

Effect of Resistance Training Specific Protocol (Combined Myoreps and Traditional) on Muscle Hypertrophy, Strength and Myokines

Sima Bigdeli¹ , Payam saidie^{1*} , Hamid Arazi^{2*} , Hamid Rajabi³ 

¹Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

² Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³ Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: To find the effect of new resistance training methods including Myoreps on hypertrophy and strength, examining of two myokines as the markers of anabolic-catabolic changes will be helpful in recognizing physiological adaptations. Since little research has been done on the Myoreps training method and there are still uncertainties about it compared to the traditional ones, therefore the present study aimed to investigate the effect of resistance training using the MyoResp, traditional, and their combination on hypertrophy, muscle strength, and the plasma levels of follistatin and myostatin in trained men.

Materials and Methods: Thirty men (age: 20-30 years) with at least one year of resistance training experience were selected. Participants were randomly divided into three groups (n=10): Myorps (MT), Traditional (TT), and Hybrid Training (HT). Resistance training was performed 3 days per week for 10 weeks. The training intensity in all three groups was 75% of one repetition maximum for weeks 1-4, 80% of one repetition maximum for weeks 5-7, and 85% of one repetition maximum for weeks 8-10. Plasma follistatin and myostatin levels, as well as the cross-sectional area of the rectus femoris, vastus lateralis, and biceps brachii muscles, were measured by ultrasound. The maximum strength of the chest and leg muscles was also assessed. Data were analyzed with SPSS 27 software at a significance level of $P < 0.05$. Graphs were drawn using GraphPad Prism 10 software.

Results: In the biceps cross-sectional area, a significant increase was observed in the HT group compared to MT ($P=0.025$), and in the rectus femoris cross-sectional area, a significant increase was observed in the combined group compared to TT ($P=0.036$). A significant increase in chest muscle strength was observed in the MT group compared to TT ($P=0.002$). A significant increase in follistatin was observed in the HT group ($P=0.027$) and TT ($P=0.005$) compared to MT. There was a significant decrease in follistatin ($P=0.033$) in the MT group at the post-test compared to the pre-test. A significant increase in the cross-sectional area of biceps and rectus femoris, leg, and chest strength was observed at the post-test compared to the pre-test in each group ($P=0.001$).

Conclusion: Myorps method can be used toward achieving muscle hypertrophy and strength in short training periods (ten weeks), and whether this training method is to be combined with a traditional training ones appears to produce better results in trained young men.

Keywords: Resistance training, Myorps, Follistatin, Myostatin, Hypertrophy, Strength.

How to cite this article: Bigdeli, S., saidie, P., Arazi, H., Rajabi, H., Effect of Resistance Training Specific Protocol (Combined Myoreps and Traditional) on Muscle Hypertrophy, Strength and Myokines. J Sport Exerc Physiol. 2026;19(3):?-?.

*Corresponding Author's E-mail: hamidarazi@um.ac.ir, saidie-p@guilan.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2026.244037.1449>

Received: 00/00/2025

Revised: 00/00/2025

Accepted: 00/00/2025

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

نسخه پیش انتشار

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۳، صفحه‌های ۹-۴

مقاله پژوهشی

اثر پروتکل ویژه تمرین مقاومتی (ترکیب شیوه‌های میورپس و سنتی) بر هایپرتروفی، قدرت عضلانی و مایوکاین‌ها

سیما بیگدلی^۱، پیام سعیدی^{۱*}، حمید اراضی^{۲*}، حمید رجبی^۳

^۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

^۲ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: برای یافتن اثرگذاری شیوه‌های نوین تمرین مقاومتی از جمله میورپس بر هایپرتروفی و قدرت عضلانی، بررسی دو مایوکاین نشانگر تغییرات آنابولیک-کاتابولیک در شناسایی سازگاری‌های فیزیولوژیک سودمند خواهد بود. از سوی دیگر، پژوهش‌های اندکی روش تمرینی میورپس را مورد مطالعه قرار داده است و همچنان ابهاماتی درباره آثار آن در مقایسه با روش سنتی وجود دارد، بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تمرین مقاومتی به روش میورپس، سنتی و ترکیب آن‌ها بر هایپرتروفی و قدرت عضلانی، سطوح پلاسمایی فولستاتین و میوستاتین مردان تمرین کرده انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۳۰ مرد (سن: ۲۰-۳۰ سال) که سابقه حداقل یک سال تمرین مقاومتی داشتند، انتخاب شدند. شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به سه گروه (۱۰ نفر) تقسیم شدند: میورپس (MT)، سنتی (TT) و ترکیبی (HT). تمرین مقاومتی ۳ روز در هفته به مدت ۱۰ هفته انجام شد. شدت تمرین در هر سه گروه برای هفته اول تا چهارم ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه، هفته پنجم تا هفتم ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و هفته هشتم تا دهم ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه بود. سطح پلاسمایی فولستاتین و میوستاتین همراه با سطح مقطع عضلات راست رانی، پهن خارجی و دو سربازویی با آلتراسوند اندازه‌گیری شد. همچنین، قدرت بیشینه عضلات سینه و پا نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS27 در سطح معناداری $P < 0.05$ انجام شد و نمودارها با نرم افزار GraphPadPrism10 ترسیم شدند.

نتایج: در سطح مقطع عضله دو سربازویی، افزایش معنادار در گروه HT در مقایسه با MT ($P = 0.025$) و در سطح مقطع عضله راست رانی، افزایش معنادار در گروه ترکیبی در مقایسه با TT ($P = 0.036$) مشاهده شد. قدرت عضله سینه در گروه MT در مقایسه با TT ($P = 0.002$) نیز افزایش معناداری داشت. فولستاتین؛ در گروه HT ($P = 0.027$) و TT ($P = 0.005$) در مقایسه با MT افزایش یافت. از دیگر سو، کاهش معنادار فولستاتین ($P = 0.033$) در پس آزمون گروه MT در مقایسه با پیش

آزمون وجود داشت. افزایش معنادار سطح مقطع عضله دو سر بازویی و عضله راست رانی، قدرت پا و سینه در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در هر گروه مشاهده شد ($P=0/001$).

نتیجه‌گیری: شیوه تمرینی میورپس با هدف افزایش هایپرتروفی و قدرت می‌تواند در دوره‌های تمرینی کوتاه (۱۰ هفته) استفاده شود و در صورت ترکیب آن با روش سنتی، به نظر می‌رسد نتایج بهتری در راستای اهداف یاد شده برای مردان جوان تمرین کرده حاصل شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، میورپس، فولستاتین، میوستاتین، هایپرتروفی، قدرت.

نحوه استناد به این مقاله: بیگدلی س، سعیدی پ، اراضی ح، رجبی ح. اثر پروتکل ویژه تمرین مقاومتی (ترکیب شیوه‌های میورپس و سنتی) بر هایپرتروفی، قدرت عضلانی و مایوکاین‌ها. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۵؛ ۹(۳): ۴-۹.

* رایانامه نویسنده مسئول: sardie-p@guilan.ac.ir , hamidarazi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۰/۰۰

مقدمه

روش استراحت-وقفه یکی از محبوب‌ترین روش‌های تمرینی امروزی است. این تکنیک شامل دوره‌های استراحت کوتاه بین تکرارها است (۱، ۲). این روش شامل بلند کردن یک وزنه خاص تا حد خستگی (معمولاً ۱۰ تا ۱۲ تکرار) و به دنبال آن ست‌های کوتاه (۳ تا ۴ ست) با شدت بالا (۸۵ تا ۹۰ درصد 1RM)^۱ و دوره‌های کوتاه استراحت (۱۰ تا ۱۲ تکرار در ۱۲ ثانیه) و تکرار پایین (۲ تا ۵ تکرار) تا خستگی کامل بدنی است (۳). یک مطالعه نشان داد که انجام تمرینات سنتی ۵۷ دقیقه و برای تمرینات استراحت-وقفه ۳۵ دقیقه طول می‌کشد. پس از شش هفته، افزایش قدرت بین گروه‌ها مشابه بود، در حالی که گروه استراحت-وقفه رشد عضلانی بیشتری در پاها در مقایسه با تمرینات سنتی به دست آورد (۲). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که روش‌های تمرینی استراحت-وقفه انرژی بیشتری مصرف می‌کنند و ممکن است به انرژی بیشتری در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی نیاز داشته باشند (۴).

