

## اثر هشت هفته تمرینات مقاومتی بر سطوح سرمی کلوتو، میوستاتین و عملکرد عضلانی در زنان میانسال

پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵

دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۳

**فاطمه فروغی نسب<sup>۱</sup>، عبدالحمید حبیبی<sup>۲\*</sup>، روح الله رنجبر<sup>۳</sup>، مسعود نیکبخت<sup>۴</sup>**

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ۲. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ۳. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. ۴. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

### چکیده

**مقدمه و هدف:** افزایش سن فرایند ناگزیر زندگی است که با افت عملکرد عضلانی ظاهر می‌شود. هدف این پژوهش تعیین تأثیر هشت هفته تمرینات مقاومتی بر سطوح سرمی کلوتو، میوستاتین و عملکرد عضلانی زنان میانسال بود.

**روش کار:** تعداد ۲۰ نفر زن میانسال به صورت هدفمند با میانگین سن  $42 \pm 2$  انتخاب و به صورت تصادفی به گروههای تجربی و کنترل وارد شدند. آزمودنی‌ها به مدت ۸ هفته، به تمرین پرداختند. ۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه و پس از آخرین جلسه تمرین نمونه خونی به میزان ۵ سی سی از آزمودنی‌ها گرفته شد. پس از سانتریفیوژ، غلظت کلوتو و میوستاتین با استفاده از کیت و به روش الیزا اندازه‌گیری شد. عملکرد عضلانی افراد نیز با سنجش قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری پاها سنجیده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد هشت هفته تمرین مقاومتی، سطوح سرمی کلوتو را به طور معنی‌داری افزایش ( $p < 0.05$ ) و سطوح سرمی میوستاتین را کاهش ( $p < 0.05$ ) داده است. تمرین توانست عملکرد عضلانی را در این جمعیت افزایش دهد. تفاوت بین گروه تمرین و کنترل برای فاکتورهای BMI (Body mass index) درصد چربی و درصد عضله معنادار شد ( $p \leq 0.05$ )، اما برای فاکتور WHR (waist to hip ratio) تفاوت معنادار نشد ( $p > 0.05$ ). نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین کلوتو با قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری نیز معنادار بود ( $p \leq 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج حاصله، احتمالاً تمرینات مقاومتی با تنظیم فاکتورهای رشد عضلانی مثبت مانند کلوتو و منفی مانند میوستاتین، می‌تواند در بهبود وضعیت جسمانی و عملکرد عضلانی میانسالان نقش ایفا کند.

**کلیدواژه‌ها:** تمرین مقاومتی، عملکرد عضله، کلوتو، زنان میانسال، میوستاتین

\* نویسنده مسئول: استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

نامبر: ۰۶۱۳۳۳۶۳۱۶

تلفن: ۰۶۱۳۳۳۶۳۱۶

ایمیل: a.habibi@scu.ac.ir

## مقدمه

سلول‌های عضلانی می‌باشد (۳، ۷). مایوستاتین پس از سنتز در عضله، وارد خون می‌شود و به گیرنده‌اش اکتیوبین (IIIb) در تارهای عضلانی متصل شده و مسیر پیامرسانی مایوستاتین-SMAD فعال می‌شود و رشد عضله را مهار می‌کند (۷). یکی دیگر از سازوکارهای مهم مهار رشد، حفظ و بازسازی عضله ناشی از میوستاتین با مهار فعل شدن و تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای رخ می‌دهد (۳، ۷). عدم حضور طولانی‌مدت مایوستاتین در موش‌ها، سارکوپنی را کاهش می‌دهد که نشان می‌دهد مایوستاتین به سارکوپنیا کمک می‌کند (۸). شواهدی وجود دارد که عضلات پیر حاوی TGF<sub>β</sub> و میوستاتین بالاتری هستند (۹).

ژن کلوتو (klotho) در سال ۱۹۹۷ توسط Kuro-o و همکاران در موش‌های جهش‌یافته فاقد این ژن کشف شد (۱۰). کمی بیش از دو دهه است که کلوتو به عنوان عامل تأثیرگذاری که خواص مهارکنندگی پیری را دارد شناخته شده است (۱۱) و جالب است که سطوح سرمی کلوتو در موش‌ها و انسان با افزایش سن کاهش می‌یابد (۱۲). کلوتو عمدها در کلیه، پارتيروئید و غده هیپوفیز بیان می‌شود اما در سایر بافت‌ها مانند مغز، ریه و عضلات اسکلتی به میزان کمتری بیان می‌شود (۱۰، ۱۳). ژن کلوتو عملکردهای متفاوت و گسترهای در بسیاری از بافت‌های بدن دارد (۱۴). فرم ترشحی آن یک بیومارک قدرتمند برای طول عمر است و سیگنال‌های مختلفی را فعال یا مهار می‌کند. کلوتو از بیان بیش از حد فاکتور رشد شبه انسولین IGF-1 جلوگیری می‌کند (۱۲-۱۴). همچنین کلوتو ترشحی با مهار سیگنال WNT، TGF<sub>β</sub> باعث جلوگیری از فیبروز شدن بافت کلیه می‌شود و می‌تواند نقش مشابهی را در عضله داشته باشد (۱۳). کلوتو به طور مستقیم با گیرنده‌های TGF<sub>β</sub> تعامل برقرار می‌کند و باعث کاهش وابستگی لیگاندهای درونی آن می‌شود (۹). علی‌رغم اینکه مشخص شده است کلوتو اثرات وسیعی بر سیستم بدنی دارد با این حال تاکنون اطلاعات کمی در مورد بیان و عملکرد آن در عضله اسکلتی شناخته شده است (۱۲، ۱۳).

