Journal of Sport Biosciences
University of Tehran Press
Online ISSN: 2676-4148

The Effect of 12 Weeks of Combined Exercises With Katsu on Some Growth Factors in Young Women

Leila Jaafari[1], Mahmoud Soltani[2]✉, Mohammad Reza Hosseinabadi[3], Amene Barjaste Yazdi[4]

1. Department of Sport Physiology. Islamic Azad University, Neyshabur Branch, Neyshabur, Iran, E-mail:jaafari@iau-neyshabur.ac.ir
2. Corresponding Author. Department of Sport Physiology. Islamic Azad University, Mashhad Branch, Mashhad, Iran, E-mail: soltanni3545@mshdiau.ac.ir,
3. Department of Sport Physiology. Islamic Azad University, Neyshabur Branch, Neyshabur, Iran, E-mail: :m.hoseinabadi@iau-neyshabur.ac.ir
4. Department of Sport Physiology. Islamic Azad University, Neyshabur Branch, Neyshabur, Iran, E-mail: a.barjasteyazdi@iau-neyshabur.ac.ir

Article Info

Article type:
Research

Article history:
Received:
10 December 2023
Received in revised form:
24 May 2024
Accepted:
25 May 2024
Published online:
20 March 2024

Keywords:
Blood Flow Restriction,
Combined Training,
Growth Factors,
Young Women.

ABSTRACT

Introduction: sports exercises are known to be desirable for the improvement of many people in society. The subject of this research was the effect of 12 weeks of combined exercises with katsu on some growth factors in young women.

Method: The statistical population of this research was inactive young women from Mashhad City. Among them, 45 inactive people were randomly assigned into three combined training + katsu (15 people), combined training + without katsu (15 people), and control (15 people) groups. The current research was quasi-experimental with a pre-test and post-test design. The combined training group performed three consecutive sessions of resistance and aerobic exercises per week. The combined training group with katsu performed resistance exercises by implementing a cuff with the intensity of 20% of one maximum repetition (1RM) at the beginning of the training and aerobic training with 45% of the maximum heart rate (HRmax). the combined training group without katsu, performed resistance training with 80% of 1RM and aerobic training with 45% of HRmax. the combined training group with katsu and the combined training group without katsu only performed the combined exercises. The data were analyzed using T-test, one-way analysis of variance test, and Bonferroni's post hoc test at a significance level of $P \leq 0.05$ via SPSS software version 21.

Results: Statistical results showed that twelve weeks of combined training with and without katsu increased the levels of IGF-1, follistatin and decreased myostatin in young women ($P=0.05$).

Conclusion: According to the results of this research, combined exercises with katsu are desirable in increasing the growth factors of young women and are effective in improving their health status.

Cite this article: Jaafar.L; Soltani. M; Hosseinabadi. M.R; Barjaste Yazdi. A. The effect of 12 weeks of combined exercises with katsu on some growth factors in young women. *Journal of Sport Biosciences*. 2023; 16 (1): 77-90.

DOI: https://doi.org/10.22059/jsb.2024.364778.1607

Journal of Sport Biosciences by University of Tehran Press is licensed under CC BY-NC 4.0. | Web site: https://jsb.ut.ac.ir/ | Email: jsb@ut.ac.ir.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

University of Tehran Press

Journal of Sport Biosciences

Online ISSN: 2676-4148

Extended Abstract

Introduction

One of the most important organs during sports activities is the skeletal muscle which has many functions, including maintaining body position, and movement, and meeting metabolic needs. In particular, the skeletal system constitutes about half of the body weight acts as the main site of glucose metabolism, and has a determining role in the amount of basal metabolism. Among these, there are growth factors that play an important role in strengthening muscles. These growth factors are myostatin, follistatin, and insulin-like factor 1 (IGF-1). Myostatin plays an important role in controlling muscle mass. Animal and human studies show the negative regulatory role of myostatin in skeletal muscle growth. Before being synthesized as a precursor protein in skeletal muscle, myostatin undergoes 2 proteolytic processes for the main purpose of sending messages; That is, suppressing the proliferation and differentiation of satellite cells and ultimately inhibiting muscle growth. However, Myostatin has the opposite effect. Follistatin and myostatin are strongly influenced by people's lifestyle and physical activity levels. Another important hormone in the body is the growth hormone IGF-1, which increases metabolism and plays an essential role in protein synthesis. It has been reported that IGF-1 has a direct relationship with muscle growth and increasing muscle volume. Training intensity is also considered one of the main variables in the training design. This variable is more important for people who do not have enough ability to do exercises and have little history of doing sports activities. Therefore, the effectiveness of alternative training methods has been studied. One alternative to high-intensity interval training is low-intensity resistance training along with katsu. According to the stated information, this question was raised for the researcher whether 12 weeks of combined exercises with katsu affect some growth factors in young women.

Methods

The current research was conducted in a semi-experimental way with a pre-test and post-test design. The statistical sample of this research consisted of 45 inactive young women (mean age: 28.11 ± 3.31 years) who were selected conveniently and were randomly assigned into three combined training + katsu (15 people), combined training + without katsu (15 people), and control (15 people) groups. The combined training group performed three consecutive sessions of resistance and aerobic exercises per week. The combined training group with katsu performed resistance exercises with implementation of a cuff with the intensity of 20% of one maximum repetition (1RM) at the beginning of the training and aerobic training with 45% of the maximum heart rate (HRmax). the combined training group without katsu, peformed resistance training with 80% of 1RM and aerobic training with 45% of HRmax. the combined training group with katsu and the combined training group without katsu only performed the combined exercises. Both groups did 10 minutes of walking on the treadmill as a warm-up and 5 minutes of stretching as a cool-down part. The combined training group with katsu and the combined training group without katsu performed the exercises three days a week for twelve weeks. Statistical methods of one-way analysis of variance, post-hoc exogenous test and T-test were used to analyze the data.

Results

The results of the present study showed that 12 weeks of combined training with katsu caused a significant increase in follistatin and IGF-1 and a significant decrease in myostatin ($P \leq 0.05$). The results of the paired t-test showed that for each study variable, the within-group changes were also significant ($P \leq 0.05$). Also, the results of Bonferroni's post hoc test showed no significant difference in the research variables between groups of combined exercise + katsu and combined exercise ($P > 0.05$). However, a significant difference was observed between the experimental groups and the control group ($P \leq 0.05$).

Conclusion

This study showed that 12 weeks of combined training with Katsu increases IGF-1, and follistatin and decreases myostatin. According to these results, the combined exercises with Katsu improved the health status of participants of this study by creating intracellular and extracellular mechanisms, creating physiological and anatomical changes.

Ethical considerations:
This research was extracted from the doctoral dissertation with the ethical code of IR.IAU.NEYSHABUR.REC.1403.009. the research was conducted in compliance with all ethical standards.

Funding: Financial resources were provided by the authors.

Authors' contribution: The contribution of the authors in conducting this research is equal.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

علوم زیستی ورزشی
انتشارات دانشگاه تهران
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۱۴۸

تاثیر دوازده هفته تمرینات ترکیبی همراه با کاتسو بر برخی فاکتورهای رشدی زنان جوان

لیلا جعفری[۱]، محمود سلطانی[۲]✉، محمدرضا حسین آبادی[۳]، آمنه برجسته یزدی[۴]

۱–گروه فیزیولوژی ورزشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور. نیشابور. ایران، رایانامه:jaafari@iau-neyshabur.ac.ir
۲– نویسنده مسئول، گروه فیزیولوژی ورزشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.مشهد.ایران، رایانامه: soltanni3545@mshdiau.ac.ir،
۳– گروه فیزیولوژی ورزشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور.نیشابور.ایران، رایانامه:m.hoseinabadi@iau-neyshabur.ac.ir،
۴–گروه فیزیولوژی ورزشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور.نیشابور.ایران، رایانامه: a.barjasteyazdi@iau-neyshabur.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳ /۰۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/ ۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تمرینات ترکیبی
زنان جوان
فاکتورهای رشدی
محدودیت جریان خون

چکیده

مقدمه: امروزه تمرینات ورزشی برای بهبود بسیاری از افراد جامعه مطلوب شناخته است. موضوع این پژوهش تأثیر ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی همراه با کاتسو بر برخی فاکتورهای رشدی زنان جوان بود.

