مجله فعالیت بدنی و تندرستی
سال اول / شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۱

تاثیر تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و مصرف مکمل کراتین بر غلظت سرمی میوستاتین و هورمون رشد ورزشکاران پرورش اندام مرد

*شاهین ریاحی ملایری
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
امید سلیمانی قلعه
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
مطهره قانع
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
علی شریعت
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
حامد عقبای
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران شرق دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
مریم تختی
گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

هدف: هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و مصرف کراتین بر مقادیر سرمی میوستاتین و هورمون رشد در بدنسازان مرد بود. **روش:** ۳۶ مرد بدنساز با میانگین سنی ۲۲/۶۳ سال به سه گروه مساوی ۱۲ نفری، که شامل گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و مصرف مکمل کراتین، گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و دارونما و گروه مصرف کراتین بود، تقسیم شدند. برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه ۸۰ دقیقه ای، به صورت ایستگاهی و دایره¬ای اجرا شد. شدت تمرین ۴۰-۳۰ درصد یک تکرار بیشینه در هرجلسه تمرین بود. مکمل کراتین نیز به مدت هشت هفته، هر پنج روز در میان و روزانه به میزان ۲۰ گرم مصرف شد. هورمون رشد، قدرت و حجم عضلانی قبل و پس از تمرینات مورد ارزیابی قرار گرفت. **یافته ها:** نتایج نشان داد که غلظت سرمی هورمون رشد، قدرت و حجم عضلانی پس از هشت هفته تمرین محدودیت جریان خون و مصرف کراتین افزایش معنی داری داشت (P =۰/۰۰۳). در حالیکه غلظت سرمی میوستاتین کاهش معنی داری داشت (P=۰/۰۰۲). **نتیجه گیری:** به نظر می رسد تمرین با شدت پایین و تحت شرایط محدودیت جریان خون و مصرف کراتین، حتی در کوتاه مدت نیز می تواند باعث افزایش قدرت و حجیم سازی قابل توجه عضلانی شود و علاوه بر آن، باعث افزایش غلظت سرمی هورمون رشد و کاهش میوستاتین شود. بنابراین پیشنهاد می شود ورزشکاران در تمرینات خود با پروتکل مشابه برای بهبود قدرت و افزایش حجیم سازی استفاده کنند.

واژگان کلیدی: تمرین مقاومتی، تمرین محدودیت جریان خون، کراتین، میوستاتین، هورمون رشد

Quarterly Journal of Physical Activity and Health
Vol.1,No.3,Autumn 2022

The effect of resistance training with blood flow restriction and creatine supplements on serum concentrations of myostatin and growth hormone in male bodybuilders

***Shahin Riyahi Malayeri**
Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Omid Soleimani Ghaleh
Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Motahare Ghane
Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Ali Shariat
Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Hamed Oghbaee
Department of Physical Education and Sport Sciences, East Tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Maryam Takhti
Department of Physical Education and Sport Sciences, Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

Aim: The aim of the current study was to investigate the effect of resistance training with blood flow restriction and creatine consumption on the serum levels of myostatin and growth hormone in male bodybuilders. **Methods:** 36 male bodybuilders with an average age of 22.63 years were divided into three equal groups of 12 people, which included the resistance training group with blood flow restriction and creatine supplementation, the resistance training group with blood flow restriction and placebo, and the creatine consumption group. The exercise program was performed for 8 weeks and 3 sessions of 80 minutes each week, in a stationary and circular manner. The training intensity was 30-40% of a maximum repetition in each training session. Creatine supplement was also taken for eight weeks, every five days and daily in the amount of 20 grams. Growth hormone, muscle strength and volume were evaluated before and after training. **Results:** The results showed that the serum concentration of growth hormone, muscle strength and volume increased significantly after eight weeks of blood flow restriction training and creatine consumption (P=0.003). while the serum concentration of myostatin had a significant decrease (P=0.002). **Conclusion:** It seems that low-intensity training under conditions of blood flow restriction and creatine consumption can lead to increase of strength and muscle hypertrophy, and in addition, increase the serum concentration of growth hormone and decrease myostatin. Therefore, it is recommended that athletes use the same protocol in their training to improve strength and increase muscle hypertrophy.

Keywords: Myostatin, Growth hormone, Upper trunk muscles, blood flow restriction training

