تئوری این گروه از دانشمندان، حاکی از شناسایی مایوگین جدیدی است که توسط PGC-1 القا می‌شود (۲۴). این متغیر یک عامل فعال‌کننده‌ی عامل رونویسی فعال‌کننده‌ی PPAR- $\gamma$  است که بسیاری از اثرات بیولوژیک خود را بر متابولیسم انرژی اعمال می‌کند. محققان (۲۶) نشان دادند که در اثر تمرین، PGC-1 بیان می‌شود و موجب تحریک بسیاری از فرایندهایی مانند بیوژنز میتوکندریایی، آنژیوژنز، تغییر نوع تار

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر هشت هفته تمرین پیلاتس بر آیریزین پلاسما و شاخص‌های آنتروپومتریک انجام شد تا راهکاری برای تناسب اندام و سلامتی ارائه دهد. نتایج تی همبسته نشان داد، در تحقیق حاضر تمرین پیلاتس باعث کاهش معنادار شاخص‌های آنتروپومتریک زنان دارای اضافه وزن گردید. همچنین متغیر آیریزین که مهم‌ترین شاخص مورد بررسی این پژوهش بود بعد از هشت هفته تمرین پیلاتس، افزایش معنی‌داری در گروه تجربی داشت. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق Seraj و همکاران با عنوان تأثیر تمرینات پیلاتس بر روی ترکیب بدنی و انعطاف‌پذیری زنان غیرورزشکار، همسو می‌باشد. در این تحقیق گروه تجربی به مدت ۸ هفته تمرینات پیلاتس زیر نظر مربی انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد یک دوره تمرینات پیلاتس بر درصد چربی و شاخص توده بدنی زنان غیرورزشکار تأثیر معنی‌داری دارد (۱۱)؛ همچنین Omid Ali و همکاران در تحقیقی دریافتند که انجام تمرینات پیلاتس به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه یک ساعت، می‌تواند باعث کاهش درصد چربی، توده چربی و محیط کمر شود و این نتایج با تحقیق حاضر همسو می‌باشد (۱۴). همچنین افزایش معنادار آیریزین در این تحقیق با کار تحقیقی خدادادی و همکاران که روی زنان جوان دارای اضافه وزن با پروتکل تمرین تناوبی شدید و پیلاتس انجام دادند همسو بود. دلایل افزایش آیریزین در اثر تمرینات تناوبی شدید و پیلاتس را باید در سیگنال‌های فعال‌کننده PGC1a جستجو کرد. بنابراین عواملی که می‌توانند موجب فعال‌سازی PGC1a گردند، به احتمال زیاد بتوانند سبب آبخار پیام‌دهی تغییر فنوتیپ بافت چربی شوند

تمرین تناوبی با شدت بالا و حجم پایین بر میزان استراحتی آیریزین و میزان آیریزین پلاسما پس از یک وهله فعالیت استقامتی زیربیشینه در مردان جوان انجام دادند همسو با نتایج تحقیق حاضر است. یافته‌های Jabari و همکاران این مطلب را بیان می‌کنند که تمریناتی مثل استقامتی زیر بیشینه شاید شروع روند ترشح آبشار آیریزین پلاسما باشند که تمرینات پیلاتس در تحقیق حاضر نیز با توجه به شباهتی که به تمرینات استقامتی زیربیشینه از نظر شدت، مدت و زمان درگیری عضلات بدن دارند می‌توانند شروع کننده روند آبشاری ترشح آیریزین باشند؛ از اثرات احتمالی تمرین، تبدیل بافت چربی سفید به چربی قهوه‌ای است. این بدان معناست که تمرین، میزان نسبی بافت چربی قهوه‌ای را افزایش می‌دهد (۱۷).

