

Comparing the effects of cluster and traditional resistance training on hormonal changes and muscle function of active young men

Hassan Allameh¹, Amir Hossein Haghighi², Keyvan Hejazi³, Hadi Shahrabadi⁴

1. MSc Student of Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2. Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
3. Associate Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
4. Ph.D of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Abstract

Background and Aim: Increased fatigue and incomplete recovery can lead to reduced force production during resistance training, ultimately impairing optimal muscle performance. However, incorporating intra-set rest periods through the cluster set method may address this issue. Therefore, the purpose of the present study was to compare the effects of cluster and traditional resistance training on hormonal changes and muscle function in active young men. **Materials and Methods:** In this quasi-experimental study, 30 active young men were non-randomly divided into three groups of control (n=10), traditional resistance training (n=10) and cluster resistance training (n=10). Cluster and traditional resistance training consisted of eight weeks, three sessions per week, approximately 70 min in each session, an intensity of 75-80% of one-repetition maximum, and the number of repetitions until failure. Indicators of hypertrophy (cross-sectional area of arm and thigh muscles), physical fitness (muscular strength and endurance in the bench press and leg press) and muscle growth-related hormones (insulin-like growth factor-1, testosterone and cortisol) were measured with valid methods in two phases, pre-and post-test. Analysis of covariance was used to compare dependent variables between groups at a significance level of $p < 0.05$. **Results:** After eight weeks of intervention, muscular strength in bench press and leg press, muscle endurance in bench press and leg press, cross-sectional area of arm and thigh muscles, insulin-like growth factor-1, testosterone and the testosterone to cortisol ratio increased significantly after both cluster and traditional resistance training, and cortisol conversely reduced significantly compared to the control group. However, there was no significant differences between cluster and traditional resistance training. **Conclusion:** The cluster resistance training does not provide a significant advantage over traditional resistance training in altering hormonal responses and improving muscular performance in young men.

Keywords: Resistance training, Physical fitness, Hypertrophy, Anabolic hormones.

*Corresponding author, Address: Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran; Email: ah.haghighi@hsu.ac.ir



مقایسه اثر تمرینات مقاومتی کلاستر و سنتی بر تغییرات هورمونی و عملکرد عضلانی مردان جوان فعال

حسن علامه^۱، امیرحسین حقیقی^۲، کیوان حجازی^۳، هادی شهرآبادی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۴. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

زمینه و هدف: افزایش خستگی و ریکاوری ناقص، سبب کاهش نیرو در طی تمرینات مقاومتی می‌شود و در نهایت، عملکرد بهینه عضله دچار اختلال می‌شود؛ اما با آوردن استراحت در درون نوبت‌های تمرینی به کمک روش نوبت‌های کلاستر، ممکن است این مشکل برطرف شود. از این رو، هدف از پژوهش حاضر مقایسه اثر تمرینات مقاومتی کلاستر و سنتی بر تغییرات هورمونی و عملکرد عضلانی در مردان جوان فعال بود. **روش تحقیق:** در این پژوهش نیمه تجربی، ۳۰ مرد جوان فعال به‌طور غیرتصادفی به سه گروه (۱۰ نفر) شامل گروه کنترل، تمرین مقاومتی سنتی، و تمرین مقاومتی کلاستر تقسیم شدند. تمرینات مقاومتی کلاستر و سنتی مشتمل بر هشت هفته، سه جلسه در هفته، به مدت تقریبی ۷۰ دقیقه در هر جلسه، شدت ۸۰-۷۵ درصد یک تکرار بیشینه، و تعداد تکرار تا واماندگی بود. شاخص‌های هایپرتروفی (سطح مقطع عضلات بازو و ران)، آمادگی جسمانی (قدرت و استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه و پرس پا) و هورمون‌های مرتبط با رشد عضله (عامل رشد شبه انسولین-۱، تستوسترون و کورتیزول) در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون، با روش‌های معتبر اندازه‌گیری شدند. از آزمون آماری تحلیل کوواریانس برای مقایسه بین گروهی متغیرهای وابسته در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ استفاده شد. **یافته‌ها:** بعد از هشت هفته تمرین، قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه و پرس پا، استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه و پرس پا، سطح مقطع عضلات بازو و ران، عامل رشد شبه انسولین-۱، تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول افزایش معنی‌داری در گروه‌های تمرین مقاومتی کلاستر و سنتی در مقایسه با گروه کنترل داشت و برعکس، کورتیزول به طور معنی‌دار کاهش یافت. با این حال، تفاوت معنی‌داری بین اثر تمرینات مقاومتی کلاستر و سنتی مشاهده نشد. **نتیجه‌گیری:** تمرین مقاومتی کلاستر برتری محسوسی نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی در تغییر پاسخ‌های هورمونی و بهبود عملکرد عضلانی در مردان جوان ندارد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، آمادگی جسمانی، هایپرتروفی، هورمون‌های آنابولیک.