*نویسنده مسئول **shahinriyahi@yahoo.com**

دریافت : ۱۴۰۱/۰۶/۱۲ پذیرش:۱۴۰۱/۰۸/۰۱

مقاله پژوهشی

مقدمه

ازجمله هورمون‌های آنابولیکی و مولکول‌های پروتئینی که تحت تأثیر ورزش قرار می‌گیرند و مرتبط با رشد عضلانی هستند، هورمون رشد و پروتئین میوستاتین می‌باشند (محمدی و دیگران، ۲۰۲۰). افزایش حجم عضلانی ناشی از افزایش هورمون‌های آنابولیک درون‌ریز مثل هورمون رشد می‌باشد. ازطرفی میوستاتین از مهم‌ترین سایتوکاین‌های تنظیم کننده رشد عضله‌ی اسکلتی است که در عضله اسکلتی تولید می‌شود و می‌تواند در سنتز منفی پروتئین و رشد منفی میوفیبریل‌ها دخیل باشد (کارناک[1]و دیگران، ۲۰۰۷). انجام تمرینات مقاومتی یک روش مفید جهت جلوگیری از آتروفی، افزایش حجم و قدرت عضلانی است. کالج طب ورزشی آمریکا انجام تمرینات مقاومتی با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه را برای افراد نیمه حرفه ای جهت افزایش اندازه و قدرت عضلانی را پیشنهاد کرده است (هس[2]و دیگران، ۲۰۰۱)، اما این شدت تمرین به دلیل فشاری که به مفاصل و سیستم قلبی وارد می‌کند برای همه افراد قابل اجرا نیست. به همین دلیل در دهه اخیر تمرینات مقاومتی همراه با کاهش جریان خون برای افرادی که نمی‌توانند تمرینات با شدت بالا را انجام دهند، رایج شده است (ساتمن[3]و دیگران، ۲۰۲۱ ، شیمیزو[4] و دیگران، ۲۰۱۶). انجام تمرینات مقاومتی همراه با کاهش جریان خون به صورت انقباض ایزومتریک سبب فشار کمتری بر مفاصل می‌شود. تمرینات انسداد عروقی یا کاتسو تمرینات جدیدی هستند که در شرایط محدود کردن جریان خون به عضلات اجرا می‌گردد. این نوع تمرین برای اولین بارتوسط ژاپنی ها طراحی و در دسترس عموم قرار گرفت (ناکاجیما[5]و دیگران، ۲۰۰۶). تمرینات کاتسو مختص تمرینات مقاومتی نبوده و مطالعات متعددی در زمینه تاثیر تمرینات هوازی همراه با انسداد عروقی بر ظرفیت هوازی، قدرت و حجم عضلات اسکلتی صورت گرفته است (آبه[6]و دیگران، ۲۰۰۶ ، لئون نک[7]و دیگران ۲۰۱۱). مسدود شدن بازگشت وریدی، باعث ایجاد حوضچه خونی وریدی اطراف عضله درگیر می‌شود (آبه و دیگران، ۲۰۰۵). تمرین کاتسو اثرات مفیدی بر روی قدرت و حجم عضلانی داشته است. انجام تمرین کاتسو با وزنه‌های سبک در حالی باعث توسعه قدرت عضلانی می‌شود که به علت فعال‌سازی تارهای عضلانی تند انقباض است. این نوع تکنیک تمرینی به دلیل محدودیت متوسط جریان خون در عضلات تحت فشار تمرین سطح اکسیژن عضلات را تهی می‌کند (تانیموتو[8]و دیگران، ۲۰۰۵). در تمرین کاتسو یک کش یا باند محدودکننده که بر روی بالاترین قسمت عضو تمرینی استفاده می‌شود تا جریان خون به عضله فعال کاهش یابد و در نتیجه باعث حجیم سازی عضله شود.

[1] . Carnac
[2] . Hass
[3]. Saatmann
[4] . Shimizu
[5] . Nakajima
[6] . Abe
[7] . Loenneke
[8] . Tanimoto

با توجه به سهم قدرت عضلانی در بسیاری از رشته های ورزشی تعدادی از ورزشکاران و شاید بتوان گفت که اکثر قریب به اتفاق ورزشکاران در بیشتر رشته های ورزشی به نوعی به انجام انواع سیستم های تمرینی قدرتی به ویژه تمرین با محدودیت جریان خون می پردازند. با بیشتر شدن پژوهش ها بر روی تمرین با محدودیت جریان خون، بیشتر مطالعه ها افزایش حجم عضلانی و جلوگیری از آتروفی عضلانی را در آزمودنی‌های خود نشان داده اند (پاترسون[1] و دیگران، ۲۰۱۹). با توجه به سهم قدرت عضلانی در بسیاری از رشته‌های ورزشی شاید بتوان گفت که اکثر قریب به اتفاق ورزشکاران در تمامی رشته‌های ورزشی به نوعی به انجام انواع سیستم های تمرینی قدرتی می‌پردازند. از طرفی هم برای بهبود عملکرد ورزشی از مکمل‌های ورزشی استفاده می‌کنند. مکمل‌های کراتینی بیشتر برای افزایش حجم عضلانی، افزایش مقاومت در برابر خستگی، بهبود حرکات انفجاری، سوزاندن چربی و کاهش دوره زمانی بازیافت استفاده می‌شود (ماگن[2] ۱۹۹۵). به عبارتی مکمل‌یاری کراتین با افزایش و بهبود عملکرد ورزشی در کسب موفقیت‌های ورزشی در رقابت‌های مختلف می‌تواند تاثیر گذار باشد.

با توجه به اثر تمرین با محدودیت جریان خون بر قدرت و حجم عضلانی و تاثیر کراتین بر عملکرد و حجیم سازی عضله در این مطالعه به دنبال پاسخ به این سوال هستیم آیا تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون به همراه مصرف کراتین بر مقادیر میوستاتین، هورمون رشد، قدرت و حجم عضلانی در بدنسازان مرد تاثیر دارد؟

