Journal of Sport and Exercise Physiology

2024, 17(2)

Original Article

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

Sadegh Cherag Birjandi*, Mojtaba Farhadpour

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 effect 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: 20 active young men were randomly divided into two groups of pyramid resistance exercises (10 people, with an average age of 22.3±4.7 years, body mass index 23.1±3.9 kg/m2, and fat percentage 6.10±7. 27) and inverted pyramid resistance exercises (10 people, with an average age of 21.11±3.55 years, body mass index 23.2±6.7 kg/m2, and 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 with an intensity of 100-50% of one maximum repetition in the pyramid resistance training group and with an intensity of 50-100% of one maximum repetition in the inverted pyramid resistance training group. Data analysis was done through a dependent t-test and ANCOVA at a significance level of $p \leq 0.05$.

Results: The findings of the present study 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) and a significant increase in the serum level of follistatin (p = 0.001) (/001). p = 0), and the ratio of follistatin to myostatin (p = 0.001) (p = 0.001) in healthy men. The results of the ANCOVA test showed that there is no significant difference between the 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. However, no significant difference was observed between the experimental groups. Therefore, these training may play an important role in muscle hypertrophy in young men.

Key words: Resistance training; Pyramid resistance training; Inverted pyramid resistance training; Myostatin; Follistatin

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

*Corresponding Author's E-mail: s_birjandi2001@yahoo.com
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/).

نسخه پیش انتشار

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

۱۴۰۳، دوره ۱۷، شماره ۲، صفحه های ؟-؟

مقاله پژوهشی

مقایسه تاثیر دو نوع برنامه تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی عوامل دخیل در هایپرتروفی عضلانی مردان جوان سالم

صادق چراغ بیرجندی*، مجتبی فرهادپور

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بجنورد، بجنورد، ایران

نسخه پیش انتشار

چکیده

زمینه و هدف: مایوستاتین و فولیستاتین، پروتئین‌های کلیدی در تنظیم، رشد و هایپرتروفی بافت عضلانی هستند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر 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 توده بدنی ۳/۹±۲۳/۱ کیلوگرم بر مترمربع و درصد چربی ۱۰/۷±۲۷/۶) و تمرینات مقاومتی هرمی معکوس (۱۰ نفر، با میانگین سنی ۳/۵۵±۲۱/۱۱ سال، شاخص توده بدنی ۶/۷±۲۳/۲ کیلوگرم بر مترمربع و درصد چربی ۱۳/۸±۲۶/۳) تقسیم شدند. تمرینات به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه به طول انجامید. هر جلسه تمرینی شامل شش حرکت پرس سینه، پرس پا، جلو بازو، پشت باز، پشت ران و جلو ران بود که با شدت ۵۰-۱۰۰ درصد یک تکرار بیشینه در گروه تمرین مقاومتی هرمی و با شدت ۱۰۰-۵۰ درصد یک تکرار بیشینه در گروه تمرین مقاومتی هرمی معکوس انجام شدند. تجزیه و تحلیل داده از طریق آزمون آماری تی وابسته و آنکوا در سطح معناداری ۰/۰۵ ≥p انجام شد.

نتایج: یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی هرمی و هرمی معکوس 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 شده است. نتایج حاصل از تفاوت بین پس‌آزمون گروه‌های تمرین مقاومتی هرمی و هرمی معکوس 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 معکوس با افزایش فولیستاتین، نسبت فولیستاتین به مایوستاتین وکاهش مایوستاتین همراه بود. اما بین گروه‌های تجربی تفاوت معناداری مشاهده نشد. بنابراین، ممکن است این تمرینات نقش مهمی در هایپرتروفی عضلانی مردان جوان ایفا کنند.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی؛ تمرین مقاومتی هرمی؛ تمرین مقاومتی هرمی معکوس؛ مایوستاتین؛ فولیستاتین

نحوهٔ استناد به این مقاله: چراغ بیرجندی ص، فرهادپور م. مقایسه تاثیر دو نوع برنامه تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی عوامل دخیل در هایپرتروفی عضلانی مردان جوان سالم. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۳؛۱۷(۲):؟-؟.

