Journal of Sport and Exercise Physiology
2024, 17(2): 67-79

Orginal Article

Comparison of the effects of two types of resistance training on the serum levels of factors involved in muscular hypertrophy in healthy young men

Sadegh Cherag Birjandi*, Mojtaba Farhadpour

Department of Physical Education, Islamic Azad University, Bojnoord branch, Bojnoord, Iran

Abstract

Background and Purpose: Myostatin and follistatin are key proteins in muscle tissue regulation, growth, and hypertrophy. This study aimed to investigate the effects of two types of resistance training on the serum levels of myostatin and follistatin and the ratio of follistatin to myostatin in healthy young men.

Materials and Methods: Twenty active young men were randomly divided into two equal groups of pyramid resistance exercises (, Mean±SD; age, 22.3±4.7 years; body mass index, 23.1±3.9 kg/m^2; fat percentage, 27.6±10.7) and inverted pyramid resistance exercises (Mean±SD; age, 21.11±3.55 years; body mass index, 23.2±6.7 kg/m^2; fat percentage, 26.3±13.8). The training lasted for eight weeks and three sessions per week. Each training session included six movements of chest press, leg press, barbell curl, triceps extensions, leg flexions, and leg extensions at an intensity corresponding to 100-50% of one maximum repetition in the pyramid resistance training group and at an intensity of 50-100% of one maximum repetition in the inverted pyramid resistance training group. Data analyses were carried out by using dependent t-test and ANCOVA at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results: Data analyses showed that eight weeks of pyramid and inverted pyramid resistance training caused a significant decrease in the serum level of myostatin (P=0.004,P=0.01, respectively) and a significant increase in the serum level of follistatin (p = 0.001, P=001), and the ratio of follistatin to myostatin (P=0.001, P=0.001) in healthy men. The results for ANCOVA analyses showed that there is no significant difference between the two groups for serum levels of myostatin, follistatin, and the ratio of follistatin to myostatin (p>0.05).

Conclusion: Pyramid and reverse pyramid resistance training were associated with an increase in follistatin, the ratio of follistatin to myostatin, and a decrease in myostatin. Since, we found no significant difference between the experimental groups, it could be concluded that in young men these training protocols may lead to muscular hypertrophy similarly.

Keywords: Resistance Training, Pyramid Resistance Training, Inverted Pyramid Resistance Training, Myostatin, Follistatin

How to cite this article: Cherag Birjandi S, Farhadpour M. Comparison of the effects of two types of resistance training on the serum levels of factors involved in muscular hypertrophy in healthy young men. J Sport Exerc Physiol. 2024; 17(2):67-79

* Corresponding Author's E-mail: Birjandi@bojnourdiau.ac.ir

https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.235785.1256

Received: 22/05/2024 Revised: 18/06/2024 Accepted: 20/06/2024

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۲، صفحه‌های ۶۷-۷۹

مقاله پژوهشی

مقایسهٔ تأثیر دو نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی عوامل دخیل در هایپرتروفی عضلانی مردان جوان سالم

صادق چراغ بیرجندی* ، مجتبی فرهادپور

گروه تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بجنورد، بجنورد، ایران

چکیده

زمینه و هدف: مایوستاتین و فولیستاتین، پروتئین‌های کلیدی در تنظیم، رشد و هایپرتروفی بافت عضلانی‌اند. هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر دو نوع تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین در مردان جوان سالم بود.

مواد و روش‌ها: ۲۰ مرد جوان فعال به‌طور تصادفی به دو گروه تمرینات مقاومتی هرمی (۱۰ نفر، با میانگین سن ۴/۷±۲۲/۳ سال، شاخص تودهٔ بدنی ۳/۹±۲۳/۱ کیلوگرم بر مترمربع و درصد چربی ۱۰/۷±۲۷/۶) و تمرینات مقاومتی هرمی وارونه (۱۰ نفر، با میانگین سنی ۳/۵۵±۲۱/۱۱ سال، شاخص تودهٔ بدنی ۶/۷±۲۳/۲ کیلوگرم بر مترمربع و درصد چربی ۱۳/۸±۲۶/۳) جایگزین شدند. تمرینات به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه به طول انجامید. هر جلسهٔ تمرینی شامل شش حرکت پرس سینه، پرس پا، جلوبازو، پشت‌بازو، پشت‌ران و جلوران بود که با شدت ۵۰-۱۰۰ درصد یک تکرار بیشینه در گروه تمرین مقاومتی هرمی و با شدت ۵۰-۱۰۰ درصد یک تکرار بیشینه در گروه تمرین مقاومتی هرمی وارونه انجام گرفت. داده‌ها از طریق آزمون آماری تی وابسته و آنووا در سطح معناداری $P\leq$ ۰/۰۵ تجزیه‌وتحلیل شدند.

نتایج: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی هرمی و هرمی وارونه سبب کاهش معنادار سطح سرمی مایوستاتین (P= ۰/۰۰۴ ;P= ۰/۰۱) و افزایش معنادار سطح سرمی فولیستاتین (P= ۰/۰۰۱ ;P= ۰/۰۰۱) و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین (P= ۰/۰۰۱ ;P= ۰/۰۰۱) در مردان سالم شد. نتایج حاصل از تحلیل آنکووا در گروه‌های تمرین مقاومتی هرمی و هرمی وارونه نشان داد که بین سطوح سرمی مایوستاتین، فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین تفاوت معناداری وجود ندارد (P> ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: تمرینات مقاومتی هرمی و هرمی وارونه با افزایش فولیستاتین، نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و کاهش مایوستاتین همراه بود. از آنجایی که بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد، می‌توان نتیجه گیری نمود که در مردان جوان این پروتکل های تمرینی به شکل مشابهی منجر به هایپرتروفی عضلانی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، تمرین مقاومتی هرمی، تمرین مقاومتی هرمی وارونه، فولیستاتین، مایوستاتین

نحوه استناد به این مقاله: چراغ بیرجندی ص، فرهادپور م. مقایسهٔ تأثیر دو نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی عوامل دخیل در هایپرتروفی عضلانی مردان جوان سالم. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۳؛۱۷(۲):۶۷-۷۹.