روش شناسی

این پژوهش از نوع پژوهش‌های کاربردی و روش انجام آن بصورت نیمه تجربی بود. جامعه آماری این پژوهش مردان بدنساز مراجعه کننده به یکی از باشگاه‌های بدنسازی شهر تهران (با دو سال سابقه‌کار) با میانگین سن ۲۲/۶۳ ±۰/۵۷ سال انتخاب شدند. تعداد ۳۶ نفر از آن ها از طریق فراخوان و اطلاع از شرایط پژوهش، انتخاب شدند. برآورد حجم نمونه با توجه به پژوهش‌های پیشین براساس نرم افزار جی پاور با اندازه اثر ۰/۶۰، خطای نوع اول ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸۷، درجه آزادی ۲، تعداد ۳ گروه و باتوجه به اینکه آزمون آماری مورد استفاده آنالیز کواریانس بوده و سه گروه پیش آزمون به عنوان کوواریانت در نظر گرفته شدند تعداد حجم نمونه مشخص شد. انتخاب نمونه‌ها مبتنی بر هدف تحقیق بوده و پس از بررسی‌های لازم و بر اساس اطلاعات پرسش نامه‌های تکمیل شده، آزمودنی‌ها به سه گروه ۱۲ نفری به صورت تصادفی ساده تقسیم شدند. آزمودنی‌ها براساس پرسشنامۀ اطلاعات پزشکی باید فاقد مشکلات سلامتی مزمن رایج از قبیل بیماری‌های تنفسی، متابولیکی، قلبی‌عروقی، کلیوی، کبدی یا هرگونه آسیب جسمی یا ارتوپدی بودند. پس از اعلام فراخوان و جذب آزمودنی‌ها در ابتدا جلسه توجیهی تشکیل و فرم‌های پرسش‌نامه پزشکی و آمادگی شرکت در فعالیت بدنی و رضایت کتبی برنامه تمرینی تکمیل و شرایط پژوهش اعم از منافع و خطرهای احتمالی و توصیه‌های لازم برای آزمودنی‌ها اعلام شد. طرح تحقیق شامل سه گروه و به صورت دو مرحله آزمون‌گیری پیش و پس‌آزمون بود. افراد منتخب در یکی از سه

[1] . Patterson
[2] . Maughan

گروه شامل یک گروه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و مصرف مکمل کراتین، گروه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون و مصرف دارونما و گروه مصرف کراتین تقسیم شدند. مدت برنامه تمرینی دو گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون به مدت هشت هفته بود. افراد گروه تمرین و مصرف مکمل کراتین و همچنین گروه تمرین و مصرف دارونما، در مدت پژوهش به اجرای تمرین‌ها ورزشی تحت نظارت پژوهشگر و کمک پژوهشگران در سالن بدن‌سازی پرداختند و افراد گروه مصرف مکمل کراتین نیز بدون تمرین فقط مکمل کراتین مصرف نمودند. به علاوه قبل و بعد از اجرای پژوهش، تغذیه آزمودنی‌ها با استفاده از پرسش‌نامه تغذیه‌ای ۲۴ ساعته یادآمد پایش شد(میرمیران و دیگران، ۲۰۱۰). نیاز انرژی سوخت و ساخت استراحتی بر اساس سن، جنس و وزن؛ مطابق فرمول هریس بندیکت به صورت (۶/۷۵ × سن) – (۵/۰۰۳ × قد بر حسب سانتی‌متر) + (وزن بر حسب کیلوگرم × ۱۳/۷۵) + ۶/ ۵۵ = BMR محاسبه (فرانکن فیلد و دیگران، ۲۰۰۵) و پس از تطبیق ظریب فعالیت کل انرژی مورد نیاز روزانه بدست آمد(هیدنریخ[1] و دیگران، ۲۰۱۷). این اطلاعات برای کنترل بیشتر رژیم غذایی و کالری دریافتی بود. برای کنترل تغذیه از آزمودنی‌ها خواسته شد تا فرم ۲۴ ساعت یادآمد خود را پیش از خونگیری کپی بگیرند و نزد خود نگه دارند و تا سه روز مانده به زمان خونگیری، همان رژیم غذایی اولیه و کالری دریافتی محاسبه شده را داشته باشند. تا اثر عوامل رژیم غذایی و کالری دریافتی کنترل شود. برای کنترل کالری دریافتی از نرم افزار کالری سنج بر روی موبایل استفاده شد. تمام شاخص‌های آنتروپومتریکی (قد، وزن، شاخص توده بدنی) قبل و بعد تمرین و مصرف کراتین اندازه‌گیری شد. متغییرهای خونی در روز نمونه گیری پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه و در یک ساعت مشخص به دلیل نحوه اندازه‌گیری مقادیر خونی و ساعت زیستی هورمون‌ها اندازه‌گیری گردید. آزمودنی‌ها دو روز قبل از اندازه‌گیری متغیرهای وابسته تمرین ورزشی نداشتند که برای به حداقل رساندن آثار کوتاه‌مدت تمرین و خستگی بود. مطالعه حاضر با کد مصوب اخلاق IR.SSRC.REC.1398.134 انجام گرفته است.

پروتکل تمرینی

برنامه تمرینی مقاومتی مورد استفاده در این مطالعه، به صورت ایستگاهی و دایره‌ای اجرا شد. در ابتدای پژوهش، یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها برای گروه‌های تجربی در حرکات مورد نظر محاسبه شد. (در راستای تعیین یک تکرار بیشینه از فرمول برزسکی(تکرار × ۰/۰۲۷۸)– ۱/۰۲۷۸)/وزنه جابجا شده به کیلو گرم = یک تکرار بیشینه استفاده شد(برزسکی، ۱۹۹۸). برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۸۰ دقیقه بود. شدت تمرین ۳۰ تا ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. هرجلسه تمرین شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن، انجام تمرین‌ها اختصاصی به مدت ۶۰ دقیقه و ۵ دقیقه انجام حرکات کششی به منظور سرد کردن بود. برنامه مقاومتی با کاتسو