استرس متابولیکی سیستم استراحت-وقفه و تأکید بر سیستم‌های انرژی فسفوژنیک و گلیکولیتیک ممکن است با تمرینات سنتی متفاوت باشد (۵). به عنوان مثال، در پروتکل استراحت-وقفه، تمرین در ابتدا با ۸۰ درصد 1RM انجام می‌شود و به دنبال آن ست‌های بعدی در فواصل ۲۰ ثانیه‌ای برای مجموع ۱۸ تکرار انجام می‌شود. حدود ۸ تا ۱۲ تکرار با ۸۰ درصد 1RM در ست اول باعث نارسایی در سیستم فوسفازن و گلیکولیتیک برای انتقال انرژی می‌شود (۶). از آنجایی که سطح فسفوکراتین عضله می‌تواند به سرعت بهبود یابد (۷)، یک فاصله ۲۰ ثانیه‌ای پس از ست اول امکان سنتز نسبی فسفوکراتین را فراهم می‌کند که انجام تکرارهای بیشتر و درست را در طول تمرین آسان‌تر می‌کند و با تکرار ست‌ها بیان مولکولی مرتبط با هایپرتروفی را در عضله اسکلتی تحریک می‌کنند (۸). از آنجا که میورپس با تمرکز بر شدت بالا انجام می‌شود و بیشتر تارهای تندانبض را تحت تأثیر قرار می‌دهد، این نکته حائز اهمیت است که تجمع متابولیت‌ها در تارهای تندانبض به سرعت افزایش می‌یابد و در نتیجه عملکرد این تارها را محدود می‌کند و احتمالاً نمی‌تواند در برخی مواقع به شدت از قبل تعیین شده رسید. پس احتمالاً یکی از عوامل محدودکننده استفاده از شیوه میورپس به تنهایی؛ همین عامل خستگی زود هنگام در نظر گرفته می‌شود. به دلیل این کمبود نیرو، تارهای کندتر کمی بیشتر از آنچه که در ابتدا پیش‌بینی می‌شد؛ در کل تکرارها در هر نوبت مشارکت می‌کنند، اما تعداد تکرارها به قدری کم است که مقدار حجمی که در معرض آن قرار می‌گیرد کمی کوتاه می‌شود؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که اگرچه میورپس در زمان تمرین صرفه‌جویی زیادی می‌کند، اما احتمالاً نسبت به شیوه سنتی، کمی کمتر باعث افزایش رشد در هر نوبت می‌گردد. با این حال برخی محققان پیشنهاد کرده‌اند که برای رفع این مشکل، تمرینات میورپس به تنهایی انجام نشود و در ترکیب با نوع دیگر تمرین انجام شود که حجم تمرینی نیز پوشش دهد، با این حال تحقیقات بیشتر در این زمینه مورد نیاز است (۹).

رشد عضلانی و هایپرتروفی ناشی از تمرین مقاومتی بر عوامل زیادی از جمله میوستاتین (MSTN)^۲ و فولستاتین (FST)^۳ تأثیر می‌گذارد که فعالیت متابولیکی آن‌ها سنتز پروتئین را کنترل می‌کند و هایپرتروفی فیبر عضلانی را تحریک می‌کند. MSTN در سلول‌های عضلانی بیان و ترشح می‌شود و عملکردهایی مانند مهار رشد هایپرتروفیک سلول‌های عضلانی و جلوگیری از تکثیر این سلول‌ها دارد (۱۰، ۱۱). FST یک گلیکوپروتئین است که تقریباً در تمام بافت‌های پستانداران، به ویژه عضله اسکلتی، بیان و ترشح می‌شود. FST، باعث می‌شود که MSTN نتواند به گیرنده خود متصل و عملکرد خود را انجام دهد. در نتیجه عملکرد اصلی FST سرکوب اثرات پروتئین‌های خانواده TGF- β ^۴، از جمله MSTN است (۱۲، ۱۳).

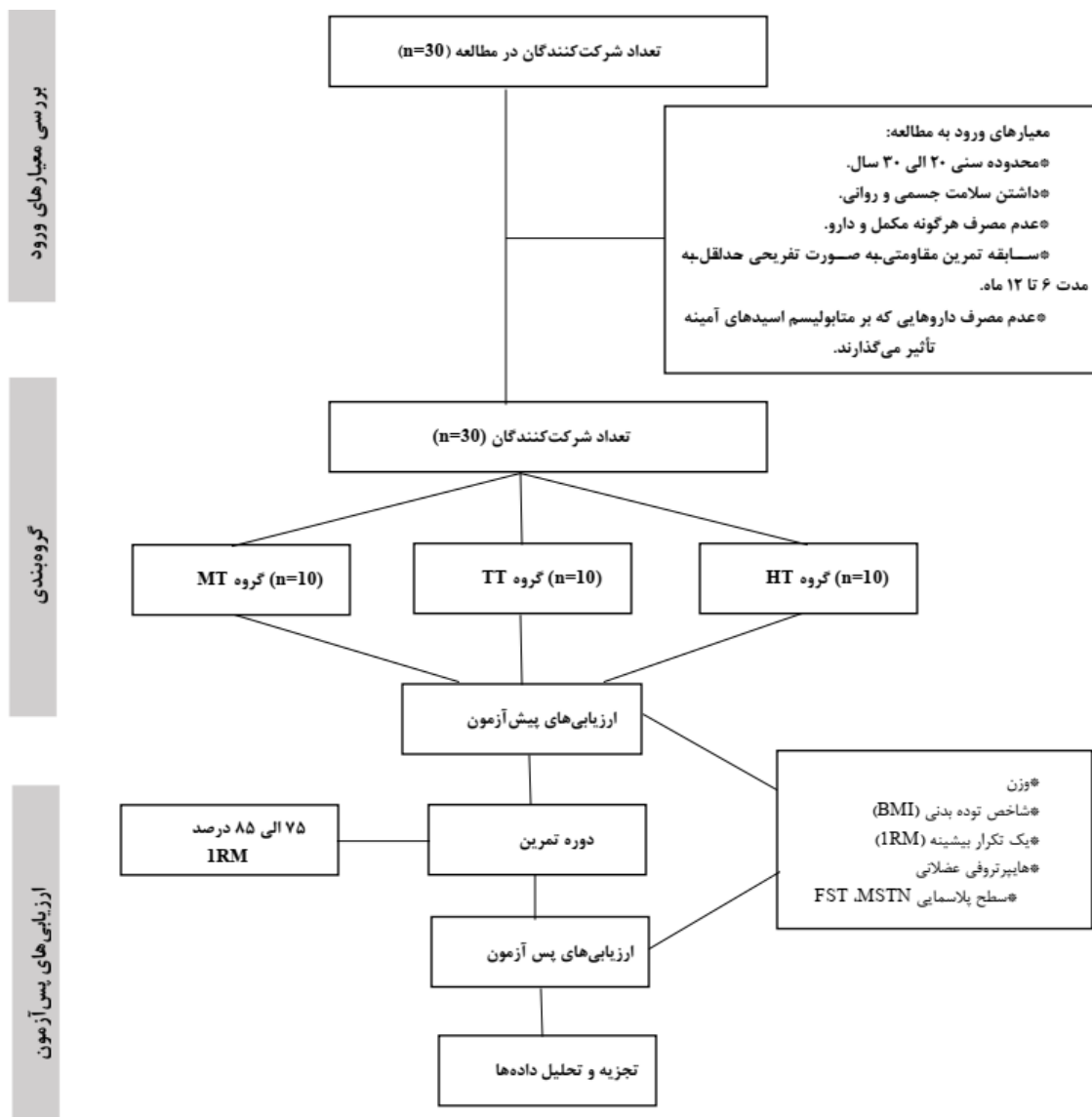
یکی از شیوه‌های نوین سیستم استراحت-وقفه، تکنیک میورپس است و تحقیقات کمی در زمینه تأثیر این نوع سیستم تمرینی بر عوامل هورمونی از جمله فولستاتین و میوستاتین انجام گرفته است. همچنین محققین تحقیق حاضر تحقیقی در زمینه ترکیب تکنیک میورپس و سنتی بر هورمون‌های یاد شده نیافتند. به همین دلیل ما فرض می‌کنیم که تمرینات میورپس

و ترکیبی در مقایسه با سنتی تاثیر بهتری بر تنظیمات هورمون‌های یاد شده و هایپرتروفی عضلات هدف داشته باشند. بنابراین، برای روشن شدن مزایای این تکنیک و حل ابهامات هورمونی و عملکردی، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر تمرین مقاومتی به روش میورپس، سنتی و ترکیب آن‌ها بر هایپرتروفی و قدرت عضلانی، سطوح پلاسمایی فولیستاتین و میوستاتین مردان تمرین کرده انجام شده است.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: تعداد آزمودنی‌ها برای نمونه آماری توسط نرم افزار جی پاور با توان آزمون ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۳؛ برابر ۳۰ تعیین گردید که پس از اعلام فراخوان توسط آگهی، به روش نمونه‌گیری هدفمند از بین افراد ورزشکار باشگاه‌های سطح استان فارس، تعداد ۳۰ مرد جوان در محدوده ۲۰ الی ۳۰ سال انتخاب شدند. افراد انتخاب شده؛ سابقه تمرین مقاومتی حداقل به مدت یکسال داشتند. افرادی که انتخاب شدند از سلامت جسمی و روانی خوبی برخوردار بودند. همچنین هیچ مکمل غذایی یا دارویی که بر متابولیسم اسید آمینه تأثیر بگذارد - به ویژه مسدودکننده‌های بتا، آگونیست‌های بتا، مسدودکننده‌های کانال کلسیم یا کورتیکواستروئیدها - مصرف نمی‌کردند. علاوه بر معاینات پزشکی با هدف شناسایی وجود احتمالی بیماری‌های زمینه‌ای یا عادات سیگار کشیدن، از همه شرکت‌کنندگان خواسته شد آزمایش‌های بیشتری را پشت سر بگذارند. پس از غربالگری موفقیت‌آمیز، افراد فرم رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند و به یکی از سه گروه (۱۰ نفر) تقسیم شدند: میورپس (MT)^۵، سنتی (TT)^۶، ترکیبی (HT)^۷ (شکل ۱). دستورالعمل‌های اخلاقی بیانیه هلسینکی در اجرای پروژه پژوهش حاضر مورد توجه قرار گرفت و کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه گیلان با کد (IR.GUILAN.REC.1404.075) این مطالعه را تأیید کرد.

