

Research Paper

Effects of Myo-Reps, Traditional, and Combined Resistance Training on Rectus Femoris Muscle Thickness and Acute IL-15 Responses in Resistance-Trained Men

Bagher Rezaei¹ , Mohamad Hasan Dehghanian¹ , Sadeqh Amani Shalmazari^{*1} , Hamid Rajabi¹ , Bakhtiar Tartibian² 

¹ Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

² Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.



[10.22080/jaep.2026.31724.2255](https://doi.org/10.22080/jaep.2026.31724.2255)

Received:

May 10, 2026

Accepted:

July 21, 2026

Abstract

Background and Objective: The acute myokine response to resistance training and its relationship with muscle hypertrophy remain incompletely understood. This study aimed to investigate the effects of Myo-Reps, traditional, and combined resistance training protocols on serum interleukin-15 (IL-15) levels and rectus femoris muscle thickness in resistance-trained men.

Materials and Methods: Thirty-six resistance-trained men (mean age: 26.03 ± 4.22 years; body mass index: 24.83 ± 3.05 kg/m²) were recruited through purposive sampling and randomly assigned to three groups: traditional, Myo-Reps, and combined training. The intervention lasted 8 weeks, with three training sessions per week. One-repetition maximum (1RM) was assessed before the intervention, and the training program was structured as a three-day split routine targeting the lower limbs and triceps, chest and shoulders, and back and biceps. Training volume was equated across the three groups, while exercise intensity progressed from 75% to 85% of 1RM. Serum IL-15 levels were measured at baseline and immediately after the first training session of the first week. Rectus femoris muscle thickness was assessed using ultrasonography before and after the 8-week training intervention. Data were analyzed using paired-samples t-tests and analysis of covariance (ANCOVA), with statistical significance set at $p < 0.05$.

Results: None of the three resistance training protocols produced a statistically significant change in serum IL-15 levels. Rectus femoris muscle thickness increased significantly in the Myo-Reps ($p = 0.024$) and combined ($p = 0.001$) groups, whereas the increase in the traditional training group did not reach statistical significance ($p = 0.07$). A significant between-group difference was also observed in changes in muscle thickness ($p = 0.016$). Post hoc analysis indicated a statistically significant difference between the combined and traditional training groups ($p = 0.018$), whereas the other pairwise comparisons were not statistically significant.

Conclusion: The findings indicate that Myo-Reps, traditional, and combined resistance training protocols did not differentially affect the acute serum IL-15 response. However, combining Myo-Reps with traditional resistance training resulted in a significantly greater increase in rectus femoris muscle thickness compared with traditional resistance training alone.

Keywords:

Myokine, Interleukin-15, Resistance Training, Myo-Reps, Rectus Femoris Muscle Thickness

*Corresponding Author: Sadeqh Amani Shalmazari

Email: amani_sadeqh@khu.ac.ir

Extended Abstract

1. Introduction

Resistance training is an effective strategy for promoting skeletal muscle hypertrophy and improving muscular performance. Recently, advanced methods such as Myo-Reps training have attracted attention because they can increase training density and reduce workout duration. Myo-Reps consists of an activation set followed by several short mini-sets with minimal rest intervals, potentially enhancing metabolic stress and anabolic signaling associated with muscle hypertrophy (1, 4). Resistance exercise also stimulates the release of myokines, including interleukin-15 (IL-15), which may contribute to muscle protein synthesis and anabolic regulation (11, 12). However, findings regarding acute IL-15 responses to resistance exercise remain inconsistent (21, 24). The relationship between acute myokine responses and chronic muscular hypertrophy remains unclear, particularly in resistance-trained individuals, who may exhibit attenuated myokine responses (15). Therefore, this study compared the effects of traditional, Myo-Reps, and combined resistance-training protocols on acute serum IL-15 responses and rectus femoris muscle thickness in trained men.

2. Methods

This study employed a semi-experimental pretest-posttest design. Thirty-six resistance-trained men aged 20–30 years voluntarily participated in the study and were randomly assigned to three groups: traditional resistance training ($n = 12$), Myo-Reps training ($n = 12$), and combined training (traditional + Myo-Reps; $n = 12$). All participants had at least 6 months of regular resistance-training experience and were free from musculoskeletal

disorders; they did not smoke, use anabolic steroids, or consume nutritional supplements that could affect muscle metabolism.

The training intervention lasted eight weeks, with three sessions per week. All groups completed identical split-training routines targeting the upper- and lower-body muscles. Exercise intensity progressed from 75% to 85% of one-repetition maximum (1RM) throughout the intervention, and training volume was equated among the groups. In the traditional protocol, participants performed conventional sets with 60-second rest intervals between sets. In the Myo-Reps protocol, exercises consisted of activation sets followed by short mini-sets separated by 5–15 seconds of rest. The combined protocol alternated between traditional and Myo-Reps structures. All sessions were supervised by the researchers to ensure adherence to the training protocol and proper exercise execution.

Blood samples were collected before and immediately after the first training session of the first week. Serum IL-15 concentrations were analyzed using ELISA kits, and rectus femoris muscle thickness was assessed using ultrasonography before and after the eight-week intervention. Data were analyzed using paired-samples *t*-tests and analysis of covariance (ANCOVA), with statistical significance set at $p < 0.05$.

3. Results

The results demonstrated no significant differences among the three training protocols in acute serum IL-15 responses following the first exercise session ($F = 0.036$, $p = 0.9$, $ES = 0.003$). Paired-samples analyses also indicated that none of the groups exhibited significant pre- to post-

exercise changes in IL-15 concentrations. Relative changes were 2.5% in the Myo-Reps group, 1.6% in the combined group, and -2.7% in the traditional group. These findings indicate that acute IL-15 responses in resistance-trained men did not differ significantly among the three training protocols (Figure 1). Significant differences were observed in muscular adaptations after eight weeks. Rectus femoris muscle thickness increased significantly in the Myo-Reps ($p = 0.024$) and combined ($p = 0.001$) groups, whereas the traditional group showed no statistically significant change ($p = 0.074$).

ANCOVA demonstrated significant between-group differences in muscle thickness changes ($F = 4.84$, $p = 0.016$, $\eta^2 = 0.27$), with a statistically significant difference between the combined and traditional groups ($p = 0.018$). Relative increases in muscle thickness were 12.1% in the combined group, 4.8% in the Myo-Reps group, and 2.2% in the traditional group. Although training volume and intensity were equated across groups, the combined protocol resulted in a significantly greater increase in rectus femoris muscle thickness than the traditional protocol.

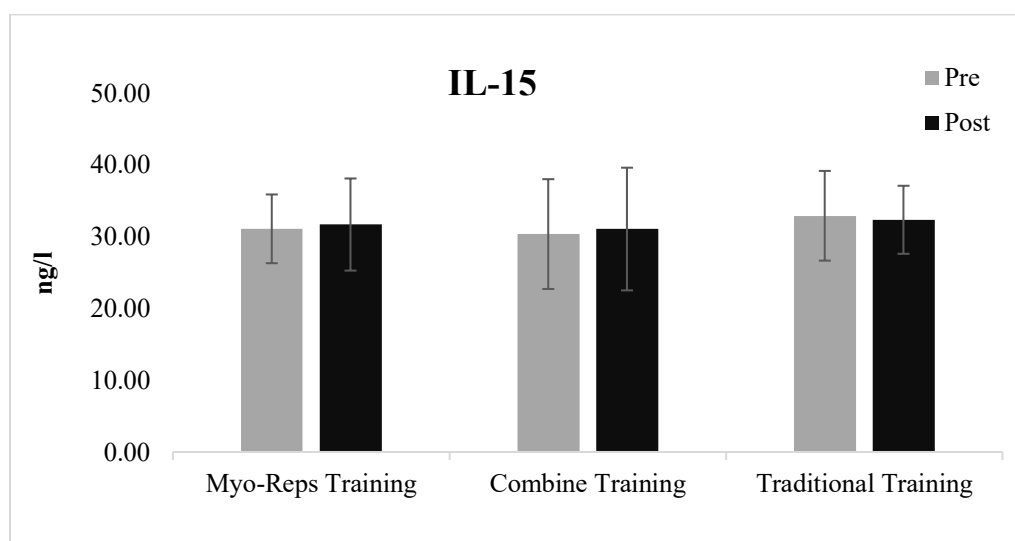


Figure 1. Serum interleukin-15 levels before and after the intervention in the study groups.

4. Conclusion

The findings of this study demonstrated that the traditional, Myo-Reps, and combined resistance-training protocols did not differ significantly in their acute serum interleukin-15 (IL-15) responses. However, integrating Myo-Reps with traditional resistance training resulted in a significantly greater increase in rectus femoris muscle thickness compared with traditional training alone. These findings suggest that combining Myo-Reps with traditional resistance training may be a

useful strategy for enhancing muscle hypertrophy, at least as indicated by changes in rectus femoris muscle thickness, without producing a measurable acute change in the systemic IL-15 response. Future studies should examine longer-term interventions, a broader range of biomarkers, and different populations to further clarify the relationship between systemic myokine responses and local muscular adaptations to different resistance-training methods.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All authors contributed to the initial conceptualization, study design, data analysis, and implementation of the research procedures. **Bagher Rezaei:** Conceptualization, data collection, research implementation, methodology design, preparation of tables and figures, and critical review and scientific editing of the manuscript. **Mohammad Hassan Dehghanian:** Conceptualization, data collection, research implementation, and methodology design. **Sadegh Amani Shalamzari:** Conceptualization, scientific supervision, data collection, project

administration, research implementation, preparation of tables and figures, and final critical review and scientific editing of the manuscript. **Hamid Rajabi:** Scientific supervision, project administration, research implementation, and critical review and scientific editing of the manuscript. **Bakhtiar Tartibian:** Scientific supervision, project administration, and final review of the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript and accept responsibility for the accuracy, integrity, and completeness of all aspects of the research.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

پژوهشی

اثر تمرین مقاومتی مایورپس (Myo-reps)، سنتی و ترکیبی بر ضخامت عضله راست رانی و پاسخ‌های حاد اینترلوکین-۱۵ در مردان تمرین‌کرده مقاومتی

باقر رضائی^۱، محمد حسن دهقانپان^۲، صادق امانی شلمزاری^{۳*}، حمید رجبی^۴، بختیار ترتیبیان^۵

^۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
^۲ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
^۳ دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
^۴ استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
^۵ استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

doi: 10.22080/jaep.2026.31724.2255

چکیده

زمینه و هدف: پاسخ حاد مایوکاینی به تمرینات مقاومتی و ارتباط آن با هایپرتروفی عضلانی هنوز به طور کامل روشن نشده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی مایورپس، سنتی و ترکیبی بر سطوح سرمی اینترلوکین-۱۵ و ضخامت عضله راست رانی در مردان تمرین‌کرده انجام شد.