روش پژوهش: جامعهٔ آماری این پژوهش زنان جوان غیرفعال شهر مشهد بودند. از بین آنها ۴۵ نفر از افراد غیرفعال به صورت تصادفی به سه گروه تمرین ترکیبی+ کاتسو (۱۵ نفر)، گروه تمرین ترکیبی + بدون کاتسو(۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. روش کار حاضر از نوع نیمه تجربی است و با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون. گروه تمرین ترکیبی هفته‌ای سه جلسه تمرین مقاومتی و هوازی انجام دادند به این صورت است که این تمرینات در روزهای متوالی صورت گرفت. گروه تمرین ترکیبی با کاتسو، تمرین مقاومتی را با بستن کاف و شدت تمرین ۲۰٪ 1RM در ابتدای تمرین و تمرین هوازی را با ۴۵٪ HRmax و گروه تمرین ترکیبی بدون کاتسو، تمرین مقاومتی با ۸۰٪ 1RMو تمرین هوازی را با ۴۵٪ HRmax و گروه ترکیبی با کاتسو و گروه تمرین ترکیبی بدون کاتسو، فقط تمرینات ترکیبی را انجام دادند. داده‌ها با استفاده از «تی‌همبسته»، «آزمون تحلیل واریانس یکطرفه» و «آزمون تعقیبی بونفرونی»؛ در سطح معناداری P≤۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۲ تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج آماری نشان داد ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی با کاتسو و بدون کاتسو، سبب افزایش سطوح IGF-1، فولیستاتین و کاهش مایوستاتین در زنان جوان شد (P=۰/۰۵)

نتیجه‌گیری: بنابر نتایج این پژوهش، تمرینات ترکیبی همراه با کاتسو در افزایش فاکتورهای رشدی زنان جوان مطلوب است و در ارتقای وضعیت سلامتی آنها تأثیرگذار است.

استناد: جعفری، لیلا؛ سلطانی، محمود؛ حسین‌آبادی؛ محمدرضا؛ و برجسته‌یزدی ؛ آمنه. تاثیر ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی همراه با کاتسو بر برخی فاکتورهای رشدی زنان جوان. نشریهٔ *علوم زیستی ورزشی*.۱۴۰۰، (۱)۱۶، ۹۰–۷۷.

DOI: https://doi.org/10.22059/jsb.2024.364778.1607

دسترسی به این نشریهٔ علمی، رایگان است و حق مالکیت فکری خود را بر اساس لایسنس کریتیو کامنز (CC BY-NC 4.0) به نویسندگان واگذار کرده است.| آدرس نشریه: https://jsb.ut.ac.ir/ | ایمیل: jsb@ut.ac.ir

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان

مقدمه

اهمیت حیاتی عضلهٔ اسکلتی برای سلامت عمومی و فعالیت‌های روزمره به‌خوبی مورد قبول همگان قرار گرفته است. عضلهٔ اسکلتی کارکردهای متعددی از جمله حفظ وضعیت بدن، حرکت و برآوردن نیازهای متابولیکی دارد. به‌طور ویژه، دستگاه اسکلتی تشکیل‌دهندهٔ حدود نیمی از وزن بدن است و به‌عنوان جایگاه اصلی سوخت‌وساز گلوکز عمل می‌کند و نقش تعیین‌کننده‌ای در مقدار سوخت‌وساز پایه دارد [۱]. در این میان فاکتورهای رشدی وجود دارند که نقش مهمی را در تقویت عضلات ایفاء می‌نمایند که می‌توان به، مایوستاتین[1]، فولیستاتین[2] و فاکتور شبه انسولین۱[3](IGF-1) اشاره کرد [۲]. مایوستاتین نقش مهمی را در کنترل تودهٔ عضلانی ایفاء می‌کند و مطالعات حیوانی و انسانی، نشان‌دهندهٔ نقش تنظیمی منفی مایوستاتین در رشد عضلهٔ اسکلتی می‌باشد. ترشح مایوستاتین از دستگاه گلژی در نهمین روز از دورهٔ رویانی آغاز می‌گردد و تا بعد از تولد در تمامی دوران رشد و توسعهٔ عضلانی ادامه می‌یابد. به‌طوری که نشان داده شده است، این پروتئین قبل از تولد در دوران رویانی از کمپارتمانت‌های سلول‌های مایتوم[4]و در دوران توسعهٔ جنین، از سلول‌های عضلانی درحال توسعه بیان می‌گردد [۳]. مایوستاتین پیش از اینکه به‌صورت پروتئین پیش‌ساز در عضلهٔ اسکلتی سنتز شود، ۲ فرایند پروتئولیتیکی را طی می‌کند و به هدف اصلی پیام‌رسانی؛ یعنی سرکوب تکثیر و تمایز سلول‌های اقماری و در نهایت، مهار رشد عضله منجر می‌شود. مایوستاتین در عضلهٔ اسکلتی بیان شده و سپس، به گردش خون ترشح می‌شود و در سطح سلول‌های عضلانی با اتصال به گیرندهٔ اکتیوین[5] تأثیرات مهاری خود را اعمال می‌کند [۴]. مایوستاتین به عنوان یک فاکتور مهارکننده شناسایی شده‌است، که عضوی از خانواده بزرگ فاکتور رشد تغییر شکل‌دهنده بتاست و بیان آن رشد عضله اسکلتی را تنظیم منفی می‌کند. بیان مایوستاتین حین دوره‌های بی‌تحرکی عضله اسکلتی افزایش می‌یابد و برعکس، مهار این فاکتور با تغییراتی مانند افزایش قدرت، حجم عضلانی و تراکم استخوانی و کاهش مواردی مانند توده چربی همراه است [۵]. اعمال مایوستاتین می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای تعاملی دیگری، نظیر فولیستاتین، عامل رشد شبه انسولینی-۱، پروتئین وابسته به فاکتور رشد و تمایز و گیرنده مایوستاتین (اکتیوین IIb) نیز قرار گیرد که در این بین فولیستاتین مهم‌ترین عامل مهارکننده است. فولیستاتین علاوه بر تأثیر بر مایوستاتین می‌تواند بر سایر اعضای خانواده بتا اثرگذار باشد. فولیستاتین و مایوستاتین به شدت تحت تأثیر سبک زندگی و سطح فعالیت بدنی افراد قرار می‌گیرند [۶]. سانتوس[6] و همکاران (۲۰۲۲) به این نتیجه رسیدند که انجام فعالیت‌های ورزشی با کاهش مایوستاتین و افزایش فولیستاتین ارتباط دارد [۷]. پژوهشی دیگر گزارش کرد که مهار مایوستاتین با افزایش حدود سه برابری حجم عضلانی و تغییرات مثبت اندازه میوفیبریل‌ها به موجب افزایش قدرت و استقامت عضلانی می‌شود [۸]. از طرفی برخی پژوهش‌ها عدم تغییرات مایوستاتین و فولیستاتین را متعاقب تمرینات ورزشی گزارش کردند [۹, ۱۰].

ازدیگر فاکتورهای رشدی، فاکتور شبه‌انسولین۱ می‌باشد. IGF-1 به عنوان یک پپتید نقش مهمی در رشد و متابولیسم دارد به طوری که به‌عنوان مهم‌ترین عضو این خانواده، شناخته می‌شود [۱۱]. یکی از مهم‌ترین هورمون‌های بدن هورمون رشد است که موجب افزایش متابولیسم بدن می‌شود و در پروتئین‌سازی نقش اساسی دارد و گزارش شده است که با هورمون رشد شبه انسولین۱ رابطهٔ مستقیمی دارد. ترشح IGF-1 سبب افزایش برخی فاکتورهای عضلانی مانند افزایش قدرت و رشد عضلانی می‌شود [۱۲].