* رایانامه نویسنده مسئول: Birjandi@bojnourdiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۳۱

مقدمه

مایوکاین‌ها، سایتوکاین‌هایی هستند که توسط میوسیت‌ها سنتز شده و طی انقباض عضلانی آزاد می‌شوند و نقش مهمی در تنظیم عملکرد عضلات دارند (۱). مایوستاتین نوعی عامل ترشحی و یکی از اعضای خانوادهٔ بزرگ عامل رشد بتا، بزرگ‌ترین خانوادهٔ ترشح‌کنندهٔ عوامل رشد است و نقش تنظیمی منفی و کلیدی در رشد و هموستاز عضلهٔ اسکلتی دارد که به‌صورت یک عامل درون‌ریز، پس از بیان در عضلهٔ اسکلتی به گردش خون ترشح می‌شود. مایوستاتین در سطح سلول‌های عضلانی با اتصال به گیرندهٔ اکتیوین نوع IIB تأثیر مهاری خود (مهار تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای) و در نهایت کاهش تودهٔ عضلانی را اعمال می‌کند. دیده شده است که بیان مایوستاتین هنگام دوره‌های بی‌تحرکی افزایش می‌یابد و همچنین مهار مایوستاتین، به افزایش قدرت و تودهٔ عضلانی می‌انجامد (۲). مایوستاتین محور Akt1/mTORC1 را مهار می‌کند که به مهار سنتز پروتئین منجر می‌شود. انتقال FoxOs به هسته نیز توسط مایوستاتین از طریق مهار Akt1 القا می‌شود، که به فعال شدن رونویسی لیگازهای یوبیکوئیتین E3 خاص عضلانی و در نتیجه تسریع تجزیهٔ پروتئین منجر می‌شود. بیان بیش‌ازحد مایوستاتین با مهار پیام‌رسانی Akt1/mTORC1 در داخل بدن موجب تحلیل عضلانی می‌شود (۳). فولیستاتین نیز یکی دیگر از مایوکاین‌هاست که در همهٔ بافت‌ها و به‌ویژه توسط عضلات اسکلتی بیان و ترشح می‌شود. وظیفهٔ اصلی این مایوکاین مهار اعمال پروتئین‌های خانوادهٔ بزرگ عامل رشد بتا، همچون مایوستاتین است (۴). حذف مایوستاتین و بیان بیش‌ازحد فولیستاتین موجب افزایش تودهٔ عضلانی به میزان چهار برابر می‌شود (۵). در واقع مهار مایوستاتین به هایپرتروفی عضلات اسکلتی و کاهش تودهٔ چربی کمک می‌کند. افزایش ترشح فولیستاتین در بدن به‌عنوان یک سازوکار حفاظتی برای تودهٔ عضلانی عمل می‌کند (۴). فولیستاتین و مایوستاتین به‌شدت تحت تأثیر سبک زندگی و میزان فعالیت افراد قرار دارند. همچنین بیان ژن پروتئین مایوستاتین و فولیستاتین تحت تأثیر شرایط گوناگون فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی از جمله سکتهٔ قلبی، آتروفی عضلانی، بی‌وزنی و فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد (۶).

یکی از روش‌های مؤثر و کارامد برای حفظ عملکرد و افزایش تودهٔ عضلانی، اجرای تمرینات مقاومتی است و با عناوینی مانند تمرین قدرتی یا تمرین با وزنه، یکی از محبوب‌ترین شیوه‌های تمرین برای افزایش آمادگی جسمانی و نیز برای آماده‌سازی ورزشکاران است که تأثیرات زیادی بر سلامتی نیز دارد (۷). تأثیر تمرینات مقاومتی به چندین متغیر مانند نوع انقباض عضلانی، شدت و فراوانی تمرین، انتخاب حرکت، نوع وسایل مورد استفاده در تمرین، ترتیب حرکات، دوره‌های استراحت، سرعت انقباض عضلانی و تعداد جلسات تمرین در هفته وابسته است (۶). از بین متغیرهای تمرین مقاومتی، می‌توان به روش هرمی ساده (PLP)، هرمی وارونه (RPLP)، دراپ ست، سوپرست، دایره‌ای و روش‌های دیگر اشاره کرد (۸). دو روش تمرینی هرمی و هرمی وارونه، به‌عنوان متداول‌ترین روش‌های تمرینی در باشگاه‌های بدنسازی برای افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی پذیرفته شده‌اند (۹). از این بین الگوی هرمی رایج‌ترین الگوی باردهی است؛ در این الگو شدت تمرینات همزمان با کاهش تعداد تکرارها به‌تدریج تا مقادیر بیشینه افزایش می‌یابد (۱۰). استفاده از الگوی هرمی، از یک نوبت تا نوبت بعدی با به‌کارگیری تعداد تکرارهای بیشتر در نوبت با بارهای کمتر موجب افزایش زمان تحت تنش قرار گرفتن عضلانی می‌شود. این ادعا بیان می‌کند که ایجاد خستگی بیشتر سبب فراخوانی عمدهٔ واحدهای