مواد و روشها: ۳۶ مرد تمرین‌کرده مقاومتی با میانگین سنی $26/03 \pm 4/22$ سال و شاخص توده بدنی $24/83 \pm 3/05$ کیلوگرم بر متر مربع بودند به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب و سپس به طور تصادفی به سه گروه تمرین سنتی، مایورپس و ترکیبی تخصیص یافتند. پروتکل تمرین مقاومتی به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه اجرا شد. قدرت بیشینه (IRM) پیش از شروع پروتکل اندازه‌گیری گردید و برنامه به صورت اسپلیت سه‌روزه (اندام تحتانی و پشت بازو، سینه و سرشانه و پشت و جلو بازو) طراحی شد. حجم تمرینی در سه گروه برابر بود و شدت تمرین به صورت پیش‌رونده از ۷۵ درصد به ۸۵ درصد IRM افزایش یافت. اینترلوکین-۱۵ سرمی قبل از شروع تمرینات و بعد از سومین جلسه تمرین از اولین هفته و ضخامت عضله راست رانی (توسط اولتراسوند)، قبل و بعد از هشت هفته تمرین اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تی زوجی و تحلیل کوواریانس در سطح معنی داری $p < 0/05$ تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: هیچ‌یک از سه پروتکل تمرین مقاومتی تأثیر معناداری بر سطوح سرمی اینترلوکین-۱۵ نداشتند ضخامت عضله راست رانی در گروه‌های مایورپس ($p = 0/024$) و ترکیبی ($p = 0/001$) افزایش معنی‌داری یافت، اما این افزایش در گروه سنتی ($p = 0/07$) معنی‌دار نبود. از سوی دیگر، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها در تغییرات ضخامت عضله نشان داد ($p = 0/016$). در همین راستا، نشان داده شد که اختلاف بین گروه ترکیبی و سنتی معنی‌دار است ($p = 0/018$)، در حالی‌که سایر مقایسه‌های زوجی به سطح معنی‌داری نرسیدند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد که پروتکل‌های تمرین مقاومتی مایورپس، سنتی و ترکیبی، تأثیر متفاوتی بر پاسخ حاد سرمی اینترلوکین-۱۵ نداشتند. با این حال، ادغام تمرین مایورپس با الگوی تمرین سنتی، در مقایسه با اجرای تمرین سنتی به تنهایی، افزایش بیشتری در ضخامت عضله راست رانی به همراه داشت.

تاریخ دریافت:

۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش:

۳۰ تیر ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

مایوکاین، اینترلوکین-۱۵، تمرین مقاومتی، مایورپس، ضخامت عضله راست رانی

* نویسنده مسئول: صادق امانی شلمزاری
ایمیل: amani_sadegh@khu.ac.ir

۱ مقدمه

ساخت و حفظ توده عضله اسکلتی، چه با هدف ارتقای عملکرد ورزشی و چه به منظور بهبود سلامت و ترکیب بدنی، در سال‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های تمرین مقاومتی تبدیل شده است. تمرین مقاومتی به عنوان مؤثرترین مداخله غیردارویی برای افزایش قدرت و القای هایپرتروفی عضلانی شناخته می‌شود (۱). از آنجا که بین سطح مقطع عرضی عضله و توانایی تولید نیرو ارتباط نزدیکی وجود دارد، افزایش توده عضلانی برای بسیاری از رشته‌های ورزشی اهمیت ویژه‌ای دارد. افزون بر این، حفظ توده عضلانی مناسب با کاهش خطر ابتلا به اختلالات کاردیومتابولیک و دیابت نوع ۲ نیز ارتباط دارد (۱، ۲).

سازگاری‌های حاصل از تمرین مقاومتی به ویژگی‌های برنامه تمرینی، از جمله حجم، شدت، تواتر و زمان استراحت بین نوبت‌ها وابسته است. اگرچه پروتکل‌های سنتی اثربخشی خود را در افزایش قدرت و هایپرتروفی به اثبات رسانده‌اند، اجرای آن‌ها معمولاً به زمان بیشتری نیاز دارد، زیرا از استراحت‌های نسبتاً طولانی بین نوبت‌ها استفاده می‌شود (۳، ۴). به همین دلیل، در سال‌های اخیر روش‌های تمرینی با چگالی بالاتر و زمان استراحت کوتاه‌تر به عنوان راهکارهایی برای افزایش کارایی تمرین مورد توجه قرار گرفته‌اند (۵).

مایورپس شامل یک نوبت فعال‌سازی اولیه است که معمولاً با شدت متوسط (حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه) و تا نزدیکی ناتوانی ارادی اجرا می‌شود و به دنبال آن چند نوبت کوچک کوتاه متوالی (۳-۵) با استراحت‌های بسیار محدود انجام می‌شود. هدف از این ساختار، افزایش تعداد تکرارهای مؤثر و حفظ فراخوانی واحدهای حرکتی با حداقل افزایش در حجم کل تمرین است (۶، ۷). اگرچه مایورپس در دسته کلی روش‌های استراحت-وقفه قرار می‌گیرد، اما از نظر ساختار اجرا با استراحت-وقفه سنتی تفاوت دارد؛ به طوری که بر

اجرای نوبت‌های کوچک متعدد با استراحت‌های بسیار کوتاه پس از یک نوبت فعال‌سازی تأکید دارد و هدف آن افزایش چگالی تمرین بدون افزایش قابل‌توجه حجم کلی جلسه است (۶-۹). از این رو، یافته‌های حاصل از مطالعات روش استراحت-وقفه را نمی‌توان بدون احتیاط به مایورپس تعمیم داد و ارزیابی مستقل این روش ضروری است.

از دیدگاه فیزیولوژیک، افزایش چگالی تمرین در روش‌هایی مانند مایورپس می‌تواند با تجمع بیشتر متابولیت‌ها، افزایش تورم سلولی و طولانی‌تر شدن زمان مؤثر تحت تنش همراه باشد؛ عواملی که در کنار تنش مکانیکی، ممکن است در فعال‌سازی مسیرهای پیام‌رسانی آنابولیک، از جمله mTOR، نقش داشته باشند (۱۰). با این حال، نقش استرس متابولیکی به عنوان یک عامل مستقل در ایجاد هایپرتروفی همچنان محل بحث است و به نظر می‌رسد اثر آن عمدتاً از طریق تعامل با تنش مکانیکی و سازگاری‌های عصبی-عضلانی اعمال شود، نه به صورت منفرد. از این رو، بررسی هم‌زمان پاسخ‌های مولکولی و تغییرات ساختاری عضله می‌تواند به درک بهتر سازوکارهای زیربنایی سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی کمک کند (۱۰).

در سال‌های اخیر، مایوکاین‌ها به عنوان واسطه‌های بالقوه ارتباط میان انقباض عضلانی و سازگاری‌های ساختاری مورد توجه قرار گرفته‌اند. اینترلوکین-۱۵ یکی از مایوکاین‌هایی است که به دلیل نقش احتمالی آن در تنظیم متابولیسم عضله و تعامل با مسیرهای آنابولیک، از جمله mTOR، مورد توجه قرار گرفته است (۱۱، ۱۲). برخی مطالعات نشان داده‌اند که تمرین مقاومتی حاد، به ویژه در پروتکل‌هایی با استرس متابولیکی بیشتر، می‌تواند افزایش گذرای در غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ ایجاد کند (۱۳، ۱۴). با این حال، شواهد موجود ناهمگون است و پاسخ IL-15 به عواملی مانند زمان نمونه‌گیری، نوع و حجم تمرین و نیز سطح تمرینی آزمودنی‌ها وابسته گزارش شده است. همچنین، هنوز مشخص نیست که آیا تغییرات حاد این

در ضخامت عضله راست‌رانی نسبت به تمرین سنتی نشان دهند.

۲ مواد و روش‌ها

۱-۲ طرح‌شناسی پژوهش

این پژوهش به صورت یک مطالعه مداخله‌ای با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه‌های موازی انجام شد. این پژوهش مطابق با اصول اخلاقی بیانیه هلسینکی انجمن پزشکی جهانی انجام شد و در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه خوارزمی با شناسه IR.KHU.REC.1404.055 به تصویب رسید. کلیه داوطلبان پیش از ورود به مطالعه، فرم رضایت‌نامه آگاهانه را تکمیل کردند و در هر مرحله از اجرای پژوهش، امکان انصراف بدون هیچ‌گونه پیامد منفی برای آنان محفوظ بود.

