

مقاله اصلی

مقایسه تأثیر تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بر بیان برخی ژن‌های رشدی و ترکیب بدن زنان چاق

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۳

خلاصه

مقدمه: امروزه چاقی یکی از دلایل بروز خیلی بیماری‌ها در سطح جامعه می‌باشد. در برخی افراد چاق نیمرخ لیپیدی دچار تغییراتی می‌شود که در کاهش سلامتی و افزایش بروز انواع بیماری‌ها موثر است. انجام فعالیت‌های ورزشی نوظهور در کنار دیگر فعالیت‌ها می‌تواند به این افراد کمک کند. هدف از این پژوهش، مقایسه تأثیر تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بر بیان برخی ژن‌های رشدی و ترکیب بدن زنان چاق بود.

روش کار: جامعه آماری این پژوهش زنان چاق با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال بود که از بین آنها ۳۶ نفر به صورت تصادفی به سه تمرین هوازی موزون (۱۲ نفر)، تمرین CW-WORX (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. روش کار حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. نمونه آماری این پژوهش شامل ۳۶ زن با دامنه سنی $29 \pm 4/8$ (سال)، وزن $76/63 \pm 1/82$ (کیلوگرم)، قد $1/58 \pm 0/02$ (متر)، شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر^۲) $30/45 \pm 1/05$ ، توده چربی $1/46 \pm 29/54$ (درصد)، توده بدون چربی $27/16 \pm 1/13$ (کیلوگرم) و حداکثر اکسیژن مصرفی $31/16 \pm 2/60$ (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)، بودند که بر اساس معیارهای ورود، آزمودنی‌ها انتخاب شدند. تمرین هوازی موزون به مدت هشت هفته، هر هفته چهار جلسه و هر جلسه ۶۰-۹۵ دقیقه حدوداً طول کشید که با شدت تمرین در برنامه تمرین بین ۵۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب تعیین شد. پروتکل برنامه تمرین CX-WORX به مدت ۸ هفته با تواتر سه جلسه در هفته و به مدت ۴۵ دقیقه در روز انجام شد. داده‌های جمع‌آوری شده با نرم افزار آماری SPSS۲۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. روش آماری تحلیل واریانس یک طرفه و تست تعقیبی توکی جهت بررسی تفاوت بین گروهی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزون و CX-WORX سبب افزایش بیان ژن‌های GH ($P=0/001$)، IGF-1 ($P=0/001$)، فولستاتین ($P=0/001$)، توده عضلانی ($P=0/001$) و کاهش بیان ژن مایواستاتین ($P=0/001$)، توده چربی ($P=0/001$) و شاخص توده بدن ($P=0/001$) در زنان چاق شد.

نتیجه گیری: می‌توان از یافته‌ای این تحقیق نتیجه گرفت که دو مدل تمرین ورزشی با ایجاد تغییرات مناسب در فاکتورهای رشدی و بهبود ترکیب بدن، در کاهش چاقی زنان تأثیر گذار است.

کلمات کلیدی

تمرینات هوازی موزون، CX-WORX، فاکتورهای رشدی، زنان چاق
پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

سمیرا ثابت راسخ^۱

الله یار عرب مومنی^{۲*}

جمشید بنائی بروجنی^۳

^۱گروه علوم ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

^۲دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران. (نویسنده مسئول)

^۳گروه علوم ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

نویسنده مسئول: دکتر الله یار عرب مومنی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، ایران.

Email:
allahyar.arabmomeni@iau.ac.ir

مقدمه

پیشرفت‌های علوم ورزشی در سال‌های اخیر بسیار چشم‌گیر بوده و انجام تمرینات ورزشی برای رسیدن به آمادگی مطلوب در بین افراد جامعه مخصوصاً زنان که در معرض خطرات بیشتری ناشی از بی‌حرکی هستند و همچنین در بهبود تندرستی عمومی آنها اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است (۱). تمرینات بدنی از طریق افزایش قدرت عضله، توان، سرعت، حجم سازی، استقامت عضلانی، عملکرد حرکتی، تعادل و هماهنگی، نقش مهمی در بهبود سلامتی افراد جامعه مخصوصاً زنان را بر عهده دارد و برای نیل به این اهداف، نیاز است طراحی صحیح برنامه تمرینی بر اساس اصول علمی انجام شود (۲). بسیاری از افراد بر این باورند که با انجام منظم تمرینات ورزشی، مقاومت بدن آنها در برابر بیماری‌ها افزایش یافته و از سلامت بیشتری برخوردارند که این باور ناشی از آثار مطلوب ورزش بر برخی از سیستم‌های بدن مانند سیستم قلبی-عروقی، تنفسی و به ویژه سیستم عضلانی است که در میان سیستم‌های درگیر در ورزش، اهمیت فراوان‌تری را به خود اختصاص می‌دهد (۳). تمرین و فعالیت بدنی می‌تواند با بهبود عوامل رشدی، التهابی و بسیاری از شاخص‌های مرتبط با سلامتی نقش به سزایی بر سلامت عمومی افراد داشته باشد. در بین فاکتورهای رشدی؛ هورمون رشد^۱، فاکتور شبه انسولین^۲، میوستاتین^۳ و فولستاتین^۴ جایگاه ویژه‌ای دارند (۴، ۵). IGF مجموعه‌ای از پپتیدها و پروتئین‌های هم‌خانواده است که نقش محوری در رشد و متابولیسم بازی می‌کند. این عامل، به‌عنوان مهم‌ترین عضو خانواده‌ی فاکتورهای رشدی، اثرات رشد قوی را بر بافت عضلانی و استخوانی اعمال می‌کند

(۶). هورمون رشد نیز، یکی از مهم‌ترین هورمون‌های مهم بدن است که از غده هیپوفیز قدامی بدن ترشح می‌شود که همراه با گروهی از هورمون‌های دیگر بر متابولیسم اثر می‌گذارد و برای حفظ وزن بدن و پروتئین‌سازی در افراد بالغ، لازم و ضروری است (۷). گزارش شده است که رشد طبیعی بدن با ترشح GH و IGF-1 رابطه مستقیمی دارد (۸). ترشح IGF-1 بر افزایش اندازه عضله‌ها مؤثر می‌باشد و رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون و افزایش قدرت و اندازه عضلات مشاهده شده است (۹). مطالعات متعددی در ارتباط با تأثیر GH بر افزایش قدرت بیشینه و افزایش اندازه عضله‌ها صورت گرفته است که در بیشتر آنها رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون و افزایش قدرت و اندازه عضله‌ها مشاهده کرده‌اند (۱۰، ۱۱). GH و IGF-1، پروتئین‌سازی را در افراد بالغ تسهیل می‌کند، این عمل با انتقال اسید آمینه از طریق غشای سلول انجام می‌گیرد و منجر به تحریک افزایش تولید و به فعالیت و داشتن ریبوزوم‌های سلولی می‌شود (۱۲، ۱۳). برخی پژوهش‌ها افزایش سطوح IGF-1 [سیگنورلی^۵ و همکاران، (۲۰۲۳) (۷)؛ کوهاما^۶ و همکاران (۲۰۲۳) (۱۲)؛ و کیلی و همکاران (۲۰۲۲) (۱۴)؛ لوپز^۷ و همکاران (۲۰۱۹) (۱۵)؛ تورپل^۸ و همکاران (۲۰۱۸) (۱۶)؛ چن^۹ و همکاران (۲۰۱۷) (۱۷)] و برخی پژوهش عدم تغییر سطوح IGF-1 [لورنتینو^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۲) (۱۸)؛ چن^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۲) (۱۹)؛ امانی و همکاران (۲۰۱۹) (۲۰)؛ ابراهیمی‌نیا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۱)؛ بهرینگر^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۷) (۲۲)؛ جنسن^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۶) (۲۳) و آرنارسون^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۵) (۲۴)] را متعاقب تمرینات ورزشی گزارش کردند.

