



Research Article

## Effect of 6-Weeks Resistance Training with High and Low Intensity on Muscle Growth and Damage Factors in Active Girls

Mahsa Porsesh<sup>1</sup> , Abdulhamid Habibi<sup>2</sup> , Majid Mardaniyan Ghahfarrokhi<sup>3,\*</sup> ,  
Saeed Ahmadi Barati<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> PhD Student of Exercise Physiology, Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>2</sup> Professor-Department of Exercise Physiology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

<sup>3</sup> PhD Student of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

<sup>4</sup> Lecturer of Physical Education and Sport Sciences, Department of Physical Education and Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

\* **Corresponding author:** Majid Mardaniyan Ghahfarrokhi, PhD Student of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: [majid.mardaniyan@gmail.com](mailto:majid.mardaniyan@gmail.com)

DOI: [10.52547/nkums.13.1.20](https://doi.org/10.52547/nkums.13.1.20)

### How to Cite this Article:

Porsesh M, Habibi AH, Mardaniyan Ghahfarrokhi M, Ahmadi Barati S. Effect of 6-Weeks Resistance Training with High and Low Intensity on Muscle Growth and Damage Factors in Active Girls. *J North Khorasan Univ Med Sci.* 2021;13(1):20-28. DOI: 10.29252/nkjms-13014

Received: 14 Dec 2019

Accepted: 29 Sep 2021

### Keywords:

Resistance Training  
Muscle Damage  
Muscle Growth  
Active Girls

### Abstract

**Introduction:** The intensity of exercise is an important factor in choosing the right exercise program. The aim of current study was effect of 6-weeks of resistance training with high and low intensity on muscle growth and damage factors in active girls.

**Methods:** 45 active girls with mean age of  $20.7 \pm 1.3$  years, weight  $58.5 \pm 2.4$  kg, and BMI  $23.1 \pm 0.5$  kg / m<sup>2</sup> were randomly divided to High (15 students) and low (15 students) intensity resistance training and control (15 students). The experimental groups performed their special training for 6 weeks. 48 hours before and after the main protocols blood samples were taken. Within-group variations with t-test and between-group variations were analyzed by two-way ANOVA with repeated measures (time \* group).

**Results:** There was a significant difference in the follistatin ( $P = 0.002$ ), follistatin / myostatin ratio ( $P = 0.001$ ), C-reactive protein ( $P = 0.006$ ), growth hormone ( $P = 0.021$ ) Testosterone ( $P = 0.007$ ) and testosterone / cortisol ratio ( $P = 0.033$ ) were observed between the groups. The post-hoc test showed a significant difference in follistatin, follistatin/myostatin ratio, testosterone, testosterone/cortisol ratio, growth hormone and c-reactive protein in both experimental and control groups ( $P < 0.05$ ). However, among all the factors, only a significant increase in growth hormone was observed in the high intensity training group compared to low intensity resistance training group ( $P = 0.04$ ).

**Conclusions:** Although there were significant difference in growth hormone between high and low intensity groups. However, intense resistance training seems to be as effective in terms of hormonal and metabolic changes as low-intensity resistance training.



## تأثیر ۶ هفته تمرین مقاومتی با شدت بالا و پایین بر شاخص‌های رشد و آسیب عضلانی دختران فعال

مهسا پرسش<sup>۱</sup> ID، عبدالحمید حبیبی<sup>۲</sup> ID، مجید مردانیان قهفرخی<sup>۳\*</sup> ID، سعید احمدی براتی<sup>۴</sup> ID

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۲</sup> استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری، گروه علوم ورزشی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

<sup>۴</sup> مربی، عضو هیئت علمی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

\* نویسنده مسئول: مجید مردانیان قهفرخی، دانشجوی دکتری، گروه علوم ورزشی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. ایمیل:

majid.mardaniyan@gmail.com

DOI: 10.52547/nkums.13.1.20

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳ | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸  | مقدمه: شدت فعالیت ورزشی، بعد مهمی در انتخاب برنامه تمرینی مناسب می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین مقاومتی با شدت بالا و پایین بر شاخص‌های رشد و آسیب عضلانی دختران فعال می‌باشد.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| واژگان کلیدی:            | روش کار: ۴۵ دختر فعال، با میانگین سن ۲۰/۷±۱/۳ سال، وزن ۵۸/۵±۲/۴ کیلوگرم و شاخص توده بدنی ۲۳/۱±۰/۵ کیلوگرم بر مترمربع به صورت تصادفی به گروه‌های تمرین مقاومتی با شدت بالا (۱۵ نفر)، شدت پایین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه‌های تجربی به مدت ۶ هفته تمرینات اختصاصی خود را انجام دادند. ۴۸ ساعت قبل و پس از پروتکل اصلی نمونه‌های خون گرفته شد. تغییرات درون گروهی با آزمون t همبسته و تغییرات بین گروهی با آزمون آنالیز واریانس دوطرفه با اندازه گیری مکرر (گروه*زمان) بررسی شدند.                                                                                                                      |
| تمرین مقاومتی            | یافته‌ها: تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های فولیستاتین (P=۰/۰۰۲)، نسبت فولیستاتین به میوستاتین (P=۰/۰۰۱)، پروتئین واکنشگر C (P=۰/۰۰۶)، هورمون رشد (P=۰/۰۲۱)، تستوسترون (P=۰/۰۰۷) و نسبت تستوسترون به کورتیزول (P=۰/۰۳۳) بین گروه‌ها مشاهده شد. در نتیجه آزمون تعقیبی تفاوت معنی‌دار در فولیستاتین، نسبت فولیستاتین به میوستاتین، نسبت تستوسترون به کورتیزول، هورمون رشد و پروتئین واکنشگر C دو گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد (P≤۰/۰۰۵). باین وجود در بین کلیه شاخص‌ها تنها افزایش معنی‌داری در هورمون رشد در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی با شدت پایین مشاهده شد (P=۰/۰۴۶). |
| آسیب عضلانی              | نتیجه گیری: هر چند تفاوت معنی‌داری در هورمون رشد بین گروه با شدت بالا و پائین مشاهده شد، باین وجود، به نظر می‌رسد بین شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی از نظر شاخص‌های رشد و آسیب عضلانی دختران فعال تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| رشد عضلانی               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| دختران فعال              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

### مقدمه

بهبود متابولیسمی و هیستولوژیکی آن نسبت به فعالیت بدنی کم شدت نیز گزارش شده است (۴). آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز از جمله شاخص‌های سنجش میزان آسیب‌های عضله می‌باشند، چراکه با افزایش شدت و بار بیش از حد فعالیت ورزشی، این دو آنزیم به طور قابل توجهی به مایع میان بافتی نشت می‌کنند (۵). پروتئین واکنشگر C یک پروتئین سرمی و مهم‌ترین شاخص التهابی است که در پی ایجاد آسیب توسط کبد تولید می‌شود (۴). ویدیاساگار و همکاران (۲۰۱۳)؛ نشان دادند که هر سه شدت (شدید، متوسط، کم شدت)، فعالیت ورزشی موجب کاهش معنی‌دار پروتئین واکنشگر C می‌شود (۶). از طرفی تحقیقات نشان می‌دهند که انسولین به عنوان یک هورمون آنابولیکی، از طریق افزایش میزان سنتز پروتئین و کاهش میزان تجزیه پروتئین باعث کاهش تخریب عضلانی پس از فعالیت‌های