۲-۲ آزمودنی‌های پژوهش

حجم نمونه پیش از شروع مطالعه با استفاده از نرم‌افزار G*Power محاسبه شد. این محاسبه بر اساس تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری با اثر متقابل گروه $\times$ زمان، برای سه گروه و دو مرحله اندازه‌گیری انجام گرفت. با فرض اندازه اثر متوسط ۰/۲۵، سطح معنی‌داری ۰/۰۵، توان آماری ۰/۸۰ و همبستگی ۰/۵۰ بین اندازه‌گیری‌های تکراری، حداقل حجم نمونه کل مورد نیاز برای مطالعه ۳۶ شرکت‌کننده برآورد شد. اندازه اثر بر اساس تغییرات ضخامت عضله گزارش‌شده در مطالعه شوئنفلد و همکاران (۲۰۱۸) انتخاب شد؛ در آن مطالعه، پیامد اولیه، هایپرتروفی عضلانی بود که از طریق تغییرات ضخامت عضلات فلکسور و اکستنسور آرنج در دو مرحله قبل و بعد از مداخله ارزیابی شد (۱۶). بر این اساس، در مطالعه حاضر نیز هایپرتروفی عضلانی، که از طریق تغییرات ضخامت عضله راست‌رانی در دو مرحله پیش و پس از مداخله سنجیده شد، به عنوان پیامد اولیه مطالعه تعریف گردید. همچنین، تغییرات غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ و قدرت عضلات پایین‌تنه به عنوان پیامدهای ثانویه مطالعه در نظر گرفته شدند.

مایوکاین بازتاب مستقیمی از فرآیندهای درون‌عضلانی مرتبط با هایپرتروفی است یا صرفاً پاسخی سیستمیک و گذرا محسوب می‌شود. افزون بر این، در افراد تمرین‌کرده، پاسخ‌های سایتوکاینی حاد معمولاً نسبت به افراد غیرتمرین‌کرده تعدیل‌شده‌تر گزارش شده‌اند (۱۵)، که این امر می‌تواند حساسیت پاسخ‌های التهابی-آنابولیک را در این جمعیت کاهش دهد.

با وجود گسترش مطالعات درباره روش‌های تمرینی با چگالی بالا و نقش احتمالی مایوکاین‌ها در سازگاری‌های عضلانی، هنوز چند پرسش اساسی بدون پاسخ باقی مانده است: نخست، آیا پروتکل‌های مایورپس و ترکیبی نسبت به تمرین سنتی پاسخ حاد متفاوتی در اینترلوکین-۱۵ ایجاد می‌کنند؛ دوم، آیا این پروتکل‌ها در مردان تمرین‌کرده سازگاری ساختاری بیشتری، از جمله افزایش ضخامت عضله راست‌رانی، ایجاد می‌کنند؛ و سوم، آیا پاسخ حاد اینترلوکین-۱۵ با این سازگاری‌های ساختاری ارتباط دارد یا خیر. تا آنجا که دانش ما نشان می‌دهد، مطالعه‌ای که این سه پرسش را به‌طور همزمان در قالب مقایسه مستقیم سه روش تمرین سنتی، مایورپس و ترکیبی بررسی کرده باشد، گزارش نشده است. پاسخ به این پرسش‌ها می‌تواند به درک بهتر جایگاه مایوکاین‌های سیستمیک در سازگاری‌های ناشی از تمرین مقاومتی و تبیین ارتباط احتمالی آن‌ها با تغییرات ساختاری عضله کمک کند. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر سه روش تمرین مقاومتی (سنتی، مایورپس و ترکیبی) بر تغییرات غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ بلافاصله پس از سومین جلسه تمرین در هفته نخست و نیز بر تغییرات ضخامت عضله راست‌رانی پس از هشت هفته تمرین در مردان تمرین‌کرده بود. بر این اساس، فرض شد که پروتکل‌های مایورپس و ترکیبی، به دلیل چگالی تمرینی بالاتر، تغییرات متفاوتی در غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ بلافاصله پس از سومین جلسه تمرین در هفته نخست نسبت به روش سنتی ایجاد کنند و در ادامه، افزایش بیشتری

پروتئین؛ به‌ترتیب معادل ۶۰، ۱۵ و ۲۵ درصد کل انرژی دریافتی) حفظ کنند. همچنین، از آنان خواسته شد حداقل ۸ ساعت خواب شبانه داشته باشند، از مصرف کافئین، خودداری کنند و در تمامی جلسات تمرینی و ارزیابی‌ها با وضعیت هیدراتاسیون مناسب حضور یابند. این دستورات عمل‌ها در ابتدای مطالعه به شرکت‌کنندگان ارائه شد و در طول دوره مداخله در جلسات تمرینی به‌صورت شفاهی یادآوری می‌شد. پایبندی به پروتکل تمرینی نیز از طریق ثبت حضور در جلسات پایش شد و شرکت‌کنندگانی که کمتر از ۸۰ درصد جلسات تمرینی را تکمیل می‌کردند، از مطالعه خارج شدند.

۳-۲ پروتکل تمرین

قدرت بیشینه (1RM) برای تمامی حرکات برنامه تمرینی پیش از شروع دوره مداخله و پس از هفته های سوم و ششم، بر اساس پروتکل استاندارد بارباله و همکاران (۲۰۱۸) اندازه‌گیری شد و از مقادیر حاصل برای تعیین شدت تمرین در طول دوره مداخله استفاده گردید. علاوه بر این، به‌منظور ارزیابی تغییرات قدرت عضلات پایین‌تنه، آزمون 1RM حرکت هاک پا در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌عنوان پیامد عملکردی مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. پیش از انجام آزمون 1RM، تمامی شرکت‌کنندگان در یک جلسه آشنایی با نحوه صحیح اجرای حرکات و مراحل آزمون شرکت کردند. در روز آزمون، ابتدا ۵ دقیقه پیاده‌روی با شدت پایین انجام شد و سپس یک گرم‌کردن اختصاصی شامل ۸ تکرار با ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه تخمینی و، پس از یک دقیقه استراحت، ۳ تکرار با ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه تخمینی اجرا گردید. پس از ۳ دقیقه استراحت، بار تمرینی در هر تلاش به‌صورت تدریجی (حدود ۵ درصد) افزایش یافت تا حداکثر قدرت فرد تعیین شود. برای تعیین 1RM، حداکثر ۳ تا ۵ تلاش با فاصله استراحت ۳ تا ۵ دقیقه بین تلاش‌ها در نظر گرفته شد. یک تلاش زمانی موفق تلقی می‌شد که آزمودنی قادر به اجرای یک تکرار

پس از برآورد حجم نمونه و انجام هماهنگی‌های اولیه، داوطلبان واجد شرایط از میان بدنسازان باشگاه‌های فعال شهر شیراز به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. در مجموع، ۶۸ نفر از نظر معیارهای ورود و خروج مورد ارزیابی قرار گرفتند که از این تعداد، ۳۲ نفر واجد شرایط ورود به مطالعه نبودند. در نهایت، ۳۶ مرد تمرین‌دیده مقاومتی با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، با استفاده از توالی تصادفی تولیدشده توسط رایانه، به‌صورت تصادفی در سه گروه تمرین سنتی، مایورپس و تمرین ترکیبی (هر گروه ۱۲ نفر) تخصیص یافتند. به دلیل ماهیت مداخله، کورسازی شرکت‌کنندگان امکان‌پذیر نبود. ارزیاب مسئول اندازه‌گیری پیامدها (ضخامت عضله و آزمون‌های عملکردی) از تخصیص گروهی شرکت‌کنندگان آگاهی نداشت. تمامی شرکت‌کنندگان دوره هشت‌هفته‌ای مداخله را تکمیل کردند و هیچ موردی از ریزش نمونه در طول مطالعه رخ نداد؛ بنابراین، داده‌های هر ۳۶ شرکت‌کننده در تحلیل آماری نهایی مورد استفاده قرار گرفت. در جلسه‌ای توجیهی، اهداف پژوهش، مراحل اجرا، مخاطرات احتمالی و حقوق شرکت‌کنندگان به‌طور کامل تشریح شد. همچنین تلاش شد آزمودنی‌ها به‌گونه‌ای بین گروه‌ها توزیع شوند که از نظر سابقه تمرینی همگنی نسبی حفظ شود. معیارهای ورود شامل دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، برخورداری از سلامت جسمانی و روانی (بر اساس خوداظهاری و تکمیل پرسشنامه سلامت)، سابقه حداقل ۶ تا ۱۲ ماه تمرین مقاومتی منظم، عدم مصرف دارو یا مکمل‌های مؤثر بر متابولیسم عضله و عدم استعمال دخانیات بود. معیارهای خروج نیز شامل بروز آسیب‌دیدگی، حضور در کمتر از ۸۰ درصد جلسات، انجام فعالیت بدنی خارج از پروتکل پژوهش، مواد نیروزا یا مکمل‌های تغذیه‌ای و همچنین عدم تمایل به ادامه همکاری بود (۱۷، ۱۸). به آزمودنی‌ها توصیه شد در طول دوره مطالعه، رژیم غذایی معمول خود را مطابق برنامه پیشنهادی با دریافت روزانه حدود ۲۵۰۰ کیلوکالری (شامل حدود ۳۵۰ گرم کربوهیدرات، ۴۰ گرم چربی و ۱۵۰ گرم

جلسه تمرینی (حدود ۶۰ دقیقه) و توالی اجرای حرکات در هر سه گروه یکسان در نظر گرفته شود. همچنین، تمامی نوبت‌های اصلی تا نزدیکی ناتوانی ارادی ($RIR=0-2$) اجرا شدند؛ از این رو، بر اساس تعاریف رایج در منابع علمی، این نوبت‌ها در محدوده نوبت‌های مؤثر قرار می‌گرفتند. بار تمرینی نیز در طول دوره مداخله متناسب با پیشرفت آزمودنی‌ها برای حفظ شدت نسبی تعیین شده تعدیل شد. با این حال، بار حجمی (بار $\times$ تکرار $\times$ نوبت) ثابت و تحلیل نشد؛ بنابراین، مقایسه پروتکل‌ها بر اساس متغیرهای برنامه‌ریزی شده تمرین انجام شد، نه حجم تمرین واقعی. در گروه مایورپس، هر حرکت با یک نوبت فعال‌سازی با شدت ۵۰ درصد $1RM$ آغاز می‌شد که تا نزدیکی ناتوانی ارادی ($RIR=0-2$) ادامه می‌یافت. پس از آن، نوبت‌های اصلی مطابق پروتکل مایورپس و با استراحت‌های کوتاه اجرا می‌شدند. تفاوت اصلی میان گروه‌ها در نحوه توزیع نوبت‌ها، ساختار اجرای پروتکل و زمان‌های استراحت بین نوبت‌ها محدود بود که بر اساس الگوهای تمرین سنتی، مایورپس و ترکیبی طراحی شد. جزئیات تعداد نوبت‌ها، نوبت‌های کوچک و زمان‌های استراحت هر روش در جدول ۱ ارائه شده است.