⁸ Törpel⁹ Chen¹⁰ Laurentino¹¹ Chen¹² Behringer¹³ Jensen¹⁴ Arnarson¹ Growth Hormone (GH)² Insulin-like growth factor 1 (IGF-1)³ Myostatine⁴ Follistatin⁵ Signorile⁶ Kohama⁷ Lopes

از دیگر فاکتورهای رشدی عضلانی، میواستاتین است. میواستاتین به عنوان یک فاکتور مهارکننده شناسایی شده، که عضوی از خانواده بزرگ فاکتور رشد تغییر شکل دهنده بتا است و بیان آن رشد عضله اسکلتی را تنظیم منفی می کند (۲۴). بیان میواستاتین حین دوره های بی تحرکی عضله اسکلتی افزایش می یابد و برعکس، مهار میواستاتین باعث افزایش قدرت و توده عضلانی، کاهش بافت چربی و همچنین افزایش توده استخوانی می شود (۲۴). میواستاتین نقش مهمی را در کنترل توده عضلانی ایفاء می کند و مطالعات حیوانی و انسانی، نشان دهنده نقش تنظیمی منفی میواستاتین در رشد عضله اسکلتی می باشد. ترشح میواستاتین از دستگاه گلژی در نهمین روز از دوره رویانی آغاز می گردد و تا بعد از تولد در تمامی دوران رشد و توسعه عضلانی ادامه می یابد. به طوری که نشان داده شده است، این پروتئین قبل از تولد در دوران رویانی از کمپارتمان های سلول های مایتوم^۱ و در دوران توسعه جنین، از سلول های عضلانی در حال توسعه بیان می گردد (۲۴). میواستاتین پیش از این که به صورت پروتئین پیش ساز در عضله اسکلتی سنتز شود،^۲ فرایند پروتئولیتیکی را طی می کند و به هدف اصلی پیام رسانی؛ یعنی سرکوب تکثیر و تمایز سلول های اقماری و در نهایت، مهار رشد عضله منجر می شود. میواستاتین در عضله اسکلتی بیان شده و سپس، به گردش خون ترشح می شود و در سطح سلول های عضلانی با اتصال به گیرنده اکتیوین^۳، تأثیرات مهارتی خود را اعمال می کند (۲۵). اعمال میواستاتین می تواند تحت تأثیر فاکتورهای تعاملی دیگری، نظیر فولیستاتین، IGF-1، پروتئین وابسته به فاکتور رشد و تمایز و گیرنده میواستاتین (اکتیوین IIb) نیز قرار گیرد که در این بین فولیستاتین مهم ترین عامل مهارکننده است (۲۶). فولیستاتین علاوه بر تأثیر بر میواستاتین می تواند بر سایر اعضای خانواده بتا اثرگذار باشد. فولیستاتین و میواستاتین به

شدت تحت تأثیر سبک زندگی و سطح فعالیت بدنی افراد قرار می گیرند (۲۷). سانتوس^۳ و همکاران (۲۰۲۲)، به این نتیجه رسیدند که ورزش و فعالیت بدنی موجب کاهش میواستاتین و افزایش فولیستاتین می شود (۲۸). لی^۴ و همکاران (۲۰۰۷)، نشان دادند که ناک اوت ژن میواستاتین در موش ها با افزایش دو تا سه برابری توده عضله اسکلتی و کاهش توده چربی همراه است (۲۹). با این وجود، برخی پژوهش ها نتایج متناقضی را گزارش کردند. امانی و همکاران (۲۰۱۹) (۲۰) و صادقی و همکاران (۲۰۲۱) (۳۰)، عدم تغییرات مایواستاتین و فولیستاتین را متعاقب تمرینات ورزشی گزارش کردند.

از طرفی، پژوهش های گسترده ای در باره تأثیر تمرینات ورزشی مختلف بر پاسخ هورمون های رشدی بدن انجام گرفته است. در این زمینه یافته های بیشتر مطالعات نشان می دهد که شیوه های تمرینی متفاوت می تواند اثر متفاوتی بر میزان و پاسخ هورمون های رشد داشته باشد (۳۱). اگرچه اهمیت فیزیولوژیک بسیاری از این پاسخ ها در حال حاضر کشف نشده، این واقعیت که این متغیرها نسبت به تمرینات و فعالیت های مختلف ورزشی پاسخ نشان می دهند، از اهمیت بسیاری برخوردار است (۳۲). در سال های اخیر برنامه های تمرینی متعددی از جمله تمرین ترکیبی، برنامه های تمرین هوازی، تمرین تناوبی با شدت های پایین و بالا، تمرین کراس فیت^۵، تمرین با وزنه^۶، تمرین های ایروبیک^۷ و تمرین بادی پامپ^۸ از سوی محققین علوم ورزشی طراحی و به جامعه عرضه شده است. تمرینات هوازی موزون نوعی از تمرینات هوازی با ریتم موزیکال (حداکثر تا ۱۴۰ ضربه در دقیقه) محسوب می شود که در زنجیره های مقدماتی^۴ تایی انجام می شود. در این حرکات، فشار نیروی ضربه پا کنترل می شود؛ زیرا همواره یکی از پاها بر روی زمین قرار دارد. این تمرینات علاوه بر بهبود آمادگی جسمانی، به دلیل همراه

^۵ Cross fit^۶ Weight lifting^۷ Aerobic training^۸ Body pump^۱ Myotome^۲ Activin^۳ Santos^۴ Lee

بودن با موسیقی موجب افزایش نشاط و شادابی می‌گردد. برخی تحقیقات نشان دادند که این تمرینات با افزایش سیستم قلبی تنفسی، کاهش فاکتورهای التهابی و افزایش برخی فاکتورهای تاثیرگذار بر سیستم لیپولیزی، در کاهش چاقی و اضافه وزن می‌تواند استفاده شوند (۳۳، ۳۴). همچنین، ورزش سی ایکس ورک^۱ یکی از جدیدترین شیوه‌های تمرینی است که توسط لس میلز^۲ معرفی گردیده که شامل یک برنامه‌ی تمرینی می‌باشد. این ورزش شامل حرکات قدرتی مانند کرانچ، پلانک، اسکات و غیره به منظور تقویت عضلات مرکزی بدن می‌باشد، این ترکیب منحصر به فرد تمرینات عضلات به منظور به حداکثر رساندن قدرت، افزایش مقاومت به خستگی، افزایش استقامت، بالا بردن ثبات، کاهش صدمات و حفظ تحرک به کار می‌رود (۳۵). همچنین جلیلی و همکارانش (۱۳۹۸)، اثر مثبت تمرین CX-WORX را بر تقویت عضلات مرکزی بدن پیشنهاد کردند (۳۵). پژوهش‌هایی نیز گزارش کرد که این تمرینات سبب کاهش توده چربی و شاخص توده بدن می‌شود (۳۶، ۳۷) اما پژوهشی نیز گزارش کرد که تمرینات CX-WORX تاثیری بر توده چربی، توده بدون چربی و شاخص توده بدن ندارد (۳۸). با توجه به تحقیقات اندک در زمینه‌ی تاثیر تمرینات موازی و CX-WORX و تاثیر فاکتورهای رشدی بر تغییرات تاثیرگذار بر سلامتی افراد، هدف از پژوهش حاضر مقایسه تاثیر تمرینات موازی و CX-WORX بر بیان ژن‌های رشدی و ترکیب بدن زنان چاق بود.

روش کار

پژوهش حاضر به روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون صورت گرفت. نمونه آماری این پژوهش شامل ۳۶ زن با دامنه سنی $3/29 \pm 48/47$ (سال)، وزن $1/82 \pm 76/63$ (کیلوگرم)، قد $2/0 \pm 158$ (سانتیمتر)، شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر^۲) $1/05 \pm 30/45$ ، توده چربی $1/46 \pm 29/54$ (درصد)، توده بدون چربی $1/13 \pm 27/16$

(کیلوگرم) و حداکثر اکسیژن مصرفی $2/60 \pm 31/16$ (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)، که به شکل هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. کلیه آزمودنی‌ها برای ورود به مطالعه دارای معیارهایی چون سلامت عمومی، توانایی قلبی عروقی حضور در جلسات تمرینی، پذیرش انجام آزمون‌های مورد نیاز پژوهشی، عدم مصرف دارو، عدم ابتلاء به بیماری‌های شدید ارتوپدیک و سلامت روحی کامل، عدم حضور در شش ماه اخیر تحت هیچ گونه هورمون درمانی، عدم انجام فعالیت منظم ورزشی، عدم سابقه بیماری‌های قلبی عروقی، کبدی، کلیوی، ریوی و دیابت و معیارهای خروج شامل: غیبت بیش از سه جلسه متوالی و غیبت بیش از چهار در کل پژوهش، عدم تمایل شخصی جهت ادامه شرکت در پروتکل پژوهشی بر اساس موازین اخلاقی، وجود آسیب‌دیدگی در مدت پروتکل پژوهش، بروز برخی بیماری‌ها یا مشکلات مرتبط با سن آزمودنی‌ها مانند افت قند خون حین تمرین یا مشکلات مرتبط با ارتوپدی بود.

