مقایسه تأثیر دو شیوه تمرین مقاومتی و عملکردی بر مقادیر میوستاتین و ترکیب‌بدن در مردان کم‌تحرک

دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۲ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۸

الله‌یار عرب مومنی[۱*]، خدایار مومنی[۲]، عماد سلطانیان[۳]

۱. استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر/اصفهان، ایران ۲. استادیار، گروه مدیریت و برنامه‌ریزی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران ۳. کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: تغییر مقادیر میوستاتین و تعدیل ترکیب‌بدن، ممکن است به توضیح سازگاری این متغیرها در پاسخ به تمرین کمک کند. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف مقایسه تأثیر دو شیوه تمرینی مقاومتی و عملکردی بر مقادیر میوستاتین و ترکیب‌بدن در مردان کم‌تحرک انجام شد.

روش کار: در این مطالعه نیمه‌تجربی، با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل، از بین مردان کم‌تحرک شهر اصفهان در سال ۱۴۰۱، ۴۵ نفر به‌صورت در دسترس و هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی به سه گروه تمرینات عملکردی، تمرینات مقاومتی و کنترل تقسیم شدند. هر دو پروتکل تمرینی به‌مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه و هر جلسه ۴۰ تا ۵۰ دقیقه انجام گرفت. خون‌گیری جهت ارزیابی مقادیر میوستاتین و اندازه‌گیری درصد چربی و توده بدون‌چربی در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. داده‌ها با استفاده از آزمون کوواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی با نرم‌افزار SPSS24 در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد که هر دو روش تمرینی بر کاهش میوستاتین و درصد چربی بدن و افزایش توده بدون‌چربی مردان کم‌تحرک تأثیر معناداری داشتند ($p<۰/۰۰۱$). اما این تغییرات در گروه تمرین عملکردی نسبت به گروه تمرین مقاومتی بیشتر بود ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: این نتایج نشان‌دهنده تأثیر هر دو روش تمرینی بر کاهش میوستاتین و درصد چربی و افزایش توده بدون‌چربی بدن است، هر چند این تغییرات در تمرینات عملکردی بیشتر بود. بنابراین، توصیه می‌شود؛ مربیان، ورزشکاران و سایر مسئولین درگیر در تمرینات ورزشی از این روش‌های تمرینی به‌ویژه تمرینات عملکردی برای پیشرفت اجراهای ورزشی، و بهبود ترکیب‌بدن استفاده نمایند.

کلیدواژه‌ها: تمرین مقاومتی، میوستاتین، ترکیب‌بدن، مردان کم‌تحرک

* **نویسنده مسئول:** استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی‌شهر/ اصفهان، ایران

ایمیل: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir **تلفن:** ۰۳۱۳۵۵۵۹۱۷۱ **نمابر:** ۰۳۱۳۵۵۵۹۱۷۱

مقدمه

در بافت عضله اسکلتی فیبرهای عضلانی و سلول‌های ماهواره‌ای به‌ترتیب سلول‌های عملکردی اصلی و سلول‌های حامی بافت می‌باشند. سلول‌های ماهواره‌ای، سلول‌های بنیادی خاص عضلات که در ترمیم و بازسازی عضلات اسکلتی ضروری هستند، می‌توانند در شرایط خاص به سلول‌های عضلانی تمایز پیدا کرده و فیبرهای عضلانی را به وجود آورند (۱). میوستاتین (Myostatin) در سلول‌های ماهواره‌ای و میوبلاست (Myoblast) به‌عنوان یکی از بالقوه‌ترین عوامل رشد مهاری هیپرتروفی (Hypertorphy) عضله بیان می‌شود (۲). میوستاتین یا عامل تمایز رشد-۸ (Growth and differentiation factor-8, GDF-8) از اعضای خانواده عامل رشد دگردیسی-β است که عمدتاً در سلول‌های عضله اسکلتی و به مقدار ناچیزی در سلول‌های عضله قلبی و سلول‌های بافت چربی بیان می‌شود (۳). این ژن ابتدا به‌صورت پری‌پرومیوستاتین تولید می‌شود و پیش از آن‌که به‌شکل بالغ و فعّال خود درآید، خانواده فورین کانورتاز، بخش پروپپتیدی را از پیش‌ماده میوستاتین جدا می‌سازند و پرومیوستاتین حالت کمپلکس غیرفعال به‌وجود می‌آید و پرومیوستاتین توسط آنزیم‌های تولوئید متالوپروتئیناز به میوستاتین بالغ تبدیل می‌شود (۴).

میوستاتین در تنظیم تعداد نهایی فیبرهای عضلانی جنین نقش دارد و بیان آن در درجه اول محدود به عضله است (در تارهای عضلانی نوع دوم نسبت به نوع اول بیشتر است). به‌علاوه، بیان آن از مراحل آغازین جنینی تا بزرگسالی رخ می‌دهد و با افزایش رشد عضله در ارتباط است. این که فقدان میوستاتینِ فعّال به لحاظ بیولوژیایی، چه بر اثر جهش طبیعی ژن و چه از طریق دستکاری ژنتیکی، به افزایش توده عضله منجر می‌گردد، نشان می‌دهد که میوستاتین تنظیم کننده منفی رشد عضله است (۳).

میوستاتین، MyoD (Myogenic Differentiation) (عامل تمایز میوژنیک) را سرکوب و سلول‌های ماهواره‌ای را در حالت آرام نگه می‌دارد (۵). اما عنوان شده است، شاید این فرآیند مستقل از سلول‌های ماهواره‌ای باشد (۴). ضمن این‌که گزارش شده‌است، میوستاتین نه تنها مانع از تمایز میوبلاست‌ها به میوسیت‌های بالغ می‌شود، بلکه در صورت تداوم شرایط التهابی مزمن می‌تواند در مسیری مستقل باعث تحریک تبدیل میوبلاست‌ها به میوفیبروبلاست‌ها شده و در نتیجه باعث ایجاد بافت فیبروزی در ساختار عضله شود که فرایند بازآرایی و ترمیم عضله را دچار مشکل می‌کند (۶). علاوه براین، میوستاتین ارزش درمانی قابل‌ملاحظه‌ای در پیشگیری از بیماری‌های تحلیل‌برنده عضلات نیز دارد. مشاهده شده است که مهار فعالیت میوستاتین، آثار مطلوبی بر حفظ توده عضله در موش‌های دیستروفیک دارد و موجب هیپرتروفی متوسط عضله اسکلتی پس از تولّد می‌شود (۴).