*نویسنده مسئول، آدرس: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران؛ پست

الکترونیک: ah.haghighi@hsu.ac.ir

قدرت و توده عضلانی در عملکرد جسمانی و ورزشی و سلامت متابولیک حیاتی است (۱). یک همبستگی مثبت بین سطح مقطع عضلانی و حداکثر قدرت عضلانی وجود دارد، به طوری که هر چه توده عضلانی بیشتر باشد، نیروی تولید شده بیشتر است. از این رو افزایش وزن به دلیل افزایش توده عضلانی ممکن است سودمند باشد (۲). از طرف دیگر، چندین هورمون وجود دارند که در بهبود قدرت و بازسازی عضله نقش اساسی دارند از جمله تستوسترون، کورتیزول و عامل رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1) (۳). تستوسترون با تحریک سنتز پروتئین و مهار تخریب پروتئین، هاپروتروپی عضلانی را افزایش می‌دهد. تعامل بین تستوسترون و گیرنده آندروژن^۲ درون سلولی، سیگنال‌های فیزیولوژیکی خاص را تعدیل می‌کند (۴). کورتیزول با تجزیه پروتئین‌های انقباضی و بسیج اسیدهای آمینه باعث تحلیل عضلات اسکلتی می‌شود. این پروتئولیز عضلانی عمدتاً با فعال شدن مسیرهای کاتابولیک از جمله سیستم یوبیکوئیتین-پروتئازوم^۳ و اتوفاژی-لیزوزومی^۴ انجام می‌شود (۵). تستوسترون ممکن است با کاهش بیان گیرنده گلوکوکورتیکوئیدی^۵ و تداخل در اتصال کورتیزول، فعالیت ضد کاتابولیکی را افزایش دهد. به طور کلی، گلوکوکورتیکوئیدها بیان ژن‌های مرتبط با آتروفی را افزایش می‌دهند و آندروژن‌ها، بیان آتروژن^۶، مهار بیان عامل رشد شبه انسولین-۱ مرتبط با گلوکوکورتیکوئیدها و بیان گیرنده گلوکوکورتیکوئید را در عضلات اسکلتی کاهش می‌دهند (۶). عامل رشد شبه انسولین-۱ از طریق تعامل با گیرنده عامل رشد شبه انسولین-۱ که دارای مکان‌های غشایی و فعالیت شبه تیروزین کیناز^۷ است، باعث فعال شدن مسیر فسفاتیدیل اینوزیتول ۳-کیناز/پروتئین کیناز^۸ (PI3K/Akt) می‌شود که در تمایز و سنتز پروتئین در تار عضله نقش دارد (۷).

تحقیقات علمی نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی روش مناسبی برای توسعه عملکرد جسمانی، بهبود توده عضله و افزایش قدرت عضلات اسکلتی است (۸). برای طراحی برنامه تمرینات مقاومتی فاکتورهای متعددی مانند بار، نوبت، تکرار، فواصل استراحت، نوع عمل عضله و سرعت باید در نظر گرفته شود. درک این که چگونه این فاکتورها بر سازگاری عضله در اثر تمرینات مقاومتی تاثیر می‌گذارد برای برنامه‌ریزی تمرینی موثر حیاتی می‌باشد (۹).