روش اندازه‌گیری، قد، وزن و شاخص توده بدنی

در این پژوهش، قد و وزن در حالی که افراد دارای حداقل لباس و بدون کفش بودند با استفاده از ترازو و قد سنج مدل SECA اندازه‌گیری گردید. همچنین ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز ترکیب بدن مدل ۷۲۰ ساخت کره جنوبی انجام گرفت. پس از احراز شرایط ورود، به صورت تصادفی به سه گروه؛ تمرین هوازی موزون (۱۲ نفر)، تمرین CX-WORX (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند.

پروتکل‌های تمرینی

برنامه تمرینات هوازی موزون (جدول شماره یک)؛ به این شکل بود که یک هفته پیش از شروع برنامه تمرینی، یک جلسه به منظور آشنایی آزمودنی‌ها با پروتکل تمرینی برگزار شد و نحوه‌ی انجام تمرینات به شرکت کنندگان توضیح داده شد. پروتکل تمرین شامل سه بخش؛ بخش گرم کردن، بدنه-ی اصلی تمرین (اجرای حرکات ایروبیک در حالت ایستاده به صورت فزاینده: ۳۰ دقیقه) و بخش سرد کردن بود. تمرین

² Less mills

¹ CX-Worx

دست آمد. شدت تمرین از ۴۰ تا ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه در جلسات ابتدایی آغاز شد و با گذشت زمان و رسیدن به هفته‌های انتهایی به ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه رسید (۳۹).

هفته	تعداد جلسات	گرم کردن	نوع و تعداد حرکات	زمان (دقیقه)	تعداد ست	شدت HRmax	استراحت بین هرست	سرد کردن (دقیقه)	زمان جلسه				
										عمومی	اختصاصی	حرکت	تعداد
۲	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۱۵	۳	۵۰	۳	۴۰	۱۰	۴۰	
۳	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۲۰	۳	۵۵	۳	۴۰	۱۰	۴۰	
۴	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۲۵	۳	۶۰	۳	۴۵	۱۰	۴۵	
۵	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۲۵	۳	۶۵	۳	۴۵	۱۰	۴۵	
۶	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۲۵	۳	۷۰	۳	۵۰	۱۰	۵۰	
۷	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳۰	۳	۷۵	۳	۵۵	۱۰	۵۵	
۸	۳	۵۰	۵	زومبا	۶	۳۰	۳	۷۵	۳	۵۵	۱۰	۵۵	

پروتکل برنامه تمرین CX-WORX ب (جدول شماره دو)؛
ه مدت ۸ هفته با تواتر سه جلسه در هفته و به مدت ۴۵ دقیقه
در روز انجام شد. مطابق با مطالعات گذشته، برنامه تمرینی
طبق مراحل زیر انجام گرفت.
هر جلسه تمرین شامل ۵ دقیقه گرم کردن اولیه، ۳۰ دقیقه
تمرینات CX WORX و ۵ دقیقه سرد کردن بود. بخش
اصلی تمرین شامل: قدرت عضلات شکمی ۱، قدرت

[illegible]

هفتم	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش
هشتم	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳ ست ۲۰ تایی	۳۰ ثانیه	شش

همچنین؛ پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه آزمودنی‌ها صبح در محل آزمایشگاه حضور یافتند و نمونه خونی از ورید قدامی بازویی توسط متخصص خون‌گیری از آنها گرفته شد. سپس نمونه‌ها سانتریفیوژ شده و نمونه سرمی آن جدا شد. سرم جهت اندازه‌گیری فاکتورهای خونی در دمای ۷۰- درجه سلسیوس فریز شد. پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، برنامه تمرین به مدت هشت هفته در محل مجموعه ورزشی که از قبل تدارک دیده شده بود و امکانات ایمنی هم تدارک دیده شد بود، آغاز شد و بعد از اتمام ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مجدداً اندازه‌گیری‌های آنروپومتریک و آزمایشگاهی در شرایط و زمان اولیه و با همان ابزار توسط محقق و متخصص آزمایشگاه انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری بیان ژن از روش REAL-TIME PCR استفاده شد. برای تخلیص mRNA، سلول‌های PBMC در نیتروژن مایع قرار داده شدند و بصورت کامل توسط mortar&pestle خرد شدند. برای بدست آوردن mRNA، بافت تخریب شده در بافر RLT

هموژنیزه شد و سپس پودر بافت و نیتروژن مایع، در تیوب میکرو سانتریفیوژ free RNase، دو میلی لیتر ریخته و اجازه داده شد تا نیتروژن مایع تبخیر شود، ولی لفوسیت‌ها از حالت یخ زدگی خارج نشود. به میزان کافی بافر RLT اضافه شد. Lysate مستقیماً به ستون QIAshredder که در تیوب قرار داشت، منتقل شد و به مدت دو دقیقه و با سرعت بالا سانتریفیوژ شد. برای سنتز cDNA، ۲۰۰ نانوگرم mRNA با استفاده از پرایمر اولیگو (dT) و کیت مخصوص مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی بیان ژن از روش RT-PCR^۱ استفاده شد. در انتها محصولات PCR الکتروفورز شدند و روی ژل آگارز قرار گرفتند تا عکس‌های لازم از آنها تهیه شود. در انتها پس از بدست آمدن نتایج با استفاده از دستگاه یووی تک و به دست آوردن مقادیر بتااکتین برای هر نمونه، عددهای بدست آمده بر مقادیر بتااکتین برای هریک، تقسیم و حاصل در ۱۰۰ ضرب شد تا مقادیر mRNA مربوط به بیان ژن برای هر نمونه بر اساس درصد بدست آید (جدول ۳).

جدول ۳. توالی الیگونوکلئوتیدی پرایمرها

نام ژن	نوع	توالی پرایمرها
IGF-1	رفت	5'-TGCTTGGTGCTGATTTGTGA-3'
	برگشت	5'-GGTCAGATGATCAGAG-TCCA-3'
GH	رفت	5'-TTCTTGGTGCTGATTTGTGA-3'
	برگشت	5'-AATCAGATGATCAGAG-TCCA-3'
مایواستاتین	رفت	5'-TGCTTGGTGCTGATTTGTGA-3'
	برگشت	5'-GATCAGATGATCAGAG-TCCA-3'
فولستاتین	رفت	5'-TCCTTGGTGCTGATTTGTGA-3'
	برگشت	5'-GGACAGATGATCAGAG-TCCA-3'

^۱Real time polymerase chain reaction

افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. همچنین، حداقل سطح معناداری در این پژوهش ($P < 0.05$) در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج پژوهش حاضر نشان داد یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزون و CX-WORX سبب افزایش بیان ژن GH ($P = 0.001$)، IGF-1 ($P = 0.001$)، فولستاتین ($P = 0.001$)، توده عضلانی ($P = 0.001$) و کاهش بیان ژن مایواستاتین ($P = 0.001$)، توده چربی ($P = 0.001$) و شاخص توده بدن ($P = 0.001$) در زنان چاق شد.

در جدول شماره چهار؛ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای سن، قد، وزن، توده چربی، شاخص توده بدنی، در سه گروه؛ تمرین هوازی موزون (۱۲ نفر)، تمرین CX-WORX (۱۲ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) نشان داده شده است.

واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز با دستگاه BIO RAD(C1000 Thermal CyclerTM و در پلیت‌های ۹۶ چاهکی انجام شد. برنامه‌ی زمانی- گرمایی مراحل PCR در جدول شماره اشاره شده است. جهت سنجش تعداد کپی‌های ژن هدف و مرجع از روش Pfaffle استفاده شد. در پژوهش حاضر، از آمار توصیفی برای تعیین شاخص‌های پراکندگی میانگین، انحراف معیار، و خطای معیار میانگین و از آمار استنباطی، از آزمون شاپیرو-ویلک برای تعیین نحوه توزیع داده‌ها، از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها و از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تی همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی استفاده شد. سپس در صورت وجود تفاوت معنی‌دار، به منظور مقایسه میانگین‌ها بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. کلیه عملیات و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم

جدول ۴. شاخص‌های مرکزی متغیرهای سن، وزن، قد، توده چربی و شاخص توده بدن در سه گروه