از آن‌جا که که سلول‌های ماهواره‌ای به‌عنوان منبع سلولی اصلی ویژه رشد عضلانی پس از تولّد به‌شمار می‌روند، رشد هیپرتروفیایی ناشی از نبود میوستاتین پس از تولّد به تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و پیوند آنها به تارهای موجود عضلانی نسبت داده شده‌است. با این وجود، شواهد نشان می‌دهند، هیپرتروفی پس از تولّد در عضلات اسکلتی موش‌های دیستروفی یا سالم که ناشی از نبود میوستاتین است، بدون دخالت سلول‌های ماهواره‌ای رخ می‌دهد. این یافته‌ها نشان می‌دهد، فقدان میوستاتین پس از تولّد می‌تواند اقدام متقابل مؤثری برای مقابله با تحلیل عضلانی ناشی از بیماری باشد که بدون تخلیه کردن مخزن سلول‌های ماهواره‌ای ناشی از چرخه‌های تکراری تجزیه و بازسازی ناشی از آسیب، عمل می‌کند (۶). با این حال، جهت شناخت این مکانیسم‌ها مولکولی به مطالعات بیشتری نیاز است تا این مشاهدات قابل‌توجه را تأیید و اجزای مسیر پیام‌رسانی میوستاتین را برای جلوگیری از آثار منفی میوستاتین بر رشد عضله روشن کند.

گزارش شده‌است، فعالیت عضلانی باعث بهبود سازگاری‌های میوستاتین می‌شود و به رشد عضلانی کمک می‌کند (۷). تمرین و فعالیت بدنی می‌تواند یک مسیر طبیعی و غیر دارویی مناسب برای مداخلات درمانی و سازگاری‌های فیزیولوژیک باشد، اما شیوه‌های مختلف تمرینی آثار متفاوتی ایجاد می‌کنند. با توجه به این‌که، حجم، مدت و آستانه تمرینات ورزشی برای فراهم نمودن شرایط مطلوب مهار میوستاتین و هیپرتروفی مهم هستند، انتخاب شیوه مناسب تمرینی ضرورت دارد.

فعالیت مقاومتی به‌عنوان یک استراتژی مهم و شناخته‌شده که سبب هیپروتروفی عضله اسکلتی از طریق فعال‌سازی سنتز

پروتئین، مهار پروتئولیز و فعال‌سازی فرآیند میوژنیک می‌شود، مهم است (۸). تعدادی از مطالعات منتشر شده در مورد تاثیر تمرینات مقاومتی بر میوستاتین گزارش کردند که تمرین مقاومتی باعث کاهش معنادار سطوح سرمی میوستاتین می‌گردد (۹، ۱۰). علاوه‌بر این، کاظمی‌پور و همکاران نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با باندکشی بر سطوح میوستاتین تاثیر معناداری ندارد (۱۱). با این وجود، عطارزاده حسینی و همکاران افزایش معنادار مقادیر میوستاتین به‌دنبال تمرینات مقاومتی شدید را در زنان جوان غیرفعال گزارش کردند (۱۲).

این‌که میزان سازگاری میوستاتین ناشی از تاثیر انواع تمرین چقدر است، روشن نیست؛ اما آن‌چه مشخص است، این سازگاری‌ها می‌تواند از طریق پروتکل‌های تمرینی متعدد بهبود یابند. بنابراین احتمالاً ترکیبی از فعالیت هوازی و مقاومتی مانند تمرینات عملکردی، ممکن است بیشترین فایده را داشته‌باشند. تمرینات عملکردی از فعالیت‌های هوازی تک ساختاری (مثل دویدن و قایقرانی)، حرکات تحمل وزن بدن (اسکات و شنا سوئدی) و حرکات وزنه‌برداری (پرس سرشانه، لیفت‌مرده، و ...) تشکیل شده‌اند (۱۳، ۱۴). نشان داده‌شده است که متعاقب انجام تمرین ترکیبی میزان میوستاتین به‌طور معناداری کاهش می‌یابد (۱۰).

از طرف دیگر مطالعات نشان‌دهنده آن است که تمرین و فعالیت بدنی آثار مطلوبی بر ترکیب بدن دارند که با توجه به نوع تمرین این سازگاری‌ها می‌توانند متفاوت باشد (۱۵). تمرین مقاومتی از کاهش توده عضله اسکلتی و عملکرد آن جلوگیری می‌کند (۱۶) و تمرینات عملکردی علاوه‌بر تقویت عضلانی منجر به کاهش درصد چربی بدن می‌گردد (۱۷). بنابراین یک استراتژی تمرینی مناسب با توجه به شرایط فیزیولوژیک افراد حائز اهمیت است.

از این‌رو، با عنایت به موارد عنوان‌شده و با توجه به محدودیت مطالعات در این زمینه، جهت روشن‌تر شدن اثر شیوه‌های تمرینی متفاوت بر میزان میوستاتین و ترکیب‌بدن، این مطالعه با هدف تعیین و مقایسه تاثیر دو شیوه تمرینی مقاومتی و عملکردی بر مقادیر میوستاتین و ترکیب‌بدن در مردان کم‌تحرک انجام شد.

روش‌کار

پژوهش حاضر نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون با دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل بود. جامعه آماری پژوهش، شامل کلیه مردان کم‌تحرک ۱۸–۲۸ ساله شهر اصفهان در سال ۱۴۰۱بودند. جهت گزینش آزمودنی‌ها بعد از فراخوان در گروهای اجتماعی با استفاده از روش نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند (افراد واجد شرایط بر اساس معیارهای ورود به مطالعه)، نمونه‌ای به حجم ۴۵ نفر که واجد شرایط لازم برای ورود به پژوهش بودند، انتخاب شدند و با استفاده از روش تصادفی سیستماتیک در ۳ گروه ۱۵ نفره (دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل) طبقه‌بندی شدند. این حجم نمونه با استفاده از نرم افزار جی پاور (G*Power) محاسبه گردید. از طریق ارزیابی کلی با آزمون نیویورک (New York test) بر طبق معیارهای ورود و خروج حداقل اندازه نمونه ۳۶ نفر (دوازده نفر در هر گروه) با احتساب آلفای ۵٪ بتای ۸۰٪ و اندازه اثر ۰/۳۰ به‌دست آمد، ولی با احتمال افت نمونه‌ها در مراحل مختلف تحقیق، تعداد ۱۵ نفر در هر گروه در نظر گرفته‌شد (۱۸).

معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از؛ تکمیل فرم رضایت شرکت داوطلبانه، مردان سالم کم‌تحرک، ۱۸–۲۸ سال، نداشتن هرگونه بیماری قلبی عروق و دیابت، عدم محدودیت ارتوپدی/ عصبی، عدم استعمال دخانیات، عدم استفاده از دارو و عدم مصرف الکل و معیارهای خروج شامل؛ سابقه آسیب، معلولیت جسمی، ممنوعیت پزشکی یا مشکل ارتوپدی، و غیبت بیش از دو جلسه در جلسات تمرینی بود. پس از هماهنگی لازم، آزمودنی‌ها در زمینه طرح تحقیق کاملاً توجیه شدند و فرم رضایت در مطالعه را تکمیل نمودند. به‌منظور رعایت اصول اخلاقی پژوهش، مشخصات فردی آزمودنی‌ها محرمانه نگه داشته‌شد و به آنها اطمینان داده‌شد که آزاد خواهند بود هر زمان که بخواهند، از پژوهش خارج شوند.

