Hakim Sabzevari University

Journal of Sport in Biomotor Sciences

Homepage:http://sbs.hsu.ac.ir

P- ISSN: 2228-723X
E- ISSN: 3041-959X

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

Investigating the effect of two flat and double pyramid training methods on the ratio of follistatin to myostatin ratio and IGF-1 in non-athlete men

Sadegh Gholami[1], *Rambod Khajeie*[2], *Ameneh Barjaste Yazdi*[3]*, *Mohammadreza Hosseinabadi*[4]

1. Ph.D Candidate, Department of Physical Education, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. 77giggs@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Physical Education, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. r.khajeie@gmail.com
3. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Physical Education, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. barjaste.a7@gmail.com
4. Assistant Professor, Department of Physical Education, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran. mrhoseinabadi@gmail.com

Article Information

Article type: Research Article

Vol: 16
No: 32
P: 28-38
Received: 2024-04-22
Revised: 2024-10-03
Accepted: 2024-10-06

Cite this Article:

Sadegh Gholami, Rambod Khajeie, Ameneh Barjaste Yazdi, Mohammad reza Hosseinabadi. Investigating the effect of two flat and double pyramid training methods on the ratio of follistatin to myostatin ratio and IGF-1 in non-athlete men. *Journal of Sport and Biomotor Sciences*. 2024-2025; 16(32): 1-38.
doi: 10.22034/sbs.2024.453618.1094.

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)

10.22034/sbs.2024.453618.1094

Abstract

Introduction and Purpose: Various strategies have been utilized by researchers to improve physical condition and muscle growth in non-athletes. Resistance training, as the primary exercise method that enhances anabolic hormones and promotes muscle growth, has been extensively studied. Therefore, this study aimed to examine the effect of two training methods, flat-pyramid and double-pyramid, on the follistatin-to-myostatin ratio and IGF-1 in non-athletic men.

Materials and methods: This study was semi-experimental. The sample consisted of 30 non-athletic men aged 18 to 25 years with a body mass index (BMI) of 18–25 kg/m². The training protocol for the flat-pyramid and double-pyramid groups was conducted over twelve weeks, with three to five sessions per week. In the flat-pyramid model, participants performed each exercise in seven training sets after a warm-up. The double-pyramid group followed the same exercises but performed them in eight consecutive sets. Blood samples (10 cc) were collected from the cubital vein before and after the study to assess hormonal levels. Repeated measures analysis was used for statistical analysis at a significance level of $P<0.05$.

Results: he results indicated that 12 weeks of flat-pyramid and double-pyramid training led to a significant increase in the follistatin-to-myostatin ratio and IGF-1 compared to the control group ($P<0.05$); however, the difference between the two training groups was not statistically significant ($P>0.05$).

Discussion and Conclusion: Implementing resistance training protocols based on pyramid models, regardless of the specific pyramid type, can enhance anabolic hormones and muscle growth in non-athletic individuals living under stressful conditions.

Key Words: Flat-pyramid training, Double-pyramid training, Follistatin, Myostatin, IGF-1

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

Progress in muscular growth and body composition improvement, particularly among non-athletes, can significantly enhance health, physical fitness, and reduce the incidence of various ailments, including cardiovascular diseases. With the continuous advancement of sports equipment, various exercises are employed; however, it is evident that nearly all medical and sports science fields consider muscle strength to be essential for improving health, physical performance, and quality of life. Existing reports indicate that an increase in Follistatin gene expression in mice has led to a significant increase in their muscle mass. Conversely, myostatin inhibits the proliferation of satellite cells, which is necessary for hypertrophy. Previous research has shown that following resistance exercises, the expression of the myostatin gene in skeletal muscles decreases. Myostatin impacts various aspects of muscle growth; it is synthesized in muscle cells, enters the bloodstream, and inhibits muscle growth and differentiation by binding to its receptor in muscle tissue. Follistatin, a member of the large TGF-β family—the largest family of secreted growth, differentiation, and homeostasis factors in the body—is released from various parts of the body. Research has indicated that myostatin performs multiple functions, including inhibiting muscle growth and regulating energy homeostasis and metabolism, making the responses of this protein to exercise significant. Growth hormone exerts many of its effects on skeletal muscle through its influence on IGF-1, a powerful growth factor that can induce dramatic changes in strength and muscle mass. Studies examining changes in IGF-1 levels following resistance training have reported conflicting findings (Jiang et al., 2020; Yin et al., 2020), with some studies indicating increases in IGF-1 and others showing no change. Therefore, this study aimed to investigate the effects of two training methods—flat and double pyramid training—on the ratio of Follistatin to myostatin and IGF-1 in non-athletes.

2. Materials and Methods

A This semi-experimental research was applied, utilizing a pre-test and post-test design. The sample consisted of 30 non-athletic men aged 18-25 years, with a body mass index of 18-25 kg/m², who were targeted, available, and randomly selected for the research groups. The sample size was determined using G-Power software (version 3.0.10) for intra-group and inter-group variance analysis with repeated measures, considering a type I error rate of 0.05, a power of 0.80, and an effect size of 0.25, resulting in a statistical sample of 10 participants. The groups included the flat pyramid group (10 participants), the double pyramid group (10 participants), and the control group (10 participants). The training protocol for the flat and double pyramid groups was conducted over twelve weeks, with three to five sessions per week. In the flat pyramid pattern, subjects performed each movement seven times after warming up. The double pyramid group performed the same movements eight consecutive times. Blood samples (10 cc) were taken from the cubital vein at the beginning and end of the study to measure hormone levels in the subjects.

3. Results

The results demonstrated that 12 weeks of flat and double pyramid training produced a significant increase in the ratio of Follistatin to myostatin ($P<0.001$) and IGF-1 ($P<0.001$) compared to the control group, but this difference was not significant between the two training groups.(<0.001) and IGF-1 ($P<0.001$) compared to the control group; however, this difference was not significant between the two training groups.

4. Conclusions

The use of flat and double pyramid resistance training protocols, regardless of the type of pyramid, can enhance anabolic hormones and promote muscle growth in non-athletes, such as soldiers living in stressful conditions.

5. Acknowledgment & Funding

Thanks to the people who helped spread science with their presence and thanks to the respected professors of the Islamic Azad University of Neyshabur branch and the subjects who participated in this project.

6. Ethical Consideration

Before starting the research, the ethics committee of the Islamic Azad University, Mashhad branch, the code of ethics was taken.

The ethics code was obtained with the number (IR.IAU.NEYSHABUR.REC.1401.004).

7. Contribution of authors

All authors have been actively participated in the process the study and writing the article.