تحقیقات به خوبی نشان داده است که فعالیت ورزشی یکی از بهترین و کم‌هزینه‌ترین راهکارهای پیشگیری و درمان بسیاری از اختلالات وابسته به سن می‌باشد (۱۳). در همین راستا تحقیقات نشان دادند که تمرینات مقاومتی در افراد بزرگسال می‌تواند موجب بهبود شرایط فیزیکی، افزایش سنتز

افزایش سن فرایند اجتناب‌ناپذیر زندگی است. دوران حساسی از زندگی که همراه با اختلالات فیزیولوژیکی و آناتومیکی فراوانی همراه است. (۱) این تغییرات به صورت پیش‌روندۀ‌ای باعث از دست دادن توده و عملکرد عضله اسکلتی می‌شود که به عنوان سارکوپنی (Sarcopenia) شناخته می‌شود (۱). آمارها نشان می‌دهد سارکوپنی در انسان در اوایل دهه ۴۰ زندگی شروع می‌شود و به ازای هر دهه ۸ تا ۱۰٪ از حجم عضله اسکلتی کاهش می‌یابد (۲). افزایش سن با حذف تدریجی فیبرها و آتروفی فیبرهای باقی‌مانده و جایگزینی با بافت چربی و بافت پیوندی همراه است (۳). همچنین با اختلال ظرفیت بازسازی عضله پس از آسیب حاد همراه است و در نتیجه ظرفیت تولید نیترو کاهش می‌یابد (۳، ۴). اختلال در پاسخ به بازسازی در عضلات افراد بزرگسال به وسیله تغییر عملکرد میوپیبریل‌ها و فیبروز شدن آنها مشخص می‌شود که این اتفاق به اختلال عملکرد سلول‌های ماهواره‌ای نسبت داده شده است (۴). در پاسخ به آسیب، سلول‌های ماهواره‌ای عضلات جوان از حالت خاموش به حالت فعال برای تعمیر آسیب ایجاد شده تغییر می‌کنند؛ درحالی که با افزایش سن، سلول‌ها دچار اختلال و افزایش مرگ سلولی و در نتیجه کاهش تمایز می‌شوند (۴). با این حال مکانیزم‌های این تغییرات فقط تا حدی درک شده‌اند. یکی از سازوکارهای مؤثر بر بروز سارکوپنی کاهش سنتز پروتئین‌های عضلانی در پاسخ به تحрیکات آنابولیکی است. به نظر می‌رسد عضله یک فرد بزرگسال در مقایسه با یک فرد جوان توانایی کمتری در پاسخ‌گویی به تحрیکات آنابولیکی مانند پروتئین‌ها، انسولین و فعالیت ورزشی مقاومتی دارد و با کاهش سنتز پروتئین به این محرك‌ها پاسخ می‌دهد (۵). این موضوع به احتمال زیاد ریشه در تغییر غلطیت پروتئین‌های انتقال پیامی دارد که هایپرتروفی و آتروفی عضلات را محقق می‌سازند (۶).

پروتئین مایوستاتین که غالباً به عنوان عامل رشدی تمایز (Growth/differentiation factor-8) شناخته می‌شود یکی از مهمترین اعضای خانواده فاکتورهای انتقالی و تغییر شکل (Transforming growth factor  $\beta$ ) می‌باشد که رشد عضلانی را مهار می‌کند. این پروتئین از بافت‌های مختلفی مانند قلب و بافت چربی ترشح می‌شود. اما مطالعات بافت‌شناسی نشان داده‌اند که مکان اصلی بیان و ترشح آن، دستگاه گلزاری

سلامت بدنی بودند. بجز موارد ذکر شده، دامنه سنی ۴۰ تا ۵۰ سال، جنسیت موئنث، داشتن چرخه منظم قاعده‌گی و نداشتن سابقه فعالیت ورزشی منظم در طی یک سال گذشته به عنوان معیار ورود به تحقیق در نظر گرفته شد. معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل خونریزی‌های حاد، تمایل نداشتن برای ادامه دوره و عدم پیروی از برنامه تمرینی و غیبت بیش از ۲ جلسه در طول دوره بود. در مرحله نخست داوطلبان تمایل به همکاری خود را با تکمیل فرم رضایت نامه اعلام کردند. افراد آمادگی لازم را برای شروع فعالیت بدنی داشتند که این موارد با استفاده از پرسشنامه PARQ و پرسشنامه پیشینه پزشکی ارزیابی شد. رژیم غذایی به افراد شرکت‌کننده ارائه نشد با این حال به آنها توصیه شد که عادات غذایی گذشته خود را در سراسر دوره ادامه دهند و فعالیت عادی روزانه خود را حفظ کنند. سپس اطلاعات لازم در مورد ماهیت و نحوه اجرای پژوهش، فواید، خطرات احتمالی و نکات ضروری جهت شرکت در تحقیق به صورت شفاهی در اختیار افراد قرار داده شد. کلیه مراحل پژوهش زیر نظر متخصصان فیزیولوژی انجام شد.

#### جدول ۱. شاخص‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	پیش آزمون (M ± SD)	پس آزمون (M ± SD)
	تمرین	۴۲ ± ۲	—
سن	کنترل	۴۱ ± ۳	—
	تمرین	۱۶۲ ± ۴ / ۴۹	—
قد (cm)	کنترل	۱۶۰ / ۵ ± ۱ / ۸۷	—
	تمرین	۶۲ / ۵۲ ± ۶ / ۴۲	۵۸ / ۳۹ ± ۵ / ۰۹
وزن (Kg)	کنترل	۶۲ / ۶۳ ± ۱ / ۶۴	۶۳ / ۰۶ ± ۳ / ۰۶

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه شده است

#### اندازه‌گیری شاخص‌های تحقیق

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی پس از ۱۰ ساعت ناشتابی شبانه از آزمودنی‌ها بین ساعت ۷:۳۰ تا ۱۰ صبح ۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه تمرینی و پس از آخرین جلسه تمرین نمونه خونی به میزان ۵ سی سی از ورید کوبیتال توسط متخصص در آزمایشگاه گرفته شد. نمونه‌های خونی سانتریفیوژ شده و نمونه سرمی آنها جدا و در دمای ۸۰- نگهداری شد.