روش اجرای پژوهش: در جلسه اول با حضور همه شرکت‌کنندگان و مربیان، اهداف و رویه مطالعه روشن شد و فرم‌های مربوط به هدف و فرآیند تحقیق توزیع شد. علاوه بر این، یک پرسشنامه پزشکی ارائه شد. متعاقباً، دستورالعمل‌هایی در مورد انجام تمرین میورپس ارائه شد و داده‌های ثبت شده شامل سن، قد (Seca، آلمان)، وزن (Seca، آلمان)، شاخص توده بدنی (BMI)^۸، ارزیابی سطح مقطع عضلات هدف با روش آلتراسوند و سایر شاخص‌های عملکردی بود. سطوح پلاسمایی FST، MSTN نیز ۴۸ ساعت قبل و بعد از دوره تمرین از طریق نمونه‌های خون و کیت‌های تشخیصی اختصاصی با شیوه الایزا ارزیابی شدند.



شکل ۱. طرح پژوهش

داوطلبین به طور تصادفی به سه گروه تقسیم شدند که به هر گروه توصیه شد حین شرکت در دوره تمرینی ۱۰ هفته‌ای، رژیم غذایی توصیه شده را رعایت کنند. قبل و بعد از جلسات تمرین، تمرینات گرم کردن و سرد کردن به مدت ۵ دقیقه انجام شدند. گروه‌ها سه روز در هفته، در روزهای زوج و فرد به طور متناوب تمرین داده شدند. حرکات انتخاب شده شامل موارد زیر بود: روز اول: هاگ اسکوات، پرس پا، جلو ران، پشت ران نشسته، ساق ایستاده، پشت بازو هالتر خوابیده، پشت بازو سیم‌کش، هاگ اسکوات سیم‌کش و پشت بازو سیم‌کش طناب. روز دوم: پرس بالا سینه هالتر، پرس بالا سینه دستگاه، پرس سینه هالتر، فلای، سرشانه هالتر اسمیت از جلو، نشر جانب دمبل و پرس سرشانه دمبل. روز سوم: زیر بغل ایچ، زیر بغل قایقی، زیر بغل لت از جلو، لت ضربدری وزنه آزاد، فلای معکوس، نشر خم دمبل، جلو بازو هالتر و جلو بازو لاری سیم‌کش و جلو بازو

صلیب. حجم تمرینی در هر سه گروه یکسان بود. همچنین شدت تمرین در هر سه گروه برای هفته اول تا چهارم ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه، هفته پنجم تا هفتم ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و هفته هشتم تا دهم ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه بود.

برنامه تمرین مقاومتی سنتی (TT): در TT، برای هر حرکت، ۴ ست $\times$ ۱۰ الی ۱۵ تکرار و در مجموع ۴۰ الی ۶۰ تکرار با شدت ۷۵ درصد 1RM، برای هفته اول تا چهارم؛ ۱۰ الی ۱۵ تکرار و در مجموع ۴۰ الی ۶۰ تکرار با شدت ۸۰ درصد 1RM، برای هفته پنجم تا هفتم؛ ۱۰ الی ۱۵ تکرار و در مجموع ۴۰ الی ۶۰ تکرار با شدت ۸۵ درصد 1RM برای هفته هشتم تا دهم با یک دقیقه استراحت بین ست‌ها و ۳ دقیقه استراحت بین تمرینات مختلف در نظر گرفته شد (جدول ۱) (پیوست مقاله).

برنامه تمرین مقاومتی میورپس: تمرین از هفته اول تا چهارم به این شکل انجام شد که با ۷۵ درصد 1RM شروع کردند و تمرین را تا زمان بروز کامل خستگی عضلانی ادامه دادند. پس از ۵ الی ۱۵ ثانیه استراحت بین ست‌ها، آن‌ها مینی‌ست‌ها (تعداد مینی‌ست‌ها ۲ الی ۴ نوبت در هر ست بود و برای هر مینی‌ست، ۵ تکرار در نظر گرفته شده بود) را با فواصل استراحت ۵ ثانیه انجام دادند تا به تعداد تکرارها در TT با همان حجم فعالیت برسند (پیوست مقاله). از هفته پنجم الی هفتم با ۸۰ درصد 1RM و از هفته هشتم الی دهم با ۸۵ درصد 1RM تمرین را شروع کردند و استراحت بین ست‌ها ۵ الی ۱۵ ثانیه و استراحت بین مینی‌ست‌ها ۵ ثانیه بود (جدول ۱) (پیوست مقاله).

برنامه تمرین ترکیبی (HT): در سیستم ترکیبی حرکات چند مفصله به صورت سنتی اجرا شد. روز اول حرکات جلو ران، پشت ران خوابیده، پشت بازو سیم‌کش، روز دوم حرکات فلای، نشر جانب و روز سوم حرکات لت از جلو، نشر خم دمبل و جلو بازو لاری به صورت میورپس انجام شد. همچنین در پروتکل ترکیبی هم مانند پروتکل میورپس اعمال اضافه بار انجام شد، یعنی ۴ هفته اول، استراحت ۱۵ ثانیه، ۳ هفته دوم، استراحت ۱۰ ثانیه و ۳ هفته آخر، استراحت ۵ ثانیه بود. لازم به ذکر است که اعمال اضافه بار در ست‌ها و استراحت‌ها در پروتکل ترکیبی و سنتی هم مانند میورپس بود (جدول ۱) (پیوست مقاله).

حجم بار از طریق فرمول زیر بدست آمد:

$$\text{حجم بار} = \text{تعداد ست} \times \text{تعداد تکرار} \times \text{وزنه (شدت)}$$

جدول ۱. مقایسه شدت و حجم پروتکل‌های تمرین به تفکیک بازه‌های زمانی هفتگی

بازه زمانی (هفته)	نوع تمرین	شرح مختصر از شدت و حجم	زمان استراحت
هفته اول تا چهارم	سنتی	برای هر حرکت، ۴ ست $\times$ ۱۰ الی ۱۵ تکرار و در مجموع ۴۰ الی ۶۰ تکرار با شدت ۷۵ درصد 1RM	یک دقیقه استراحت بین ست‌ها و ۳ دقیقه استراحت بین تمرینات مختلف
	میورپس	با ۷۵ درصد 1RM شروع شد و تمرین تا زمان بروز کامل خستگی عضلانی ادامه یافت. سپس مینی‌ست‌ها (تعداد مینی‌ست‌ها ۲ الی ۴ نوبت در هر ست بود و برای هر مینی‌ست، ۵ تکرار در نظر گرفته شده بود) انجام شد تا به تعداد تکرارها در پروتکل سنتی با همان حجم فعالیت برسند.	۵ الی ۱۵ ثانیه استراحت بین ست‌ها فواصل استراحت مینی‌ست‌ها ۵ ثانیه بود.
	ترکیبی	حرکات چند مفصله به صورت پروتکل سنتی اجرا و حرکات تک مفصله به صورت پروتکل میورپس انجام شد.	۱۵ ثانیه استراحت بین ست‌ها