در سال‌های اخیر تمرینات مقاومتی، در بین افراد به‌ویژه جوانان رونق یافته است، به‌طوری‌که از این تمرینات برای ارتقای آمادگی جسمانی، باز توانی ورزشکاران آسیب‌دیده و سلامت استفاده می‌شود (۱). تمرینات مقاومتی محرک قوی برای افزایش سنتز پروتئین عضله و متعاقباً افزایش اندازه عضله محسوب می‌شود (۲). عضله اسکلتی از نظر بیولوژیکی، پروتئین‌های فعال را تولید و ترشح می‌کند که تعامل متابولیسمی بین سیستم‌های مختلف را تسهیل می‌کنند (۳). از این رو محققان همواره به دنبال یافتن روش‌های تمرینی هستند که بهترین پاسخ متابولیسمی را به همراه داشته باشد. شدت فعالیت، از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در تمرینات مقاومتی محسوب می‌شود. فعالیت بدنی شدید ممکن است سیستم ایمنی را تحت فشار قرار دهد و ترشح عوامل آسیب عضلانی و التهابی را تحریک کند، اما با این وجود اثربخشی کامل تر و

برخی از پرش‌های مطرح در مورد تغییرات هورمون‌های آنابولیکی و کاتابولیکی و عوامل وابسته به آن‌ها در پاسخ به شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بیابیم. از این‌رو با توجه به مطالب گفته‌شده هدف از پژوهش حاضر بررسی شدت‌های مختلف تمرین مقاومتی بر شاخص‌های رشد و آسیب عضلانی دختران فعال می‌باشد.

## روش کار

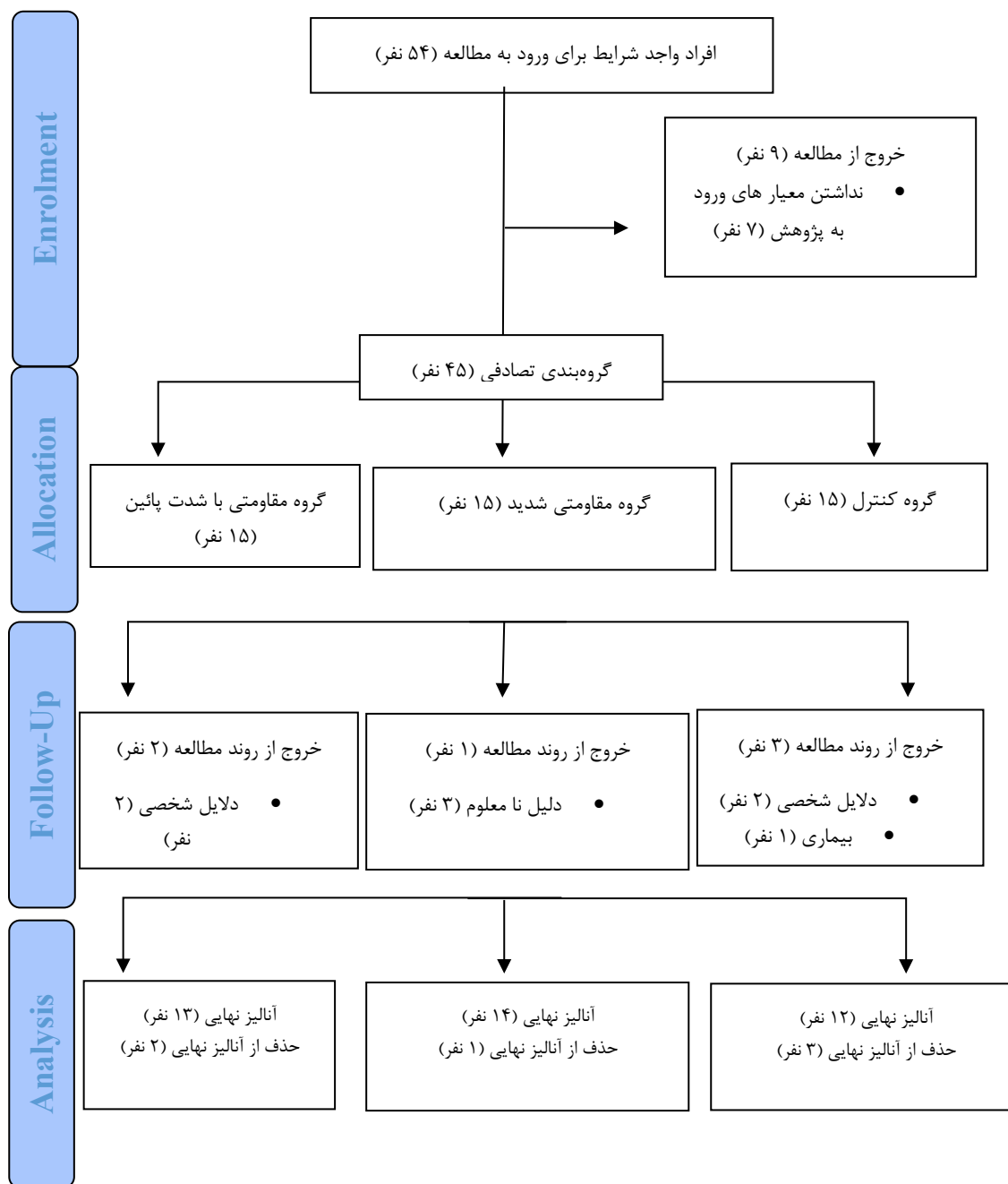
در این مطالعه جامعه آماری شامل دانشجویان دختر مقطع کارشناسی علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز بودند. پس از تکمیل پرسشنامه‌های پزشکی و اعلام آمادگی برای شرکت در پژوهش رضایت‌نامه کتبی شرکت در پژوهش توسط آزمودنی‌ها امضا شد. دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال، عدم وجود هرگونه رژیم غذایی کاهش یا افزایش وزن، عدم مصرف دارو و مکمل، عدم استعمال دخانیات، نداشتن سابقه بیماری و عفونت اثرگذار بر فاکتورهای ایمنی و آشنایی با تمرینات با وزنه به عنوان معیارهای ورود به پژوهش در نظر گرفته شد. ملاک‌های خروج از مطالعه شامل هرگونه آسیب دیدگی، بیماری خاص، اضافه وزن، مصرف هرگونه مکمل، حضور همزمان در فعالیت‌های ورزشی مشابه و غیبت بیش از ۳ جلسه در طول پروتکل پژوهش بود. اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی، آنروپومتریک، ترکیب بدنی، حداکثر اکسیژن مصرفی (از طریق آزمون بروس) و همچنین یک تکرار بیشینه (1RM) صورت گرفت. از بین ۵۴ نفر داوطلب ورود به پژوهش، ۴۵ نفر به صورت هدفمند و بر اساس معیارهای ورود به مطالعه با میانگین سن  $20.7 \pm 1.3$  سال به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند و به شکل تصادفی و توسط یک دستیار تحقیق (۱۶)، در سه گروه تمرین مقاومتی شدید (۱۵ نفر)، تمرین مقاومتی با شدت پائین (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند.