پژوهش‌های زیادی گزارش کردند هورمون رشد بر افزایش قدرت بیشینه و افزایش اندازهٔ عضله‌ها تاثیر دارد که در بیشتر این پژوهش‌ها رابطهٔ مستقیمی و مثبتی بین میزان غلظت این هورمون و بهبود قدرت و اندازهٔ عضلانی اسکلتی گزارش کرده‌اند. هورمون رشد با انتقال ا سیدهای آمینه از طریق غ شای سلول و افزایش تحریک، تولید و فعال سازی ریبوزوم‌های سلولی، این عمل را انجام می‌دهد [۱۳]. برخی پژوهش‌ها افزایش [۱۴-۱۷] و برخی پژوهش‌ها عدم تغییر [۱۸-۲۰] سطوح IGF-1 را متعاقب تمرینات ورز شی گزارش کردند.

[1]. Myostatin (Myo)
[2]. Follstatin (foll)
[3]. Insulin-like factor 1
[4]. Myotome
[5]. Activin
[6]. Santos

از طرفی شدت تمرین به عنوان یکی از متغیرهای اصلی در طراحی اصول تمرین محسوب می‌شود. این متغیر برای افرادی که توانایی کافی جهت انجام تمرینات ندارند و سابقه‌ی انجام فعالیت ورزشی آنها کم می‌باشد، از اهمیت بیشتری برخوردار است. لذا اثر بخشی روش‌های تمرینی جایگزین مورد مطالعه قرار گرفته است. یکی از روش‌های تمرینی جایگزین تمرینات با شدت بالا، استفاده از تمرینات مقاومتی با شدت پایین همراه با کاتسو می‌باشد [۲۷].

در همین راستا، تمرین‌های با کاتسو یکی از روش‌های تمرینی است که در این مدل تمرینی با بستن قسمت بالایی بازو و ران، جریان خون ورودی به عضلات درگیر در تمرین کاهش می‌یابد [۲۸]. برخی تحقیقات گزارش کردند که این نوع تمرینات باعث افزایش مشابهی در سطوح هورمون‌های آنابولیکی مانند IGF-1، بهبود و افزایش فاکتورهایی مانند قدرت و حجم عضلانی در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی می شود [۲۹]. برخی شواهد بیان می‌کنند که تمرینات با کاتسو نیاز به انجام تا سر حد خستگی، به‌طور معناداری توده و قدرت عضلانی را افزایش می‌دهد [۳۰، ۳۱]. بنابراین برای افرادی که تمایل به اکتساب عضله بدون انجام تمرین مقاومتی با شدت بالا دارند مثلا افراد تمرین نکرده، تمرینات با محدودیت جریان خون می‌تواند یک روش تمرینی مناسب برای رسیدن به اهدافی چون افزایش توده ، قدرت و توان عضلانی و هورمون‌های آنابولیکی باشد [۳۱]. در این روش تمرینی، استرس متابولیک افزایش می‌یابد که یکی از دلایل افزایش فاکتورها و هورمون‌های رشدی متعاقب این تمرینات قلمداد می شود. با محدود شدن جریان خون، کاهش در سطوح خون بازگشتی به وریدا جوف فوقانی و تحتانی قلب و خونرسانی به عضلات اسکلتی کاهش می‌یابد که در نهایت با ایجاد بروز این تغییرات، تاثیر این تمرینات بر سیستم اسکلتی و هورمونی مشخص می شود تمرین‌های ترکیبی با کاتسو نسبت به تمرینات عادی فاکتورهای رشدی عملکرد بهتری را از خود نشان می‌دهند اما این تغییرات نیاز به تحقیقات بیشتری دارد [۳۲] با توجه به مطالب بیان شده، این سوال برای پژوهشگر ایجاد شد که آیا دوازده هفته تمرینات ترکیبی همراه با کاتسو بر برخی فاکتورهای رشدی زنان جوان تاثیر دارد یا خیر؟

روش‌شناسی

پژوهش حاضر به روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون صورت گرفت. نمونه آماری این پژوهش شامل آزمودنی‌هایی با دامنه سنی (سال) ۳/۳۱ ± ۲۸/۱۱، وزن (کیلوگرم) ۳/۳۱ ± ۶۴/۶۹، قد (سانتیمتر) ۳/۴۰ ± ۱۵۹/۴۱، شاخص توده بدن ۱/۵۰ ± ۲۵/۴۵ (کیلوگرم بر متر مربع[۲]) و توده چربی ۲/۷۹ ± ۲۷/۴۹ (در صد)، که به شکل هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. کلیه آزمودنی‌ها برای ورود به مطالعه دارای معیارهایی چون نداشتن هرگونه بیماری یا مصرف دارو و عدم مصرف سیگار، عدم داشتن فقرحرکتی و رژیم‌های خاص غذایی قبل و حین دوره پژوهش بودند. از کلیهٔ آزمودنی‌ها رضایت‌نامه کتبی، پرسشنامهٔ پزشکی و آمادگی برای شروع فعالیت بدنی اخذ گردید. قد و وزن درحالی که افراد لباس و کفش نداشتند با استفاده از ترازو و قدسنج مدل SECA اندازه‌گیری گردید. همچنین ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه آنالیزترکیب بدن مدل ۷۲۰ ساخت کره جنوبی انجام گرفت .پس از احراز شرایط ورود، به صورت تصادفی به سه گروه ۱۵ نفری: تمرینات ترکیبی+کاتسو، تمرین ترکیبی بدون کاتسو و گروه کنترل تقسیم شدند. در این مدت آزمودنی‌های گروه کنترل دارای فعالیت ورزشی منظم نبودند. یک هفته قبل از شروع تحقیق، آزمودنی‌ها در یک جلسه آشناسازی شرکت کردند و با نحوه‌ی صحیح اجرای تمرین با وزنه و تمرین استقامتی آشنا شدند و سپس یک تکراربیشینه (1RM) حرکات مورد نظر اندازه‌گیری شد. از طریق فرمول برزینسکی یک تکرار بیشینه حرکات مقاومتی آزمودنی‌ها برآورد شد.

[(تعداد تکرار × ۰/۰۲۷۸) – ۱/۰۲۷۸] : وزن به کیلوگرم = یک تکرار بیشینه

[1]. Alanine aminotransferase

پس از ۱۲ساعت ناشتایی شبانه آزمودنی‌ها صبح درمحل آزمایشگاه حضور داشتند و توسط یک پرستار به عنوان نمایندهٔ آزمایشگاه، نمونه خونی از دست چپ و ورید قدامی بازویی گرفته شد. سپس نمونه‌های سانتریفیوژشده و نمونه سرمی آن جدا شد. سرم جهت اندازه‌گیری فاکتورهای خونی در دمای ۷۰- درجه سلسیوس فریزشد. پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، برنامه تمرین به مدت هشت هفته درمحل مجموعه ورز شی که ازقبل تدارک دیده شده بود و امکانات ایمنی هم تدارک دیده شد بود، آغاز شد و بعد از اتمام ۲۴ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مجددا اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و آزمایشگاهی در شرایط و زمان اولیه و با همان ابزار توسط پژوهشگر و متخصص آزمایشگاه انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری متغیرهای پژوهشی از کیت Glory Science ساخت کشور آمریکا با حساسیت ۱/۵۵ نانوگرم در میلی‌لیتر برای IGF-1، ۰/۲۵ نانوگرم بر میلی‌لیتر برای فولیستاتین، ۲/۵ نانوگرم بر لیتر برای مایوستاتین استفاده شد.

گروه تمرین ترکیبی هفته‌ای سه جلسه تمرین مقاومتی و هوازی انجام داد که حدود ۲۰ دقیقه بود، به این صورت است که این تمرینات در روزهای متوالی صورت گرفت. گروه تمرین ترکیبی با کاتسو، تمرین مقاومتی را با بستن کاف و شدت تمرین ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه در ابتدای تمرین و تمرین هوازی را با ۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب و گروه تمرین ترکیبی بدون کاتسو، تمرین مقاومتی با ۸۰درصد یک تکرار بیشینه و تمرین هوازی را با ۴۵ درصد حداکثرضربان قلب انجام دادند. هر دو گروه ۱۰ دقیقه راه‌رفتن روی تردمیل را به عنوان گرم کردن و ۵ دقیقه حرکات کششی را به عنوان بخش سردکردن انجام دادند. گروه تمرین ترکیبی با کاتسو و گروه تمرین ترکیبی بدون کاتسو، سه روز در هفته و به مدت دوازده هفته تمرینات را انجام دادند. در این مدت، گروه کنترل هیچ‌گونه فعالیت ورز شی منظم نداشتند و فقط فعالیت‌های روزمره را انجام می‌دادند [۳۳].