سنتی	۱۰ الی ۱۵ تکرار و در مجموع ۴۰ الی ۶۰ تکرار با شدت ۸۰ درصد IRM	یک دقیقه استراحت بین ست‌ها و ۳ دقیقه استراحت بین تمرینات مختلف
میورپس	با ۸۰ درصد IRM شروع شد و مطابق هفته‌های قبل ست‌ها و مینی‌ست‌ها انجام شد.	۵ الی ۱۵ ثانیه استراحت بین ست‌ها فواصل استراحت مینی‌ست‌ها ۵ ثانیه بود.
ترکیبی	حرکات چند مفصله به صورت پروتکل سنتی اجرا و حرکات تک مفصله به صورت پروتکل میورپس انجام شد.	۱۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
سنتی	۱۰ الی ۱۵ تکرار و در مجموع ۴۰ الی ۶۰ تکرار با شدت ۸۵ درصد IRM	یک دقیقه استراحت بین ست‌ها و ۳ دقیقه استراحت بین تمرینات مختلف
میورپس	با ۸۵ درصد IRM شروع شد و مطابق هفته‌های قبل ست‌ها و مینی‌ست‌ها انجام شد.	۵ الی ۱۵ ثانیه استراحت بین ست‌ها فواصل استراحت مینی‌ست‌ها ۵ ثانیه بود.
ترکیبی	حرکات چند مفصله به صورت پروتکل سنتی اجرا و حرکات تک مفصله به صورت پروتکل میورپس انجام شد.	۵ ثانیه استراحت بین ست‌ها

جمع‌بندی پروتکل تمرینی در طول ده هفته: شدت تمرین هر ۳ تا ۴ هفته به تدریج افزایش یافت. شدت ست‌های تمرینی برای هفته‌های ۱ تا ۴ با ۷۵ درصد IRM، برای هفته‌های ۵ تا ۷ با ۸۰ درصد IRM و برای هفته‌های ۸ تا ۱۰ با ۸۵ درصد IRM تنظیم شد. دوره‌های استراحت بین ست‌ها برای تمرینات ترکیبی پایین‌تنه ۱۲۰ ثانیه و برای سایر تمرینات ۶۰ ثانیه در گروه‌های TT و HT بود. استراحت بین ست‌ها در طول مینی‌ست‌های MT از ۱۵ ثانیه (هفته‌های ۱ تا ۴) به ۱۰ ثانیه (هفته‌های ۵ تا ۷) و در نهایت به ۵ ثانیه (هفته‌های ۸ تا ۱۰) کاهش یافت. همه گروه‌ها یک ست فعال‌سازی خاص (۶۰-۷۰٪ IRM) را به عنوان ست اول هر تمرین انجام دادند. اولین ست هر تمرین، یک ست فعال‌سازی بود که با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد IRM انجام شد. فهرست کامل تمرینات و طرح‌های دقیق ست/تکرار برای همه گروه‌ها در پیوست مقاله ارائه شده است. با این حال در جدول ۲، حجم تمرینات در هفته اول و دهم، بین گروه‌های تمرینی ارائه شده است.

جدول ۲. میانگین پروتکل‌های تمرینی در هر سه گروه به صورت خلاصه در هفته‌های اول و دهم (ارائه حجم تمرینی به صورت کلی)					
نوع تمرین	هفته	تعداد حرکت	تعداد ست	مدت استراحت بین ست‌ها (ثانیه)	تعداد تکرار
سنتی	اول	۷	۴	۶۰ الی ۱۲۰	۱۰ الی ۲۰
	دهم	۹	۴	۶۰	۱۰ الی ۱۵
میورپس	اول	۷	۴	۱۵	۵ الی ۱۵
	دهم	۹	۴	۵	۵ الی ۱۵
ترکیبی	اول	۷	۴	۱۵ الی ۱۲۰	۵ الی ۱۵
	دهم	۹	۴	۵ الی ۶۰	۵ الی ۱۵

روش‌های آزمایشگاهی: الف) ارزیابی IRM: ارزیابی IRM پس از معرفی و آماده‌سازی آزمودنی‌ها با تمرینات مقاومتی مختلف، آزمودنی‌ها به یک باشگاه ورزشی برده شدند و در آنجا IRM خود را برای تمام ایستگاه‌های انتخاب شده با استفاده از روش Brzycki و همکاران (۱۴) انجام دادند. بنابراین، به منظور جلوگیری و به حداقل رساندن آسیب، آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه با شدت کم برای گرم کردن عمومی روی تردمیل راه رفتند و سپس هشت تکرار با ۵۰ درصد IRM (تخمین تقریبی) برای گرم کردن اختصاصی انجام دادند. پس از یک دقیقه استراحت، آزمودنی سه تکرار با شدت ۷۰ درصد IRM (تخمین تقریبی) انجام داد. پس از ۳ دقیقه استراحت، آزمودنی ۳ تا ۵ تلاش برای IRM تکرار کرد. آن‌ها بین هر تلاش ۳ تا ۵ دقیقه استراحت و ۵ درصد به بار اضافه کردند. ب) ارزیابی هایپرتروفی عضلانی: برای بررسی تغییرات حجم عضلانی از روش آلتراسوند بهره گرفته شد. آلتراسوند (که سونوگرافی یا اولتراسونوگرافی هم نامیده می‌شود) یک

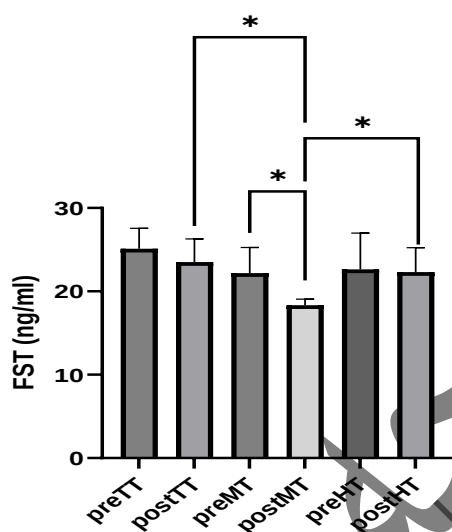
آزمایش تصویربرداری تشخیصی غیرتهاجمی است. در این روش از امواج صوتی با فرکانس بالا برای ایجاد تصاویر (سونوگرام) یا ویدئوهای زنده از اندام‌های داخلی بدن یا بافت‌های دیگر مانند عضلات اسکلتی استفاده می‌شود (۱۵). در پژوهش حاضر سونوگرافی عضلانی توسط متخصص رادیولوژی، انجام و تفسیر شد (دستگاه سونوگرافی، شرکت Philips Affiniti 70، ساخت کشور هلند). سونوگرافی بدین شکل انجام شد که تکنسین یک ژل روان‌کننده را روی پوست آزمودنی کشید و یک پروب را روی پوست روان شده قرار داد. پروب روی قسمت میانی بافت عضلات هدف (پهن خارجی، راست رانی و دوسر بازو) که نیاز به بررسی داشت حرکت داده شد و تصویری از قسمت مورد نظر را فراهم کرد. قسمت میانی بدین شکل مشخص شد که توسط متخصص ابتدا و انتهای عضله مشخص شد و سپس حد وسط عضله مورد نظر مشخص گردید. ارزیابی سطح مقطع عضلات هدف قبل و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، با استفاده از روش آلتراسوند به عمل آمد. ج) ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی: پنج میلی‌لیتر خون از ورید بازویی هر فرد در حالت ناشتایی (بین ساعت ۸:۰۰ تا ۸:۳۰ صبح) توسط پرسنل آزمایشگاه گرفته شد. نمونه‌های خون در لوله‌های آزمایش حاوی ضد انعقاد EDTA جمع‌آوری و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و نمونه‌های سرم برای اندازه‌گیری‌های بعدی در دمای ۷۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. سطح پلاسمایی MSTN (Human MSTN, Assay range: 75ng/ml – 2400 ng/ml, Sensitivity: 9 ng/ml, Intra-Assay: CV<10%, Inter-Assay: CV<12%, Cat.No: PTC-10403-H9648) و FST (Human Follistatin, Assay range: 8ng/ml – 256 ng/ml, Sensitivity: 1 ng/ml, Intra-Assay: CV<10%, Inter-Assay: CV<12%, Cat.No: PTC-11010-H9648) با استفاده از کیت ELISA (برای اندازه‌گیری میوکین‌های انسانی) از شرکت ایرانی پادگین طب (Padgin Teb Co.) طبق پروتکل سازنده ارزیابی شد. محاسبه CV، مطابق فرمول $CV(\%) = (SD/mean) \times 100$ تعیین شد.