برای محاسبه یک تکرار بیشینه، هر آزمودنی بر اساس توانایی عضلانی خود، وزنه‌ای را انتخاب کرد و سپس حرکت موردنظر تا حد واماندگی تکرار شد. سپس با قرار دادن وزنه جابجا شده و تعداد تکرار انجام‌شده در فرمول، یک تکرار بیشینه محاسبه گردید (۱۷).

$$1RM = \text{وزنه جابجا شده} / 0.28 - (\text{تعداد تکرار تا خستگی} \times 0.278)$$

پروتکل تمرین با دو شدت بالا و پائین با توالی سه جلسه در هفته به مدت ۶ هفته انجام شد. برنامه تمرینی برای هر دو گروه یک پروتکل محقق ساخته بود و بر اساس معادله یک تکرار بیشینه طراحی شد. در طول اجرای پروتکل گروه کنترل به فعالیت‌های روزمره خود می‌پرداختند. در ۳ جلسه پیش از شروع پروتکل اصلی آزمودنی‌ها حرکات سبکی را با هالتر و دمبل برای آشنایی با تمرینات مقاومتی زیر نظر محققین انجام دادند. هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی و اختصاصی (دویدن نرم، حرکات کششی و استفاده از وزنه‌های سبک) بود، بدنه اصلی تمرین شامل حرکات جلو بازو، پشت بازو، پرس سینه، زیر بغل، خم کردن تنه، اسکوات، پرس پا، لانژ در دو شدت بالا (۷۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته اول و افزایش تا ۹۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته آخر با ۵ تا ۱۵ تکرار) و شدت پائین (۴۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته اول و افزایش تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته آخر با ۲۰ تا ۳۰ تکرار) بود و ۱۰ دقیقه انتهایی به تمرینات سرد کردن (حرکات کششی) اختصاص داده شد.

مقاومتی می‌شود. بنابراین، انسولین احتمالاً انتشار پروتئین‌های درون عضلانی نظیر لاکتات دهیدروژناز (مهم‌ترین شاخص آسیب عضله)؛ به خارج را کاهش می‌دهد، به‌علاوه، انسولین با افزایش سنتز پروتئین احتمالاً موجب افزایش سرعت‌ترمیم بافت عضلانی می‌شود و آن نیز به‌نوبه خود انتشار کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به خارج از سلول را محدود می‌کند (۷، ۸). در پژوهشی باهدف مقایسه‌ی دو برنامه‌ی با شدت متوسط (۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) و شدت بالا (۱۰۰ درصد یک تکرار بیشینه) کاهش معنی‌دار انسولین را در هر دو شدت تمرینی نشان دادند. باین‌وجود روایی و همکاران بین سه شدت ۷۵، ۸۵، ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه تفاوت معنی‌داری در انسولین نشان ندادند (۹). همچنین پروتئین میوستاتین یا عامل رشدی/تمایزی، از فاکتورهای رشدی و کاتابولیکی می‌باشد بیان آن به طور منفی رشد عضله اسکلتی را تنظیم می‌کند (۱۰). عطار زاده حسینی و همکاران (۲۰۱۷)؛ بیان کردند که تمرین مقاومتی کم شدت تأثیر چندانی بر عواملی میواستاتیک و میوژنیک زنان جوان ندارد، اما تمرینات مقاومتی پرشدت می‌تواند از طریق افزایش فولستاتین و کاهش میوستاتین به توسعه بافت عضلانی منجر شود (۱۱). میوستاتین عضو مهمی از مسیرهای سیگنالی است که حساسیت به انسولین کل بدن را تعیین می‌کند و عمل انسولین به غلظت میوستاتین مرتبط است (۱۱). اعمال میوستاتین می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای تعاملی دیگری نظیر فولستاتین قرار گیرد. فولستاتین به‌عنوان قوی‌ترین فاکتور آنتاگونیست میوستاتین، می‌تواند با اتصال به گیرنده میوستاتین (اکتوین IIb) موجب جلوگیری از تحلیل عضلانی ایجاد شده توسط میوستاتین شود (۱۲). اما در زنان استرادیول از مؤثرترین استروژن‌های طبیعی است و نقش محافظتی و همچنین رشد و نمو استخوان را ایفا می‌کند. این اثر به‌مراتب قوی‌تر از اثری است که تستوسترون در این مورد بر مردها دارد. از طرفی استرادیول برداشت گلوکز توسط بافت‌های محیطی را مهار و فراخوانی اسیدهای چرب آزاد از بافت چربی را افزایش می‌دهد که از این نظر مشابه هورمون رشد عمل می‌کند (۱۳). تمرین مقاومتی از طریق اعمال بار مکانیکی باعث افزایش بیان عواملی چون هورمون رشد شبه انسولینی (IGF-1) و متعاقب آن هورمون رشدی و هورمون‌های جنسی نظیر تستوسترون و استرادیول می‌شود و از آنجاکه هورمون‌های جنسی همانند فولستاتین قادر هستند که مانع بیان میوستاتین شوند، این احتمال وجود دارد که این‌گونه تمرینات از بیان میوستاتین ممانعت کنند و سبب رشد و نمو عضله اسکلتی گردند (۱۴). علاوه بر این، نسبت تستوسترون به کورتیزول می‌تواند بیانگر فشار تمرینی متعادل و متناسب باشد به عبارتی این نسبت بیانگر افزایش عملکرد، سازگاری‌های فیزیولوژیکی و دست‌کاری اصولی متغیرهای تمرینی ازجمله حجم، تعداد جلسات، شدت و مدت تمرین می‌باشد (۱۵). درزمینه‌ی شدت مطلوب علی‌الخصوص در دختران جوان اطلاعات کمی در دست است و محققان در این زمینه اتفاق نظر ندارند و ابهامات زیادی در مورد آن وجود دارد، متخصصین علوم ورزشی نیز امیدوارند با شناسایی نقش میوستاتین و عوامل وابسته به آن در مکانیسم‌های مختلف سازگاری ورزشکاران بتوانند کمک ارزشمندی به توسعه‌ی علوم ورزشی انجام دهند. در این پژوهش سعی شده است که تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت‌های متفاوت بر هورمون‌ها و دیگر عوامل وابسته به رشد و آسیب عضلانی در یک دوره‌ی شش‌هفته‌ای بررسی شود تا شاید پاسخی مناسب برای



شکل ۱. فلوچارت کانسورت

IGF- (Minneapolis, USA) R&D system: برای محاسبه ی-

1 از کیت الایزا شرکت (Minneapolis, USA)، هورمون رشد و تستوسترون از کیت الایزا شرکت (Monobind Inc, USA)، کورتیزول از کیت الایزا شرکت (DiaPlus, USA) استرادیول و لاکتات دهیدروژناز به وسیله کیت پارس آزمون ساخت ایران به روش الایزا و فوتومتري، انسولین از کیت Mercodia ساخت کشور سوئد به روش الایزا پروتئین و اکشنر C با استفاده از کیت بیومیریکا آلمان و به روش الایزا اندازه گیری شدند. ضریب تغییرات همه کیت ها کمتر از