* رایانامه نویسنده مسئول: s_birjandi2001@yahoo.com

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

مقدمه

مایوکاین‌ها[1] سایتوکاین‌هایی[2] هستند که توسط میوسیت‌ها سنتز شده و در طی انقباض عضلانی آزاد می‌شوند و نقش مهمی در تنظیم عملکرد عضلات دارند (۱). مایوستاتین[3] نوعی فاکتور ترشحی و یکی از اعضای خانواده بزرگ فاکتور رشد بتا[4] بزرگ‌ترین خانواده ترشح‌کننده فاکتورهای رشد است و نقش تنظیمی منفی و کلیدی در رشد و هموستاز عضله اسکلتی دارد که به صورت یک عامل درون‌ریز، پس از بیان در عضله اسکلتی به گردش خون ترشح می‌شود. مایوستاتین در سطح سلول‌های عضلانی با اتصال به گیرنده اکتیوین نوع IIB[5] تأثیر مهاری خود (مهار تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای) و در نهایت کاهش توده عضلانی را اعمال می‌نماید. مشاهده شده است که بیان مایوستاتین هنگام دوره‌های بی‌تحرکی افزایش یافته و همچنین مهار مایوستاتین، به افزایش قدرت و توده عضلانی می‌انجامد (۲). مایوستاتین محور Akt1/mTORC1 را مهار می‌کند که منجر به مهار سنتز پروتئین می‌شود. انتقال FoxOs به هسته نیز توسط مایوستاتین از طریق مهار Akt1 القا می‌شود، که منجر به فعال شدن رونویسی لیگازهای یوبیکوئیتین E3[6] خاص عضلانی گردیده و در نتیجه منجر به تسریع تجزیه پروتئین می‌شود. بیان بیش از حد مایوستاتین با مهار سیگنال‌دهی Akt1/mTORC1 در داخل بدن باعث تحلیل عضلانی می‌شود (۳). فولیستاتین[7] نیز یکی دیگر از مایوکاین‌هاست که درهمه بافت‌ها و به‌خصوص توسط عضلات اسکلتی بیان و ترشح می‌شود. وظیفه اصلی این مایوکاین مهار اعمال پروتئین‌های خانواده بزرگ فاکتور رشد بتا، همچون مایوستاتین است (۴). حذف مایوستاتین و بیان بیش از حد فولیستاتین باعث افزایش توده عضلانی به میزان چهار برابر می‌شود (۵). در واقع مهار مایوستاتین به هایپرتروفی[8] عضلات اسکلتی و کاهش توده چربی کمک می‌کند. افزایش ترشح فولیستاتین در بدن به‌عنوان یک سازوکار حفاظتی برای توده عضلانی عمل می‌کند (۴). فولیستاتین و مایوستاتین به شدت 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 سکته قلبی، آتروفی[9] عضلانی، بی‌وزنی و فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد (۶).

یکی از روش‌های مؤثر و کارآمد در جهت حفظ عملکرد و افزایش توده عضلانی، اجرای تمرینات مقاومتی است و با عناوینی مانند تمرین قدرتی یا تمرین با وزنه، یکی از محبوب‌ترین شیوه‌های تمرین برای افزایش آمادگی‌جسمانی و نیز برای آماده‌سازی ورزشکاران است که اثرات زیادی بر سلامتی نیز دارد (۷). تاثیر تمرینات مقاومتی به چندین متغیر مانند نوع انقباض عضلانی،

---

[1] Myokines
[2] Cytokines
[3] Myostatin
[4] Transforming growth factor-β (TGF-β)
[5] The activin receptor type IIB (ActRIIB)
[6] ubiquitin E3 ligases
[7] Follistatin
[8] Hypertrophy
[9] Atrophy