جدول ۱. پروتکل تمرینات ترکیبی با و بدون کاتسو

حرکت	زمان استراحت	تمرین ترکیبی با کاتسو	تمرین ترکیبی بدون کاتسو
گرم کردن (راه رفتن روی تردمیل)	۱۰ دقیقه	--------	-------
پرس پا ماشین	۳ ست	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰درصد یک تکراربیشینه
پشت پا ماشین	۳ ست	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰درصد یک تکراربیشینه
جلو بازو سیم کش	۳ ست	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰درصد یک تکراربیشینه
پشت بازو سیم کش	۳ ست	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰درصد یک تکراربیشینه
لت از پشت دستگاه	۳ ست	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰درصد یک تکراربیشینه
تمرین هوازی	۲۰ دقیقه	۴۵درصد حداکثرضربان قلب	۴۵درصد حداکثرضربان قلب
سردکردن (حرکات کششی)	۵ دقیقه	--------	--------

در پژوهش حاضر، از آمار توصیفی برای تعیین شاخص‌های پراکندگی میانگین، انحراف معیار، و خطای معیار میانگین و از آمار استنباطی، از آزمون شاپیروویلک برای تعیین نحوه توزیع داده‌ها، از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها و از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تی‌همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی استفاده شد. سپس در صورت وجود تفاوت معنی‌دار، به منظور

مقایسه میانگین‌ها بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. کلیه عملیات و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. همچنین، حداقل سطح معناداری در این پژوهش (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد دوازده هفته تمرینات ترکیبی با کاتسو سبب افزایش معناداری فولستاتین (P=۰/۰۰۱) و IGF-1 (P=۰/۰۰۱)، و کاهش معناداری مایوستاتین (P=۰/۰۰۱) شد. همچنین نتایج آماری تی‌همبسته نشان داد که تغییرات درون‌گروهی هریک از متغیرها نیز معنادار بود. همچنین، نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در متغیرهای پژوهشی، بین گروه‌های تمرین ترکیبی+کاتسو و تمرین ترکیبی تفاوت معناداری وجود نداشت اما بین هر دو گروه با گروه کنترل تفاوت معنادار مشاهده شد.

درجدول شماره۲ و ۳، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای سن، قد، وزن، توده چربی، شاخص تودهٔبدنی، در سه گروه کنترل (۱۵نفر)، گروه تمرین ترکیبی+کاتسو (۱۵نفر) و گروه تمرین ترکیبی (۱۵نفر) نشان داده شده است.

جدول۲ . شاخص‌های مرکزی متغیرهای سن، وزن، قد، توده چربی و شاخص تودهٔبدنی در سه گروه

متغیرها	گروه	PRE M±SD	POST M±SD	تی همبسته T	تی همبسته معناداری
سن (سال)	تمرین ترکیبی+BFR	۲۷/۱۴ ± ۳	----	----	
	تمرین ترکیبی	۲۸/۶۶ ± ۲/۵۵	----	----	
	کنترل	۲۸/۴۳ ± ۴/۱۳	-----	-----	
قد (سانتیمتر)	تمرین ترکیبی+BFR	۱۵۹/۱۴ ± ۲/۸۱	----	----	
	تمرین ترکیبی	۱۵۹/۲۶ ± ۳/۶۰	----	----	
	کنترل	۱۵۹/۷۸ ± ۳/۸۱	-----	-----	
وزن (کیلوگرم)	تمرین ترکیبی+BFR	۶۴/۰۹ ± ۲/۷۲	۶۲/۹۳ ± ۲/۹۵	۳/۱۱۸	۰/۰۰۴
	تمرین ترکیبی	۶۴/۹۴ ± ۳/۶۸	۶۳/۳۶ ± ۳/۱۷	۴/۱۸۷	۰/۰۰۱
	کنترل	۶۴/۹۸ ± ۳/۵۵	۲۸/۶۰ ± ۴/۲۲	-۴/۲۷۲	۰/۰۰۱
توده چربی (درصد)	تمرین ترکیبی+BFR	۲۸/۰۹ ± ۱/۹۱	۲۶/۷۷ ± ۲/۰۱	۱۹/۱۸۴	۰/۰۰۱
	تمرین ترکیبی	۲۷/۰۷ ± ۳/۳۱	۲۴/۳۶ ± ۳/۳۶	۲۸/۸۴۳	۰/۰۰۱
	کنترل	۲۷/۳۷ ± ۲/۹۸	۲۸/۴۳ ± ۲/۵۵	-۴/۵۸۴	۰/۰۰۱
نمایه توده بدن (کیلوگرم/مترمربع^2)	تمرین ترکیبی+BFR	۲۵/۳۱ ± ۱/۱۰	۲۴/۸۶ ± ۱/۲۷	۳/۱۱۸	۰/۰۰۴
	تمرین ترکیبی	۲۵/۵۹ ± ۰/۹۹	۲۴/۹۷ ± ۰/۸۹	۴/۱۸۷	۰/۰۰۱
	کنترل	۲۵/۵۱ ± ۲/۱۵	۲۵/۹۸ ± ۲/۱۷	-۴/۲۷۲	۰/۰۰۱

جدول ۳. داده‌های مربوط به متغیرهای مایوستاتین ، فولیستاتین،IGF-1 در سه گروه

متغیرها	گروه‌ها	M ± SD پیش آزمون	M ± SD پیش آزمون	T	تی همبسته معناداری	نتیجه
مایوستاتین (Ng/l)	تمرین‌ترکیبی+BFR	۶/۶۷ ± ۰/۵۳	۶/۱۵ ± ۰/۳۷	۳/۰۱۹	* ۰/۰۰۱	کاهش معنادار
	تمرین ترکیبی	۷/۰۹ ± ۰/۷۰	۶/۵۶ ± ۰/۶۰	۶/۸۲۸	* ۰/۰۰۱	کاهش معنادار
	کنترل	۶/۵۵ ± ۰/۷۴	۶/۶۵ ± ۰/۷۲	-۴/۴۷۲	* ۰/۰۰۱	افزایش معنادار
فولیستاتین	تمرین‌ترکیبی+BFR	۰/۸۲ ± ۰/۱۷	۱/۱۱ ± ۰/۱۹	۳/۱۱۸	* ۰/۰۰۴	افزایش معنادار
	تمرین ترکیبی	۰/۷۷ ± ۰/۱۸	۱/۴۱ ± ۰/۲۹	۴/۱۸۷	* ۰/۰۰۱	افزایش معنادار

(Ng/ml)	کنترل	۰/۸۰ ± ۰/۰۵	۰/۷۵ ± ۰/۲۳	-۴/۲۷۲	* ۰/۰۰۱	کاهش معنادار
IGF-1 (Ng/ml)	تمرین ترکیبی+BFR	۱۳۸/۱۶ ± ۱۰/۵	۱۵۳/۳۷ ± ۷/۹۲	۷/۱۵۰	* ۰/۰۰۱	افزایش معنادار
	تمرین ترکیبی	۱۳۹/۰۵ ± ۱۲/۸	۱۵۰/۸۷ ± ۱۴/۳	۸/۵۶۳	* ۰/۰۰۱	افزایش معنادار
	کنترل	۱۳۷/۵۱ ± ۱۶/۷	۱۳۵/۹۴ ± ۱۶/۸	-۱/۷۵۱	۰/۱۰۰	کاهش غیرمعنادار

جدول ۴. نتایج آزمون آنوای یکطرفه جهت بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی

متغیرها / گروه‌ها	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	F	معناداری
فولیستاتین	۳/۶۸۶	۲	۱/۸۴۳	۷۴/۹۲۲	*۰/۰۰۱
تغییرات درونگروهی	۱/۰۳۳	۴۲	۰/۰۲۵		
تغییرت برون‌گروهی	۴/۷۱۹	۴۴			
مجموع					
مایوستاتین	۴/۰۱۷	۳	۲/۰۰۸	۱۹/۰۲۹	*۰/۰۰۱
تغییرات درونگروهی	۴/۴۳۳	۴۲	۰/۱۰۶		
تغییرت برون‌گروهی	۸/۴۵۰	۳۹			
مجموع					
IGF1	۱۷۹/۱۶	۳	۵۹/۷۲	۲/۶۴۱	*۰/۰۰۱
تغییرات درونگروهی	۸۱۳/۹۰	۳۶	۲۲/۶۰		
تغییرت برون‌گروهی	۹۹۳/۰۷	۳۹			
مجموع					

*۰/۰۵ ≥Pسطح معناداری

جدول۵. بررسی نتایج تست تعقیبی بونفرونی

متغیرها	گروه یک با گروه دو		گروه یک با گروه سه		گروه دو با گروه سه	
	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P
فولیستاتین	۳/۳۹	۰/۳۷۱	۱۶/۷۸	*۰/۰۰۱	۱۳/۳۹	*۰/۰۰۱
مایوستاتین	۰/۰۰۵	۱/۰۰	۱۶/۶۲۱	*۰/۰۰۱	۰/۶۲۶	*۰/۰۰۱
IGF1	۳/۳۹	۰/۳۷۱	۱۶/۷۸	*۰/۰۰۱	۱۶/۷۸	*۰/۰۰۱

گروه یک : تمرین‌ترکیبی+BFR ؛ گروه دو: تمرین‌ترکیبی بدون BFR ؛ گروه سه: کنترل

بحث

نتایج پژوهش حاضرنشان داد که هر دو گروه تمرین ترکیبی با و بدون کاتسو نسبت به گروه کنترل، افزایش معناداری را برسطوح IGF-1 نشان دادند اما گروه تمرین ترکیبی با کاتسو تأثیر بیشتری در این افزایش نشان داد. نتایج این پژوهش با [۱۲، ۱۳، ۱۵–۱۷، ۳۴] همسو بود اما با نتایج [۹، ۱۸، ۲۹، ۳۵، ۳۶] ناهمسو بود. دلیل اختلاف جنسن و همکاران (۲۰۱۶)، با نتایج پژوهش حاضر، عدم مشابهت پروتکل تمرینی در پژوهش بود. جنسن و همکاران از تمرینات استقامتی با کاتسو استفاده کرده بودند[۳۵]. همچنین دلیل اختلاف نتایج پژوهش حاضر با نتایج آرنارسون و همکاران (۲۰۱۵)، اختلاف در سن آزمودنی‌ها بود. آنها در پژوهش خود از آزمودنی‌های سالمند استفاده کرده بودند[۳۶]. بهرینگر و همکاران (۲۰۱۷) نیز از تمرینات سرعتی با شدت کم همراه با کاتسو استفاده کرده بودند، در حالی که در این پژوهش از تمرینات ترکیبی همراه با محدودیت جریان خون استفاده شده بود[۲۰]. IGF-1 از مهم‌ترین فاکتورهای رشدی است که در فعال‌سازی مسیرهای رشدی عضلات اسکلتی مانند Mtor/akt/s6k1 ، فعال‌سازی سلول‌های اقماری، افزایش پروتئوژنز، کاهش پروتئولیز به واسطهٔ مهار Ubiquitine/Mafb/Murf/bax/bad و هایپرتروفی عضلات اسکلتی نقش مهمی دارد [۱۲]. چندین مکانیزم برای افزایش IGF-1 بعد از تمرینات ترکیبی با کاتسو بیان شده است. افزایش هورمون رشد، لاکتات عضلانی، نیتریک‌اکساید، ADP و اسیدوز موضعی از

مهم‌ترین دلایل افزایش IGF-1 بعد از این تمرینات است [۱۵، ۳۴]. البته این متابولیت‌ها در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشد که چون جزء محدودیت‌های تحقیق بودند، اما احتمالاً دلیل افزایش IGF-1 بعد از تمرین ترکیبی با و بدون کاتسو بوده است و نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزایش هورمون رشد بعد از این تمرینات با کاتسو ۲۹ برابر بیشتر نسبت به تمرینات سنتی افزایش می‌یابد [۳۷]. همچنین افزایش ضربان قلب و فشارخون ناشی از بازتاب فشاری سبب افزایش ترشح هورمون رشد می‌شود. این افزایش‌ها سبب ترشح هورمون رشد و متعاقباً، تحریک بیشتر IGF-1 می‌شود. همچنین افزایش فراخوانی تارهای تندانقباض در تمرینات ترکیبی با کاتسو و استفاده بیشتر از منابع گلیکوژنی، مهار تارهای عصبی III و IV که موجب مهار تارهای کندانقباض می‌شود، ایجاد شرایط هایپوکسی و افزایش متابولیت‌های مرتبط با هایپوکسی، همگی سبب ایجاد شرایط اسیدوز می‌شود. ایجاد اسیدوز، خود محرکی قوی برای ترشح هورمون رشد و متعاقب آن افزایش ترشح IGF-1 است. احتمالاً یکی از دلایلی که IGF-1 در گروه تمرین ترکیبی با کاتسو بیشتر ترشح شده بود، افزایش محیط هایپوکسی در عضلات ناشی از ایجاد محدودیت جریان خون حین تمرین بود [۱۴، ۱۵]. البته یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر نیز عدم اندازه‌گیری هورمون رشد از آزمودنی‌ها بود.

همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲هفته تمرینات ترکیبی با و بدون کاتسو سبب کاهش معنادار سطوح مایوستاتین در زنان جوان شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج [۳۸-۴۲] همسو بود و با نتایج [۹، ۱۰، ۴۳، ۴۴] همسو نبود. در پژوهش امانی و همکاران (۲۰۱۹)، از آزمودنی‌ها مرد در طول سه ماه، پروتکل تمرینی با کاتسو استفاده شده بود. در حالی که آزمودنی‌ها در پژوهش حاضر، مرد، و طول مدت پژوهش دوازده هفته بود [۹]. تفاوت در سن آزمودنی‌ها، دلیل اختلاف نتایج پژوهش حاضر با نتایج رشیدی و همکاران (۱۳۹۸) بود. آنها از شرکت‌کنندگان زن سالمند استفاده کرده بودند[۴۴]. همچنین نتایج شب‌خیر و همکاران (۲۰۱۷)[۱۰] عدم کاهش مایوستاتین را گزارش کردند که دلیل عدم همسویی نتایج آنها با تایج پژوهش حاضر، بررسی اثرات حاد مایوستاتین به تمرینات با کاتسو بود. در حالی در این پژوهش به بررسی تغییرات مزمن سطوح مایوستاتین پرداخته شد. مایوستاتین یک فاکتور ترشحی و عضو خانواده بزرگ TGF-B است که نقش تنظیمی منفی در رشد و هموستاز عضله اسلکتی دارد. این فاکتور در روز نهم دوره رویانی شروع به ترشح می‌کند. در عضله اسلکتی بیان می‌شود و سپس به گردش خون می‌ریزد و در سطح سلول‌های عضلانی با اتصال به گیرنده اکتیوین II تأثیرات مهاری خود را اعمال می‌کند [۶]. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که حذف ژن مایوستاتین، موجب مهار تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای توسط فاکتور رونویسی Pax7[1] و در نهایت افزایش توده عضلانی می‌شود. همچنین مایواستاتین با مهار مهم‌ترین تنظیم‌کننده درون‌سلولی سنتز پروتئینی به نام mTOR[2] و افزایش فاکتورهای آتروفی مانند آتروژین۱[3]، MURF1[4] و PKB[5] نقش دارد [۶]. مکانیزم دقیق برای کاهش سطوح مایوستاتین متعاقب تمرینات با کاتسو هنوز وجود ندارد اما در پژوهشی گزارش کرد که اجرای تمرینات انسدادی، سبب ایجاد شرایط هایپوکسی و افزاش متابولیت‌های محرک جهت فراخوانی تارهای تندانقباض می‌شود که این تغییرات سبب رهایش عوامل رشد موضعی و فعال‌سازی مسیرهای درون سلولی مرتبط با هایپرتروفی عضلانی می‌شود. مجموع این تغییرات سبب کاهش سطوح مایوستاتین می‌شود [۴۵]. ازدیگر علل احتمالی کاهش مایوستاتین متعاقب تمرینات ترکیبی همراه با کاتسو ایجاد تغییرات در مسیرهای بالادستی بیان ژن مایوستاتین می‌تواند باشد. در تأیید این موضوع، گزارش شده است که افزایش توده عضلانی ناشی از تمرینات انسدادی ممکن است همزمان در بیان ژن مایوستاتین و افزایش بیان ژن مربوط به ایزوفرم‌های فولیستاتین، GASP1[6] و SMAD7[7] منجر شود. پژوهشی گزارش کرد که GASP1 نقش مهمی در کنترل عملکرد مایوستاتین از طریق مهار پروتئازها دارد. همچنین، SMAD7 به عنوان یک مهارکنندهٔ آبشار داخل سلولی مایوستاتین شناخته می‌شود که در پاسخ به شرایط هایپوکسی و فشار مکانیکی افزایش می‌یابد [۴۶، ۴۷]. از دیگر مکانیزم‌های کاهش میزان مایوستاتین پلاسما بعد از تمرین را می‌توان به ایجاد برخی تغییرات مانند بر هم خوردن تعادل تنظیم‌کننده‌های رشدی عضله به سمت تنظیم‌کننده‌های مثبت اشاره کرد. در حالت هموستاز به‌منظور حفظ اندازه تار عضلانی، یک تعادل هموستاتیک بین تنظیم‌کننده‌های