برای اجرای طرح ابتدا اندازه‌گیری قد، وزن، شاخص توده بدنی و خون‌گیری به‌عنوان پیش‌آزمون از طریق ابزارهای پژوهش، انجام شد. سپس گروه‌های آزمایش پروتکل تمرینی را اجرا کردند. گروه کنترل در این مدت برنامه تمرینی نداشتند و در نهایت پس از اتمام دوره تمرینی، از طریق همان ابزارهای اندازه‌گیری، پس‌آزمون اجرا شد.

به‌منظور ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون (پس از ۸ هفته تمرین) جمع‌آوری شد. در مرحله پیش‌آزمون یک روز قبل از

شروع برنامه تمرینی و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، نمونه خونی در فاصله زمانی ۸ الی ۱۰ صبح توسط تکنسین آزمایشگاهی و با رعایت نکات استریل از ورید بازویی دست راست آزمودنی‌ها در حالت نشسته، با حجم ۵ سی‌سی گرفته‌شد. همچنین در مرحله پس‌آزمون نیز جهت جلوگیری از تأثیر حاد تمرین بر متغیرهای مورد مطالعه پس از گذشت ۲۴ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مانند مرحله پیش‌آزمون بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی در همان بازه زمانی ۸ الی ۱۰ صبح خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خونی بلافاصله در یونولیت محتوی یخ خشک قرار داده‌شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. میوستاتین سرمی با استفاده از کیت تولیدی شرکت باستر ساخت آمریکا به‌روش الایزا با حساسیت یک‌دهم نانوگرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری و غلظت نمونه‌ها با دامنهٔ جذب ۴۵۰ نانومتر در ELISA reader خوانده شد (۱۱).

به‌علاوه، برای اندازه‌گیری قد از قدسنج آلمانی، SECA model 210 با دقت ۳ میلی‌متر و برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال، KEEP FIT model 6657 ساخت کشور چین با دقت ۰/۱ کیلوگرم استفاده شد. برای محاسبه BMI هم از فرمول kg/m2 (وزن به کیلوگرم تقسیم بر توان دوم قد به متر) استفاده گردید. همچنین درصد چربی بدن با اندازه‌گیری ضخامت پوست در سه ناحیه پشت بازو، روی ران و فوق‌خاصره آزمودنی‌ها با استفاده از کالیپر (system 85310, Saehan, Power 10gms/mm, South Korea) و به‌روش جکسون–پولاک و اندازه‌گیری توده بدون‌چربی نیز با استفاده از دستگاه Inbody مدل ۲۷۵ ساخت کشور کره جنوبی انجام‌شد (۱۹).

لازم به‌ذکر است که سطح فعالیت‌بدنی شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر با استفاده از نسخه کوتاه پرسش‌نامه بین‌المللی فعالیت بدنی (International Physical Activity Questionnaire, IPAQ) اندازه‌گیری شد و شرکت‌کنندگانی برای مطالعه انتخاب شدند که سطح فعالیت بدنی آن‌ها کم بود. ابزار سنجی نسخه ایرانی این پرسش‌نامه توسط مقدم و همکاران بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده شاخص روایی محتوایی به‌میزان ۰/۸۵ و نسبت روایی محتوایی به‌میزان ۰/۷۷و حاکی از روایی محتوایی مطلوب بود. همچنین همسانی درونی آن با توجه به ضریب آلفای کرونباخ مساوی ۰/۷ و رضایت‌بخش بود و ضریب همبستگی اسپیرمن به میزان ۰/۹ نشان‌دهنده مطلوبی از لحاظ پایایی آزمون- بازآزمون بود (۲۰). در این پرسش‌نامه ۵ سوال مربوط به تعداد دفعات و مدت زمان صرف‌شده در یک هفته گذشته برای انجام پیوسته۱۰دقیقه فعالیت‌های بدنی شدید (فعالیت بدنی نیازمند به‌قوه بدنی زیاد که موجب نفس کشیدن بسیار شدیدتر از حالت عادی می‌شود)، فعالیت‌های بدنی متوسط (فعالیت بدنی نیازمند به‌قوه بدنی متوسط که موجب نفس کشیدن کمی تندتر از حالت عادی می‌شود)، و فعالیت‌های بدنی کم (پیاده‌روی و فعالیت‌های مرتبط با نشستن) پرسیده‌می‌شود. پاسخ فرم کوتاه پرسش‌نامه بین‌المللی فعالیت بدنی براساس نمرات MET (یک مت برابر با ۳/۵ میلی‌لیتر اکسیژن به ازای هر کیلو گرم وزن بدن در دقیقه می‌باشد) دسته‌بندی شده‌است که افراد را به سه گروه با فعالیت کم (کمتر از ۶۰۰ مت)، فعالیت متوسط (بین ۶۰۰ تا ۳۰۰۰ مت) و با فعالیت بالا (بیشتر از ۳۰۰۰ مت) طبقه‌بندی می‌کند (۲۱).

پروتکل‌های تمرینی

پروتکل تمرین عملکردی

پروتکل تمرین عملکردی به‌مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه و هر جلسه به‌مدت ۴۰ تا ۵۰ دقیقه اجرا شد. مراحل تمرین شامل؛ ۱۰ دقیقه گرم‌کردن به‌صورت دویدن با شدت کم، حدود ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه و حرکات کششی در ابتدای جلسه؛ پروتکل تمرینات مقاومتی یکپارچه، شامل تمرینات همزمان اندام فوقانی و تحتانی، حرکات چند صفحه‌ای، تمرینات ثبات‌مرکزی، هماهنگی‌حرکتی و تعادل بود. این برنامه در یک طرح دایره‌ای با ۸ ایستگاه (تمرین)، ۴۰ ثانیه تمرین، ۲۰ ثانیه استراحت، ۳ تکرار، در مجموع ۲۵ دقیقه انجام‌شد. شدت تمرینات بر اساس شاخص درک‌فشار ۶–۷ (۰–۱۰) مقیاس‌بورگ (Borg rating of Perceived Exertion Scale, RPE) برآورد می‌شد. همچنین ۱۰ دقیقه سرد کردن شامل؛ دویدن نرم و حرکات کششی در پایان هر جلسه تمرین اجرا شد (۲۲) (جدول ۱).

