

The effect of 8 weeks of resistance training combined with the use of IsoV isolate supplementation on serum levels of some muscle growth myokines in middle-aged men

Motahereh Shekarian¹, Meysam Shabaninia^{2*}, Hamid Rajabi³, Mohammad Sajjadian⁴

1. Ph.D. student, Department of Physical education and Sport Science, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Physical education and Sport Science, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
3. Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Physical education and Sport Science, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

Abstract

Background and Aim: Skeletal muscle, as an active endocrine tissue, is capable of secreting myokines that play a key role in regulating muscle growth and metabolism. The main challenge is the unclear independent and synergistic effects of resistance training and Iso-Whey supplementation on key myokines such as follistatin and myostatin. Therefore, the aim of this study was to determine the effect of eight weeks of resistance training and Iso-Whey supplementation on serum levels of follistatin and myostatin in middle-aged men.

Materials and Methods: This applied semi-experimental study was conducted on sedentary men aged 40–45 years in Mahshahr. Forty participants were purposefully selected and randomly assigned into four groups: resistance training, supplementation, training + supplementation, and control (10 subjects each). Resistance training was performed for eight weeks, three sessions per week, at an intensity of 60–70% of one-repetition maximum. The supplement consisted of 25 g Iso-Whey protein consumed twice daily after breakfast and lunch. Myokines were assessed using the ELISA method. Data were analyzed using Covariance at a significance level of $p < 0.05$.

Results: A significant increase in serum follistatin was observed in the training ($p = 0.001$), supplementation ($p = 0.002$), and training + supplementation groups ($p = 0.001$). This increase was significantly greater in the training + supplementation group compared with the training ($p = 0.002$) and supplementation groups ($p = 0.001$), and in the training group compared with the supplementation group ($p = 0.001$). Serum myostatin significantly decreased in the training + supplementation ($p = 0.001$), training ($p = 0.001$), and supplementation groups ($p = 0.002$), with the decrease in the training + supplementation group being greater than that of the supplementation group ($p = 0.045$). **Conclusion:** Resistance training and Iso-Whey supplementation, particularly in combination, improved follistatin and myostatin levels and enhanced the anabolic condition of muscle. These findings confirm the role of exercise and nutritional interventions in preventing the loss of muscle mass and strength.

Keywords: Resistance training, Whey protein, Myokines, Muscle growth regulation.



تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل ایزو-وی ایزوله بر سطوح سرمی برخی مایوکاین های رشد عضله مردان میانسال

مطهره شکاریان^۱، میثم شعبانی نیا^{۲*}، حمید رجبی^۳، محمد سجادیان^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۲. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

۳. استاذ، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۴. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: عضله اسکلتی به عنوان یک بافت فعال اندوکرین قادر است مایوکاین‌هایی با نقش کلیدی در تنظیم رشد و متابولیسم عضله ترشح کند. چالش اصلی، روشن نبودن اثرات مستقل و هم‌افزای تمرین مقاومتی و مکمل ایزو-وی بر مایوکاین‌های کلیدی مانند فولیستاتین و میوستاتین است. لذا هدف این پژوهش تعیین تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل ایزووی بر میزان فولیستاتین و میوستاتین سرمی در مردان میانسال بود. **روش تحقیق:** مطالعه به صورت نیمه‌تجربی و کاربردی انجام شد. جامعه آماری شامل مردان کم‌تحرك ۴۰ تا ۴۵ سال بندر ماهشهر بودند. ۴۰ نفر به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در چهار گروه تمرین مقاومتی، مکمل، تمرین+مکمل و کنترل (هر گروه ۱۰ نفر) تقسیم شدند. تمرین مقاومتی به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته، با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه اجرا شد. مکمل ۲۵ گرم پروتئین ایزو-وی دو بار در روز پس از صبحانه و ناهار مصرف شد. مایوکاین‌ها به روش الایزا بررسی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون آنکوا در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ تجزیه و تحلیل شدند. **یافته‌ها:** افزایش معنی‌دار فولیستاتین سرم در گروه‌های تمرین ($p=0.001$)، مکمل ($p=0.001$) و تمرین+مکمل ($p=0.001$) مشاهده شد؛ به گونه‌ای که این افزایش در گروه‌های تمرین+مکمل نسبت به گروه تمرین ($p=0.002$) و گروه مکمل بیشتر ($p=0.001$)؛ و در گروه تمرین از گروه مکمل ($p=0.001$) به طور معنی‌دار بیشتر بود. کاهش معنی‌دار میوستاتین سرم در گروه‌های مکمل+تمرین ($p=0.001$)، تمرین ($p=0.001$) و مکمل ($p=0.002$) مشاهده شد؛ به گونه‌ای که این کاهش در گروه تمرین+مکمل از گروه مکمل ($p=0.045$) بیشتر بود. **نتیجه‌گیری:** تمرین مقاومتی و مکمل ایزو-وی، به‌ویژه در ترکیب با یکدیگر، سطح فولیستاتین و میوستاتین را بهبود داده و شرایط آنابولیک عضله را تقویت می‌کنند. این نتایج نقش مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای را در پیشگیری کاهش توده و قدرت عضلانی تأیید می‌کند.