تحلیل آماری: توزیع هر متغیر از طریق آزمون شاپیرو-ویلک ارزیابی شد تا از نرمال بودن توزیع آن‌ها اطمینان حاصل شود. برای مقایسه نتایج پیش و پس آزمون در دو گروه، از آزمون t زوجی استفاده شد. معناداری آماری نتایج با استفاده از تحلیل آنوای ۳×۲ ارزیابی شد. این امر امکان شناسایی تعاملات بالقوه بین زمان × گروه را فراهم کرد. مقایسه‌های چندگانه با استفاده از روش بونفرون (تحلیل تعقیبی) پس از به دست آمدن نتایج انجام شد. همه تفاوت‌های بین گروه‌ها با استفاده از اندازه‌های اثر η^2 (Eta Squared) (Cohen's d) به طور کامل‌تری بررسی شدند. بزرگی آماره η^2 (Eta Squared) به صورت ناچیز <۰,۲۰؛ کوچک ۰,۲۰-۰,۵۰؛ متوسط ۰,۵۰-۰,۸۰؛ بزرگ ۰,۸۰-۱,۳۰؛ و بسیار بزرگ >۱,۳۰ در نظر گرفته شد (۱۶). معناداری آماری برای این تحلیل‌ها در سطح $P < 0.05$ تعیین شد. تمام تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷,۰ (شرکت SPSS، شیکاگو، ایلینوی، ایالات متحده آمریکا) و نمودارها توسط نرم‌افزار GraphPadPrism10 انجام شد.

نتایج

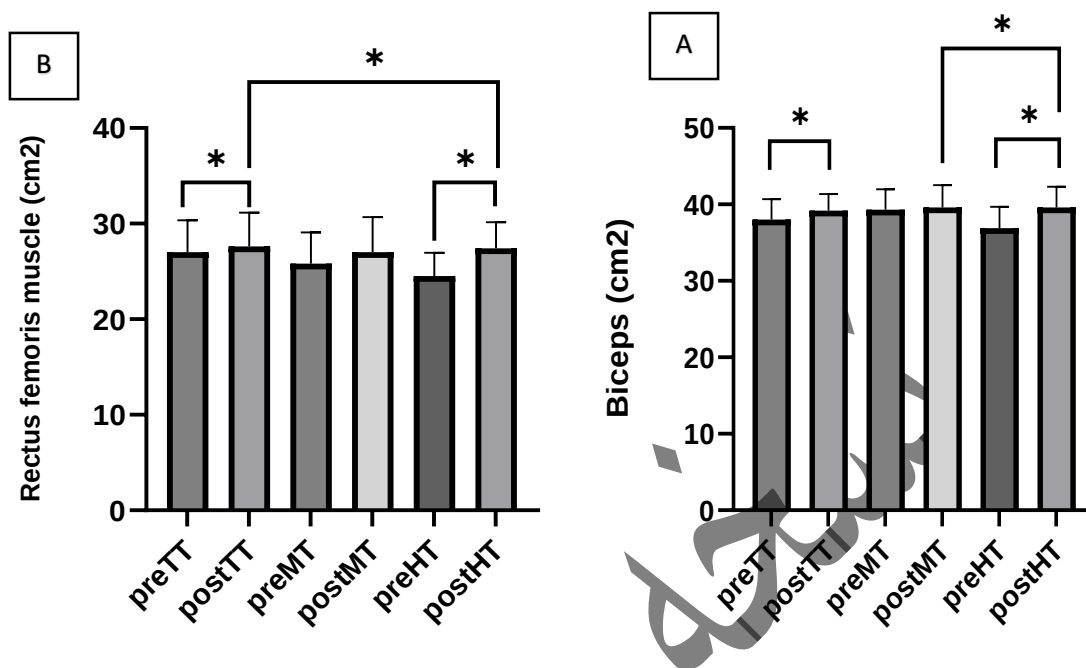
فولستاتین و میوستاتین: افزایش معنادار غلظت فولستاتین؛ در گروه ترکیبی ($P=0/027$) و سنتی ($P=0/005$) در مقایسه با میورپس مشاهده شد. پس از بررسی زمان‌های پیش-پس آزمون در هر گروه؛ کاهش معنادار در گروه میورپس ($P=0/033$)، $\eta^2=0/793$ (مشاهده شد (شکل ۲). در متغیر غلظت میوستاتین، عدم تفاوت معنادار میان گروه‌ها مشاهده شد ($P=0/082$). با این حال افزایش غیرمعنادار در گروه تمرین ترکیبی در مقایسه با میورپس ($P=0/095$) و سنتی ($P=0/09$) مشاهده شد. پس از بررسی زمان‌های پیش-پس آزمون در هر گروه؛ عدم تفاوت معنادار در گروه میورپس ($P=0/259$)، ترکیبی ($P=0/944$) و سنتی ($P=0/351$) مشاهده شد. در متغیر FST/MSTN، عدم تفاوت معنادار میان گروه‌ها مشاهده شد ($P=0/829$). پس از

بررسی زمان‌های پیش-پس‌آزمون در هر گروه؛ عدم تفاوت معنادار در گروه میورپس ($P=0/982$)، ترکیبی ($P=0/8$) و سنتی ($P=0/965$) مشاهده شد (جدول ۱- پیوست مقاله).



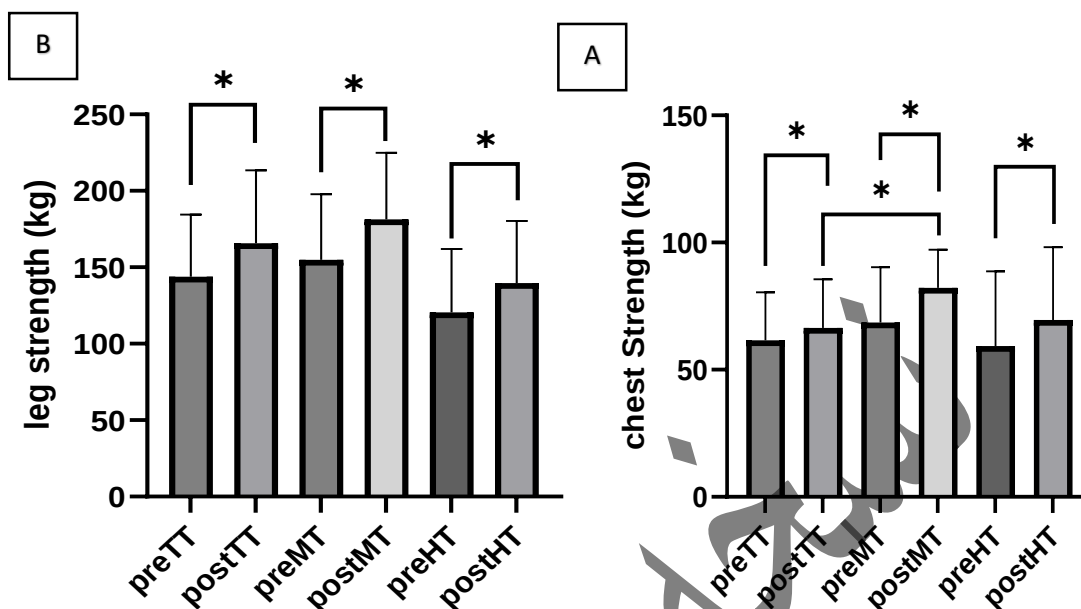
شکل ۲. تغییرات FST، * افزایش معنادار در گروه ترکیبی ($P=0/027$) و سنتی ($P=0/005$) در مقایسه با میورپس. زمان‌های پیش-پس‌آزمون: کاهش معنادار در گروه میورپس. (FST: فولستاتین، HT: ترکیبی، TT: سنتی، MT: میورپس).

سطح مقطع عضلات: در متغیر سطح مقطع عضله پهن خارجی، عدم تفاوت معنادار میان گروه‌ها مشاهده شد ($P=0/121$). با این حال افزایش غیرمعنادار در گروه تمرین ترکیبی در مقایسه با میورپس ($P=0/403$) و سنتی ($P=0/149$) مشاهده شد. پس از بررسی زمان‌های پیش-پس‌آزمون در هر گروه؛ عدم تفاوت معنادار در گروه میورپس ($P=0/259$)، ترکیبی ($P=0/944$) و سنتی ($P=0/351$) مشاهده شد. در متغیر سطح مقطع عضله دو سر بازو، افزایش معنادار در گروه ترکیبی در مقایسه با میورپس ($P=0/025$) دیده شد. پس از بررسی زمان‌های پیش-پس‌آزمون در هر گروه؛ افزایش معنادار در گروه‌های ترکیبی و سنتی ($P=0/001$)، ($\eta^2=3/28$) ترکیبی و ($P=0/018$)، ($\eta^2=1/316$) سنتی) مشاهده شد (شکل ۳- A). در متغیر سطح مقطع عضله راست رانی، افزایش معنادار در گروه ترکیبی در مقایسه با سنتی ($P=0/036$) دیده شد. پس از بررسی زمان‌های پیش-پس‌آزمون در هر گروه؛ افزایش معنادار در گروه‌های ترکیبی و سنتی ($P=0/001$)، ($\eta^2=1/618$) ترکیبی و ($P=0/024$)، ($\eta^2=0/858$) سنتی) مشاهده شد (شکل ۳- B) (جدول ۱- پیوست مقاله).