بروتئین، افزایش قدرت و حجم، بهبود عملکرد عضله و هایپرتروفی آن شود (۱۵). بنابراین با توجه به آثار فیزیولوژیکی این فعالیت در عضله اسکلتی به کارگیری و تجویز این نوع تمرینات ورزشی موجب جلوگیری از کاهش حجم یا حفظ و حتی افزایش وزن و توده عضله اسکلتی و در نهایت کاهش یا توقف سارکوبنی می‌شود (۴). مطالعات نشان داده است افزایش توده عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی ممکن است مربوط به تنظیم میوستاتین باشد (۱۱). در تأیید این موضوع Dalbo و همکارانش اثر یک جلسه تمرین مقاومتی را بر میزان میوستاتین در دو گروه سالمند و جوان مورد آزمایش قرار دادند. نتایج این تحقیق کاهش میزان میوستاتین را در هر دو گروه پس از یک جلسه تمرین مقاومتی نشان داد. با این حال این کاهش در افراد سالمند به میزان کمتر و با تأخیر همراه بود (۱۱). با این وجود تغییر میزان میوستاتین ناشی از فعالیت ورزشی بحث برانگیز است و در برخی مطالعات افزایش را پس از تمرینات مقاومتی نشان داده است (۱).

اما با وجود مزایا و اثرات بهداشتی فعالیت مقاومتی در سلامت فیزیولوژیکی عضله اسکلتی، تحقیقات محدودی بر اثر این نوع تمرینات بر کلوتو و میوستاتین در افراد بزرگسال صورت گرفته است. در این بین مطالعات کمتری روی سازگاری و پاسخ زنان به تمرینات قدرتی تمرکز داشته است. با توجه به نقش مهم بهبود و توسعه توده عضلانی در جلوگیری از خطر افتادن، پوکی استخوان و شکستگی‌ها در زنان و نقش مثبت تمرینات قدرتی در توان و قدرت عضلات و کمبود مطالعات در این زمینه هدف از این تحقیق تعیین تأثیر تمرینات مقاومتی بر میزان کلوتو و میوستاتین و عملکرد عضلانی در زنان میانسال بود.

#### روش کار

جامعه آماری این پژوهش را زنان میانسال تشکیل داده‌اند. پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کاربردی با دو گروه تمرین و کنترل انجام شده است. پس از فراغوان عمومی، از افراد واحد شرایط برای شرکت در پژوهش دعوت به عمل آمد. از ۴۰ نفر افراد مراجعه کننده ۲۰ نفر زن با میانگین سن ۴۲ ± ۲ و بر اساس شاخص‌های تحقیق به صورت هدفمند انتخاب شدند. سپس نمونه‌ها به صورت تصادفی به گروه‌های تمرین و کنترل وارد شدند. افراد در انجام کارهای روزانه خود مستقل بودند و دارای

## روش اجرای پروتکل

آزمودنی‌ها پس از مراجعه به محل تمرین با ۱۰ دقیقه فعالیت که شامل گرم کردن عمومی و اختصاصی بود بدن خود را گرم کردن سپس تمرین را در ۸ ایستگاه دایره‌ای شامل فلکشن‌زانو، پشت‌ران خوابیده، ساق پا نشسته، پرس‌سینه با هالت، پرس‌سرشانه، جلو بازو، کشش‌لت و کرانچ شکم با شدت ۵۰ تا ۸۰٪ حداکثر قدرت بیشینه انجام می‌دادند. تعداد تکرارها در هر ایستگاه از ۸ تا ۱۲ تکرار بود. آزمودنی‌ها بین ایستگاه‌ها ۶۰ تا ۹۰ ثانیه استراحت می‌کردند. همچنین بین وهله‌های تمرینی (یک دور تمرین ۸ ایستگاهی) ۲ تا ۳ دقیقه زمان استراحت بود. تعداد وهله‌های تمرینی ۳ بار بود و در انتهای تمرین افراد به مدت ۵ دقیقه با حرکات کششی بدن خود را سرد می‌کردند. برای رعایت اصل اضافه بار هر هفتة تا هفتنه پنجم به میزان ۵ درصد به بار تمرینی اضافه شد به طوری که از هفتنه اول با شدت ۵۰ الی ۵۵ درصد به هفتنه هشتم با ۷۵ الی ۸۰٪ حداکثر تلاش بیشینه رسید. همچنین در پایان هر هفتنه از پرسشنامه بورگ برای شناسایی و اطمینان فشار تمرین استفاده شد. قبل از شروع طرح، پروتکل تمرین به صورت پایلوت توسط دو نفر از آزمودنی‌ها که به-صورت تصادفی انتخاب شده بودند، تأیید شد (۱۵). آزمودنی‌ها ۱۱ گروه تمرین در سه روز غیر متوالی در هفتنه بین ساعت ۹ تا ۱۱ صبح به مدت ۸ هفتنه برنامه تمرینی منتخب را زیر نظر متخصص فیزیولوژی ورزشی انجام دادند. پس از هشت هفتنه تمرین و کامل کردن تعداد جلسات توسط آزمودنی‌ها، از آنان بار دیگر پس‌آزمون شامل تمام آزمون‌های پیش‌آزمون و آزمایشات خونی در شرایط مشابه گرفته شد. در پس‌آزمون ۲ نفر از گروه کنترل برای دادن نمونه خونی به آزمایشگاه مراجعه نکردند که از طرح تحقیقی کنار گذاشته شدند.