تمرین مقاومتی سنتی از طریق جابجا کردن یک مقاومت خارجی با چند تکرار اجرا می‌شود که در بین تکرارها، استراحتی وجود ندارد اما در پایان هر نوبت یک دوره استراحت در نظر گرفته می‌شود (۱۰). این روش تمرینی به طور عمده منجر به کاهش موقتی در توان خروجی عضله و سرعت حرکت به دلیل کاهش فسفوکراتین و تجمع لاکتات در سلول‌های عضلات در حال تمرین می‌شود. همچنین عوامل دیگری نیز ممکن است بر خستگی عضله تاثیر بگذارد مانند غلظت بالای آمونیاک و کاهش فعالیت عصبی (۱۰). اگر چه خستگی برای رشد عضله و بهبود عملکرد عضله ضروری است اما خستگی بیش از حد ممکن است باعث افزایش خطر آسیب شود و فشار بالای این نوع تمرینات در افراد غیر ورزشکار ممکن است باعث دل‌زدگی در انجام تمرینات مقاومتی شود (۱۱). در مقابل تمرین مقاومتی سنتی، نوبت‌های کلاستر^۹ دارای دوره‌های استراحت کوتاه بین گروه‌های تکرار است (۱۱). در حقیقت نوبت‌های کلاستر نوعی از تمرینات مقاومتی است که به کارگیری آن در ورزشکاران جهت به حداکثر رساندن عملکرد و یا کاهش خستگی در طی تمرین استفاده می‌شود (۱۲). در این راستا، مطالعات نشان داده‌اند که استراحت بین تکرارها ممکن است منجر به سنتز سریع‌تر آدنوزین تری فسفات^{۱۰} (ATP)، کاهش غلظت لاکتات خون و افزایش سرعت تکرار در مقایسه با تمرین سنتی شود (۱۳).

1. Insulin-like growth factor-1
2. Androgen receptor
3. Ubiquitin-proteasome
4. Autophagy-lysosomal
5. Glucocorticoid receptor
6. Atherogenic
7. Tyrosine kinase-like activity
8. Phosphatidylinositol 3-kinase/protein kinase B
9. Cluster sets
10. Adenosine triphosphate



مائو^۱ و دیگران (۲۰۲۳) نشان دادند که هر دو تمرین مقاومتی سنتی و کلاستر باعث بهبود مشابه در توده چربی بدن و ضخامت و قدرت عضلانی در مردان جوان بدون تمرین می‌شود (۱). سیلوا^۲ و دیگران (۲۰۲۲) بیان کردند که هشت هفته تمرین مقاومتی بدون نوبت‌های کلاستر باعث افزایش هورمون تستوسترون و کاهش هورمون کورتیزول در بازیکنان فوتبال می‌شود (۱۴). اراضی و دیگران (۲۰۱۸) نشان دادند که هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و کلاستر باعث افزایش هورمون تستوسترون و عامل رشد شبه انسولین-۱ و در مقابل باعث کاهش کورتیزول در بازیکنان والیبال می‌شود. در این مطالعه میزان تغییرات هورمون در طی دو پروتکل تمرین مشابه نبود، به‌طوری‌که میزان تستوسترون در تمرین مقاومتی سنتی و در مقابل عامل رشد شبه انسولین-۱ در تمرین مقاومتی کلاستر بیشتر افزایش یافته بود. همچنین هورمون کورتیزول در تمرین مقاومتی کلاستر بیشتر کاهش یافته بود (۱۵). با بررسی مطالعات پیشین اطلاعات کمی در این زمینه وجود دارد و برتری تمرین مقاومتی کلاستر در برابر تمرین مقاومتی سنتی در بهبود قدرت و توده عضلانی و هورمون‌های مرتبط با رشد عضله به خوبی روشن نشده است که نیاز به مطالعات بیشتری است. یکی از عواملی که در تمرینات مقاومتی باید در نظر گرفته شود، دوره‌های استراحت است که در بسیاری از تحقیقات پیشین، این دوره‌ها در برنامه‌های تمرینی متفاوت بوده است. در مطالعه حاضر سعی شد تا پس از پایان هر نوبت میزان استراحت‌های بین کلاسترها محاسبه و از استراحت بین نوبت‌ها کم شود تا حجم کل آن در دو گروه تمرین مقاومتی سنتی و کلاستر برابر باشد. در یک مطالعه که به مقایسه این دو روش تمرینی پرداخته بود، حجم کل استراحت یکسان‌سازی نشده بود (۱۵)، این مسئله ممکن است احتمال سوگیری در نتایج را افزایش دهد. همچنین، امروزه محققان به‌دنبال جایگزین کردن روش‌های میدانی به جای روش‌های آزمایشگاهی هستند زیرا روش‌های میدانی، کم‌هزینه، ساده و غیرتهاجمی است (۱۶). یکی از بخش‌هایی که این روش‌های میدانی می‌تواند انگیزه زیادی را برای آزمودنی‌ها ایجاد نماید، محاسبه هاپپرتروفی است. در مطالعه حاضر، جهت بررسی هاپپرتروفی از روش‌های میدانی و فرمول‌های ریاضی استفاده شد و این شاخص در هر دو قسمت بالاتنه و پایین تنه مورد بررسی قرار گرفت، به‌طوری‌که به کارگیری این روش کمتر در تحقیقات قبلی به چشم می‌خورد.