جدول ۱. پروتکل تمرین عملکردی

هفته‌ها	تمرین ها
۱ و ۵	ایستادن و نشستن با آرنج خم (Sit-to-stand with elbow flexion)
	شنا (Push-ups)
	کرانچ با چرخش (Crunches with rotation)
	چرخش دمبل (Dumbbell swing)
	کشیدن به پایین با اسکات (Front pull down with squat)
	حرکت فیله کمر با وزنه روی سرشانه از پشت ("Good morning")
	باز شدن لگن همراه با بالا بردن پا (Side-lying hip abduction)
	Airplane
۲ و ٦	حرکت کول با سومو اسکات (Upright row with sumo squat)
	فلای دمبل با کشیدن لگن به بالا (Dumbbell fly with pelvic elevation)
	چرخش تنه با باند الاستیک (Elastic trunk rotation)
	نشر نظامی با لانج از بغل (Front raise with side lunge)
	پارویی به حالت شیب‌دار (Suspended row)
	خم شدن زانو همراه با خم شدن آرنج (Knee flexion with elbow flexion)
	خم شدن تنه به طرفین (Trunk lateral flexion)
	ایستادن روی یک پا با چشم بسته (Single leg balance with eyes closed)
۳ و ۷	اسکات تراست (Squat thruster)
	فلکشن لگن با آرنج خم (Hip flexion with elbow flexion)
	کرانچ با توپ (Ball crunch)
	نشر جانب با لانج (Side lateral raise with lunge)
	پارویی زیربغل (Horizontal row)
	ددلیفت با وزنه (Stiff leg deadlift)
	پرس نیمکت (Bench press)
	ایستادن روی یک پا با چشم بسته (Single leg balance with eyes closed)
٤ و ٨	پرس نیمکت ایستاده (Standing bench press)
	سومو اسکات (Sumo squat)
	پارویی زیربغل (Horizontal row)
	کرانچ (Crunch)
	Push forward
	اکستنشن لگن (Hips extension)
	آبداکشن و آداکشن شانه (Shoulder abduction/adduction)
	چرخش تنه (Trunk rotation)

پروتکل تمرین مقاومتی

پروتکل تمرین مقاومتی به‌صورت دایره‌ای به‌مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه اجرا شد. مراحل تمرین مقاومتی دایره‌ای عبارت بود از؛ ۱۰ دقیقه گرم‌کردن به‌صورت دویدن با شدت کم، حدود ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه و حرکات کششی در ابتدای جلسه، پروتکل تمرینی اختصاصی و در نهایت ۱۰ دقیقه دویدن نرم و حرکات کششی در پایان هر جلسه تمرین.

این پروتکل به‌صورت دایره‌ای، شامل ۸ ایستگاه طراحی شد و چند روز قبل از آزمون، جلساتی توجیهی برای آشنایی با ایستگاه‌های تمرینی، اصول صحیح تمرین با وزنه، حجم و شدت تمرین، تعداد تکرارها و زمان استراحت بین دستگاه‌ها و دوره‌ها برگزار شد.

جهت اعمال شدت تمرین آزمون یک تکرار بیشینه قبل از مداخله تمرین و پس از ۴ هفته مداخله مجددا محاسبه شد. یک تکرار بیشینه از طریق فرمول (تعداد تکرارها ×۳۳/۰)+ ۱) × مقدار وزنه = 1RM محاسبه شد. برنامه تمرینی مقاومتی به‌صورت افزایشی با ۶۵٪ (1RM) شروع و در هفته هفتم و هشتم به ۸۰٪ (1RM) افزایش‌یافت (۲۳) (جدول ۲).

جدول ۲. پروتکل تمرینات مقاومتی

هفته	تمرینات اصلی	شدت	تکرار
اول	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۶۵ (1RM)	۸ تکرار ۴ نوبت
دوم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۶۵ (1RM)	۸ تکرار ۴ نوبت
سوم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۷۰ (1RM)	۹ تکرار ۴ نوبت
چهارم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۷۰ (1RM)	۹ تکرار ۴ نوبت
پنجم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۷۵ (1RM)	۱۰ تکرار ۳ نوبت
ششم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۷۵ (1RM)	۱۰ تکرار ۳ نوبت
هفتم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۸۰ (1RM)	۱۱ تکرار ۲ نوبت
هشتم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	٪۸۰ (1RM)	۱۱ تکرار ۲ نوبت

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده‌گردید و دادها بر اساس میانگین و انحراف معیار گزارش شدند. از آزمون شاپیروویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و از آزمون لوین برای بررسی برابری واریانس استفاده‌شد ($p\geq$۰/۰۵). علاوه براین، جهت آزمون معناداری تفاوت‌های میانگین گروه‌ها (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) از روش آماری تجزیه و تحلیل کواریانس چند متغیری و آزمون تعقیبی بنفرونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS-24 در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

در جدول ۳ شاخص‌های میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف ارائه شده‌است.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که هر دو روش تمرینی بر کاهش میوستاتین مردان کم‌تحرک تاثیر معناداری داشتند ($p<$۰/۰۰۱ و $p<$۰/۰۵). همچنین مشاهده می‌شود که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۴۱ در میوستاتین مردان کم‌تحرک تفاوت معناداری وجود دارد ($F=$۱۴/۵۳، $p<$۰/۰۰۱).

نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل میوستاتین پایین‌تری داشتند ($p<$۰/۰۰۱ و $p<$۰/۰۵)، اما کاهش این متغیر در گروه تمرین عملکردی نسبت به گروه تمرین مقاومتی بیشتر بود.

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که هر دو روش تمرینی بر افزایش توده بدون‌چربی مردان کم‌تحرک تاثیر معناداری داشتند ($p<$۰/۰۰۱). همچنین مشاهده می‌شود که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۴۳ در توده بدون‌چربی مردان کم‌تحرک تفاوت معناداری وجود دارد ($F=$۱۵/۴۷، $p<$۰/۰۰۱). به‌علاوه، هر دو روش تمرینی بر کاهش درصد چربی مردان کم‌تحرک تاثیر معناداری داشتند ($p<$۰/۰۰۱). افزون‌بر این، مشاهده می‌شود که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۵۸ در درصد چربی مردان کم‌تحرک

تفاوت معناداری وجود دارد (F=۲۸/۴۸ ،p<۰/۰۰۱).

نتایج آزمون تعقیبی نشان داد که هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل توده بدون‌چربی بالاتری‌داشتند (p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۵)، اما افزایش این متغیر در گروه تمرین عملکردی نسبت به گروه تمرین مقاومتی بیشتر بود. همچنین هر دو گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل درصد چربی کمتری داشتند (p<۰/۰۰۱ و p<۰/۰۵)، اما کاهش این متغیر در گروه تمرین عملکردی نسبت به گروه تمرین مقاومتی بیشتر بود.