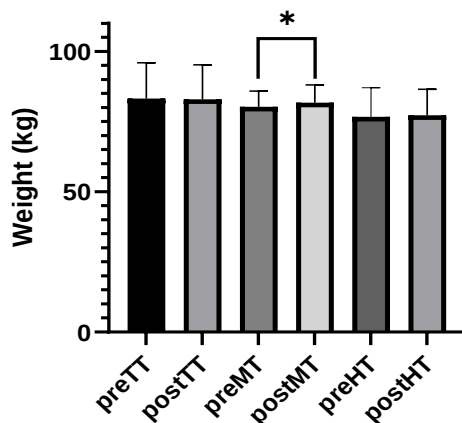
شکل ۳. A: تغییرات دوسر بازویی: * افزایش معنادار در گروه ترکیبی در مقایسه با میورپس ($P=0/025$), زمان‌های پیش-پس‌آزمون: افزایش معنادار در گروه‌های ترکیبی و سنتی. B: تغییرات راست رانی: * افزایش معنادار در گروه ترکیبی در مقایسه با سنتی ($P=0/036$), زمان‌های پیش-پس‌آزمون: افزایش معنادار در گروه‌های ترکیبی و سنتی (HT: ترکیبی، TT: سنتی، MT: میورپس).

قدرت بیشینه: تفاوت معنادار در قدرت پا میان گروه‌ها وجود نداشت ($P=0/544$) هرچند که کاهش غیرمعنادار در گروه ترکیبی در مقایسه با میورپس ($P=0/443$) و سنتی ($P=0/9$) مشاهده شد اما افزایش معنادار در قدرت عضلات سینه در گروه میورپس در مقایسه با تمرین سنتی ($P=0/002$) مشاهده شد. در متغیر قدرت پا، ($\eta^2=2/1$, $P=0/001$) میورپس و ($P=0/001$), $\eta^2=1/902$ ترکیبی و ($\eta^2=1/887$, $P=0/001$) سنتی، قدرت عضلات سینه ($\eta^2=1/037$, $P=0/001$) میورپس و ($P=0/001$), $\eta^2=2/682$ ترکیبی و ($\eta^2=1/468$, $P=0/001$) سنتی) به ترتیب، در همه گروه‌های آزمایش در زمان‌های پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش معنادار مشاهده شد (شکل ۴-A، B، جدول ۱- پیوست مقاله).



شکل ۴. A: تغییرات قدرت سینه: * افزایش معنادار در گروه میورپس در مقایسه با تمرین سنتی ($P=0/002$). B: تغییرات قدرت پا. زمان‌های پیش-پس‌آزمون: هر دو نمودار A و B، * افزایش معنادار در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در همه گروه‌ها ($P=0/001$). HT: ترکیبی، TT: سنتی، MT: میورپس.

وزن و BMI: تفاوت معنادار میان وزن گروه‌ها در پس‌آزمون مشاهده نشد ($P=0/304$)؛ با اینحال افزایش غیرمعنادار در گروه میورپس در مقایسه با گروه‌های ترکیبی ($P=0/638$) و سنتی ($P=0/48$) وجود داشت. همچنین تفاوت معنادار میان BMI گروه‌ها در پس‌آزمون مشاهده نشد ($P=0/19$)؛ با اینحال افزایش غیرمعنادار در گروه میورپس در مقایسه با گروه‌های ترکیبی ($P=0/609$) و سنتی ($P=0/234$) وجود داشت. با این وجود افزایش معنادار وزن در گروه میورپس در پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون مشاهده شد ($P=0/048$ ، $\eta^2=0/778$)، (شکل ۵)، اما در گروه‌های دیگر میان زمان‌های مذکور تفاوت معنادار وجود نداشت. در متغیر BMI نیز میان زمان‌های پیش-پس‌آزمون در گروه‌های آزمایش تفاوت معنادار وجود نداشت (جدول ۱-پیوست مقاله).



شکل ۵. A: تغییرات وزن؛ * افزایش معنادار وزن در گروه میورپس در پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون ($P=0/048$). (HT: ترکیبی، TT: سنتی، MT: میورپس).

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر تمرین مقاومتی به روش میورپس، سنتی و ترکیب آن‌ها بر هایپرتروفی و قدرت عضلانی، سطوح پلاسمایی فولستاتین و میوستاتین مردان تمرین کرده بود. یافته‌ها افزایش معنادار غلظت فولستاتین در گروه‌های ترکیبی (۷/۰۸۳- درصد) و سنتی (۷/۴۷۳- درصد) در مقایسه با میورپس (۱۷/۳۷۸- درصد) را نشان دادند. افزایش معنادار در گروه ترکیبی (۷/۳۱۷ درصد) در مقایسه با میورپس (۰/۷۶۳ درصد) در متغیر سطح مقطع عضله دو سر بازو وجود داشت. افزایش معنادار سطح مقطع عضله راست رانی، در گروه ترکیبی (۱۱/۸۳۴ درصد) در مقایسه با سنتی (۴/۶۵۱ درصد) مشاهده شد. افزایش معنادار قدرت عضلات سینه در گروه میورپس در مقایسه با سنتی مشاهده شد. پس از بررسی زمان‌های پیش-پس آزمون در هر گروه؛ افزایش معنادار سطح مقطع عضله دو سر بازو و عضله راست رانی در گروه‌های ترکیبی و سنتی مشاهده شد. همچنین افزایش معنادار قدرت پا (ترکیبی (۱۵/۸۸۶ درصد)، سنتی (۱۵/۲۳۴ درصد) و میورپس (۱۶/۹۷۲ درصد)) و عضلات سینه (ترکیبی (۱۷/۳۴۳ درصد)، سنتی (۷/۹۴۷ درصد) و میورپس (۱۹/۹۳۸ درصد)) در هر سه گروه، در زمان‌های یاد شده؛ مشاهده شد. با توجه به یافته‌های بدست آمده از تحقیق حاضر می‌توان گفت که تمرینات ترکیبی در مقایسه با دو مدل دیگر (سنتی و میورپس) می‌تواند اثرات افزایشی معناداری بر فولستاتین، سطح مقطع و همچنین قدرت بیشینه عضلات بالا تنه و پایین تنه داشته باشد. این در حالی است که تمرینات سنتی اثرات کمتری در مقایسه با مدل ترکیبی دارد و پس از آن تمرینات میورپس است که تنها اثر افزایشی روی قدرت بالاتنه و پایین تنه داشت. Enes و همکاران (۲۰۲۱)، نشان دادند که سیستم استراحت-وقفه، در مقایسه با تمرینات سنتی افزایش قدرت بیشینه در حرکت اسکوات از پشت را به دنبال دارد. با اینحال سازگاری‌های مرتبط با هایپرتروفی سطح مقطع عضله ران در هر دو تمرین استراحت-وقفه و سنتی مشابه بود (۱۷). در تحقیق حاضر نیز نتایج مشابهی در زمینه قدرت بیشینه بدست آمد اما در زمینه سطح مقطع عضله تمرین سنتی از میورپس اثر بیشتری داشت. احتمالاً دلیل این تناقض در نتایج را می‌توان به نوع و مدت زمان پروتکل تمرین و تفاوت در اندازه‌گیری نوع عضله اسکلتی و نحوه اندازه‌گیری آن ارتباط داد. تمرین مقاومتی موجب تحریک عوامل موثر در رشد عضله اسکلتی می‌شود. به طوری که میزان تولید و رهایش میوکاین‌ها و عوامل تنظیم کننده رشد عضله اسکلتی، منجر به افزایش حجم و قدرت عضلات درگیر در تمرین می‌شود (۱۸). یافته‌های تحقیق حاضر نشان دادند که فولستاتین، به عنوان یک میوکاین آنابولیک، در گروه ترکیبی در مقایسه با دو گروه دیگر افزایش بیشتری داشته باشد و به تبع آن نتایج

سطح مقطع و قدرت بیشینه عضلات بالانته و پایین تنه نیز نشان دادند که تمرین ترکیبی در مقایسه با دو مدل تمرین دیگر می‌تواند اثر افزایشی بیشتری داشته باشد. در همین راستا یک مطالعه بیان کرد که پروتکل استراحت-وقفه در مقایسه با پروتکل سنتی مقاومتی می‌تواند سطح میوکین‌های آنابولیک از جمله فولستاتین و IGF-1^۹ و همچنین سطح مقطع عضلات هدف را افزایش دهد (۱۹).