8. Conflict of interest

There is no conflict of interest in this research.

ورزش و علوم زیست حرکتی

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

دانشگاه حکیم سبزواری

بررسی تأثیر دو روش تمرینی هرمی مسطح و دوگانه بر نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 مردان غیرورزشکار

صادق غلامی[1]، رامبد خواجه‌ای[2]، آمنه برجسته یزدی[3]*، محمدرضا حسین آبادی[4]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران. 77giggs@gmail.com
۲. استادیار، گروه علوم تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران. r.khajeie@gmail.com
۳. نویسنده مسئول، استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران. barjaste.a7@gmail.com
٤. استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران. rhoseinabadi@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی
دوره: ۱۶
شماره: ۳۲
صفحه: ۳۸-۲۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۷/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۵

نحوه ارجاع به این مقاله:
صادق غلامی، رامبد خواجه‌ای، آمنه برجسته یزدی، محمدرضا حسین‌آبادی. بررسی تاثیر دو روش تمرینی هرمی مسطح و دوگانه بر نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 مردان غیرورزشکار. نشریه ورزش و علوم زیست‌حرکتی. ۱۴۰۳؛۱۶(۳۲):۳۸-۲۸.
Doi:10.22034/sbs.2024.453618.1094

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

© نویسنده(گان).

10.22034/sbs.2024.453618.1094

چکیده

مقدمه و هدف: راهکارهای متعددی برای بهبود وضعیت جسمانی و رشد عضلانی افراد غیرورزشکار توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته است. تمرینات مقاومتی به عنوان اصلی‌ترین روش تمرینی که موجب بهبود هورمون‌های آنابولیک و رشد عضلانی می‌شود مورد مطالعات گسترده‌ای قرار گرفته است. از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر دو روش تمرینی هرمی‌مسطح و دوگانه بر نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 مردان غیرورزشکار انجام شد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود. نمونه‌های این پژوهش را ۳۰ مرد غیرورزشکار با محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال و شاخص توده بدنی ۱۸-۲۵ کیلوگرم بر مترمربع تشکیل دادند. پروتکل تمرینی گروه‌های هرمی مسطح و دوگانه به مدت دوازده هفته (سه الی پنج جلسه در هفته) انجام شد. در الگوی هرمی مسطح، آزمودنی‌ها پس از گرم‌کردن هر حرکت را در ۷ نوبت تمرینی انجام دادند. تمرینات گروه هرمی دوگانه نیز شامل انجام همان حرکات در ۸ نوبت متوالی بود. در ابتدا و انتهای پژوهش، ۱۰ سی‌سی خون از ورید کوبیتال جهت بررسی سطوح هورمونی از آزمودنی‌ها اخذ گردید. در نهایت از آزمون اندازه‌گیری مکرر در سطح معنی داری P<۰/۰۵ جهت تحلیل آماری نتایج استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد ۱۲ هفته تمرین مسطح و دوگانه افزایش معناداری در نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 نسبت به گروه کنترل ایجاد کرد (P<۰/۰۵)؛ اما این تفاوت بین دو گروه تمرینی معنادار نبود (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: استفاده از پروتکل‌های تمرینی مقاومتی هرمی مستقل از نوع هرم می‌تواند موجب بهبود هورمون‌های آنابولیک و رشدعضلانی در افراد غیرورزشکار که در شرایط استرس‌زا زندگی می‌کنند، شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین هرمی‌مسطح، تمرین هرمی‌دوگانه، فولیستاتین، مایوستاتین،IGF-1

مقدمه

پیشرفت در روند رشد عضلانی و بهبود یافتن ترکیب بدن در افراد جامعه و به خصوص افراد غیرورزشکار می‌تواند از جنبه سلامتی، ارتقای آمادگی جسمانی و کاهش ابتلا به بیماری‌های مختلف از جمله بیماری‌های قلبی- عروقی بسیار تاثیرگذار باشد. از جمله عوامل اثرگذار می‌توان به تمرینات ورزشی مقاومتی که به بهبود روند عضله‌سازی کمک می‌کنند، اشاره نمود. می‌توان اینگونه بیان کرد که افزایش در رشد عضلات بدن، افزایش حجم عضلانی و هماهنگی عصبی-عضلانی فاکتورهایی هستند که نه تنها در ورزشکاران مسابقه ای بلکه در افراد غیر ورزشکار نیز که به دنبال بهبود ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی خود هستند نیز دارای اهمیت است (۱). فولیستاتین و مایوستاتین که از کبد و عضلات رهایش پیدا می‌کنند بر هایپرتروفی و آتروفی عضلانی تاثیرات قابل ملاحظه‌ای دارند (۲).

براساس گزارش‌های پژوهش‌های گذشته پس از اجرای تمرینات مقاومتی، بیان ژن مایوستاتین در عضلات اسکلتی با کاهش مواجه می‌گردد (۳). باتوجه به گزارش‌های موجود افزایش یافتن بیان ژن فولیستاتین در موش‌ها، موجب افزایش معناداری در توده عضلانی آن‌ها گردیده است (۴). اما از سویی دیگر، مایوستاتین از تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای که برای هایپرتروفی ضروری می‌باشد، ممانعت می‌نماید (۵). مایوستاتین بر جنبه‌های رشد عضلانی تاثیرات زیادی می‌گذارد چنانچه بیان شده است که در سلول‌های عضلانی سنتز می‌شود، وارد جریان خون شده و با اتصال به جایگاهش در بافت عضلانی از رشد و تمایز عضلات جلوگیری می‌کند (۶). این فرآیند نشان‌دهنده نقش مهم مایوستاتین در کنترل و آتروفی عضلانی است. از سویی، پپتید فولیستاتین که عضوی از ابرخانواده پروتئین فاکتور رشد تغییردهنده – بتا (TGF-β)[1] است، که با نام تی اس سی ۳۶ (TSC-36) معرفی می‌گردد، گلیکوپروتئینی است که موجب اشغال جایگاه مایوستاتین شده و از فرآیند تخریب‌گر آن جلوگیری می‌کند (۷). فولیستاتین با جلوگیری از اتصال مایوستاتین به گیرنده‌اش موجب پیشگیری از تحلیل عضلانی و افزایش توده عضلانی می‌گردد. به همین دلیل، سنجش میزان هر یک از این پپتیدها ارزش بالایی نداشته و می‌بایست نسبت آنها را مورد بررسی قرار داد (۸). پژوهش‌ها گزارش داده‌اند که مایوستاتین عملکردهای فراوانی در بدن انجام می‌دهد که می‌توان به مهار رشد عضله و نقش در کنترل هموستاز انرژی و متابولیسم اشاره کرد، از این رو پاسخ‌های این پروتئین به ورزش حائز اهمیت می‌باشد (۹،۱۰). همچنین فاکتور رشد شبه‌انسولین-۱[2] (IGF-1) یک فاکتور رشدی بسیار قدرتمند می‌باشد که می‌تواند تغییرات شگرفی بر قدرت و توده عضلانی بگذارد. پژوهش‌های انجام شده در حیطه تغییرات سطوح IGF-1 در پی تمرین مقاومتی یافته های متناقضی را گزارش کرده‌اند (۱۱)، برخی افزایش میزان IGF-1 را گزارش کرده‌اند و برخی دیگر تغییری گزارش نکرده‌اند (۱۲).