حرکتی می‌شود. بر اساس یافته‌ها، بیشترین افزایش در قدرت و حجم عضلانی زمانی حاصل می‌شود که بیشترین واحد حرکتی به‌کار گرفته شود (۱۱). تمرین مقاومتی هرمی احتمالاً به این دلیل که افراد بسیاری شروع تمرین با گرم کردن عضلات را ترجیح می‌دهند، محبوب‌تر از تمرین مقاومتی هرمی وارونه است (۱۲). در الگوی هرمی وارونه، بار از پله‌ای به پلهٔ دیگر کاهش می‌یابد. به نظر بعضی از وزنه‌برداران اروپای شرقی این روش با نیازمندی‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران سازگار است (۱۰). با استفاده از الگوی هرمی وارونه، استفاده از بارهای بیشینه و نزدیک به بیشینه در نوبت‌های اولیهٔ تمرین موجب ایجاد پیش‌فعالی عضلانی می‌شود و با فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر، افزایش قدرت را تحریک می‌کند (۱۱). پژوهش‌های زیادی از هر دو روش حمایت می‌کند. برای نمونه سیاه‌کوهیان و همکاران (۲۰۲۱) بر این باورند تمرین مقاومتی به روش هرمی وارونه در بهبود قدرت بیشینه مؤثرتر از روش هرمی است. شاید بر اساس نتایج تحقیقات پیشین بتوان گفت که الگوهایی با اعمال بار بیشینه مانند تمرین مقاومتی وارونه که در ابتدا موجب خستگی عضلانی و کاهش قدرت می‌شوند، موجب بیش جبرانی می‌شوند و با افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر، قدرت را افزایش می‌دهند و این حالت در تمرین مقاومتی هرمی وجود ندارد (۱۰). از طرفی حشمتی و همکاران (۲۰۲۰) دریافتند میزان هم‌انقباضی عضلات چهارسر ران و همسترینگ در میزان بار همسان در باردهی هرمی به‌طور معناداری بیشتر از باردهی هرمی وارونه بود (۱۱). اما مردانی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که تمرینات مقاومتی هرمی و هرمی وارونه نسبت به هم مزیتی ندارند (۱۳). در کل، روش هرمی (PR)، به‌دلیل ویژگی ذاتی آن در تغییر مقاومت مورد استفاده و تعداد تکرارها، امکان انجام تمرینات با شدت بالاتر را بدون کاهش حجم فراهم می‌کند، بنابراین یک محیط آنابولیک مطلوب برای افزایش هایپرتروفی عضلانی و در نتیجه افزایش قدرت را حفظ می‌کند (۱۴). شناخت اثر تمرینات مقاومتی بر ترشح مایوکاین‌ها می‌تواند به بهینه کردن برنامه‌های فعالیت ورزشی مقاومتی برای اهداف مختلف کمک کند (۷). خلفی و همکاران (۲۰۲۳) دریافتند که تمرین مقاومتی در بزرگسالان برای کاهش مایوستاتین و افزایش فولیستاتین مؤثر است و شاید به هایپرتروفی تودهٔ عضلانی و نتایج متابولیک کمک کند (۱). حسن نتاج و همکاران (۲۰۲۴) نیز گزارش کردند که تمرینات مقاومتی در دو حجم کم و زیاد، در مدت زمان دست‌کم هشت هفته موجب کاهش بیان مایواستاتین، افزایش فولیستاتین و در نتیجه افزایش وزن عضله در بیماران دیابتی می‌شود (۱۵). در کل بیشتر تحقیقات نشان می‌دهند که انجام تمرینات مقاومتی سبب کاهش بیان مایوستاتین و افزایش بیان فولیستاتین می‌شود. دربارهٔ فولیستاتین، پژوهش‌های کمی تغییرات ناشی از فعالیت ورزشی آن را بررسی کرده‌اند. با وجود این نتایج متناقضی نیز وجود دارد (۱۶). با توجه به اهمیت مطالب گفته‌شده، این پژوهش در نظر دارد به مقایسهٔ تأثیر دو نوع تمرین مقاومتی هرمی مختلف بر سطوح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین در مردان جوان سالم بپردازد.

روش پژوهش

جامعهٔ آماری این پژوهش مردان ورزشکار ۱۸ تا ۳۵ سالهٔ یکی از باشگاه‌های بدنسازی شهرستان بیرجند بودند. حجم نمونه ۲۰ نفر تعیین شد که به‌طور متوسط سه سال سابقهٔ انجام فعالیت‌های بدنسازی را داشتند. آزمودنی‌ها داوطلبانه و با تمایل خود در پژوهش شرکت کردند. ملاک انتخاب آزمودنی‌ها، ورزشکار بودن مردان جوان، نداشتن سابقهٔ هیچ‌گونه بیماری مانند بیماری قلبی- عروقی، کلیوی، ریوی، دیابت و تیروئیدی و مصرف نکردن سیگار و الکل و دارو و مکمل بود. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به دو گروه تمرین مقاومتی

هرمی (n=۱۰) و تمرین مقاومتی هرمی وارونه (n=۱۰) تقسیم شدند. همهٔ آزمودنی‌ها برگهٔ رضایت‌نامهٔ کتبی و فرم معاینهٔ پزشکی برای تعیین آمادگی فعالیت بدنی PARmed-X و پرسشنامهٔ آمادگی برای فعالیت بدنی PAR-Q را تکمیل کردند (۱۷). برای اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند قد و وزن از متر نواری و ترازوی دیجیتالی استفاده شد. شاخص تودهٔ بدنی (BMI) از نسبت وزن بر حسب کیلوگرم بر مجذور قد بر حسب متر به‌دست آمد. برای تعیین درصد چربی بدن آزمودنی‌ها، ابتدا ضخامت چربی زیرپوستی در سه نقطهٔ سه‌سر بازو، ران و فوق‌خاصره با استفاده از کالیپر اندازه‌گیری شد (۱۸)، سپس اعداد به‌دست‌آمده در معادلهٔ جکسون و پولاک برای تعیین چگالی بدن در مردان جوان جایگذاری شد (۱۹). با قرار دادن مقدار عددی محاسبه‌شده در معادلهٔ سیری درصد چربی بدن محاسبه شد (۲۰).

۴۵۰- (چگالی بدن ÷ ۴۹۵) = درصد چربی بدن

از معادلهٔ برزیسکی برای تعیین یک تکرار بیشینه (1RM) در تمرینات مقاومتی استفاده شد (۲۱).

$$\text{یک تکرار بیشینه} = \frac{\text{وزنه‌ی جا به جا شده (کیلو گرم)}}{(\text{۰/۰۲۷۸} \times \text{تعداد تکرار تا خستگی}) - \text{۱/۰۲۷۸}}$$

پیش از شروع جلسات تمرینی، از آزمودنی‌ها یک روز پیش از شروع آزمون (۲۴ ساعت پیش از تمرینات) خواسته شد که در سالن بدنسازی دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بیرجند حاضر شوند و ضمن تشریح مراحل و شرایط آزمون، اندازه‌گیری‌های اولیهٔ چون وزن، قد، و قدرت عضلانی انجام گرفت. همهٔ آزمایش‌های مربوط به خون‌گیری از آزمودنی‌ها در دو نوبت پیش از آزمون (۲۴ ساعت پیش از تمرین) و پس از آزمون (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین) در محیط آزمایشگاه و توسط متخصص به‌عمل آمد. خون‌گیری به مقدار پنج میلی‌لیتر از ورید بازویی آزمودنی‌ها گرفته شد. برای اندازه‌گیری سطوح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین از روش الایزا و کیت نمونه‌های انسانی ساخت کمپانی Eastbiopharm چین، با حساسیت ۰/۱ میکرومول در میلی‌لیتر با ضریب تغییر ۵/۸ درصد استفاده شد.