1. Paired box protein Pax-7
2. Mechanistic target of rapamycin
3. Atrogin-1
4. Muscle RING-finger Protein-1
5. Protein Kinase B
6. Growth and differentiation Factor–Associated Serum Protein 1
7. Mothers against decapentaplegic homolog 7

مهم مثبت مانندIGF-1 و منفی مانند مایوستاتین رشدی عضله وجود دارد، اما این تعادل درصورتی‌که عضله دچار آتروفی شود، به سمت تنظیم‌کننده‌های منفی و درصورتی که باری روی عضله اعمال شود، به سمت تنظیم‌کننده‌های مثبت سوق می‌یابد. اگرچه مکانیسم ارتباط این تنظیم‌کننده‌ها با یکدیگر کاملاً روشن نیست، به نظرمی‌رسد این ارتباط از طریق حلقه بازخورد منفی بسیار پیچیده‌ای برقرار می‌شود؛ ازاین‌رو، یکی از علل احتمالی کاهش میزان مایوستاتین پلاسما بلافاصله بعد از تمرین را می‌توان ناشی از برهم‌خوردن تعادل تنظیم‌کننده‌های رشدی عضله به سمت تنظیم‌کننده‌های مثبت دانست [۴۲]. نتایج پژوهش حاضر نیز، افزایش یکی از تنظیم‌کننده‌های مثبت عضلانی به نام IGF-1 را گزارش کرد. علاوه بر موارد فوق، پس از فعالیت ورزشی افزایش برتری عملکرد تنظیم‌کننده‌های افزایشی به ویژه دکورین[1]، تعداد گیرنده‌های کینازی سرین/تروئونینی اکتیوین IIa و IIb[2]، موجب بهبود اتصال مایوستاتین به این گیرنده‌های درون‌عضلانی شده و به موجب این تغییرات، کاهش میزان مایوستاتین پلاسما مشاهده می‌شود [۴۸، ۴۹].

علاوه بر این، نتایج این پژوهش نشان داد که ۱۲هفته تمرینات ترکیبی با کاتسو سبب افزایش معنادار سطوح فولیستاتین در زنان جوان شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج [۱۹، ۳۸-۴۰، ۵۰، ۵۱] همسو بود اما با نتایج [۵۲] ناهمسو بود. دلیل اختلاف نتایج، عدم تشابه پروتکل تمرین بود. ازجمله پروتئین‌هایی که در مهار مایواستاتین نقش دارد، پروتئین فولیستاتین است. نشان داده شده است که پیش‌بیانی فولیستاتین سبب افزایش ۴ برابری توده عضلانی می‌شود. در بررسی‌های مختلفی نشان داده است که افزایش فولیستاتین سبب کاهش مایوستاتین متعاقب تمرینات ورزشی می‌شود. به نظرمی‌رسد که تمرینات ترکیبی با توجه به حجم و شدت مناسب به عنوان دو عامل تأثیرگذار بر رهایی مایوکاین‌های تنظیم‌کنندهٔ رشدی، می‌تواند محرکی مناسب در رهایش فولستاتین از عضلات اسکتی باشد. تمرینات مقاومتی گنجانده شده در بطن تمرینات ترکیبی، با افزایش انقباض و کشش سبب ایجاد تعادل مثبت در فاکتورهای مایوژنیک از جمله فولیستاتین می‌شود[۵۱]. پژوهشی نیز گزارش کرد که افزایش فولیستاتین متعاقب تمرینات ورزشی، مشابه افزایش IGF-1 می‌باشد. آنها گزارش کردند که تغییرات درون‌سلولی و افزایش برخی هورمون‌ها مانند تستوسترون و استروژن از عوامل احتمالی افزایش فولیستاتین می‌باشد. همچنین افزایش برخی مایوکاین‌ها مانند اینترلوکین۶[3]و اینترلوکین ۱۵[4]؛ به عنوان عوامل ارتباطی بین کبد و عضله اسکلتی از محرک‌های تحریک فولیستاتین می‌باشد. در تایید این موضوع، هانسن[5]و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرد که تمرینات استقامتی، مقاومتی و ترکیبی با افزایش IL6 و IL15 سبب افزایش فولیستاتین می‌شود [۵۳]. همچنین، برخی فاکتورها مانند فاکتورهای میوژنیک مانند MyoD و بیان ژن‌های مرتبط با افزایش حجم عضلانی، از دلایل دیگر افزایش فولستاتین متعاقب تمرینات ورزشی می‌باشد. پژوهشی گزارش کرد که افزایش MyoD و نسبت گلوکاگون به انسولین، سبب افزایش سطوح فولیستاتین می‌شود[۵۴، ۵۵]. ازطرفی دیگر، پژوهشی گزارش کرد که تمرینات مقاومتی و استقامتی با فعال کردن خانواده پروگیزوم‌ها[6]سبب کاهش مایوستاتین و افزایش سطوح فولیستاتین می‌شوند. این پژوهش گزارش کرد که تمرینات ورزشی با افزایش PGC1a4 در افزایش فولیستاتین نقش تأثیرگذاری دارند [۵۶].

نتیجه‌گیری

نتیجه این که، در مجموع، بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی با کاتسو سبب افزایش IGF1، فولیستاتین؛ کاهش مایوستاتین می‌شود. در این پژوهش فرض براین است که تمرینات تمرینات ترکیبی با کاتسو با ایجاد سازوکارهای درون و برون‌سلولی، ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و آناتومیکی سبب بهبود وضعیت آزمودنی‌های این پژوهش شد که می‌توان نتایج این پژوهش را به جامعهٔ هدف پیشنهاد داد.

این پژوهش از رساله دکتری لیلا جعفری با کداخلاق IR.IAU.NEYSHABUR.REC.1403.009 استخراج گردید.

1. Decorin
2. Activin IIa and IIb serine/threonine kinase receptors
3. IL6
4. IL15
5. Hansen
6. Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator (PGC)

References

[1]. Arntz F, Markov A, Behm DG, Behrens M, Negra Y, Nakamura M, et al. Chronic Effects of Static Stretching Exercises on Muscle Strength and Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review with Multi-level Meta-analysis. Sports Medicine. 2023:1-23. DOI: 10.1007/s40279-022-01806-9

[2]. Guo Y, Zhang K, Geng W, Chen B, Wang D, Wang Z, et al. Evolutionary analysis and functional characterization reveal the role of the insulin-like growth factor system in a diversified selection of chickens (Gallus gallus). Poultry Science. 2023;102(3):102411.DOI:10.1016/j.psj.2022.102411.