سیستم هرمی تمرین به روش‌هایی اطلاق می‌شود که در آن ست‌ها با افزایش (یا کاهش) وزنه‌ها و تکرارها انجام می‌شود، به‌گونه‌ای که در صورت باالبودن وزنه، تعداد تکرارها کم باشد (و بالعکس). علاقه‌مندان و محققان تناسب‌اندام چندین سیستم تمرینی چند مجموعه‌ای مانند تمرینات مداری، دراپ و استریپ، سوپرست و تمرینات هرمی را ایجاد کرده‌اند. توصیه جامع کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM)[3] یا انجمن ملی قدرت و وضعیت (NSCA)[4]، انجام دو تا سه ست با ۸ تا ۱۲ تکرار در ۶۷ تا ۸۵ درصد از یک تکرار بیشینه است. تمرینات سنتی با توجه به سطح و توانایی تمرینی ورزشکاران، مانند سن و تجربه قبلی تمرین متفاوت است. به ویژه، تغییرات منظم برنامه تمرینی، مانند تغییر روش یا حجم تمرین، برای حفظ پیشرفت ضروری است. این به این دلیل است که بدن به سرعت با تمرینات مقاومتی سازگار می‌شود و بنابراین تغییراتی برای پیشرفت مداوم لازم است (۱۳). با توجه به سن، متخصصان توصیه می‌کنند که فعالیت بدنی متناسب با محدودیت‌ها و شرایط بلندمدت آزمودنی انجام شود. بدین دلیل از تمرینات مقاومتی مختلف استفاده می‌گردد که شرایط بدنی معمول فرد با تمرینات سازگار نشود چرا که سازگاری موجب وقفه در پیشرفت فرد می‌شود.

اثر مورد انتظار از روش هرمی و به طور کلی تمرین مقاومتی افزایش قدرت ناشی از سازگاری عصبی و عضلانی است. سازگاری‌های عصبی ابتدا در افراد مبتدی اتفاق می‌افتد و باعث تغییر الگوی شلیک عصبی در واحد حرکتی می‌شود. در عمل، این بدان معنی است که قدرت به تعداد فیبرهای عضلانی‌ای بستگی دارد که واحدهای حرکتی می‌توانند برای انجام یک حرکت در حالی که عضله آنتاگونیست را آزاد می‌کنند و از مفاصل محافظت می‌کنند، استخدام کنند (۱۴).

باتوجه به پژوهش‌های انجام شده مشخص می‌شود که به مقایسه تاثیرات الگوهای تمرینات هرمی، تمرکز و توجه قابل قبولی معطوف نگردیده است که این موضوع نیاز به جبران کمبود پژوهش‌ها در این زمینه را توجیه می‌کند (۱۹). اما آنچه که باید بیان گردد این است که الگوی باردهی به روش هرمی مسطح بمنظور رسیدن به حداکثر قدرت که با افزایش اندکی در هایپرتروفی همراه است گزینه بسیار خوبی می‌باشد. اما از طرفی، الگوی تمرینات هرمی دوگانه دارای فشار تمرینی بسیار بالایی

1 Transforming growth factor beta
2. Insulin-like growth factor-1

3. American College of Sports Medicine
4. National Strength and Conditioning Association

است که در نتیجه به هایپرتروفی بیشتر و احتمالا تاثیرات بر هورمون‌های آنابولیک دارد. اما آنچه اهمیت دارد این نکته است که این گزارش‌ها اکثرا از منابعی غیرپژوهشی نظیر کتاب‌ها بدست آمده است. علاوه براین باید خاطر نشان کرد، الگوی باردهی هرمی مسطح، از نقطه نظر روش اجرا و قابلیت اجرا به شکل گروهی، سهولت بیشتری نسبت به شیوه هرمی دوگانه دارا می‌باشد که به طور معمول به‌منظور استفاده از این روش تمرینی به‌شکل گروهی، علاقه کمتری از طرف مربیان وجود دارد. همچنین در مورد اثرات ناشی از روش باردهی هرمی مسطح و دوگانه بر فاکتورهای آمادگی جسمانی و ترکیب بدنی، اطلاعات اندکی وجود دارد. به علاوه اکثر شواهد موجود، از لحاظ یکسان‌سازی مقدار حجم و شدت تمرین با مشکل مواجه بوده‌اند که امکان تعمیم یافته‌ها را محدود کرده است. بویژه تاثیرات این تمرینات بر رشد عضلانی با مکمل‌های عضله‌ساز بسیار اندک هستند (۱۹). در مطالعات پیشین نقش تمرینات مقاوتی برسطوح هورمون‌های آنابولیک پژوهش حاضر که شامل فولیستاتین و مایوستاتین و IGF-1 می‌شود به اثبات رسیده است، لذا نقش نوع تمرینات مقاومتی هرمی بویژه مسطح و دوگانه برسطوح این هورمون ها در هاله‌ای از ابهام است که پژوهش حاضر درصدد اثبات این فرضیه می‌باشد.