### نتیجه‌گیری

بطور کلی براساس نتایج بدست‌آمده از تحقیق، تمرینات پیلاتس ارائه شده در تحقیق حاضر مداخلات کارآمد و مؤثری برای کاهش شاخص‌های آنروپومتریکی چاقی و افزایش هورمون آیریزین افراد فراهم می‌کند؛ با وجود این، مطالعات گسترده‌تری در سایر گروه‌های سنی و تأثیر رژیم غذایی به پژوهشگران توصیه می‌شود.

### قدردانی

بدینوسیله محققان بر خود لازم می‌دانند مراتب سپاسگزاری خود را از مسئولان محترم باشگاه ورزشی آروشای خرم آباد به جهت همکاری در نمونه‌گیری و اجرای پژوهش و تمامی افرادی که ما را در امر یاری نمودند، به عمل آورند. این مقاله برگرفته از یک کار پژوهشی می‌باشد و با رضایت کامل افراد آزمودنی به انجام رسیده است.

### منابع مالی

منابع مالی این طرح تحقیقاتی بصورت آزاد و بعهده نویسندگان بوده است.

### منافع متقابل

مؤلف اظهار می‌دارد که منافع متقابلی از تالیف یا انتشار این مقاله ندارد.

### مشارکت مؤلفان

ا.خ، م.ک و همکاران، طراحی، اجرا و تحلیل نتایج مطالعه را بر عهده داشتند، همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده‌اند.

عضلانی و جلوگیری از آتروفی عضلانی می‌گردد (۲۷). بهرحال اثرات مفید ناشی از افزایش بیان ژن PGC-1 ممکن است خارج از بافت عضلانی نیز باشد، زیرا این عامل، موجب بیان ژن UCPI و گرمازی در بافت چربی قهوه‌ای می‌گردد (۲۲). PGC-1 موجب تحریک ترشح موادی از عضله اسکلتی می‌گردد که بر عملکرد سایر بافت‌ها تأثیرگذار است. یکی از مهمترین این مواد FNDC5 است (۲۶). این پروتئین پس از شکستن در خون ترشح می‌شود که هورمون آیریزین نامگذاری شده است. آیریزین در بافت چربی قهوه‌ای موجب بیان ژن UCPI می‌گردد (۲۳). بطور خلاصه، این تئوری بیان می‌کند که در اثر تمرین، از عضله اسکلتی هورمونی به نام آیریزین ترشح می‌شود که با تأثیر بر بافت چربی سفید و قهوه‌ای، باعث افزایش انرژی مصرفی و در نهایت کاهش وزن می‌گردد. Stella و همکاران مطالعه ای با عنوان افزایش پیش رونده سطح آیریزین پلاسما در پاسخ به افزایش بار تمرین در آزمودنی‌های جوان، سالم و فعال انجام دادند (۲۸). Norheim و همکاران (۲۰۱۴) اثرات ورزش حاد و مزمن را در PGC-1a، آیریزین و بافت چربی قهوه‌ای زیر جلدی در مردان دیابتی مورد بررسی قرار دادند. مقدار آیریزین بلافاصله پس از تمرین افزایش و ۲ ساعت پس از تمرین کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر از نظر کاهش ۲ ساعت پس از تمرین ناهمسو است زیرا در مطالعه حاضر خون-گیری از آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت پس از تمرین انجام شد. دلیل ناهمخوانی می‌تواند نوع تمرین استفاده شده یا جنسیت آزمودنی‌ها، نوع تغذیه، کیت‌های الایزا و آنتی بادی‌های متفاوت باشد. لازم به ذکر است که نورهیم و همکاران دلیل ناهمخوانی نتیجه تحقیق را با تحقیقاتی که روی موش انجام شده تفاوت کدون شروع بیان ژن در انسان (ATA) و موش (ATG) بیان کردند (۲۹). مشابه با تحقیق نورهیم و همکاران و ناهمسو با مطالعه حاضر کرامر و همکاران تحقیقی با عنوان افزایش ناپایدار غلظت آیریزین خون در پاسخ به تمرین طولانی مدت و متوسط هوازی در زنان و مردان انجام دادند که نتایج نشان داد غلظت آیریزین پس از گذشت ۵۴ دقیقه از تمرین بالاتر بود و پس از گذشت ۹۰ دقیقه از تمرین غلظت بالایی نداشت Moienneia و همکاران به مقایسه اثر یک دوره برنامه تمرین مقاومتی با شدت‌های مختلف بر سطوح سرمی آیریزین زنان جوان غیر فعال پرداختند و نتایج نشان داد یک دوره تمرین مقاومتی با شدت‌های کم و زیاد نمی‌تواند سبب افزایش سطوح آیریزین در زنان جوان غیر فعال شود با نتایج حاضر همسو نبود (۱۶)؛ که دلیل این ناهمخوانی می‌تواند شدت تمرین باشد و همچنین تفاوت در سن، وزن و نوع تغذیه آزمودنی‌ها می‌تواند از دلایل دیگر باشد. تحقیق جباری و همکاران که تأثیر یک جلسه فعالیت استقامتی زیر بیشینه بر میزان آیریزین پلاسما و چهار هفته

