

The Effect of Resistance Training with Two Different Intensities Combined with Blood Flow Restriction and Detraining on Irisin, Follistatin, and IGF-1 in Male Students

Jafari Akram^{1*}  Naser Alimardani¹ 

Receive 2025 March 12; Accepted 2025 May 15

Abstract

Aim: Blood Flow Restriction (BFR) resistance training is recognized as an innovative method that induces physiological and functional adaptations similar to traditional resistance training, while reducing the risk of injury. This study aimed to examine the effects of eight weeks of BFR training at two different intensities, followed by a detraining period, on levels of irisin, follistatin, IGF-1, body fat percentage, and muscular strength in male university students. **Methods:** Fifty-one male students were randomly and equally assigned to one of three groups: low-intensity BFR resistance training (20–30% of one-repetition maximum [1RM]), moderate-intensity BFR resistance training (40–55% 1RM), or a control group. The training groups exercised three times per week for eight weeks, followed by a four-week detraining period. Research variables—including circulating irisin, follistatin, IGF-1 levels, body fat percentage, and maximal muscular strength—were measured 48 hours before and after the training protocol, as well as immediately after the detraining period. Follistatin levels were assessed using enzyme immunoassay, while IGF-1 and irisin concentrations were measured using ELISA. Paired t-tests, ANOVA, and post hoc tests were used to analyze the data. **Results:** In the low-intensity BFR group (20–30% 1RM), significant increases were observed in follistatin, IGF-1, and muscular strength ($P \leq 0.05$). In the moderate-intensity BFR group (40–55% 1RM), significant improvements were found in follistatin, IGF-1 ($P \leq 0.01$), muscular strength, and a reduction in body fat percentage ($P \leq 0.05$). However, no significant changes were observed in irisin levels ($P \geq 0.05$), and the four-week detraining period had no statistically significant effects on any of the measured variables. **Conclusion:** These findings suggest that BFR resistance training—even at lower intensities—can effectively enhance anabolic responses and muscular strength. Furthermore, the hormonal adaptations and strength gains were relatively maintained following four weeks of detraining.

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

- 1- Department of Physical Education and Sport Sciences, Shk.C, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran

***(corresponding author)**
(Jafari.akm@gmail.com)

Keywords: Exercise, Irisin, Follistatin, IGF-1, Muscular Strength

Cite as: Jafari, Akram, Alimardani, Naser. The Effect of Aerobic Exercise and Green Coffee on Adipose Tissue Thermogenesis in Pre-Diabetic Mice The Effect of Resistance Training with Two Different Intensities Combined with Blood Flow Restriction and Detraining on Irisin, Follistatin, and IGF-1 in Male Students. . Applied Health Studies in Sport Physiology. ?????; ?(In press): ?-??.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/jahssp.2025.30416.1726

DOR:



Extended abstract

Background

Resistance training with blood flow restriction (BFR) is a novel training method that induces physiological and functional adaptations comparable to traditional resistance training while minimizing injury risk. Previous research has highlighted the positive effects of BFR training on muscle hypertrophy and strength, but its influence on anabolic hormones such as irisin, follistatin, and IGF-1 remains unclear. Furthermore, the effects of detraining after BFR training on these biomarkers have not been extensively studied. Understanding the hormonal and body composition responses to different BFR training intensities and subsequent detraining is crucial for optimizing training strategies, particularly for populations with physical limitations. The present study aimed to examine the effects of eight weeks of BFR resistance training at two different intensities, followed by four weeks of detraining, on the levels of irisin, follistatin, IGF-1, body fat percentage, and muscular strength in male university students.

Materials and Methods

A total of 45 male university students (age: 23.84 ± 2.13 years, BMI: 22.79 ± 2.23 kg/m²) participated in this semi-experimental study. Participants were randomly assigned to three groups: (1) resistance training with BFR at 20-30% of one-repetition maximum (1RM), (2) resistance training with BFR at 40-50% of 1RM, and (3) a non-training control group. The training protocol lasted for eight weeks, with three sessions per week, each session lasting 50-60 minutes. Exercises targeted both upper and lower limbs, and BFR was applied using cuffs at an individualized pressure level.

Before and after the training intervention, and immediately following the four-week detraining period, blood samples were collected to analyze serum levels of irisin, follistatin, and IGF-1. Body fat percentage was assessed using bioelectrical impedance analysis (BIA), and muscular strength was evaluated via one-repetition maximum (1RM) tests for leg press and bench press.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed using repeated measures ANOVA and post-hoc LSD tests to determine significant differences between groups, with a significance threshold of $P < 0.05$.

Results

The results indicated significant increases in follistatin and IGF-1 levels in both BFR training groups, with the 40-50% 1RM group showing greater improvements compared to the 20-30% 1RM group. Muscular strength also increased significantly in both training groups, with the higher intensity group demonstrating more pronounced gains. Additionally, the 40-50% 1RM group experienced a significant reduction in body fat percentage, while the 20-30% 1RM group did not show a significant change. Irisin levels, however, did not show significant changes in either training group. Following the 4-week detraining period, the hormonal and muscular adaptations were partially preserved, with no statistically significant declines observed. The control group did not exhibit any significant changes in the measured variables throughout the study.

Discussion

This study demonstrates that resistance training with blood flow restriction, even at lower intensities (20-30% 1RM), can effectively enhance anabolic hormone levels (follistatin and IGF-1) and improve muscular strength. Higher intensity BFR training (40-50% 1RM) yielded more significant improvements in these parameters, along with a reduction in body fat percentage. The findings suggest that BFR training is a viable alternative to traditional high-intensity resistance training, particularly for individuals who may be unable to perform high-load exercises due to physical limitations. The partial preservation of adaptations after detraining highlights the potential for neural and metabolic adaptations to maintain gains over short periods of inactivity.



Given these findings, BFR training presents itself as a promising alternative to traditional resistance training, particularly for individuals unable to perform high-intensity exercises. Future research should investigate the long-term effects of BFR training and its combination with other training modalities to optimize anabolic responses and body composition outcomes.

Article message

Blood flow restriction (BFR) resistance training at moderate intensities effectively enhances anabolic hormone levels and muscular strength while reducing body fat percentage. The study suggests that training at 40-50% 1RM yields greater benefits than lower-intensity training. Moreover, the adaptations induced by BFR training are partially maintained after short-term detraining, indicating its potential for long-term benefits. These findings support the use of BFR as an effective alternative for populations unable to engage in high-intensity training. Further research should explore the optimal training parameters and investigate the underlying mechanisms responsible for the observed hormonal and physiological changes.

Impress

تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت همراه با محدودیت جریان خون و بی تمرینی بر آیریزین، فولیستاتین و IGF-1 دانشجویان پسر

اکرم جعفری^۱، ناصر علیمردانی^۱

۱- گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۲

چکیده

هدف: تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون به عنوان یک روش نوین تمرینی مطرح است که با کاهش آسیب‌های ناشی از تمرینات شدید، سازگاری‌های فیزیولوژیکی و عملکردی مشابه تمرینات سنتی ایجاد می‌کند. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین با محدودیت جریان خون با دو شدت متفاوت و یک دوره بی‌تمرینی بر سطوح آیریزین، فولیستاتین، IGF-1، درصد چربی بدن و قدرت عضلانی در دانشجویان پسر بود. **روش پژوهش:** ۵۱ دانشجوی پسر به صورت مساوی و تصادفی در سه گروه تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با شدت ۲۰-۳۰٪ و ۴۰-۵۵٪ یک تکرار بیشینه و کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرین به مدت ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه تمرین کردند و بعد از آن یک دوره ۴ هفته‌ای بی‌تمرینی را طی کردند. ۴۸ ساعت قبل و بعد از پروتکل تمرینی، و بلافاصله بعد از اتمام دوره بی‌تمرینی متغیرهای تحقیق شامل آیریزین، فولیستاتین، IGF-1، درصد چربی بدن و حداکثر قدرت عضلانی اندازه‌گیری شد. غلظت فولیستاتین با روش ایمونواسی آنزیمی و سطوح IGF-1 و آیریزین با روش الیزا اندازه‌گیری شد. از آزمون t وابسته و آنوا برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. **یافته‌ها:** در گروه تمرین با محدودیت جریان خون با شدت ۲۰-۳۰٪ افزایش فولیستاتین و IGF-1، قدرت عضلانی ($P \leq 0.05$) و در گروه تمرین با محدودیت جریان خون با شدت ۴۰-۵۵٪ افزایش فولیستاتین و IGF-1 ($P \leq 0.01$)، قدرت عضلانی و کاهش درصد چربی بدن ($P \leq 0.05$) گردید. اما مقدار آیریزین تغییر معناداری نداشت ($P \geq 0.05$)، همچنین یک دوره بی‌تمرینی تأثیر معناداری بر متغیرهای تحقیق نشان نداد. **نتیجه‌گیری:** نتایج این تحقیق نشان‌دهنده اثربخشی مطلوب تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون حتی در شدت کم در بهبود سازگاری‌های آنابولیک و قدرت عضلانی است. تغییرات هورمونی و قدرت عضلانی پس از ۴ هفته بی‌تمرینی به نحوه قابل قبولی حفظ شد.