عوامل میوژنیک از جمله فولستاتین منجر به تعادل مثبت و عوامل میواستاتیک از جمله میوستاتین منجر به تعادل منفی در رشد عضله اسکلتی می‌شوند (۲۰). تعادل هورمونی آنابولیک-کاتابولیک؛ منجر به فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای و شروع فرآیند هایپرتروفی می‌شود. همچنین در مدت دوره تمرین و ایجاد سازگاری به آن، واحدهای حرکتی بیشتری فعال‌سازی شده و با توجه به نوع واحدهای حرکتی فعال شده، تولید و ترشح میوکین‌های مختلف نیز به صورت اتوکراین و پاراکراین تنظیم می‌شود (۱۸). تاکنون هیچ مطالعه‌ای اثر تمرینات ترکیبی (میورپس+سنتی) را بر عوامل هورمونی و عوامل محیطی و عملکردی بررسی نکرده است و می‌توان گفت تحقیق حاضر؛ اولین مطالعه در این زمینه است. برخی از محققان پیشنهاد کرده‌اند که استفاده از روش‌های مختلف تمرین مقاومتی می‌تواند منجر به محیط آنابولیک بهتر و بهبود تأثیر تمرین بر عضلات شود (۲، ۲۱، ۲۲). یک ست گاهشی به دلیل تعداد زیاد تکرارهای متوالی انجام شده، استرس متابولیک را افزایش می‌دهد (۲۲). علاوه بر این، با افزایش زمان صرف شده در بارهای بالا، می‌تواند به افزایش بار کاری کمک کند (۲۳). سیستم استراحت-وقفه شامل انجام یک بار ثابت تا حد خستگی (معمولاً ۱۰ تا ۱۲ تکرار) و به دنبال آن ست‌های بعدی با استفاده از فواصل استراحت کوتاه (۱۰ تا ۲۰ ثانیه) است (۵). البته میزان استراحت توصیه شده بین تکرارها در مطالعات مختلف متفاوت است. افزایش استرس مکانیکی (یعنی زمان صرف شده تحت استرس مرتبط با بارهای سنگین) و استرس متابولیک (یعنی تجمع متابولیت‌ها در عضله، هیپوکسی عضله و تغییرات در عوامل میوژنیک موضعی) ناشی از سیستم استراحت-وقفه می‌تواند با افزایش تعداد فیبرهای مورد استفاده یا با تغییر آزادسازی میوکین و گسترش سلول‌ها در مقایسه با سیستم سنتی منجر به افزایش توده یا قدرت عضلانی شود (۳، ۱۹). سیستم میورپس که به عنوان یکی از سیستم‌های استراحت-وقفه شناخته شده است در تحقیق حاضر نشان داد که تنها می‌تواند بر قدرت بیشینه عضلات هدف موثر باشد و وقتی که این سیستم با سیستم سنتی ترکیب می‌شود می‌تواند نتایج چشمگیری در افزایش سطح مقطع و قدرت عضلات هدف و همچنین سازگاری هورمونی داشته باشد به طوری که در برخی متغیرها مانند سطح مقطع عضله راست رانی در مقایسه با سیستم سنتی (۹/۶۱۴ درصد) افزایش معناداری از خود نشان داد. عموماً سیستم میورپس به دلیل تحمل فشار بالای تمرین در مدت زمان کوتاه‌تر در دوره‌های تمرینی طولانی توصیه نمی‌شود و محققین تحقیق حاضر این احتمال را می‌دهند که به دلیل شدت تمرین و برابری مدت زمان ریکاوری با دو مدل تمرین دیگر، موجب شده است که سازگاری‌های هورمونی و هایپرتروفی عضلانی مورد توقع محققین این تحقیق را برآورده نکند. این یک نتیجه مطلوب به نظر می‌رسد زیرا که مشخص شد در دوره‌های طولانی تمرین مقاومتی برای تعدیل فشار سیستم میورپس، می‌توان آن را با سیستم سنتی ترکیب کرد تا ورزشکار بتواند به اهداف خود برسد.

توده عضلانی فعال، تعیین‌کننده کلیدی پاسخ هورمون‌های آنابولیک غدد درون‌ریز به تمرین مقاومتی است (۲۴، ۲۵). برای همکاران (۲۰۲۵)، نشان دادند که سطح فولستاتین بسته به حجم گروه‌های عضلانی فعال افزایش می‌یابد (۲۶). در این مطالعه، تمرکز بر فعال کردن توده عضلانی بیشتر در طول هر جلسه تمرین از طریق حرکات اصلی بود. این تمرینات به طور معناداری فولستاتین را در هر دو گروه ترکیبی (۷/۰۸۳ درصد) و سنتی (۷/۴۷۳ درصد) در مقایسه با میورپس (۱۷/۳۷۸ درصد) کمتر کاهش دادند. اما تفاوتی در سطوح میوستاتین بین گروه‌ها مشاهده نشد. نتایج فولستاتین می‌تواند نشان دهد بار تمرینی میورپس به نسبت ریکاوری آن در مقایسه با دو مدل تمرین دیگر در مدت ۱۰ هفته بالاتر بوده است و به همین دلیل سطح آنابولیک و سطح مقطع عضلات هدف در مقایسه با دو مدل تمرین دیگر افزایش چشمگیری نداشته است و تنها

بر قدرت بیشینه عضلات هدف اثرگذار بوده است که احتمالاً به دلیل افزایش سازگاری‌های عصب-عضله و فراخوانی تعداد تارهای حرکتی بیشتر این اتفاق رخ داده است. با این حال افزایش سطح قدرت بیشینه نیز در مقایسه با دو مدل تمرین دیگر نیز کمتر بوده است. همچنین تولید میوکین می‌تواند بسته به عوامل مختلفی از جمله رژیم غذایی، سبک زندگی، دارو، ریتم شبانه‌روزی و چندین عامل دیگر متفاوت باشد (۲۷). این امکان وجود دارد که برخی از این عوامل تأثیرگذار، بر نتایج مطالعه حاضر نیز اثر گذاشته باشند، زیرا عوامل یاد شده؛ علاوه بر کنترل تغذیه آزمودنی‌ها (استفاده از پرسشنامه یادآوری غذا)، ارزیابی آشنایی و مهارت‌های آن‌ها در رابطه با اجرای میورپس و ترکیب آن با سیستم سنتی و سرعت حرکت (تمپو)، بخشی از محدودیت‌های مطالعه در نظر گرفته شدند.

هایپرتروفی عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی را می‌توان با تغییر تعادل سنتز پروتئین عضله، افزایش تحریک مولکولی مسیرهای سیگنالینگ پروتئین کیناز فعال شده با میتوژن و کلسیم و مهار مسیرهای تخریب پروتئین و آپوپتوز به دست آورد (۲۸). فولستاتین و میوستاتین در این فرآیندها قابل توجه هستند. فولستاتین برای تشکیل، رشد و توسعه فیبرهای عضلانی ضروری است. این هورمون در غلظت‌های بالا، یک آگونیست قدرتمند است که تمام مسیرهای سیگنالینگ برای سنتز پروتئین را تحریک و مسیرهای تخریب پروتئین را مهار می‌کند. افزایش قابل توجه این هورمون تمام مسیرهای سیگنالینگ دخیل در سنتز پروتئین را تحریک و تجزیه پروتئین را سرکوب می‌کند (۲۹، ۳۰). علاوه بر این، فولستاتین؛ سلول‌های ماهواره‌ای را که برای ترمیم و توسعه عضلات ضروری هستند، تحریک می‌کند (۳۱). یافته‌های تحقیق حاضر نیز نشان دادند که با افزایش فولستاتین در دو مدل تمرین سنتی و به خصوص ترکیبی در مقایسه با میورپس، سطح مقطع عضلات اسکلتی مورد هدف افزایش معنادار یافت و همچنین قدرت بیشینه بالا و پایین تته نیز به طور قابل توجهی بالا رفت. این در حالی است که وقتی به یافته‌های مربوط به متغیر میوستاتین توجه می‌کنیم در می‌یابیم که شدت و حجم تمرین ترکیبی در حد بالا بوده است زیرا سطح میوستاتین در این گروه به طور غیرمعنادار افزایش یافته؛ به عبارت دیگر یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهند که انتخاب شدت، حجم و دوره تمرین ترکیبی (میورپس+سنتی) بسیار حائز اهمیت است و می‌بایست تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد تا به یک پروتکل نهایی برای جامعه آماری مورد مطالعه دست یافت. تغذیه در طول تمرین و همچنین خواب شبانه‌روزی آزمودنی‌ها با پرسشنامه ارزیابی شد اما تنظیم نشده بود و می‌توان آن را جزئی از محدودیت‌های تحقیق حاضر به شمار آورد. همچنین کنترل بار استرس روانی آزمودنی‌ها قبل از شروع جلسات تمرینی (که ممکن بود در خارج از محل تمرین، در بیرون از مکان باشگاه ورزشی، برای آن‌ها اتفاق افتاده باشد)؛ نیز از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر بود.