تمرینات به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه اجرا شد. آزمودنی‌ها در گروه تمرین مقاومتی هرمی با استفاده از افزایش تدریجی بار و کاهش تعداد تکرارها تا رسیدن به قدرت بیشینه در نوبت آخر برنامهٔ تمرین مقاومتی را انجام دادند. به این ترتیب چهار تا پنج نوبت اول با شدت ٪۵۰ 1RM برای گرم کردن اختصاصی، نوبت دوم با ٪۸۵ 1RM (تقریباً معادل شش تکرار)، نوبت سوم با ٪۹۰ 1RM (معادل سه تا چهار تکرار) و نوبت چهارم با ٪۹۵ 1RM (معادل دو تا سه تکرار) و در نهایت نوبت پنجم با ٪۱۰۰ 1RM و یک تکرار حرکات مذکور را انجام می‌دادند. آزمودنی‌های گروه تمرین مقاومتی هرمی وارونه نیز با استفاده از روش کاهش تدریجی بار و وزنه و افزایش تعداد تکرارها در قالب پنج نوبت عکس روش هرمی دقیقاً برنامهٔ تمرینات را انجام دادند (۲۲).

جدول ۱. شیوهٔ اجرای تمرین

	تمرین هرمی		تمرین هرمی وارونه	
نوبت	شدت	تکرار	شدت	تکرار
اول	٪۵۰ 1RM		٪۱۰۰ 1RM	یک تکرار
دوم	٪۸۵ 1RM	معادل شش تکرار	٪۹۵ 1RM	معادل دو تا سه تکرار
سوم	٪۹۰ 1RM	معادل سه تا چهار تکرار	٪۹۰ 1RM	معادل سه تا چهار تکرار
چهارم	٪۹۵ 1RM	معادل دو تا سه تکرار	٪۸۵ 1RM	معادل شش تکرار
پنجم	٪۱۰۰ 1RM	یک تکرار	٪۵۰ 1RM	

حرکات انتخاب‌شده برای تمرینات عبارت بودند از شش حرکت پرس سینه، پرس پا، جلوبازو، پشت‌ران، پشت‌بازو و جلوران که به‌ترتیب اجرا شدند و تمامی عضلات در هر جلسه تحت تمرین قرار گرفتند. هر جلسهٔ تمرینی با رعایت اصل اضافه بار انجام شد.

در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، پس از اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیروویلک، از آزمون لون برای بررسی همگن بودن واریانس گروه‌ها استفاده شد. برای مقایسهٔ بین‌گروهی از آزمون آنووا و برای مقایسهٔ درون‌گروهی از آزمون تی وابسته در سطح معناداری $P \leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

نتایج

میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای آنتروپومتریک پیش و پس از مداخله در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقادیر آنتروپومتری آزمودنی‌ها (میانگین±انحراف استاندارد)

گروه / شاخص	نوبت آزمون	هرمی (n=۱۰)	هرمی وارونه (n=۱۰)
سن (سال)	ـــــ	۲۲/۴±۳۰/۷۲	**۲۱/۳±۱۱/۵۵**
قد (سانتی‌متر)	ـــــ	۱۶۵/۳۰±۴/۹۱	**۱۷۲/۷±۱۱/۲۸**
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۷۱/۱۱±۲۶/۴۴	**۶۸/۱۹±۶۲/۶۸**
	پس‌آزمون	۷۳/۱۱±۲۵/۰۹	**۷۰/۱۹±۴۴/۹۶**
	درصد تغییرات	۲/۷۹	**۲/۶۵**
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	پیش‌آزمون	۲۳/۳±۱۴/۹۹	**۲۳/۶±۲۳/۷۱**
	پس‌آزمون	۲۳/۳±۸۳/۸۶	**۲۳/۶±۸۳/۸۲**
	درصد تغییرات	۲/۹۸	**۲/۵۸**
درصد چربی (٪)	پیش‌آزمون	۲۷/۱۰±۶۹/۷۵	**۲۶/۱۳±۳۲/۸۴**
	پس‌آزمون	۲۵/۸±۸۳/۹۷	**۲۴/۱۳±۱۸/۰۴۵**
	درصد تغییرات	-۶/۷۲	**-۸/۱۳**

یافته‌های حاصل از مقایسهٔ درون‌گروهی با استفاده از آزمون t وابسته نشان می‌دهد که در گروه تمرین مقاومتی هرمی سطح سرمی مایوستاتین در نوبت پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معناداری یافته است (t=۳/۸۷۷, P=۰/۰۰۴). در گروه تمرین مقاومتی هرمی وارونه نیز سطح سرمی مایوستاتین در فاصلهٔ پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش معناداری یافته است (P=۰/۰۱۱, t=۳/۲۶۷). نتایج مقایسهٔ بین‌گروهی (مقایسهٔ بین پس‌آزمون گروه‌ها) با استفاده از آزمون آنووا نشان داد که بین پس‌آزمون سطح سرمی مایوستاتین دو گروه تمرین مقاومتی هرمی و هرمی وارونه تفاوت معناداری وجود ندارد (F=۰/۴۱۱, P=۰/۵۳۰). یافته‌های حاصل از مقایسهٔ درون‌گروهی با آزمون t وابسته نشان داد که در گروه تمرین مقاومتی هرمی سطح سرمی فولیستاتین در نوبت پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معناداری داشته است (t=-۵/۱۷۰, P=۰/۰۰۱). در گروه تمرین مقاومتی هرمی وارونه نیز سطح سرمی فولیستاتین در نوبت پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری دارد (t=-۵/۶۵۷, P=۰/۰۰۱). نتایج مقایسهٔ بین‌گروهی با استفاده از آزمون آنووا نشان داد که بین پس‌آزمون فولیستاتین در دو گروه تمرین مقاومتی هرمی و هرمی وارونه تفاوت معناداری وجود ندارد (P=۰/۹۷۶, F=۰/۰۰۱). نسبت فولیستاتین به مایوستاتین در گروه تمرین مقاومتی هرمی نیز در نوبت پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معناداری داشته است (P=۰/۰۰۱, t=-۱/۳۳۵). در گروه تمرین مقاومتی هرمی وارونه