واژه‌های کلیدی: DPP، ورزش، آیریزین، فولیستاتین، IGF-1، قدرت عضلانی

نحوه ارجاع: جعفری، اکرم، علیمردانی، ناصر. "تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت همراه با محدودیت جریان خون و بی‌تمرینی بر آیریزین، فولیستاتین و IGF-1 دانشجویان پسر". ؟؟؟؟؟؟، ؟ (؟)، ۱-۲.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/jahssp.2025.30416.1726



مقدمه

تمرینات مقاومتی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای بهبود ترکیب بدن، افزایش قدرت عضلانی و ارتقای سلامت عمومی می‌باشند (۱). با این حال، این نوع تمرینات اغلب با خطرات عضلانی، مفصلی و بافت نرم همراه هستند که ممکن است اجرای آن را در برخی افراد با مشکل مواجه کند. آسیب‌های عضلانی غالباً در دو مرحله ممکن است ایجاد شوند: آسیب اولیه ناشی از استرس مکانیکی در طول تمرین و آسیب ثانویه که به دلیل از دست دادن یکپارچگی غشاء در شبکه سارکوپلاسمی ایجاد می‌شود و باعث نشت پروتئین‌های عضلانی از سارکولم عضلانی به خون برای چند روز پس از ورزش می‌شود (۲). پیامدهای احتمالی آسیب‌های عضلانی عبارتند از: اختلال در ساختار عضلانی، داخل سلولی، سارکولما و ماتریکس خارج سلولی، اختلال طولانی مدت در عملکرد عضلانی، کوفتگی عضلانی تاخیری، سختی و تورم که برای چند روز ادامه دارد (۳). این چالش‌ها لزوم شناسایی روش‌های جایگزینی را برجسته می‌سازد که بتوانند اثرات مثبت تمرینات مقاومتی را شبیه‌سازی کنند، اما در عین حال ایمنی بیشتری داشته باشند. یکی از این روش‌های نوین، تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون (BFR) است که از طریق کاهش جریان خون عضلانی، محیط متابولیکی مشابهی با تمرینات شدید ایجاد می‌کند و باعث القای پاسخ‌های فیزیولوژیکی و عملکردی می‌شود. (۴، ۵) یکی از مزیت‌های اصلی این نوع تمرینات، کاهش زمان و شدت لازم برای دستیابی به نتایج مشابه تمرینات مقاومتی با شدت بالا است، که آن را برای جمعیت‌های مختلف، از جمله افراد با محدودیت‌های جسمانی، جذاب می‌سازد (۶).

مطالعات قبلی نشان داده‌اند که این نوع تمرینات باعث هیپرتروفی و افزایش قدرت عضلانی و بهبود ترکیب بدن (۷) مشابه تمرینات مقاومتی با شدت بالا می‌شوند (۸)، اما مکانیسم دقیق هیپرتروفی و افزایش قدرت ناشی از این نوع تمرینات هنوز مشخص نیست. تعداد زیادی از مقالات نظام‌مند و فراتحلیل‌ها به پیامدهای متابولیکی و مزمن ناشی از تمرینات همراه با انسداد جریان خون اشاره کرده‌اند. یکی از پیامدهای این روش، قطع جریان خون و در نتیجه تحریک مکانیکی (به‌واسطه فشار کاف) و شیمیایی (به‌دلیل تجمع متابولیت‌ها ناشی از هیپوکسی و اسیدوز) گیرنده‌های آوران نوع III و IV و مهار گیرنده‌های نوع I و II (به‌ویژه گیرنده‌های نوع Ib) است (۹). افزایش فعالیت گیرنده‌های نوع III و IV و مهار دوک‌های عضلانی و اندام‌های تاندونی گلژی، بر فعالیت عضلات آگونیست و آنتاگونیست و در نتیجه بر میزان هم‌فعال‌سازی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. یکی از فرضیه‌های پذیرفته‌شده در این زمینه، به کارگیری مجدد ترجیحی تارهای عضلانی تندانقباض (FT) در شرایط کمبود

اکسیژن و اسیدی شدن بافت عضلانی است، شرایطی که مانع از انقباض مؤثر تارهای کندانقباض (ST) می‌شود (۱۰). این فرآیند با افزایش انرژی کلی سیگنال EMG و اجزای فرکانسی آن همراه است، که احتمالاً ناشی از افزایش تحریک مرکزی تطبیق‌یافته به همه عضلات درگیر است (۱۱). علاوه بر این تحقیقات اولیه نشان می‌دهند که تمرینات محدودیت جریان خون می‌تواند مسیرهای آنابولیکی مرتبط با رشد عضلانی را فعال کرده و منجر به افزایش سنتز پروتئین عضلانی شوند. (۱۲). این اثرات عمدتاً از طریق فعال‌سازی مسیرهای تنظیم‌کننده رشد عضلات، به‌ویژه مسیرهای مرتبط با فولیستاتین و IGF-1، محقق می‌شوند. فولیستاتین که به خانواده پروتئین‌های TGF- β تعلق دارد، با مهار میوستاتین و فعال‌سازی آنابولیسیم عضلانی، نقش مهمی در رشد عضلات ایفا می‌کند (۱۳). سطوح فولیستاتین با درصد چربی بدن ارتباط دارد و می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر زیستی برای بررسی تغییرات ترکیب بدن مورد استفاده قرار گیرد (۱۴). علاوه بر فولیستاتین، IGF-1 نیز به‌عنوان یک فاکتور حیاتی برای هیپرتروفی عضلانی شناخته می‌شود IGF-1 با تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای و تحریک فرآیندهای آنابولیک، رشد عضلانی را تسهیل می‌کند (۱۵، ۱۶). تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون می‌توانند سطح IGF-1 را بیشتر از تمرینات مقاومتی بدون محدودیت جریان خون افزایش دهند، اگرچه این تأثیرات بسته به جمعیت و وضعیت بدنی افراد ممکن است متفاوت باشد (۱۷، ۱۸).

علاوه بر فولیستاتین و IGF-1، در سال‌های اخیر دیده شده که در پی ورزش، هورمونی به نام آیریزین از عضله ترشح می‌شود که به "هورمون ورزش" شناخته شده است. آیریزین با تأثیر بر بافت چربی سفید و تبدیل آن به چربی قهوه‌ای، باعث افزایش انرژی مصرفی، کاهش توده چربی (۱۹) و کاهش وزن (۲۰) می‌شود و نقش مهمی در ترکیب بدن دارد. همچنین دیده شده که مقدار آیریزین سرم با توده عضلانی و قدرت رابطه دارد (۲۱، ۲۲). با توجه به اهمیت فاکتورهای هورمونی مانند آیریزین، فولیستاتین و IGF-1 در ترکیب بدن و رشد عضلانی، بررسی تأثیر روش‌های تمرینی مختلف بر این فاکتورها از اهمیت بالایی برخوردار است. در حالی که پژوهش‌های متعددی نقش تمرینات مقاومتی بدون محدودیت جریان خون را در تنظیم این فاکتورها بررسی کرده‌اند، تحقیقات کمتری به تأثیر تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر آنها پرداخته‌اند. از سوی دیگر، یافته‌های موجود در این زمینه متناقض بوده و مکانیسم‌های دقیق تأثیر این روش تمرینی بر ترشح و تنظیم این هورمون‌ها و به‌ویژه هورمون آیریزین به‌طور کامل مشخص نشده است. (۲۳، ۲۴)؛ از طرف دیگر بیشتر تحقیقات انجام‌شده، تأثیر تمرینات با یک شدت خاص را بررسی کرده‌اند، در حالی که تفاوت‌های احتمالی بین

تعمیم‌پذیری یافته‌ها، و رعایت اصول علمی طراحی آزمایش انجام شد. تعیین حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G-Power انجام شد و اندازه اثر مداخله با توان ۹۵ درصد و سطح معناداری ۰/۰۵ تعداد ۱۴ شرکت‌کننده در هر گروه به دست آمد که با در نظر گرفتن احتمال ۲۰٪ ریزش آزمودنی‌ها در طول تحقیق تعداد ۱۷ نفر در هر گروه تعیین گردید. همچنین برای به حداقل رساندن تاثیر رژیم غذایی بر نتایج تحقیق، از شرکت‌کنندگان خواسته شد که سه روز قبل از شروع پیش‌آزمون رژیم غذایی خود را ثبت کنند و همان رژیم را در دو مرحله پس‌آزمون (بعد از اتمام دوره تمرین و بی‌تمرینی) رعایت کنند. تحقیق حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه تایید و توسط مرکز کارآزمایی بالینی ایران تایید گردید.

روش اجرای تحقیق

دو هفته پیش از شروع تحقیق، آزمودنی‌های گروه‌های تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون در سه جلسه تمرینی برای آشنایی با نحوه اجرای تحقیق شرکت کردند. در این جلسات، نحوه صحیح اجرای حرکات، تنفس درست و ملاحظات ویژه آموزش داده شد و توسط آزمودنی‌ها تمرین شد. گروه‌های تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته، با استفاده از نوار کاف بر روی ران یا بازو تمرینات خود را انجام دادند. ۴۸ ساعت قبل و بعد از پروتکل تمرینی و نیز پس از پایان ۴ هفته بی‌تمرینی، خونگیری و نیز اندازه‌گیری درصد چربی بدن و نیز حداکثر قدرت عضلانی (یک تکرار بیشینه) آزمودنی‌ها به دست آمد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که در طول دوران بی‌تمرینی در هیچ فعالیت ورزشی شرکت نکنند. از اعضای گروه کنترل خواسته شد تا در طول دوره مطالعه، از شرکت در هرگونه فعالیت ورزشی ساختاریافته یا تمرین بدنی برنامه‌ریزی شده خودداری نمایند. فعالیت‌های سبک روزمره مانند پیاده‌روی عادی، بالا رفتن از پله یا رفت‌وآمدهای روزانه مجاز بود، ولی با استفاده از فرم ثبت فعالیت‌های روزانه که به‌صورت هفتگی تکمیل می‌شد، پایش و کنترل شد (شکل ۱).