با توجه به این که امروزه جوانان در انجام فعالیت‌های روزمره و افزایش اعتماد به نفس نیاز به قدرت و توده عضلانی ایده‌آل دارند (۱۷)، علاوه بر این، بروز خستگی در حین تمرینات مقاومتی سنتی ممکن است اثر منفی بر تکنیک تمرین داشته باشد (۱۸)، در تحقیق حاضر سعی شد تا این موارد از طریق تغییر ساختار نوبت‌ها برطرف شود، لذا هدف از مطالعه حاضر مقایسه اثر تمرینات مقاومتی کلاستر و سنتی بر تغییرات هورمونی و عملکرد عضلانی در مردان جوان فعال می‌باشد.

روش تحقیق

معرفی کلیات تحقیق: روش تحقیق حاضر نیمه تجربی و با طرح پیش آزمون و پس آزمون به همراه گروه کنترل بود که در سال ۱۴۰۲ انجام شد. کلیه مراحل تحقیق بر اساس اصول بیانیه هلسینکی^۳ انجام شد. از سوی دیگر، مراحل مربوط به آزمایش‌ها در کمیته اخلاق دانشگاه حکیم سبزواری با کد IR.HSU.REC.1402.005 تصویب گردید.

جامعه آماری این تحقیق مردان سالم فعال مراجعه کننده به مجموعه ورزشی آستان قدس رضوی مشهد بودند. حجم نمونه تحقیق حاضر براساس مطالعه پدرس^۴ و دیگران (۲۰۱۹) با اندازه اثر ۰/۵۴ در قدرت عضلانی (۱۹)، توان آماری ۰/۸۰ و سطح معنی داری ۰/۰۵، ۳۰ نفر تخمین زده شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل مردان سالم فعال با دامنه سنی ۲۰-۳۰ سال، داشتن سلامت قلبی-عروقی، عدم مصرف مواد مخدر و انجام حداقل ۱۵۰ دقیقه فعالیت جسمانی با شدت متوسط در هفته (۲۰) بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم شرکت منظم در تمرینات، آسیب دیدگی و ابتلا به بیماری‌های پیش بینی نشده بود. شرکت کنندگانی که معیارهای ورود را برآورده

1. Mao
2. Silva
3. Helsinki
4. Pedersen

کردند، فرم رضایت آگاهانه را امضا کردند و موافقت کردند به صورت داوطلبانه در مطالعه شرکت کنند. همچنین معیارهای ورود به مطالعه از طریق تشخیص پزشک عمومی و پرسش نامه اطلاعات عمومی و فعالیت جسمانی بررسی شدند.