همچنین در نوبت پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری دارد (t=-۱/۶۸۱, P=۰/۰۰۱). نتایج مقایسهٔ بین‌گروهی با استفاده از آزمون آنووا نشان داد که بین پس‌آزمون نسبت فولیستاتین به مایوستاتین در دو گروه تمرین مقاومتی هرمی و هرمی وارونه تفاوت معناداری وجود ندارد (F=۰/۴۲۴, P=۰/۶۲۵) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون t وابسته و آنووا به‌منظور بررسی تغییرات سطح سرمی مایوستاتین، فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین

متغیر	گروه	میانگین±انحراف استاندارد		تغییرات درون‌گروهی		تغییرات بین‌گروهی	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	t	p	F	p
مایوستاتین (ng/ml)	هرمی	۱۲/۴۴±۴۴/۶۲	۱۰/۸۲±۸۲/۴۹	۳/۸۷۷	۰/۰۰۴*	۰/۴۱۱	۰/۵۳۰
	هرمی وارونه	۱۲/۲۸±۲۸/۱۸	۱۱/۱۸±۱۸/۹۲	۳/۲۶۷	۰/۰۱۱*		
فولیستاتین (ng/ml)	هرمی	۱/۶۸±۶۸/۴۴	۲/۰۵±۵/۴۱	-۵/۱۷۰	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۱	۰/۹۷۶
	هرمی وارونه	۱/۶۴±۶۴/۴۲	۲/۰۴±۴/۳۷	-۵/۶۵۷	۰/۰۰۱*		
نسبت فولیستاتین به مایوستاتین	هرمی	۰/۱۳±۴/۴۲	۰/۱۹±۵/۸۲	-۱/۳۳۵	۰/۰۰۱*	۰/۴۲۴	۰/۶۲۵
	هرمی وارونه	۰/۱۳±۵/۹۲	۰/۱۸±۹/۸۲	-۱/۶۸۱	۰/۰۰۱*		

* سطح معناداری (P≤۰/۰۵)

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی هرمی و هرمی وارونه موجب کاهش معنادار سطوح سرمی مایوستاتین و افزایش معنادار سطوح سرمی فولیستاتین و همچنین نسبت فولیستاتین به مایوستاتین در مردان سالم شده است، اما بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد.

تمرینات هرمی و به‌طور کلی تمرینات مقاومتی موجب ایجاد سازگاری قلبی- عروقی، غدد درون‌ریز و عصبی و همچنین تغییر در ترکیب و اندازهٔ عضلات می‌شود. این تمرینات به افزایش قدرت، هایپرتروفی و استقامت عضلانی موضعی منجر می‌شود. نتایج قدرت و هایپرتروفی بین تمرینات سنتی و هرمی قابل مقایسه است، با این تفاوت که اهرام مثلثی احتمالاً استقامت بیشتری را از نظر رابطهٔ وابسته به دوز بین نتایج و حجم تمرین ایجاد می‌کنند (۲۳). وید و همکاران (۲۰۱۴) معتقدند برای آماده‌سازی عضلات تا حد نهایی و رساندن آنها به حد واماندگی باید از تمرین مقاومتی هرمی استفاده کرد (۲۴). نتایج تحقیق حشمتی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که هر دو الگوی بارگذاری هرمی و هرمی وارونه در حرکت ددلیفت موجب درگیری مشابه عضلات اندام تحتانی در دختران شد، ولی استفاده از تمرینات هرمی به‌علت ایجاد امنیت در ثبات مفصل و کاهش احتمال بروز آسیب در مفصل منطقی‌تر به‌نظر می‌رسید (۱۱). ساجدی‌نیا و همکاران (۲۰۲۴) توصیه کردند از روش هرمی وارونه برای انجام تمرینات استفاده شده و در انجام تمرینات هرمی بیشتر احتیاط شود (۲۵). برخی پژوهش‌ها روش هرمی وارونه را به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های افزایش قدرت معرفی کردند و آن را برای همهٔ گروه‌ها مناسب می‌دانند. از نظر آن‌ها فواید این روش عبارت است از تعداد دوره‌های کمتر، کاهش زمان تمرین، ایجاد پیش‌فعالی عضلانی، استراحت بیشتر بین دوره‌ها و رشد سریع عضلات (۲۶). امیدبخش و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تمرینات مقاومتی با هر دو الگوی هرمی ساده و وارونه به کاهش معنادار وزن، نمایهٔ تودهٔ بدن، درصد چربی بدن و بهبود نیمرخ مهارتی و شاخص‌های زیست حرکتی منجر می‌شود (۹).

همسو با پژوهش حاضر، ابراهیم‌نیا و همکاران (۲۰۱۹) با توجه به کاهش حجم عضلات اسکلتی در سالمندی