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 می‌باشد (۶). از بین متغیرهای تمرین مقاومتی، می‌توان به روش هرمی ساده (PLP)[1] هرمی معکوس (RPLP)[2] دراپ ست[3] سوپرست[4] دایره‌ای و روش‌های دیگر اشاره کرد (۸). دو روش تمرینی هرمی و هرمی معکوس، به عنوان 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 هم زمان با کاهش تعداد تکرارها به تدریج تا مقادیر بیشینه افزایش می‌یابد (۱۰). استفاده از الگوی هرمی، از یک ست تا ست بعدی با به‌کارگیری تعداد تکرارهای بیشتر در ست با بارهای کمتر موجب افزایش زمان تحت تنش قرار گرفتن عضلانی می‌گردد. این ادعا بیان می‌کند که ایجاد خستگی بیشتر سبب فراخوانی عمده واحدهای حرکتی می‌شود. بر اساس نتایج تحقیقات، بیشترین افزایش در قدرت و حجم عضلانی زمانی حاصل می‌شود که بیشترین واحد حرکتی به کار گرفته شود (۱۱). تمرین مقاومتی هرمی احتمالا به این دلیل که افراد بسیاری شروع تمرین با گرم کردن عضلات را ترجیح می‌دهند محبوب‌تر از تمرین مقاومتی هرمی معکوس است (۱۲). در الگوی هرمی معکوس، بار از پله‌ای به پله دیگر کاهش می‌یابد، به‌نظر بعضی از وزنه‌برداران اروپای شرقی این روش با نیازمندی‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران سازگار است (۱۰). با استفاده از الگوی هرمی معکوس، استفاده از بارهای بیشینه و نزدیک به بیشینه در ست‌های اولیه تمرین باعث ایجاد پیش‌فعالی عضلانی شده و با فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتر، افزایش قدرت را تحریک می‌کند (۱۱). تحقیقات زیادی از هر دو روش حمایت می‌کند. به عنوان مثال سیاه‌کوهیان و همکاران (۲۰۲۱) معتقدند تمرین مقاومتی به روش هرمی معکوس در بهبود قدرت بیشینه موثرتر از روش هرمی است. شاید بر اساس نتایج مطالعات پیشین بتوان اینطور گفت که الگوهایی با اعمال بار بیشینه مانند تمرین مقاومتی معکوس که در ابتدا موجب خستگی عضلانی و کاهش قدرت می‌شوند باعث بیش جبرانی شده 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 هم انقباضی عضلات چهارسر ران[5] و همسترینگ[6] در میزان بار همسان در باردهی هرمی به طور معناداری بیشتر از باردهی هرمی معکوس بود (۱۱). اما مردانی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که تمرینات مقاومتی هرمی و هرمی معکوس نسبت به هم مزیتی ندارند (۱۳). در کل سیستم هرمی (PR)[7] به دلیل 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 موثر است و ممکن است به هایپرتروفی توده 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 حداقل هشت هفته موجب کاهش بیان مایواستاتین، افزایش فولیستاتین و در نتیجه افزایش وزن عضله در بیماران دیابتی می‌گردد (۱۵). در کل بیشتر مطالعات نشان می‌دهند که انجام تمرینات مقاومتی سبب کاهش بیان مایوستاتین و افزایش بیان فولیستاتین می‌شود. درباره فولیستاتین، تحقیقات کمی تغییرات ناشی از فعالیت ورزشی آن را بررسی کرده‌اند. با

[1] Pyramid Loading Pattern
[2] Reverse Pyramid Loading Pattern
[3] drop set
[4] SUPERSET
[5] Quadriceps femoris muscle
[6] Hamstring muscles
[7] pyramid system

این وجود نتایج متناقضی نیز وجود دارد (۱۶). با توجه به اهمیت مطالب گفته شده، این پژوهش درنظر دارد به مقایسه تأثیر دو نوع تمرین مقاومتی هرمی مختلف بر سطوح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین در مردان جوان سالم بپردازد.

روش پژوهش

جامعه آماری این پژوهش را مردان ورزشکار با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۵ سال از یکی از باشگاه‌های بدنسازی شهرستان بیرجند تشکیل دادند. حجم نمونه در این پژوهش، ۲۰ نفر تعیین شد که به طور متوسط سه سال سابقه انجام فعالیت‌های بدنسازی را داشتند. آزمودنی‌ها به صورت داوطلبانه و بر حسب تمایل خود در پژوهش شرکت کردند. ملاک انتخاب آزمودنی‌ها، ورزشکار بودن مردان جوان، نداشتن سابقه هیچ‌گونه بیماری مانند بیماری قلبی عروقی، کلیوی، ریوی، دیابت و تیروئیدی و عدم مصرف سیگار و الکل و دارو و مکمل بود. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تمرین مقاومتی هرمی (n=۱۰) و تمرین مقاومتی هرمی معکوس (n=۱۰) تقسیم شدند. همه آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه کتبی و فرم معاینه پزشکی جهت تعیین آمادگی فعالیت بدنی PARmed-X[1] و پرسش‌نامه آمادگی برای فعالیت بدنی PAR-Q[2] را تکمیل کردند (۱۷). برای اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند قد و وزن از متر نواری و ترازوی دیجیتالی استفاده گردید. شاخص توده بدنی (BMI)[3] از نسبت وزن بر حسب کیلوگرم بر مجذور قد بر حسب متر به دست آمد. برای تعیین درصد چربی بدن آزمودنی‌ها، ابتدا ضخامت چربی زیر پوستی در سه نقطهٔ سه سر بازو، ران و فوق خاصره با استفاده از کالیپر اندازه‌گیری شد (۱۸)، سپس اعداد به‌دست آمده در معادله جکسون و پولاک برای تعیین چگالی بدن در مردان جوان جای‌گذاری گردید (۱۹). با قرار دادن مقدار عددی محاسبه شده در معادله سیری درصد چربی بدن محاسبه شد (۲۰).