پروتکل تمرین

پروتکل تمرین مقاومتی شامل هشت هفته و هر هفته سه جلسه تمرین مقاومتی بود که در سالن ورزشی از ساعت ۵-۷ عصر انجام می‌شد. هر جلسه تمرینی با ۱۰ دقیقه گرم کردن و به دنبال آن تمرینات اصلی انجام می‌شد. برنامه تمرین اصلی از سه حرکت برای اندام تحتانی شامل باز شدن زانو، پرس پا و هاگ پا و دو حرکت برای اندام فوقانی شامل جلو بازو و پشت بازو بود که هر کدام از حرکت‌ها ۴ ست انجام شد. استراحت بین ست‌ها ۱ تا ۱/۵ دقیقه و بین حرکت‌ها ۳ تا ۴ دقیقه بود. قسمت پروگزیمال هر دو ران و یا بازو‌ها با کاف بسته شد و شدت تمرین برای گروه اول ۲۰ تا ۳۰٪ یک تکرار بیشینه و برای گروه دوم ۴۰ تا ۵۰٪ یک تکرار بیشینه بود. همچنین برای رعایت اصل اضافه بار هر دو هفته ۵٪ یک تکرار بیشینه به فشار تمرین اضافه می‌گردید (۲۷). فشار کاف با

شدت‌های مختلف تمرینی در چارچوب تمرینات با محدودیت جریان خون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مسئله حائز اهمیت است، چرا که شدت تمرین نقش مهمی در میزان تحریک مسیرهای آنابولیک و متابولیک دارد و ممکن است پاسخ‌های هورمونی متفاوتی را در پی داشته باشد. علاوه بر این دیده شده که با قطع تمرینات ورزشی سازگاری‌های ایجاد شده کاهش می‌یابد (۲۵)، اما تحقیقات بسیار کمی درباره تاثیر بی‌تمرینی بعد از تمرینات با محدودیت جریان خون انجام شده است (۲۶). از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت همراه با محدودیت جریان خون بر آیریزین، فولیستاتین و IGF-1 و تاثیر ۴ هفته بی‌تمرینی در دانشجویان پسر انجام می‌شود. این پژوهش نه تنها به شکاف علمی موجود در ارتباط با تاثیر شدت تمرینی و بی‌تمرینی در چارچوب تمرینات با محدودیت جریان خون می‌پردازد، بلکه به درک عمیق‌تر از مکانیسم‌های هورمونی مرتبط با این روش تمرینی کمک می‌کند. نتایج این تحقیق می‌توانند در بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی به ویژه برای کسانی که به دلیل محدودیت‌های فیزیکی قادر به انجام تمرینات با شدت بالا نیستند، نقش مؤثری ایفا کنند.

روش پژوهش

آزمودنی‌ها

این تحقیق نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون روی دانشجویان پسر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد انجام شد. پس از دعوت به همکاری از طریق فراخوان در گروه‌های دانشجویی و در سطح دانشگاه، ۵۱ نفر از داوطلبان که شرایط ورود به مطالعه را داشتند انتخاب شدند. شرایط ورود به تحقیق شامل سن ۲۰-۲۵ سال، شاخص توده بدن ۲۰-۲۵ کیلوگرم بر متر مربع، عدم منع پزشکی برای تمرینات محدودیت جریان خون و عدم فعالیت ورزشی منظم در شش ماه گذشته بود. تمامی آزمودنی‌ها پیش از ورود به تحقیق، توسط پزشک مورد معاینه قرار گرفتند تا از نظر مصرف داروهای خاص، سلامت عمومی، سلامت قلبی-عروقی، فشار خون (فشار خون سیستولیک > ۱۴۰ میلی‌متر جیوه)، و وجود هرگونه بیماری دیگر بررسی شوند. پس از تأیید پزشک، مجوز شرکت افراد در تحقیق صادر شد. همه آزمودنی‌ها فرم رضایت آگاهانه و فرم اطلاعات شخصی و پرسشنامه پزشکی ورزشی را تکمیل کردند.

برای تخصیص آزمودنی‌ها به گروه‌های پژوهش، از روش تصادفی‌سازی ساده استفاده شد. ابتدا به هر شرکت‌کننده یک کد شناسایی یکتا تخصیص داده شد. سپس با استفاده از قرعه‌کشی و بر پایه جدول اعداد تصادفی (بدون جای‌گذاری مجدد)، آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به سه گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۲۰-۳۰٪، یک تکرار بیشینه (۱۷ نفر)، تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۴۰-۵۵٪ یک تکرار بیشینه (۱۷ نفر) و گروه کنترل (۱۷ نفر) تقسیم شدند. این فرآیند با هدف حذف سوگیری در تخصیص، افزایش قابلیت

نمونه گیری خونی از آزمودنی ها، در شرایط ۱۰ ساعت ناشتا و توسط تکنسین آزمایشگاه و در ساعت ۸-۹ صبح انجام شد. از آزمودنی ها خواسته شد که ۲۴ ساعت قبل از خونگیری از انجام فعالیت های شدید، مصرف دارو، مکمل، کافئین و الکل خودداری نمایند. در هر مرحله خونگیری ۵ سی سی خون در وضعیت نشسته از ورید سیاهرگ بازوی آزمودنی ها جمع آوری و بعد با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و سرم جدا و در دمای ۸۰- نگهداری شد. برای اندازه گیری غلظت های فولیستاتین از روش ایمونواسی آنزیمی با استفاده از کیت های ELISA از شرکت R and D Systems (مینیاپولیس، ایالات متحده) استفاده شد. سطوح IGF-1 نیز با استفاده از کیت های ELISA از شرکت Mediagnost (روتلینگن، آلمان) تعیین گردید. همچنین برای اندازه گیری آیزیزین از کیت ELISA از شرکت Hangzhou Eastbiopharm با حد تشخیص ۰/۰۱ ng/mL و حساسیت آن ۰/۰۵ ng/mL استفاده شد. تمامی سنجش ها در یک مرحله و با کنترل کیفی داخلی انجام گرفت تا از بروز خطای بین نوبتی جلوگیری شود.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده ها از آمار توصیفی جهت محاسبه شاخص های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. اطلاعات جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و به کمک آزمون شاپیرو-ویلک (برای بررسی نرمال بودن داده ها)، آزمون t وابسته (برای بررسی تغییرات درون گروهی)، آزمون آنوا (برای مقایسه میانگین ویژگی های آزمودنی ها قبل از شروع تحقیق)، آزمون مانوا دو راهه (برای مقایسه اثرات تمرین و بی تمرین و استفاده از کاف بین گروه ها)، و آزمون تعقیبی LSD (برای بررسی اختلاف میانگین ها) در سطح معناداری ($P < 0.05$) تحلیل شدند.

یافته ها

همه آزمودنی ها تا آخر جلسه تحقیق شرکت داشتند و داده های به دست آمده از همه آزمودنی ها به عنوان اطلاعات نهایی تحقیق حاضر استفاده شد. نتایج آزمون نرمال بودن داده ها نشان داد که توزیع داده های تحقیق حاضر طبیعی است همچنین همگنی واریانس ها تایید شد. میانگین و انحراف استاندارد سن و شاخص توده بدنی آزمودنی ها در جدول ۱ آورده شده است. نتایج آزمون آنوا نشان داد که قبل از شروع تحقیق، بین ویژگی های آزمودنی ها تفاوت معناداری وجود ندارد. نتایج حاصل از آزمون شاپیروویلک در شاخص های مختلف نشان از نرمال بودن توزیع داده ها در گروه های تحقیق داشت. آزمون t وابسته نشان داد که مقدار فولیستاتین، IGF-1، قدرت پرس سینه و قدرت پرس پا قبل و بعد از ۸ هفته تمرین در هر دو گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون تفاوت معناداری وجود دارد؛ اما درصد چربی بدن تنها در گروه تمرین مقاومتی با شدت ۴۰-۵۵٪ تفاوت معناداری نشان داد که معادل ۶/۱۱٪

توجه فشار سیستولی هر فرد، به مقدار ۱۲۰-۱۶۰ میلی متر جیوه در نظر گرفته شد. فشار خون در ابتدای هر جلسه تمرینی با استفاده از دستگاه فشارسنج تعیین می گردید. همچنین، با افزایش تدریجی شدت تمرین در طول مطالعه فشار کاف نیز بازمینی شده و در صورت نیاز تنظیم مجدد می شد. برای ایجاد محدودیت جریان خون از باندهای ارتجاعی با عرض ۵۰ میلی متری استفاده شد. بدین منظور ابتدا از شرکت کنندگان خواسته شد که با توجه به مقیاس ۱۰ عددی درک فشار بورگ، فشار وارده تمرین را مشخص کنند (صفر به معنای عدم فشار، فشار ۷-۱۰ به معنای فشار متوسط بدون درد و فشار ۱۰ به معنای فشار شدید همراه با درد). فشار درک شده ۷ از ۱۰ به عنوان میزان فشار باند ارتجاعی در تمرینات در نظر گرفته شد. بعد از اتمام تمرین باند باز شده و مرحله سرد کردن شامل ۵ دقیقه حرکات کششی انجام شد (۲۳، ۲۸).

اندازه گیری متغیرهای تحقیق

برای ارزیابی درصد چربی بدن، از روش آنالیز امپدانس بیوالکتریک (BIA) و دستگاه Olympica 3.3 ساخت شرکت Jawon Medical کره جنوبی استفاده شد. این دستگاه برای جمعیت وسیعی از افراد در دامنه سنی ۱۰ تا ۸۰ سال، طراحی و کالیبره شده است. اعتبار آن در مطالعات متعددی در مقایسه با روش مرجع جذب سنجی با اشعه ایکس با انرژی دوگانه (DEXA) گزارش شده است و میزان خطای اندازه گیری آن در تخمین درصد چربی بدن حدود ۳ تا ۵ درصد عنوان شده است (۲۹). برای اجرای دقیق آزمون، افراد در حالت ناشتا، با حداقل پوشش، و با رعایت شرایط استاندارد (عدم مصرف آب، غذا و فعالیت بدنی شدید پیش از آزمون) تحت اندازه گیری قرار گرفتند. چهار الکترود دستگاه روی سطح کف پاها و کف دست ها قرار داده شد. پس از وارد کردن مشخصات فردی شامل قد، وزن، سن و جنسیت، درصد چربی بدن به صورت خودکار توسط دستگاه محاسبه و ثبت شد.

اندازه گیری قدرت عضلانی

برای اندازه گیری قدرت، از حرکات پرس سینه و پرس پا به عنوان شاخص های قدرت عضلات بالاتنه و پایین تنه استفاده شد (۳۰). در این روش، آزمودنی ها ابتدا به مدت ۵ دقیقه تمرینات گرم کردن را انجام دادند و بعد با استفاده از فرمول برزیسکی، یک تکرار بیشینه آزمودنی ها به دست آمد. این محاسبه از طریق قرار دادن وزنه های جایجا شده و تعداد تکرارها (وزنه ای که توسط خود آزمودنی ها انتخاب شده و حرکت را تا حد خستگی انجام داده بودند) انجام گرفت. برای ارزیابی پایایی و همبستگی آزمون ها، این فرآیند در دو روز غیر متوالی با حداقل ۷۲ ساعت فاصله زمانی تکرار شد (۳۱).