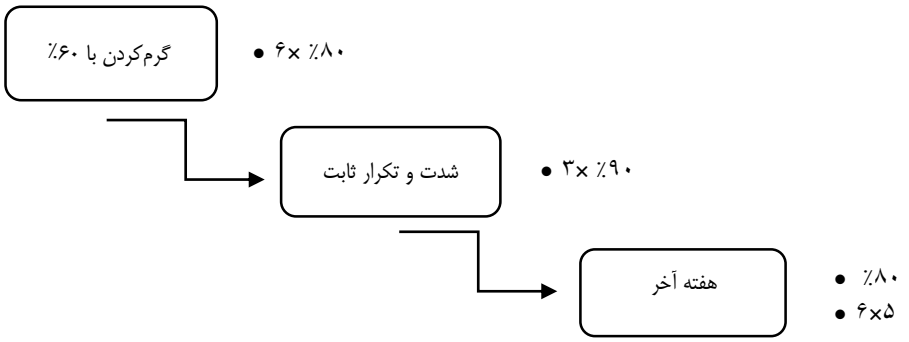
روش‌شناسی

پژوهش‌حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون – پس‌آزمون بود. نمونه‌های این پژوهش را ۳۰ مرد غیرورزشکار با محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال و شاخص توده بدنی ۱۸–۲۵ کیلوگرم بر متر مربع تشکیل دادند. جامعه این پژوهش شامل مردان غیرورزشکار ساکن شهر مشهد (سربازان گردان ۱۱۰ تیپ ۳۷۷ نیروی زمینی ارتش در مشهد) بود که تعداد ۳۰ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه تمرین هرمی-مسطح (۱۰ نفر)، تمرین هرمی‌دوگانه (۱۰ نفر) و گروه کنترل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. آزمودنی‌ها بر اساس سن (۱۸–۲۵ سال)، و مدت زمان خدمت سربازی (حداقل شش ماه و حداکثر یکسال)، همانندسازی شدند و ترجیحا سربازانی که درجات نظامی نزدیک‌تری دارند، انتخاب گردیدند تا از نظر سن، استرس روانی و فعالیت روزانه سطح آنها در سطحی نسبتا مشابه قرار داشته باشد. با تکمیل کردن فرم مربوط به مشخصات فردی و سوابق پزشکی توسط آزمودنی‌ها، اطلاعاتی در خصوص سن و سوابق پزشکی فردی و خانوادگی جمع‌آوری شد. معیارهای ورود به پژوهش شامل: دامنه سنی ۱۸–۲۵ سال، دارای سابقه حداقل شش ماه و حداکثر یک ساله خدمت سربازی، دارای سلامت جسمانی و روانی، عدم‌مصرف دارو و عدم‌استعمال دخانیات و معیارهای خروج افراد: استفاده از مکمل‌های موثر بر پژوهش در طی مراحل پژوهش، عدم‌توانایی در انجام پروتکل‌تمرینی پژوهش و هرگونه آسیب‌دیدگی یا بیماری در طی پژوهش بود.

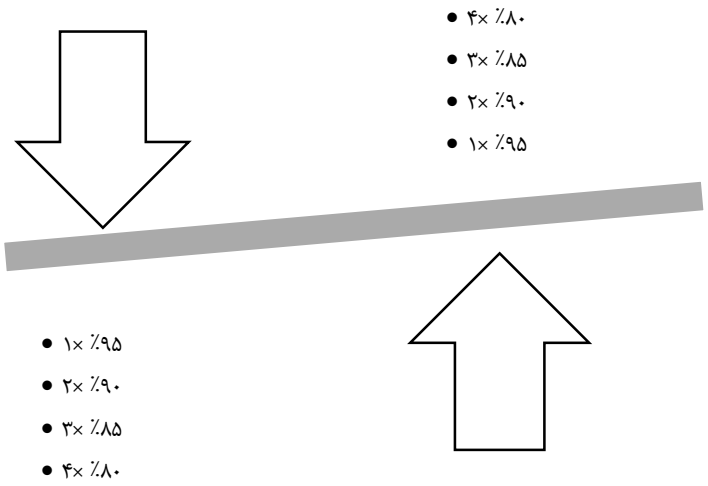
جهت اندازه‌گیری دقیق قد و وزن، فرد بدون کفش به صورت صاف و کشیده بر روی دستگاه قرار گرفته به طوری که وزن بدن به طور مساوی روی هر دو پا تقسیم شده و چشم‌ها موازی سطح افق باشد. سپس در انتهای بازدم معمولی، خط‌کش افقی دستگاه، طوری روی سر قرار گرفته که مماس کاسه سر بوده و با خط کش عمودی زاویه قائمه بسازد. بدین طریق، قد فرد بر حسب سانتی‌متر و وزن فرد برحسب کیلوگرم به دست می‌آید.

متغیرهای مورد نظر در قبل و بعد از دوره تمرینی اندازه‌گیری شد و آزمودنی‌ها در برنامه تمرینی هرمی‌مسطح (طبق جدول ۱ و شکل ۱) و در برنامه تمرینی هرمی دوگانه (طبق جدول ۲ و شکل ۲) شرکت کردند. برای بررسی فولیستاتین، میوستاتین و IGF-1 در دو مرحله پیش و پس‌آزمون، هر مرحله میزان ۱۰ سی‌سی خون پس از ۱۲ ساعت ناشتا بودن، از ورید کوبیتال خون‌گیری صورت گرفت. خون گیری‌ها ۲۴ ساعت قبل از شروع برنامه تمرینی و ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین انجام شد. کیت آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت دیامترا ساخت کشور ایتالیا بود. پس از سانتریفیوژ و جدا کردن سرم، سرم‌ها داخل میکروتیوپ‌ها ریخته شد تا همراه با نمونه‌های خونی پس‌آزمون تجزیه و تحلیل شود. سپس نمونه‌ها با استفاده از کیت تجاری الایزا دارای حساسیت ۲/۱۷ نانوگرم بر لیتر اندازه‌گیری و تحلیل شد. سپس شرکت‌کننده‌های گروه تجربی به سالن ورزشی مراجعه و تمرینات مقاومتی را طبق دستورالعمل پژوهش، انجام دادند. پس از اتمام ۱۲ هفته تمرین، پس‌آزمون انجام شد.

پروتکل تمرینی گروه‌های هرمی‌مسطح و دوگانه به مدت دوازده هفته (سه الی پنج جلسه در هفته)، انجام شد. در الگوی هرمی‌مسطح، آزمودنی‌ها پس از گرم کردن هر حرکت را در ۷ نوبت تمرینی انجام دادند (شکل ۱). تمرینات گروه هرمی‌دوگانه نیز شامل انجام همان حرکات در ۸ نوبت متوالی بود (شکل ۲). حرکات هر دو گروه تمرینی، به‌منظور درگیرکردن تمامی عضلات و قسمت‌های بدن برای سه جلسه تمرین در هفته برای ماه اول، چهار جلسه تمرین در هفته برای ماه دوم و پنج جلسه تمرین در هفته برای ماه سوم شامل روز اول: ۱–اسکات با دستگاه اسمیت ۲– پرس پا ۳– جلو ران ۴– پشت ران؛ روز دوم: ۱– پرس سینه ۲– لت سیم‌کش ۳– پرس سرشانه با دستگاه ۴– جلوبازو با هالتر (۲۰).