هر حرکت ۵ ست تکرار شد. استراحت بین هر ست ۳۰ ثانیه و استراحت بین هر حرکت ۲ دقیقه در نظر گرفته شد (۱۸). برای کنترل شدت تمرین هر ۲ هفته ۱ تکرار بیشینه آزمودنی ها محاسبه می شد. ۲۴ ساعت قبل و ۲۴ پس از اتمام پروتکل پژوهش و پس از حداقل ۱۲ ساعت ناشتایی نمونه های خون (۱۰ سی سی) از ورید بازویی آزمودنی ها و در حالت نشسته گرفته شد. نمونه های خون بلافاصله با دور ۳۰۰۰ سانتریفیوژ شد و سرم جدا شده در دمای ۷۰- نگهداری شد. برای محاسبه سطوح سرمی میوستاتین و فولیستاتین از کیت الایزا شرکت

۱۰ درصد بود. جهت محاسبه میانگین و انحراف معیار از آمار توصیفی استفاده شد. از آزمون شاپیرو-ویلک برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها استفاده شد. جهت مقایسه‌ی بین گروهی شاخص‌های آنروپومتریکی و فیزیولوژیکی در ابتدای مطالعه از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. جهت مقایسه‌های درون گروهی از آزمون t وابسته و جهت مقایسه‌های بین گروهی از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر (طرح گروه\*زمان) استفاده شد. در صورت معنی‌داری آزمون آنالیز واریانس از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. کلیه عملیات آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و در سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  انجام شد.

## یافته‌ها

جدول ۱. مقایسه مقادیر پایه برخی از شاخص‌های آنروپومتریکی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

| شاخص                                                | کنترل     | مقاومتی با شدت پائین | مقاومتی با شدت بالا | P-Value بین گروهی |
|-----------------------------------------------------|-----------|----------------------|---------------------|-------------------|
| سن (سال)                                            | ۲۱±۰/۵    | ۲۱/۱±۱/۱             | ۲۰/۳±۰/۸            | ۰/۹۲۷             |
| قد (سانتی‌متر)                                      | ۱۶۱/۷±۱/۱ | ۱۶۲/۳±۱/۲            | ۱۶۳±۱/۱             | ۰/۸۱۳             |
| وزن (کیلوگرم)                                       | ۵۷/۳±۱/۷  | ۵۸/۴±۲/۷             | ۵۹/۵±۳/۲            | ۰/۴۵۹             |
| شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)                  | ۲۲/۱±۰/۸  | ۲۳±۰/۵               | ۲۳/۱±۱/۵            | ۰/۶۶۴             |
| حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه) | ۳۶/۷±۲/۹۷ | ۳۸/۶±۲/۱۸            | ۳۷/۸±۲/۶۶           | ۰/۶۱۶             |
| درصد چربی بدن (درصد)                                | ۳۳/۳±۲/۸  | ۲۹/۴±۰/۹             | ۲۸/۵±۲              | ۰/۱۳۸             |

نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری  $P \geq 0.05$ .

همچنین در نتیجه مقایسه‌های درون گروهی کاهش معنی‌دار در گروه کنترل ( $P=0.001$ )، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.030$ ) و شدت بالا ( $P=0.001$ ) در فولیستاتین، کاهش معنی‌دار در گروه کنترل ( $P=0.001$ )، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.014$ ) و شدت بالا ( $P=0.001$ ) در نسبت فولیستاتین به میوستانین، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.015$ ) و شدت بالا ( $P=0.019$ ) در استرادیول، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.006$ ) در انسولین و کاهش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.011$ ) و شدت بالا ( $P=0.004$ ) در پروتئین واکنشگر C، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.001$ ) در هورمون رشد، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.023$ ) و شدت بالا ( $P=0.005$ ) در تستوسترون، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.043$ ) در کورتیزول، افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.029$ ) و شدت بالا ( $P=0.007$ ) در نسبت تستوسترون به کورتیزول و افزایش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین ( $P=0.035$ ) و شدت بالا ( $P=0.050$ ) در فاکتور رشد شبه انسولینی مشاهده شد. با این وجود تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های میوستانین و لاکتات دهیدروژناز در هیچ‌یک از گروه‌ها مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ).

از بین ۵۴ نفر داوطلب ورود به پژوهش، ۴۵ نفر با توان هوازی ( $VO_{2MAX}$ ) بیشتر از  $39$  میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه (به‌عنوان دختران فعال)، با میانگین سن  $20.7 \pm 1.3$  سال، وزن  $58.5 \pm 2.4$  کیلوگرم، قد  $164.1 \pm 0.9$  سانتی‌متر و شاخص توده بدنی  $23.1 \pm 0.5$  کیلوگرم بر مترمربع به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. در طول ۶ هفته مراحل پژوهش ۲ نفر از گروه تمرین مقاومتی شدید (به دلیل مشکلات شخصی)، ۱ نفر از گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین (به دلیل نامعلوم) و ۳ نفر از گروه کنترل (۲ نفر به دلیل مشکلات شخصی و یک نفر به دلیل بیماری) از مطالعه خارج شدند (شکل ۱).

در ابتدای مطالعه تفاوت معنی‌داری در هیچ‌یک از شاخص‌های آنروپومتریکی و فیزیولوژیکی بین سه گروه مختلف مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ) (جدول ۱).

اثر تعامل گروه\*زمان تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های فولیستاتین ( $P=0.002$  و  $ES=0.124$ )، نسبت فولیستاتین به میوستانین ( $P=0.006$  و  $ES=0.184$ )، پروتئین واکنشگر C ( $P=0.006$ ) و  $ES=0.104$ )، هورمون رشد ( $P=0.021$  و  $ES=0.077$ )، تستوسترون ( $P=0.007$  و  $ES=0.106$ ) و نسبت تستوسترون به کورتیزول ( $P=0.032$  و  $ES=0.069$ ) نشان داد. در نتیجه آزمون تعقیبی بونفرونی افزایش معنی‌دار در فولیستاتین در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.001$ ) و شدت پائین ( $P=0.002$ )، افزایش معنی‌دار در نسبت فولیستاتین به میوستانین در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.001$ ) و شدت پائین ( $P=0.007$ )، کاهش معنی‌دار در پروتئین واکنشگر C در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.009$ ) و شدت پائین ( $P=0.017$ )، افزایش معنی‌دار در تستوسترون در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.001$ ) و شدت پائین ( $P=0.005$ )، افزایش معنی‌دار در نسبت تستوسترون به کورتیزول در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.016$ )، افزایش معنی‌دار در هورمون رشد در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا ( $P=0.003$ ) در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. با این وجود در بین کلیه شاخص‌ها تنها افزایش معنی‌داری در هورمون رشد در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی با شدت پائین مشاهده شد ( $P=0.046$ ) (جدول ۲ و شکل ۲).