[1] . Heydenreich

گروه تمرین شامل پرس‌سینه، پرس‌پا، سیم‌کش از جلو دست باز، پشت بازو، بازکردن زانو با دستگاه، حرکت پارویی، جلو بازو با هالترو دراز و نشست بود که به صورت دایره‌ای انجام شد (قوچانی و دیگران، ۲۰۲۰). در انجام تمرین‌ها از باند محدودکننده که سعی شد روی بالاترین قسمت عضو تمرینی بسته شود تا جریان خون به عضله فعال کاهش یابد. برای ایجاد محدودیت در جریان خون از تورنیکت لاستیکی طراحی شده توسط شرکت آذین طب ساخت ایران استفاده شد. محدودیت جریان خون با استفاده از دستگاه فشارسنج بادی با نوار ۹۶ سانتی متر طول و ۱۳ سانتی متر پهنا انجام گرفت. قبل شروع تمرین اصلی دستگاه تورنیکت دستی به میزان فشار کاف ۱۰۰ میلی متر جیوه درحالیکه نوار دستگاه در ناحیه فوقانی عضو (بالاتنه بالای بازو و پایین تنه بالای ران) قرارگرفته بود باد شد و در طول زمان تمرین این فشار حفظ گردید. براساس اندازه گیری فشار جریان خون شریانی با داپلر این مقدار فشار حدود ۵۰ درصد محدودیت جریان خون ایجاد می‌کند (لیکساندرو[1]و دیگران، ۲۰۱۵).

مکمل کراتین

مصرف مکمل کراتین نیز به مدت دو ماه و روزانه به میزان ۲۰ گرم کراتین همراه با ۲۰۰ سی سی آب بلافاصله بعد از تمرین مصرف کردند. بعد از ۵ روز بارگیری، در ۵ روز دوم از کراتین استفاده نشد و در روز یازدهم مجددا به میزان بیست گرم و در کل ۱۰۰ گرم در طی پنج روز کراتین استفاده می‌شد و همین روش تا پایان دوماه فعالیت مورد استفاده قرار گرفت. گروه دارونما به همان صورت نشاسته گندم جای کراتین دریافت کردند. گروه کراتین هم به همان شیوه عصرها دریافت کراتین داشتند.

سنجش های بیوشیمایی و عملکردی

برای اندازه‌گیری قدرت بالا تنه از آزمون پرس سینه (دوهونی و دیگران،۲۰۰۲) به این شکل که ورزشکار جهت انجام حرکت پرس سینه اگر وزنه‌ای را بیشتر از ده تکرار انجام داد مقدار وزنه بیشتر می‌شود تا نتواند بیشتر از ده تکرار انجام دهد و در نهایت با استفاده از فرمول با مقدار وزن ورزشکار و تعداد تکرار و مقدار وزنه یک تکرار بیشینه مشخص می‌شود که نمایان کننده قدرت بالاتنه است. برای قدرت پایین تنه از آزمون پرس پا (مکنزی[2]، ۲۰۰۱) استفاده شد. برای اندازه‌گیری حجم عضلانی آزمودنی ها در نواحی بازو و ران از طریق انـدازه گیـری محیط بازو و ران در سمت راست بدن از متر نواری انعطاف پذیر به روش مک براید (مک براید[3]و دیگران، ۲۰۰۳) اندازه گیری و ثبـت شـد. برای سنجش هورمون رشد از کیت آزمایشگاهی شرکت پارس پیوند با حساسیت ۴ پیگو گرم بر میلی‌لیتر و با ضریب تغییرات (CV) کوچکتر از ۱۲ درصد و روش الایزا استفاده شد.

[1] . Lixandrão
[2] . Mackenzie
[3]. McBride

همچنین مقادیر میوستاتین در پیش آزمون و پس آزمون با استفاده از روش الایزا و با کیت تخصصی متعلق به شرکت گلوری تحت لیسانس آمریکا تولید چین با حساسیت ۰/۳ میلی گرم بر دسی‌لیتر و با ضریب تغییرات (cv) کوچکتر از ۱۵ درصد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

روش های آماری

از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی، پراکندگی و ترسیم جداول استفاده شد. در بخش آمار استنباطی، با توجه به پیش فرض‌های موجود که شامل پیوسته بودن متغییرهای وابسته، چند سطحی بودن متغییر مستقل، عدم وجود داده‌های پرت توزیع طبیعی داده‌ها که با آزمون کولموگروف- اسمیرنف مشخص شد و همگنی واریانس‌ها که با آزمون لون مشخص شد، برای مطالعه معنی‌داری از آزمون آنالیز کواریانس استفاده شد. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS 23 و سطح معنی‌داری آزمون‌ها در سطح $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته ها

ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌های پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف کراتین به نسبت سایر گروه‌ها موجب افزایش معناداری در میزان قدرت عضلانی بالاتنه (P=۰/۰۰۳) و حجم بازو (P=۰/۰۰۱) شد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف کراتین به نسبت سایر گروه‌ها موجب افزایش معناداری در میزان قدرت عضلانی پایین تنه (P=۰/۰۰۱) و حجم ران شد (P=۰/۰۱۳). همچنین دیگر یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف کراتین به نسبت سایر گروه‌ها موجب افزایش معناداری در میزان در غلظت سرمی هورمون رشد شد (P=۰/۰۰۳). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف دارونما به نسبت سایر گروه‌ها موجب کاهش معناداری در غلظت سرمی میوستاتین شد (P=۰/۰۰۲). میانگین و انحراف معیار، پیش‌آزمون و پس‌آزمون تمامی متغیرهای تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی های توصیفی آزمودنی‌های پژوهش