## References

- Barry Braun, Carrie Sharoff, Stuart R. Chipkin, Francesca Beaudoin. *Effects of insulin resistance on substrate utilization during exercise in overweight women. Journal of Applied Physiology* 2004; **97**(3): 991-997 doi: 10.1152/japp lphysiol.00231.2004
- Khosravi A. *effects of low intensity resistance trainings on anthropometric indices in overweight women. Thesis. Journal of Physiology and Management in Sports* 2015; **7**(4): 33-43. (Persian)
- Steinbeck K S. The importance of physical activity in the prevention of overweight and obesity in childhood: a review and an opinion. *Obesity reviews* 2001; **2**: 117-130. doi: 10.1046/j.1467-789x.2001.00033.x.
- Chung J-Y, Kang H-T, Lee D-C, Lee H-R, Lee Y-J. Body composition and its association with cardio metabolic risk factors in the elderly: a focus on sarcopenia obesity. *Archives of gerontology and geriatrics* 2013; **56**(1): 270-278. doi: 10.1016/j.archger.2012.09.007.
- Tseng L A, Delmonico M J, Visser M, Boudreau R M, Goodpaster B H, Schwartz A V, et al. Body composition explains sex differential in physical performance among older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 2014; **69**(1): 93-100. doi: 10.1093/gerona/glt027
- Yang W, Lu J, Weng J, Jia W, Ji L, Xiao J, et al. Prevalence of diabetes among men and women in China. *New England Journal of Medicine* 2010; **362**(12): 1090-1101.
- Swick A G, Orena S, O'Connor A. Irisin levels correlate with energy expenditure in a subgroup of humans with energy expenditure greater than predicted by fat free mass. *Metabolism* 2013; **62**(8): 1070-1073. doi: 10.1016/j.metabol.2013.02.012
- Harms M, Seale P. Brown and beige fat: development , function and therapeutic potential. *Nature Medicine* 2013; **19**(10): 1252-1263. doi: 10.1038/nm.3361
- Miyamoto K, Mori S, Tsuji S, Tanaka S, Kawamo M, Mashiba T, et al. editors. *Whole-body vibration exercise in the elderly people*. BONE; ELSEVIER SCIENCE INC 360 PARK AVE SOUTH, NEW YORK.2003, NY 10010-1710 USA.
- Sadati M. *The effect of whole body vibration training. aerobic and combined exercise on body composition in obese middle-aged women non-athlete/ overweight.thesis.2012.*(Persian)
- Seraj I, Asad M, Farahani A, Azrfy A. The Effect of Pilates Exercises on the lumbar athletes. *Journal of Medical Sciences University Ilam* 2013; **21**: 8. (Persian).
- Khodadadi H, Rajabi H, Attarzadeh S R, Abbasian S. The effect of high intensity interval training (hiit) and pilates on levels of irisin and insulin resistance in overweight women. *Ranian J Endocrinol Metabol* 2014; **16**(3): 190-226.
- Rajabi R, Usebashi L, Tkamjany Brahimi E. Effects of pilates training on the hyper lordosis lumbar non-athletic women. *Research in Sports Sciences* 2012; **8**. (Persian).
- Omid Ali Z, Taheri H, Esfarjani F, Bambychy E, Marandi, SM. Effect of Pilates on some physiological factors and lumbar Ghyrvrzshkardaray overweight women, research in rehabilitation sciences 2011; **8**. (Persian).
- Khirandish R. The effect of eight weeks pilates training on serum irisin levels and insulin resistance index in obese women, Thesis. *Chamran University*. 2016. (Persian).
- Moienneia N, Attarzadeh Hosseini S R. comparison of the effect of resistance training program with different intensities on serum irisin levels in sedentary young women. *Exercise physiology* 2016; **26**: 142-127. (Persian).
- Jabari M. *The effect of submaximal endurance exercise on plasma irisin and four weeks of high intensity interval and volume down on irisin resting and submaximal endurance exercise after a plasma irisin in young men*. 2011. (Persian).
- 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): 12-19.
- Tsuchiya Y, Ando D, Takamatsu K, Goto K. *Resistance exercise induces a greater irisin response than endurance exercise*. *Metabolism* 2015; **64**(9): 1042-1050. doi: 10.1016/j.metabol.2015.05.010.
- Taylor J W, Keil D, Gold E. J "Body massindex, waist girth and waist to hip ratio as indexes of total and regional adiposity in women: evaluation using receiver operating characteristics curves" *J Clin Nutr* 2000; **67**: 44-53.
- Khirandish R. The effect of eight weeks pilates training on serum irisin levels and insulin resistance index in obese women, Thesis. *Chamran University* 2016. (Persian).
- Khodadadi H, Rajabi h, Attarzadeh S R. The Effects of High Intensity Interval Training (HIIT) and Pilates on levels of Irisin and insulin Resistance in overweight women". *Journal of Endocrinology and Metabolism, martyr Beheshti University of Medical Sciences* 2015; **3**: 190-196. (Persian).
- Handschin C, Spiegelman B M. The role of exercise and PGC1alpha in inflammation and chronic disease. *Nature* 2008; **454**(7203): 463-469. doi: 10.1038/nature07206.