[3]. Kartika, RW, Sidharta V, Djuartina T, Rika I, Sartika CR, Timotius KH. Role of myostatin protein in sarcopenia (aging muscle) after conditioned medium umbilical cord mesenchymal stem cells (secretome) therapy: mini-review. Bali Medical Journal. 2023;12(1):7-10. DOI:10.15562/bmj.v12i1.3790

[4]. Lee S-J, Bhasin S, Klickstein L, Krishnan V, Rooks D. Challenges and Future Prospects of Targeting Myostatin/Activin A Signaling to Treat Diseases of Muscle Loss and Metabolic Dysfunction. The Journals of Gerontology: Series A. 2023:glad033.DOI:10.1093/gerona/glad033

[5]. Silva MZC, Vogt BP, Reis NSC, Minicucci FC, Dorna MS, Minicucci MF, et al. Serum myostatin levels are associated with physical function and hospitalization in peritoneal dialysis patients. European Journal of Clinical Nutrition. 2023;77(2):292-4.doi:10.1038/s41430-022-01227-x.

[6]. Hanson AM, Young MH, Harrison BC, Zhou X, Han H, Stodieck LS, et al. Inhibiting myostatin signaling partially mitigates structural and functional adaptations to hindlimb suspension in mice. npj Microgravity. 2023;9(1):2. DOI:10.1038/s41526-022-00233-4.

[7]. Santos HO, Cerqueira HS, Tinsley GM. The Effects of Dietary Supplements, Nutraceutical Agents, and Physical Exercise on Myostatin Levels: Hope or Hype? Metabolites. 2022;12(11):1146. DOI:10.3390/metabo12111146.

[8]. Lee S-J. Quadrupling muscle mass in mice by targeting TGF-ß signaling pathways. PloS one. 2007;2(8):e789.DOI:10.1371/journal.pone.0000789.

[9]. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, et al. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength. Frontiers in physiology. 2019;10:614. DOI:10.3389/fphys.2019.00614

[10]. Shabkhiz, F, Chubineh, S, Ghafarian Isfahani, A, Yari, M, Response of serum myostatin to a bout of resistance training with and without blood flow restriction in immature male athletes. Physiology and management research in sports. 2016, 9-19 [in Persian].

[11]. Nasr Sh, Nakisa A, Jandaghian S, Kouhi M, Sadeghi E, Varshosaz J. A Systematic Review and Meta-analysis on the Effect of Flavonoids on Insulin-like Growth Factor and Insulin-like Growth Factor Binding Protein and Incidence of Breast Cancer. Current Medicinal Chemistry. 2023. DOI:10.2174/0929867329666220801164740.

[12]. Signorile PG, Viceconte R, Vincenzi B, Baldi A. Differential Expression in Endometriosis Tissue versus Endometrium of the Uterine Adenogenesis Factors PRL-R, GH, IGF1, and IGF2. Critical Reviews™ in Eukaryotic Gene Expression. 2023;33(3).DOI:10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2022045360.

[13]. Kohama EB, da Silva ASR, Rocha A, Puggina EF, Fornel R, Custódio R, et al. IGF-I and IGFBP-3 are modulated in adolescents during a competitive soccer season. 2023. 10.22271/kheljournal.2023.v10.i1d.2779

[14]. Lopes KG, Bottino DA, Farinatti P, de Souza MdGC, Maranhão PA, de Araujo CMS, et al. Strength training with blood flow restriction–a novel therapeutic approach for older adults with sarcopenia? A case report. Clinical Interventions in Aging. 2019:1461-9. DOI:10.2147/CIA.S206522.

[15]. Torpel A, Brennicke M, Kuck M, Behrendt T, Schega L. Effect of blood flow restriction training in combination with a high-intensity interval training on physical performance. Int J Sport Exerc Med. 2018;10:2469-5718.DOI:10.23937/2469-5718/1510111

[16]. Chen HT, Chung YC, Chen YJ, Ho SY, Wu HJ. Effects of different types of exercise on body composition, muscle strength, and IGF-1 in the elderly with sarcopenic obesity. Journal of the American Geriatrics Society. 2017;65(4):827-32.DOI:10.1111/jgs.14722.

[17]. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, CF K, Inoue K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice-daily "KAATSU" resistance training. International Journal of KAATSU Training Research. 2005;1(1):6-12.DOI:10.3806/IJKTR.1.6.

[18]. Laurentino GC, Loenneke JP, Ugrinowitsch C, Aoki MS, Soares AG, Roschel H, et al. Blood-flow-restriction-training-induced hormonal Response is not Associated with Gains in Muscle Size and Strength. Journal of human kinetics. 2022;83(1):235-43. DOI: 10.2478/hukin-2022-0095.

[19]. EBRAHIMNIA M, HOSSEINI KSA, HAGHIGHI AH. The Effect Of Three Combined Training Methods (Aerobic And Resistance) With And Without Vascular Occlusion On Some Indices Of Hypertrophy In Elderly Women. 2019.1(22): 82-97 [in Persian].

[20]. Behringer M, Behlau D, Montag JC, McCourt ML, Mester J. Low-intensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2017;31(9):2462-72. DOI:10.1519/JSC.0000000000001746.

[21]. Novak S, Madunic J, Shum L, Vucetic M, Wang X, Tanigawa H, et al. PDGF inhibits BMP2-induced bone healing. npj Regenerative Medicine. 2023;8(1):3. DOI: 10.1038/s41536-023-00276-5.

[22]. Seyedi SH, Khajei R, Rashidlamir A, Ramezanpour MR, Mehrzad J. Effect of eight weeks of aerobic-resistance training on stromal cell-derived factor-1 and platelet-derived growth factor level in patients with coronary artery bypass grafting: A clinical trial study. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2021;23(2):16-23. [in Persian].

[23]. Rahimi M, Ghaforyan S, Asad MR, Abbasi A. The Effect of Exercise with Different Intensity on Platelet-Derived Growth Factor Gene Expression in Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue of Rats. Report of Health Care. 2017;3(3):37-45. [in Persian]

[24]. Palmefors H, DuttaRoy S, Rundqvist B, Börjesson M. The effect of physical activity or exercise on key biomarkers in atherosclerosis–a systematic review. Atherosclerosis. 2014;235(1):150-61. DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2014.04.026.

[25]. Czarkowska-Paczek B, Zendzian-Piotrowska M, Bartlomiejczyk I, Przybylski J, Gorski J. The influence of physical exercise on the generation of TGF-β1, PDGF-AA, and VEGF-A in adipose tissue. European journal of applied physiology. 2011;111:875-81.DOI: 10.1007/s00421-010-1693-2.

[26]. Barari A, Bashiri J, Sarabandi M. The effect of circuit resistance training combined with ginseng supplementation levels of VEGF and PDGF in inactive females. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences. 2015;37(5):6-13. [in Persian]

[27]. Da Silva JC, Freitas ED, Aniceto RR, Silva KF, Araújo JP, Bembem MG, et al. Aerobic exercise with blood flow restriction: Energy expenditure, excess post-exercise oxygen consumption, and respiratory exchange ratio. Clinical Physiology and Functional Imaging. 2022;42(4):241-9. DOI:10.1111/cpf.12753.

[28]. Amorim S, Gaspar AP, Degens H, Cendoroglo MS, de Mello Franco FG, Ritti-Dias RM, et al. The effect of a single bout of resistance exercise with blood flow restriction on arterial stiffness in older people with slow gait speed: A pilot randomized study. Journal of Cardiovascular Development and Disease. 2022;9(3):85. DOI:10.3390/jcdd9030085.

[29]. Chen Y, Wang J, Li S, Li Y. Acute effects of low load resistance training with blood flow restriction on serum growth hormone, insulin-like growth factor-1, and testosterone in patients with mild to moderate

unilateral knee osteoarthritis. Heliyon. 2022;8(10):e11051.DOI:10.1016/j.heliyon.2022.e11051.