گروه ها	متغیرها				
	سن (سال)	**قد**(سانتی متر)	**وزن**(کیلوگرم)	**شاخص توده بدنی** (kg/m^2)	**کالری دریافتی(کیلوکالری)**
گروه تمرین و کراتین	۲۲/۱۱±۱/۷۸	۱۷۵/۶۵±۴/۸۶	۷۳/۵۷±۲/۹۳	۲۳/۷۸±۱/۷۸	۳۱۷۵±۳/۴
گروه تمرین و دارونما	۲۳/۷۸±۱/۳۸	۱۷۳/۲۸±۳/۴۴	۷۲/۳۲±۲/۷۱	۲۴/۳۹±۱/۸۹	۳۰۸۳±۶/۲
گروه کراتین	۲۲/۰۱±۱/۴۴	۱۷۴/۷۶±۳/۲۱	۷۳/۵۳±۲/۹۱	۲۳/۰۵±۱/۵۲	۲۵۵۳±۴/۷

جدول۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش

متغیر تحقیق	گروه ها	پیش آزمون	پس آزمون	P
GH (نانوگرم برمیلی لیتر)	**تمرین و کراتین(۱۲نفر)**	۰/۹۸±۰/۱۱	۳/۳۴±۰/۵۶	
	تمرین و دارونما(۱۲ نفر)	۱/۰۱±۰/۴۲	۲/۷۷±۰/۷۴	۰/۰۰۳*
	کراتین(۱۲ نفر)	۱/۰۳±۰/۳۴	۱/۰۲±۰/۴۵	
میوستاتین (نانوگرم بر لیتر)	**تمرین و کراتین(۱۲نفر)**	۱۳۰/۷۴±۱۱/۴۵	۱۱۱/۴۵±۶/۲۷	
	تمرین و دارونما(۱۲ نفر)	۱۲۵/۷۲±۹/۱۲	۱۰۸/۳۱±۷/۱۱	۰/۰۰۲*
	کراتین(۱۲ نفر)	۱۲۳/۳۷±۸/۲۳	۱۲۲/۱۳±۸/۲۱	
قدرت بالاتنه(kg)	**تمرین و کراتین(۱۲نفر)**	۵۴/۵۶±۷/۳۷	۶۸/۳۴±۵/۵۶	
	تمرین و دارونما(۱۲ نفر)	۵۲/۹۶±۵/۸۱	۶۴/۷۷±۸/۷۴	۰/۰۰۳*
	کراتین(۱۲ نفر)	۵۱/۴۵±۴/۳۲	۵۲/۱۲±۵/۶۵	
قدرت پایین تنه(kg)	**تمرین و کراتین(۱۲نفر)**	۹۹/۸۹±۴/۹۲	۱۱۸/۲۱±۳/۸۴	
	تمرین و دارونما(۱۲ نفر)	۹۵/۳۴±۳/۰۱	۱۱۶/۱۱±۴/۷۳	۰/۰۰۱*
	کراتین(۱۲ نفر)	۹۱/۲۳±۶/۴۵	۹۲/۳۴±۶/۶۷	
میزان حجم عضلانی بازو (سانتی متر)	**تمرین و کراتین(۱۲نفر)**	۱۷/۴۷±۲/۷۸	۲۱/۲۸±۲/۷۳	
	تمرین و دارونما(۱۲ نفر)	۱۶/۳۶±۳/۵۶	۲۰/۷۸±۳/۳۶	۰/۰۰۱*
	کراتین(۱۲ نفر)	۱۸/۴۱±۲/۲۳	۱۸/۵۴±۳/۲۴	
میزان حجم عضلانی ران (سانتی متر)	**تمرین و کراتین(۱۲نفر)**	۵۷/۴۳±۱/۹۰	۶۰/۳۱±۱/۶۴	
	تمرین و دارونما(۱۲ نفر)	۵۸/۴۵±۱/۶۷	۶۰/۰۱±۲/۵۳	۰/۰۱۳*
	کراتین(۱۲ نفر)	۵۸/۳۴±۱/۴۵	۵۸/۵۹±۱/۲۶	

*** سطح معنی داری ۰/۰۵ ≥ P در نظر گرفته شده است.**

بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر مشاهده شد در گروه تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف کراتین هورمون رشد به طور معنی داری افزایش یافت. فکری و همکاران نشان دادند مقادیر هورمون رشد پس از تمرین مقاومتی با کاتسو افزایش داشته است (فکری و دیگران، ۲۰۲۲)، که با پژوهش حاضر همسو است. یکی از دلایل افزایش ترشح هورمون رشد پس از تمرینات قدرتی را افزایش فعالیت سمپاتیک عنوان می‌کنند. افزایش فعالیت سیستم سمپاتیک سبب ترشح اپی نفرین و نوراپی نفرین و تحریک فعالیت نورون‌های مرکزی آدرنرژیک شده و به دنبال آن مقدار ترشح هورمون رشد افزایش خواهد یافت. به طوریکه مشخص شده، افزایش اسیدیته و کاهش PH خون و عضله در ورزش‌های شدید که پس از یک جلسه فعالیت ورزشی ایجاد می شود و در دراز مدت بر اثر