یک تکرار بیشینه = وزنه مورد استفاده $\times [(1) + (30 / \text{تعداد تکرار})]$

اندازه گیری نمونه خون

تفاوت معناداری در مقدار فولستاتین، IGF-1، قدرت پرس سینه و قدرت پرس پا و درصد چربی بدن (فقط در گروه تمرین مقاومتی با شدت ۴۰-۵۵٪ یک تکرار بیشینه) وجود مشاهده شد. همچنین یک دوره بی تمرینی اگر چه باعث کاهش سازگاری های ایجاد شده گردید اما این کاهش از نظر آماری معنادار نبود (شکل ۲).

بود (جدول ۲). همچنین نتایج آزمون مانوا دو راهه نشان داد که غیر از آیریزین، بین مقدار سایر متغیرهای تحقیق در سه گروه تفاوت معناداری وجود دارد. آزمون تعقیبی LSD نشان داد که این تفاوت ها بین گروه های تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون و گروه کنترل است. به طوری که بین گروه های تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با گروه کنترل

جدول ۱. مقایسه میانگین های قبل و بعد از ۸ هفته تمرین با محدودیت جریان خون در هر گروه

معنی داری	t	انحراف معیار ± میانگین	زمان	گروه																																																																																																																																					
P = ۰/۰۰۱	-۱۶/۶۳	۳۵/۵۲ ± ۴/۰۲	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	فولستاتین (نانو گرم بر میلی لیتر)																																																																																																																																				
		۴۷/۳۳ ± ۵/۴۲	بعد از تمرین			P = ۰/۰۴	-۱۰/۱۱	۳۳/۵۷ ± ۳/۱۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۴۲/۱۲ ± ۶/۶۸	بعد از تمرین	P = ۰/۶۵	-۱/۸۳	۳۶/۴۶ ± ۴/۱۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۳۷/۲۵ ± ۵/۷۹	بعد از تمرین	P = ۰/۰۰۴	-۱۲/۱۲	۱۲۵/۱۲ ± ۵/۱۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	IGF-1 (نانو گرم بر لیتر)	۱۶۵/۴۶ ± ۹/۱۴	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۵	-۱۳/۳۲	۱۳۲/۸۷ ± ۱۳/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۵۷/۵۳ ± ۶/۷۵	بعد از تمرین	P = ۰/۴۵	-۱/۰۱	۱۳۲/۵۳ ± ۱۰/۵۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۱۳۵/۱۷ ± ۸/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)	۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین
P = ۰/۰۴	-۱۰/۱۱	۳۳/۵۷ ± ۳/۱۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل																																																																																																																																				
		۴۲/۱۲ ± ۶/۶۸	بعد از تمرین			P = ۰/۶۵	-۱/۸۳	۳۶/۴۶ ± ۴/۱۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۳۷/۲۵ ± ۵/۷۹	بعد از تمرین	P = ۰/۰۰۴	-۱۲/۱۲	۱۲۵/۱۲ ± ۵/۱۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	IGF-1 (نانو گرم بر لیتر)	۱۶۵/۴۶ ± ۹/۱۴	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۵	-۱۳/۳۲	۱۳۲/۸۷ ± ۱۳/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۵۷/۵۳ ± ۶/۷۵	بعد از تمرین	P = ۰/۴۵	-۱/۰۱	۱۳۲/۵۳ ± ۱۰/۵۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۱۳۵/۱۷ ± ۸/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)	۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین				
P = ۰/۶۵	-۱/۸۳	۳۶/۴۶ ± ۴/۱۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل																																																																																																																																				
		۳۷/۲۵ ± ۵/۷۹	بعد از تمرین			P = ۰/۰۰۴	-۱۲/۱۲	۱۲۵/۱۲ ± ۵/۱۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	IGF-1 (نانو گرم بر لیتر)	۱۶۵/۴۶ ± ۹/۱۴	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۵	-۱۳/۳۲	۱۳۲/۸۷ ± ۱۳/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۵۷/۵۳ ± ۶/۷۵	بعد از تمرین	P = ۰/۴۵	-۱/۰۱	۱۳۲/۵۳ ± ۱۰/۵۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۱۳۵/۱۷ ± ۸/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)	۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین												
P = ۰/۰۰۴	-۱۲/۱۲	۱۲۵/۱۲ ± ۵/۱۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	IGF-1 (نانو گرم بر لیتر)																																																																																																																																				
		۱۶۵/۴۶ ± ۹/۱۴	بعد از تمرین			P = ۰/۰۳۵	-۱۳/۳۲	۱۳۲/۸۷ ± ۱۳/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۵۷/۵۳ ± ۶/۷۵	بعد از تمرین	P = ۰/۴۵	-۱/۰۱	۱۳۲/۵۳ ± ۱۰/۵۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۱۳۵/۱۷ ± ۸/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)	۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																				
P = ۰/۰۳۵	-۱۳/۳۲	۱۳۲/۸۷ ± ۱۳/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل																																																																																																																																				
		۱۵۷/۵۳ ± ۶/۷۵	بعد از تمرین			P = ۰/۴۵	-۱/۰۱	۱۳۲/۵۳ ± ۱۰/۵۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۱۳۵/۱۷ ± ۸/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)	۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																												
P = ۰/۴۵	-۱/۰۱	۱۳۲/۵۳ ± ۱۰/۵۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل																																																																																																																																				
		۱۳۵/۱۷ ± ۸/۸۴	بعد از تمرین			P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)	۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین	P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																				
P = ۰/۵۹	-۲/۸۳	۸/۰۵ ± ۳/۲۷	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	آیریزین (نانو گرم بر میلی لیتر)																																																																																																																																				
		۸/۲۲ ± ۲/۲۴	بعد از تمرین			P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین	P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																												
P = ۰/۵۷	-۲/۳۵	۷/۹۲ ± ۲/۳۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل																																																																																																																																				
		۸/۲۵ ± ۲/۲۵	بعد از تمرین			P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																				
P = ۰/۶۶	-۳/۱۵	۸/۱۲ ± ۲/۱۲	قبل از تمرین	کنترل	کنترل																																																																																																																																				
		۸/۱۸ ± ۲/۲۱	بعد از تمرین			P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن	۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین	P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																												
P = ۰/۰۳۱	-۱۲/۱۵	۲۰/۱۴ ± ۲/۳۶	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	درصد چربی بدن																																																																																																																																				
		۱۸/۹۸ ± ۲/۸۴	بعد از تمرین			P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین	P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																				
P = ۰/۲۱	-۱۴/۱۴	۲۰/۲۵ ± ۳/۰۱	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل																																																																																																																																				
		۱۹/۵۵ ± ۲/۰۱	بعد از تمرین			P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																												
P = ۰/۷۸	-۲/۵۳	۲۰/۰۱ ± ۲/۲۳	قبل از تمرین	کنترل	کنترل																																																																																																																																				
		۲۰/۳۵ ± ۲/۱۸	بعد از تمرین			P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)	۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین	P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																				
P = ۰/۰۱۵	-۱۴/۶۵	۵۰/۱۵ ± ۵/۲۴	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس پا (کیلوگرم)																																																																																																																																				
		۵۹/۲۵ ± ۴/۷۸	بعد از تمرین			P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																												
P = ۰/۰۳۶	-۱۳/۵۹	۵۲/۲۴ ± ۵/۸۵	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل																																																																																																																																				
		۵۸/۱۳ ± ۴/۲۶	بعد از تمرین			P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین	P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																																				
P = ۰/۴۲	-۲/۵۷	۵۱/۲۶ ± ۵/۰۴	قبل از تمرین	کنترل	کنترل																																																																																																																																				
		۵۲/۷۶ ± ۵/۳۵	بعد از تمرین			P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)	۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین	P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																																												
P = ۰/۰۱۴	-۱۵/۴۹	۷۵/۵۲ ± ۵/۱۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ یک تکرار بیشینه	قدرت پرس سینه (کیلوگرم)																																																																																																																																				
		۸۴/۳۵ ± ۴/۱۲	بعد از تمرین			P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل	۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین	P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																																																				
P = ۰/۰۴۸	-۱۲/۵۷	۷۳/۹۵ ± ۵/۹۸	قبل از تمرین	تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ یک تکرار بیشینه	کنترل																																																																																																																																				
		۸۰/۱۵ ± ۴/۳۴	بعد از تمرین			P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل	۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																																																												
P = ۰/۴۲	-۲/۱۹	۷۴/۰۲ ± ۵/۳۷	قبل از تمرین	کنترل	کنترل																																																																																																																																				
		۷۵/۶۷ ± ۵/۷۲	بعد از تمرین																																																																																																																																						