متغیرها	گروه‌ها	M ± SD پیش آزمون	M ± SD پس آزمون	T	تی همبسته معنی‌داری نتیجه
سن (سال)	تمرینات CX-WORX	۲۵/۸۳ ± ۳/۲۱	-----	-----	-----
	تمرینات هوازی موزون	۲۴/۸۳ ± ۳/۶۱	-----	-----	-----
	کنترل	۲۵/۷۵ ± ۳/۲۵	-----	-----	-----
قد (متر)	تمرینات CX-WORX	۱/۵۸ ± ۰/۰۲۱	-----	-----	-----
	تمرینات هوازی موزون	۱/۵۸ ± ۰/۰۲۲	-----	-----	-----
	کنترل	۱/۵۸ ± ۰/۰۲۳	-----	-----	-----
وزن (کیلوگرم)	تمرینات CX-WORX	۷۶/۲۵ ± ۱/۷۶	۷۵/۳۳ ± ۱/۶۶	۲/۷۲۷ * ۰/۰۲۰	کاهش معنی داری ↓
	تمرینات هوازی موزون	۷۶/۶۶ ± ۱/۸۷	۷۴/۳۳ ± ۱/۳۷	۳/۸۴۳ * ۰/۰۰۳	کاهش معنی داری ↓
	کنترل	۷۷/۰۰ ± ۱/۹۰	۷۷/۸۳ ± ۱/۱۱	۲/۵۹۰ * ۰/۰۲۵	افزایش معنی داری ↑
توده چربی (درصد)	تمرینات CX-WORX	۲۹/۴۵ ± ۱/۵۳	۲۸/۲۶ ± ۰/۹۷	۳/۳۷۶ * ۰/۰۰۶	کاهش معنی داری ↓
	تمرینات هوازی موزون	۲۹/۳۵ ± ۱/۷۷	۲۸/۴۲ ± ۱/۷۱	۳/۳۷۱ * ۰/۰۰۳	کاهش معنی داری ↓
	کنترل	۲۹/۸۲ ± ۱/۰۹	۳۰/۱۰ ± ۰/۸۸	۲/۸۶۷ * ۰/۰۱۵	افزایش معنی داری ↑
توده بدون چربی (کیلوگرم)	تمرینات CX-WORX	۲۷/۱۲ ± ۱/۱۵	۲۷/۵۳ ± ۱/۱۱	۲/۵۵۴ * ۰/۰۲۷	افزایش معنی داری ↑

تمرینات هوازی موزون	$26/80 \pm 1/17$	$27/51 \pm 1/05$	$2/642 \pm 0/23^*$	افزایش معنی داری ↑
کنترل	$27/57 \pm 1/02$	$27/55 \pm 1/01$	$1/205 \pm 0/253^*$	کاهش غیر معنی داری ↓
شاخص توده بدن (kg/m ²)	$30/23 \pm 0/80$	$29/87 \pm 1/00$	$2/741 \pm 0/019^*$	کاهش معنی داری ↓
تمرینات CX-WORX	$30/50 \pm 1/30$	$29/57 \pm 1/17$	$3/827 \pm 0/003^*$	کاهش معنی داری ↓
تمرینات هوازی موزون	$30/63 \pm 1/05$	$30/96 \pm 0/88$	$2/568 \pm 0/026^*$	افزایش معنی داری ↑
کنترل				

جدول ۵. نتایج آزمون آنوای یک طرفه جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی

گروه‌ها	متغیرها	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی داری
$P \leq 0/05$						
IGF-1 تغییرات درون گروهی تغییرت برون گروهی مجموع		۶۰/۱۳۵	۲	۳۰/۰۶۸	۲۶۷/۰۶۸	۰/۰۰۱*
		۳/۷۱۵	۳۳	۰/۱۱۳		
		۶۳/۸۵۰	۳۵			
GH تغییرات درون گروهی تغییرت برون گروهی مجموع		۶۹/۱۹۴	۲	۳۴/۵۷۹	۲۴۱/۳۴۷	۰/۰۰۱*
		۴/۷۳۱	۳۲	۰/۱۴۳		
		۷۳/۹۲۵	۳۵			
مایواستاتین تغییرات درون گروهی تغییرت برون گروهی مجموع		۱/۱۷۵	۲	۰/۵۸۷	۱۴/۷۸۴	۰/۰۰۱*
		۱/۳۱۱	۳۲	۰/۰۴۰		
		۲/۴۸۵	۳۵			
فولستاتین تغییرات درون گروهی تغییرت برون گروهی مجموع		۷۴/۱۵۶	۲	۳۷/۰۷۸	۲۵۱/۱۴۲	۰/۰۰۱*
		۴/۸۷۲	۳۲	۰/۱۴۸		
		۷۹/۰۲۸	۳۵			

$P \leq 0/05$ سطح معنی داری *

جدول ۶. بررسی نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

متغیرها	گروه یک با گروه دو	گروه یک با گروه سه	گروه دو با گروه سه
	اختلاف میانگین P	اختلاف میانگین P	اختلاف میانگین P
IGF-1	۰/۱۲۴	۰/۶۴۰	۰/۶۷
GH	۰/۰۳۱	۰/۹۹۷	۰/۰۰۱*
مایواستاتین	۰/۰۱۵	۰/۹۷۹	۰/۰۰۱*
فولستاتین	۰/۰۰۷	۰/۹۹۹	۰/۰۰۱*

گروه یک: گروه تمرین هوازی موزن - گروه دو: تمرین CX-WORX - گروه سه: کنترل در ادامه برای مقایسه اختلاف بین گروه ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. نتایج آماری تست توکی نشان داد که بیان ژن های اندازه گیری شده در این پژوهش، بین گروه تمرینات CX-WORX و تمرینات هوازی موزن با گروه کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد ($P=0/001$) اما بین دو گروه تجربی تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول شماره شش).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزن و CX-WORX بیان ژن IGF-1 در زنان چاق شد اما با بررسی دقیقتر داده های آماری (تفاوت میانگین ها) مشخص شد که تمرینات CW-WORX تاثیر بیشتری بر بیان ژن IGF-1 داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج حبیبی و همکاران (۲۰۲۴) (۴۱)، جعفری و همکاران (۲۰۲۴) (۴۲)، صفری و همکاران (۲۰۲۴) (۴۳)، مایماتوکسون^۱ و همکاران (۲۰۲۴) (۴۴)، وینتس^۲ و همکاران (۲۰۲۴) (۴۵)، سیگنورلی^۳ و همکاران، (۲۰۲۳) (۷)؛ کوهاما^۴ و همکاران (۲۰۲۳) (۱۲)؛ و کیلی و همکاران (۲۰۲۲) (۱۴)؛ لوپز^۵ و همکاران (۲۰۱۹) (۱۵)؛ تورپل^۶ و همکاران (۲۰۱۸) (۱۶)؛ چن^۷ و همکاران (۲۰۱۷) (۱۷) همسو بود اما با نتایج لورنتینو^۸ و همکاران (۲۰۲۲) (۱۸)؛ چن^۹ و همکاران (۲۰۲۲) (۱۹)؛ امانی و همکاران (۲۰۱۹) (۲۰)؛ ابراهیمی نیا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۱)؛ یولاندا^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۹) (۴۶)، بهرینگر^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۷) (۲۲)؛ ایوس^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۷) (۴۷)، آنبالیانی^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۷) (۴۸)، جنسن^{۱۴} و همکاران

(۲۰۱۶) (۲۳)، آرنارسون^{۱۵} و همکاران (۲۰۱۵) (۲۴) همسو بود. دلیل ناهمسو بودن نتایج برخی تحقیقات با تحقیق حاضر، تفاوت های فردی و ژنتیکی، مدت، شدت و پروتکل تمرینی، سن و شرایط فیزیولوژیکی آزمودنی ها بود. در پژوهشی ذکر شده است که فعالیت های ورزشی سبب تحریک هورمون رشد می شود که هورمون رشد عامل اصلی تحریک بیان ژن IGF-1 است (مایماتوکسون و همکاران، ۲۰۲۴) (۴۴). از طرفی نیز، برخی تحقیقات نشان دادند که انواع فعالیت های ورزشی سبب کاهش توده چربی از طریق مسیرها و مکانیزم های مختلف از جمله بیان پروتئین های جفت نشده^{۱۶} می شود که افزایش بیان این فاکتورها برای کاهش سطوح چربی ضروری به نظر می رسد (جعفری و همکاران، ۲۰۲۴) (۴۲). در پژوهش حاضر نیز کاهش توده چربی و افزایش توده عضلانی مشاهده شد که این مسئله مؤید این مسئله است که تمرینات هوازی موزن و CX-WORX سبب بهبود وضعیت ترکیب بدن افراد می شود که در نهایت در افزایش بیان ژن IGF-1 تاثیر گذار بوده است. نکته مهم در این مسئله کاهش سطوح فاکتورهای التهابی متعاقب انجام تمرینات هوازی موزن و CX-WORX است که احتمالاً یکی از مسیرهایی که منجر به افزایش بیان ژن IGF-1 باشد. از محدودیت های پژوهش حاضر عدم اندازه گیری این فاکتورها بود. در تایید این موضوع، نتایج پژوهش وینتس و همکاران (۲۰۲۴) (۴۵)، نشان داد فعالیت ورزشی سبب کاهش فاکتورهای التهابی آسیبزا متعاقب فعالیت ورزشی می شود. همچنین، پژوهش ها نشان می دهد که افزایش IL-6 با افزایش التهاب همراه است که این افزایش سبب کاهش IGF-1 می شود و همه ی این تغییرات با آتروفی همسو است. در واقع عملکرد IGF-1 به سطوح IL-