در گروه تمرین ترکیبی، ترکیب دو روش سنتی و مایورپس در سطح حرکات تمرینی انجام شد؛ به این معنا که در هر جلسه، حرکات چندمفصله به روش سنتی و حرکات تک‌مفصله به روش مایورپس اجرا شدند. بر این اساس، در جلسه اول، حرکات جلو ران دستگاه، پشت ران خوابیده و پشت بازو سیم‌کش؛ در جلسه دوم، حرکات فلای سینه و نشر جانب دمبل؛ و در جلسه سوم، حرکات لت سیم‌کش از جلو، نشر خم دمبل و جلو بازو لاری سیم‌کش به روش مایورپس و سایر حرکات به شیوه سنتی اجرا شدند. این الگوی تمرینی در تمامی جلسات و در طول دوره هشت‌هفته‌ای مداخله بدون تغییر حفظ شد. این تقسیم‌بندی بر اساس ویژگی‌های بیومکانیکی حرکات انجام شد؛ به گونه‌ای که حرکات چندمفصله، به دلیل مشارکت هم‌زمان چند مفصل

کامل در دامنه حرکتی کامل دستگاه، با تکنیک صحیح و بدون دریافت هرگونه کمک خارجی باشد؛ در غیر این صورت، تلاش ناموفق محسوب شده و پس از استراحت، تلاش بعدی انجام می‌شد (۱۹). تمامی آزمون‌ها توسط یک ارزیاب آموزش‌دیده که از تخصیص گروهی شرکت‌کنندگان آگاهی نداشت، در شرایط یکسان و با دستورالعمل استاندارد در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد.

پروتکل تمرین مقاومتی با دو هدف بررسی پاسخ حاد اینترلوکین-۱۵ به یک جلسه تمرینی و ارزیابی تغییرات ضخامت عضله راست‌رانی طی یک دوره مداخله‌ای هشت‌هفته‌ای طراحی شد. جلسات تمرینی سه بار در هفته (در مجموع ۲۴ جلسه) و در ساعات ۱۷ تا ۱۹ در باشگاه بدنسازی آزادگان شیراز برگزار شد. تمامی جلسات تحت نظارت مستقیم پژوهشگران انجام گرفت تا اجرای صحیح حرکات، شدت تمرین و زمان‌های استراحت مطابق پروتکل کنترل شود. هر جلسه با ۵ دقیقه فعالیت هوازی با شدت پایین، ۵ دقیقه حرکات کششی پویا و گرم‌کردن اختصاصی عضلات هدف آغاز می‌شد.

برنامه تمرینی در هر سه گروه به صورت اسپلیت سه‌روزه طراحی شد، به گونه‌ای که در هر جلسه گروه‌های عضلانی متفاوت تمرین داده می‌شدند و ترتیب اجرای حرکات در تمامی گروه‌ها یکسان بود. در روز نخست، حرکات هاک اسکوات، جلو ران دستگاه، پشت ران خوابیده، ساق ایستاده، پشت بازو هالتر خوابیده و پشت بازو سیم‌کش اجرا شد. روز دوم شامل پرس سینه هالتر، پرس بالا سینه هالتر، فلای سینه، پرس سرشانه اسمیت از جلو و نشر جانب دمبل بود. روز سوم نیز حرکات زیربغل اچ، زیربغل قایقی، لت سیم‌کش از جلو، فلای معکوس، نشر خم دمبل، جلو بازو هالتر و جلو بازو لاری سیم‌کش انجام شد.

به منظور استانداردسازی محرک تمرینی، تلاش شد تعداد جلسات هفتگی، تعداد حرکات، تعداد تکرارهای هدف، شدت نسبی تمرین ($1RM\%$)، تمپو اجرای حرکات، دامنه کامل حرکتی، مدت هر

و چند گروه عضلانی در تولید نیرو، به روش سنتی اجرا شدند، در حالی که حرکات تک‌مفصله با هدف افزایش چگالی تمرین و بهره‌گیری از ویژگی‌های پروتکل مایورپس به این شیوه اجرا گردیدند.

جدول ۱. نحوه اجرای تمرین مقاومتی مایورپس و سنتی.

نوع تمرین مقاومتی	متغیرهای تمرین مقاومتی	هفته ۳-۱	هفته ۶-۴	هفته ۸-۷
تمرین مقاومتی سنتی	تعداد نوبت‌ها در هر حرکت	۴	۴	۴
	تعداد تکرار در نوبت ۱	۱۵	۱۵	۱۵
	تعداد تکرار در نوبت ۲ تا ۴	۱۰	۱۰	۱۰
	استراحت بین نوبتی (ثانیه) *	۶۰	۶۰	۶۰
	شدت (1RM %)	۷۵	۸۰	۸۵
	تعداد کل تکرار برای هر حرکت در هفته	۴۵	۴۵	۴۵
	تواتر	۳	۳	۳
	RIR	۲-۰	۲-۰	۲-۰
	تمپو	۲-۰-۱-۰	۲-۰-۱-۰	۲-۰-۱-۰
تمرین مقاومتی مایورپس	تعداد نوبت‌ها در هر حرکت	۴	۴	۴
	نوبت اول (فعال‌سازی)	۱	۱	۱
	تعداد نوبت‌های اصلی ≠	۳	۳	۳
	استراحت درون نوبتی (ثانیه)	۱۵	۱۰	۵
	استراحت بین نوبتی (ثانیه)	۱۵	۱۰	۵
	شدت (1RM %)	۷۵	۸۰	۸۵
	تعداد کل تکرار برای هر حرکت در هفته	۴۵	۴۵	۴۵
	تواتر	۳	۳	۳
	RIR	۲-۰	۲-۰	۲-۰
	تمپو	۲-۰-۱-۰	۲-۰-۱-۰	۲-۰-۱-۰

* استراحت بین ستی برای حرکت هاک اسکوات ۱۲۰ ثانیه است. ≠ نوبت اصلی به صورت دو نوبت کوچک ۵ تکراری انجام شد، RIR = تکرارها در رزرو.

۴-۲ روش‌های اندازه‌گیری

نمونه‌گیری خون در دو نوبت انجام شد و در هر مرحله، پنج میلی‌لیتر خون وریدی از سیاهرگ بازویی شرکت‌کنندگان اخذ گردید. نخستین نمونه‌گیری، حداقل ۴۸ ساعت پیش از اجرای پیش‌آزمون و در شرایط ناشتا و استراحت در درمانگاه شهید مطهری شیراز انجام شد. دومین نمونه خون بلافاصله پس از پایان سومین جلسه تمرینی از هفته اول، با هدف ارزیابی پاسخ حاد اینترلوکین-۱۵ به تمرین مقاومتی در باشگاه آزادگان شیراز توسط کادر درمانگاه شهید مطهری جمع‌آوری شد. به‌منظور کاهش اثر عوامل مداخله‌گر، از آزمودنی‌ها خواسته شد پیش از هر دو مرحله نمونه‌گیری از انجام فعالیت بدنی شدید خودداری کنند و با وضعیت هیدراتاسیون مناسب

در محل نمونه‌گیری حاضر شوند. با توجه به اینکه نمونه پایه در شرایط ناشتا و استراحت و نمونه دوم بلافاصله پس از تمرین جمع‌آوری شد، این دو نمونه از نظر وضعیت تغذیه، هیدراتاسیون و شرایط فیزیولوژیک کاملاً همسان نبودند؛ بنابراین، تغییرات مشاهده‌شده در غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ به‌عنوان پاسخ حاد به تمرین مقاومتی تفسیر شد. سپس نمونه‌ها به مدت ده دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل Hettich ROTINA 380R (شرکت Hettich GmbH & Co. KG، آلمان) سانتریفیوژ شده و سرم آن‌ها جدا گردید. در نهایت، غلظت متغیرهای مورد نظر در نمونه‌های سرمی با استفاده از کیت‌های اختصاصی و به روش الیزا

قرار گرفتند و تمامی نمونه‌ها به صورت دو تکرار اندازه‌گیری شدند؛ سپس میانگین دو قرائت برای تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. تمامی مراحل سنجش مطابق دستورالعمل شرکت سازنده و با استفاده از استانداردها و کنترل‌های کیفی ارائه‌شده همراه کیت انجام شد. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه الیزاریدر قرائت شد. پس از جداسازی، نمونه‌های سرم تا زمان انجام آنالیز در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و از انجام چرخه‌های مکرر انجماد-ذوب اجتناب شد. بر اساس اطلاعات ارائه‌شده توسط شرکت سازنده، ضریب تغییرات (CV) درون‌آزمونی و بین‌آزمونی کیت به ترتیب کمتر از ۱۰ درصد و کمتر از ۱۲ درصد بود.