جدول ۲. مقایسه تغییرات سطوح سرمی شاخص های رشد و آسیب عضلانی دختران فعال پس از ۶ هفته مداخله

| شاخص                                              | کنترل میانگین $\pm$ انحراف استاندارد | مقاومتی با شدت پائین میانگین $\pm$ انحراف استاندارد | مقاومتی با شدت بالا میانگین $\pm$ انحراف استاندارد | P-Value بین گروهی | اندازه اثر ES |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|---------------|
| <b>میوستاتین (نانوگرم/میلی لیتر)</b>              |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۱/۳۹ $\pm$ ۰/۱۱                      | ۱/۷۸ $\pm$ ۰/۰۷                                     | ۱/۳۴ $\pm$ ۰/۰۷                                    | زمان = ۰/۳۲۱      | ۰/۰۱۲         |
| پس آزمون                                          | ۱/۵۲ $\pm$ ۰/۰۹                      | ۱/۶۱ $\pm$ ۰/۱                                      | ۱/۲۸ $\pm$ ۰/۰۹                                    | گروه = ۰/۱۸۵      | ۰/۰۳۹         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۴۲۲                                | ۰/۷۶۰                                               | ۰/۲۱۵                                              | تعامل = ۰/۶۲۱     | ۰/۰۱۱         |
| <b>فولیستاتین (نانوگرم/میلی لیتر)</b>             |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۵۹/۲۲ $\pm$ ۸/۲۸                     | ۵۶/۳۸ $\pm$ ۸/۹۵                                    | ۵۹/۱۱ $\pm$ ۹/۳۰                                   | زمان = ۰/۰۰۶      | ۰/۰۸۵         |
| پس آزمون                                          | ۵۴/۳۷ $\pm$ ۹/۱۲                     | ۵۸/۱۱ $\pm$ ۸/۹۹                                    | ۶۱/۳۷ $\pm$ ۹/۴۰                                   | گروه = ۰/۰۰۴      | ۰/۱۲۰         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۰۰۱                                | ۰/۰۳۰                                               | ۰/۰۰۱                                              | تعامل = ۰/۰۰۲     | ۰/۱۲۴         |
| <b>نسبت فولیستاتین / میوستاتین</b>                |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۴۰/۶۰ $\pm$ ۴/۴۷                     | ۳۰/۶۷ $\pm$ ۵/۰۳                                    | ۴۱/۱۱ $\pm$ ۵/۳۴                                   | زمان = ۰/۰۰۱      | ۰/۲۲۹         |
| پس آزمون                                          | ۳۳/۳۷ $\pm$ ۵/۱۱                     | ۳۵/۰۹ $\pm$ ۴/۲۸                                    | ۴۶/۹۴ $\pm$ ۵/۰۶                                   | گروه = ۰/۰۱۳      | ۰/۰۸۹         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۰۰۱                                | ۰/۰۱۴                                               | ۰/۰۰۱                                              | تعامل = ۰/۰۰۱     | ۰/۱۸۴         |
| <b>استرادیول (نانوگرم/میلی لیتر)</b>              |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۱۳/۸۴ $\pm$ ۱/۶۱                     | ۱۳/۹۶ $\pm$ ۱/۷۴                                    | ۱۳/۷۷ $\pm$ ۱/۵۶                                   | زمان = ۰/۰۶۶      | ۰/۰۳۴         |
| پس آزمون                                          | ۱۳/۷۶ $\pm$ ۱/۲۷                     | ۱۴/۸۱ $\pm$ ۱/۱۳                                    | ۱۵/۰۷ $\pm$ ۱/۴۰                                   | گروه = ۰/۰۹۱      | ۰/۰۴۱         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۵۶۹                                | ۰/۰۱۵                                               | ۰/۰۱۹                                              | تعامل = ۰/۲۴۷     | ۰/۰۱۴         |
| <b>انسولین (میکرو واحد بین المللی / لیتر)</b>     |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۲۴۹/۹۰ $\pm$ ۳۴/۴۹                   | ۲۴۸/۲۷ $\pm$ ۲۸/۲۵                                  | ۲۶۲/۶۲ $\pm$ ۴۰/۹۶                                 | زمان = ۰/۰۷۳      | ۰/۰۳۹         |
| پس آزمون                                          | ۲۴۲/۲۶ $\pm$ ۲۰/۲۸                   | ۲۳۲/۲۲ $\pm$ ۲۷/۹۳                                  | ۲۴۶/۶۶ $\pm$ ۲۷/۵۴                                 | گروه = ۰/۰۲۷      | ۰/۰۶۳         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۷۱۶                                | ۰/۰۰۶                                               | ۰/۱۹۰                                              | تعامل = ۰/۱۱۳     | ۰/۰۵۱         |
| <b>لاکتات دهیدروژناز (واحد بین المللی / لیتر)</b> |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۴۸۳/۶۶ $\pm$ ۱۷/۵۲                   | ۴۶۹/۷۴ $\pm$ ۱۴/۳۶                                  | ۴۵۶/۴۸ $\pm$ ۱۲/۹۲                                 | زمان = ۰/۴۵۹      | ۰/۰۱۶         |
| پس آزمون                                          | ۴۸۷/۲۳ $\pm$ ۱۵/۷۴                   | ۴۸۸/۲۸ $\pm$ ۱۰/۲۶                                  | ۴۷۹/۷۸ $\pm$ ۱۱/۰۳                                 | گروه = ۰/۶۳۷      | ۰/۰۰۹         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۸۸۲                                | ۰/۴۵۴                                               | ۰/۱۸۲                                              | تعامل = ۰/۷۵۱     | ۰/۰۰۷         |
| <b>پروتئین واکنشگر c (نانوگرم/میلی لیتر)</b>      |                                      |                                                     |                                                    |                   |               |
| پیش آزمون                                         | ۰/۰ $\pm$ ۷۵۷/۳۶۶                    | ۰/۰ $\pm$ ۷۰۲/۲۲۲                                   | ۰/۰ $\pm$ ۸۸۳/۳۱۸                                  | زمان = ۰/۰۰۹      | ۰/۰۹۶         |
| پس آزمون                                          | ۰/۰ $\pm$ ۷۸۴/۳۵۲                    | ۰/۰ $\pm$ ۴۱۷/۱۱۴                                   | ۰/۰ $\pm$ ۴۳۵/۲۳۳                                  | گروه = ۰/۰۰۱      | ۰/۳۵۹         |
| p-value درون گروهی                                | ۰/۲۶۰                                | ۰/۰۱۱                                               | ۰/۰۰۴                                              | تعامل = ۰/۰۰۶     | ۰/۱۰۴         |

نتایج آزمون آنالیز واریانس دو طرفه با اندازه گیری مکرر طرح زمان \* گروه در سطح معنی داری  $P \geq ۰/۰۵$ .