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها

گروه	تعداد	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)
تمرین عملکردی	۱۵	۲۲/۹۳±۳/۷۵	۱۷۶/۸۰±۶/۴۸	۷۶/۶۰±۴/۷۲	۲۴/۶۳±۲/۸۴
تمرین مقاومتی	۱۵	۲۳/۱۶±۳/۴۴	۱۷۴/۸۰±۵/۸۵	۷۵/۵۳±۵/۹۲	۲۳/۹۹±۱/۹۵
کنترل	۱۵	۲۳/۲۰±۳/۲۵	۱۷۵/۷۳±۶/۴۰	۷۷/۴۰±۵/۵۶	۲۴/۳۵±۲/۷۴

جدول ٤. تغییرات بین گروهی و درون‌گروهی میوستاتین (نانوگرم بر میلی‌لیتر) بر اساس آزمون کوواریانس

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تفاوت‌های درون‌گروهی		تفاوت‌های بین‌گروهی		
			مقدار t	p	مقدار F	p	اندازه اثر
تمرین عملکردی	۷۴/۶۶±۱۵/۹۸	۴۷/۰۶±۱۳/۲۴	-۶/۴۷	۰/۰۰۱ ^			
تمرین مقاومتی	۷۳/۷۳±۱۵/۶۸	۵۹/۴۰±۱۴/۳۷	-۲/۹۲	۰/۰۱۱ ^	۱۴/۵۳	۰/۰۰۱	۰/۴۱
کنترل	۷۳/۹۳±۱۳/۸۹	۷۱/۴۰±۱۴/۴۴	۰/۴۶	۰/۶۴			

^: تفاوت‌های معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ *: تفاوت معنادار بین سه گروه؛ t= تفاوت‌های درون‌گروهی؛ F=آماره آزمون (تفاوت‌های بین‌گروهی)؛ p=سطح معناداری

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه میوستاتین گروه‌ها

گروه		اختلاف میانگین	سطح معناداری
تمرین عملکردی	**تمرین مقاومتی**	۱۲/۳۴	۰/۰۲۷
	کنترل	۲۴/۳۴	۰/۰۰۱
تمرین مقاومتی	**کنترل**	۱۲/۰۰	۰/۰۳۶

جدول ٦. تغییرات بین‌گروهی و درون گروهی ترکیب‌بدن بر اساس آزمون کوواریانس

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تفاوت‌های درون‌گروهی		تفاوت‌های بین‌گروهی		
				مقدار t	p	مقدار F	p	اندازه اثر
توده بدون چربی (Kg)	تمرین عملکردی	۴۴/۵۳ ±۳/۰۴	۵۰/۴۰ ±۴/۲۲	-۴/۲۹	۰/۰۰۱ ^	۱۵/۴۷	۰/۰۰۱*	۰/۴۳
	تمرین مقاومتی	۴۳/۲۰±۳/۴۴	۴۷/۱۳±۳/۳۹	-۴/۲۴	۰/۰۰۱ ^			
	کنترل	۴۴/۷۳±۲/۹۶	۴۵/۹۳±۳/۵۷	۰/۶۸	۰/۵۰			
درصد چربی (Kg)	تمرین عملکردی	۱۹/۰۶ ±۳/۲۶	۱۳/۴۰ ±۱/۸۴	۵/۸۴	۰/۰۰۱ ^	۲۸/۴۸	۰/۰۰۱*	۰/۵۸
	تمرین مقاومتی	۱۸/۱۳±۲/۷۹	۱۴/۶۰±۱/۹۹	۶/۲۶	۰/۰۰۱ ^			
	کنترل	۱۸/۵۳±۳/۳۱	۱۷/۱۳±۲/۷۲	۱/۱۰	۰/۲۹			

^: تفاوت‌های معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ *: تفاوت معنادار بین سه گروه؛ **t**= تفاوت‌های درون‌گروهی؛ **F**= آماره آزمون (تفاوت‌های بین‌گروهی)؛ **p**= سطح معناداری

جدول ۷. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه ترکیب بدن گروه‌ها

متغیر	گروه	گروه	اختلاف میانگین	سطح معناداری
توده بدون‌چربی (Kg)	تمرین عملکردی	تمرین مقاومتی	۳/۲۷	۰/۰۳۲*
		کنترل	۴/۴۷	۰/۰۰۱*
	تمرین مقاومتی	کنترل	۱/۲	۰/۰۰۳*
درصد چربی (Kg)	تمرین عملکردی	تمرین مقاومتی	-۱/۲۰	۰/۰۴۷*
		کنترل	-۳/۷۳	۰/۰۰۱*
	تمرین مقاومتی	کنترل	-۲/۵۳	۰/۰۰۱*

*: تفاوت معنادار دو به دو گروه‌ها

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هر دو روش تمرینی (مقاومتی و عملکردی) بر کاهش میوستاتین و درصد چربی بدن و افزایش توده بدون‌چربی مردان کم‌تحرک تاثیر معناداری داشتند. اما تغییر این شاخص‌ها در گروه تمرین عملکردی بیشتر بود.

همسو با این یافته‌ها، کریمی و همکاران در پژوهشی نشان دادند که تمرین مقاومتی باعث کاهش معنادار سطوح سرمی میوستاتین بدن‌سازان می‌گردد (۹). همچنین، شیرزاد و همکاران گزارش کردند که ۸ هفته تمرین مقاومتی باعث کاهش معنادار میوستاتین مردان گردید (۱۰). باقری و همکاران هم کاهش میوستاتین و افزایش توده‌بدن را بعد از ۸ هفته تمرین ورزشی مشاهده‌کردند (۲۴). Konopka و همکاران نیز کاهش مقادیر میوستاتین بعد از ۱۲ هفته تمرینات هوازی را گزارش‌کردند (۲۵).

ولی در تضاد با این یافته‌ها، Yunan Zhou و همکاران پس از ۱۲ ماه تمرین ترکیبی قدرتی-استقامتی و تعادلی-استقامتی، افزایش میوستاتین و توده بدون‌چربی بدن و کاهش توده چربی بدن را در بیماران کلیوی گزارش‌کردند (۲۶). علاوه‌بر این، کاظمی‌پور و همکاران نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با باند کشی بر سطوح میوستاتین زنان تاثیر معناداری ندارد (۱۱). در مطالعه دیگری شیخی‌پیرکوهی و همکاران نشان دادند که تمرینات عملکردی با انسداد جریان خون بر افزایش میوستاتین تاثیر معناداری دارد (۲۷). به‌علاوه، Willoughby و همکاران افزایش مقادیر میوستاتین در پاسخ به ۱۲ هفته تمرین مقاومتی را گزارش‌کردند (۲۸).

ناهمخوانی نتایج در مطالعات مختلف می‌تواند ناشی از نوع آزمودنی‌ها، زمان نمونه‌گیری، روش نمونه‌گیری، مدت، شدت و طول دوره تمرینی باشد.