## آنالیز آماری

پس از جمع‌آوری اطلاعات برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها آزمون لون استفاده شد. برای تجزیه تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار استنباطی مانند تی وابسته، تی‌مستقل و نیز برای بررسی همبستگی بین میانگین داده‌ها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شده است. تمامی محاسبات در سطح آلفای ۰/۰۵ و به صورت میانگین $\pm$  انحراف استاندارد گزارش شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار تحلیل آماری SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

غلظت کلوتو بر اساس نانوگرم/ میلی‌لیتر با استفاده از کیت Human Kloxo ELISA Kit شرکت کازابایو ساخت کشور چین با حساسیت ۰.۰۳۹ ng/ml و با روش الایزا اندازه‌گیری شد. همچنین مقادیر میوستاتین بر اساس نانوگرم/ میلی‌لیتر با استفاده از کیت Human myostatin (MSTN) ELISA Kit شرکت کازابایو ساخت کشور چین با حساسیت ۰.۳۱۲ ng/ml با روش الایزا اندازه‌گیری شد.

یک هفتنه قبل از شروع برنامه تمرینی افراد طی چند جلسه با پروتکل تمرینی آشنا شدند. در جلسه اول آشنایی با دستگاه‌ها و تجهیزات ورزشی، چگونگی انجام حرکات، خطرات و خطاهای تمرینی توضیح داده شد. سپس سنجش‌های اولیه انجام شد. برای سنجش قد از قدستج Seca ساخت کشور آلمان با حساسیت ۵ میلی‌متر استفاده شد. برای سنجش ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها از دستگاه Omron ساخت کشور ژاپن استفاده شد. همچنین برای سنجش عملکرد بدنی از قدرت، استقامت عضلانی و توان انفجاری پاها استفاده شد. برای محاسبه قدرت و استقامت عضلانی از پرس سینه و پرس پا به عنوان شاخص قدرت و استقامت بالاتنه و پایین تنه استفاده شد. برای ارزیابی قدرت حداکثر ابتدا فرد برای گرم کردن بدن خود از ۵ دقیقه ورزش هوایی عمومی استفاده می‌کرد سپس با انجام چندین تکرار از حرکت موردنظر به گرم کردن اختصاصی می‌پرداخت. پس از ۲ الی ۳ دقیقه استراحت با توجه به ظرفیت خود برای بلند کردن بیشترین وزنی که فرد حداکثر تا ۱۰ تکرار می‌توانست انجام دهد تلاش می‌شد. مقدار وزنه‌ای که فرد با حداکثر توان و تا آستانه خستگی موفق به بلند کردن آن شده بود را ثبت و در فرمول برزیسکی گنجانده شد. مقدار (one-1RM) repetition maximum ۱RM (repetition maximum 1RM) ۱ شدت تمرینات و وزنه‌های لازم برآورده شد. الگوی صحیح تنفس در هین اجرا به افراد برای جلوگیری از مانور والسالوا یاد داده شد. همچنین برای سنجش استقامت عضلانی ۳۰ درصد حداکثر قدرت فرد در حرکت پرس سینه و پرس پا محاسبه شد و از فرد خواسته شد با وزنه بدست آمده تا مرز واماندگی حرکت را انجام دهد. برای سنجش توان بی‌هوایی پاها از تست پرش سارجنت استفاده شد.

سرمی میوستاتین را در زنان میانسال کاهش داد ( $p \leq 0.05$ ). همچنین نتایج نشان داد هشت هفته تمرین مقاومتی باعث بهبود و افزایش عملکرد بدنی در زنان میانسال شد.

### نتایج

نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی سطوح سرمی کلوتو را در زنان میانسال افزایش داده است و تفاوت بین گروه تمرین و گروه کنترل معنادار است ( $p \leq 0.05$ ) و سطوح

جدول ۲. نتایج آزمون  $t$  مستقل بین گروه‌های تمرین و کنترل

متغیر	گروه‌ها	تفاوت میانگین	T	سطوح معنی داری
کلوتو	تمرین-کنترل	-۳۸۳/۱۵	-۳/۷۳۶	.۰۰۲
میوستاتین	تمرین-کنترل	۴۴/۶۱۲	۲/۸۲۶	.۰۱۳
قدرت پرس پا	تمرین-کنترل	-۳۹/۳۳	-۱۰/۱۹۶	.۰۰۰
قدرت پرس سینه	تمرین-کنترل	-۴/۴۶	-۴/۴۳۳	.۰۰۱
استقامت پرس پا	تمرین-کنترل	-۴/۴۶	-۲/۳۶۷	.۰۰۳
استقامت پرس سینه	تمرین کنترل	-۱۹/۸۳	-۴/۴۵۸	.۰۰۱
توان انفجاری	تمرین-کنترل	-۵/۷۳	-۳/۳۷۲	.۰۰۵

همانطور که در جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود با توجه به آماره آزمون بین کلوتو و قدرت عضلانی ارتباط مثبت معنادار وجود دارد ( $p \leq 0.05$ ). به این صورت که هر چه قدر کلوتو بیشتر باشد، قدرت عضلانی بیشتر است. با توجه به آماره آزمون بین کلوتو و استقامت پرس پا رابطه معنادار وجود ندارد ( $p > 0.05$ ). اما بین کلوتو و استقامت پرس سینه رابطه مثبت معنادار وجود دارد ( $p \leq 0.05$ ). به این صورت که هر چه قدر کلوتو بیشتر باشد استقامت پرس سینه بیشتر است. بین آماره آزمون بین کلوتو و توان انفجاری رابطه مثبت معنادار وجود دارد ( $p \leq 0.05$ ). به این صورت که هر چه قدر کلوتو بیشتر باشد، توان انفجاری بالاتر و پایین تر بیشتر است.

نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین استقامتی ترکیب بدنی را در زنان میانسال بهبود می‌بخشد و تفاوت بین گروه تمرین و گروه کنترل برای فاکتورهای BMI، درصد چربی و درصد عضله معنادار شد ( $p \leq 0.05$ ، اما برای فاکتور WHR با وجود کاهش بعد از هشت هفته تمرین تفاوت معنادار نشد ( $p > 0.05$ ).