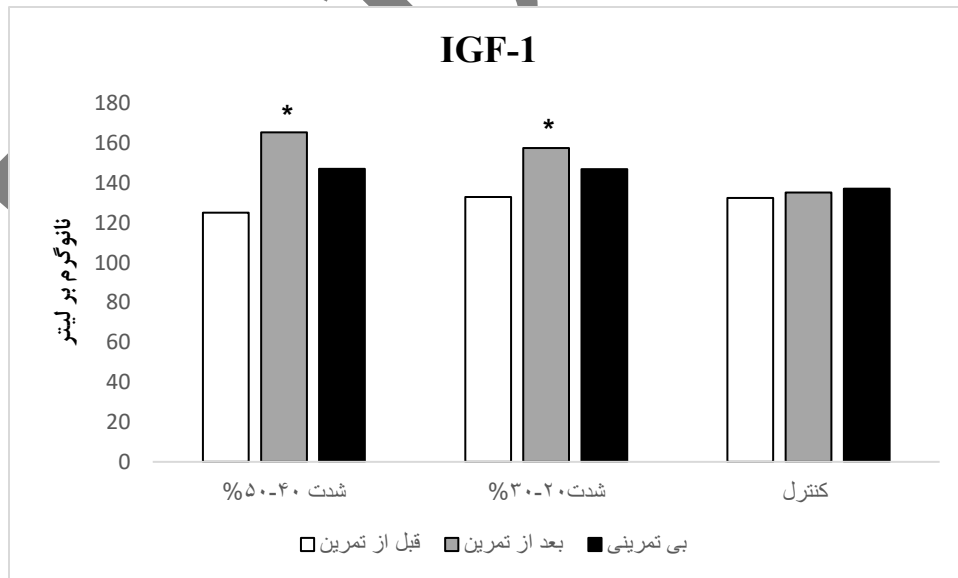
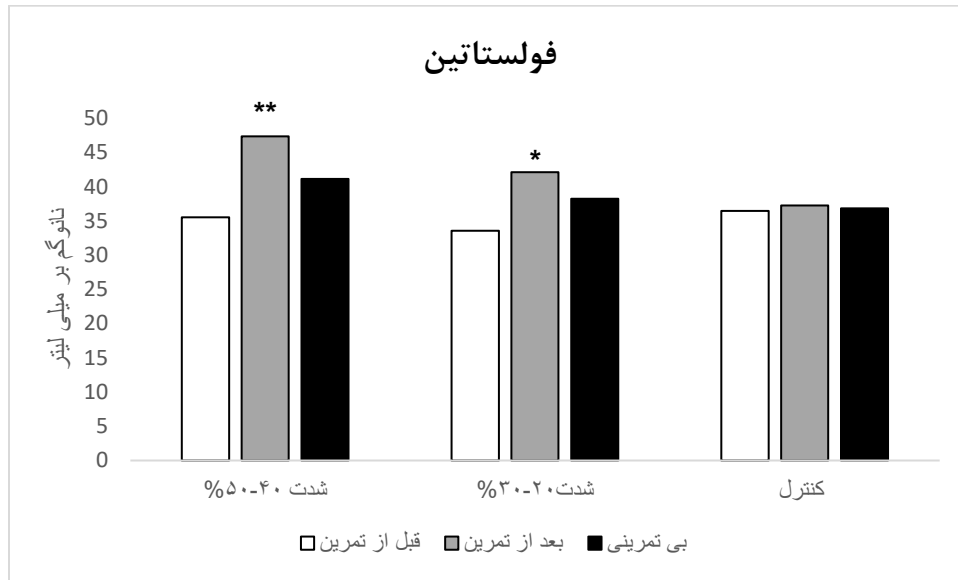
* = معنادار در سطح ۰/۰۵

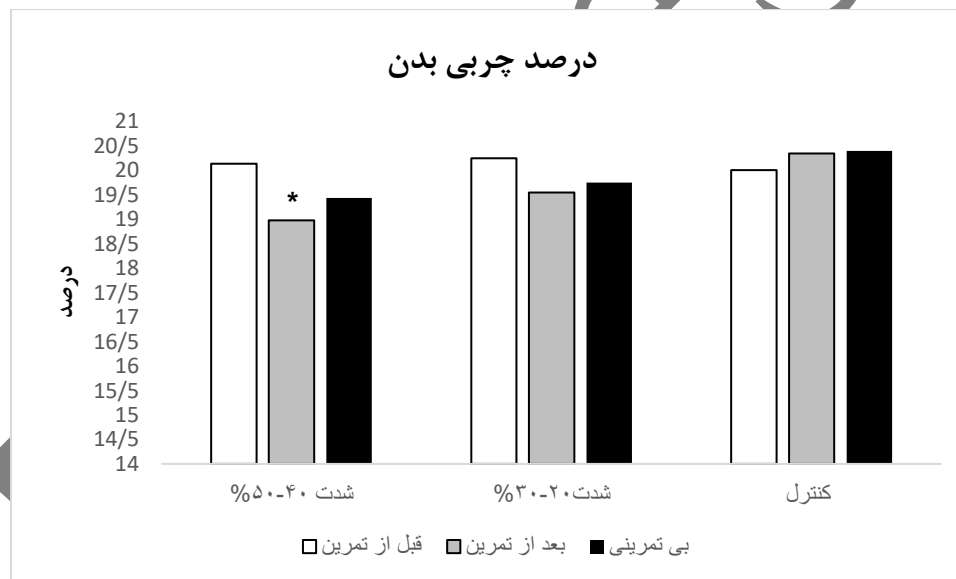
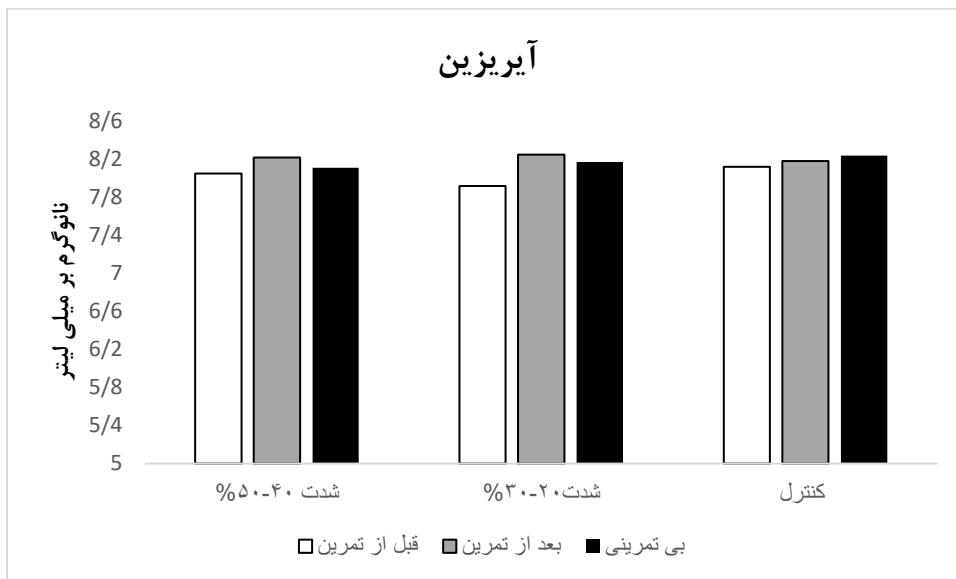
** = معنادار در سطح ۰/۰۱

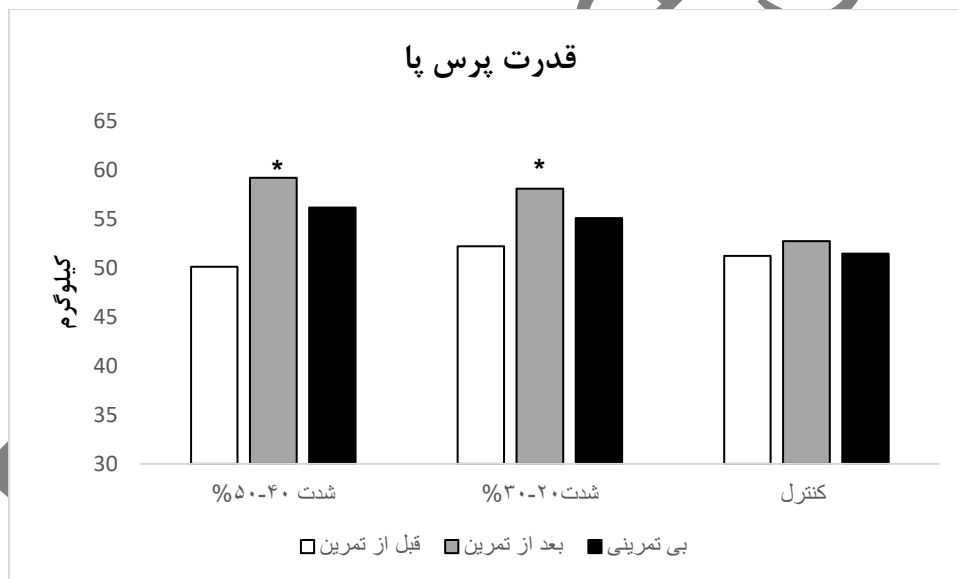
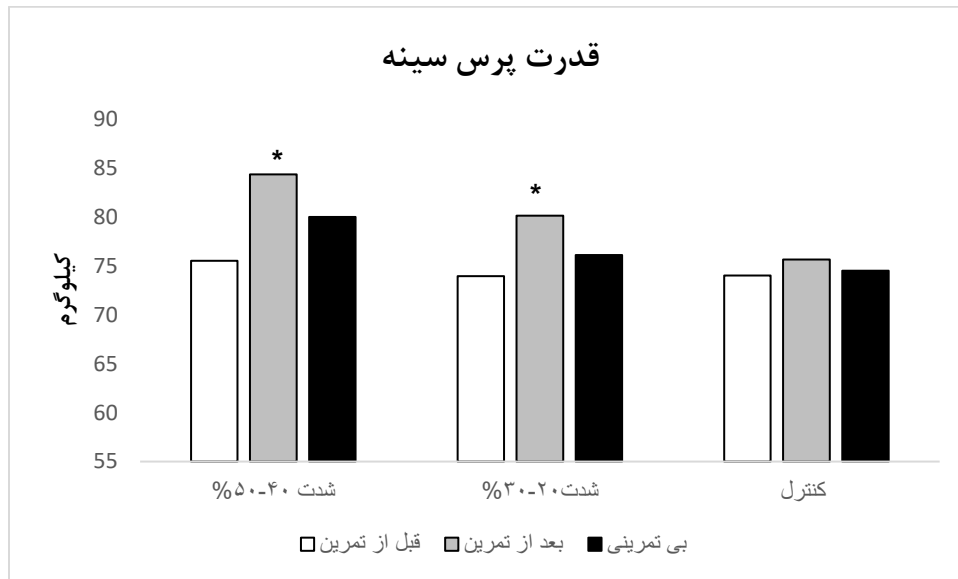


پس آزمون	بی تمرینی				پس آزمون	تمرین با شدت ۲۰-۳۰ و ۴۰-۵۰٪ یک تکرار بیشینه							پیش آزمون	آشناسازی		
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	هفته

شکل ۱. طرح تحقیق







شکل ۲. مقایسه فولستاتین، IGF-1، درصد چربی بدن، قدرت پرس پا، قدرت پرس سینه و درصد چربی بدن در گروه های تحقیق