شکل۱. الگوی باردهی تمرینات مقاومتی هرمی مسطح



شکل۲. الگوی باردهی تمرینات مقاومتی هرمی دوگانه

جدول۱. پروتکل تمرینات هرمی مسطح

ماه	تعداد جلسات در هفته	تعداد هر حرکت	حرکات جلسه اول، سوم و پنجم	حرکات جلسه دوم و چهارم
اول	۳	۷ (شدت براساس شکل ۱)	اسکات با دستگاه اسمیت پرس پا جلو ران پشت ران	پرس سینه لت سیم کش پرس سرشانه با دستگاه جلوبازو با هالتر
دوم	۴	۷ (شدت براساس شکل ۱)	اسکات با دستگاه اسمیت پرس پا جلو ران پشت ران	پرس سینه لت سیم کش پرس سرشانه با دستگاه جلوبازو با هالتر
سوم	۵	۷ (شدت براساس شکل ۱)	اسکات با دستگاه اسمیت پرس پا جلو ران پشت ران	پرس سینه لت سیم کش پرس سرشانه با دستگاه جلوبازو با هالتر

جدول۲. پروتکل تمرینات هرمی دوگانه

ماه	تعداد جلسات در هفته	تعداد هر حرکت	حرکات جلسه اول، سوم و پنجم	حرکات جلسه دوم و چهارم
اول	۳	۸ (شدت براساس شکل ۲)	اسکات با دستگاه اسمیت پرس پا جلو ران پشت ران	پرس سینه لت سیم کش پرس سرشانه با دستگاه جلوبازو با هالتر
دوم	۴	۸ (شدت براساس شکل ۲)	اسکات با دستگاه اسمیت پرس پا جلو ران پشت ران	پرس سینه لت سیم کش پرس سرشانه با دستگاه جلوبازو با هالتر
سوم	۵	۸ (شدت براساس شکل ۲)	اسکات با دستگاه اسمیت پرس پا جلو ران پشت ران	پرس سینه لت سیم کش پرس سرشانه با دستگاه جلوبازو با هالتر

روش‌های آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، علاوه بر استفاده از آمار توصیفی (شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی) و نمودارها، از آزمون شاپیروویلک برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها، و برای مقایسه داده‌های پیش‌آزمون و پس آزمون در گروه‌ها از آزمون اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. بمنظور ورود اطلاعات و پردازش آنها از نرم افزارهای SPSS نسخه ۲۱ و اکسل نسخه ۲۰۱۶ بهره برده شد.

یافته‌ها

در جدول ۳، تغییرات میانگین و انحراف استاندارد دموگرافی آزمودنی‌ها ارائه شده است که شامل سن، وزن و قد می شود. همچنین در جدول ۴ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای متغیرهای بیومارکرهای خونی پژوهش که شامل نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 می‌شود، قید شده است. در جدول ۵ نتایج تغییرات بین گروه های آزمایش که توسط آزمون اندازه‌گیری تکراری انجام گردید گزارش شده است که نشان می دهد تفاوت معناداری بین گروه ها وجود دارد. متعاقب نتایج جدول ۵، در جداول ۶ نتایج آزمون تعقیبی گزارش شده است که گروه تمرین نسبت به گروه کنترل تفاوت افزایشی معناداری در نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 مشاهده شد ($P<۰/۰۵$)

جدول ۳. آماره‌های توصیفی دموگرافی آزمودنی‌ها به تفکیک سه گروه (میانگین ± انحراف استاندارد)

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
نسبت فولیستاتین/مایوستاتین (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	مسطح	۰/۰۸۸±۰/۰۰۳	۰/۲۰۹±۰/۰۰۸
	دوگانه	۰/۰۸۷±۰/۰۰۵	۰/۲۱۰±۰/۰۰۶
	کنترل	۰/۰۹۱±۰/۰۰۳	۰/۰۹۰±۰/۰۰۷
IGF-1 (نانوگرم بر میلی لیتر)	مسطح	۱۳۴/۸۸۵±۴/۲۵۱	۱۶۳/۰۹۳±۲/۶۱۰
	دوگانه	۱۳۴/۹۸۵±۵/۳۹۴	۱۶۳/۲۵۵±۴/۱۱۹
	کنترل	۱۳۵/۵۱۵±۳/۹۸۹	۱۳۵/۲۷۶±۲/۷۷۴

جدول٤. آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی پیش آزمون و پس آزمون

مؤلفه‌ها	آماره F	P
نسبت فولیستاتین به مایوستاتین	۴۴۵/۱۰۰	۰/۰۰۱
IGF-1	۳۰/۶۸۹	۰/۰۰۱

جدول ۵. نتایج آزمون اندازه‌گیری تکراری بین‌گروهی

متغیر	گروه	میانگین ± انحراف استاندارد
سن (سال)	مسطح	۲۱/۱۶±۳/۱۷
	دوگانه	۲۰/۷۸±۳/۴۵
	کنترل	۲۲/۴۷±۱/۳۴
وزن (کیلوگرم)	مسطح	۸۰/۷۶±۳/۸۴
	دوگانه	۷۹/۵۳±۴/۵۷
	کنترل	۷۸/۴۸±۳/۶۴
قد (سانتی‌متر)	مسطح	۱۷۷±۳/۷۴
	دوگانه	۱۷۹±۲/۳۸
	کنترل	۱۷۶±۲/۶۴

جدول ٦. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

گروه‌ها		IGF-1		فولیستاتین به مایوستاتین	
		اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P
مسطح	دوگانه	-۰/۱۳۰۸	۱/۰۰۰	-۰/۰۰۰۱۷	۱/۰۰۰
	کنترل	۱۳/۵۹۳۳	*۰/۰۰۱	۰/۰۵۸۰۸	*۰/۰۰۱
دوگانه	کنترل	۱۳/۷۲۴۲	*۰/۰۰۱	۰/۰۵۸۲۵	*۰/۰۰۱

* اختلاف معناداری در سطح P<۰/۰۵

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر دو روش تمرینی هرمی-مسطح و دوگانه بر نسبت فولیستاتین به مایوستاتین و IGF-1 مردان غیر ورزشکار بود. باتوجه به یافته های پژوهش حاضر نشان داده شد که ترکیب تمرینات مقاومتی (جدا از روش تمرین مسطح یا دوگانه) بیشترین تاثیرات را بر بهبود هورمون IGF-1 و نسبت فولیستاتین به مایوستاتین داشته است که نشان‌دهنده قدرت تاثیرگذاری هر کدام بر بیومارکرهای خونی یکسان است.