نمونه های تحقیق حاضر به روش غیر تصادفی در دسترس انتخاب شدند. قبل از پیش آزمون آزمودنی ها با اهداف تحقیق و چگونگی اجرای آن در یک جلسه آشنا شدند. داده های مربوط به شاخص های آنتروپومتریک^۱ و ترکیب بدنی، شاخص های بیوشیمیایی، و قدرت و استقامت عضلانی؛ طی سه جلسه در مرحله پیش آزمون جمع آوری شدند. سپس شرکت کنندگان به صورت غیر تصادفی از طریق محاسبه مجموع نمرات استاندارد Z بر طبق داده های پیش آزمون، به سه گروه کنترل (۱۰ نفر)، تمرین مقاومتی سنتی (۱۰ نفر) و تمرین مقاومتی کلاستر (۱۰ نفر) تقسیم شدند. بعد از این مرحله، شرکت کنندگان گروه های تمرین به مدت هشت هفته تمرینات مقاومتی سنتی یا کلاستر را علاوه بر تمرینات رایج، انجام دادند. از افرادی که در گروه کنترل قرار گرفتند خواسته شد در طول دوره مداخله هیچ گونه برنامه اختصاصی با محوریت تقویت عضلانی را انجام ندهند و تنها به تمرینات رایج خود بپردازند.

جمع آوری داده های مربوط به عوامل آمادگی جسمانی توسط دو ارزیاب علوم ورزشی با حداقل سه سال تجربه انجام شد. بعد از پایان دوره تمرین، از تمامی آزمودنی ها پس آزمون همانند شرایط پیش آزمون گرفته شد. همچنین شرکت کنندگان قبل از اجرای آزمون های قدرت و استقامت عضلانی، با نحوه صحیح انجام آن ها آشنا شدند. قابل ذکر است که هیچ یک از شرکت کنندگان در طی دوره مداخله از مطالعه خارج نشدند و در مرحله پس آزمون، اطلاعات ۳۰ شرکت کننده همانند پیش آزمون مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نحوه اخذ نمونه خونی: خون گیری از شرکت کنندگان قبل و ۴۸ ساعت بعد از پایان دوره تمرین پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد. مقدار پنج میلی لیتر خون جهت آزمایش های بیوشیمی از سیاهرگ بازویی در حالت نشسته گرفته شد. نمونه های خون پس از سانتریفیوژ^۲ به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه و جدا کردن سرم، تا زمان آزمایش در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی گراد ذخیره شدند.

نحوه اندازه گیری شاخص های ترکیب بدنی: در شرایطی که پشت پاشنه، باسن، کتف ها و پس سر آزمودنی با میله عمودی دستگاه قدسنج (مدل سکا^۳ ساخت کشور آلمان با دقت یک میلی متر) در تماس بود؛ قد وی بر حسب سانتی متر اندازه گیری و ثبت شد. برای اندازه گیری وزن، شرکت کنندگان با حداقل پوشش و بدون کفش، روی ترازو سکا ساخت آلمان با دقت ۵۰ گرم ایستاده و وزن شان به کیلوگرم ثبت شد. برای محاسبه شاخص توده بدن^۴ (BMI) از تقسیم وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر استفاده شد.

هایپرتروفی بازو با اندازه گیری تغییرات در سطح مقطع کل بازو بر حسب سانتی متر مربع، طبق روش همسفیلد^۵ و دیگران (۱۹۸۲) ارزیابی شد. دور بازو، نقطه وسط ماهیچه جلوی بازو (پهن ترین قسمت) در حالی که دست کاملاً آویزان بود، به کمک متر نواری و بر حسب سانتی متر اندازه گیری شد. ضخامت زیر پوستی عضله سه سر بازو با کالیپر جامار^۶ ساخت کشور آلمان بر حسب سانتی متر اندازه گیری شد. این روش با داده های حاصل از اسکن توموگرافی^۷، همبستگی بالایی (r=۰/۹۷) داشته است (۱۶).

$10 - [12/57 \div (2 - \text{دور بازو}) \times 3/14 - \text{سطح مقطع بازو}]$

هایپرتروفی عضلات ران با اندازه گیری تغییرات در سطح مقطع کل ران بر حسب سانتی متر مربع، طبق روش کناپیک^۸ و دیگران (۱۹۹۶) ارزیابی شد؛ بدین صورت که محیط ران با متر نواری بر حسب سانتی متر اندازه گیری گردید. چربی زیر پوستی قسمت میانی ران

1. Anthropometric
2. Centrifuge
3. SECA
4. Body Mass Index
5. Heymsfield
6. Jamar
7. Tomography scan
8. Knapik



و فاصله بین اپی‌کندیل داخلی و خارجی استخوان ران از طریق کالیپر برحسب سانتی‌متر تعیین گردید. این روش با داده‌های حاصل از ام آر آی^۱ (MRI) همبستگی بالایی ($r = 0.96$) داشته است (۲۱).