۵-۲ تجزیه و تحلیل آماری

به منظور توصیف داده‌ها از شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار استفاده شد. برای آزمون فرضیه‌های پژوهش، از روش‌های آمار استنباطی بهره گرفته شد. پیش‌فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لون ارزیابی گردید. با تأیید مفروضه‌ها، از آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه بین گروهی استفاده شد و به منظور شناسایی محل تفاوت‌ها، آزمون تعقیبی بونفرونی به کار رفت. داده‌های پیش‌آزمون به عنوان کوواریانت در نظر گرفته شدند. از آزمون تی زوجی برای بررسی تغییرات درون گروهی استفاده شد. از آزمون آنوا یک طرفه برای عدم اختلاف در مقادیر پیش‌آزمون استفاده شد. همچنین اندازه اثر برای بررسی میزان اهمیت تفاوت‌ها گزارش شد که بر اساس معیار کوهن تفسیر گردید؛ به‌طوری‌که مقادیر حدود ۰/۲ نشان‌دهنده اندازه اثر کوچک، حدود ۰/۵ اندازه اثر متوسط و ۰/۸ و بالاتر نشان‌دهنده اندازه اثر بزرگ در نظر گرفته شد. سطح معناداری آماری برای کلیه آزمون‌ها $p < 0.05$ در نظر گرفته شد. تمامی تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار

اندازه‌گیری شد. ضخامت عضله راست‌رانی با استفاده از دستگاه اولتراسوند B-mode مدل Mindray DC-7 (Mindray Bio-Medical Electronics Co., China) مجهز به پروب خطی با فرکانس ۱۲ مگاهرتز اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها بر روی عضله راست رانی ران راست و در ۵۰ درصد فاصله بین خار خاصره قدامی فوقانی و لبه فوقانی کشکک انجام گرفت. آزمودنی‌ها در هنگام تصویربرداری در وضعیت طاق‌باز و با عضلات اندام تحتانی در حالت استراحت قرار داشتند. برای جلوگیری از تغییر شکل بافت، پروب (سطحی) با استفاده از مقدار کافی ژل و با حداقل فشار ممکن بر روی پوست قرار داده شد. برای هر آزمودنی یک تصویر اولتراسوند ثبت و برای تحلیل استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط یک ارزیاب آموزش‌دیده و با تجربه که از تخصیص گروهی شرکت‌کنندگان آگاهی نداشت انجام شد. همچنین، تمامی ارزیابی‌ها با استفاده از دستگاه و تنظیمات یکسان در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت. به‌منظور کاهش احتمال تأثیر تورم حاد ناشی از تمرین بر اندازه‌گیری ضخامت عضله، تمامی ارزیابی‌های پس‌آزمون حداقل ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی انجام شد. پایایی درون‌ارزیاب برای اندازه‌گیری ضخامت عضله مطلوب بود؛ به‌طوری‌که ضریب همبستگی درون‌رده‌ای (ICC) برابر با ۰/۹۵، خطای استاندارد اندازه‌گیری (SEM) برابر با ۱/۰۹ میلی‌متر و ضریب تغییرات (CV) کمتر از پنج درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده پایایی بالای اندازه‌گیری‌ها بود.

غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ با استفاده از کیت ELISA انسانی شرکت پادگین طب (Cat. No: PTC100979648) و بر اساس روش ساندویچی دوآنتی‌بادی بیوتینی (Biotin Double-Antibody Sandwich ELISA) اندازه‌گیری شد. دامنه اندازه‌گیری کیت ۶۰ تا ۱۹۲۰ ng/L و حساسیت آن ۸ ng/L بود. نمونه‌های سرم پس از رقیق‌سازی مطابق دستورالعمل شرکت سازنده مورد سنجش

آزمون لون مورد تایید قرار گرفت. همچنین، نتایج آزمون آنوای یک طرفه نشان داد که در مرحله پیش‌آزمون، میان سه گروه از نظر سن، قد، وزن بدن و شاخص توده بدنی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

SPSS نسخه ۲۶ انجام و نمودارها با نرم‌افزار گراف پد پریسم ترسیم شدند.

۳ نتایج

شاخص‌های پیکرسنجی شرکت‌کنندگان در جدول ۲ گزارش شده است. همگنی واریانس‌ها با استفاده از

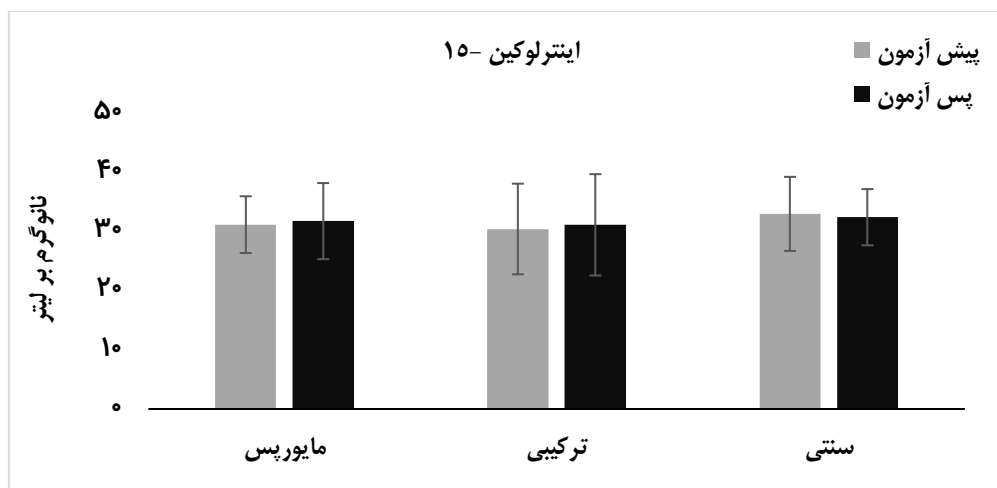
جدول ۲. مقادیر پیکر سنجی آزمودنی‌های پژوهش به تفکیک گروه

گروه‌ها متغیرها	گروه مایورپس	گروه سنتی	گروه ترکیبی
سن (سال)	۲۴/۹۰ ± ۵/۳۰	۲۶/۲۰ ± ۳/۶۹	۲۷/۰۰ ± ۳/۶۸
قد (سانتی متر)	۱۸۰/۳۰ ± ۵/۵۱	۱۸۳/۱۱ ± ۷/۳۲	۱۷۸/۴۰ ± ۴/۹۴
وزن (کیلوگرم)	۸۳/۶۵ ± ۲/۸۹	۸۳/۱۷ ± ۲/۷۳	۷۶/۷۰ ± ۵/۳۱
شاخص توده بدنی	۲۵/۶۷ ± ۲/۸۴	۲۴/۷۴ ± ۳/۱۲	۲۴/۱۰ ± ۳/۲۱
قدرت هاک پا (کیلوگرم)	۱۵۴/۹۶ ± ۴۲/۷۵	۱۴۳/۷۵ ± ۴۰/۶۶	۱۳۸/۵۴ ± ۴۱/۴۷

نیز نشان داد که پس از اجرای جلسه تمرینی، تفاوت معنی‌داری در تغییرات سرمی اینترلوکین-۱۵ بین سه گروه مشاهده نشد ($F_{2,26}=0/036$). آزمون تعقیبی بونفرونی نیز اختلاف معنی‌داری را بین هیچ‌یک از مقایسه‌های زوجی گروه‌ها نشان نداد. از نظر تغییرات نسبی، غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ در گروه مایورپس ۲/۵ درصد افزایش، در گروه ترکیبی ۱/۶ درصد افزایش و در گروه سنتی ۲/۷ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

۳-۱ پاسخ حاد اینترلوکین-۱۵

نتایج آزمون لون نشان داد که فرض همگنی واریانس‌ها برای متغیر اینترلوکین-۱۵ بین گروه‌ها برقرار بود. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که تغییرات پیش تا پس‌آزمون غلظت سرمی اینترلوکین-۱۵ در هیچ‌یک از گروه‌های سنتی، مایورپس و ترکیبی از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتایج تحلیل کوواریانس (ANCOVA) با کنترل مقادیر پایه

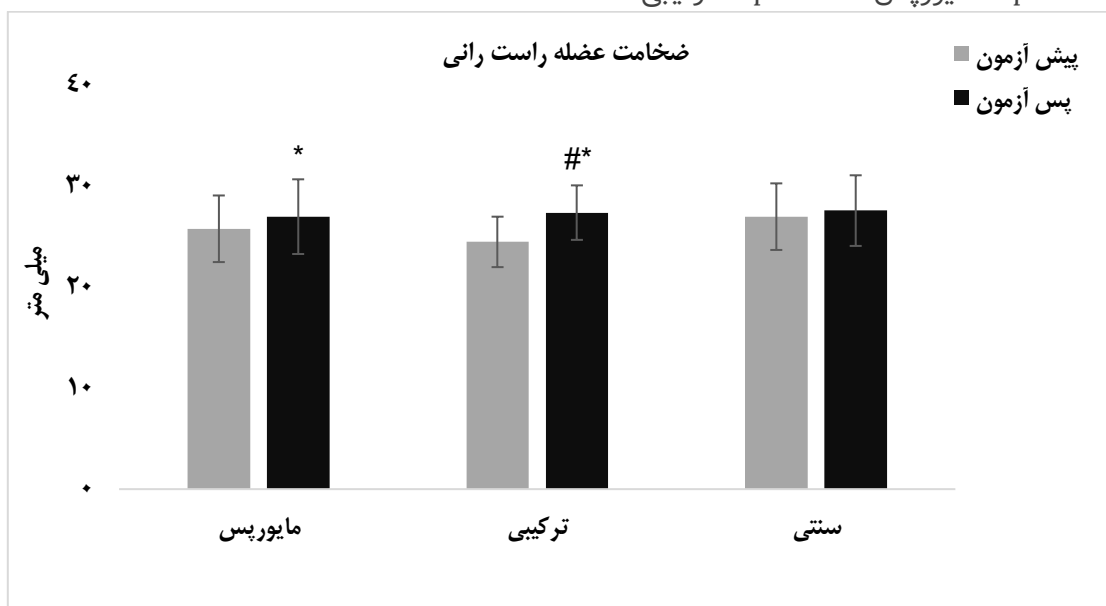


شکل ۱. مقادیر سرمی اینترلوکین-۱۵ قبل و پس از اجرای پروتکل در گروه‌های پژوهش.