برخی مطالعات با نتایج مطالعه حاضر همسو بودند (۱۴، ۲۴-۲۱)؛ از طرفی مطالعه سپولودا و همکاران (۲۰۱۵) از جمله مطالعات ناهمسو با نتایج حاضر بود. کاتان (۲۰۲۱) در پژوهشی مروری به بررسی سیستم‌های هرمی در تمرینات مقامتی پرداخت. بیان داشت سیستم هرمی تمرین به روش‌هایی اطلاق می‌شود که در آن ست‌ها با افزایش (یا کاهش) وزنه‌ها و تکرارها انجام می‌شود، به‌گونه‌ای که در صورت بالا بودن وزنه، تعداد تکرارها کم باشد (و بالعکس) (۱۴). سازگاری بدن با تمرینات هرمی و به طور کلی مقاومتی در بسیاری از سیستم‌ها از جمله سیستم قلبی-عروقی، غدد درون ریز، عصبی و سیستم ایمنی رخ می‌دهد. اگر چه تاثیر تمرینات هرمی بر اکسیژن‌رسانی مویرگی در حین ورزش مبهم است، یافته‌های اخیر نشان می‌دهد که اکسیژن‌رسانی مویرگی در تمرینات هرمی و سنتی مشابه است. تمرین مقاومتی نیز با تحریک میوفیبرهای نوع IIA و نوع III ترکیب عضلانی را تغییر می‌دهد. هر دو نوع تار، امکان تولید سریع نیرو و انقباض عضلانی را فراهم می‌کنند، اما در مقایسه با الیاف نوع I که معمولاً با استقامت مرتبط هستند، در برابر خستگی مقاومت کمتری دارند. با این حال، الیاف نوع IIA میتوکندری بیشتری را در خود جای داده و در نتیجه نسبت به الیاف نوع IIX در برابر خستگی مقاوم‌تر هستند. هایپرتروفی برای همه انواع فیبر اعمال می‌شود، اگرچه الیاف نوع I به میزان کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرند. کونها و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی اجرای تمرینات مقاومتی با ست‌های تکی و چندگانه بر بهبود قدرت، توده و کیفیت عضلانی و IGF-1 در زنان سالمند پرداختند. ۶۲ آزمودنی در سه گروه مختلف تقسیم شدند. گروهای تمرینی شامل ۱۲ هفته بود، هشت تمرین با ۱۰-۱۵ تکرار بیشینه برای هر تمرین. نتایج مشخص کرد که هر دو نوع تمرینی موجب بهبود در فاکتورهای بدنی و IGF-1 سرمی آزمودنی‌ها شد (۲۳). فولیستاتین یک پروتئین اتصالی ترشحی منومریک است که به اعضاء متعدد خانواده TGF، بویژه اکتیوین، متصل شده و نقش مهاری بر کارکرد آنها اعمال می نماید. فولیستاتین با اتصال به میوستاتین، از اتصال میوستاتین به گیرنده اکتیوین II ممانعت می‌کند و درنتیجه، میوستاتین را در گردش خون خنثی میکند. افزایش بیان فولیستاتین، از طریق فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای، پیشگیری از میوستاتین و تعامل با دیگر پروتئین‌های تنظیمی، هیپرتروفی عضلات را افزایش می‌دهد (۲۵). فولیستاتین یا پروتئین متصل به اکتیوین، گلیکوپروتئینی است که در انسان‌ها با کد ژنتیکی FST شناخته می‌شود. فولیستاتین بطور گسترده فعالیت اتوکراین دارد و بطور تقریبی در اکثر بافت‌های بدن پستانداران بیان می‌شود و عمل اصلی آن

اتصال به اکتیوین و خنثی‌سازی اعمال پروتئین‌های خانواده TGF-β از جمله میوستاتین می‌باشد. در حال حاضر محققین بسیاری در حال مطالعه بر روی نقش فولیستاتین به عنوان مهم‌ترین فاکتور آنتاگونیست میوستاتین در مهار رشد عضلات اسکلتی می‌باشند. پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که تنظیم فولیستاتین از طریق ژن درمانی موجب رشد عضلانی و بهبود قدرت می‌گردد (۲۲). اگر عضلات کم استعداد (از نظر حجم و قدرت و سرعت)، مدت سه تا چهار روز بروش تمرینی تحریک نشوند شروع به تجزیه می‌شوند (عضلات کم استعداد: عضلاتی هستند که درصد تارهای کندانقباض آن‌ها زیاد می‌باشد) و اگر عضلات با استعداد (که درصد تارهای تند انقباض آنها بیشتر است) مدت هفت روز با تمرین مناسب، تحریک نشوند، تحلیل می‌روند (۲۴). دانشمندان در مطالعات خود به این مهم دست یافته‌اند که فولیستاتین می‌تواند جایگاه مایوستاتین را بلوکه کند و مانع از تجزیه عضلات شود. بدین شکل بخش عمده‌ای از مواد غذائی باید وارد عضلات شود تا به رشد و نگهداری توده عضلات کمک کند بنابراین سهم بافت‌های دیگر بدن از غذا کم می‌شود. در ضمن وقتی ورزشکاری به زودی به مقدار زیادی عضله دست یابد مسلما توانائی‌های بیشتری پیدا خواهد کرد ولی دستگاه‌های دیگر بدن همزمان با رشد عضلات، توسعه کافی و متناسب پیدا نکرده‌اند. به همین دلیل مصرف چنین داروهائی به مطالعه بیشتر و آزمایشات زیادتری محتاج است. به طور خلاصه فولیستاتین می‌تواند باعث عضله‌سازی شود اما لزوما این مورد در انسان نمی‌تواند صدق کند. تعدادی از تحقیقات هستند که نشان‌دهنده عضله‌سازی و خاصیت ضدتحلیلی فولیستاتین در جوندگان می‌باشد. اما متاسفانه یک تحقیق رسمی مبنی بر اثرات فولیستاتین روی نمونه‌های انسانی موجود نمی‌باشد.

تاکنون مکانیسم‌های متعددی جهت کنترل سنتز پروتئین و رشد میوفیبریل‌ها ارائه شده است. از جمله مسیرهای انتقال پیام تنظیم‌کننده می‌توان به مسیر پیام‌رسانی مایوستاتین، Smad[1] اشاره کرد که تحت تاثیر فولیستاتین و مایوستاتین قرار دارد (۲۵). میوستاتین در عضله اسکلتی تولید می‌شود و به گیرنده‌اش (اکتیوین IIb) در تارهای عضلانی پیوند می‌خورد و به فعال‌سازی مسیر پیام‌رسانی میوستاتین–Smad منجر می‌شود و رشد عضله اسکلتی را مهار می‌کند (۲۶).