جدول ۳. نتایج آزمون  $t$  مستقل برای ترکیب بدنی بین گروه‌ها

متغیر	گروه‌ها	تفاوت میانگین	T	P-value
BMI	تمرین-کنترل	۲/۱۵	۳/۶۱۱	.۰۰۳
درصد چربی	تمرین کنترل	۳/۲۰	۷/۸۷۸	.۰۰۰
درصد عضله	تمرین-کنترل	-۱/۴۰	-۵/۶۳	.۰۰۰
WHR	تمرین-کنترل	.۰/۰۳۲	۱/۴۷	.۰/۱۶۲

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی پرسون بین کلوتو با قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری

شخاص		
قدرت عضلانی	قدرت پرس پا	.۰/۷۰۷
کلوتو	قدرت پرس سینه	.۰/۷۱۸
استقامت عضلانی	استقامت پرس پا	.۰/۳۴۴
کلوتو	استقامت پرس سینه	.۰/۵۷۳
توان انفجاری	توان انفجاری پایین تر	.۰/۵۶۸
توان انفجاری	توان انفجاری بالا تر	.۰/۷۲۶

## بحث

ورزشکاران پاورلیفتینگ انجام شد (۶). شاید بتوان بیان داشت محدوده سنی جوان و میانسال نسبت به تمرین ورزشی در مقادیر کلتو پاسخ افزایشی می‌دهند (۱۸). ضمن اینکه در مطالعه‌ی دیگری Saghiv و همکارانش در سال ۲۰۱۷ اثر تمرینات هوایی و بیهوایی را بر سطوح چرخشی کلتو و IGF-1 در جوانان و سالمندان و بیماران CAD (Coronary artery disease) مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ورزش هوایی توانست از کاهش وابسته به سن کلتو جلوگیری کند (۷).

همسو با نتایج این مطالعه، مطالعه‌ی که اثر حاد تمرین مقاومتی را بر مایوستاتین بررسی کرده‌اند، کاهش مایوستاتین به دنبال تمرین حاد مقاومتی در سینی مختلف را گزارش کرده‌اند که می‌تواند برای رشد عضلانی مفید باشد (۱۱). یکی از اولین مطالعات در این زمینه، مطالعه Roth و همکارانش است که mRNA نشان دادند پس از ۹ هفته تمرین مقاومتی بیان مایوستاتین کاهش یافته است (۱۲). ویلوجی و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که اگرچه قدرت و توده عضلانی افزایش یافته است، ولی بیان mRNA مایوستاتین پس از دوازده هفته تمرین مقاومتی تفاوت معناداری نکرده است (۱).

ناهمخوانی نتایج در مطالعات مختلف می‌تواند ناشی از زمان نمونه‌گیری، روش نمونه‌گیری (نمونه خونی یا نمونه عضلانی با بایوپسی)، مدت، شدت تمرین یا مصرف مکمل در دوره تمرین باشد. Jespersen و همکارانش نیز گزارش دادند که mRNA مایوستاتین پس از یک دوره کوتاه مدت تمرین ورزشی کاهش می‌یابد، اما در طولانی مدت افزایش می‌یابد (۱۳). اغلب پژوهش‌ها mRNA مایوستاتین را در پاسخ یا پس از سازگاری به فعالیت بدنه در عضله اسکلتی اندازه‌گیری کرده‌اند. با توجه به اینکه mRNA مایوستاتین قبل از تبدیل به محصول تکامل یافته است، دچار تعدیلات و اصلاحات پس رونویسی و پس ترجمه می‌شود و نمی‌تواند نشان‌دهنده مایوستاتین در گردش خون باشد. مایوستاتین در افراد سالمند می‌تواند از طریق تحریک و تشدید روند نکروز بافت عضلانی و افزایش بافت همبند، آتروفی عضلانی نوع دو و آتروفی آن‌ها، در کنار کاهش تعداد تارهای عضلانی نوع دو و آتروفی آن‌ها، می‌تواند موجب کاهش قدرت در سالمندان یا افراد میانسال شود. از دیگر دلایل کاهش قدرت عضلانی که می‌تواند به مایوستاتین وابسته باشد می‌توان به تغییرات تخریب کننده در

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که تمرینات مقاومتی میتواند با تغییر میزان کلتو و میوستاتین و بهبود عملکرد عضلانی در بهبود وضعیت جسمانی زنان میانسال موثر باشد. همسو با نتایج این تحقیق برخی مطالعات افزایش چرخه کلتو سرمی را پس از تمرینات ورزشی گزارش کرده‌اند (۵، ۶). با این حال برخی مطالعات عدم تغییر در سطوح کلتو پس از تمرینات ورزشی مقاومتی را گزارش کرده‌اند (۷). در این راستا، Matsubara و همکارانش گزارش کرده‌اند که ۱۲ هفته تمرینات ورزشی هوایی با شدت متوسط باعث افزایش سطوح کلتو سرمی در زنان یائسه گردیده است (۵). در یک مطالعه مقطعی مشاهده شد که در افراد سالمند و جوان سطوح در گردش کلتو در پاسخ به یک وهله فعالیت ورزشی و تمرینات ورزشی هوایی افزایش یافته است و پاسخ آن به سطح آمادگی آزمودنی‌ها وابسته است (۸).

برای درک بهتر علل افزایش سطوح کلتو باید در وهله اول به مکانیزم سلولی و مولکولی آن توجه داشت. دو مسیر فیزیولوژیک معمول برای افزایش ترشح و تولید کلتو شامل تنظیم مثبت ترشح کلتو توسط پیوند متابوپ و فعال‌سازی ریزش کلتوی غشایی است. تغییر در چرخه کلتو در گردش، احتمالاً به این دو مسیر وابسته است. یکی از سازوکارهای RNA پیامبر TNF-a بر اثر تمرینات ورزشی است. سایتوکاین‌های التهابی مانند (Tnf-like weak inducer of apoptosis) Nuclear و TNF و TWEAK (factor-kappaB) یا زن کلتو را کاهش می‌دهند (۹). همچنین، تمرینات ورزشی ممکن است از طریق افزایش PPAR<sup>1</sup> (Peroxisome proliferator-activated receptor) و کاهش استرس اکسایشی در کلیه، باعث افزایش چرخه پلاسمایی کلتو شود (۵). PPAR یک عامل نسخه‌برداری درگیر در آدیپوژن، هوموستاز گلوكز و التهاب است که باعث افزایش بیان RNA پیامبر کلتو و بیان پروتئین آن در کلیه می‌شود (۱۰).