به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ترکیبی (مقاومتی و هوازی) با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین در زنان سالمند پرداختند. نتایج حاکی از افزایش معنادار فولیستاتین و کاهش در مایوستاتین سرمی بود (۲۷). بابایی و فتاح‌پور مرندی (۲۰۲۳) نیز پس از بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات تناوبی شدید بر سطح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین در زنان جوان غیرفعال نشان دادند که انجام تمرینات تناوبی شدید می‌تواند موجب کاهش بیان مایوستاتین و افزایش بیان فولیستاتین در نمونه‌های انسانی و در نتیجه هایپرتروفی عضلانی شود و به‌عنوان یک مداخلهٔ تمرینی در برنامهٔ توانبخشی در زنان غیرفعال به‌کار رود (۲۸). الیوت و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که شش هفته تمرین تناوبی شدید به تغییر معناداری در سطوح مایوستاتین و فولیستاتین در مردان سالمند منجر نشد. به احتمال زیاد این ناهمسویی با نتایج پژوهش حاضر، به‌علت تفاوت در شدت و مدت تمرین و روش اندازه‌گیری سطوح سرمی بوده است (۲۹). تحقیقات گوناگون نشان داده است مایوستاتین به‌طور غیرمستقیم، سوخت‌وساز بدن را تنظیم می‌کند. به‌طوری‌که حذف مایوستاتین با افزایش تودهٔ عضلانی همراه است که این عضلانی شدن موجب برداشت بیشتر سوبستراهای متابولیکی می‌شود (۳۰). همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند هورمون‌هایی مانند تستوسترون، هورمون رشد و هورمون رشد شبه‌انسولین از طریق فعال کردن مسیرهای پیام‌رسانی مختلف، به‌خصوص مسیر پیام‌رسانی فعال‌کنندهٔ نسخه‌برداری، با فعال کردن یک سری مسیرهای آبشاری سلولی بسیار پیچیده، موجب تنظیم منفی بیان مایوستاتین از سلول‌های عضلانی و در پی آن، کاهش ترشح آن به خون می‌شوند (۳۱). گمان می‌رود که کاهش عوامل مایواستاتیک مانند مایوستاتین در نتیجهٔ تنش پروتئین‌های انقباضی عضلهٔ اسکلتی به‌واسطهٔ فعال‌سازی گستردهٔ تارهای عضلات اسکلتی باشد. شواهد به‌روزتر نشان می‌دهد که بیان مایوستاتین بر سوخت‌وساز گلوکز و چربی نیز تأثیر می‌گذارد و در مورد چاقی سارکوپنیک، می‌تواند یک چرخهٔ معیوب ایجاد کند. فولیستاتین نیز از طریق مهار اکتیوین و مایوستاتین در تنظیم رشد عضلات و بافت چربی دخالت دارد. فولیستاتین، شاید یک هدف درمانی امیدوارکننده نه‌تنها برای سارکوپنی، بلکه برای اختلالات متابولیک و حتی التهاب باشد (۳۲). در خصوص مقادیر مایوستاتین، شاه‌نظری و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که غلظت مایوستاتین پس از هشت هفته تمرین مقاومتی شدید و متوسط در موش‌های صحرایی سالمند کاهش معناداری داشت (۳۳). از نتایج متناقض با تحقیق حاضر نیز می‌توان به پژوهش ویلوگبی و همکاران (۲۰۰۴) اشاره کرد که با وجود افزایش قدرت و تودهٔ عضلانی آزمودنی‌ها، بیان mRNA مایوستاتین در پی ۱۲ هفته تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد. آن‌ها علت احتمالی این افزایش را به شدت برنامهٔ تمرینی نسبت دادند؛ زیرا شدت برنامهٔ تمرین بین ۸۰-۹۵ درصد یک تکرار بیشینه بود. همچنین افزایش معنادار کورتیزول مشاهده شد که روی تنظیم رونویسی بیان مایوستاتین تأثیرگذار است. آن‌ها گزارش کردند که علت این افزایش شاید ناشی از شدت سنگین برنامهٔ تمرینی و نمونه‌گیری بلافاصله پس از تمرین باشد (۳۴). اسزولک و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند مایوستاتین به‌صورت تدریجی و اندک تا ۵۷ سالگی افزایش و پس از آن به‌تدریج کاهش می‌یابد. در آن پژوهش بین مایوستاتین و سن همبستگی معناداری دیده شد. همچنین غلظت سرمی مایوستاتین شامل تمام فرم‌های فعال مایوستاتین بود.

بنابراین، غلظت‌های مایوستاتین به‌دست‌آمده در تحقیق ذکر شده، بیشتر از پژوهش‌های مشابه بوده است (۳۵). جاسپرسن و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که mRNA مایوستاتین پس از یک دورهٔ کوتاه‌مدت تمرین ورزشی کاهش می‌یابد، اما در طولانی‌مدت افزایش می‌یابد (۳۶). در شرایط مختلف از جمله بی‌وزنی، ایدز، سرطان و پیری نقش مایوستاتین در کاهش تودهٔ عضلانی به‌خوبی ثابت شده است. ازاین‌رو در تعدادی از پژوهش‌ها فرض شده است که تغییر میزان مایوستاتین شاید در سازگاری‌های عضلانی به تمرین مقاومتی نیز نقش داشته باشد. بر خلاف شباهت پژوهش‌ها در زمینهٔ افزایش قدرت و حجم عضلانی پس از تمرین مقاومتی، نتایج مربوط به مایوستاتین ضدونقیض به‌نظر می‌رسد. به‌نظر می‌آید حجم و نوع تمرین نیز بر پاسخ مایوستاتین اثرگذار باشند (۳۳). کاظمی و وکیل‌زاده (۲۰۲۱) نشان دادند که چهار هفته تمرین مقاومتی به افزایش معنادار سطوح سرمی فولیستاتین در مردان جوان ورزشکار منجر شد (۳۷). اسدپور و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که هشت هفته تمرین تناوبی شدید موجب افزایش معنادار سطوح سرمی فولیستاتین در موش‌های صحرایی پیر شد (۳۸)، اما بیگلری و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که هشت هفته تمرین تناوبی شدید تأثیر معناداری بر سطوح سرمی فولیستاتین در موش‌های صحرایی سالم نداشت که دلیل عدم معناداری آن را ترشح فولیستاتین از تمام بافت‌های بدن بیان کردند (۳۹). نتایج تحقیقات کاظمی و همکاران و اسدپور و همکاران همسو با نتایج پژوهش حاضر و نتایج تحقیق بیگلری و همکاران ناهمسو با پژوهش حاضر بود. تغییرات ضدونقیض در محتوای پروتئین فولیستاتین در تحقیقات گزارش‌شده نشان می‌دهد که توجه به ماهیت برنامه‌های تمرینی به‌عنوان نمونه، شدت، حجم و نوع فعالیت ورزشی و همچنین سن آزمودنی‌ها عوامل بسیار مهمی‌اند که باید به آن‌ها توجه داشت (۳۸). علاوه بر این، در این پژوهش از نسبت فولیستاتین بر مایوستاتین به‌عنوان پاسخ آنابولیک بر کاتابولیک استفاده شد. نتایج پژوهش آژیر و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که هشت هفته تمرینات تناوبی شدید سبب افزایش معنادار نسبت فولیستاتین به مایوستاتین شد که همسو با تحقیق حاضر است (۴۰). در مقابل باقری و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که نسبت فولیستاتین به مایوستاتین در گروه تمرین ترکیبی (استقامتی+ قدرتی) افزایش یافت، اما معنادار نبود. حتی در گروه تمرین ترکیبی (قدرتی+ استقامتی) کاهش معنادار یافت. با توجه به افزایش مایوستاتین و کاهش فولیستاتین در آن تحقیق، کاهش این نسبت معقول به‌نظر می‌رسد. به‌نظر می‌آید انجام تمرین قدرتی پیش از استقامتی، به افزایش یک محیط کاتابولیک منجر می‌شود. کافی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند انجام تمرین استقامتی بعد از قدرتی شاید عوامل التهابی و تجزیهٔ پروتئین را افزایش دهد (۳۱). در کل به‌نظر می‌رسد کاهش مایوستاتین و افزایش فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین، در پی تمرینات مقاومتی و عملکردی در پژوهش حاضر را می‌توان به تأثیر مثبت ژن‌های هایپرتروفی و کنترل مایوستاتین توسط آنها نسبت داد، زیرا فعال‌سازی مایوستاتین موجب غیرفعال شدن مسیر هایپرتروفی عضلانی می‌شود (۴۱). فولیستاتین نیز به‌عنوان یکی از بازدارنده‌های مهم مایوستاتین عمل کرده و عملکرد آن را خنثی می‌کند (۳۷).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات مقاومتی موجب کاهش مقادیر مایوستاتین و افزایش فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین شد. همچنین تمرینات مقاومتی هرمی و هرمی وارونه نسبت به هم ارجحیت نداشتند. بنابراین پیشنهاد می‌شود افراد با انجام تمرینات مقاومتی در شرایطی که قصد افزایش بافت عضلانی و بهبود عملکرد را دارند، با به‌کارگیری این تمرینات، افزایش مایوکاین‌های رشد عضلات