کلمات کلیدی: تمرین مقاومتی، پروتئین وی، مایوکاین‌ها، تنظیم رشد عضله

عضله اسکلتی نه تنها به عنوان عامل اصلی حرکت شناخته می شود، بلکه یک اندام متابولیک فعال است که مولکول هایی به نام مایوکاین تولید می کند. مایوکاین ها شامل مجموعه ای از پپتیدها، سیتوکین ها و فاکتورهای رشد هستند که در تنظیم فرآیندهای متابولیک و رشد عضلانی نقش حیاتی ایفا می کنند (۱). فولیستاتین به عنوان یک آنتاگونیست قوی مایوستاتین عمل می کند و با اتصال مستقیم به مایوستاتین و مهار فعالیت آن، فرآیندهای رشد و بازسازی عضلانی را تسهیل می کند (۲). این مولکول نه تنها مایوستاتین، بلکه سایر اعضای خانواده فاکتورهای رشد تبدیل کننده بتا¹ ($TGF-\beta$) را نیز مهار کرده و بدین ترتیب تکثیر سلول های ماهواره ای و سنتز پروتئین عضلانی را افزایش می دهد (۳). مایوستاتین، یکی از فاکتورهای اصلی مهارکننده رشد عضلانی، با فعال سازی مسیرهای کاتابولیک مانند SMAD² و مهار مسیرهای آنابولیک نظیر mTOR³، نقش مهمی در کاهش توده عضلانی ایفا می کند و می تواند تکثیر و تمایز سلول های ماهواره ای را محدود نماید (۴). در سنین میانسالی، به ویژه در افرادی که در معرض سارکوپنیا قرار دارند، افزایش نسبی مایوستاتین و کاهش فولیستاتین موجب افت عملکرد عضلانی و کاهش کیفیت زندگی می شود (۵).

تمرینات مقاومتی پیشرونده، به عنوان یکی از موثرترین مداخلات برای افزایش توده عضلانی و قدرت عضلانی شناخته شده اند. این تمرینات با فعال سازی مسیرهای آنابولیک، می توانند بیان فولیستاتین را افزایش و بیان مایوستاتین را کاهش دهند، اما شدت و مدت زمان این اثرات ممکن است تحت تاثیر سن و وضعیت فیزیولوژیک فرد متفاوت باشد (۶). در همین راستا کاظمی و دیگران (۲۰۱۶) توانستند نشان دهند که حتی یک جلسه ورزش می تواند سطح پلاسمایی مایوستاتین را کاهش دهد (۷). راثو و دیگران (۲۰۰۶) نتایج مشابهی یافتند. پس از یک جلسه تمرین مقاومتی، سطح بیان مایوستاتین در نمونه برداری های عضلانی جمع آوری شده به طور قابل توجهی کاهش یافت (۸). همچنین دکورین یک آنتاگونیست مهم مایوستاتین است (۹). این بدان معنی است که سطوح دکورین و مایوستاتین به طور معکوس همبستگی دارند. باقری و دیگران (۲۰۱۹) یک کارآزمایی تصادفی کنترل شده را طی هشت هفته انجام داد که نتیجه آن افزایش سرمی فولیستاتین، بسته به حجم گروه های عضلانی فعال بود (۱۰). پاسخ فولیستاتین به برنامه های تمرین مقاومتی ممکن است بین افراد سارکوپنیک و غیرسارکوپنیک متفاوت باشد. به دنبال یک برنامه تمرین مقاومتی پیشرونده ۸ هفته ای در ترکیبی از مردان میانسال و مسن (۳۱ نفر؛ سن ۵۵ تا ۷۰ سال)، فقط افراد سالم و غیرسارکوپنیک، غلظت فولیستاتین بالا را پس از تمرین نشان دادند (۱۱). بنابراین، اگر فردی از قبل توده عضلانی اسکلتی پایینی داشته باشد، ممکن است از نظر افزایش غلظت فولیستاتین به ورزش مقاومتی به راحتی پاسخ ندهد. این ممکن است به دلیل مقاومت آنابولیک (یعنی عدم پاسخ به محرک های آنابولیک) باشد که مردان سارکوپنیک مسن ممکن است دارای آن باشند (۱۲).

از سوی دیگر، مکمل های پروتئینی به ویژه ایزو وی، سرشار از اسیدهای آمینه شاخه ای و فعال کننده مسیر mTOR هستند و می توانند در تقویت پاسخ عضلانی به تمرین مقاومتی نقش کلیدی داشته باشند (۱۲). سازوکار احتمالی اثر مکمل ایزو وی بر تنظیم فولیستاتین و مایوستاتین شامل تامین آمینواسیدهای ضروری برای سنتز پروتئین، تحریک مسیرهای سیگنالینگ آنابولیک و بهبود فعالیت سلول های ماهواره ای است که در نهایت منجر به افزایش هیپرتروفی عضلانی می شود. در مورد اثر پروتئین وی بر مایوکاین ها به تنهایی و یا همراه با ورزش نتایج روشنی ارائه نشده است. با وجود پژوهش های متعدد در زمینه تاثیر تمرین مقاومتی و مصرف مکمل های پروتئینی به صورت جداگانه، اطلاعات محدودی درباره اثر ترکیبی این دو مداخله بر تغییرات فولیستاتین و مایوستاتین در مردان میانسال در معرض خطر سارکوپنیا وجود دارد. همچنین، بسیاری از مطالعات به علت محدودیت در انتخاب جامعه نمونه یا