در مطالعه‌ی Saghiv و همکارانش نشان داده شد که تمرین مقاومتی تأثیری در سطوح چرخشی کلتو ندارد. اما فاکتورهای مؤثر در مسیر کلتو مانند IGF-1 در گروه تمرین افزایش پیدا کرده بود. ضمن اینکه این مطالعه بر روی

مطالعات زیادی با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (۲۰-۲۲). قدرت عضلانی رابطه نزدیکی با استقامت عضلانی دارد. به طوری که با افزایش قدرت عضلانی، استقامت عضلانی نیز افزایش می‌یابد. اینکه چگونه تمرینات قدرتی، میزان استقامت عضلانی را بهبود می‌بخشد تا حد زیادی به هدف تمرین مربوط می‌شود. بنابراین انتخاب نوع تمرین مقاومتی، شدت تمرین، هدف تمرین، رده سنی هدف و توانایی‌های فردی بر این دو عامل استقامت عضلانی و قدرت عضلانی اثر خواهد گذاشت (۲۳، ۲۴). همچنین نتایج نشان داد تمرین، ترکیب بدنی را در زنان میانسال بهبود می‌بخشد و تفاوت بین گروه تمرین و گروه کنترل برای فاکتورهای BMI، درصد چربی و درصد عضله معنادار شد، اما برای فاکتور WHR با وجود کاهش بعد از هشت هفته تمرین تفاوت معنادار نشد. با توجه به نتایج مربوط با بخصوص تمرینات مقاومتی دایره‌های ایستگاهی را عاملی در کاهش توده چربی دانسته‌اند. اما در ارتباط با WHR که بک عامل مرتبط با حجم موضعی چربی زیر پوستی است؛ آن را متأثر از زمان طولانی‌تر در انجام فعالیت ورزشی از نوع تداومی و اینتروال با شدت بالا عنوان کرده‌اند (۳، ۱۹).

همانطور که در نتایج عنوان شد در ارتباط با همبستگی بین آزمون‌های عملکرد عضلانی با مقادیر کلوتو همبستگی مثبت و معناداری بین کلوتو و قدرت عضلانی، استقامت پرس سینه، توان انفجاری بالا تنه و پایین تنه وجود دارد که می‌توان بیان کرد هر چه قدر کلوتو بیشتر باشد قدرت، استقامت و توان عضلانی بیشتر است. این ارتباط بین مقادیر کلوتو و آزمون‌های عملکرد قدرت و استقامت عضلانی و نیز توان عضلانی می‌تواند بیانگر اثر تعاملی عامل کلوتو و تمرین بر بهبود قدرت و استقامت عضلانی باشد. همانطور که پیشتر نیز گفته شد کلوتو می‌تواند باعث مهار عوامل مرتبط با تحلیل عضلانی ناشی از بی‌تمرینی و ناشی از افزایش سن شود که این ارتباط علاوه بر این خاصیت کلوتو، می‌تواند به ارتباط بین سازگاری ناشی از تمرین مقاومتی در افزایش مقادیر کلوتو و افزایش قدرت، استقامت و بهبود عملکرد عضلانی اشاره داشته باشد (۲۵، ۲۶).

در مطالعه‌ی حاضر استقامت عضلانی به تفکیک بالاتنه و پایین‌تنه صورت گرفت که در هر دو قسمت شاهد افزایش استقامت عضلانی بودیم. تمرین مقاومتی با فعل کردن تمامی واحدهای حرکتی و فیبرهای عضلانی می‌تواند در فعل شدن

سازوکار تحریک و انقباض اشاره کرد. اختلال در این سazoکار با ایجاد اختلال در رهایی کلسیم و کاهش حساسیت به کلسیم بخصوص در تارهای نوع دو، تولید نیروی عضلانی را به ازای مقدار مشخص تحریک عصبی کاهش می‌دهد (۱۴، ۱۵). با توجه به این نتایج می‌توان گفت که هنوز مکانیسم دقیق کاهش میوستاتین مشخص نشده است؛ با این حال مشخص شده است که تغییرات میوستاتین در زنان بیشتر از مردان می‌باشد (۱۶). این تغییرات را به کلیرانس میوستاتین از سنترا تجزیه و همچنین تغییرات هورمون‌های آنابولیکی مسؤول رشد از جمله تستوسترون، هورمون رشد و IGF-1 نسبت داده‌اند (۱۷). دیگر مکانیسم‌های احتمالی تاثیرگذار بر پروتئین میوستاتین علاوه بر مسیر اصلی میوستاتین SMAD، مسیر سیگنالینگ mTOR است که تمرین‌های مقاومتی نقش بسزایی در فعال کردن این مسیر دارد. پروتئین میوستاتین با تاثیرگذاری AKT و PI3K بر روی این مسیر بهخصوص پروتئین‌های FOXO و PI3K می‌تواند از فعال شدن این مسیر و رشد عضلانی جلوگیری کند. همچنین مسیر اتفاقی از طریق خانواده پروتئین‌های MAP کیناز می‌تواند تنظیم کننده پروتئین‌های میوستاتین باشد (۱۶-۱۸).