24. Boström P, Wu J, Jedrychowski M P, Korde A, Ye L, Lo J C, et al. *A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis* 2012; **481**(7382): 463-468. doi: 10.1038/nature10777.
25. van Marken Lichtenbelt W D, Vanhomerig J W, Smulders N M, Drossaerts J M, Kemerink G J, Bouvy N D, et al. Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. *N Engl J Med* 2009; **360**(15): 1500-1508. doi: 10.1056/NEJMoa0808718.
26. Wenz T, Rossi S G, Rotundo R L, Spiegelman B M, Moraes C T. Increased muscle PGC-1 $\alpha$  expression protects from sarcopenia and metabolic disease during aging. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2009; **106**(48): 20405-20410. doi: 10.1073/pnas.0911570106.
27. Xu X, Ying Z, Cai M, Xu Z, Li Y, Jiang S Y, et al. Exercise ameliorates high-fat diet-induced metabolic and vascular dysfunction, and increases adipocyte progenitor cell population in brown adipose tissue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2011; **300**(5): R1115-R1125. doi: 10.1152/ajpregu.00806.
28. Norheim F, Langleite T M, Hjørth M, Holen T, Kielland A, Stadheim H K, et al. The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 $\alpha$ , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *FEBS Journal* 2014; **281**(3): 739-749. doi: 10.1111/febs.12619.
29. Stella S, Daskalopoulou, Alexandra B, Cooke, Yessica-Haydee Gomez. Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *European Journal of Endocrinology* 2014. doi: 10.1530/EJE-14-0204.