($p=0/001$). تحلیل کوواریانس با کنترل مقادیر پایه، تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در تغییرات ضخامت عضله نشان داد ($\eta^2=0/27$ ، $CI\%95$ ، $p=0/016$ ، $F_{2,26}=4/84$). آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که اختلاف بین گروه ترکیبی و سنتی معنی‌دار است ($p=0/01$)، در حالی‌که سایر مقایسه‌های زوجی به سطح معنی‌داری نرسیدند. از نظر تغییرات نسبی، افزایش ضخامت عضله راست‌رانی در گروه ترکیبی ۱۲/۱ درصد، در گروه مایورپس ۴/۸ درصد و در گروه سنتی ۲/۲ درصد گزارش شد (شکل ۲).

۳-۲ سازگاری‌های ساختاری (هایپرتروفی عضلانی)

نتایج آزمون لون نشان داد که فرض همگنی واریانس‌ها برای متغیر ضخامت عضله راست‌رانی بین گروه‌ها برقرار بود. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که ضخامت عضله راست‌رانی در گروه‌های مایورپس و ترکیبی پس از هشت هفته تمرین به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است، در حالی‌که تغییرات در گروه سنتی به سطح معنی‌دار نرسید (سنتی، $p=0/07$ ؛ مایورپس، $p=0/02$ ؛ ترکیبی،



شکل ۲. ضخامت عضله راست‌رانی قبل و پس از اجرای پروتکل در گروه‌های پژوهش. *: نشانه اختلاف معنی‌دار با پیش آزمون. #: نشانه اختلاف معنی‌دار با گروه سنتی؛ سطح معنی‌داری $p \leq 0/05$.

۴ بحث

پژوهش حاضر سه الگوی تمرینی سنتی، مایورپس و ترکیبی با شدت ۷۵ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و مدت حدود ۶۰ دقیقه در مردان تمرین‌کرده اجرا گردید. همچنین، در آن مطالعه نمونه‌های خون پیش از تمرین، بلافاصله، ۲ و ۲۴ ساعت پس از تمرین جمع‌آوری شد، در حالی که در پژوهش حاضر نمونه‌گیری تنها ۴۸ ساعت پیش از مداخله و بلافاصله پس از سومین جلسه از هفته نخست انجام گرفت. همچنین، در مطالعه بوگرا تنها حرکت جلوپا با شرایط تمرینی مختلف در مردان جوان دارای سابقه تمرین مقاومتی اجرا شد و حجم تمرین بین شرایط مختلف تا حد امکان همسان‌سازی و نمونه‌های خون تا ۲۴ ساعت پس از تمرین جمع‌آوری گردید، در حالی که در پژوهش حاضر از سه الگوی تمرینی استفاده شد، حجم تمرین واقعی (Volume Load) ثبت نشد و نمونه‌گیری تنها در دو نوبت انجام گرفت.

مطالعه دیگری نیز هیچ افزایش مداوم و ثابتی در اینترلوکین-۱۵ پس از جلسات تمرینی مقاومتی مشاهده نکرد (۲۲)، با این حال، مقایسه مطالعه هه^۳ و همکاران (۲۰۱۸) با پژوهش حاضر باید با احتیاط انجام شود، زیرا در آن پژوهش یک پروتکل تمرین مقاومتی سنتی کل بدن در مردان سالم تمرین‌نکرده و طی جلسات حدود ۵۰ دقیقه‌ای اجرا شد، در حالی که در مطالعه حاضر سه الگوی تمرینی مدت حدود ۶۰ دقیقه در مردان تمرین‌کرده مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، در آن مطالعه نمونه‌های خون در چندین نوبت پس از تمرین جمع‌آوری و پاسخ اینترلوکین-۱۵ بر اساس غلظت اوج و سطح زیر منحنی تحلیل شد، در حالی که در پژوهش حاضر نمونه‌گیری تنها ۴۸ ساعت پیش از مداخله و بلافاصله پس از سومین جلسه از هفته نخست انجام گرفت. هر چند در پژوهش دیگری نشان داده شد که تمرینات مقاومتی می‌توانند موجب افزایش این مایوکاین شود (۲۳). با این حال،

هدف این مطالعه بررسی تأثیر سه پروتکل تمرین مقاومتی سنتی، مایورپس و ترکیبی بر پاسخ حاد سرمی اینترلوکین-۱۵ و ضخامت عضله راسترانی در مردان تمرین‌کرده بود. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در پاسخ حاد سرمی اینترلوکین-۱۵ بین سه پروتکل مشاهده نشد. همچنین، اگرچه ضخامت عضله راسترانی در گروه‌های مایورپس و ترکیبی نسبت به مقادیر پایه افزایش معنی‌داری داشت، مقایسه بین‌گروهی نشان داد که این افزایش تنها در گروه ترکیبی نسبت به گروه سنتی از نظر آماری معنی‌دار بود. ازاین‌رو، یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که تفاوت در پاسخ حاد سرمی اینترلوکین-۱۵ لزوماً با تفاوت‌های مشاهده‌شده در ضخامت عضله همراه نبود.

در پژوهش حاضر، نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که مداخله تمرینی موجب تغییر معنی‌داری در سطح سرمی اینترلوکین-۱۵ نشد و تحلیل کوواریانس نیز اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها نشان نداد (اندازه اثر ضعیف). درصد تغییرات اینترلوکین-۱۵ در گروه مایورپس ۲/۵٪، گروه ترکیبی ۱/۶٪ و گروه سنتی ۲/۷٪- بود. این یافته با گزارش‌های بوگرا^۱ و همکاران (۲۰۱۸) و فورچاناتو^۲ و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که در این مطالعات نیز یک جلسه تمرین مقاومتی، به‌ویژه زمانی که به حرکات اندام تحتانی محدود بود، موجب افزایش معنی‌دار سطح سرمی اینترلوکین-۱۵ نشد. یکی از توضیحات احتمالی برای این یافته می‌تواند کافی نبودن حجم عضلانی درگیر برای تحریک ترشح قابل‌توجه اینترلوکین-۱۵ باشد (۲۰، ۲۱). با این حال، مقایسه نتایج این مطالعات با پژوهش حاضر باید با احتیاط انجام شود. در مطالعه فورچاناتو، تنها سه حرکت اندام تحتانی با شدت ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه در مردان تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده و طی جلسات ۳۵ تا ۴۰ دقیقه‌ای اجرا شد، در حالی که در

³ He

¹ Bugera

² Fortunato

تمرینی با بار کاری بالاتر و درگیری عضلانی گسترده‌تر را در مطالعات آینده مطرح کند. از سوی دیگر، با توجه به وابسته بودن پاسخ اینترلوکین-۱۵ به زمان، این احتمال وجود دارد که اوج تغییرات سرمی آن خارج از زمان نمونه‌گیری مطالعه حاضر رخ داده باشد. بنابراین، عدم مشاهده تغییر معنی‌دار لزوماً به معنای نبود پاسخ فیزیولوژیک این مایوکاین نیست.

نتایج آزمون تی زوجی در پژوهش حاضر نشان داد که یک دوره تمرین مقاومتی موجب افزایش معنی‌دار ضخامت عضله راست‌رانی در گروه‌های مایورپس و ترکیبی شد، در حالی که گروه سنتی تغییر قابل‌توجهی نداشت. تحلیل کوواریانس نیز اختلاف معناداری بین گروه‌ها گزارش کرد و آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تنها تفاوت بین گروه ترکیبی و گروه سنتی از نظر آماری معنی‌دار بود. بنابراین، اگرچه گروه مایورپس نیز در مقایسه با مقادیر پایه افزایش معنی‌داری در ضخامت عضله نشان داد، برتری آماری این گروه نسبت به گروه سنتی در مقایسه بین‌گروهی تأیید نشد. درصد تغییرات در گروه مایورپس $4/8\%$ ، گروه ترکیبی $12/1\%$ و گروه سنتی $2/2\%$ بود. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که پروتکل‌هایی مشابه مایورپس، مانند تمرین استراحت-وقفه، اغلب اثربخشی مشابه یا حتی برتری نسبت به پروتکل سنتی دارند (۷). برای مثال، در مطالعه‌ای نشان داده شد که پس از دوازده هفته تمرین استراحت-وقفه، گروه استراحت-وقفه افزایش قابل‌توجهی در توده عضلانی اسکلتی نسبت به گروه سنتی داشت. هرچند مایورپس و استراحت-وقفه روش‌های متفاوتی هستند، اما ویژگی‌های مشترک آن‌ها—مانند افزایش چگالی تمرینی و کاهش زمان استراحت—نشان می‌دهد که پروتکل‌های جایگزین می‌توانند به طور مشابه بر سازگاری‌های فیزیولوژیکی و عملکردی اثرگذار باشند (۲۷).