**= تفاوت معنادار با گروه کنترل در زمان اندازه گیری مشابه در سطح ۰/۰۵

***= تفاوت معنادار با گروه کنترل در زمان اندازه گیری مشابه در سطح ۰/۰۱

هورمون IGF-1 شد ($P \leq 0.05$). IGF-1 به طور فعال در رشد سلولی نقش دارد و از نظر ساختاری بسیار شبیه GH است. از آنجایی که IGF-1 به رشد عضلات و فرآیندهای آنابولیک کمک می‌کند، این نتایج نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون می‌تواند به‌طور مؤثری رشد عضلات را تقویت کند. نتایج تحقیق حاضر در راستای برخی تحقیقات گذشته بود که در آنها نیز افزایش IGF-1 در پی تمرینات با محدودیت جریان خون گزارش شده بود (۷، ۱۷، ۲۴). همچنین در تحقیق حیدری^۱ و همکاران (۲۰۱۶) نیز مشاهده شد که بلافاصله پس از تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون، IGF-1 به‌طور معنی‌داری نسبت به تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون افزایش یافت (۳۸). در تضاد با یافته‌های حاضر، باقری^۲ و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که هشت هفته تمرینات انتخابی در آب با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب در دقیقه، IGF-1 را در پسران غیر ورزشکار تغییر نداد. (۳۹). این اختلاف می‌تواند به تفاوت در نوع تمرین مربوط باشد؛ تمرین در آب با کاهش فشار مکانیکی و نیروی گرانشی، بار تحریکی کمتری بر عضلات وارد می‌کند، در حالی که تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با ایجاد هیپوکسی موضعی و تجمع متابولیت‌ها، مسیر IGF-1 را به‌طور مؤثرتری فعال می‌کند. همچنین، در تحقیق دیگری نیز گزارش شد که ۶ هفته تمرین با محدودیت جریان خون هیچ تغییری در سطح پایه IGF-1 گردش خون نداشت (۴۰). مکانیسم‌هایی که تغییر IGF-1 بعد از ورزش را تحت تأثیر قرار می‌دهند ممکن است به افزایش فعالیت سمپاتیک به دلیل افزایش غلظت اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین مرتبط باشد که فعالیت نورون‌های مرکزی آدرنرژیک و هورمون رشد را تحریک می‌کند. (۴۱)، هرچند در مطالعه حاضر اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری نشد، اما یافته‌های پیشین حاکی از آن است که تمرین با محدودیت جریان خون می‌تواند با تحریک سیستم عصبی سمپاتیک، ترشح این کاتکول‌آمین‌ها را افزایش دهد که به‌نوبه خود می‌تواند تحریک IGF-1 را تسهیل کند (۴۳). علاوه بر این، تغییرات PH خون و عضلات به دلیل ورزش، گیرنده‌های متابولیک را تحریک می‌کند. این گیرنده‌ها سیستم پپتید-آدرنرژیک را فعال می‌کنند و باعث افزایش هورمون رشد و IGF-1 می‌شوند (۳۹، ۴۴). همچنین افزایش غلظت متابولیت‌ها و PH عضله سیستم هیپوتالاموس-هیپوفیز را تحریک کرده و هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون رشد را آزاد می‌کند. به نظر می‌رسد که اعمال بارهای مکانیکی و متابولیکی بر سلول عضلانی با افزایش IGF-1 و فولیستاتین باعث مهار فعالیت مسیر FOX1 شده و در نهایت باعث کاهش بیان و ترشح میوستاتین و پیشگیری از تحلیل عضلانی می‌شود (۳۴، ۴۵). از طرف دیگر در تحقیقات گذشته دیده شده

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون در هر دو شدت ۲۰-۳۰٪ و نیز ۴۰-۵۰٪ یک تکرار بیشینه، باعث افزایش فولیستاتین، IGF-1، قدرت پرس سینه و قدرت پرس پا گردید اما بر مقدار آیریزین تأثیر معناداری نداشت؛ همچنین تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۴۰-۵۵٪ یک تکرار بیشینه باعث کاهش معنادار درصد چربی بدن گردید اما شدت ۲۰-۳۰٪ یک تکرار بیشینه تأثیر معناداری نشان نداد. علاوه بر این مشاهده شد که ۴ هفته بی‌تمرینی باعث کاهش غیر معنادار سازگاری‌های ایجاد شده، گردید. در پی بی‌تمرینی کاهش غیر معنادار متغیرهای تحقیق در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۴۰-۵۵٪ در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون ۲۰-۳۰٪ برای IGF-1 1.08 ± 0.08 ٪ در مقابل 0.72 ± 0.06 ٪، برای فولیستاتین 11.15 ± 0.11 ٪ در مقابل 9.21 ± 0.09 ٪ برای آیریزین 1.34 ± 0.1 ٪ در مقابل 0.97 ± 0.0 ٪، برای قدرت پرس پا 5.18 ± 0.5 ٪ در مقابل 4.2 ± 0.3 ٪، برای درصد چربی بدن 3.42 ± 0.3 ٪ در مقابل 2.1 ± 0.1 ٪ و برای قدرت پرس سینه 5.02 ± 0.5 ٪ در مقابل 5.16 ± 0.5 ٪ بود.

نتایج تحقیق حاضر در راستای تحقیقاتی بود که در آنها افزایش فولیستاتین گزارش شده بود (۲۴، ۳۲، ۳۳). در این راستا، نگارش و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که هشت هفته تمرینات مقاومتی منجر به افزایش سطح فولیستاتین می‌شود (۳۳)، این موضوع نشان دهنده ایجاد شرایط آنابولیک برای حفظ و بهبود توده عضلانی است. از سوی دیگر، افزودن محدودیت جریان خون به تمرینات مقاومتی باعث افزایش بیشتر فولیستاتین گردید. یکی از سازوکارهای احتمالی که باعث افزایش سطح فولیستاتین به‌واسطه تمرین می‌شود، این است که افراد با سبک زندگی فعال معمولاً سطح فولیستاتین بالاتری نسبت به افراد غیرفعال دارند (۳۲، ۳۴). پژوهش حاضر نیز نشان داد که تمرینات مقاومتی، در هر دو شدت ۴۰-۵۵٪ و ۲۰-۳۰٪ یک تکرار بیشینه، سطح فولیستاتین را در هر دو گروه افزایش می‌دهد اما این افزایش در گروه شدت بالاتر بیشتر بود. فولیستاتین در مهار سیگنالینگ میوستاتین نقش مهمی ایفا می‌کند و به عنوان یک بازدارنده اصلی، می‌تواند با اتصال به میوستاتین در گردش خون و گیرنده‌ی نوع II اکتیوین، از اتصال میوستاتین به گیرنده‌هایش جلوگیری کند و آن را غیرفعال سازد (۳۵). در حضور فولیستاتین، میوستاتین قادر به فعال‌سازی گیرنده‌هایش نیست و فعالیت تحلیل‌برنده آن کاهش می‌یابد (۳۶). در تحقیقات گذشته دیده شده که ۱۳ هفته تمرینات مقاومتی با شدت بالا منجر به افزایش فولیستاتین و در نتیجه مهار میوستاتین شده است (۳۷).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون در هر دو شدت تمرینی، باعث افزایش سطح

در تحقیق حاضر مشاهده شد که تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون در هر دو شدت باعث افزایش قدرت عضلانی شد. چندین مطالعه نشان دادند که قدرت عضلانی در تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش می‌یابد (۲۴، ۵۱). افزایش قدرت عضلانی عمدتاً به دلیل سازگاری‌های عصبی عضلانی، افزایش فعالیت عضلات آگونیست (۵۲) و کاهش فعالیت عضلات آنتاگونیست است. (۵۲، ۵۳) همچنین تمرین با محدودیت جریان خون محرک بیشتری برای هیپرتروفی فراهم می‌کند (۴۴)، چرا که نیاز به اکسیژن بیشتری دارد، باعث تجمع متابولیت‌ها می‌شود و فیبرهای عضلانی تند انقباض را به کار می‌گیرد که منجر به افزایش قدرت و جلوگیری از آنروپی و سارکوپنی می‌شود (۴۴، ۵۴). افزایش قدرت با تغییرات مولکولی مرتبط است. در این راستا، در تحقیقات گذشته ارتباط معناداری بین فولیستاتین با عملکرد عضلانی در سالمندان نشان داده شده است (۵۵). یافته‌های تحقیق حاضر نیز این موضوع را تایید کرد و نشان داد که درصد تغییر در قدرت با درصد تغییر فولیستاتین هم‌راستا بود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد چربی بدن در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۴۰-۵۵٪ یک تکرار بیشینه کاهش یافت ($P \leq 0.05$). نتایج تحقیق گولوب^۱ (۲۰۲۰) نشان داد که درصد چربی بدن در تمرینات با محدودیت جریان خون به‌طور معناداری نسبت به گروه بدون محدودیت جریان خون کاهش یافته است (۵۶). اما در تحقیق حقیقت پرست^۲ و همکاران (۲۰۲۲) تفاوت معناداری بین درصد چربی گروه تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون مشاهده نشد (۵۷). به نظر می‌رسد که سطح آمادگی بدن می‌تواند عامل موثری در تغییرات ترکیب بدن باشد زیرا در تحقیق وی از آزمودنی‌های ورزشکار بدنساز استفاده شده بود و شاید افراد ورزشکار به دلیل تجربه تمرینی خود، تغییرات ترکیب بدنشان به مرور زمان رخ می‌دهد و هشت هفته تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون نمی‌تواند باعث تغییرات محسوسه‌تری در ترکیب بدن آنها گردد. با این حال، تفاوت در طول دوره تمرینی، شدت تمرین، روش اعمال تمرین انسداد عروق و فشار کاف نیز از عوامل احتمالی دیگر است که می‌تواند در میزان تأثیر تمرین بر ترکیب بدن نقش داشته باشد.