## بحث

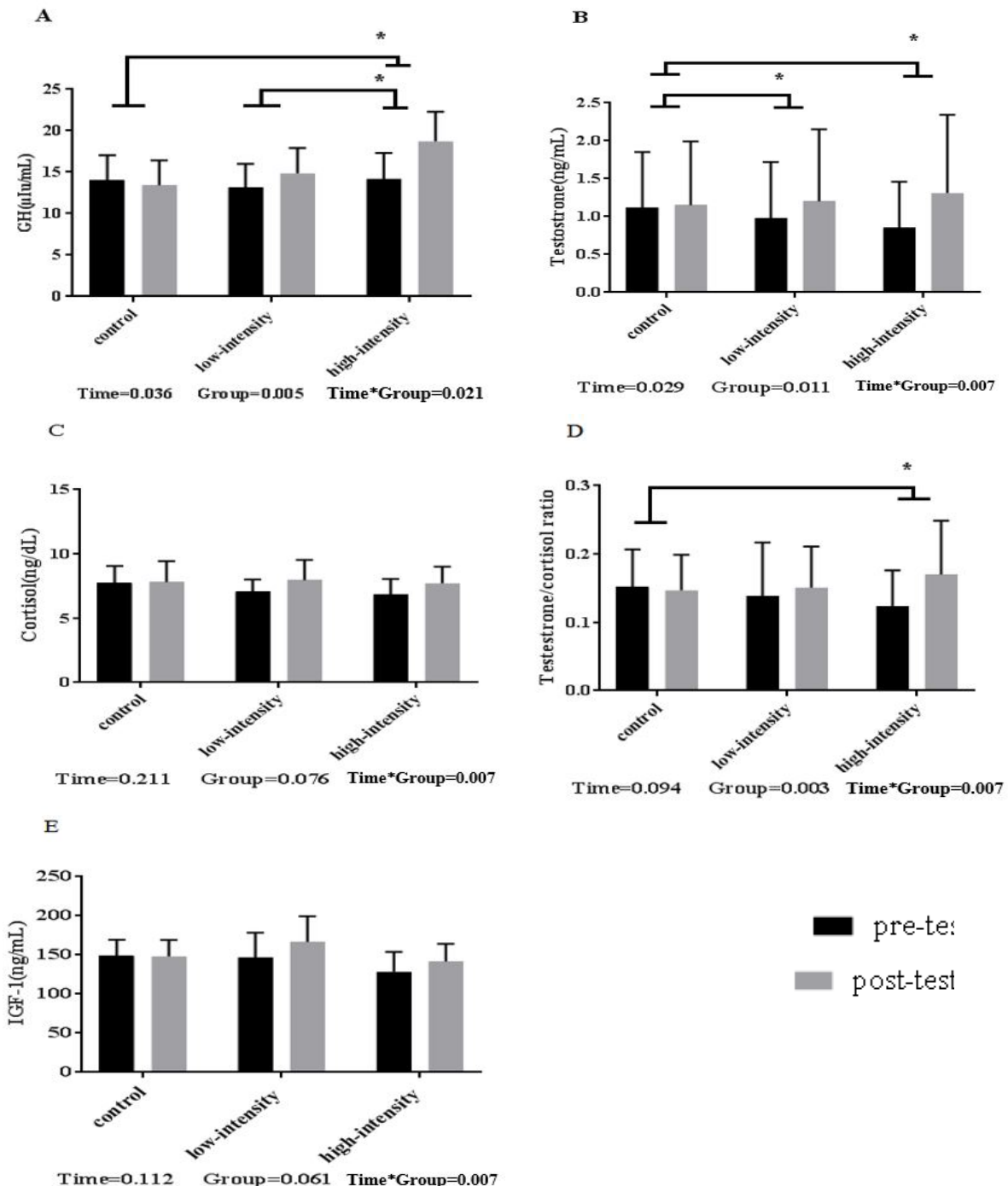
با توجه به جستجوی محققین، پژوهش حاضر از اولین مطالعاتی است که به طور همزمان به بررسی عوامل رشد و آسیب عضلانی در دختران فعال می پردازد. از یافته های اصلی این پژوهش افزایش معنی دار فولیستاتین، نسبت فولیستاتین به میوستاتین، تستوسترون و کاهش معنی دار پروتئین واکنشگر C در گروه های تمرین مقاومتی با شدت بالا و پائین نسبت به گروه کنترل بود. همچنین افزایش معنی داری در نسبت تستوسترون به کورتیزول و هورمون رشد گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا نسبت به گروه کنترل مشاهده شد و تنها افزایش معنی داری در هورمون رشد در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا نسبت به تمرین مقاومتی با شدت پائین مشاهده شد. با این وجود در سایر شاخص های پژوهش از جمله میوستاتین، انسولین، کورتیزول، هورمون رشد شبه انسولینی، استرادیول و لاکتات دهیدروژناز تفاوت معنی داری بین ۳ گروه مشاهده نشد.

در این زمینه راس و همکاران با بررسی تأثیر ۹ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، کاهش معنی داری در مقادیر

میوستاتین نشان دادند (۱۹). از طرف دیگر محققین افزایش میزان فولیستاتین به دنبال ورزش را مشاهده کردند و مشابه عملکرد و مکانسیم فاکتور رشد شبه انسولینی که در پاسخ به هورمون رشد از کبد ترشح می شود، دانسته و معتقدند که فولیستاتین از طریق فعال کردن سلول های ماهواره ای و تعامل با دیگر پروتئین های تنظیمی، از عملکرد میوستاتین جلوگیری کرده و سبب رشد عضله می شود (۲۰). یافته های این مطالعه مؤید افزایش ترشح فولیستاتین در بدن به عنوان یک مکانسیم حفاظتی در برابر تحلیل توده عضلانی بوده که به تنظیم ترکیب بدن کمک می نماید (۲۱). جنسکی و همکارانش (۲۰۱۰)، نیز نشان دادند که هفت جلسه تمرین مقاومتی با شدت بالا در زنان جوان تأثیری بر بیان میوستاتین و فولیستاتین ندارد (۲۲). علت همخوانی و ناهمخوانی مطالعات مذکور علاوه بر تفاوت در پروتکل تمرینی، مدت و شدت دوره مداخله، نوع شرکت کنندگان بی توان به عوامل اثرگذار متعدد در پاسخ های فیزیولوژیکی میوستاتین نسبت داد (۲۳). مکانسیم دقیق کاهش میوستاتین متعاقب تمرین به طور قطعی مشخص نیست با این وجود بسیاری از محققین اثرات کاهشی این هورمون را در نتیجه تغییرات هورمون های آنابولیکی مسئول رشد، از جمله تستوسترون،

سویی دیگر گزارش شده است تمرین مقاومتی به دلیل ایجاد اضافه بار و افزایش قدرت و هایپرτροφی عضلانی موجب کاهش بیان میوستاتین می شود (۲۵).

هورمون رشد و فاکتور رشد شبه انسولینی دانسته اند. این هورمون ها از طریق فعال کردن مسیرهای سیگنالی مختلف و مسیرهای آبشار سلولی بسیار پیچیده موجب تنظیم منفی بیان میوستاتین از سلول های عضلانی و در پی آن کاهش میزان ترشح آن به خون می شود (۲۴).



شکل ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس دو طرفه با اندازه گیری مکرر با طرح زمان\*گروه جهت مقایسه تغییرات (A) هورمون رشد، (B) تستوسترون، (C) کورتیزول، (D) نسبت تستوسترون به کورتیزول، (E) فاکتور رشد شبه انسولینی پس از ۶ هفته تمرین مقاومتی با شدت بالا و پائین. \*تفاوت معنی داری بین گروه ها. سطح معنی داری  $P \geq 0.05$ .