تمرین ورزشی می تواند موجب تحریک گیرنده‌های متابولیکی می‌شود. این رسپتورها سبب ارسال پیام های عصبی از عضلات فعال به سیستم پیتیدی آدرنوکورتیکال شده و از این طریق افزایش ترشح هورمون رشد و در نهایت فاکتور رشد شبه انسولین ها را موجب می‌شوند. همچنین افزایش غلظت متابولیت‌ها و اسیدی شدن محیط داخلی عضله، باعث تحریک گیرنده‌های شیمیایی می‌شود که این گیرنده‌ها پیام را به سیستم هیپوتالاموسی – هیپوفیزی می‌فرستند و موجب آزادسازی هورمون‌های آنابولیکی مانند هورمون رشد می‌شود (هیلر[1]و دیگران، ۱۹۹۸). این احتمال داده می‌شود تمرین مقاومتی با کاتسو از طریق کاهش جریان خون کمک به افزایش اسیدیته و کاهش PH می‌کند و این در نهایت منجر به افزایش هورمون رشد شود.

در پژوهش حاضر مقادیر میوستاتین در گروه تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف کراتین باعث کاهش میوستاتین شد که با پژوهش محمدی همسو است. محمدی در مطالعه خود کاهش مقادیر میوستاتین را پس از هشت هفته تمرین‌های با محدودیت جریان خون نشان داد. در آن پژوهش ۳۰ دختر ورزشکار به‌طور تصادفی به سه گروه ۱۱ نفره: ۱- تمرین مقاومتی سنتی (با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه)، ۲- تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون (با شدت ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه) و ۳- گروه همراه با محدودیت جریان خون (کنترل) بدون انجام فعالیت ورزشی تقسیم شدند (محمدی و دیگران، ۲۰۲۱)، البته در پژوهش محمدی و همکاران آزمودنی‌ها مصرف کراتین نداشتند و مصرف کراتین می‌تواند از جنبه نوآوری پژوهش حاضر را متمایز سازد. با این وجود مکانیسم درگیر در کاهش میوستاتین هم احتمالا می‌تواند ناشی از مصرف کراتین باشد چون کراتین می‌تواند به تنهایی میواستاتین سلول عضلانی را مهار کند(صارمی و دیگران، ۲۰۱۰). با این وجود با توجه به اینکه در پژوهش حاضر تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف دارونما به نسبت سایر گروه‌ها موجب کاهش معناداری در غلظت سرمی میوستاتین شده می‌توان این‌چنین برداشت کرد که تمرین مقاومتی با کاتسو می‌تواند تاثیر به‌سزایی درکاهش غلظت میوستاتین داشته باشد.

در پژوهش حاضر تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف کراتین باعث بهبود قدرت و حجم عضلانی بالاتنه و پایین تنه شد که با پژوهش فوجیتا و پاترسون همسو است. تمرین با شدت پایین و تحت شرایط محدودیت جریان خون، حتی در کوتاه مدت نیز می‌تواند باعث ایجاد قدرت و حجیم سازی قابل توجه عضلانی شود (فوجیتا و دیگران، ۲۰۰۷ و پاترسون و دیگران، ۲۰۱۹). با این وجود سنتنر و همکاران به بررسی تمرین مقاومتی با کاتسو به همراه مصرف مکمل پروتئین داشتند که منجر به افزایش قدرت و حجم عضلانی شد (سنتنر[2]و دیگران، ۲۰۱۹).