¹ Transforming growth factors beta

² Suppressor of Mothers Against Decapentaplegic

³ The mammalian target of rapamycin



روش‌های اندازه‌گیری، نتایج متناقضی ارائه داده‌اند. لذا هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی و مصرف مکمل ایزو وی بر میزان فولیستاتین و مایوستاتین پلاسمایی مردان میانسال کم تحرک است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی و به صورت کار آزمایی بالینی با کد کار آزمایی بالینی IRCT20240424061553N1 است. همچنین این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر با کد اخلاق IR.IAU.BEHBAHAN.REC.1403.001 می باشد. جامعه آماری این تحقیق را مردان ۴۰ تا ۴۵ سال بی تحرک بندر ماهشهر تشکیل داد. بعد از فراخوانی که به عمل آمد، پس از تکمیل فرم رضایت نامه، ویژگی های فیزیولوژیک افراد داوطلب با در نظر داشتن معیارهای ورود بررسی شد. معیار ورود شامل قرار داشتن در دامنه سنی ۴۰ تا ۴۵ سال، نداشتن سابقه منظم ورزشی در یک سال گذشته، عدم مصرف داروهای کاهش دهنده فشار خون و یا چربی خون و دیگر داروهای موثر بر نتایج تحقیق (از جمله داروهای هورمونی و ...)، نداشتن مشکلات حرکتی و نداشتن حساسیت تغذیه ای. معیار خروج از تحقیق نیز عبارت است از؛ عدم مشارکت فعال در تحقیق و مصرف داروهای موثر بر نتایج تحقیق. آزمودنی ها (۴۰ نفر) به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در گروه های؛ تمرین مقاومتی، تمرین - مکمل، مکمل و کنترل تقسیم شد (هر گروه ۱۰ نفر).

در شرایط پایه و بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی نمونه خون وریدی برای اندازه گیری پپتیدهای مورد نظر تحقیق اخذ شد. همچنین پرسشنامه یاد آمد غذایی ۲۴ ساعته نیز تکمیل شد. سپس افراد گروه تمرین در برنامه تمرین مقاومتی ۸ هفته ای شرکت کردند. افراد گروه های مکمل نیز طبق پروتکل تحقیق پروتئین وی مصرف کردند. برنامه غذایی هر فرد بر اساس کیلوکالری BMR+300-500 تعیین گردید (۱۳، ۱۴). گروه کنترل نیز از همین رژیم غذایی پیروی کرد. بعد از اتمام دوره تمرینات و مصرف مکمل و ۴۸ ساعت بعد انجام تمرین و مصرف مکمل، در شرایط ناشتا نمونه خون وریدی اخذ و پرسشنامه یاد آمد غذایی ۲۴ ساعته تکمیل شد.

همچنین اندازه گیری های تن سنجی (دور بازو، دور ران، دور ساق) و ترکیب بدن (وزن بدن، قد، BMI) با استفاده از تکنیک های استاندارد قبل و بعد از پروتکل تمرین ارزیابی شد (۱۵). قد سنج دیجیتال شرکت انیا و دستگاه بادی آنالیز xcontact ساخت کره جنوبی جهت اندازه گیری وزن، توده عضلانی، توده چربی، آب بدن، BMR، پروتئین بدن و مواد معدنی کلیه افراد پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

برآورد یک تکرار بیشینه^۱ (1RM) برای تعیین شدت تمرین برای پروتکل تمرین مقاومتی، انجام شد (۱۶). قبل از تمرین، پرسنل پژوهشی هدف هر آزمون، خطرات، ناراحتی های احتمالی و مسئولیت های شرکت کننده را توضیح دادند. به همه شرکت کنندگان توصیه شد که از مصرف الکل (به مدت ۴۸ ساعت)، نوشیدنی های کافئین دار (به مدت ۱۲ ساعت) و غذا (به مدت ۱۲ ساعت) قبل از جلسات آزمایش خودداری کنند. پس از یک گرم کردن سبک، با حرکات عمومی و اختصاصی، شرکت کنندگان تست قدرت را برای تمام تمرینات موجود در پروتکل تمرین مقاومتی انجام دادند (اسکوات پشت، کشش لت، پرس پا، پرس قفسه سینه، اکستشن پا، بالا بردن جانبی (نشر جانب)، بالا بردن ایستاده ساق پا، جلو بازو و پرس عضله سه سر). (۱۵). حداکثر قدرت از این ارزیابی ها با استفاده از معادله برزیکی برآورد شد:

$$100 \times \left(\frac{\text{وزنه جابه جا شده}}{2/78 - 102/78 \times \text{تعداد تکرار}} \right) = \text{یک تکرار بیشینه (۱۷)}.$$

¹ One repetition maximum

پروتکل سازگاری: آزمودنی گروه های تمرینی به مدت ۲ هفته تمرینات سازگاری را با ۳۰ تا ۴۰ درصد تمرین اصلی انجام دادند.

پروتکل تمرین مقاومتی: یک برنامه تمرینی به مدت هشت هفته، هر هفته ۳ جلسه برای آزمودنی ها طراحی شد که در جدول آورده شده است. شدت تمرین در طول ۸ هفته بین ۶۰ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه متغیر بود. در طول دوره تمرین، اصول اضافه بار و مقاومت فزاینده رعایت شد. گروه کنترل فقط در پیش آزمون و پس آزمون ارزیابی شد، هیچ ماده ای مصرف نکردند و برنامه تمرینی برای آن ها در نظر گرفته شد. از افراد گروه کنترل خواسته شد تا مانند قبل، در طول دوره از انجام فعالیت های بدنی سنگین پرهیز کنند (۱۸).