^۲ (فاصله بین اپی‌کندیل داخلی و خارجی $\times 0.3$) - (ضخامت چین چهار سر ران - $3/14 \div$ دور ران) $\times 0.649$ = سطح مقطع ران

نحوه سنجش قدرت و استقامت عضلانی: از آزمون پرس سینه و پرس پا به ترتیب جهت ارزیابی عملکرد قدرت و استقامت عضلات بالاتنه و پائین تنه استفاده شد. برای ارزیابی قدرت بیشینه در ابتدا آزمودنی‌ها برای گرم کردن یک نوبت حرکت پرس سینه یا پرس پا را با پنج تکرار در بارهای ۶۰-۴۰ درصد قدرت بیشینه تخمینی انجام دادند. پس از آن، چهار تا پنج تلاش مجزا تا زمان دستیابی به یک تکرار بیشینه^۲ (1RM) انجام شد. استراحت بین حداکثر تلاش‌ها دو دقیقه در نظر گرفته شد (۲۲). همچنین، برای سنجش استقامت عضلانی بالاتنه و پائین تنه از حرکات فوق با ۷۵ درصد 1RM استفاده شد و حداکثر تعداد تکرار حرکت انجام شده مبنای استقامت عضلانی در نظر گرفته شد (۲۳).

نحوه اجرای پروتکل‌های تمرین مقاومتی: تمرینات مقاومتی سنتی یا کلاستر در گروه‌های تمرین به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته انجام شد. برنامه تمرین با توجه به پیشنهادات مطالعات پیشین (۲۴،۲۵) و مربیان با تجربه با در نظر گرفتن وضعیت شرکت-کنندگان طراحی شد. قبل از شروع پروتکل تمرین، آزمودنی‌ها سه جلسه با هدف آشنایی با تمرینات در سالن بدنسازی حضور یافتند. هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، تقریباً ۷۰ دقیقه تمرین اصلی و پنج دقیقه سرد کردن بود. برنامه تخصصی برای هر جلسه تمرین شامل پرس سینه، کشش لت، جلو بازو، پشت بازو، پرس نظامی، اسکوات، جلو ران و پشت ران بود. برنامه تمرین به صورت کاملاً نظارت شده و زیر نظر محقق و مربیان مجرب صورت گرفت. در طراحی تمرین، شدت تمرین برای هر شرکت‌کننده برحسب 1RM محاسبه شد. حجم تمرین و زمان استراحت در هر دو گروه تمرین تقریباً یکسان بود اما در گروه تمرین مقاومتی کلاستر تنها تفاوت در شکل نوبت‌ها بود، به طوری که در این گروه علاوه بر استراحت بین نوبت‌ها، استراحت درون هر نوبت نیز وجود داشت به این صورت که آزمودنی پس از انجام سه تکرار، ۱۰ ثانیه استراحت می‌کرد تا دوباره سه تکرار بعدی را انجام دهد و این پروسه تا واماندگی ادامه داشت. پس از پایان نوبت اول میزان استراحت‌های درون هر نوبت محاسبه و از استراحت بین نوبت‌ها کم می‌شد تا حجم کل استراحت در دو گروه تمرین برابر باشد (جدول ۱).