[30]. Zhang T, Wang X, Wang J. Effect of blood flow restriction combined with low-intensity training on the lower limbs muscle strength and function in older adults: A meta-analysis. Experimental Gerontology. 2022:111827.DOI:10.1016/j.exger.2022.111827.

[31]. Chang H, Yao M, Chen B, Qi Y, Zhang J. Effects of Blood Flow Restriction Combined with Low-Intensity Resistance Training on Lower-Limb Muscle Strength and Mass in Post-Middle-Aged Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(23):15691.DOI:10.3390/ijerph192315691.

[32]. Lim ZX, Goh J. Effects of blood flow restriction (BFR) with resistance exercise on musculoskeletal health in older adults: a narrative review. European Review of Aging and Physical Activity. 2022;19(1):1-16. DOI:10.1186/s11556-022-00294-0.

[33]. Rezaee Z, Javaheri SAAH, Rashidlamir A, Oral O, Stavropoulos E. Effects of BFR training in serum NRG-1 and IL-6 in overweight postmenopausal women, 2022, 27(4):541-554.

[34]. Vakili J, Amirsasan R, Sanei P. Effects of 4 weeks resistance training with and without blood flow restriction on GH, IGF-1, NO, and Lactate in male rock climbers. Journal of Sport Biosciences. 2022;14(1):33-48.DOI: 10.22059/jsb.2021.323313.1468 [in Persian].

[35]. Jensen AE, Palombo LJ, Niederberger B, Turcotte LP, Kelly KR. Exercise training with blood flow restriction has little effect on muscular strength and does not change IGF-1 in fit military warfighters. Growth Hormone & IGF Research. 2016;27:33-40.DOI:10.1016/j.ghir.2016.02.003.

[36]. Arnarson A, Geirsdottir OG, Ramel A, Jonsson P, Thorsdottir I. Insulin-like growth factor-1 and resistance exercise in community-dwelling old adults. The journal of nutrition, health & aging. 2015;19:856-60. DOI:10.1007/s12603-015-0547-3.

[37]. Manini TM, Yarrow JF, Buford TW, Clark BC, Conover CF, Borst SE. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. Growth Hormone & IGF Research. 2012;22(5):167-72. DOI:10.1016/j.ghir.2012.05.002.

[38]. Pazokian F, Amani-Shalamzari S, Rajabi H. Effects of functional training with blood occlusion on the irisin, follistatin, and myostatin myokines in elderly men. European Review of Aging and Physical Activity. 2022;19(1):22. Doi:10.1186/s11556-022-00303-2.

[39]. Motahari Rad M, Bijeh N, Attarzadeh Hosseini SR, Raouf Saeb A. The effect of two concurrent exercise modalities on serum concentrations of FGF21, irisin, follistatin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. Archives of Physiology and Biochemistry. 2020:1-10. DOI: 10.1080/13813455.2020.1829649.

[40]. Bagheri R, Rashidlamir A, Attarzadeh Hosseini SR. Effect of resistance training with blood flow restriction on follistatin to myostatin ratio, body composition, and anaerobic power of trained volleyball players. Medical Laboratory Journal. 2018;12(6):28-33. DOI:10.29252/mlj.12.6.28 [in Persian].

[41]. Santos A, Neves Jr M, Gualano B, Laurentino G, Lancha Jr A, Ugrinowitsch C, et al. Blood flow restricted resistance training attenuates myostatin gene expression in a patient with inclusion body myositis. Biology of sport. 2014;31(2):121-4. DOI:10.5604/20831862.1097479.

[42]. Goharshad Mohammadi Gonbad*, Amin Farzaneh Hessari, Hajar Abbaszadeh. 2018. Comparison of the effect of a period of resistance training with blood flow restriction and traditional resistance training on serum myostatin levels, muscle volume and some physiological indicators in middle-aged women: a clinical trial. Rafsanjan University of Medical Sciences. 31-42.DOI:20.1001.1.17353165.1398.18.1.1.7 [in Persian].

[43]. Khoubi M, Habibi A, Ghanbarzadeh M, Shakerian S, Mirzaii B. Acute interval waking with blood flow restriction could not increase ERK, p38 and decrease myostatin. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2020;60(1):32-6. DOI:10.23736/S0022-4707.18.09200-9.

[44]. Esmat Rashidi, Seyed Alireza Hosseini Kakhek, Roya Askari. 2018. The effect of resistance training programs with two different intensities on the serum concentration of myostatin and muscle mass of elderly women. The 3rd National Congress of Sports Science and Health Achievements [in Persian].

[45]. Mohammadi, R, Afrondeh, R, Khaje Landi, M, Mohammadian, M. Investigating the acute effect of resistance training with and without blood flow restriction on indicators related to muscle hypertrophy. Rehabilitation medicine, 2019, 147-155, DOI:10.22037/jrm.2019.112040.2146. [in Persian]

[46]. Soomro A, Khajehei M, Li R, O'Neil K, Zhang D, Gao B, et al. A therapeutic target for CKD: activin A facilitates TGFβ1 profibrotic signaling. Cellular & Molecular Biology Letters. 2023;28(1):10. DOI:10.1186/s11658-023-00424-1.

[47]. Aoki MS, Soares AG, Miyabara EH, Baptista IL, Moriscot AS. Expression of genes related to myostatin signaling during rat skeletal muscle longitudinal growth. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine. 2009;40(6):992-9. DOI:10.1002/mus.21426.

[48]. Arabzadeh E, Ghassemi Gil-kalayeh Z, Gholami M, Abed Natanzi H, Ebrahimi S. The effect of 8 weeks of circuit resistance training on serum levels of decorin and IGF-I in sedentary young men. Sport Sciences for Health. 2023:1-7. DOI:10.1007/s11332-022-01035-7.

[49]. Elham Wasadi*\, Farhad Gholami, Elham Mortazavi. 1400. The effect of eight weeks of exercise with different intensities on decorin and TGF-β gene expression in adult male rats. Ilam University of Medical Sciences 2. 86-94. DOI:10.52547/sjimu.29.2.86 [in Persian].

[50]. Elham Wasadi, Farhad Gholami, Elham Mortazavi. 1400. The effect of eight weeks of exercise with different intensities on decorin and TGF-β gene expression in adult male rats. Ilam University of Medical Sciences 2. 86-94.DOI:10.52547/sjimu.29.2.86 [in persian].

[51]. Jalal Shirzad, Asghar Tawfighi, Javad Toloui Azar, Mohammad Hassan Khadim Ansari. 2019. Adaptation of serum irisin, follistatin, and myostatin to eight weeks of resistance, aerobic, and combined training in obese men. Physiology and management research in sports 4. 21-39. [in Persian]

[52]. Jensky NE, Sims JK, Dieli-Conwright CM, Sattler FR, Rice JC, Schroeder ET. Exercise does not influence myostatin and follistatin mRNA expression in young women. Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association. 2010;24(2):522. DOI:10.1519/JSC.0b013e3181c8664f.

[53]. Hansen J, Brandt C, Nielsen AR, Hojman P, Whitham M, Febbraio MA, et al. Exercise induces a marked increase in plasma follistatin: evidence that follistatin is a contraction-induced hepatokine. Endocrinology. 2011;152(1):164-71.DOI:10.1210/en.2010-0868.

[54]. Renzini A, D'onghia M, Coletti D, Moresi V. Histone deacetylases as modulators of the crosstalk between skeletal muscle and other organs. Frontiers in physiology. 2022:282.DOI:10.3389/fphys.2022.706003.

[55]. Hansen JS, Rutti S, Arous C, Clemmesen JO, Secher NH, Drescher A, et al. Circulating follistatin is liver-derived and regulated by the glucagon-to-insulin ratio. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2016;101(2):550-60.DOI:10.1210/jc.2015-3668.

[56]. Ruas JL, White JP, Rao RR, Kleiner S, Brannan KT, Harrison BC, et al. A PGC-1α isoform induced by resistance training regulates skeletal muscle hypertrophy. Cell. 2012;151(6):1319-31.DOI: 10.1016/j.cell.2012.10.050.