⁹ Chen

¹⁰ Yolanda

¹¹ Behringer

¹² Ives

¹³ Annibellini

¹⁴ Jensen

¹⁵ Arnarson

¹⁶ Uncoupling proteins 1

¹ Maimaituxun

² Vints

³ Signorile

⁴ Kohama

⁵ Lopes

⁶ Törpel

⁷ Chen

⁸ Laurentino

6 وابسته است. در ورزشکاران حرفه‌ای غیر حرفه‌ای و همچنین در برخی بیماری‌ها مانند بیماری‌های قلبی عروقی که منجر به مرگ و میر افراد نیز شده است، سطوح بالای IL-6 و کاهش سطوح IGF-1 مشاهده شده است (۴۹). پس می‌توان نتیجه گرفت انجام تمرینات هوازی موزون و CX-WORX سبب کاهش ریسک فاکتورهای التهابی و افزایش فاکتورهای رشدی مانند IGF-1 می‌شود. همچنین تمرینات ورزشی سبب سازگاری‌های بی‌هوازی و تحمل لاکتات می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات در حد آستانه لاکتات و بالاتر تمریناتی که سیستم بی‌هوازی را درگیر می‌کند، منجرافزایش رهاسازی هورمون رشد می‌شود که این افزایش سبب تحریک رهاسازی IGF-1 می‌شود. این احتمال وجود دارد که افزایش ناشی از تمرینات در این پژوهش؛ بر بیان ژن IGF-1 به علت رهاسازی GH به عنوان محرک تولید IGF-1 در بافت‌های مختلف باشد. IGF-1 از طریق مسیرهای AKT/PI3K سبب فعال‌سازی مسیرهای هایپر تروفی و بلاک مسیرهای کاتابولیکی می‌شود (۴۳). با توجه به نتایج این پژوهش، افزایش توده عضلانی متعاقب تمرینات هوازی موزون و CX-WORX تاییدی بر این ادعا است. در مجموع می‌توان بیان کرد که احتمالاً انجام تمرینات هوازی موزون و CX-WORX با کاهش توده چربی، فاکتورهای التهابی و افزایش هورمون رشد در افزایش بیان ژن IGF-1 تاثیرگذار بوده است و منجر به بیان ژن IGF-1 شده است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بیان ژن GH در زنان چاق شد اما با بررسی دقیقتر داده‌های آماری (تفاوت میانگین‌ها) مشخص شد که تمرینات هوازی موزون تاثیر بیشتری بر بیان ژن GH داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج پرانتونو^۱ و همکاران (۲۰۲۴) (۵۰)، نظری و همکاران (۲۰۲۳) (۵۱)، توفیقی و همکاران (۲۰۱۲) (۵۲)، اونیس^۲ و همکاران

(۲۰۱۱) (۵۳) همسو بود اما با نتایج نیکجو و همکاران (۲۰۲۴) (۵۴)، بیژه و همکاران (۲۰۱۳) (۵۵)، خورشیدی و همکاران (۲۰۱۲) (۵۶)، رشیدلمیر و همکاران (۱۳۹۰) (۵۷) همسو نبود. دلیل اختلاف نتایج این پژوهش با نتایج نیکجو و همکاران، مدل تمرینات و سن آزمودنی‌ها بود. دلیل اختلاف نتایج رشیدلمیر و همکاران با نتایج پژوهش حاضر؛ نوع اندازه‌گیری هورمون رشد بود. آنها سطوح پلاسمایی را اندازه‌گیری کرده بودند درحالی که در این پژوهش بیان ژن آن مورد استفاده قرار گرفته بود. عدم اختلاف نتایج این پژوهش با نتایج سفنهدی و همکاران، نوع آزمودنی‌ها بود. GH، سوماتوموتروپین جفتی انسانی و پرولاکتین متعلق به گروهی از هورمون‌های همولوگ با فعالیت محرک رشد و لاکتوژنیک هستند. برخی تحقیقات گزارش کردند که فعالیت‌های ورزشی منجر به افزایش بیان ژن و سطوح پلاسمایی این هورمون می‌شوند (۵۰، ۵۱). پاسخ GH به ورزش توسط عوامل زیادی از جمله غلظت استروئیدهای جنسی، سطح آمادگی جسمانی و شدت جلسات تمرین قبلی تغییر می‌کند. تحقیقات بیان کردند که فعال شدن بیشتر گلیکولیز بی‌هوازی و تشکیل لاکتات باعث افزایش GH می‌شود (۵۳) که مجموع این تغییرات در بیان ژن GH تاثیرگذار است.

همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بیان ژن مایواستاتین در زنان چاق شد اما با بررسی دقیقتر داده‌های آماری (تفاوت میانگین‌ها) مشخص شد که تمرینات CW-WORX تاثیر بیشتری بر بیان ژن مایواستاتین داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج جعفری و همکاران (۲۰۲۴) (۴۲)، مطهری‌راد و همکاران (۲۰۲۰) (۴)، باقری و همکاران (۲۰۲۰) (۵۸)، ابراهیمی‌نیا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۱)، باقری و همکاران (۲۰۱۸) (۵۹)، سانتوس^۳ و همکاران (۲۰۱۴) (۶۰) همسو بود و با نتایج خوبی و همکاران (۲۰۲۰) (۶۱)، امانی و همکاران

³ Santos¹ Pranoto² Ounis

(۲۰۱۹)(۲۰) همسو نبود. در پژوهش امانی و همکاران، از آزمودنی ها مرد در طول سه ماه پروتکل تمرینی استفاده شده بود در حالی در پژوهش حاضر، آزمودنی ها زنان و طول مدت پژوهش هشت هفته بود. تفاوت در سن آزمودنی ها دلیل اختلاف نتایج پژوهش حاضر با نتایج رشیدی و همکاران بود. آنها از شرکت کنندگان زن سالمند استفاده کرده بودند.

مکانیزم دقیق برای کاهش سطوح مایواساتاتین متعاقب تمرینات ورزشی هنوز وجود ندارد اما برای تحقیقی گزارش کرد که اجرای تمرینات ورزشی با ایجاد شرایط هایپوکسی و افزایش متابولیت های محرک جهت فراخوانی تارهای تندانقباض، سبب رهايش عوامل رشد موضعی و فعال سازی مسیرهای درون سلولی مرتبط با هایپرتروفی عضلانی می شود. مجموع این تغییرات سبب کاهش سطوح مایواساتاتین می شود (۴۲). ازدیگر علل احتمالی کاهش مایواساتاتین متعاقب تمرینات هوازی موزون و CX-WORX، ایجاد تغییرات در مسیرهای بالادستی بیان ژن مایواساتاتین می تواند باشد. درتایید این موضوع، گزارش شده است که افزایش توده عضلانی ناشی از تمرینات ورزشی ممکن است همزمان در بیان ژن مایواساتاتین و افزایش بیان ژن مربوط به ایزوفرم های فولستاتین، ¹GASP1 و ²SMAD7 منجر شود. تحقیقی گزارش کرد که GASP1 نقش مهمی در کنترل عملکرد مایواساتاتین از طریق مهار پروتئازها دارد. همچنین، SMAD7 به عنوان یک مهارکننده ی آبشار داخل سلولی مایواساتاتین شناخته می شود که در پاسخ به شرایط هایپوکسی و فاشر مکانیکی ناشی از تمرینات ورزشی افزایش می یابد (۶۲) که از محدودیت های پژوهش حاضر عدم اندازه گیری این عوامل بود. ازدیگر دلایل کاهش میزان میوستاتین بعد از تمرین را می توان برهم خوردن تعادل تنظیم کننده های رشدی عضله به سمت تنظیم کننده های مثبت دانست. در وضعیت عادی به منظور حفظ اندازه تار عضلانی،