[1]. Hiller
[2] . Centner

قابل ذکر است با توجه به اینکه در پژوهش سنتنر و همکاران سن آزمودنی بالای ۶۰ سال بود و مصرف مکمل هم با پژوهش حاضر متفاوت بود ولی نتایج همسویی بدست آمد. سازوکار احتمالی تمرین مقاومتی با کاتسو می-تواند با فعال سازی پروتین کیناز B و mTOR و سایر آنزیم‌های درون سلولی منجر به حجم عضلانی بیشتر سلول شود(رینولدز[1]و دیگران، ۲۰۰۴). با توجه به اینکه در پژوهش حاضر افزایش حجم عضلانی مشاهده شد. تمرین‌های مقاومتی به عنوان مؤثرترین مداخلهٔ تمرینی جهت افزایش حجم و قدرت عضلانی شناخته شده است (فوجیتا و دیگران، ۲۰۱۳). از منظرافزایش حجم عضلانی و فشار کمتر به مفاصل می‌توان اشاره به استفاده از تمرین مقاومتی با کاتسو کرد. کالج پزشکی ورزشی آمریکا شدت تمرینات مقاومتی را ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه پیشنهاد می‌کند (لئون نک و دیگران، ۲۰۱۱). اما پژوهش‌ها نشان می‌دهند فشارهای مکانیکی متابولیکی ناشی از تمرین‌ها مقاومتی با شدت زیاد باعث بروز تغییرات نامطلوب در شاخص‌های غیرمستقیم آسیب سلولی شده و غلظت شاخص‌های فشار مکانیکی متابولیکی ناشی از تمرین مقاومتی مانند میوگلوبین، کراتین‌کیناز و لاکتات‌دهیدروژناز را در پلاسما افزایش می‌دهد (ورن‌بوم[2]و دیگران، ۲۰۲۰ ؛ فوجیتا و دیگران، ۲۰۰۸)، اگر چه برخی از این شاخص‌ها نشان دهندهٔ تغییرات ابتدایی در افزایش تودهٔ عضلانی می‌باشند، اما بیانگر اعمال فشارهای مکانیکی متابولیکی و اختلال در بازیافت مکانیکی و متابولیکی عضله نیز هستند و سبب کاهش حجم تمرین می‌شوند (ورن‌بوم ودیگران، ۲۰۲۰)، بنابراین، نیاز به طراحی روش‌های ایمن و مؤثر برای ورزشکاران آماتور و حرفه ای که با فشار کمتر به افزایش قدرت عضلانی نیاز داشته، اما تمایل و تحمل اینگونه تمرین ها سخت را ندارند ضرورت می‌یابد. بر این اساس، مطالعات نشان می‌دهند چنانچه یک برنامهٔ تمرینی با شدت پایین‌تر (به عنوان مثال کمتر از ۴۰ درصد)، اما همراه با محدودیت جریان خون انجام شود، فشار کمتری بر مفاصل و لیگامنت‌ها وارد شده و منجر به بروز آسیب کمتری خواهد شد، اما در همان حالت نیز از تحریک کافی برای افزایش حجم و قدرت عضلانی نیز برخوردار خواهد بود (فوجیتا و دیگران، ۲۰۰۸ ؛ فرای[3]و دیگران، ۲۰۱۰ ؛ رحمانی و میرزایی، ۲۰۱۸). بنابراین، تمرین‌ها با شدت۲۰ تا ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه همراه با محدودیت جریان خون در عضلات، به عنوان یک روش تمرینی جدید جهت جایگزینی تمرین ها سنتی معرفی گردیده است (فرای و دیگران، ۲۰۱۰؛ کوک[4]و دیگران، ۲۰۰۷ ؛ ورن بوم و دیگران،۲۰۲۰ ؛ ناکاجیما و دیگران، ۲۰۰۶). یکی از دستاوردهای این پژوهش می تواند استفاده بدنسازان در یک دوره از زمان بندی تمرینی خود از تمرین مقاومتی با کاتسو و مصرف مکمل کراتین جهت افزایش حجم عضلانی باشد. محققین در انجام این پژوهش تلاش لازم را برکنترل دقیق اجرای آن به عمل آوردند ولی برخی از عوامل موجب بروز محدودیت‌هایی

[1] . Reynolds
[2] . Wernbom
[3]. Fry
[4] . Cook

در اجرای پژوهش شد که از نظر محقق غیر قابل کنترل بودند که از آن جمله می‌توان به عدم امکان کنترل میزان فعالیت آزمودنی‌ها در خارج از ساعت تمرین بود.

نتیجه گیری

در مجموع مطالعه حاضر به نظر می رسد تمرین ها با شدت پایین و تحت شرایط کاتسو (محدودیت جریان خون) و مصرف کراتین، می تواند باعث ایجاد قدرت و حجم عضلانی قابل توجه شود و علاوه بر آن،اعث افزایش میزان ترشح هورمون رشد و کاهش میوستاتین شود. بنابراین پیشنهاد می شود ورزشکاران در تمرین های خود با پروتکل مشابه برای بهبود قدرت و افزایش حجم عضلانی استفاده کنند .

تقدیر و تشکر

از همکاران و افرادی که ما را در این پژوهش یاری نمودند کمال تشکر را داریم. همچنین پژوهشگران مراتب قدردانی و تشکر خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق که در این پژوهش ما را یاری فرمودند، اعلام می دارند.

References

Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985), 100(5), 1460–1466. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01267.2005.

Abe, T., Ozaki, H., Sugaya, M., Fujita, S., Sakamaki, M., Sato, Y., ... & Nakajima, T. (2009). Effects of 42 weeks walk training with blood flow reduction on muscle size and strength in the elderly. In Intern Conf Sports Ex Sci (Vol. 336, pp. 41-41).

Agre, P., King, L. S., Yasui, M., Guggino, W. B., Ottersen, O. P., Fujiyoshi, Y., ... & Nielsen, S. (2002). Aquaporin water channels–from atomic structure to clinical medicine. The Journal of physiology, 542(1), 3-16.

Brzycki, Matt (1998). A Practical Approach To Strength Training. McGraw-Hill. ISBN 978-1-57028-018-4.

Carnac, G., Vernus, B., & Bonnieu, A. (2007). Myostatin in the pathophysiology of skeletal muscle. Current genomics, 8(7), 415–422. https://doi.org/10.2174/138920207783591672

Centner, C., Zdzieblik, D., Roberts, L., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training with Protein Supplementation on Muscle Mass And Strength in Older Men. Journal of sports science & medicine, 18(3), 471–478.

Cook, S. B., Clark, B. C., & Ploutz-Snyder, L. L. (2007). Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. Medicine and science in sports and exercise, 39(10), 1708-1713.

Dohoney, P., Chromiak, J. A., Lemire, D., Abadie, B. R., & Kovacs, C. (2002). Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males. Journal of Exercise Physiology Online, 5(3), 54-59.

Fekri-Kurabbaslou, V., Shams, S. & Amani-Shalamzari, S (2022). Effect of different recovery modes during resistance training with blood flow restriction on hormonal levels and performance in young men: a randomized controlled trial. BMC Sports Sci Med Rehabil 14, 47 https://doi.org/10.1186/s13102-022-00442-0

Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., Compher, C., & Evidence Analysis Working Group. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic association*, 105(5), 775-789.