تمرینات با شدت بالا، مانند تمرین تا خستگی، باعث ایجاد ضایعات ریز تارعضلانی می‌شود که منجر به درد و کاتابولیسم عضلانی می‌شود. این امر زنجیره‌ای از رویدادهای میوژنیک را ایجاد می‌کند که منجر به افزایش اندازه تار عضلانی (هایپرتروفی) و (به میزان کمتر و بحث برانگیز) افزایش تعداد آنها (هایپرپلازی) می‌شود. هایپرتروفی احتمالاً توسط سلول‌های ماهواره‌ای رخ می‌دهد که وقتی محرک‌های مکانیکی کافی بر عضلات اسکلتی اعمال می‌شوند، فعال می‌شوند. سلول‌های ماهواره‌ای سپس تکثیر می‌شوند و به سلول‌های موجود ترکیب می‌شوند یا تارهای عضلانی جدید ایجاد می‌کنند (۲۸،۲۷). انسداد خون از طریق تنگی نفس در حین ورزش احتمالاً به هایپرتروفی کمک می‌کند (۲۹). این امکان وجود دارد که انسداد خون باعث مهار میوستاتین شود که به عنوان بازی‌کننده نقشی در ضعف بدنی شناخته شده است (۳۰). اگر چه تاثیر تمرینات هرمی بر اکسیژن‌رسانی مویرگی در حین ورزش مبهم است، یافته‌های اخیر نشان می دهد که اکسیژن‌رسانی مویرگی در تمرینات هرمی و سنتی مشابه است (۳۱). تمرین مقاومتی نیز با تحریک میوفیبرهای نوع IIA و نوع III ترکیب عضلانی را تغییر می‌دهد. هر دو نوع تار، امکان تولید سریع نیرو و انقباض عضلانی را فراهم می‌کنند، اما در مقایسه با الیاف نوع I که معمولاً با استقامت مرتبط هستند، در برابر خستگی مقاومت کمتری دارند. با این حال، الیاف نوع IIA میتوکندری بیشتری را در خود جای داده و در نتیجه نسبت به الیاف نوع IIX در برابر خستگی مقاوم‌تر هستند. هایپرتروفی برای همه انواع فیبر اعمال می‌شود، اگرچه الیاف نوع I به میزان کمتری تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۱۴).

هورمون‌ها و سایتوکین‌ها، مانند انسولین، هورمون رشد یا تستوسترون، تنظیم‌کننده‌های بالادستی آنابولیسم عضلانی هستند. به طور کلی، تنظیم هورمونی هایپرتروفی پیچیده است و اهمیت هورمون‌ها در سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از ورزش باید با احتیاط در نظر گرفته شود (۱۶،۱۵). به عنوان مثال، اگرچه تستوسترون یک هورمون آنابولیک شناخته شده است، اما سطح تستوسترون ورزشکاران نخبه کمتر از محدوده مرجع برای مردان غیرنخبه است. علاوه بر این، پاورلیفترها به طور متوسط سطح تستوسترون کمتری در مقایسه با سطوح ثبت شده در سایر ورزش‌ها مانند اسکی یا بسکتبال دارند (۱۷). این یافته‌های شگفت‌انگیز نشان می‌دهد که آستانه حساسیت به تستوسترون است که در تمرین افزایش می‌یابد. ریبیرو و همکاران (۱۸) نشان داده‌اند که برای زنان مسن‌تر، غلظت تستوسترون و انسولین خون در تمرینات هرمی و سنتی مشابه بود. با این حال، نتایج به سختی قابل تعمیم هستند، زیرا فقط زنان مسن در مطالعه شرکت کردند. با این وجود، تا جایی که ما می دانیم، پاسخ هورمونی ناشی از تمرینات هرمی و سنتی قابل مقایسه است (۱۴).

نتیجه‌گیری

تمرینات هرمی احتمالا از طریق افزایش فولیستاتین و تاثیرات تمرینات هرمی از مسیر پیام‌رسانی مایوستاتین، Smad جلوگیری

1. myostatin/Smad signaling pathway

کرده و به تغییرات این متغیرها که به رشد عضلانی منجر شده کمک نموده است. علاوه براین احتمالا تمرینات هرمی موجب فعال‌شدن مسیر mTOR کیناز و همچنین افزایش سطح رونویسی ژن IGF-1 می‌شوند و اینگونه بر رشد عضلانی تاثیر می‌گذارند.

تشکر و قدردانی

با تشکر از افرادی که با حضور خود به گسترش علم کمک نموده و با تشکر از اساتید محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور و آزمودنی هایی که در این طرح مشارکت نمودند.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