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

از معادله برزیسکی برای تعیین یک تکرار بیشینه (1RM)[4] در تمرینات مقاومتی استفاده شد (۲۱).

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

قبل از شروع جلسات تمرینی، از آزمودنی‌ها یک روز قبل از شروع آزمون (۲۴ ساعت پیش از انجام تمرینات) خواسته شد که در سالن بدنسازی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بیرجند حاضر شوند و ضمن تشریح مراحل و شرایط آزمون، اندازه‌گیری‌های اولیه چون وزن، قد، و قدرت عضلانی انجام شد. کلیه آزمایشات مربوط به خونگیری از آزمودنی‌ها در دو نوبت پیش از آزمون (۲۴ ساعت قبل از تمرین) و پس از آزمون (۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین) در محیط آزمایشگاه و توسط متخصص به عمل آمد. خونگیری به میزان ۵ میلی‌لیتر از وردید بازویی آزمودنی‌ها گرفته شد. برای اندازه‌گیری سطوح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین از روش الایزا و کیت نمونه‌های انسانی ساخت کمپانی Eastbiopharm کشور چین، با حساسیت ۰/۱ میکرومول در میلی‌لیتر با ضریب تغییر ۵/۸ درصد استفاده گردید.

تمرینات به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه اجرا گردید. آزمودنی‌ها در گروه تمرین مقاومتی هرمی با استفاده از افزایش تدریجی بار وکاهش تعداد تکرارها تا رسیدن به قدرت بیشینه در ست آخر برنامه تمرین مقاومتی را انجام دادند. به این ترتیب

[1] Physical activity readiness medical examination
[2] Physical activity readiness questionnaire
[3] Body Mass Index
[4] One-repetition maximum

۵-۴ ست اول با شدت ٪۵۰ 1RM برای گرم کردن اختصاصی، ست دوم با ٪۸۵ 1RM (تقریباً معادل ۶ تکرار)، ست سوم با ٪۹۰ 1RM (معادل ۳-۴ تکرار) و ست چهارم با ٪۹۵ 1RM (معادل ۲-۳ تکرار) و نهایتاً ست پنجم با ٪۱۰۰ 1RM و یک تکرار حرکات مذکور را انجام می‌دادند. آزمودنی‌های گروه تمرین مقاومتی هرمی معکوس نیز با استفاده از روش کاهش تدریجی بار و وزنه و افزایش تعداد تکرارها در قالب پنج ست عکس روش هرمی دقیقاً برنامه تمرینات را انجام دادند (۲۲).

جدول ۱. پروتکل تمرین

	تمرین هرمی		تمرین هرمی معکوس	
ست	شدت	تکرار	شدت	تکرار
اول	٪۵۰ 1RM		٪۱۰۰ 1RM	یک تکرار
دوم	٪۸۵ 1RM	معادل ۶ تکرار	٪۹۵ 1RM	معادل ۲-۳ تکرار
سوم	٪۹۰ 1RM	معادل ۳-۴ تکرار	٪۹۰ 1RM	معادل ۳-۴ تکرار
چهارم	٪۹۵ 1RM	معادل ۲-۳ تکرار	٪۸۵ 1RM	معادل ۶ تکرار
پنجم	٪۱۰۰ 1RM	یک تکرار	٪۵۰ 1RM	

حرکات انتخاب شده برای تمرینات عبارت بودند از شش حرکت پرس سینه، پرس پا، جلو بازو، پشت ران، پشت بازو و جلو ران که به ترتیب اجرا شدند و کلیه عضلات در هر جلسه تحت تمرین قرار گرفتند. هر جلسه تمرینی با رعایت اصل اضافه بار انجام شد.