جدول ۱. جزئیات پروتکل تمرین مقاومتی

نوع تمرین	شدت تمرین (درصد 1RM)	تعداد تکرار	تعداد نوبت	استراحت بین حرکات (ثانیه)	استراحت درون نوبت‌ها (ثانیه)	استراحت بین نوبت‌ها (ثانیه)
مقاومتی سنتی	۷۵-۸۰	تا واماندگی	سه	۱۲۰	-	۹۰
مقاومتی کلاستر	۷۵-۸۰	تا واماندگی	سه	۱۲۰	۱۰ ثانیه بین هر سه تکرار	مجموع استراحت درون نوبت‌ها- ۹۰

نحوه اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی: میزان غلظت سرمی هورمون عامل رشد شبه انسولین-۱، کورتیزول و تستوسترون؛ از روش الایزا^۳ به ترتیب با استفاده از کیت‌های Immunodiagnostic system (ساخت کشور انگلستان) با حساسیت ۳/۱ نانوگرم بر میلی‌لیتر، Diagnostics Biochem (ساخت کشور کانادا) با حساسیت ۰/۴ میکروگرم بر دسی‌لیتر و Diagnostics Biochem (ساخت کشور کانادا) با حساسیت ۲/۲ نانوگرم بر دسی‌لیتر اندازه‌گیری شد.

1. Magnetic resonance imaging
2. One-repetition maximum
3. ELISA

روش‌های آماری: ویژگی‌های شرکت‌کنندگان و داده‌های خام پژوهش، از طریق آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) گزارش شد و فرضیات پژوهش، با کمک آمار استنباطی در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ بررسی گردید. از آزمون شاپیرو-ویلک^۱ برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها و از آزمون لون^۲ برای بررسی همگن بودن واریانس‌ها استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن واریانس‌ها، به منظور مقایسه بین گروهی متغیرهای وابسته، از آزمون آماری تحلیل کوواریانس^۳ (ANCOVA)؛ و برای مقایسه تفاوت زوجی بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی بونفرونی^۴ بهره‌برداری گردید. برای مقایسه بین گروهی، اندازه اثر 0.10 ، 0.25 و 0.40 ، به ترتیب به عنوان اندازه اثر پایین، متوسط و بالا؛ در نظر گرفته شد (۲۶). کلیه محاسبات آماری از طریق نرم افزار اس پی اس اس^۵ (SPSS) نسخه ۲۳ انجام شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد سن، وزن و شاخص توده بدنی شرکت‌کنندگان در جدول دو آورده شد.

جدول ۲. توصیف (میانگین و انحراف استاندارد) مشخصات جمعیت شناختی شرکت‌کنندگان

متغیرها	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سن (سال)	تمرین مقاومتی سنتی	25.10 ± 2.96	-
	تمرین مقاومتی کلاستر	24.80 ± 2.89	-
	کنترل	25.50 ± 3.02	-
وزن (کیلوگرم)	تمرین مقاومتی سنتی	83.33 ± 8.16	82.95 ± 8.02
	تمرین مقاومتی کلاستر	81.18 ± 5.80	81.71 ± 5.51
	کنترل	83.33 ± 5.07	79.79 ± 5.81
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	تمرین مقاومتی سنتی	25.91 ± 1.08	25.84 ± 1.25
	تمرین مقاومتی کلاستر	25.38 ± 0.86	25.54 ± 0.81
	کنترل	25.56 ± 1.22	24.47 ± 1.67

در جدول سه میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های قدرت و استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه و پرس پا و سطح مقطع عضلات بازو و ران در گروه‌های مختلف گزارش شده است.

متغیرها	گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه (کیلوگرم)	تمرین مقاومتی سنتی	65.75 ± 5.65	73.75 ± 5.80
	تمرین مقاومتی کلاستر	66.50 ± 8.26	73.25 ± 7.91
	کنترل	59.50 ± 6.10	62.50 ± 7.26
قدرت عضلانی در حرکت پرس پا (کیلوگرم)	تمرین مقاومتی سنتی	212.50 ± 19.47	235.75 ± 21.08
	تمرین مقاومتی کلاستر	192.50 ± 19.47	213.75 ± 17.52
	کنترل	192.50 ± 15.67	204.00 ± 18.67
سطح مقطع عضلات بازو	تمرین مقاومتی سنتی	56.05 ± 6.13	62.79 ± 5.79