جدول ۱. جزئیات پروتکل تمرین مقاومتی اجرا شده

ردیف	جلسه اول	جلسه دوم	جلسه سوم
۱	۱۰ دقیقه فعالیت کششی متوسط + دویدن با شدت متوسط	۱۰ دقیقه فعالیت کششی متوسط + دویدن با شدت متوسط	۱۰ دقیقه فعالیت کششی متوسط + دویدن با شدت متوسط
۲	پرس سینه هالتر ۸×۳ با شدت ۷۰ درصد	پرس سینه هالتر معمولی ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	نشر بالا دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد
۳	پشت بازو سیم کش ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	لت پایین ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	فلای معکوس دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد
۴	جلو بازو سیم کش ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	پرس بالا سینه دمبل ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	جلو بازو هالتر ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد
۵	شکم دستگاه ۱۵×۳ با شدت ۷۰ درصد	پلانک ۳۰×۳ ثانیه	شکم دستگاه ۱۵×۳ با شدت ۷۰ درصد
۶	جلو ران دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	جلو ران دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	اسکات اسمیت ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد
۷	پشت ران دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	پشت ران دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	لانچ دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد
۸	ساق پا ایستاده دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	ساق پا نشسته دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد	ساق پا ایستاده دستگاه ۱۰×۳ با شدت ۷۰ درصد
۹	۱۰ دقیقه دوچرخه ثابت سرعت ۵-۷	۱۰ دقیقه دوچرخه ثابت سرعت ۵-۷	۱۰ دقیقه دوچرخه ثابت سرعت ۵-۷
۱۰	کشش	کشش	کشش

تمامی برنامه های تغذیه ای شرکت کنندگان به مدت ۸ هفته تحت نظر متخصصین تغذیه طراحی و اجرا شد. میزان کالری دریافتی روزانه برای هر فرد بر اساس معادله BMR و با در نظر گرفتن محدودیت انرژی ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلوکالری از نیاز روزانه تنظیم شد. انرژی دریافتی روزانه در تمام گروه ها بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلوکالری (نه کیلوژول) تعیین گردید. لازم به ذکر است که تعیین مقادیر بالاتر از نیاز پایه برای پروتئین در این تحقیق با استناد به منابع علمی معتبر صورت گرفته است که نشان داده اند مصرف تا ۲ گرم پروتئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در افراد تمرین کرده در شرایط رژیم های کاهش وزن ایمن و اثربخش است (۲۱-۱۹).



نحوه مصرف مکمل: شرکت کنندگان ۲۵ گرم پروتئین ایزو-وی را دو بار در روز، بلافاصله پس از وعده‌های صبحانه و ناهار مصرف کردند. این مقدار در مجموع معادل ۵۰ گرم پروتئین در روز بود و تقریباً ۳۵ تا ۴۰ درصد از کل پروتئین دریافتی روزانه آنان را تشکیل می‌داد (۲۲).

همچنین برای سنجش غلظت سرمی فولیستاتین و میوستانین از کیت‌های الایزای انسانی شرکت زلبیو^۱ آلمان با حساسیت بالا و حد تشخیص کمتر از ۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر استفاده شد. کیت‌ها بر پایه روش Sandwich ELISA و دارای استاندارد کالیبراسیون بین‌المللی بودند. نمونه‌های سرمی پس از جداسازی و انجماد در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد، طبق دستورالعمل سازنده در صفحات میکروپلیت پوشش‌یافته با آنتی‌بادی اختصاصی انکوبه شدند؛ سپس پس از شست‌وشو و افزودن کونژوگه آنزیمی و سوپسترا، جذب نوری محلول در طول موج ۴۵۰ نانومتر توسط میکروپلیت‌خوان اندازه‌گیری و غلظت‌ها بر اساس منحنی استاندارد محاسبه شد.

روش های آماری: در این پژوهش، برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای اطمینان از همگنی واریانس‌ها از آزمون لون^۲ استفاده شد. هم‌منظور مقایسه تأثیر مداخلات مختلف بر مقادیر پس‌آزمون و کنترل اثر تفاوت‌های اولیه بین گروه‌ها، از تحلیل کوواریانس^۳ با در نظر گرفتن مقادیر پیش‌آزمون به‌عنوان متغیر کوواریانس بهره گرفته شد. در صورت مشاهده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها، برای تعیین محل دقیق اختلاف‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. همچنین، برای بررسی تغییرات درون‌گروهی (تغییرات بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه) از آزمون تی زوجی استفاده شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ و در سطح معنی‌داری $p \leq 0.05$ انجام شد.

یافته ها

نتایج تحلیل کوواریانس با کنترل مقادیر پیش‌آزمون نشان داد که در مرحله پس‌آزمون، بین گروه‌ها از نظر سطح فولیستاتین سرم تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($F=82/73$, $p=0/001$). به عبارت دیگر، نوع مداخله (تمرین، مکمل و ترکیب تمرین+مکمل) تأثیر بسیار معناداری بر سطح فولیستاتین داشت (جدول ۲). بر اساس نتایج آزمون تعقیبی، گروه‌های تمرین ($p=0/001$)، مکمل ($p=0/002$) و تمرین+مکمل ($p=0/001$) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی‌داری در سطح فولیستاتین سرم نشان دادند. همچنین، سطح فولیستاتین در گروه تمرین+مکمل نسبت به گروه تمرین ($p=0/002$) و گروه مکمل ($p=0/001$) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، و گروه تمرین نیز نسبت به گروه مکمل افزایش بیشتری داشت ($p=0/001$) (جدول ۳). نتایج آزمون تی زوجی نیز نشان داد که مقدار فولیستاتین در گروه مکمل ($p=0/002$)، تمرین ($p=0/001$) و تمرین+مکمل ($p=0/001$) افزایش معناداری داشت (جدول ۴). تحلیل اندازه اثر نشان داد که شدت تأثیر مداخلات متفاوت است؛ به‌طوری‌که بیشترین اندازه اثر مربوط به گروه تمرین+مکمل $0/241$ بود که بیانگر اثر بسیار بزرگ است. گروه تمرین به‌تنهایی اندازه اثر کوچکتری $0/041$ و گروه مکمل اندازه اثر متوسطی $0/077$ داشتند، در حالی‌که گروه کنترل اثر قابل‌توجهی نشان نداد و اثر $0/584$ داشت.