با این حال، مقایسه یافته‌های کریمی‌فرد و همکاران (۲۰۲۳) با نتایج مطالعه حاضر باید با

مقایسه این یافته با مطالعه حاضر باید با احتیاط انجام شود، زیرا پژوهش آنان بر ورزشکاران نخبه قدرتی و استقامتی انجام شد و از پروتکل‌های متفاوتی شامل فعالیت ایزومتریک تا ناتوانی با 50% رکورد ددلیفت و آزمون PWC170 استفاده کرد، در حالی که در مطالعه حاضر سه الگوی تمرین مقاومتی پویا (سنتی، مایورپس و ترکیبی) با شدت ۷۵ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه در مردان تمرین‌کرده اجرا شد. بنابراین، تفاوت در ویژگی‌های آزمودنی‌ها، ماهیت پروتکل تمرینی و شدت تمرین می‌تواند در اختلاف پاسخ اینترلوکین-۱۵ بین دو مطالعه نقش داشته باشد. تفاوت نتایج بین مطالعات ممکن است ناشی از تفاوت در طراحی پروتکل، حجم تمرینی، زمان نمونه‌گیری خون و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها باشد (۲۱، ۲۴). علاوه بر این، پاسخ‌های فردی به تمرین مقاومتی ممکن است تحت تأثیر تنوع ژنتیکی گیرنده اینترلوکین-۱۵ باشد (۲۵)، و به علاوه سطح تناسب اندام نیز می‌تواند پاسخ این مایوکاین به تمرین را تعدیل کند (۲۳، ۲۶). با این حال، نبود معنی‌داری آماری در مطالعه حاضر لزوماً به معنای نبود اثر زیستی نوع تمرین بر پاسخ اینترلوکین-۱۵ نیست. با توجه به حجم نمونه نسبتاً محدود، اندازه اثر بسیار کوچک و ارزیابی این مایوکاین تنها در یک زمان پس از تمرین، احتمال وجود پاسخ‌های زیستی ظریف یا تغییرات وابسته به زمان را نمی‌توان به‌طور کامل رد کرد. از این‌رو، یافته‌های حاضر تنها نشان می‌دهند که در شرایط این پژوهش، شواهد آماری کافی برای اثبات تفاوت بین سه الگوی تمرینی از نظر پاسخ حاد اینترلوکین-۱۵ به دست نیامد. بنابراین، عدم تغییر معنی‌دار اینترلوکین-۱۵ در مطالعه حاضر را ممکن است تا حدی ناشی از حجم تمرین محدود و سطح تمرینی شرکت‌کنندگان باشد. این یافته‌ها این احتمال را مطرح می‌کنند که حتی با وجود درگیری عضلات بالاتنه و پایین‌تنه، بار کاری کلی و شدت محرک تمرینی ممکن است برای ایجاد افزایش قابل‌توجه در این مایوکاین کافی نبوده باشد؛ موضوعی که می‌تواند ضرورت بررسی پروتکل‌های

معناداری بیشتر از گروه سنتی افزایش داده است (۲۸).

با این حال، مقایسه یافته‌های پرستس^۲ و همکاران (۲۰۱۹) با نتایج مطالعه حاضر باید با احتیاط انجام شود، زیرا در پژوهش آنان پروتکل استراحت-وقفه با تمرین سنتی در افراد تمرین‌کرده، طی یک دوره ۶ هفته‌ای و با حجم تمرین تقریباً همسان‌سازی شده (۱۸ تکرار در گروه استراحت-وقف در برابر ۳ نوبت ۶ تکراری در گروه سنتی) مقایسه شد، در حالی که در مطالعه حاضر نیز سه الگوی تمرینی سنتی، مایورپس و ترکیبی در مردان تمرین‌کرده طی ۸ هفته اجرا شد و حجم تمرین واقعی ثبت و تحلیل نگردید. همچنین، اگرچه هر دو مطالعه از سونوگرافی برای ارزیابی هایپرتروفی عضلانی استفاده کردند، تفاوت در پروتکل تمرینی، نحوه کنترل حجم تمرین و مدت مداخله می‌تواند بر مقایسه مستقیم یافته‌ها اثرگذار باشد.

در مجموع، این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب ویژگی‌های مایورپس و سنتی می‌تواند همزمان سازگاری‌های ساختاری بیشتری ایجاد کند و زمان تمرین و خستگی را بهینه نماید. با این حال، در مطالعه حاضر تنها گروه ترکیبی در مقایسه بین‌گروهی برتری معنی‌داری نسبت به گروه سنتی نشان داد و برتری گروه مایورپس نسبت به تمرین سنتی از نظر آماری تأیید نشد.

در نهایت در پژوهشی دیگر گزارش شد که پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی، ضخامت عضله ران در بخش‌های پروگزیمال و میانی ناحیه خارجی ران در هر سه گروه نوبت کاهشی، استراحت-وقفه و تمرین مقاومتی سنتی به طور معنی‌دار افزایش یافت، در حالی که در بخش دیستال ران تغییر قابل‌توجهی مشاهده نشد و تفاوت معناداری بین گروه‌ها در میزان افزایش ضخامت عضله وجود نداشت. بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر از نظر وقوع هایپرتروفی با نتایج انس و همکاران همسو

احتیاط انجام شود، زیرا در پژوهش آنان پروتکل استراحت-وقفه با تمرین سنتی در مردان تمرین‌کرده، طی یک دوره ۱۲ هفته‌ای و با شدت پیش‌رونده ۷۰ تا ۸۵٪ یک تکرار بیشینه اجرا شد و حجم تمرین با یکسان نگه داشتن تعداد تکرارها بین گروه‌ها همسان‌سازی گردید، در حالی که در مطالعه حاضر سه الگوی تمرینی سنتی، مایورپس و ترکیبی در مردان تمرین‌کرده طی ۸ هفته و با شدت ۷۵ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه اجرا شد و حجم تمرین واقعی ثبت و تحلیل نگردید. بنابراین، تفاوت در پروتکل تمرینی، ویژگی‌های آزمودنی‌ها، شدت و مدت مداخله و نحوه کنترل حجم تمرین می‌تواند بر مقایسه مستقیم یافته‌های دو مطالعه اثرگذار باشد.

در مطالعه حاضر، هر سه گروه افزایش ضخامت عضله را تجربه کردند، اما بیشترین رشد در گروه ترکیبی (۱۲/۱٪) مشاهده شد. این یافته با نتایج اسچوارز^۱ و همکاران (۲۰۲۴) همسو است، که نشان داد مایورپس و سنتی هر دو باعث هایپرتروفی می‌شوند، اگرچه مایورپس با کاهش مدت زمان تمرین و بهبود ادراک ریکاوری و کاهش استرس همراه بود (۷).

با این حال، مقایسه یافته‌های اسچوارز و همکاران (۲۰۲۴) با نتایج مطالعه حاضر باید با احتیاط انجام شود، زیرا در پژوهش آنان تنها دو پروتکل مایورپس و تمرین سنتی در افراد تمرین‌کرده طی یک دوره ۸ هفته‌ای و با حجم تمرین همسان‌سازی شده مقایسه شد، در حالی که در مطالعه حاضر سه الگوی تمرینی سنتی، مایورپس و ترکیبی طی ۸ هفته اجرا شد و حجم تمرین واقعی ثبت و تحلیل نگردید. بنابراین، تفاوت در طراحی پروتکل و نحوه کنترل حجم تمرین می‌تواند بر مقایسه مستقیم یافته‌های دو مطالعه اثرگذار باشد. همچنین، یافته‌های مشابهی نیز نشان داد که گروه استراحت-وقفه ضخامت عضلات ران را به طور

² Prestes

¹ Schwarz

حاد و مزمن مایوکاین‌ها و سازگاری‌های عضلانی بررسی کنند. همچنین، انجام مطالعات مشابه در زنان، سالمندان و افراد تمرین‌نکرده می‌تواند تعمیم‌پذیری یافته‌ها را افزایش دهد.

۵ نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تفاوت معناداری در پاسخ سرمی اینترلوکین-۱۵ بلافاصله پس از سومین جلسه از هفته نخست تمرین مقاومتی بین سه پروتکل مایورپس، سنتی و ترکیبی در مردان تمرین‌کرده مشاهده نشد. در مقابل، در ارتباط با سازگاری‌های ساختاری عضله، اگرچه ضخامت عضله راست‌رانی در گروه‌های مایورپس و ترکیبی نسبت به مقادیر پایه افزایش معنی‌داری داشت، مقایسه بین‌گروهی نشان داد که تنها گروه ترکیبی در مقایسه با گروه سنتی افزایش معنی‌داری در ضخامت عضله راست‌رانی نشان داد. بر این اساس، در شرایط مطالعه حاضر، تنها گروه تمرین ترکیبی در مقایسه با گروه سنتی افزایش معنی‌داری در ضخامت عضله راست‌رانی نشان داد. همچنین، با توجه به یافته‌های مطالعه و شواهد مطالعات پیشین، این احتمال مطرح می‌شود که سازوکارهای موضعی مرتبط با هایپرتروفی، مانند تنش مکانیکی، فعال‌سازی مسیرهای پیام‌رسانی داخل‌عضلانی mTOR و تورم سلولی، ممکن است در این پاسخ نقش داشته باشند؛ با این حال، از آنجا که این متغیرها در مطالعه حاضر به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نشدند، درباره نقش آن‌ها نمی‌توان نتیجه‌گیری قطعی کرد.

منابع مالی

این تحقیق هیچ گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

است، هرچند در میزان هایپرتروفی گروه‌ها اختلاف مشاهده شد (۹).