Fry, C. S., Glynn, E. L., Drummond, M. J., Timmerman, K. L., Fujita, S., Abe, T., ... & Rasmussen, B. B. (2010). Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. Journal of applied physiology, 108(5), 1199-1209.

Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., ... & Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. Journal of applied physiology, 103(3), 903-910.

Ghoochani, S., Malayeri, S. R., & Daneshjo, A. (2020). Short-term effect of Citrulline Malate supplement on LDH and Lactate levels and Resistance Exercise Performance. Journal Mil Med, 22(4), 154-162.

Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., & Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. Sports medicine, 31(14), 953-964.

Heydenreich, J., Kayser, B., Schutz, Y., & Melzer, K. (2017). Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. Sports medicine - open, 3(1), 8. https://doi.org/10.1186/s40798-017-0076-1

Hiller-Sturmhöfel, S., & Bartke, A. (1998). The endocrine system: an overview. Alcohol health and research world, 22(3), 153–164.

Inagaki, Y., Madarame, H., Neya, M., & Ishii, N. (2011). Increase in serum growth hormone induced by electrical stimulation of muscle combined with blood flow restriction. European journal of applied physiology, 111(11), 2715-2721.

Khajehlandi, M., & Janbozorgi, M. (2018). Effect of one session of resistance training with and without blood flow restriction on serum levels of creatine kinase and lactate dehydrogenase in female athletes. Journal of Clinical and Basic Research, 2(2), 5-10.

Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., ... & Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. European journal of applied physiology, 115(12), 2471-2480.

Loenneke, J., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Abe, T., & Bemben, M. G. (2012). The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. Medical hypotheses, 78(1), 151-154.

Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. International journal of sports medicine, 31(01), 1-4.

Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Wilson, G. J., Pujol, T. J., & Bemben, M. G. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 21(4), 510-518.

Mackenzie, B. (2001) Leg Press Test [WWW] Available from: https://www.brianmac.co.uk/lpress.htm [Accessed 7/6/2022]

Maughan. R. (1995). “Creatine supplemetation and exercise performance”. J. Sport, Nutri. Vol.5: pp.94-101.

McBride, J. M., Blaak, J. B., & Triplett-McBride, T. (2003). Effect of resistance exercise volume and complexity on EMG, strength, and regional body composition. European journal of applied physiology, 90(5-6), 626–632. https://doi.org/10.1007/s00421-003-0930-3

Mirmiran, P., Esfahani, F. H., Mehrabi, Y., Hedayati, M., & Azizi, F. (2010). Reliability and relative validity of an FFQ for nutrients in the Tehran lipid and glucose study. Public health nutrition, 13(5), 654–662. https://doi.org/10.1017/S1368980009991698.

Mohammadi R, Pourrahim-e- Ghouroghchi A, Khajehlandi M. (2021). The Effect of 8 Weeks of Resistance Training with and Without Blood Flow Restriction on Serum Levels of Insulin-like Growth Factor-1 and Myostatin of Athletic Girls: A Semi-Experimental Study. JRUMS.; 20 (1) :53-68

Mohammadi, R., Afroundeh, R., Khajehlandi, M., & Mohammadian, M. (2020). Survey on the Acute Effect of Resistance Training with and without Blood Flow Restriction on Muscle Hypertrophy Indicators. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, 9(1), 147-155.

Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., ... & Nagata, T. (2006). Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. International journal of KAATSU training research, 2(1), 5-13.

Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., ... & Loenneke, J. (2019). Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. Frontiers in physiology, 533.

Rahmani, A., & Mirzaei, B. (2018). The acute effects of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on blood lactate and growth hormone in collegiate wrestlers. Metabolism and Exercise, 8(2), 137-150.

Reynolds, T. H., 4th, Reid, P., Larkin, L. M., & Dengel, D. R. (2004). Effects of aerobic exercise training on the protein kinase B (PKB)/mammalian target of rapamycin (mTOR) signaling pathway in aged skeletal muscle. Experimental gerontology, 39(3), 379–385. https://doi.org/10.1016/j.exger.2003.12.005

Saatmann, N., Zaharia, O. P., Loenneke, J. P., Roden, M., & Pesta, D. H. (2021). Effects of blood flow restriction exercise and possible applications in type 2 diabetes. Trends in Endocrinology & Metabolism, 32(2), 106-117.

Saremi, A., Gharakhanloo, R., Sharghi, S., Gharaati, M. R., Larijani, B., & Omidfar, K. (2010). Effects of oral creatine and resistance training on serum myostatin and GASP-1. Molecular and cellular endocrinology, 317(1-2), 25–30. https://doi.org/10.1016/j.mce.2009.12.019

Shimizu, R., Hotta, K., Yamamoto, S., Matsumoto, T., Kamiya, K., Kato, M., ... & Masuda, T. (2016). Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. European journal of applied physiology, 116(4), 749-757.

Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K. I., Kato, M., Uno, K., ... & Nakajima, T. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. European journal of applied physiology, 95(1), 65-73.

Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. Journal of applied physiology, 88(1), 61-65.

Tanimoto, M., Madarame, H., & Ishii, N. (2005). Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between "KAATSU" and other types of regimen. International Journal of KAATSU Training Research, 1(2), 51-56.

Wernbom, M., Schoenfeld, B. J., Paulsen, G., Bjørnsen, T., Cumming, K. T., Aagaard, P., ... & Raastad, T. (2020). Commentary: can blood flow restricted exercise cause muscle damage? Commentary on blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. Frontiers in physiology, 11, 243.