میوستاتین عامل رشدی و تنظیم‌کنندهٔ منفی فرآیند عضله‌سازی است که به‌طور ویژه در عضلهٔ اسکلتی بیان می‌شود (۲۹). اضافه‌براین، مشاهده شده‌است که مهار سیگنال‌دهی میوستاتین در عضلات اسکلتی باعث کاهش درصد چربی و افزایش توده عضلانی در موش‌های چاق می‌شود (۳۰). احتمالا، کاهش میوستاتین متعاقب با تمرینات مقاومتی و عملکردی در مطالعه حاضر را می‌توان به تاثیر مثبت ژن‌های هایپرتروفی و کنترل میوستاتین توسط آنها دانست. زیرا فعال‌سازی میوستاتین باعث غیرفعال شدن مسیر هایپرتروفی عضلانی می‌شود (۳۱).

هنگام انقباض عضلات و کشش پروتئین‌های انقباضی ناشی از تمرینات ورزشی، مجموعه‌ای از سیگنال‌ها فعال می‌شوند که به تعادل منفی در پروتئین میوستاتین منجر می‌شود. بنابراین، احتمالاًکاهش مقادیر سرمی میوستاتین در نتیجهٔ انقباض عضلانی، نمایانگر بهبود وضعیت متابولیکی عضلهٔ اسکلتی است که این وضعیت می‌تواند تحت تأثیر سایتوکین‌ها به‌ویژه IL-15 نیز قرار گیرد (۳۲).

یکی از سازوکارهای که می‌تواند در اثر تمرینات مقاومتی و عملکردی بر تغییرات میوستاتین نقش داشته‌باشد، افزایش هورمون رشد شبه انسولین ناشی از تمرین است (۳۳). افزایش میزان این هورمون موجب کاهش فعالیت مسیر Fox1 (مسیر مهم در تجزیه و آپوپتوز) و در نتیجه کاهش تعداد و حساسیت گیرنده‌های سرین-تروئونینی اکتیوینی نوع (Act R-AII یا Act-IIB) می‌گردد که با کاهش تولید و ترشح میوستاتین

همراه‌است (۳۴). این کاهش را می‌توان به نظریه خود تنظیمی میوستاتین نسبت داد که نشان می‌دهد، پروتئین میوستاتین در یک حلقه بازخورد منفی و از طریق یک مسیر سیگنالی وابسته به smad-7 موجب کاهش نسخه‌برداری، ترجمه و بیان ژن میوستاتین سلول‌های عضلانی می‌گردد که متعاقب آن میزان پروتئین پلاسما کاهش می‌یابد. این سازوکار در چندین ساعت پس از اعمال محرک ورزشی در عضله اسکلتی فعال‌می‌شود (۳۴).

علاوه‌بر این، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات مقاومتی و عملکردی بر کاهش درصد چربی و افزایش توده بدون‌چربی بدن تاثیر معناداری دارند. پیش از این بسیاری از مطالعات نشان داداند که هر دو تمرین استقامتی و مقاومتی منظم در حفظ توده عضلانی و کاهش بافت چربی مفید هستند (۳۵، ۳۶). ولی گزارش شده‌است تمرین ترکیبی موثرترین روش در بهبود پیامدهای مرتبط با سلامت متابولیک بدن در جمعیت‌های متفاوت است که نشان‌دهنده کارایی بالاتر مداخلات ورزشی چندوجهی مانند تمرینات عملکردی در مقایسه با تمرین تک‌وجهی مانند تمرین مقاومتی است (۳۶). در همین راستا، بهره‌مند و همکاران نشان دادند که درصد چربی بدن در اثر تمرینات کراسفیت (Cross Fit) و ترکیبی (هوازی+ مقاومتی) کاهش می‌یابد (۳۷). علاوهبر این، Poudevigne و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر تمرینات عملکردی بر عوامل جسمانی و فیزیولوژیکی آتش‌نشانان پرداختند و گزارش کردند که تمرینات عملکردی بر کاهش درصد چربی بدن تاثیر معناداری دارد (۳۸). Cavedon و همکاران نیز این یافته‌ها را تایید کرده‌اند (۳۹). Sobrero و همکاران هم در مطالعه‌ای با هدف مقایسه تاثیر تمرینات عملکردی و تمرینات دایره‌ای عنوان کردند که هر دو نوع تمرین باعث افزایش توده عضلانی می‌شود، ولی تنها در گروه تمرینات عملکردی کاهش درصد چربی بدن مشاهده‌شد (۴۰). این یافته‌ها نشان می‌دهد که انواع تمرینات ورزشی بر بهبود ترکیب‌بدن موثر هستند. یکی از مهم‌ترین دلائل این موضوع افزایش قابلیت اکسیداسیون چربی از طریق افزایش آنزیم های بتااکسیداسیون به‌دنبال تمرینات ورزشی‌است (۳۶).

علاوه‌بر این، اجرای تمرینات مقاومتی حتی با استفاده از وزن‌بدن مانند آن‌چه در تمرینات عملکردی اتفاق‌می‌افتد، می‌تواند توده بدون‌چربی بدن و توده عضلانی را به‌میزان قابل‌توجهی افزایش دهد و با افزایش نیروی مقاوم با تحریک بیشتر عضلات، هایپرتروفی بیشتری ایجاد خواهد شد و درنتیجه این سازو کارها ترکیب‌بدن بهبود خواهد یافت، هر چند این مزایا بسته به نوع تمرینات متفاوت است (۴۱). به‌طوری که در مطالعه حاضر افزایش توده بدون‌چربی و کاهش چربی بدن در تمرینات عملکردی نسبت به تمرینات مقاومتی بیشتر بود. احتمالا در تمرینات عملکردی به‌طور همزمان عضلات نسبتا زیادی درگیر حرکت می‌شوند، به‌جای تحریک عضله‌ای خاص، گروه‌های عضلانی تحریک می‌شوند و درنتیجه سنتز عضلانی کامل‌تر و بیشتری حاصل می‌شود. علاوه‌بر این، احتمالا برنامه‌های تمرینی که از تمرینات مرکب در دامنه‌ای از شدت و با مدت زمان متفاوت و حرکات انفجاری استفاده‌می‌کنند، می‌توانند از نظر توسعه فشار متابولیکی و افزایش فاکتورهای رشدی برای بهبود میزان توده بدون‌چربی بدن موثرتر باشند. از سویی‌دیگر، در تمرینات عملکردی استفاده از حرکات هوازی رایج‌است؛ از این‌رو، چربی‌سوزی بیشتری در مقایسه با تمرینات مقاومتی اتفاق می‌افتد و این مزایای باعث بهبودی بیشتری در ترکیب‌بدن نسبت به تمرینات مقاومتی می‌شود. این یافته‌ها بدون شک پشتیبانی قوی برای تمرین عملکردی به‌عنوان یک روشی موثر برای از دست دادن چربی و کسب عضله فراهم‌می‌کند. درنتیجه، جایی که هدف هم افزایش توده عضلانی و هم کاهش سطح محتوای چربی است، تمرین هوازی و تمرین مقاومتی به‌طور مستقل کافی به‌نظر نمی‌رسند. از این‌رو، در چنین شرایطی ترکیب این دو روش تمرینی، می‌تواند با بهبود ظرفیت هوازی، افزایش توده عضلانی، کاهش درصد چربی بدن و ایجاد ترکیب‌بدن مطلوب، فواید سلامتی خیلی بیشتری را همراه داشته‌باشد (۱۳). همچنان که مزیت اصلی تمرین عملکردی در این واقعیت نهفته‌است که می‌تواند چندین سیستم بدن را در یک جلسه و با افزایش توان هوازی و ظرفیت بی‌هوازی، استقامت، توان و قدرت عضلانی، در حالی که بر ترکیب‌بدن و ظرفیت کار تأثیر مثبت دارد، به چالش بکشد (۱۳).