در ارتباط با سنجش آزمون‌های عملکرد عضلانی نتایج این تحقیق نشان داد هشت هفته تمرین مقاومتی باعث افزایش معنی‌دار قدرت، استقامت و توان انفجاری پاها شد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند با انجام فعالیت مقاومتی فزاینده مانند کار با وزنه، قدرت و ظرفیت عضله در زنان و مردان میانسال و سالم‌مند افزایش می‌یابند (۱۹-۲۲). هر سه عامل قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری باعث بهبود عملکرد عضلانی می‌شود و پیشرفت این سه شاخص به صورت کلی شاخصی برای پیشگیری و جلوگیری از تحلیل عضلانی ناشی از آتروفی‌های افزایش سن می‌باشد (۱۹). محققان برای توجیه علت افزایش قدرت عضلانی پس از تمرینات مقاومتی، مکانیزم افزایش قدرت ناشی از تمرین قدرتی به واسطه افزایش در تعدادی از ایمپالس‌های عصبی واحدهای حرکتی، افزایش در اندازه تار عضلانی نوع I و II و افزایش در هورمون‌های آنابولیکی را بر شمرده‌اند. مکانیزم‌های احتمالی افزایش قدرت ناشی از تمرین مقاومتی می‌تواند با سازگاری‌های عصبی عضلانی و بهبود در توزیع جریان خون عضلانی مرتبط باشد که در نتیجه‌ی انجام تمرین مقاومتی اتفاق می‌افتد (۲۰). نتایج

دهد و باعث بهبود عملکرد عضلانی در زنان میانسال شود. با توجه به اثرات کلوتو و میوستاتین بر قدرت و توده عضله اسکلتی و اهمیت کلیدی حفظ توده عضلانی در افراد میانسال و سالمند پیشنهاد می‌شود که این افراد برای بهبود عملکرد عضلانی و جلوگیری از سارکوپنیا و عواقب ناشی از آن در برنامه‌های تمرین مقاومتی شرکت نمایند. همچنین بنظر می‌رسد افزایش کلوتو می‌تواند با سازگاری ناشی از تمرین مقاومتی و افزایش قدرت، استقامت و بهبود عملکرد عضلانی زنان میانسال بخصوص در توان انفجاری بالاتنه و پایین تنہ ارتباط داشته باشد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد. از تمامی آزمودنی‌ها و افرادی که در انجام این مطالعه شرکت و همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد. این تحقیق با کد اخلاقی EE/1400.3.02.25314/Scu.ac.ir اهواز ثبت شده است.

### تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسنده‌گان وجود ندارد.

### References

- Willoughby DS. Effects of heavy resistance training on myostatin mRNA and protein expression. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2004;36(4):574-82.
- Morley, J. E., et al. Nutritional recommendations for the management of sarcopenia. Journal of The American Medical Directors Association. 2010; 11(6): 391-96.
- Madden A. Efficacy of HIIT and HIRT in older adults, The: university of wyoming. libraries; 2018.
- Gholamali M, Shabani M, Hedayati M. Investigation the Response of some proteins that involved in cachexia Syndrome to acute resistance exercise in healthy elderly people. Iranian Journal of Ageing. 2015;9(4):288-96. (in Persian)
- Matsubara T, Miyaki A, Akazawa N, Choi Y, Ra S-G, Tanahashi K, et al. Aerobic exercise training increases plasma Klotho levels and reduces arterial stiffness in postmenopausal women. American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. 2014;306(3):H348-55 .

فیبرهای نوع I عمل کند (۲۵). در تمرینات مطالعه حاضر نیز به نظر می‌رسد که توسعه تنفس در سرتاسر زاویه حرکتی مفصل، موجب فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر و توانایی فعل شدن همزمان این واحدهای حرکتی می‌شود و در نتیجه قدرت و توان عضلانی افزایش می‌یابد (۲۶). تمرینات مقاومتی چه به صورت پایا و چه ایستا افزایش بار در عضله اسکلتی ایجاد می‌کنند که باعث کوتاه شدن زمان انتقال پیام الکتریکی در سینپاس عصبی-عضلانی و ذخیره انرژی بالقوه در درون اجزای ارتعاشی خود و در نهایت، بسیج سریع تارهای عضلانی و مخالف می‌شود تا درون عضلانی مؤثر تارهای عضلات موافق و مخالف می‌شود تا توان انفجاری به حداقل عملکرد خود برسد. افزایش سرعت به کارگیری واحدهای حرکتی و افزایش تعداد واحدهای حرکتی فعال در یک زمان، به تولید توان و نیروی انفجاری قوی تر برای حرکات سریع منجر می‌شود (۲۷). بنابراین شاید بتوان افزایش توان انفجاری پا را در این مطالعه به تمرینات مقاومتی که به صورت زنجیره باز و بسته با هدف تقویت عضله چهار سر ران انجام شد نسبت داد.

### نتیجه‌گیری

یافته‌های ما نشان می‌دهد که یک دوره نسبتاً کوتاه تمرین مقاومتی می‌تواند سطوح کلوتو را افزایش و میوستاتین را کاهش

- Saghiv M, Sherve C, Ben-Sira D, Sagiv M, Goldhammer E. Aerobic training effect on blood S-Klotho levels in coronary artery disease patients. Journal of Clinical and Experimental Cardiology. 2016;7:1-4.
- Saghiv MS, Sira DB, Goldhammer E, Sagiv M. The effects of aerobic and anaerobic exercises on circulating soluble-Klotho and IGF-I in young and elderly adults and in CAD patients. Journal of Circulating Biomarkers. 2017;6:1849454417733388
- Saghiv M, Goldhammer E, Sagiv M, Ben-Sira D. Effects of aerobic exercise training on s-Klotho in young and elderly. Jacobs Journal of Physiology 2015;1(1):001.
- Lee JY, Hopkinson NS, Kemp pR. Myostatin induces autophagy in skeletal muscle in vitro. Biochemical and Biophysical Research Communications. 2011(4): 632-36
- Dolgari R, Amirsasan R, Vakili J. Effects of Pilates training with and without turmeric