یک تعادل همواستاتیک بین تنظیم کننده های مهم مثبت مانند IGF-1 و منفی مانند میوستاتین رشدی عضله وجود دارد، اما این تعادل در صورتی که عضله دچار آتروفی شود، به سمت تنظیم کننده های منفی و در صورتی که باری روی عضله اعمال شود، به سمت تنظیم کننده های مثبت سوق می یابد. اگرچه مکانیسم ارتباط این تنظیم کننده ها با یکدیگر کاملاً روشن نیست، به نظر می رسد این ارتباط از طریق حلقه بازخورد منفی بسیار پیچیده ای برقرار می شود؛ ازاینرو، یکی از دلایل احتمالی کاهش میزان میوستاتین بعد از تمرین را می توان ناشی از برهم خوردن تعادل تنظیم کننده های رشدی عضله به سمت تنظیم کننده های مثبت دانست (۵۸). نتایج پژوهش حاضر نیز افزایش یکی از تنظیم کننده های مثبت عضلانی بنام IGH-1 را گزارش کرد. علاوه بر موارد فوق، پس از فعالیت ورزشی افزایش برتری عملکرد تنظیم کننده های افزایشی به ویژه دکورین^۳، تعداد گیرنده های کینازی سرین/تروئونینی اکتیوین IIA^۴ و IIB^۴ موجب افزایش بیشتر اتصال میوستاتین به این گیرنده های درون عضلانی شده و در نهایت، موجب کاهش میزان بیان ژن میوستاتین می شود (۶۰). در مجموع می توان بیان کرد که افزایش فاکتورهای رشدی و کاهش تنظیم کننده های منفی مایواساتاتین از دلایل احتمالی کاهش بیان ژن مایواساتاتین متعاقب تمرینات هوازی موزون و CX-WORX در زنان چاق بوده است البته در این زمینه محدودیت هایی نیز وجود داشت که اعمال نظر کامل در این مورد را انجام پژوهش های بیشتری معطوف می کند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی موزون و CX-WORX بیان ژن فولستاتین در زنان چاق شد اما با بررسی دقیقتر داده های آماری (تفاوت میانگین ها) مشخص شد که تمرینات CW-WORX تأثیر بیشتری بر بیان ژن فولستاتین داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج جعفری و همکاران (۲۰۲۴)(۴۲)، مطهری راد و همکاران (۲۰۲۰)(۴)،

³ Decorin

⁴ Activin IIA and IIB serine/threonine kinase receptors

¹ growth and differentiation factor-associated serum protein 1

² Mothers against decapentaplegic homolog 7

باقری و همکاران (۲۰۲۰) (۵۸)، ابراهیمی نیا و همکاران (۲۰۱۹) (۲۱)، باقری و همکاران (۲۰۱۸) (۵۹) همسو بود اما با نتایج ینسکی^۱ و همکاران (۲۰۱۰) (۶۳) ناهمسو بود. دلیل اختلاف نتایج، عدم تشابه پروتکل تمرین بود. در بررسی‌های مختلفی نشان داده است که افزایش فولستاتین سبب کاهش مایواستاتین متعاقب تمرینات ورزشی می‌شود. به نظر می‌رسد که تمرینات ورزشی با توجه به حجم و شدت مناسب به عنوان دو عامل تاثیرگذار بر رهایی مایو کاین‌های تنظیم‌کننده‌ی رشدی، می‌تواند محرکی مناسب در رهایی فولستاتین از عضلات اسکلتی باشد. تمرینات ورزشی با بکارگیری توده عضلانی، افزایش انقباض و کشش حین تمرین در توده عضلانی، سبب ایجاد تعادل مثبت در فاکتورهای مایوژنیک از جمله فولستاتین می‌شود (۴۲). پژوهشی نیز گزارش کرد که افزایش فولستاتین متعاقب تمرینات ورزشی، مشابه افزایش IGF-1 می‌باشد. آنها گزارش کردند که تغییرات درون سلولی و افزایش برخی هورمون‌ها مانند تستوسترون و استروژن از عوامل احتمالی افزایش فولستاتین می‌باشد (۵۹). همچنین افزایش برخی مایو کاین‌ها مانند اینترلوکین ۱۵^۲، به عنوان عوامل ارتباطی بین کبد و عضله اسکلتی از محرک‌های تحریک فولستاتین می‌باشد. در تایید این موضوع، هانسن^۳ و همکاران (۲۰۱۱)، گزارش کرد که تمرینات ورزشی با افزایش IL15 سبب افزایش فولستاتین می‌شود (۶۴). همچنین، افزایش فاکتورهای مایوژنیک مانند MyoD و بیان ژن‌های مرتبط با هایپرتروفی عضلانی، از دلایل دیگر افزایش فولستاتین متعاقب تمرینات ورزشی می‌باشد. پژوهشی گزارش کرد که افزایش MyoD و نسبت گلوکاکن به انسولین، سبب افزایش سطوح فولستاتین می‌شود (۶۵). از طرفی دیگر، پژوهشی گزارش کرد که تمرینات ورزشی با فعال کردن خانواده‌ی پروگیزوم‌ها^۴ سبب کاهش مایواستاتین و افزایش سطوح فولستاتین می‌شوند. این پژوهش گزارش کرد که

تمرینات ورزشی با افزایش PGC1a4 در افزایش فولستاتین نقش تاثیرگذاری دارند (۶۶). در مجموع می‌توان بیان کرد که بکارگیری توده عضلانی حین تمرین، افزایش فاکتورهای رشدی مانند IGF-1، برخی مایو کاین‌ها مانند IL-15، فاکتورهای درون سلولی مانند PGC1a4 و تغییرات درون سلولی مانند فاکتورهای مایوژنیک از دلایل اصلی بیان ژن فولستاتین متعاقب تمرینات هوازی موزون و CX-WORX در زنان چاق بوده است. البته از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم اندازه‌گیری این فاکتورها به جزء IGF-1 بود که بررسی مقالات دیگر می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً این فاکتورها در افزایش بیان ژن فولستاتین نقش داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

نتیجه این که، در مجموع، بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد که دوم دل تمرین ورزشی هوازی موزون و CX-WORX با ایجاد تغییرات مثبت در سطح برخی فاکتورهای هورمون‌های رشدی در بهبود وضعیت فیزیولوژیکی و ترکیب بدن زنان چاق تاثیرگذار بوده است و می‌توان از این تمرینات در بهبود وضعیت آنها استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش از رساله دکتری با کد اخلاق IR.IAU.NAJAFABAD.REC.1402.216 دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد استخراج شده است و شایان ذکر است که از تمامی اساتید و مسئولین دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

⁴ Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator (PGC)