در تجریه و تحلیل داده‌ها، پس از اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیروویلک، از آزمون لون جهت بررسی همگن بودن واریانس گروه‌ها استفاده شد. برای مقایسه بین گروهی از آزمون آنکوا و برای مقایسه درون گروهی 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)

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

نسخه پیش انتشار

یافته‌های حاصل از مقایسه درون گروهی 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 (p=۰/۰۰۴ و t=۳/۸۷۷). در گروه تمرین مقاومتی هرمی معکوس نیز سطح سرمی مایوستاتین در فاصله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون کاهش معناداری یافته است (p=۰/۰۱۱ و t=۳/۲۶۷). نتایج مقایسه بین گروهی (مقایسه بین پس‌آزمون گروه‌ها) با استفاده از آزمون آنکوا نشان داد که بین پس‌آزمون سطح سرمی مایوستاتین دو گروه تمرین مقاومتی هرمی و هرمی معکوس تفاوت معناداری وجود ندارد (p=۰/۵۳۰ و F=۰/۴۱۱). یافته‌های حاصل از مقایسه درون گروهی 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 (p=۰/۰۰۱ و t=-۵/۱۷۰). در گروه تمرین مقاومتی هرمی معکوس نیز سطح سرمی فولیستاتین در نوبت پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری دارد (p=۰/۰۰۱ و t=-۵/۶۵۷). نتایج مقایسه بین گروهی با استفاده از آزمون آنکوا نشان داد که بین پس‌آزمون فولیستاتین در دو گروه تمرین مقاومتی هرمی و هرمی معکوس تفاوت معناداری وجود ندارد (p=۰/۹۷۶ و 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 و t=-۱/۳۳۵). در گروه تمرین مقاومتی هرمی معکوس همچنین در نوبت پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معناداری دارد (p=۰/۰۰۱ و t=-۱/۶۸۱). نتایج مقایسه بین گروهی با استفاده از آزمون آنکوا نشان داد که بین پس‌آزمون نسبت فولیستاتین به مایوستاتین در دو گروه تمرین مقاومتی هرمی و هرمی معکوس تفاوت معناداری وجود ندارد (p=۰/۶۲۵ و F=۰/۴۲۴). (جدول ۳)

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

متغیر	گروه	میانگین±انحراف استاندارد		تغییرات درون گروهی		تغییرات بین گروهی	
		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 معکوس	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 معکوس	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 معکوس	۰/۱۳±۵/۹۲	۰/۱۸±۹/۸۲	-۱/۶۸۱	۰/۰۰۱*		

* سطح معناداری (p≤۰/۰۵)

بحث

یافته‌ها نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی هرمی و هرمی معکوس باعث 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 باعث ایجاد سازگاری قلبی عروقی، غدد درون‌ریز و عصبی و همچنین تغییر در ترکیب و اندازه عضلات می‌شود. این تمرینات منجر به افزایش قدرت، هایپرتروفی و استقامت عضلانی موضعی 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 رابطه وابسته به دوز بین نتایج و حجم تمرین ایجاد می کنند (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). مطالعه حشمتی و همکاران

(۲۰۲۰) نشان دهنده این بود که هر دو الگوی بارگذاری هرمی و هرمی معکوس در حرکت ددلیفت موجب درگیری مشابه عضلات اندام تحتانی در دختران شد ولی استفاده از تمرینات هرمی به علت ایجاد امنیت در ثبات مفصل و کاهش احتمال بروز آسیب در مفصل منطقی‌تر به‌نظر می‌رسید (۱۱). ساجدی‌نیا و همکاران (۲۰۲۴) اما توصیه کردند از روش هرمی معکوس برای انجام تمرینات استفاده شود و در انجام تمرینات هرمی بیشتر احتیاط شود (۲۵). برخی مطالعات روش هرمی معکوس را به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های افزایش قدرت معرفی کرده و آن را برای همه گروه‌ها مناسب می‌بینند. 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 معکوس منجر به کاهش معنادار وزن، نمایه توده بدن، درصد چربی بدن و بهبود نیمرخ مهارتی و شاخص‌های زیست حرکتی می‌شود (۹).