دادند (۲۶). ادبیات پژوهش نشان می دهد که پاسخ میوستاتین به تمرین مقاومتی حاد و مزمن متفاوت است. به نظر می رسد یکی از مکانیسم های احتمالی کاهش میزان میوستاتین در پی فعالیت مقاومتی

اما با این وجود ویلوقبای و همکاران (۲۰۰۴)، در پژوهشی افزایش معنی دار میوستاتین را نشان دادند و این نتیجه را به شدت بالای تمرین (۸۰-۹۵ درصد یک تکرار بیشینه) و نمونه گیری زودهنگام بعد از تمرین نسبت

۳۵). علاوه بر این در پژوهش حاضر از نسبت فولیستاتین بر میوستانین و نسبت تستوسترون به کورتیزول به عنوان پاسخ آنابولیک بر کاتابولیک استفاده گردید؛ همان طور که نتایج نشان می دهد نسبت فولیستاتین به میوستانین در هر دو گروه بالا و پائین و نسبت تستوسترون به کورتیزول در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا افزایش قابل توجه و معنی داری نسبت به گروه کنترل داشته است؛ بنابراین این نتیجه گویای برتری و افزایش محیط آنابولیکی در تمرین مقاومتی به ویژه در شدت های بالا می باشد.

با در نظر گرفتن کلیه شرایط، پژوهش حاضر دارای محدودیت هایی نیز بود. از جمله این محدودیت ها می توان به تک جنسی بودن پژوهش، عدم کنترل دقیق رژیم غذایی، عدم کنترل ساعات خواب و بیداری آزمودنی ها اشاره کرد.

### نتیجه گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر به نظر می رسد بین تأثیر شدت های مختلف تمرین مقاومتی بر شاخص های رشد و آسیب عضلانی حداقل در دوره ۶ هفته ای تفاوت معنی داری وجود ندارد. از این رو، با توجه به اینکه تمرین مقاومتی با شدت بالا به ویژه در مورد هورمون رشد و نسبت تستوسترون به کورتیزول تأثیر بیشتری نشان داد، شدت های بالاتر تمرینات مقاومتی برای دختران فعال توصیه می شود. همچنین به نظر می رسد دوره های طولانی تر تمرینات مقاومتی تأثیرات بیشتری و بهتری را نشان دهد.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از طرح پژوهشی به شماره ۸۸۰ می باشد که توسط کمیته اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز با کد (EE/97.24.3.96926/Scu.ac.ir) مورد تایید قرار گرفته است. از حمایت مالی این معاونت و همچنین همکاری صمیمانه آزمودنی های پژوهش تشکر و قدردانی می گردد.

### References

1. Abe T, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study. *Int J KAATSU Train Res.* 2005;1(2):71-76. doi: 10.3806/ijkt.1.71
2. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100(5):1460-1466. doi: 10.1152/jappphysiol.01267.2005 pmid: 16339340
3. Hittel DS, Axelson M, Sarna N, Shearer J, Huffman KM, Kraus WE. Myostatin decreases with aerobic exercise and associates with insulin resistance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(11):2023-2029. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181e0b9a8 pmid: 20386333
4. Rajabi S, Askari R, Haghighi A, Razaviyazadeh N. "Effect of resistance-interval training with two different intensities on cytochrome18 and some functional parameters in women with fatty liver". (In Persian). 2020;23(3):68-82.
5. Mohammadnezhad Gh, Matin Homayi H, Ghazalian F. [Effect of a 6-Week Resistance Training Program on Transforming Growth Factor Beta-1 and Myostatin Genes Expression in Tendons of Extensor Digitorum Longus and Soleus Muscles in Rats (Persian)]. *J Arak Univ Med Sci (JAMS).* 2020;23(1):82-91. doi: 10.32598/JAMS.23.1.5849.1
6. Davis F, Vidyasagar S, Maiya A, Kamath A. Dose response relationship between exercise intensity and C Reactive Protein in

برهم خوردن تعادل تنظیم کننده های رشدی عضله به سمت تنظیم کننده های مثبت (فاکتور رشد شبه انسولینی) دانست (۲۵)، بنابراین عدم تغییرات معنی دار فاکتور رشد شبه انسولینی در پژوهش حاضر می تواند دلیل عدم تغییر میوستانین باشد (۲۷). همچنین آزمودنی های پژوهش حاضر را دختران فعال تشکیل می دادند بنابراین به نظر می رسد یکی از علل عدم تغییر سطوح میوستانین سازگاری های ورزشی قبلی آزمودنی ها باشد (۲۸). با این وجود نسبت فولیستاتین به میوستانین به عنوان یک نسبت متابولیکی قدرتمند در پژوهش حاضر افزایش معنی داری نشان داد که بیانگر این موضوع است که برآیند کلی غلبه شرایط آنابولیکی بر متابولیکی بوده است (۲۹). از طرف دیگر ورزش سبب تحریک عوامل رشدی و استرسی همانند کاتکولامین ها (کورتیزول)، سیتوکاین ها (پروتئین واکنشگر C) و آنزیم ها (لاکتات دهیدروژناز) می شود که عملکرد متفاوت دارند. لاکتات دهیدروژناز کاربردی ترین نشانه سرمی آسیب عضلانی است که با افزایش فراخوانی تارهای تند انقباض و تولید اسیدلاکتیک ترشح می شود. آسیب عضلانی زمینه شرایط التهابی و متعاقباً ترشح پروتئین واکنشگر نوع C را فراهم می کند (۳۰). در درازمدت با غلبه محیط آنابولیکی همچنین افزایش سازوکارهای سازشی نسبت به فعالیت تغییرات مثبت رشدی رخ می دهد (۳۱). انسولین نیز یکی از مهم ترین هورمون های آنابولیکی است که تغییرات آن توأم با دیگر عوامل متابولیکی تحت تأثیر شدت فعالیت ورزشی گزارش شده است؛ که الگوی کاهشی پروتئین واکنشگر C و افزایش انسولین در این پژوهش از این نظریه حمایت می کند (۳۲). بررسی ها نشان دهنده آن است که جنسیت عملکرد ایمنی را تحت تأثیر قرار می دهد، به طوری که محققین معتقدند هورمون استروژن زنانه از طریق تنظیم کاتکولامین ها نظیر کورتیزول و جلوگیری از تولید رادیکال های آزاد مانع از افزایش عوامل آسیب رسان به سلول ها می شود (۳۳). همچنین گزارش شده که در افراد جوان و فعال از سطح استروژن بالاتری نسبت به افراد غیر فعال در مقابله با عوامل متابولیکی و رادیکال های آزاد نیز بهره مند هستند (۳۴).