¹ Jensky

² IL15

³ Hansen

References

1. Mohebbi R, Shojaa M, Kohl M, von Stengel S, Jakob F, Kersch-Schindl K, et al. Exercise training and bone mineral density in postmenopausal women: an updated systematic review and meta-analysis of intervention studies with emphasis on potential moderators. *Osteoporosis International*. 2023;34(7):1145-78.
2. Khalafi M, Sakhaei MH, Habibi Maleki A, Rosenkranz SK, Pourvaghar MJ, Fang Y, et al. Influence of exercise type and duration on cardiorespiratory fitness and muscular strength in post-menopausal women: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2023;10:1190187.
3. Colenso-Semple LM, D'Souza AC, Elliott-Sale KJ, Phillips SM. Current evidence shows no influence of women's menstrual cycle phase on acute strength performance or adaptations to resistance exercise training. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2023;5:1054542.
4. Motahari Rad M, Bijeh N, Attarzadeh Hosseini SR, Raouf Saeb A. The effect of two concurrent exercise modalities on serum concentrations of FGF21, irisin, follistatin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2023;129(2):424-33.
5. Karimifard M, Arazi H, Mehrabani J. Twelve weeks rest-pause and traditional resistance training: effects on myokines and performance adaptations among recreationally trained men. *Stresses*. 2023;3(1):302-15.
6. Nasr S, Nakisa A, Jandaghian S, Kouhi M, Sadeghi E, Varshosaz J. A systematic review and meta-analysis on the effect of flavonoids on insulin-like growth factor and insulin-like growth factor binding protein and incidence of breast cancer. *Current Medicinal Chemistry*. 2023;30(14):1657-66.
7. Signorile PG, Viceconte R, Vincenzi B, Baldi A. Differential expression in endometriosis tissue versus endometrium of the uterine adenogenesis factors PRL-R, GH, IGF1, and IGF2. *Critical Reviews™ in Eukaryotic Gene Expression*. 2023;33(3).
8. Cuestas E, Hillman M, Galetto S, Gaido MI, Sobh V, Damico LT, et al. Inflammation induces stunting by lowering bone mass via GH/IGF-1 inhibition in very preterm infants. *Pediatric Research*. 2023;94(3):1136-44.
9. Shaki D, Hershkovitz E, Tamam S, Bollotin A, David O, Yalovitsky G, et al. GHRH-GH-IGF1 axis in pediatric Down syndrome: A systematic review and mini meta-analysis. *Frontiers in Pediatrics*. 2023;11:1132296.
10. Roberts MD, McCarthy JJ, Hornberger TA, Phillips SM, Mackey AL, Nader GA, et al. Mechanisms of mechanical overload-induced skeletal muscle hypertrophy: current understanding and future directions. *Physiological reviews*. 2023;103(4):2679-757.
11. Rimmer L. Investigating the metabolic changes that accompany skeletal muscle hypertrophy 2023.
12. Kohama EB, da Silva ASR, Rocha A, Puggina EF, Fornel R, Custódio R, et al. IGF-I and IGFBP-3 are modulated in adolescent during a competitive soccer season. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*. 2023;10(1):256-60.
13. García-Arnés J, García-Casares N. Doping and sports endocrinology: growth hormone, IGF-1, insulin, and erythropoietin. *Revista Clínica Española (English Edition)*. 2023;223(3):181-7.
14. Vakili J, Amirsasan R, Sanei P. Effects of 4 weeks resistance training with and without blood flow restriction on GH, IGF-1, NO and Lactate in male rock climbers. *Journal of Sport Biosciences*. 2022;14(1):33-48.
15. Lopes KG, Bottino DA, Farinatti P, de Souza MdGC, Maranhão PA, de Araujo CMS, et al. Strength training with blood flow restriction—a novel therapeutic approach for older adults with sarcopenia? A case report. *Clinical interventions in Aging*. 2019;1461-9.
16. Törpel A, Brennicke M, Kuck M, Behrendt T, Schega L. Effect of blood flow restriction training in combination with a high-intensity interval training on physical performance. *Int J Sport Exerc Med*. 2018;10:2469-5718.
17. Chen HT, Chung YC, Chen YJ, Ho SY, Wu HJ. Effects of different types of exercise on body composition, muscle strength, and IGF-1 in the elderly with sarcopenic obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2017;65(4):827-32.
18. Laurentino GC, Loenneke JP, Ugrinowitsch C, Aoki MS, Soares AG, Roschel H, et al. Blood-flow-restriction-training-induced hormonal response is not associated with gains in muscle size and strength. *Journal of human kinetics*. 2022;83(1):235-43.
19. Chen Y, Wang J, Li S, Li Y. Acute effects of low load resistance training with blood flow restriction on serum growth hormone, insulin-like growth factor-1, and testosterone in patients with mild to moderate unilateral knee osteoarthritis. *Heliyon*. 2022;8(10).
20. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, et al. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength. *Frontiers in physiology*. 2019;10:614.
21. EBRAHIMNIA M, HOSSEINI KSA, HAGHIGHI AH. The effect of three combined training method (aerobic and resistance) with and without vascular occlusion on some indices of hypertrophy in elderly women. 2019.
22. Behringer M, Behlau D, Montag JC, McCourt ML, Mester J. Low-intensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(9):2462-72.

23. Jensen AE, Palombo LJ, Niederberger B, Turcotte LP, Kelly KR. Exercise training with blood flow restriction has little effect on muscular strength and does not change IGF-1 in fit military warfighters. *Growth Hormone & IGF Research*. 2016;27:33-40.
24. Arnarson A, Geirsdottir OG, Ramel A, Jonsson P, Thorsdottir I. Insulin-like growth factor-1 and resistance exercise in community dwelling old adults. *The journal of nutrition, health & aging*. 2015;19:856-60.
25. Lee S-J. Myostatin: a skeletal muscle chalone. *Annual review of physiology*. 2023;85:269-91.
26. Nagy-Fazekas D, Fazekas Z, Taricska N, Stráner P, Karancsiné Menyhárd D, Perczel A. Inhibitor Design Strategy for Myostatin: Dynamics and Interaction Networks Define the Affinity and Release Mechanisms of the Inhibited Complexes. *Molecules*. 2023;28(15):5655.
27. Hanson AM, Young MH, Harrison BC, Zhou X, Han H, Stodieck LS, et al. Inhibiting myostatin signaling partially mitigates structural and functional adaptations to hindlimb suspension in mice. *npj Microgravity*. 2023;9(1):2.
28. Santos HO, Cerqueira HS, Tinsley GM. The effects of dietary supplements, nutraceutical agents, and physical exercise on myostatin levels: Hope or hype? *Metabolites*. 2022;12(11):1146.
29. Lee S-J. Quadrupling muscle mass in mice by targeting TGF- β signaling pathways. *PloS one*. 2007;2(8):e789.
30. Lael Sadeghi J, Habibi H, Amani-Shalamzari S. Comparison of acute effects of different resistance exercise protocols with and without blood flow restriction on selected hypertrophy-related hormones in competitive wrestlers. *Journal of Exercise & Organ Cross Talk*. 2021;1(2):59-65.
31. Junior M, Cerqueira H, Filho H, Junior C. Muscle hypertrophy training does not suppress the GH/IGF axis in young adult males. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2023;46(12):2601-7.
32. Kim S, Kim S, Hong KH. Association of Combining Diet and Physical Activity on Sarcopenia and Obesity in Elderly Koreans with Diabetes. *Nutrients*. 2024;16(7):964.
33. Talreja UG, Suresh A, Sedhunivas R. Review of Literature on Rhythmic Aerobic Exercises on Balance in Post-Stroke Elderly.
34. Venarji N, Mehranpoor A, Angoorani H, Hasani S. The Effect of Rhythmic Aerobic Training with Core Stability Training on Glycemic and Anthropometric Indices of Overweight Women.
35. Jalili S, Mohammad Ali Nasasb Firouzjah E. Effect of six weeks of CX WORX training on core muscles endurance, balance, and upper extremity function in athletic girls with trunk deficiency. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019;8(4):8-19.
36. Faramarzi E, Nazarali P. Comparison of Pilates and CXworx exercises on Adipolin Level and Insulin Resistance in Overweight Women. 2022.
37. Mogharnasi M, Memarzadeh F, Seghatoleslami A. The effect of 6 weeks of CXWORX training with nettle supplementation on lipid profile, C-reactive protein and some body composition indices in overweight and obese women. *Metabolism and Exercise*. 2022;12(2).
38. Tina L, Dallam GM, Foust CP. The relative effect of CXWORXTM versus TabataTM group exercise programs on body mass index, body composition, predicted VO2max and body image in adult exercisers. *Int J Phys Educ Fit Sports*. 2020;9(3):1-8.
39. Faramarzi Mohammad, Mousavi Ghafarakhhi Seyyed Maryam, Khosravi Niko. 2018. The effect of a period of moderate aerobic exercise on changes in CRP levels in elderly women. *Sports physiology* 10.
40. Golzad M, Nazarali P, Alizadeh R, Rezaeinezhad N. The effect of eight weeks of CX WORX training on serum levels of Afamin and insulin resistance in overweight women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022;9(2):72-80.
41. Habibi A, Alizadeh AA. The relationship between IGF1, IGFBP3, BMI and dysmenorrhea following eight weeks of combined training (resistance and aerobic) in obese women. *Feyz Medical Sciences Journal*. 2024;28(1):68-75.
42. Jafari L, Soltani M, Hoseinabadi M, BARJASTE YAZDI A. The effect of twelve weeks of combined exercises with katsu on some growth factors of young women. *Journal of Sport Biosciences*. 2024.
43. Safari M, Shabani R, Fadaei Chafy MR. The Effect of Combined Training on Cardiorespiratory Fitness, IGF-1, Motor Performance, and Muscle Cross-Sectional Area of Obese Elderly Men. *Journal of Jiroft University of Medical Sciences*. 2024;10(4):1439-48.
44. Maimaituxun G, Amano T, Kenny GP, Mündel T, Kajiki M, Tagawa K, et al. GH and IGF-1 in skin interstitial fluid and blood are associated with heat loss responses in exercising young adults. *European Journal of Applied Physiology*. 2024:1-17.
45. Vints WA, Gökçe E, Šeikinaite J, Kušleikienė S, Česnaitienė VJ, Verbunt J, et al. Resistance training's impact on blood biomarkers and cognitive function in older adults with low and high risk of mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2024;21(1):9.