همسو با پژوهش حاضر، ابراهیم نیا 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 تاثیر هشت هفته تمرینات تناوبی شدید بر سطح سرمی مایوستاتین و فولیستاتین در زنان جوان غیر فعال نشان دادند که انجام تمرینات تناوبی شدید می‌تواند باعث کاهش بیان مایوستاتین و افزایش بیان فولیستاتین در نمونه های انسانی شود و منجر به هایپرتروفی عضلانی شده و می‌تواند به عنوان یک مداخله‌ی تمرینی در برنامه توانبخشی در زنان غیر فعال مورد استفاده قرار گیرد (۲۸). الیوت و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که شش هفته تمرین تناوبی شدید منجر به تغییر معناداری در سطوح مایوستاتین و فولیستاتین در مردان سالمند نشد. به احتمال زیاد این ناهمسویی با نتایج پژوهش حاضر، به علت تفاوت در شدت و مدت تمرین و روش اندازه‌گیری سطوح سرمی بوده است (۲۹). تحقیقات گوناگون نشان داده است مایوستاتین به طور غیرمستقیم، متابولیسم بدن را تنظیم می‌کند. به طوریکه، حذف مایوستاتین با افزایش توده عضلانی همراه است که این عضلانی شدن باعث برداشت بیشتر سوبسترا‌های متابولیکی می‌گردد (۳۰). همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند که هورمون‌هایی مانند تستوسترون، هورمون رشد و هورمون رشد شبه انسولین از طریق فعال کردن مسیرهای سیگنالی مختلف، به خصوص مسیر سیگنالی فعال‌کننده نسخه‌برداری، با فعال کردن یک سری مسیرهای آبشاری سلولی بسیار پیچیده، موجب تنظیم منفی بیان مایوستاتین از سلول‌های عضلانی و به دنبال آن، کاهش میزان ترشح آن به خون می‌شوند (۳۱). این احتمال وجود دارد که کاهش فاکتورهای مایواستاتیک مانند مایوستاتین در نتیجه تنش پروتئین‌های انقباضی عضله اسکلتی به‌واسطه فعال‌سازی گسترده تارهای عضلات اسکلتی باشد. شواهد به‌روزتر نشان می‌دهد که بیان مایوستاتین بر متابولیسم گلوکز و چربی نیز تأثیر گذاشته و در مورد چاقی سارکوپنیک، می‌تواند یک چرخه معیوب ایجاد کند. فولیستاتین نیز از طریق مهار اکتیوین و مایوستاتین در تنظیم رشد عضلات و بافت چربی دخالت دارد. فولیستاتین، ممکن است یک هدف درمانی امیدوارکننده نه تنها برای سارکوپنی، بلکه برای اختلالات متابولیک و حتی التهاب باشد (۳۲). در مورد مقادیر مایوستاتین، شاه‌نظری و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که غلظت مایوستاتین پس از هشت هفته تمرین مقاومتی شدید و متوسط در رت‌های سالمند کاهش معناداری داشت (۳۳). از نتایج متناقض با مطالعه حاضر نیز می‌توان به مطالعه ویلوگبی و همکاران (۲۰۰۴) اشاره کرد که علی‌رغم افزایش قدرت و توده عضلانی آزمودنی‌ها، بیان mRNA مایوستاتین به‌دنبال ۱۲ هفته تمرین مقاومتی افزایش می‌یابد. آن‌ها علت احتمالی این افزایش را به شدت برنامه تمرینی نسبت دادند؛ زیرا شدت برنامه تمرین بین ۸۰-۹۵ درصد یک تکرار بیشینه بود. همچنین افزایش معنادار کورتیزول مشاهده گردید که روی تنظیم رونویسی بیان مایوستاتین تاثیرگذار است. آن‌ها گزارش کردند که علت این افزایش ممکن است ناشی از شدت سنگین برنامه تمرینی و نمونه‌گیری بلافاصله بعد از تمرین باشد (۳۴). اسزولک و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند مایوستاتین به صورت تدریجی و اندک تا سن ۵۷ سالگی افزایش می‌یابد و پس از آن به‌تدریج کاهش می‌یابد. در