با این حال، مقایسه یافته‌های انس^۱ و همکاران (۲۰۲۱) با نتایج مطالعه حاضر باید با احتیاط انجام شود، زیرا در پژوهش آنان پروتکل‌های نوبت کاهشی، استراحت-وقفه و تمرین سنتی در افراد تمرین‌کرده و طی یک دوره ۸ هفته‌ای با حجم تمرین همسان‌سازی شده مقایسه شد، در حالی که در مطالعه حاضر سه الگوی تمرینی سنتی، مایورپس و ترکیبی نیز در مردان تمرین‌کرده طی ۸ هفته اجرا شد، اما حجم تمرین واقعی ثبت و تحلیل نگردید. همچنین، اگرچه هر دو مطالعه از سونوگرافی برای ارزیابی هایپرتروفی عضلانی استفاده کردند، تفاوت در پروتکل تمرینی و نحوه کنترل حجم تمرین می‌تواند بر مقایسه مستقیم یافته‌ها اثرگذار باشد.

با این حال، مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرند. اگرچه به شرکت‌کنندگان توصیه‌های تغذیه‌ای ارائه شد، رژیم غذایی و میزان دریافت انرژی و درشت‌مغذی‌ها به‌طور دقیق کنترل نشد. همچنین، حجم تمرین واقعی (بار × تکرار × نوبت) ثبت و تحلیل نشد؛ از این‌رو، مقایسه محرک تمرینی بین گروه‌ها بر اساس متغیرهای برنامه‌ریزی شده پروتکل انجام شد. افزون بر این، حجم نمونه نسبتاً کوچک، محدود بودن شرکت‌کنندگان به مردان جوان تمرین‌کرده و نبود گروه کنترل غیرتمرینی، تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود می‌کند. از سوی دیگر، پاسخ سرمی اینترلوکین-۱۵ تنها در یک زمان، بلافاصله پس از سومین جلسه از نخستین هفته تمرینی، ارزیابی شد؛ بنابراین، بررسی روند زمانی پاسخ حاد و تغییرات مزمن این مایوکاین امکان‌پذیر نبود. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با حجم نمونه بیشتر، کنترل دقیق‌تر رژیم غذایی، ثبت حجم تمرین واقعی، استفاده از گروه کنترل غیرتمرینی و نمونه‌گیری خون در چندین زمان، اثر الگوهای مختلف تمرین مقاومتی را بر پاسخ‌های

¹ Enes

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در ایده اولیه، طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل داده‌ها و رویه‌های تجربی مشارکت داشتند. باقررضایی: ایده پردازی، گردآوری داده‌ها، اجرای پژوهش، اجرای پژوهش و طراحی روش شناسی، تهیه جداول و نمودارها، بازبینی و ویرایش علمی مقاله. محمد حسن دهقانیا: ایده پردازی، گردآوری داده‌ها، اجرای پژوهش و طراحی روش شناسی. صادق امانی شلمزاری: ایده پردازی، نظارت علمی، گردآوری داده‌ها، مدیریت پروژه، اجرای

پژوهش، تهیه جداول و نمودارها، بازبینی و ویرایش علمی نهایی مقاله. حمید رجبی: نظارت علمی، مدیریت پروژه، اجرای پژوهش، بازبینی و ویرایش علمی مقاله. بختیار ترتیبیان: نظارت علمی، مدیریت پروژه، بازبینی نهایی مقاله. تمامی نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده‌اند و مسئولیت صحت و یکپارچگی تمامی بخش‌های پژوهش را می‌پذیرند.

تعارض منافع

این پژوهش هیچگونه تضاد و تعارض منافی ندارد.

منابع

1. 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>.
2. Srikanthan P ,Karlman gla AS. Muscle mass index as a predictor of longevity in older adults. The American journal of medicine. 2014;127(6):547-53. doi: 10.1016/j.amjmed.2014.02.007.
3. Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinic B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2018;48(5):1207-20.
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0872-x>.
4. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Effects of resistance training frequency on measures of muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2016;46(11):1689-97.
<https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>.
5. Iversen VM, Norum M, Schoenfeld BJ, Fimland MS. No time to lift? Designing time-efficient training programs for strength and hypertrophy: a narrative review. Sports Medicine. 2021;51(10):2079-95.
<https://doi.org/10.1007/s40279-021-01490-1>.
6. Israetel M, Hoffmann J, Davis DM, Feather J. Scientific Principles of Hypertrophy Training: Renaissance Periodization; 2021. ISBN-13: 979-8708998286.
7. Schwarz AV. Comparing Physiological, Psychological, and Performance Changes Between Myo-Reps Vs Traditional Hypertrophy Protocols. 2024 .[Doctoral dissertation, Liberty University].
8. Bradshaw JT, Sanzo K, Barakat C, Barshun A, Inglima S, Gotla T, et al. Similar Strength and Hypertrophic Adaptations in Less Time? Myo-Reps vs. Traditional Straight-Sets in Resistance-Trained Men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2026;40(6):638-49. DOI: 10.1519/JSC.0000000000005388.
9. 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>.
10. Schoenfeld B. Science and development of muscle hypertrophy: Human Kinetics; 2020. ISBN: 978-1-4925-9768-1.
 11. Quinn LS. Interleukin-15: a muscle-derived cytokine regulating fat-to-lean body composition. Journal of animal science. 2008;86(suppl_14): E75-E83.
<https://doi.org/10.2527/jas.2007-0458>.
 12. Cornish SM, Bugera EM, Duhamel TA, Peeler JD, Anderson JE. A focused review of myokines as a potential contributor to muscle hypertrophy from resistance-based exercise. European Journal of Applied Physiology. 2020;120(5):941-59.
<https://doi.org/10.1007/s00421-020-04337-1>.
 13. Khalafi M, Maleki AH, Symonds ME, Sakhaei MH, Rosenkranz SK, Ehsanifar M, et al. Interleukin-15 responses to acute and chronic exercise in adults: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in immunology. 2024;14:1288537.
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1288537>.
 14. Ringleb M, Javelle F, Haunhorst S, Bloch W, Fennen L, Baumgart S, et al. Acute resistance exercise-induced changes in IL-6, IL-10, and IL-1ra in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. MedRxiv. 2023:2023.05.10.23289790.
<https://doi.org/10.1101/2023.05.10.23289790>.
 15. Peake J, Della Gatta P, Suzuki K, Nieman D. Cytokine expression and secretion by skeletal muscle cells: regulatory mechanisms and exercise effects. Exercise immunology review. 2015;21:8-25. DOI: 10.22029/eir.2015.1693.
 16. Schoenfeld BJ, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K, Belliard R, et al. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. Medicine and science in sports and exercise. 2018;51(1):94. doi: 10.1249/MSS.0000000000001764.
 17. Tartibian B, Rezaei B, Tayebi M. The effect of HMB-FA supplementation on hormonal responses and recovery of elite wrestlers during the simulated wrestling protocol. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2022;10(24):8-21. doi: 10.22077/jpsbs.2021.4451.1650.
 18. Tartibian B, Batahai Zadeh MY, Taybi SM, Rezaei B. The effect of Inflammation-X supplementation on muscle damage and inflammatory serum markers of wrestlers following SWPT-SWFT combination

- protocol. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2024;12(29):36-52. doi: 10.22077/jpsbs.2024.5734.1745.
19. Barbalho M, Gentil P, Raiol R, Del Vecchio FB, Ramirez-Campillo R, Coswig VS. High 1RM tests reproducibility and validity are not dependent on training experience, muscle group tested or strength level in older women. *Sports*. 2018;6(4):171.
<https://doi.org/10.3390/sports6040171>.
20. Fortunato AK, Pontes WM, De Souza DMS, Prazeres JSF, Marcucci-Barbosa LS, Santos JMM, et al. Strength training session induces important changes on physiological, immunological, and inflammatory biomarkers. *Journal of immunology research*. 2018;2018(1):9675216.
<https://doi.org/10.1155/2018/9675216>.
21. Bugera EM, Duhamel TA, Peeler JD, Cornish SM. The systemic myokine response of decorin, interleukin-6 (IL-6) and interleukin-15 (IL-15) to an acute bout of blood flow restricted exercise. *European journal of applied physiology*. 2018; 118(12): 2679-86.
<https://doi.org/10.1007/s00421-018-3995-8>.
22. He Z, Tian Y, Valenzuela PL, Huang C, Zhao J, Hong P, et al. Myokine response to high-intensity interval vs. resistance exercise: an individual approach. *Frontiers in physiology*. 2018;9:1735.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01735>.
23. Kapilevich LV, Zakharova AN, Kabachkova AV, Kironenko TA, Orlov SN. Dynamic and static exercises differentially affect plasma cytokine content in elite endurance-and strength-trained athletes and untrained volunteers. *Frontiers in physiology*. 2017;8:35.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00035>.
24. Domin R, Dadej D, Pytka M, Zybek-Kocik A, Ruchała M, Guzik P. Effect of various exercise regimens on selected exercise-induced cytokines in healthy people. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(3):1261.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18031261>.
25. Riechman SE, Balasekaran G, Roth SM, Ferrell RE. Association of interleukin-15 protein and interleukin-15 receptor genetic variation with resistance exercise training responses. *Journal of Applied Physiology*. 2004;97(6):2214-9.
<https://doi.org/10.1152/jap-physiol.00491.2004>.

26. Bazgir B, Salesi M, Koushki M, Amirghofran Z. Effects of eccentric and concentric emphasized resistance exercise on IL-15 serum levels and its relation to inflammatory markers in athletes and non-athletes. *Asian journal of sports medicine*. 2015;6(3):e27980.
27. 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>.
28. 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. doi: 10.1519/JSC.0000000000001923.