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به دوره تمرینی این مطالعه که ۸ هفته بود، اشاره کرد، احتمالاً دوره‌های تمرینی بلند مدت موثرتر باشند. ضمن این‌که این مطالعه روی مردان جوان با وضعیت طبیعی اجرا شد، لذا تعمیم نتایج آن به سایر

گروه‌ها سنی با شرایط ویژه مانند افراد چاق باید با احتیاط صورت‌گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هر دو روش تمرینی بر کاهش میوستاتین و درصد چربی بدن و افزایش توده بدون‌چربی مردان کم‌تحرک تاثیر معناداری داشتند. اما تغییرات این متغیرها در گروه تمرین عملکردی بیشتر بود. از این‌رو، به مربیان، ورزشکاران و باشگاه‌های تندرستی پیشنهاد می‌گردد از هر دو نوع تمرین در جهت بهبود ترکیب‌بدن استفاده کنند، ولی تمرینات عملکردی با توجه به شرایط ارجحیت دارد. به‌علاوه، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی به بررسی رابطه تغییرات میوستاتین و افزایش توده بدون‌چربی بدن و عملکرد جسمانی پرداخته‌شود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه ازاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) است که با کد اخلاق به شناسه IR.IAU.KHSH.REC.1401.081 به ثبت رسیده‌است. بدین‌وسیله از همکاران و به‌خصوص از آزمودنی‌های شرکت‌کننده که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

References

1. Chal J, Pourquie Oa-O. Making muscle: skeletal myogenesis in vivo and in vitro. Development. 2017; 144: 2104-22.
2. Ten Broek RW, Grefte S, Von den Hoff JW. Regulatory factors and cell populations involved in skeletal muscle regeneration. Journal of Cellular Physiology. 2010; 224(1): 7-16.
3. Britto FA, Gnimassou O, De Groote E, Balan E, Warnier G, Everard A, et al. Acute environmental hypoxia potentiates satellite cell-dependent myogenesis in response to resistance exercise through the inflammation pathway in human. The FASEB Journal. 2020;34(1):1885-900.
4. Amthor H, Otto A, Vulin A, Rochat A, Dumonceaux J, Garcia L, et al. Muscle hypertrophy driven by myostatin blockade does not require stem/precursor-cell activity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2019; 106(18): 7479-84.
5. Shi X, Garry DJ. Muscle stem cells in development, regeneration, and disease. Genes and Development. 2016; 20(13): 1692-708.
6. Chang NC, Rudnicki MA. Satellite cells: the architects of skeletal muscle. Current Topics in Developmental Biology. 2014;107:161-81.
7. Schultz E. A quantitative study of satellite cells in regenerated soleus and extensor digitorum longus muscles. The Anatomical Record. 2015; 208(4): 501-6.
8. Bellamy LM. Temporal pattern of type II fibre-specific satellite cell expansion to exercise correlates with human muscle hypertrophy: potential role for myostatin. Presented for the Ph.D., Hamilton, Ontario, Canada. McMaster University. 2012.
9. Karimi R, Fakhrpour R, Zarneshan A. Effect of resistance training with milk protein concentrate (MPC) supplementation on serum levels of follistatin and myostatin and muscle hypertrophy in beginner bodybuilders. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology, 2022; 9(1): 151-63. (in Persian)
10. Shirzad J, Tofighi A, Tolouei azar J, Khadem Ansari M H. Adaptation of irisin, follistatin and myostatin to 8 weeks of resistance, endurance and concurrent training in obese men. Sport Physiology and Management Investigations, 2021; 12(4): 23-41. (in Persian)
11. Kazemipour N, Faramarzi M, Banitalebi E. Effect of elastic-band resistance training on myostatin, follistatin levels in elderly women with osteosarcopenic obesity. Metabolism and Exercise, 2019; 9(2): 117-36. (in Persian)
12. Attarzadeh Hosseini S R, Motahari Rad M, Moien Neia N. The effect of two different intensities resistance training on muscle growth regulatory myokines in sedentary young women. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2016; 19 (7) :56-65.
13. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity functional training (HIFT): definition and research implications for improved fitness. Sports (Basel). 2018;6(3):76.
14. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, de Sá Souza H, Miranda R C, Mezêncio B, et al. Crossfit overview: Systematic review and meta-analysis. Sports Medicine – Open. 2018; 4(11):142-51.