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که در بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر میوستانین سرم وجود دارد ($F=28/56$, $p=0/001$). نتایج آزمون توکی در جدول نشان داد که در گروه‌های تمرین ($p=0/001$)، مکمل ($p=0/002$) و تمرین+مکمل ($p=0/001$) در مقایسه با گروه کنترل؛ مقدار میوستانین سرم کاهش معنی‌داری داشت. همچنین سطح میوستانین سرم در گروه تمرین+مکمل ($p=0/045$) نسبت به گروه مکمل به‌طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۲ و ۳). همچنین نتایج آزمون تی زوجی نشان داد مقدار

¹ Zebio

² Levene

³ Ancova

میوستاتین در گروه مکمل ($p=0/001$)، تمرین ($p=0/001$) و تمرین+مکمل ($p=0/001$) کاهش معناداری داشت (جدول ۴). تحلیل اندازه اثر در این پژوهش نشان داد که سه نوع مداخله تمرین، مکمل و ترکیب تمرین+مکمل اثرات متفاوتی بر سطح میوستاتین داشتند. بیشترین تغییر مربوط به گروه تمرین+مکمل بود که با اندازه اثر بسیار بزرگ $0/185$ کاهش قابل توجهی در سطح میوستاتین نشان داد. پس از آن، گروه تمرین تنها با اندازه اثر $0/017$ قرار گرفت، در حالی که مصرف مکمل بدون تمرین با اندازه اثر $0/001$ تأثیر ناچیزی داشت. از سوی دیگر، آزمون کوواریانس تک متغیره نشان داد که اثر کلی گروه‌ها بر سطح میوستاتین بسیار معنی‌دار است ($p=0/001$ ، $F=28/65$ ، $\eta^2=0/85$) به گونه‌ای که ترکیب تمرین و مکمل قوی‌ترین کاهش را در میوستاتین نسبت به سایر گروه‌ها ایجاد کرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرین مقاومتی عامل اصلی در کاهش سطح میوستاتین است و مصرف مکمل نقش تقویت‌کننده‌ای در این پاسخ دارد.

جدول ۲. نتایج آنکوا برای فولیستاتین و میوستاتین

متغیر	درجه آزادی	مجموع مربعات	F	مقدار P
فولیستاتین	۳	۱۶/۵۴	۸۲/۷۳	۰/۰۰۱
میوستاتین	۳	۵/۶۴	۲۸/۵۶	۰/۰۰۱

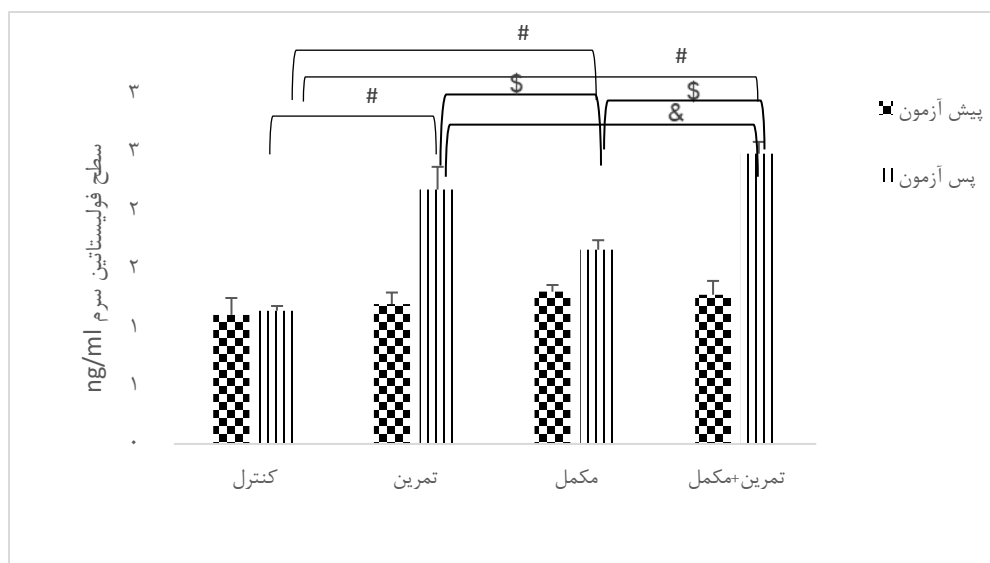
جدول ۳. نتایج آزمون توکی برای فولیستاتین و میوستاتین

متغیر	گروه	گروه	تفاوت میانگین	مقدار P
فولیستاتین	کنترل	مکمل	۰/۵۳	۰/۰۰۱
		تمرین	۱/۰۴	۰/۰۰۱
		تمرین+مکمل	۱/۳۴	۰/۰۰۱
	مکمل	تمرین	۵۲	۰/۰۰۱
		تمرین+مکمل	۰/۸	۰/۰۰۱
		تمرین+مکمل	۰/۳۱	۰/۰۰۲
میوستاتین	کنترل	مکمل	۰/۹۵	۰/۰۰۲
		تمرین	۱/۱۶	۰/۰۰۱
		تمرین+مکمل	۱/۵۵	۰/۰۰۱
	مکمل	تمرین	۰/۲۱	۰/۸۲
		تمرین+مکمل	۰/۵۶	۰/۰۴۵
		تمرین+مکمل	۳۸	۰/۲۵