مطالعه حاضر با هدف اثر تمرین مقاومتی به روش میورپس، سنتی و ترکیب آن‌ها بر هایپرتروفی و قدرت عضلانی، سطوح پلاسمایی فولستاتین و میوستاتین مردان تمرین کرده انجام شد. به طور کلی نتایج نشان داد که اثرات تمرین ترکیبی در مقایسه با دو مدل دیگر بر افزایش فولستاتین، سطح مقطع و قدرت بیشینه عضلات هدف بیشتر است و تمرین میورپس اثرات کمتری دارد. از این یافته‌ها می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که تمرین میورپس به دلیل بار تمرینی بالا و مدت زمان کوتاه‌تر آن در هر جلسه، در دوره‌های تمرینی ۱۰ هفته‌ای به تنهایی نمی‌توان استفاده کرد و احتمالاً می‌بایست با سیستم تمرین سنتی ترکیب شود تا نتایج مطلوب برای ورزشکار به همراه داشته باشد. با این حال برای حصول نتایج قطعی، به انجام تحقیقات بیشتری در این زمینه نیازمند است.

تشکر و قدردانی

از همه افرادی که در طراحی و انجام این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر می‌شود.

حمایت مالی

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

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌طور یکسان در این پژوهش مشارکت داشتند.

تعارض منافع

نویسندگان پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

پی‌نوشت‌ها

- ¹One repetition maximum
- ²Myostatin
- ³Follistatin
- ⁴Transforming growth factor beta 1
- ⁵Myorps
- ⁶Traditional
- ⁷Hybrid
- ⁸Body Mass Index
- ⁹Insulin-like growth factor

منابع

1. Enes A, Leonel DF, Oneda G, Alves RC, Zandoná-Schmidt BA, Ferreira LHB, et al. Muscular adaptations and psychophysiological responses in resistance training systems. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2023;94(4):982-9. <https://doi.org/10.1080/02701367.2022.2096843>
2. Prestes J, Tibana RA, de Araujo Sousa E, da Cunha Nascimento D, de Oliveira Rocha P, Camarço NF, et al. Strength and muscular adaptations after 6 weeks of rest-pause vs. traditional multiple-sets resistance training in trained subjects. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2019;33:S113-S21. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001923>
3. Gantois P, de Souza Fonseca F, de Lima-Júnior D, da Cunha Costa M, de Vasconcelos Costa BD, Cyrino ES, et al. Acute effects of muscle failure and training system (traditional vs. rest-pause) in resistance exercise on countermovement jump performance in trained adults. Isokinetics and Exercise Science. 2021;29(1):11-20. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003150>
4. Paoli A, Moro T, Marcolin G, Neri M, Bianco A, Palma A, et al. High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. Journal of translational medicine. 2012;10(1):237. <https://doi.org/10.1186/1479-5876-10-237>
5. Azevedo ABCd, Penna EM, Costa ASL, Martins Filho AJ, Franco ECS, Coswig VS. Acute and delayed biochemical, hematological, and neuromuscular responses to the Rest-pause resistance training

- method. Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior. 2021;9(2):99-112. <https://doi.org/10.1080/21641846.2021.1942949>
6. Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Hatfield DL, Silvestre R, et al. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006;20(4):819-23. <https://doi.org/10.1519/r-18195.1>
7. Ha PL, Dalton BE, Alesi MG, Smith TM, VanDusseldorp TA, Feito Y, et al. Isometric versus isotonic contractions: Sex differences in the fatigability and recovery of isometric strength and high-velocity contractile parameters. *Physiological Reports*. 2021;9(9):e14821. <https://doi.org/10.14814/phy2.14821>
8. Roberts MD, McCarthy JJ, Hornberger TA, Phillips SM, Mackey AL, Nader GA, et al. Mechanisms of mechanical overload-induced skeletal muscle hypertrophy: current understanding and future directions. *Physiological reviews*. 2023. <https://doi.org/10.1152/physrev.00039.2022>
9. Israetel M, Hoffmann J, Davis DM, Feather J. *Scientific Principles of Hypertrophy Training: Renaissance Periodization*; 2021. <https://a.co/d/08zoGdc8>
10. Han X, Møller LLV, De Groote E, Bojsen-Møller KN, Davey J, Henriquez-Olguin C, et al. Mechanisms involved in follistatin-induced hypertrophy and increased insulin action in skeletal muscle. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2019;10(6):1241-57. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12474>
11. Lee S-J, Lee Y-S, Zimmers TA, Soleimani A, Matzuk MM, Tsuchida K, et al. Regulation of muscle mass by follistatin and activins. *Molecular endocrinology*. 2010;24(10):1998-2008. <https://doi.org/10.1210/me.2010-0127>
12. Hiroki E, Abe S, Iwanuma O, Sakiyama K, Yanagisawa N, Shiozaki K, et al. A comparative study of myostatin, follistatin and decorin expression in muscle of different origin. *Anatomical science international*. 2011;86(3):151-9. <https://doi.org/10.1007/s12565-011-0103-0>
13. Dewasi G, Nagda P, Bahl G, Jain V, Gupta SK. Myostatin-driven muscle hypertrophy: A double-edged sword in muscle physiology. *Journal of Rare Diseases*. 2025;4(1):29. <https://doi.org/10.1007/s44162-025-00086-x>
14. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*. 1993;64(1):88-90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
15. Pillen S, van Alfen N. Skeletal muscle ultrasound. *Neurological Research*. 2011;33(10):1016-24. <https://doi.org/10.1179/1743132811y.0000000010>
16. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: routledge; 2013. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
17. Enes A, Alves RC, Schoenfeld BJ, Oneda G, Perin SC, Trindade TB, et al. Rest-pause and drop-set training elicit similar strength and hypertrophy adaptations compared with traditional sets in resistance-trained males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2021;46(11):1417-24. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0278>
18. Khalafi M, Aria B, Symonds ME, Rosenkranz SK. The effects of resistance training on myostatin and follistatin in adults: a systematic review and meta-analysis. *Physiology & behavior*. 2023;269:114272. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114272>
19. Karimifard M, Arazi H, Mehrabani J. Twelve weeks rest–pause and traditional resistance training: effects on myokines and performance adaptations among recreationally trained men. *Stresses*. 2023;3(1):302-15. <https://doi.org/10.3390/stresses3010022>
20. Bagheri R, Rashidlamir A, Motevalli MS, Elliott BT, Mehrabani J, Wong A. Effects of upper-body, lower-body, or combined resistance training on the ratio of follistatin and myostatin in middle-aged men. *European journal of applied physiology*. 2019;119(9):1921-31. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04180-z>

21. MEDICA EM. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2017; <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.06838-4>
22. Ozaki H, Kubota A, Natsume T, Loenneke JP, Abe T, Machida S, et al. Effects of drop sets with resistance training on increases in muscle CSA, strength, and endurance: a pilot study. Journal of sports sciences. 2018;36(6):691-6. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1331042>
23. Marshall PW, Robbins DA, Wrightson AW, Siegler JC. Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. Journal of science and medicine in sport. 2012;15(2):153-8. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.08.003>
24. Wiens L. Comparing the effect of low-load resistance training versus high intensity interval training on muscle endurance, muscle strength, muscle hypertrophy, VO₂peak and anaerobic performance: University of British Columbia; 2024. <http://hdl.handle.net/2429/89620>
25. Goto K, Nagasawa M, Yanagisawa O, Kizuka T, Ishii N, Takamatsu K. Muscular adaptations to combinations of high-and low-intensity resistance exercises. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2004;18(4):730-7. <https://doi.org/10.1519/r-13603.1>
26. Barati N, Taherichadorneshin H, Marefati H. Comparing the Effects of Linear and Undulating Periodized Resistance Training on Serum Levels of Testosterone, Follistatin, and Strength in Sedentary Men. Polish Journal of Sport and Tourism. 2025;32(3):16-22. <https://doi.org/10.2478/pjst-2025-0015>
27. Pedersen BK. Muscles and their myokines. Journal of Experimental Biology. 2011;214(2):337-46. <https://doi.org/10.1242/jeb.048074>
28. Krzysztofik M, Wilk M, Wojdała G, Gołaś A. Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. International journal of environmental research and public health. 2019;16(24):4897. <https://doi.org/10.3390/ijerph16244897>
29. Chen M-M, Zhao Y-P, Zhao Y, Deng S-L, Yu K. Regulation of myostatin on the growth and development of skeletal muscle. Frontiers in cell and developmental biology. 2021;9:785712. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.785712>
30. Gilson H, Schakman O, Kalista S, Lause P, Tsuchida K, Thissen J-P. Follistatin induces muscle hypertrophy through satellite cell proliferation and inhibition of both myostatin and activin. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2009;297(1):E157-E64. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00193.2009>
31. Feger MA, Isaacs J, Mallu S, Yager D, Shall M, Patel G, et al. Follistatin protein enhances satellite cell counts in reinnervated muscle. Journal of Brachial Plexus and Peripheral Nerve Injury. 2022;17(01):e12-e21. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1748535>