- supplementation on serum Klotho and quality of life in post-menopausal overweight women: A randomized clinical trial. *Daneshvar Medicine: Basic and Clinical Research Journal*. 2020;27(3):1-8. (in Persian)
11. Dalbo VJ, Roberts MD, Sunderland KL, Poole CN, Stout JR, Beck TW, et al. Acute loading and aging effects on myostatin pathway biomarkers in human skeletal muscle after three sequential bouts of resistance exercise. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2011;66(8):855-65.
12. Roth SM, Martel GF, Ferrell RE, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. Myostatin gene expression is reduced in humans with heavy-resistance strength training: a brief communication. *Experimental Biology and Medicine*. 2003;228(6):706-9.
13. Jespersen J, Nedergaard A, Andersen L, Schjerling P, Andersen J. Myostatin expression during human muscle hypertrophy and subsequent atrophy: increased myostatin with detraining. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2011;21(2):215-23.
14. Narici MV, Maganaris CN. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *Journal of Anatomy*. 2006;208(4):433-43.
15. Negarestani R, Ranjbar R, Gharibvand MM, Habibi A, Moktarzadeh M. Effect of 8-Week Resistance training on hypertrophy, strength, and myostatin concentration in old and young men. *Iranian Journal of Ageing*. 2017;12(1):56-67. (in Persian)
16. Gholamali M, Nourshahi M, Hedayati M. The effects of gender on plasma Myostatin at rest and in response to acute resistance exercise in elderly men and women. *Iranian Journal of Ageing*. 2012;7(3):45-56. (in Persian)
17. Ebrahimnia M, Haghghi A. Comparison of the effect of three combined training method (aerobic and resistance) with and without vascular occlusion on some indices of hypertrophy in elderly women. *Journal of Neyshabur University of Medical Sciences*. 2019;7(1):82-97. (in Persian)
18. Mencke R, Hillebrands J, consortium N, et al. The role of the anti-ageing protein Klotho in vascular physiology and pathophysiology. *Ageing Research Reviews*. 2017;35(1): 124-46.
19. Hofman M, Schober-Halper B, Oesen S, Franzke B, Tschan H, Bachl N, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on muscle quality and circulating muscle growth and degradation factors of institutionalized elderly women: the Vienna Active Ageing Study (VAAS). *European Journal of Applied Physiology*. 2016;116(5):885-97.
20. Mardanpour-Shahrekordi Z, Banitalebi E, Faramarzi M, Bagheri L, Mardanpour-Shahrekordi E. The effect of sequence order of combined training (resistance and endurance) on strength, aerobic capacity and body composition in older women: a randomized clinical trial. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2015;17(3):1-12. (in Persian)
21. Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, et al. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age*. 2013;35(3):891-903.
22. Wieser M, Haber P. The effects of systematic resistance training in the elderly. *International Journal of Sports Medicine*. 2007;28(01):59-65.
23. Attarzadeh Hosseini SR, Moeinnia N, Motahari Rad M. The effect of two intensities resistance training on muscle growth regulatory myokines in sedentary young women. *Obesity Medicine*. 2017;5. (in Persian)
24. Martins WR, Safons MP, Bottaro M, Blasczyk JC, Diniz LR, Fonseca RMC, et al. Effects of short term elastic resistance training on muscle mass and strength in untrained older adults: a randomized clinical trial. *BMC Geriatrics*. 2015;15(1):1-10.
25. Cadore EL, Pinto RS, Bottaro M, Izquierdo M. Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging and Disease*. 2014;5(3):183.
26. Aboodarda SJ, Yusof A, Osman NA, Thompson MW, Mokhtar AH. Enhanced performance with elastic resistance during the eccentric phase of a countermovement jump. *International Journal of Sports Physiology And Performance*. 2013;8(2):181-7.
27. Anderson CE, Sforzo GA, Sigg JA. The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008;22(2):567-74.

## **The effect of eight weeks of resistance training on serum levels of klotho, myostatin and muscle function in middle-aged women**

Received: 12 Apr 2022

Accepted: 16 Jul 2022

**Fatemeh Foroughinasab<sup>1</sup>, Abdolhamid Habibi<sup>2\*</sup>, Rouholah Ranjbar<sup>3</sup>, Masood Nikbakht<sup>4</sup>**

1. Ph.D Candidate, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran 2. Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran 3. Associate Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, 4. Associate Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

### **Abstract**

**Introduction:** Aging is an inevitable process of life that occurs with a decrease in muscle function. The aim of this study was to determine the effect of eight weeks of resistance training on serum levels of klotho, myostatin, and muscle function in middle-aged women.

**Materials and Methods:** A total of 20 middle-aged women with a mean age of  $42 \pm 2$  were randomly assigned to experimental or control groups. Subjects practiced three sessions per week for 8 weeks., Blood samples of 5 cc were taken from the subjects 48 hours before the first session and after the last training session respectively. After centrifugation and separation of serum, the concentrations of klotho and myostatin were measured using an ELISA kit. Muscle performance was also measured by measuring muscle strength, muscle endurance, and the explosive power of the legs.

**Results:** The results showed that eight weeks of resistance training significantly increased serum klotho levels ( $p \leq 0.05$ ) and decreased serum myostatin levels ( $p \leq 0.05$ ). Resistance training was also able to increase muscle function in this sample. The difference between the training group and the control group was significant for BMI (Body mass index), fat percentage, and muscle percentage( $p \leq 0.05$ ), but not significant for WHR(waist to hip ratio)factor ( $p > 0.05$ ). The results of Pearson correlation test between klotho and muscle strength, muscle endurance and explosive power were also significant ( $p \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** Based on the results, resistance training can possibly play a role in improving the physical condition and muscle function of middle-aged women by balancing positive muscle growth regulators such as klotho and negative ones such as myostatin.

**Keywords:** Resistance training, Muscle function, Klotho, Middle-aged women, Myostatin

**\*Corresponding Author:** Professor, Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Email:a.habibi@scu.ac.ir

Tel: +98613336316

Fax: +98613336316