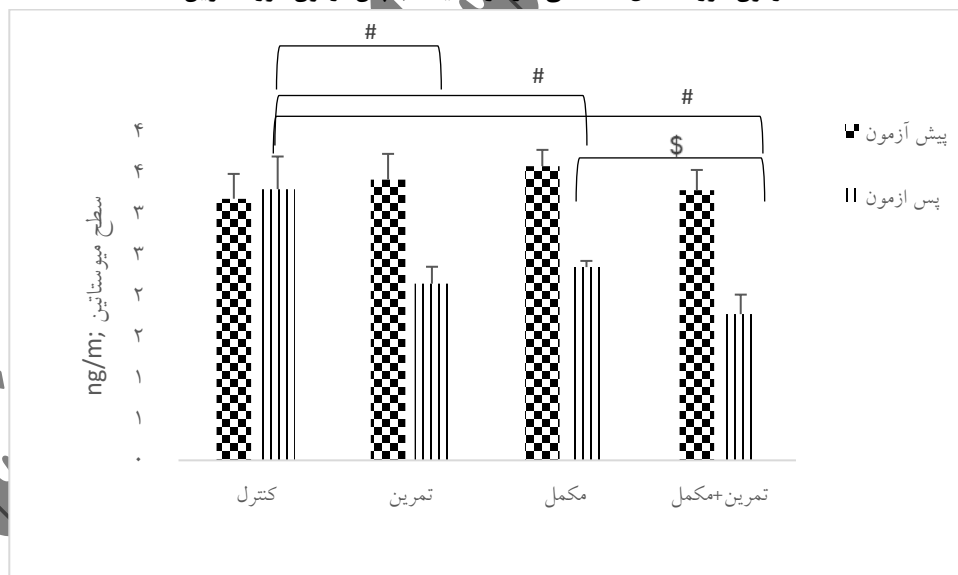
جدول ۴. نتایج آزمون تی زوجی مقایسه داخل گروهی فولیستاتین و میوستاتین

متغیر	مقایسه پیش آزمون با پس آزمون	تفاوت میانگین	مقدار P
فولیستاتین	کنترل	۰/۰۳۵۷۳	۰/۹۹
	مکمل	۰/۳۵۹۶	۰/۰۰۲
	تمرین	۰/۹۸۰۵	۰/۰۰۱
	تمرین+مکمل	۱/۲	۰/۰۰۱
میوستاتین	کنترل	۰/۱۱	۰/۹۹
	مکمل	۱/۲۳	۰/۰۰۱

۰/۰۰۱	۱/۲۷	تمرین
۰/۰۰۱	۱/۵۱	تمرین+مکمل



شکل ۱. مقادیر فولیستاتین در گروه های مختلف. #: تفاوت معنی دار در مقایسه با پس آزمون گروه کنترل، \$: معنی دار در مقایسه با پس آزمون گروه مکمل، &: معنی دار در مقایسه با پس آزمون گروه تمرین



نمودار ۲. مقادیر مایوستاتین در گروه های مختلف. #: تفاوت معنی دار در مقایسه با پس آزمون گروه کنترل، \$: معنی دار در مقایسه با پس آزمون گروه مکمل.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی به تنهایی باعث کاهش معنی دار سطوح میوستانین سرم و افزایش فولیستانین می‌شود، و هنگامی که مکمل پروتئین وی همراه با تمرین مقاومتی داده شود؛ اثرات افزایشی فولیستانین به شکل قابل توجهی تقویت می‌گردد. این یافته‌ها نشان‌دهنده یک رابطه هم‌افزایی یا سینرژیک بین تمرین و مکمل در تنظیم مایوکاین‌های مرتبط با رشد عضله است. به عبارت دیگر، افزایش معنی دار فولیستانین در گروه ترکیبی (تمرین مقاومتی و مکمل) دال بر آن است که مصرف مکمل پروتئین وی، باعث تقویت مسیرهای آنابولیک ناشی از تمرین مقاومتی می‌شود. از طرف دیگر، کاهش میوستانین (که یک مهارکننده قوی رشد عضلانی به شمار می‌رود) در هر دو گروه تمرین و تمرین + مکمل مشاهده شد، اما تفاوت معنی داری بین این دو گروه دیده نشد؛ نتیجه‌ای که می‌تواند به اشباع پاسخ فیزیولوژیکی یا آستانه تنظیم میوستانین مربوط باشد.

مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که یافته‌های ما در جهت تأیید نقش مثبت تمرین مقاومتی در کاهش میوستانین و افزایش فولیستانین است (۱۱). نگارش و دیگران (۲۰۱۹) نشان داد تمرین مقاومتی ۸ هفته‌ای در سالمندان سالم و سارکوپنیک باعث افزایش قدرت، رشد عضله و بهبود شاخص‌های هورمونی شد. مایوستانین در هر دو گروه کاهش یافت، اما افزایش فولیستانین فقط در گروه سالم مشاهده شد (۱۱). اما اسدپور و دیگران (۲۰۲۰) نشان دادند تمرین مقاومتی ۸ هفته‌ای در موش‌های ماده سالمند موجب تغییر در بیان پروتئین‌های مایوستانین و فولیستانین شد (۲۳). تفاوت‌های مشاهده شده در شدت تمرین، مدت زمان مداخله، نوع مکمل و ویژگی‌های جمعیتی نمونه‌ها می‌تواند علت تفاوت نتایج ما با برخی مطالعات باشد (۲۴). برای مثال، مطالعاتی که اثر تمرین یا مکمل را ضعیف‌تر دیده‌اند غالباً شامل جمعیت سالمندان یا افراد با شرایط فیزیولوژیکی خاص بوده‌اند که ممکن است پاسخ متفاوتی به مداخله داشته باشند (۲۵). همچنین مدت زمان مداخله و نوع تمرین مقاومتی که در مطالعه حاضر با شدت و حجم مناسب طراحی شده است، در تقویت پاسخ‌های آنابولیک نقش مهمی دارد.