15. Wang S, Zhou H, Zhao C, He H. Effect of exercise training on body composition and inflammatory Cytokine levels in overweight and obese individuals: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Frontiers in Immunology. 2022;13:921085.
16. Amamou T, Normandin E, Pouliot J, Dionne IJ, Brochu M, Riesco E. Effect of a high-protein energy-restricted diet combined with resistance training on metabolic profile in older individuals with metabolic impairments. The Journal of Nutrition, Health and Aging. 2017; 21(1): 67-74.
17. Joummy AJ, Suppiah PK, Samsir MS, dan Pendidikan FP. The effect of high-intensity intermittent functional training towards the aerobic fitness of youth badminton players (Malay). Malaysian Journal of Movement Health and Exercise. 2020; 9(1):149-58.
18. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G* Power 3: A Flexible statistical power analysis program for the social. Behavioral, And Biomedical Sciences. The Journal Behavior Research Methods. 2007; 39(2): 175-91.
19. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1979; 12(3): 175-81.
20. Moghaddam MB, Aghdam FB, Jafarabadi MA, Allahverdipour H, Nikookheslat SD, Safarpour S. The Iranian version of international physical activity questionnaire (IPAQ) in Iran: content and construct validity, factor structure, internal consistency and stability. World Applied Sciences Journal. 2012; 18 (8): 1073-80.
21. Tully MA, Cupples ME. UNISTEP (university students exercise and physical activity) study: a pilot study of the effects of accumulating 10,000 steps on health and fitness among university students. Journal of Physical Activity and Health. 2011; 8(5): 663-7.
22. Banaszek A, Townsend JR, Bender D, Vantrease WC, Marshall AC, Johnson KD. The effects of whey vs. pea protein on physical adaptations following 8-weeks of high-intensity functional training (HIFT): A pilot study. Sports. 2019 4;7(1):12.
23. Kaikkonen H, Yrjämä M, Siljander E, Byman P, Laukkanen R. The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 2000;10(4):211-5 .
24. Bagheri R, Rashidlamir A, Motevalli M.S, Elliott N, Mehrabani J, Wong A. Effects of upper-body, lower-body, or combined resistance training on the ratio of follistatin and myostatin in middle-aged men. European Journal of Applied Physiology. 2019; 119, 1921–31.
25. Konopka AR, Wolff CA, Suer MK, Harber MP. Relationship between intermuscular adipose tissue infiltration and myostatin before and after aerobic exercise training. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2018;315(3):R461-8.
26. Zhou Y, Hellberg M, Hellmark T, Höglund P, Clyne N. Muscle mass and plasma myostatin after exercise training: a substudy of Renal Exercise (RENEXC)-a randomized controlled trial. Nephrology Dialysis Transplantation. 2021;36(1):95-103.
27. Sheikh Pirkohi Z, Zakeri P, Dehkhoda MR, Mirakhori Z, Amani-Shalamzari S.The effect of six weeks of functional training with blood flow restriction on myostatin to folistatin ratio and physical fitness in elderly men. Journal of Applied Exercise Physiology. 2009; 15(30): 227-43.
28. 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.
29. Langley B, Thomas M, Bishop A, Sharma M, Gilmour S, Kambadur R. Myostatin inhibits myoblast differentiation by down-regulating MyoD expression. Journal of Biological Chemistry. 2002;277(51):49831-40.
30. Guo T, Jou W, Chanturiya T, Portas J, Gavrilova O, McPherron AC. Myostatin inhibition in muscle, but not adipose tissue, decreases fat mass and improves insulin sensitivity. PLoS One. 2009;4(3):e4937.
31. Latres E, Pangilinan J, Miloscio L, Bauerlein R, Na E, Potocky TB, et al. Myostatin blockade with a fully human monoclonal antibody induces muscle hypertrophy and reverses muscle atrophy in young and aged mice. Skelet Muscle. 2015;5:34.
32. 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.
33. Suh J, Lee YS. Myostatin inhibitors: panacea or predicament for musculoskeletal disorders? Journal of Bone Metabolism. 2020;27(3):151-65.
34. Kim JS, Cross JM, Bamman MM. Impact of resistance loading on myostatin expression and cell cycle regulation in young and older men and women. American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism. 2005;288(6):E1110-9.
35. Emanuelsson EB, Berry DB, Reitzner SM, Arif M, Mardinoglu A, Gustafsson T, et al. MRI

characterization of skeletal muscle size and fatty nfiltration in long-term trained and untrained individuals. Physiological Reports. 2022;10(14):e15398.
36. Batrakoulis A, Jamurtas AZ, Metsios GS, Perivoliotis K, Liguori G, Feito Y, Riebe D, et al. Comparative efficacy of 5 exercise types on cardiometabolic health in overweight and obese Adults: A Systematic Review and Network Meta-Analysis of 81 Randomized Controlled Trials. Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes. 2022;15(6):e008243.
37. Bahremand M, Hakak Dokht E, Moazzami M. A comparison of CrossFit and concurrent training on myonectin, insulin resistance and physical performance in healthy young women. Archives of Physiology and Biochemistry. 2020:1-7.
38. Poudevigne M, Day C, Campbell E, Mills D, Porter R, Zornosa X, Andre T. Fit for fire: A 10-week low-cost HIFT experiential learning initiative between underrepresented kinesiology undergraduates and hypertensive deconditioned firefighters improves their health and fitness. Education Sciences. 2021; 11(1):33.
39. Cavedon V, Milanese C, Marchi A, Zancanaro C. Different amount of training affects body composition and performance in High-Intensity Functional Training participants. Plos One. 2020;15(8):e0237887.
40. Sobrero G, Arnett S, Schafer M, Stone W, Tolbert TA, Salyer-Funk A, et al. A comparison of high intensity functional training and circuit training on health and performance variables in women: a pilot study. Women in Sport and Physical Activity Journal. 2017;25(1):1-0.
41. Liu X, Gao Y, Lu J, Ma Q, Shi Y, Liu J, et al. Effects of different resistance exercise forms on body composition and muscle strength in overweight and/or obese individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. Frontiers in Physiology. 2022;12:791999.

Comparison the Effects of Two Resistance and Functional Training on Myostatin and Body Composition in Sedentary Men

Received: 22 Mar 2023 Accepted: 18 Jun 2023

Allahyar Arabmomeni [1*], Khodayar Momeni [2], Emad Soltanian [3]
1. Assistant Professor, Department of Sports Sciences, School of Human Sciences, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran 2. Assistant Professor, Department of Sport Management, School of Physical Education & Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran 3. Master of Sport physiology, Department of Sport physiology, School of Physical Education & Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Abstract

Introduction: Changes in myostatin levels and modulation of body composition may help explain the adaptation of these variables in response to exercise. Therefore, the present study was conducted with the aim of comparing the effect of two methods of training, namely, resistance training (RT) and functional training (FT) on myostatin and body composition in sedentary men.

Materials and Methods: In this semi-experimental study, with a pre-test-post-test design and a control group, 45 sedentary men in Isfahan in 2022 were selected based on convenient sampling and were randomly divided into three groups: FT (n= 15), RT (n= 15) and control (n= 15). Both training programs were performed for 8 weeks, three sessions per week, and took 40 to 50 minutes each session.. Blood sampling for the measurement of the myostatin and measuring the percentage of body fat (BF%) and lean body mass (LBM) were done in two phases: pre-test and post-test. The data were analyzed using the Covariance and Bonferroni post hoc tests.

Results: The results of study showed that both training methods had significant effects on decreasing myostatin and BF% and increasing LBM in non-active men ($p<0.001$). However, these changes of variables were higher in the FT group than in the RT group ($p<0.05$).

Conclusion: These results showed the effect of both training methods on decreasing myostatin and BF% and increasing LBM; although these changes were more in FT. Therefore, it is recommended, coaches, athletes and other officials involved in sport exercises use these training methods, especially FT, for the progress of sport performances and improvement of body composition.

Keywords: Resistance Training, Myostatin, Body Composition, Sedentary Men

***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Sports Sciences, School of Human Sciences, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran.
Email: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir **Tel:** +983135559171 **Fax:** +983135559171