اسکلتی را تجربه کنند و این نوع برنامهٔ تمرینی در برنامه‌های توانبخشی و تمرینات بدنسازی افراد جوان سالم قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از زحمات استادان دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد که در انجام این تحقیق کمال همکاری را داشتند، سپاسگزاری می‌شود.

حمایت مالی

پژوهش حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از سازمان خاصی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

همهٔ نویسندگان در طراحی، اجرا، تحلیل یافته‌ها و نگارش مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

در این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Khalafi M, Aria B, Symonds ME, Rosenkranz SK. The effects of resistance training on myostatin and follistatin in adults: A systematic review and meta-analysis. Physiology & Behavior. 2023:114272. DOI: 10.1016/j.physbeh.2023.114272

2. Taheri F, Fathi M, Hejazi K. The Effect of 10 Weeks Core Muscle Training on Levels of Follistatin, Myostatin, and Pain in Elderly Women. Internal Medicine Today. 2021;27(2):164-81. DOI: 10.32598/hms.27.2.1970.12 [In Persian]

3. Jang J, Park S, Kim Y, Jung J, Lee J, Chang Y, et al. Myostatin inhibition-induced increase in muscle mass and strength was amplified by resistance exercise training, and dietary essential amino acids improved muscle quality in mice. Nutrients. 2021;13(5):1508. DOI: 10.3390/nu13051508

4. Rezaeimanesh D. Responses of plasma levels of irisin, follistatin and insulin resistance index to two types of high intensity interval training in overweight men. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2024;16(4):31-40. DOI: 10.48308/JOEPPA.2023.232503.1182 [In Persian]

5. Estes RR, Malinowski A, Piacentini M, Thrush D, Salley E, Losey C, et al. The effect of high intensity interval run training on cross-sectional area of the vastus lateralis in untrained college students. International journal of exercise science. 2017;10(1):137.

6. 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. DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27812.1471 [In Persian]

7. Kazemi A, Ghanbarzadeh M, Salmani A, Navidi Z. The effect of a period of resistance training with reduced blood flow on plasma levels of myostatin and IL-6 in martial arts young men. Journal of Sports and Biomotor Sciences. 2023;14(28):1-8. DOI: 10.22034/SBS.2022.162759 [In Persian]

8. Haudum A, Birklbauer J, Müller E. The effect of an acute bout of rubber tube running constraint on kinematics and muscle activity. Journal of Sports Science & Medicine. 2012;11(3):459.

9. Omidbakhsh GA, Fathi M, Hejazi K. Comparison the Effect of Eight Weeks Pyramid Resistance Training With two Patterns on Bio-motor Ability and Anthropometrical in Wrestlers. Journal of Sport Biomechanics. 2020;6(2):110-21. DOI: 10.32598/biomechanics.6.2.3 [In Persian]

10. Siahkohian M. Comparison Study of the Effects of Six-week Resistance Training with Pyramid, Reverse Pyramid and Double Pyramid Loading Patterns on Some Physiological Indexes of Female Volleyball Players. Sport Sciences Quarterly. 2021;13(41):58-71. [In Persian]

11. Heshmati Z, Sarshin A, Abbasi A. Examination of muscular electromyography during deadlift at pyramid and reverse pyramid loadings. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2020;9(2):17-24. DOI: 10.22037/JRM.2019.112130.2160 [In Persian]

12. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Souza MF, Tomeleri CM, Venturini D, Barbosa DS, et al. Traditional and pyramidal resistance training systems improve muscle quality and metabolic biomarkers in older women: A randomized crossover study. Experimental Gerontology. 2016;79:8-15. DOI: 10.1016/j.exger.2016.03.007

13. Mardani A, Abednatanzi H, Gholami M, Ghazalian F, Azizbeigi K. Effect of intensity sequence of resistance training on some antioxidants factors and Malondialdehyde plasma in over weight men. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022;10(6):1258-69. DOI: 10.32598/SJRM.10.6.13 [In Persian]

14. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Pina FL, Nascimento MA, Cyrino ES. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: A randomized crossover trial. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017;31(7):1888-96. DOI: 10.1519/jsc.0000000000001653

15. Hassannattaj R, Safarzadeh A, Nasiri K. The effect of resistance training with two different volumes on the expression of regulatory myokine of muscle growth in diabetic rats fed with high-fat food. Sport Physiology & Management Investigations. 2024. [In Persian]

16. roshandel p, Yaghoubi A. Effect of resistance training with two different intensities on the amount of myostatin and folicatin and the ratio of folinatcin to myostatin in young women. Journal of Physiologh of Movement & Health. 1400;1(1):31-41. DOI: 20.1001.1.27834603.1400.1.1.5.8 [In Persian]

17. Haff GG, Dumke C. Laboratory manual for exercise physiology: Human Kinetics; 2022.

18. Kraemer WJ, Fleck SJ. Optimizing strength training: designing nonlinear periodization workouts: Human Kinetics; 2007.

19. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. Medicine and science in sports and exercise. 1980;12(3):175-81.

20. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1956.

21. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. Journal of physical education, recreation & dance. 1993;64(1):88-90. DOI: 10.1080/07303084.1993.10606684

22. Da Silva D, Curty V, Areas J, Souza S, Hackney A, Machado M. Comparison of DeLorme with Oxford resistance training techniques: effects of training on muscle damage markers. Biology of Sport. 2010;27(2). DOI: 10.5604/20831862.913066

23. Cattan GH. Pyramidal Systems in Resistance Training. Encyclopedia. 2021;1(2):423-32. DOI: 10.3390/encyclopedia1020035

24. Wade SM, Pope ZC, Simonson SR. How prepared are college freshmen athletes for the rigors of college strength and conditioning? A survey of college strength and conditioning coaches. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014;28(10):2746-53. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000473

25. Sajedi Nia M, Abbasi A, Khaleghi Tazji M, Fadaie H. The Effect of Pyramid and Reverse Pyramid Loadings on Spine and Pelvis Coordination Variability During Squat. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2024;13(1):194-207. DOI: 10.32598/SJRM.13.1.13 [In Persian]

26. Herring R. Reverse pyramid training. Strength Cond J cond Res. 2002;25(3):213-31.

27. Ebrahimnia M, Haghighi 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. J Neyshabur Univ Med Sci. 2019;7(1):82-97. [In Persian]

28. Fattahpour Marani M, Babaei S. The effect of 8 weeks of HIIT exercises on the serum levels of myostatin and follistatin in inactive young women. Metabolism and Exercise. 2023;13(2):89-99. DOI: 10.22124/jme.2023.24355.296 [In Persian]

29. Elliott BT, Herbert P, Sculthorpe N, Grace FM, Stratton D, Hayes LD. Lifelong exercise, but not short-term high-intensity interval training, increases GDF 11, a marker of successful aging: a preliminary investigation. Physiological reports. 2017;5(13):e13343. DOI: 10.14814/phy2.13343

30. Kazemi F, Nourshahi M. Acute and Delayed Response of Myostatin and Insulin Resistance to Circuit Resistance Exercise. Journal of Sport Biosciences. 2013;4(14):129-43. DOI: 10.22059/jsb.2013.29532 [In Persian]

31. Bagheri L, Faramarzi M, Bani Talebi E, Azimiyan A. The effect of sequence order of combined training (strength and endurance) on Myostatin, Follistatin and Follistatin/Myostatin ratio in older women. Sport physiology. 2015;7(26):143-64. DOI: 20.1001.1.2322164.1394.7.26.9.1 [In Persian]

32. Bahram ME, Hemmati S, Sara NVK, Afroundeh R, Davarpanah S. The Effect of Training TRX on Serum Levels of Myostatin and Follistatin and Neuromuscular Function in Overweight Elderly Men. DOI: 10.22034/IJRN.9.3.9 [In Persian]

33. Shanazari Z, Faramarzi M, Banitalebi E, Hemmati R. The Eeffect of Eight Weeks Moderate and High Intensity Resistance Training on Resting Levels of Serum Myostatin and IGF-I in elderly Rats. Metabolism and Exercise.2018;8(1):14-1. DOI: 10.22124/jme.2018.3560 [In Persian]

34. Willoughby DS. Effects of an alleged myostatin-binding supplement and heavy resistance training on serum myostatin, muscle strength and mass, and body composition. International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism. 2004;14(4). DOI: 10.1123/ijsnem.14.4.461

35. Szulc P, Schoppet M, Goettsch C, Rauner M, Dschietzig T, Chapurlat R, et al. Endocrine and clinical correlates of myostatin serum concentration in men—the STRAMBO study. The journal of clinical endocrinology & metabolism. 2012;97(10):3700-8. DOI: 10.1210/jc.2012-1273

36. Jespersen J, Nedergaard A, Andersen LL, Schjerling P, Andersen J. Myostatin expression during human muscle hypertrophy and subsequent atrophy: increased myostatin with detraining. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2011;21(2):215-23. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.01044.x

37. Kazemi A, Vakilzadeh B. The effects of resistance training with BFR on serum IL-15 and folestatin in young male athletes. Sport Physiology & Management Investigations. 2021;13(3):159-70. DOI: 20.1001.1.1735.5354.1400.13.3.10.5.677 [In Persian]

38. Asadpour SM, Daryanoosh F, Salesi M, Nemati J, Kooroshfard N. The effect of high intensity interval training on muscle tissue content of myostatin and follistatin proteins in elderly rats. Daneshvar Medicine. 2021;29(4):66-77. DOI: 10.22070/DANESHMED.2021.14510.1082 [In Persian]

39. Biglari S, Gaeini AA, Kordi MR, Ghardashi Afousi A. The effect of 8 weeks high-intensity interval training on myostatin and follistatin gene expression in gastrocnemius muscle of the rats. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2018;21(1):1-10. URL: http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-5477-en.html [In Persian]

40. Azhir S, Alijani E, Mohsenzadeh M. Effect of 8 weeks HIIT exercise on myostatin, follistatin an follistatin gene expression ratios on myostatin in male rats with type 2 diabetes. Majallah-i pizishki-i Danishgah-i Ulum-i Pizishki va Khadamat-i Bihdashti-i Darmani-i Tabriz. 2020;42(2):117-25. DOI: 10.34172/mj.2020.027 [In Persian]

41. Arabmomeni A, Momeni K, Soltanian E. Comparison of the Effect of Two Resistance and Functional Training on Myoestatin and Body Composition in Non-Active Men. Journal of Jiroft University of Medical Sciences. 2023;10(1):1215-27. DOI: 20.1001.1.25382810.1402.10.1.7.0 [In Persian]