در مورد دلیل تغییرات متغیرهای اصلی تحقیق در اثر تمرین مقاومتی، می‌توان به فعال شدن مسیرهای سیگنالینگ PI3K/Akt/mTOR باشد که نقش کلیدی در سنتز پروتئین و رشد عضلانی دارند اشاره کرد (۲۶). فولیستانین با مهار مستقیم میوستانین، اجازه رشد و بازسازی عضله را می‌دهد و مکمل پروتئین وی که سرشار از اسیدهای آمینه ضروری به ویژه لوسین است، مسیر mTOR را فعال‌تر کرده و موجب افزایش سنتز پروتئین عضلانی می‌شود (۲۷). بنابراین، وقتی تمرین مقاومتی به عنوان محرک مکانیکی و آسیب عضلانی عمل می‌کند و مکمل به عنوان محرک تغذیه‌ای مسیرهای آنابولیک را تقویت می‌کند، نتایج به صورت افزایش قابل توجه فولیستانین و کاهش میوستانین بروز می‌کند که در نهایت باعث افزایش حجم و قدرت عضلانی می‌گردد.

از نظر مکانیسمی، تمرین مقاومتی موجب آسیب‌های میکروسکوپی به فیبرهای عضلانی می‌شود که به نوبه خود، پاسخ التهابی و ترمیمی را فعال می‌کند. این فرآیندها منجر به آزادسازی فاکتورهای رشدی مانند IGF-1 و تحریک مسیرهای سیگنالینگ PI3K/Akt/mTOR می‌گردد که اساس فرآیندهای سنتز پروتئین و هایپرتروفی عضلانی هستند (۲۶). مکمل پروتئین وی با تأمین سریع و کافی اسیدهای آمینه، به ویژه لوسین که یک فعال‌کننده قوی mTOR است، باعث تقویت این مسیرها می‌شود. به عبارت دیگر، مکمل تغذیه‌ای باعث می‌شود که بدن پس از آسیب عضلانی ناشی از تمرین، با سرعت و کارایی بیشتری پروتئین‌های عضلانی را سنتز کند و رشد عضله افزایش یابد (۲۸). این تعامل مثبت بین محرک مکانیکی تمرین و محرک تغذیه‌ای مکمل، می‌تواند به عنوان یک مکانیسم هم‌افزایی در نظر گرفته شود که نتایج قابل توجهی در افزایش فولیستانین و در نهایت رشد عضلانی به دنبال دارد.



محدودیت اصلی مطالعه، عدم اندازه‌گیری برخی مایوکاین‌های دیگر موثر در فرآیند رشد عضلانی مانند دکورین و IGFBP-3 است که می‌توانند نقش مهمی در تنظیم میوستاتین و فولیستاتین داشته باشند. همچنین عدم بررسی پاسخ‌های طولانی‌مدت پس از پایان دوره مداخله، امکان ارزیابی پایداری تغییرات را محدود کرده است. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده مدت زمان مداخله و پیگیری پس از آن افزایش یافته و طیف وسیع‌تری از مایوکاین‌ها بررسی شود تا بتوان سازوکارهای دقیق‌تر تعامل تمرین و مکمل را شفاف‌تر کرد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمرین مقاومتی و مصرف مکمل پروتئین وی، هر دو به‌طور مستقل و به‌ویژه در ترکیب با یکدیگر، موجب بهبود نسبت فولیستاتین به میوستاتین و تقویت شرایط آنابولیک در عضله می‌شوند. این نتایج بیانگر آن است که تمرین مقاومتی می‌تواند به‌عنوان یک راهکار اصلی و مکمل پروتئین وی به‌عنوان یک تقویت‌کننده تغذیه‌ای، نقش مؤثری در پیشگیری یا درمان کاهش توده و قدرت عضلانی داشته باشند. از منظر کاربردی، استفاده از ترکیب تمرین و مکمل می‌تواند در برنامه‌های مداخله‌ای برای ارتقای سلامت عضلانی افراد مبتلا به اختلالات متابولیک، سالمندان در معرض سارکوپنی و ورزشکاران به‌عنوان راهکاری عملی و مقرون‌به‌صرفه مدنظر قرار گیرد. در مجموع، نتایج این مطالعه اهمیت توجه هم‌زمان به مداخلات ورزشی و تغذیه‌ای را در مدیریت بهینه عوامل مؤثر بر هایپرتروفی عضلانی و سلامت متابولیک تأیید می‌کند.

تعارض منافع

نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

بدین وسیله از همه افراد شرکت کننده در پژوهش تشکر می‌کنیم.

منابع

1. Letukienė A, Hendrixson V, Ginevičienė V. Current knowledge and scientific trends in myokines and exercise research in the context of obesity. *Frontiers in Medicine*. 2024;11:1421962. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1421962>
2. Alshahrani S. Modulating Benign Prostatic Hyperplasia Through Physical Activity—The Emerging Role of Myokines: A Narrative Review. *Medicina*. 2025;61(8):1362. <https://doi.org/10.3390/medicina61081362>
3. Jin S. The mechanism of FAPs in the regeneration of skeletal muscle. *Academic Journal of Medicine & Health Sciences*. 2025;6(4):34-9. <http://doi.org/10.25236/AJMHS.2025.060406>
4. Zhong C, Zeng X, Yi X, Yang Y, Hu J, Yin R, et al. The Function of Myostatin in Ameliorating Bone Metabolism Abnormalities in Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus by Exercise. *Curr Issues Mol Biol*. 2025;47(3):158. <https://doi.org/10.3390/cimb47030158>
5. Ahmed S, Abdelmajeed M, Aboelwafa R, Genena DMM, Emara R. Myostatin as a potential diagnostic biomarker in elderly patients with sarcopenia. *NILES journal for Geriatric and Gerontology*. 2024;7(2):321-39. <http://doi.org/10.21608/niles.2024.275569.1081>
6. 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;120:941-59. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04337-1>
7. Kazemi F. The correlation of resistance exercise-induced myostatin with insulin resistance and plasma cytokines in healthy young men. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2016;39:383-8. <https://doi.org/10.1007/s40618-015-0373-9>