- sedentary individuals. *J Sci Med Sport.* 2013;16:e30. doi: 10.1016/j.jsams.2013.10.071
7. Baty JJ, Hwang H, Ding Z, Bernard JR, Wang B, Kwon B, et al. The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2):321-329. doi: 10.1519/R-21706.1 pmid: 17530986
8. Roy BD, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Fowles J, Yarasheski KE. Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *J Appl Physiol* (1985). 1997;82(6):1882-1888. doi: 10.1152/jappphysiol.1997.82.6.1882 pmid: 9173954
9. Ravasi A, Fallahi A, Abbasi A. The Effect of Different Intensities of Short-Term Exercise on Leptin, Insulin, Cortisol and Lipid Profiles in Overweight and Obese Adolescents. (In Persian). *J Sport Biosciences.* 2013;4(14):87-110. doi: 10.22059/jsb.2013.29530
10. Hofmann M, Halper B, Oesen S, Franzke B, Stuparits P, Tschann H, et al. Serum concentrations of insulin-like growth factor-1, members of the TGF-beta superfamily and follistatin do not reflect different stages of dynapenia and sarcopenia in elderly women. *Exp Gerontol.* 2015;64:35-45. doi: 10.1016/j.exger.2015.02.008 pmid: 25681638
11. Attarzadeh Hosseini SR, Moeinina N, Motahari Rad M. The effect of two intensities resistance training on muscle growth

- regulatory myokines in sedentary young women. (In Persian). *Obesity Med.* 2017;**12**:2. doi: 10.1016/j.obmed.2017.01.004
12. Rodino-Klapac LR, Haidet AM, Kota J, Handy C, Kaspar BK, Mendell JR. Inhibition of myostatin with emphasis on follistatin as a therapy for muscle disease. *Muscle Nerve.* 2009;**39**(3):283-296. doi: 10.1002/mus.21244 pmid: 19208403
  13. Manna I. Growth development and maturity in children and adolescent: relation to sports and physical activity. *America J Sport Sci Med.* 2014;**2**(5A):48-50. doi: 10.12691/ajssm-2-5A-11
  14. Yasar P, Ayaz G, User SD, Gupur G, Muyan M. Molecular mechanism of estrogen-estrogen receptor signaling. *Reprod Med Biol.* 2017;**16**(1):4-20. doi: 10.1002/rmb2.12006 pmid: 29259445
  15. Busso T, Thomas L. Using mathematical modeling in training planning. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006;**1**(4):400-405. doi: 10.1123/ijspp.1.4.400 pmid: 19124896
  16. Brian M. 101 Performance Evaluation Tests. Electric Word plc 67-71 Goswell Road London EC1V 7EP.2005.
  17. Brzycki M. A Practical Approach to Strength Training. McGraw-Hill. 1998.
  18. Moin Nia N, Attarzadeh Hosseini SR. Comparison of the effect of resistance Program training with different intensities on serum irisin levels in sedentary young women. (In Persian). *Sport Physi.* 2015;**7**(26):127-142.
  19. Roth SM, Martel GF, Ferrell RE, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. Myostatin gene expression is reduced in humans with heavy-resistance strength training: a brief communication. *Exp Biol Med (Maywood).* 2003;**228**(6):706-709. doi: 10.1177/153537020322800609 pmid: 12773702
  20. Hansen J, Brandt C, Nielsen AR, Hojman P, Whitham M, Febbraio MA, et al. Exercise induces a marked increase in plasma follistatin: evidence that follistatin is a contraction-induced hepatokine. *Endocrinology.* 2011;**152**(1):164-171. doi: 10.1210/en.2010-0868 pmid: 21068158
  21. Vamvini MT, Aronis KN, Chamberland JP, Mantzoros CS. Energy deprivation alters in a leptin- and cortisol-independent manner circulating levels of activin A and follistatin but not myostatin in healthy males. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;**96**(11):3416-3423. doi: 10.1210/jc.2011-1665 pmid: 21865351
  22. Jensky NE, Sims JK, Dieli-Conwright CM, Sattler FR, Rice JC, Schroeder ET. Exercise does not influence myostatin and follistatin messenger RNA expression in young women. *J Strength Cond Res.* 2010;**24**(2):S22-S30. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c8664f pmid: 20124796
  23. Juhas M, Bursac N. Roles of adherent myogenic cells and dynamic culture in engineered muscle function and maintenance of satellite cells. *Biomaterials.* 2014;**35**(35):9438-9446. doi: 10.1016/j.biomaterials.2014.07.035 pmid: 25154662
  24. Udy GB, Towers RP, Snell RG, Wilkins RJ, Park SH, Ram PA, et al. Requirement of STAT5b for sexual dimorphism of body growth rates and liver gene expression. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1997;**94**(14):7239-7244. doi: 10.1073/pnas.94.14.7239 pmid: 9207075
  25. McPherron AC, Lawler AM, Lee SJ. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature.* 1997;**387**(6628):83-90. doi: 10.1038/387083a0 pmid: 9139826
  26. Willoughby DS. Effects of an alleged myostatin-binding supplement and heavy resistance training on serum myostatin, muscle strength and mass, and body composition. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;**14**(4):461-472. doi: 10.1123/ijsnem.14.4.461 pmid: 15467103
  27. Bahram ME, Pourvaghari MJ. The Effect of 10 Weeks of Resistance Training on Serum Myostatin and Body Composition Levels in Obese Adolescents. (In Persian). *Qom Univ Med Sci J.* 2017;**11**(4):43-51.
  28. Mirdar S, Rahimi E, Baghban H. The effect of ginseng supplementation on the levels of IGF-1 and myostatin in the Karate girls after a simulated match. *Metabolism Exercise.* 2014;**3**(2):167-179.
  29. Bagheri L, Faramarzi M, Banitalebi E, Azamian Jazi A. The effect of sequence order of combined training (strength and endurance) on Myostatin, Follistatin and Follistatin/Myostatin ratio in older women. (In Persian). *Sport Physi.* 2015;**7**(26):143-164.
  30. Ramezani M, Hejazi S, Hosseinezhad M. The Comparison of HS-CRP, TG, LDL-c and HDL-c in Active and Non Active Middle-aged Women. (In Persian). *Med J Mashhad Univ Med Sci.* 2013;**56**(2):93-98. doi: 10.22038/mjms.2013.848
  31. Kalantari HA, Bolboli LA, Siahkohian M. The Acute Effect of Resistance Exercise Training with Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction on Growth Hormone, Insulin-Like Factor-1 and Lactate in Non-Athletic Young Men. (In Persian). *Yafte.* 2020;**21**(4):44-57.
  32. Karacabey K. The effect of exercise on leptin, insulin, cortisol and lipid profiles in obese children. *J Int Med Res.* 2009;**37**(5):1472-1478. doi: 10.1177/147323000903700523 pmid: 19930853
  33. Majumdar P, Srividhya S, Mandal M, Kalinski M. " Response of selected hormonal markers during training cycles on Indian females swimmers". *Biol Sport.* 2010;**27**(1):53-57. doi: 10.5604/20831862.906870
  34. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005;**35**(4):339-361. doi: 10.2165/00007256-200535040-00004 pmid: 15831061
  35. Marx JO, Ratamess NA, Nindl BC, Gotshalk LA, Volek JS, Dohi K, et al. Low-volume circuit versus high-volume periodized resistance training in women. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;**33**(4):635-643. doi: 10.1097/00005768-200104000-00019 pmid: 11283441