آن پژوهش بین مایوستاتین و سن ارتباط معناداری مشاهده شد. همچنین غلظت سرمی مایوستاتین شامل تمام فرم‌های فعال مایوستاتین بود. بنابراین، غلظت‌های مایوستاتین به‌دست‌آمده در مطالعه ذکر شده، بیشتر از مطالعات مشابه بوده است (۳۵). جاسپرسن و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که mRNA مایوستاتین پس از یک دوره 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 توده عضلانی به خوبی ثابت شده است. از این رو در تعدادی از تحقیقات فرض شده است که تغییر میزان مایوستاتین شاید در سازگاری‌های عضلانی به تمرین مقاومتی نیز نقش داشته باشد. برخلاف شباهت پژوهش‌ها در زمینه افزایش قدرت و حجم عضلانی پس از تمرین مقاومتی، نتایج مربوط به مایوستاتین ضدونقیض به نظر می‌رسد. همچنین به نظر می‌آید حجم و نوع تمرین نیز بر پاسخ مایوستاتین اثرگذار باشند (۳۳). کاظمی و وکیل‌زاده (۲۰۲۱) نشان دادند که چهار هفته تمرین مقاومتی منجر به افزایش معنادار سطوح سرمی فولیستاتین در مردان جوان ورزشکار گردید (۳۷). اسدپور و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که هشت هفته تمرین تناوبی شدید باعث افزایش معنادار سطوح سرمی فولیستاتین در موش‌های صحرایی پیر گردید (۳۸)، اما بیگلری و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که هشت هفته تمرین تناوبی شدید تاثیر 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 مطالعات کاظمی و همکاران و اسدپور و همکاران همسو با نتایج مطالعه حاضر و نتایج مطالعه بیگلری و همکاران ناهمسو با پژوهش حاضر بود. تغییرات ضد و نقیض در محتوای پروتئین فولیستاتین در مطالعات گزارش شده نشان دهنده این مطلب است که توجه به ماهیت برنامه‌های تمرینی به‌عنوان مثال، شدت، حجم و نوع فعالیت ورزشی و همچنین سن آزمودنی‌ها عوامل بسیار مهمی هستند که باید به آن‌ها توجه داشت (۳۸). علاوه براین، در این پژوهش از نسبت فولیستاتین بر مایوستاتین نیز به‌عنوان پاسخ آنابولیک بر کاتابولیک استفاده گردید. 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 مطالعه 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 قبل از استقامتی، منجر به افزایش یک محیط کاتابولیک می‌شود. کافی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند انجام تمرین استقامتی بعد از قدرتی ممکن است عوامل التهابی و تجزیه پروتئین را افزایش دهد (۳۱). در کل به‌نظر می‌رسد کاهش مایوستاتین و افزایش فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین، متعاقب با تمرینات مقاومتی و عملکردی در پژوهش حاضر را می‌توان به تاثیر مثبت ژن‌های هایپرتروفی و کنترل مایوستاتین توسط آن‌ها دانست. زیرا فعال‌سازی مایوستاتین موجب غیرفعال شدن مسیر هایپرتروفی عضلانی می‌گردد (۴۱). فولیستاتین نیز به‌عنوان یکی از بازدارنده‌های مهم مایوستاتین عمل کرده و عملکرد آن را خنثی می‌کند (۳۷).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات مقاومتی موجب کاهش مقادیر مایوستاتین و افزایش فولیستاتین و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین گردید. 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 کرده و این نوع برنامه تمرینی در برنامه‌های توانبخشی و تمرینات بدنسازی افراد جوان سالم قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات اساتید دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد که در انجام این مطالعه کمال همکاری را داشته‌اند، سپاسگزاری می‌گردد.

مشارکت نویسندگان

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

تعارض منافع

در این پژوهش هیچگونه تعارض منافعی برای نویسندگان وجود ندارد.

نسخه پیش انتشار

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.
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.
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.
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.
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.
7. Abdolreza K, Mokhtar G, Ali S, Zziya N. 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 . نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی. ۲۰۲۳;۱۴(۲):۱-۸.
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.
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.
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.
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.
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.
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.
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.

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.
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.
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.(۲)
23. Cattan GH. Pyramidal Systems in Resistance Training. Encyclopedia. 2021;1(2):423-32.
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.
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.
26. Herring R. Reverse pyramid training. Strength Cond J cond Res. 2002;25(3):213.۳۱-
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.
28. بابایی س, فتاح پور مرندی م.The effect of 8 weeks of HIIT exercises on the serum levels of myostatin and follistatin in inactive young women.(مقالات آماده انتشار)۲۰۲۳ سوخت و ساز و فعالیت ورزشی .
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.
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.
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.
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.
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.۱-۱۴:(۱)۸;۲۰۱۸ .
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;1.(۴)۴
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.
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.
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.
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.

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.
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.
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.

نسخه پیش انتشار