8. Raue U, Slivka D, Jemiolo B, Hollon C, Trappe S. Myogenic gene expression at rest and after a bout of resistance exercise in young (18–30 yr) and old (80–89 yr) women. *Journal of Applied Physiology*. 2006;101(1):53-9. <https://doi.org/10.1152/japophysiol.01616.2005>
9. Brandan E, Fuentes M, Andrade W. The proteoglycan decorin is synthesized and secreted by differentiated myotubes. *Eur J Cell Biol*. 1991;55(2):209-16.
10. 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;119:1921-31. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04180-z>
11. Negaresh R, Ranjbar R, Baker JS, Habibi A, Mokhtarzade M, Gharibvand MM, et al. Skeletal muscle hypertrophy, insulin-like growth factor 1, myostatin and follistatin in healthy and sarcopenic elderly men: the effect of whole-body resistance training. *International journal of preventive medicine*. 2019;10. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_310_17
12. Endo Y, Nourmahnad A, Sinha I. Optimizing skeletal muscle anabolic response to resistance training in aging. *Frontiers in physiology*. 2020;11:874. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00874>
13. Iraki J, Fitschen P, Espinar S, Helms E. Nutrition recommendations for bodybuilders in the off-season: A narrative review. *Sports*. 2019;7(7):154. <https://doi.org/10.3390/sports7070154>
14. Larson-Meyer DE, Krasn RK, Meyer LM. Weight gain recommendations for athletes and military personnel: a critical review of the evidence. *Current Nutrition Reports*. 2022;11(2):225-39. <https://doi.org/10.1007/s13668-022-00395-3>
15. Ataieinosrat A, Saeidi A, Abednatanzi H, Rahmani H, Dalooi AA, Pashaai Z, et al. Intensity Dependent Effects of Interval Resistance Training on Myokines and Cardiovascular Risk Factors in Males With Obesity. *Frontiers in Endocrinology*. 2022;13. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.895512>
16. Grgic J, Lazinica B, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Test-retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: a systematic review. *Sports medicine-open*. 2020;6(1):1-16. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
17. Abdul-Hameed U, Rangra P, Shareef MY, Hussain ME. Reliability of 1-repetition maximum estimation for upper and lower body muscular strength measurement in untrained middle aged type 2 diabetic patients. *Asian journal of sports medicine*. 2012;3(4):267. <https://doi.org/10.5812/asjms.34549>
18. Ahmadi Kani Golzar F, Sheikholeslami Vatani D, Kashkooli V, Moradi H, Farhangian M. The effects of whey protein isolate supplement and strength training on weight loss, body composition, strength and muscle hypertrophy in overweight young men. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2012;7(2):37-46. [In Persian]
19. Kasraei H, Kargaefard M, Nazarali P, Nobari H, Zare A. The Effects Of Combined Exercise With And Without Diet On Plasma Inflammatory Biomarkers And Endothelial Dysfunction In Elderly Patients With Type 2 Diabetes. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. 2019;18(4):207-20. [In Persian]
20. Leidy HJ, Clifton RM, Astrup A, Wycherley TP, Westerterp-Plantenga MS, Luscombe-Marsh ND, et al. The role of protein in weight loss and maintenance. *The American journal of clinical nutrition*. 2015;101(6):1320S-9S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084038>
21. Guarneri LL, Kirkpatrick CF, Maki KC. Protein, fiber, and exercise: a narrative review of their roles in weight management and cardiometabolic health. *Lipids in Health and Disease*. 2025;24(1):1-14. <https://doi.org/10.1186/s12944-025-02659-7>
22. Griffen C, Duncan M, Hattersley J, Weickert MO, Dallaway A, Renshaw D. Effects of resistance exercise and whey protein supplementation on skeletal muscle strength, mass, physical function, and hormonal and inflammatory biomarkers in healthy active older men: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Experimental gerontology*. 2022;158:11.1651 <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111651>
23. Asadpour SM, Daryanoosh F, Salesi M, Nemati J. Effect of Eight Weeks of Resistance Training on Myostatin and Follistatin Proteins Content in Gastrocnemius Muscle Tissue of Elderly Rats. *The Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2020;28(10):3134-43. [In Persian]



24. Jokar M, Sherafati Moghadam M, Amirahmadi M. The effect of high intensity interval training on myostatin and SMAD2/3 proteins in the left ventricular tissue of the heart muscle of type 1 diabetic rats. *Daneshvar Medicine*. 2021;29(2):21–30. [In Persian]
25. Hulmi JJ, Kovanen V, Selänne H, Kraemer WJ, Häkkinen K, Mero AA. Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids*. 2009;37:297-308. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0150-6>
26. 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. *Physiol Behav*. 2023;269:114272. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114272>
27. Karimi R, Fakhrpour R, Zarneshan A. Effect of Resistance Training with Milk Protein Concentrate (MPC) Supplementation on serum levels of Follistatin and myostatin and Muscle Hypertrophy in Beginner Bodybuilders. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2022;9(1):151-63. [In Persian]
28. Master PBZ, Macedo RCO. Effects of dietary supplementation in sport and exercise: A review of evidence on milk proteins and amino acids. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2021;61(7):1225-39. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1756216>

مجله علمی ورزش از انتشارات ویدایش نشده