تحقیقات انجام شده درباره تأثیر بی‌تمرینی در پی تمرینات با محدودیت جریان بسیار محدود و کم است و غالباً در این تحقیقات هورمون‌ها و متغیرهای خونی بررسی نشده است لذا تحلیل نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر دشوار می‌باشد. معیار با نتایج تحقیق حاضر، در تحقیق هوشمندی و همکاران (۲۰۲۴) مشاهده شد که بعد از یک دوره تمرینات مقاومتی، افزایش فولیستاتین و IGF-1 رخ داد اما ۴ هفته بی‌تمرینی

که تمرین با محدودیت جریان خون می‌تواند با افزایش رهاسازی فاکتورهای رشد عضلانی باعث افزایش امکان رشد عضلات و قدرت آنها گردد (۳۷، ۴۶). بنابراین اگر چه خود تمرین مقاومتی عامل مهمی در افزایش فولیستاتین و IGF-1 است اما افزودن محدودیت جریان خون با ایجاد بار متابولیکی ویژه این تغییرات را تشدید می‌کند (۴۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین با محدودیت جریان خون در هر دو شدت ۲۰-۳۰٪ و ۴۰-۵۰٪ یک تکرار بیشینه تأثیر معناداری بر آیریزین ندارد. این یافته‌ها با برخی از مطالعات قبلی که افزایش آیریزین را در پاسخ به تمرینات هوازی و مقاومتی گزارش کرده‌اند، در تضاد است (۱۹). با این حال، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که شدت و مدت تمرین، همراه با نوع عضلات درگیر، می‌توانند بر میزان ترشح آیریزین تأثیرگذار باشند (۲۱، ۴۷). به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون، علی‌رغم ایجاد استرس متابولیکی، به‌تنهایی برای تحریک این میوکاین کافی نبوده‌اند. یکی از توضیحات احتمالی برای این عدم تغییر، ماهیت تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون است. برخلاف تمرینات هوازی یا مقاومتی با شدت بالا که با افزایش تولید انرژی و فعالیت متابولیکی همراه هستند، تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون عمدتاً از طریق تجمع متابولیت‌ها و هیپوکسی موضعی، پاسخ‌های آنابولیکی را تحریک می‌کنند (۴۸). این تفاوت در مکانیسم ممکن است به عدم تحریک مسیرهای مرتبط با ترشح آیریزین منجر شده باشد. همچنین، تفاوت‌های فردی در سطح پایه آیریزین و ترکیب بدن می‌تواند عامل دیگری در نتایج مشاهده شده باشد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که سطح آیریزین سرمی با درصد چربی بدن و میزان توده عضلانی ارتباط دارد (۴۹، ۵۰). با توجه به اینکه در تحقیق حاضر، شرکت‌کنندگان دانشجویان پسر بودند که شاخص توده بدنی نرمال داشتند، ممکن است سطوح پایه آیریزین آن‌ها به‌گونه‌ای بوده باشد که تحت تأثیر یک دوره تمرینی کوتاه مدت تغییر نکند. تحقیقات آینده می‌تواند بررسی کنند که آیا افزایش مدت تمرین یا ترکیب مقاومتی با محدودیت جریان خون با تمرینات هوازی، پاسخ آیریزین را تغییر می‌دهد یا خیر. در تحقیق حاضر، متغیرهای استرس متابولیک نظیر لاکتات خون اندازه‌گیری نشدند که می‌توانست به تفسیر دقیق‌تر این نتایج کمک کند؛ پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی این شاخص‌ها نیز بررسی شوند. علاوه بر این، ماهیت تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون که مبتنی بر هیپوکسی موضعی و تجمع متابولیت‌هاست، ممکن است به‌تنهایی برای تحریک مسیرهای ترشح آیریزین کافی نبوده باشد.

ممکن است به نمونه‌های بزرگ‌تری برای شناسایی تغییرات اندک نیاز داشته باشد. در نتیجه، توصیه می‌شود مطالعات آتی با حجم نمونه بزرگ‌تر و طراحی مبتنی بر توان اختصاصی برای این متغیر انجام گیرد. از طرف دیگر طراحی مطالعه به صورت گروهی انجام شد و افراد تمامی شرایط تمرینی (دو شدت متفاوت) را تجربه نکردند، که می‌توانست دقت مقایسه نتایج را افزایش دهد. همچنین، متغیرهای مرتبط دیگری مانند نشانگرهای التهابی و سلامت قلبی-عروقی بررسی نشدند، و کنترل کامل بر رژیم غذایی و سبک زندگی شرکت‌کنندگان ممکن نبود، که می‌تواند بر دقت یافته‌ها تأثیرگذار باشد.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون حتی در شدت‌های پایین، می‌تواند منجر به افزایش سطح فولیستاتین، IGF-1 و بهبود قدرت عضلانی شود. همچنین، تمرین با شدت بالاتر (۴۰-۵۰٪ یک تکرار بیشینه) نسبت به شدت پایین‌تر (۲۰-۳۰٪ یک تکرار بیشینه) تأثیر بیشتری بر این فاکتورها داشت و علاوه بر آن، کاهش درصد چربی بدن را نیز به همراه داشت. اگرچه ۴ هفته بی‌تمرینی منجر به کاهش سازگاری‌های ایجاد شده گردید، اما این کاهش از نظر آماری معنادار نبود، که احتمالاً ناشی از سازگاری‌های عصبی حفظ‌شده در این مدت است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون می‌تواند یک راهکار مؤثر و جایگزین برای تمرینات مقاومتی با شدت بالا باشد، به‌ویژه برای گروه‌هایی که به دلیل محدودیت‌های فیزیکی قادر به اجرای تمرینات سنگین نیستند. به همین دلیل، این روش تمرینی می‌تواند در برنامه‌های توانبخشی، سالمندان، و افرادی با محدودیت‌های پزشکی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به بررسی تأثیرات بلندمدت این تمرینات و ارزیابی تأثیر ترکیب آن با سایر روش‌های تمرینی بر پاسخ‌های هورمونی و عملکرد عضلانی بپردازند.

تشکر و قدرانی

نویسندگان مقاله از کلیه دانشجویانی که در تحقیق حاضر شرکت داشتند صمیمانه تشکر می‌کنند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

منجر به کاهش معنادار فولیستاتین و IGF-1 گردید (۲۶). با توجه به اینکه آزمودنی‌های تحقیق آنها زنان سالمند بودند ممکن است یکی از دلایل تفاوت بین نتایج به این امر مربوط باشد شاید سن عاملی اثرگذار بر تغییرات هورمونی در زمان بی‌تمرینی باشد. همچنین در تحقیقات گذشته دیده شده که پس از ۱۲ روز بی‌تمرینی، قدرت عضلانی کاهش یافت (۲۵)، در حالی که برخی دیگر گزارش کردند که پس از ۶ هفته بی‌تمرینی قدرت عضلانی حفظ می‌شود (۵۸). در تحقیق دیگری نیز مشاهده شد که افزایش قدرت ایجاد شده در پی تمرینات با محدودیت جریان خون در زنان مسن، پس از ۱۲ هفته بی‌تمرینی به طور عمده حفظ شد (۵۹). این یافته‌ها نشان می‌دهند که اثربخشی تمرینات با محدودیت جریان خون و تأثیرات بی‌تمرینی آن ممکن است بسته به عواملی مانند سازگاری‌های عصبی، مدت تمرین، میزان بار تمرینی و جمعیت مورد مطالعه متفاوت باشد.

تحقیق حاضر با بررسی و مقایسه دو شدت تمرینی مختلف در تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون، نشان داد که شدت بالاتر منجر به تغییرات قابل‌توجه‌تری در فاکتورهای آنابولیک، قدرت عضلانی و ترکیب بدنی می‌شود. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که شدت تمرینی یکی از عوامل کلیدی در بهبود سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون است. علاوه بر این، بررسی تأثیر ۴ هفته بی‌تمرینی بر حفظ یا کاهش این سازگاری‌ها، جنبه‌ای مهم از این تحقیق محسوب می‌شود. نتایج نشان داد که اگرچه برخی کاهش‌ها در قدرت عضلانی و فاکتورهای هورمونی مشاهده شد، اما این کاهش‌ها از نظر آماری معنادار نبودند. این مسئله حاکی از آن است که بخشی از سازگاری‌های ناشی از تمرین، می‌تواند حتی در دوره‌های کوتاه بی‌تمرینی حفظ شود که احتمالاً ناشی از مکانیسم‌های عصبی-عضلانی و تنظیمات متابولیکی ناشی از تمرین است.

تحقیق حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده مورد توجه قرار گیرد. این تحقیق محدود به یک جمعیت خاص (دانشجویان پسر ۲۰ تا ۲۵ سال) و دوره‌ای کوتاه‌مدت (هشت هفته) بود که ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج به سایر گروه‌های سنی، جنسیتی، یا شرایط بلندمدت را محدود کند. همچنین یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق حاضر این بود که با وجود کفایت حجم نمونه بر اساس قدرت آزمون کلی برای اکثر متغیرهای اصلی، احتمال دارد که توان آماری کافی برای شناسایی تغییرات کوچک در سطح آیریزین وجود نداشته باشد. این هورمون به دلیل ماهیت بیولوژیکی و نوسانات ذاتی،

Reference

1. Khalafi M, Aria B, Symonds ME, Rosenkranz SK. The effects of resistance training on myostatin and follistatin in adults: a

systematic review and meta-analysis. *Physiology & behavior*. 2023;269:114272.