46. Yolanda S, Mailani R, Prasetyo SR, Widyani NMS, Juffry SK. Levels of Hippocampal, Liver, and Plasma Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1) in Male Adult Rats Treated with Combination of Aerobic Exercise and Continuous Environmental Enrichment. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2019.
47. Ives SJ, Norton C, Miller V, Minicucci O, Robinson J, O'Brien G, et al. Multi-modal exercise training and protein-pacing enhances physical performance adaptations independent of growth hormone and BDNF but may be dependent on IGF-1 in exercise-trained men. *Growth Hormone & IGF Research*. 2017;32:60-70.
48. Annibalini G, Lucertini F, Agostini D, Vallorani L, Gioacchini A, Barbieri E, et al. Concurrent aerobic and resistance training has anti-inflammatory effects and increases both plasma and leukocyte levels of IGF-1 in late middle-aged type 2 diabetic patients. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2017;2017(1):3937842.
49. Irawati NAV, Sylviana N, Lubis L. Role Of Exercise Intensity in Skeletal Muscle Hypertrophy. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*. 2024;7(1):124-32.
50. Pranoto A, Rejeki PS, Miftahussurur M, Yosika GF, Ihsan M, Herawati L, et al. Aerobic Exercise Increases Release of Growth Hormone in the Blood Circulation in Obese Women. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024(51):726-31.
51. Nazari M, Shabani R, Hassanzadeh-Rad A, Esfandiari MA, Dalili S. Effect of concurrent resistance-aerobic training on inflammatory factors and growth hormones in children with type 1 diabetes: a randomized controlled clinical trial. *Trials*. 2023;24(1):519.
52. Tofighi A, Jalali Dehkordi A, Tartibian B, Fatholahi Shourabeh F, Sinaei M. Effects of aerobic, resistance, and concurrent training on secretion of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in elderly women. *Journal of Isfahan Medical School*. 2012;30(184).
53. Ounis OB, Elloumi M, Zouhal H, Makni E, Lac G, Tabka Z, et al., editors. Effect of an individualized physical training program on resting cortisol and growth hormone levels and fat oxidation during exercise in obese children. *Annales d'endocrinologie*; 2011: Elsevier.
54. Nikjoo Z, Shabani A, Ezeddin N, Dehghanzadeh M. Effect of Eight Weeks of Combined aerobic-resistance Training on Sleep Quality, Prolactin Hormone, and Growth Hormone, of Overweight and obese adolescent girls. *Journal of Physical Activity and Hormones*. 2024;1(2).
55. Bijeh N, Hejazi K. The effect of a six-month aerobic exercise on levels of GH, IGF-1 and GH/IGF-1 ratio serum in sedentary middle-aged women. *SSU Journals*. 2013;21(4):415-27.
56. Khorshidi D, Assarzadeh M, Akbarpour Ben M, Azizbeigi K, Abedi B, Ezadi M. The effect of a period of selective aerobic exercise on serum level of leptin and some hormones in obese men. *Ann Biolog Res*. 2012;3(3):1415-23.
57. Rashidlmir Amir, Mirzande Del Zahra, Ahmad Ebrahimi Atari. 2018. The effect of eight weeks of aerobic exercise on the plasma concentration of ghrelin and growth hormone in young women. *Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd* 5. 667.
58. Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, Tinsley GM, Eskandari M, Moghadam BH, et al. The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Experimental gerontology*. 2020;133:110869.
59. Bagheri R, Rashidlmir A, Attarzadeh Hosseini SR. Effect of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Follistatin to Myostatin Ratio, Body Composition and Anaerobic Power of Trained-Volleyball Players. *Medical laboratory journal*. 2018;12(6).
60. Santos A, Neves Jr M, Gualano B, Laurentino G, Lancha Jr A, Ugrinowitsch C, et al. Blood flow restricted resistance training attenuates myostatin gene expression in a patient with inclusion body myositis. *Biology of sport*. 2014;31(2):121-4.
61. Khoubi M, Habibi A, Ghanbarzadeh M, Shakerian S, Mirzaei B. Acute interval walking with blood flow restriction could not increase ERK, p38 and decrease myostatin. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020;60(1):32-6.
62. Soomro A, Khajehei M, Li R, O'Neil K, Zhang D, Gao B, et al. A therapeutic target for CKD: activin A facilitates TGFβ1 profibrotic signaling. *Cellular & Molecular Biology Letters*. 2023;28(1):10.
63. Jensky NE, Sims JK, Dieli-Conwright CM, Sattler FR, Rice JC, Schroeder ET. Exercise does not influence myostatin and follistatin messenger RNA expression in young women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(2):522-30.
64. Hansen J, Brandt C, Nielsen AR, Hojman P, Whitham M, Febbraio MA, et al. Exercise induces a marked increase in plasma follistatin: evidence that follistatin is a contraction-induced hepatokine. *Endocrinology*. 2011;152(1):164-71.
65. Renzini A, D'onghia M, Coletti D, Moresi V. Histone deacetylases as modulators of the crosstalk between skeletal muscle and other organs. *Frontiers in physiology*. 2022;13:706003.
66. Ruas JL, White JP, Rao RR, Kleiner S, Brannan KT, Harrison BC, et al. A PGC-1α isoform induced by resistance training regulates skeletal muscle hypertrophy. *Cell*. 2012;151(6):1319-31.

Original Article

Comparison of the Effects of Rhythmic Aerobic and CX WORX Exercises on Gene Expression of Growth and Body Composition in Obese Women

Received: 20/07/2024 - Accepted: 03/12/2024

Samira Sabetrasekh¹
 Allahyar Arabmomeni^{2*}
 Jamshid Banaei Boroujeni³

¹ Department of Sports Science, Na.C.,
 Islamic Azad University, Najafabad,
 Iran.

² Department of Sports Sciences,
 Faculty of Humanities, Kho.C., Islamic
 Azad
 University, Khomeinishahr, Iran
 (Corresponding Author)

³ Department of Sports Science, Na.C.,
 Islamic Azad University, Najafabad,
 Iran.

Corresponding Author:
 Dr. Allahyar Arabmomeni
 Department of Sports Sciences,
 Faculty of Humanities, Kho.C.,
 Islamic Azad
 University, Khomeinishahr, Iran

Mobile Phone: 09133688572
 Email:
 allahyar.arabmomeni@iau.ac.ir

Abstract

Introduction: Nowadays, obesity is one of the causes of many diseases in the society. In some obese people, the lipid profile changes, which is effective in reducing health and increasing the incidence of various diseases. Performing emerging sports activities along with other activities can help these people. The purpose of this research was to compare the effect of rhythmic aerobic exercises and CX-WORX on the expression of some developmental genes and body composition of obese women.

Methods: The statistical population of this research was obese women with an age range of 20 to 30 years, of which 36 people were randomly divided into three rhythmic aerobic exercises (12 people), CX-WORX exercise (12 people) and control group (12 people). The current method was semi-experimental with a pre-test-post-test design. The statistical sample of this research includes 36 women with an age range of 48.47 ± 3.29 (years), weight 76.63 ± 1.82 (kg), height 1.58 ± 0.02 (m), body mass index (kg /m²) 30.45 ± 1.05 , fat mass 29.54 ± 1.46 (percent), fat-free mass 27.16 ± 1.13 (kg) and maximum oxygen consumption 16.16 ± 2.60 (milliliter) liters/kg/minute), and the subjects were selected based on the entry criteria. Rhythmic aerobic exercise for eight weeks, four sessions each week and each session lasted approximately 60-95 minutes, which was determined by the intensity of exercise in the exercise program between 50% and 80% of the maximum heart rate. The CX-WORX exercise program protocol was performed for 8 weeks with a frequency of three sessions per week and for 45 minutes per day. The collected data were analyzed using SPSS 22 statistical software. The statistical method of one-way analysis of variance and Tukey's post hoc test was used to examine the difference between groups at a significance level of 0.05.

Results: The findings of the present study showed that eight weeks of rhythmic aerobic training and CX-WORX increased the expression genes of GH ($P=0.001$), IGF-1 ($P=0.001$), Follstatin ($P=0.001$), muscle mass ($P=0.001$) and decreased myostatin gene expression ($P=0.001$), fat mass ($P=0.001$) and body mass index ($P=0.001$) in obese women.

Conclusion: It can be concluded from the findings of this research that two models of sports training are effective in reducing obesity in women by making appropriate changes in growth factors and improving body composition.

Keywords: Rhythmic Aerobic Exercises, CX-WORX, Growth Factors, Obese Women

Acknowledgement: There is no conflict of interest