منابع

1. Nastaran M, Mirzaei B, Rahmani-Nia F. Comparing effect of 1- and 3-minutes rest intervals between sets and exercises of weight training on muscular damage and sustainability of repetition in consecutive sets in untrained young men. *Journal of Metabolism and Exercise*. 2013; 3(1): 71-87. https://jme.guilan.ac.ir/article_690.html?lang=en. [In Persian]
2. Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014; 9(1): 166-72. doi:10.1123/ijspp.2013-0018.
3. Cooper A, Lamb M, Sharp SJ, Simmons R, Griffin S. Bidirectional association between physical activity and muscular strength in older adults: Results from the UK Biobank study. *International Journal of Epidemiology*. 2017; 46(1): 141-8. doi:10.1093/ije/dyw054.
4. Chan ASM, McGregor NE, Poulton IJ, Hardee JP, Cho EH, Martin TJ, et al. Bonr geometry is altered by follistatin-induced muscle growth in young adult male mice. *Journal Bone and Mineral Research* . 2021; 5(4): e10477. doi:10.1002/jbm4.10477.
5. Cook SB, Brown KA, DeRuisseau KC, Kanaley JA, Ploutz-Snyder LL. Skeletal muscle adaptations following blood flow restricted training during 30 days of muscular unloading. *Journal of Applied Physiology*. 2010; 10(4):1086-97.doi: 10.1152/japplphysiol.01288.2009 .
6. Wagner KR. The elusive promise of myostatin inhibition for muscular dystrophy. *Current Opinion in Neurology*. 2020; 33(5): 621-628. doi:10.1097/WCO.0000000000000853 .
7. Larson C, Oronsky B, Carter CA, Oronsky A, Knox SJ, Sher D, et al. TGF-beta: a master immune regulator. *Expert Opin Ther Targets*. 2020; 24(5): 427-438. doi:10.1080/14728222.2020.1744568.
8. Diel P, Schiffer T, Geisler S, Hertrampf T, Mosler S, Schulz S, et al. Analysis of the effects of androgens and training on myostatin propeptide and follistatin concentrations in blood and skeletal muscle using highly sensitive immuno PCR. *Molecular and cellular endocrinology*. 2010; 330(1): 1-9. doi:10.1016/j.mce.2010.08.015.
9. Asad MR, Morsali M, Vasaghi Gharamaleki B. The effect of 8 weeks of resistance training and HMB supplementation on serum myostatin level in non-athlete men. *Journal of Sport Biosciences*. 2014; 6(3): 351-363. doi:10.22059/jsb.2014.51995. [In Persian].
10. Bagheri L, Faramarzi M, Banitalebi E, Azamian Jazi A. The effect of sequence order of combined training (strength and endurance) on myostatin, follistatin and follistatin/myostatin ratio in older women. *Sport physiology*. 2014; 7(26): 143-64. .https://spj.ssrc.ac.ir/article_482.html?lang=en. [In Persian]
11. Jiang Q, Lou K, Hou L, Lu Y, Sun L, Tan SC, et al. The effect of resistance training on serum insulin-like growth factor 1 (IGF-1): a systemic review and meta-analysis. *Complementary therapies in medicine,* 2020; 50, 102360.doi: 10.1016/j.ctim.2020.102360 .
12. Blazevic AJ, Wilson CJ, Alcarraz PE, Rubio-Arias JA. Effets of resistance training movement pattern and velocity on isometric muscular rate of force development: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Sports Medicine*. 2020; 50(5), 943-963. doi: 10.1007/s40279-019-01239-x .
13. Mohammadi M, Siavoshy H, Rahimi SGH. Comparison of the effect of two selected resistance training patterns on some physical and physiological factors of elite freestyle wrestler young boys. *National Journal of Physiology Pharmacy and Pharmacology.* 2018; 8(2): 278-284. .doi:10.5455/njppp.2017.7. 1040508112017.
14. Cattan GH. Pyramidal systems in resistance training. *Encyclopedia*. 2021; 1: 423–432. doi:10.3390/encyclopedia1020035.
15. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010; 249(10): 2857-72. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e840f3.

16. Reiss D, Prévost P. La Bible de la Préparation physique—1re edition: Le guide scientifique et pratique pour tous; Amphora: Paris, France, ISBN. 2016; 978-2-7576-0124-2. https://cospo.uosamarra.edu.iq/wp-content/uploads/2022/10/La-bible-de-la-preparation-physique.pdf.
17. Sonksen PH, Holt RIG, Böhning W, Guha N, Cowan DA, Bartlett C, Böhning D. Why do endocrine profiles in elite athletes differ between sports? *Clinical Diabetes and Endocrinology.* 2018; 4: 3. doi:10.1186/s40842-017-0050-3 .
18. 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 olderwomen: a randomized crossover trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017; 31: 1888–1896. doi:10.1519/JSC.0000000000001653].
19. Dos santos L, Ribeiro AS, Nunes JP, Tomeleri CM, Nabuco HCG, Nascimento MA, et al. Effects of pyramid resistance-training system with different repetition zones on cardiovascular risk factors in older women: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(17): 6115. doi:10.3390/ijerph17176115.
20. Hosseino F, Mohebbi H, Rahmani nia F, Damirchi A. Comparison between flat and double pyramid resistance training protocols on physical fitness and anthropometric measures in elite young soccer players. *Journal of Metabolism and Exercise*. 2012; 2(1). doi:https://jme.guilan.ac.ir/article_673.html?lang=en. [In Persian]
21. Lee S-J. Quadrupling muscle mass in mice by targeting TGF-ß signaling pathways. 2007; PloS one. 2(8): p. e789. doi: 10.1371/journal.pone.0000789.
22. Schumann C, Nguyen DX, Norgard M, Bortnyak Y, Korzun T, Chan S, et al. Increasing lean muscle mass in mice via nanoparticle-mediated hepatic delivery of follistatin mRNA. *Theranostics.* 2018; 8(19), 5276. doi: 10.7150/thno.27847.
23. Cunha PM, Nunes JP, Tomeleri CM, Nascimento MA , Schoenfeld BJ , Antunes M, et al. Resistance training performed with single and multiple sets induced similar improvements in nuscular strength, muscle mass, muscle quality, and IGF-1 in older women: a randomized controlled trial. The *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2020; 34(4), 1008-1016. doi:10.1519/JSC.0000000000002847.
24. Mafi F, Biglari S, Ghardashi A, Gaeini AA. Improvement in skeletal muscle strength and plasma levels of follistatin and myostatin induced by an 8-week resistance training and epicatechin supplementation in sarcopenic older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2019; 27(3), 384-391. doi:10.1123/japa.2017-0389. [In Persian].
25. Schiaffino S, Dyar KA, Ciciliot S, Blaauw B, Sandri M. Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *Federation of European Biochemical Societies Journal*. 2013; 280(17): p. 4294-4314 .doi: 10.1111/ febs.12253.
26. McCroskery S, Maxwell L, Sharma M, Kambadur R. Myostatin negatively regulates satellite cell activation and self-renewal. *Journal of Cell Biology*. 2003; 162(6): 1135-1147. doi:10.1083/jcb.200207056 .
27. Schoenfeld BJ, Wilson JM, Lowery RP, Krieger JW. Muscular adaptations in low-versus high-load resistance training: a meta-analysis. *European Journal of Sport Science*. 2016; 16(1): 1-10. doi:10.1080/17461391. 2014.989922 .
28. Bruusgaard JC, Johansen IB, Egner IM, Rana ZA, Gundersen K. Myonuclei acquired by overload exercise precede hypertrophy and are not lost on detraining. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2010; 107(34): 15111-6. doi:10.1073/pnas.0913935107 .
29. Tagawa R, Watanabe D, Ito K, Ueda K, Nakayama K, Sanbongi C, et al. Dose-response relationship between protein intake and muscle mass increase: a systematic review and meta-analysis of randomizecontrolled trials. *ILSI's Nutrition Reviews Journal.* 2020; 79(1): 66-75. doi:10.1093/nutrit/nuaa104.
30. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Neves Jr M, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2012; 44(3): 406-12. doi:10.1249/MSS.0b013 e318233b4bc.
31. Angleri V, DE Oliveira R, Biazon T, Damas F, Borghi-Silva A, Barroso R, et al. Effects of drop-set and pyramidal resistance training systems on microvascular oxygenation: a near-inftrared spectroscopy approach. *International Journal of Exercise Science*. 2020; 13(2): 1549-1562. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/ articles/PMC7745902/pdf/ijes-13-2-1549.pdf.