2. Howatson G, Van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced



10. Laurentino GC, Loenneke JP, Ugrinowitsch C, Aoki MS, Soares AG, Roschel H, Tricoli V. Blood-flow-restriction-training-induced hormonal response is not associated with gains in muscle size and strength. *Journal of human kinetics*. 2022;83(1):235-43.
11. Gizzi L, Yavuz UŞ, Hillerkuss D, Geri T, Gneiting E, Domeier F, et al. Variations in muscle activity and exerted torque during temporary blood flow restriction in healthy individuals. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2021;9:557761.
12. Perera E, Zhu XM, Horner NS, Bedi A, Ayeni OR, Khan M. Effects of blood flow restriction therapy for muscular strength, hypertrophy, and endurance in healthy and special populations: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2022;32(5):531-45.
13. Lee S-J, Lee Y-S, Zimmers TA, Soleimani A, Matzuk MM, Tsuchida K, et al. Regulation of muscle mass by follistatin and activins. *Molecular endocrinology*. 2010;24(10):1998-2008.
14. 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.
15. Huygens W, Thomis MA, Peeters MW, Aerssens J, Janssen R, Vlietinck RF, Beunen G. Linkage of myostatin pathway genes with knee strength in humans. *Physiological genomics*. 2004;17(3):264-70.
16. Moustogiannis A, Philippou A, Taso O, Zevolis E, Pappa M, Chatzigeorgiou A, Koutsilieris M. The effects of muscle cell aging on myogenesis. *International journal of molecular sciences*. 2021;22(7):3721.
17. Chen Y, Wang J, Li S, Li Y. Acute effects of low load resistance training with blood flow restriction on serum growth hormone, muscle damage. *Sports medicine*. 2008;38:483-503.
3. Markus I, Constantini K, Hoffman J, Bartolomei S, Gepner Y. Exercise-induced muscle damage: Mechanism, assessment and nutritional factors to accelerate recovery. *European journal of applied physiology*. 2021;121:969-92.
4. Lim ZX, Goh J. Effects of blood flow restriction (BFR) with resistance exercise on musculoskeletal health in older adults: a narrative review. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2022;19(1):15.
5. Khajehlandi M, Nikbakht M, Janbozorgi M. Comparing the effect of 6 weeks of resistance training with and without vascular occlusion on growth hormone levels in female physical education students. 2017. [in persian].
6. Sharifi S, Monazzami A, Nikousefat Z, Heyrani A, Yari K. The acute and chronic effects of resistance training with blood flow restriction on hormonal responses in untrained young men: A comparison of frequency. *Cellular and Molecular Biology*. 2020;66(1):1-8. [in persian].
7. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, CF K, Inoue K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005;1(1):6-12.
8. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, MANOEL NEVES J, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(3):406-12.
9. Yanagisawa O, Sanomura M. Effects of low-load resistance exercise with blood flow restriction on high-energy phosphate metabolism and oxygenation level in skeletal muscle. *Interventional Medicine and Applied Science*. 2017;9(2):67-75.

Lasevicius T, et al. Blood flow restriction does not attenuate short-term detraining-induced muscle size and strength losses after resistance training with blood flow restriction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2021;35(8):2082-8.

26. Hooshmandi Z, Daryanoosh F, Ahmadi hekmatikar AH, Awang Daud DM. Highlighting the effect of reduced training volume on maintaining hormonal adaptations obtained from periodized resistance training in sarcopenic older women. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism*. 2024;19(2):187-97.

27. Hosseini A, Sharifi A. A comparison of the effect of traditional resistance training with resistance training with vascular occlusion on muscular function and cardiovascular endurance in young females. *Journal of Sport Biosciences*. 2012;4(10):95-114.

28. Loenneke J, Wilson G, Wilson J. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*. ۴-۱:(۰۱)۳۱;۲۰۱۰.

29. Ling CH, de Craen AJ, Slagboom PE, Gunn DA, Stokkel MP, Westendorp RG, Maier AB. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical nutrition*. 2011;30(5):610-5.

30. Tibana RA, Prestes J, da Cunha Nascimento D, Martins OV, De Santana FS, Balsamo S. Higher muscle performance in adolescents compared with adults after a resistance training session with different rest intervals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(4):1027-32.

31. 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

insulin-like growth factor-1, and testosterone in patients with mild to moderate unilateral knee osteoarthritis. *Heliyon*. 2022;8.(۱۰)

18. Jensen AE, Palombo LJ, Niederberger B, Turcotte LP, Kelly KR. Exercise training with blood flow restriction has little effect on muscular strength and does not change IGF-1 in fit military warfighters. *Growth Hormone & IGF Research*. 2016;27:33-40.

19. Spiegelman BM, Korszmeier SJ, editors. *Irisin and the therapeutic benefits of exercise*. BMC Proceedings; 2012: Springer.

21. Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The lancet*. 2012;380(9838):219-29.

21. Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L, et al. Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: in vivo and in vitro studies. *The Journal of physiology*. 2014;592(5):1091-107.

22. Huh JY, Siopi A, Mougios V, Park KH, Mantzoros CS. Irisin in response to exercise in humans with and without metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2015;100(3):E453-E7.

23. محمدیان، مقدم ق، دخت ح، الهام د. تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت همراه با محدودیت جریان خون بر قدرت عضلانی، درصد چربی و سطح سرمی آیریزین زنان وزن. مجله زنان، مامایی و نازایی ایران. دارای اضافه وزن. ۵۰-۴۲:(۳)۲۴;۲۰۲۱ [in persian].

24. Pazokian F, Amani-Shalamzari S, Rajabi H. Effects of functional training with blood occlusion on the irisin, follistatin, and myostatin myokines in elderly men. *European Review of Aging and Physical Activity*. ۲۲:(۱)۱۹;۲۰۲۲.

25. Teixeira EL, de Salles Painelli V, Silva-Batista C, de Souza Barros T, Longo AR,



Healthy Young Men. *Journal of Sport Biosciences*. 2017;8(4):447-63. [in persian].

39. Bagheri MH, Bambaiechi E, Esfarjani F, Sattar M. The effect of 8 weeks of water training on growth hormone and insulin-like growth factor in children. *Journal of sport biosciences*. 2013;4(14):21-36. [in persian].

40. Karabulut M, Sherk VD, Bemben DA, Bemben MG. Inflammation marker, damage marker and anabolic hormone responses to resistance training with vascular restriction in older males. *Clinical physiology and functional imaging*. 201۹-۳۹۳:(۵)۳۳;۳

41. Hill EC, Housh TJ, Keller JL, Smith CM, Schmidt RJ, Johnson GO. Early phase adaptations in muscle strength and hypertrophy as a result of low-intensity blood flow restriction resistance training. *European journal of applied physiology*. ۴۳-۱۱۸:۱۸۳۱;۲۰۱۸.

42. Bagheri R, Rashidlamir A, Attarzadeh Hosseini SR. Effect of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Follistatin to Myostatin Ratio, Body Composition and Anaerobic Power of Trained-Volleyball Players. *Medical laboratory journal*. 2018;12:(۶)

43. Madarame H, Kurano M, Takano H, Iida H, Sato Y, Ohshima H, et al. Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clinical physiology and functional imaging*. 2010;30.۳-۲۱۱:(۳)

44. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports medicine*. 2015;45:187-200.

45. Heinemeier KM, Olesen JL, Schjerling P, Haddad F, Langberg H, Baldwin KM, Kjaer M. Short-term strength training and the expression of myostatin and IGF-I isoforms in rat muscle and tendon: differential effects of specific contraction types. *Journal of applied physiology*. 2007;102(2):573-81.

trained subjects. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33:S113-S21.

32. Elliott BT, Herbert P, Sculthorpe N, Grace FM, Stratton D, Hayes LD. Lifelong exercise, but not short-term high-intensity interval training, increases GDF 11, a marker of successful aging: a preliminary investigation. *Physiological reports*. 2017;5(13):e13343.

33. Negaresh R, Ranjbar R, Habibi A, Mokhtarzade M, Fokin A, Gharibvand M. The effect of resistance training on quadriceps muscle volume and some growth factors in elderly and young men. *Успехи геронтологии*. 2017;30(6):880-7.

34. Hofmann M, Schober-Halper B, Oesen S, Franzke B, Tschan H, Bachl N, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on muscle quality and circulating muscle growth and degradation factors of institutionalized elderly women: the Vienna Active Ageing Study (VAAS). *European journal of applied physiology*. 2016;116:885-97.

35. Raue U, Slivka D, Minchev K, Trappe S. Improvements in whole muscle and myocellular function are limited with high-intensity resistance training in octogenarian women. *Journal of applied physiology*. 2009;106(5):1611-7.

36. Tortoriello DV, Sidis Y, Holtzman DA, Holmes WE, Schneyer AL. Human follistatin-related protein: a structural homologue of follistatin with nuclear localization. *Endocrinology*. 2001;142(8):3426-34.

37. Kim J-s, Cross JM, Bamman MM. Impact of resistance loading on myostatin expression and cell cycle regulation in young and older men and women. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2005;288(6):E1110-E9.

38. Heydari F, Attarzadeh Hosseini SR, Abbasian S. The Effect of KAATSU Acute Resistance Training on Growth Hormone, Insulin-Like Growth Factor-1 and Lactate in

53. Pekkala S, Wiklund PK, Hulmi JJ, Ahtiainen JP, Horttanainen M, Pöllänen E, et al. Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health? *The Journal of physiology*. 2013;591(21):5393-400.
54. Lopes KG, Bottino DA, Farinatti P, de Souza MdGC, Maranhão PA, de Araujo CMS, et al. Strength training with blood flow restriction—a novel therapeutic approach for older adults with sarcopenia? A case report. *Clinical interventions in Aging*. 2019;1461-9.
55. Fife E, Kostka J, Kroc Ł, Guligowska A, Pięłowska M, Sołtysik B, et al. Relationship of muscle function to circulating myostatin, follistatin and GDF11 in older women and men. *BMC geriatrics*. 2018;18:1-10.
56. Golubev A, Samsonova A, Tshipin L. Influence of the KAATSU training on the strength endurance of the muscles of the lower extremities in qualified football players. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. 2020;9:۹۶-۱۱۹:(۶)
57. Haghparast S, Fadaei Chafy MR. The effect of six-week resistance training with vascular obstruction on Growth hormone, Strength, Muscular endurance, power and Body fat Percentage in male bodybuilders. *Journal of Physiology of Movement & Health*. 2022;2(1):15-28.
58. Brandner CR, Clarkson MJ, Kidgell DJ, Warmington SA. Muscular adaptations to whole body blood flow restriction training and detraining. *Frontiers in physiology*. 2019;10:446156.
59. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *The journal of physiological sciences*. 2015;65(1):139-44.
46. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiological reports*. 2015;3(8):e12472.
47. Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE, Mantzoros CS. FNDC5 and irisin in humans: I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise. *Metabolism*. 2012;61(12):1725-۳۸-
48. TYSHCHENKO D, DIACHENKO M, TYSHCHENKO V, SOKOLOVA O, VERITOV O, BUBELA O-O, et al. The effectiveness of blood flow restriction training in optimizing physiological indicators in elite female handball players. *Journal of Physical Education & Sport*. (۱)۲۵;۲۰۲۵
49. Norheim F, Langleite TM, Hjorth M, Holen T, Kielland A, Stadheim HK, et al. The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *The FEBS journal*. 2014;281(3):739-49.
50. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012;481(7382):463-8.
51. Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M, et al. Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology*. 2009;106(4):1119-24.
52. Bickel CS, Cross JM, Bamman MM. Exercise dosing to retain resistance training adaptations in young and older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1177-87.