1. Shapiro-Wilk
2. Levene
3. Analysis of covariance
4. Bonferroni
5. Statistical package for the social sciences



توصیف	۶۰/۸۳ ± ۷/۴۷	۵۴/۶۶ ± ۸/۰۹	تمرین مقاومتی کلاستر	(سانتی مترمربع)	جدول ۳.
انحراف	۶۰/۵۷ ± ۶/۶۰	۵۹/۵۹ ± ۶/۳۳	کنترل	سطح مقطع عضلات ران	(میانگین و
شاخص های	۱۷۲/۷۱ ± ۱۱/۰۴	۱۶۳/۴۷ ± ۸/۶۶	تمرین مقاومتی سنتی	(سانتی مترمربع)	استاندارد)
عضلانی و	۱۶۵/۵۳ ± ۱۲/۶۸	۱۵۵/۲۳ ± ۱۱/۰۳	تمرین مقاومتی کلاستر	استقامت عضلانی در حرکت	عملکرد
شرکت	۱۶۳/۸۴ ± ۹/۸۹	۱۶۳/۵۸ ± ۹/۷۳	کنترل	پرس سینه (تکرار)	هایپر تروفی
	۱۸/۵۰ ± ۱/۸۴	۱۲/۵۰ ± ۰/۹۷	تمرین مقاومتی سنتی	استقامت عضلانی در حرکت	کنندگان
	۱۷/۱۰ ± ۲/۱۳	۱۲/۲۰ ± ۰/۷۸	تمرین مقاومتی کلاستر	پرس پا (تکرار)	
	۱۴/۳۰ ± ۱/۸۲	۱۲/۱۰ ± ۱/۲۸	کنترل		
	۱۹/۶۰ ± ۱/۷۱	۱۳/۶۰ ± ۰/۸۴	تمرین مقاومتی سنتی		
	۱۹/۰۰ ± ۱/۸۲	۱۲/۵۰ ± ۰/۷۰	تمرین مقاومتی کلاستر		
	۱۶/۱۰ ± ۱/۳۷	۱۳/۱۰ ± ۱/۱۹	کنترل		

بر اساس آزمون آماری تحلیل کوواریانس تفاوت معنی داری بین سه گروه در شاخص های قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه ($F=9/83, p=0/001, \eta^2=0/43$)، قدرت عضلانی در حرکت پرس پا ($F=9/53, p=0/001, \eta^2=0/42$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه ($F=12/13, p<0/001, \eta^2=0/48$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس پا ($F=12/39, p<0/001, \eta^2=0/49$)، سطح مقطع عضلات بازو ($F=19/27, p<0/001, \eta^2=0/60$) و سطح مقطع عضلات ران ($F=30/87, p<0/001, \eta^2=0/70$) وجود داشت. مطابق جدول چهار، قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه ($p=0/001$)، قدرت عضلانی در حرکت پرس پا ($p=0/002$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه ($p<0/001$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس پا ($p<0/001$)، سطح مقطع عضلات بازو ($p<0/001$) و سطح مقطع عضلات ران ($p<0/001$) در گروه تمرین مقاومتی سنتی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری داشت. به علاوه، قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه ($p=0/001$)، قدرت عضلانی در حرکت پرس پا ($p=0/005$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه ($p=0/007$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس پا ($p=0/003$)، سطح مقطع عضلات بازو ($p<0/001$) و سطح مقطع عضلات ران ($p<0/001$) در گروه تمرین مقاومتی کلاستر در مقایسه با گروه کنترل نیز به طور معنی دار یافت. همچنین بین دو روش تمرین مقاومتی سنتی و مقاومتی کلاستر، تفاوت معنی داری در شاخص های قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه ($p=0/82$)، قدرت عضلانی در حرکت پرس پا ($p=1/00$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه ($p=0/49$)، استقامت عضلانی در حرکت پرس پا ($p=1/00$)، سطح مقطع عضلات بازو ($p=1/00$) و سطح مقطع عضلات ران ($p=0/69$) مشاهده نشد.

متغیرها	تمرین مقاومتی سنتی	تمرین مقاومتی کلاستر	کنترل	مقدار p
قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه (کیلوگرم)	•	•	•	0/001 [#]
قدرت عضلانی در حرکت پرس پا (کیلوگرم)	•	•	•	0/01 [*]
استقامت عضلانی در حرکت پرس سینه (تکرار)	•	•	•	0/82
استقامت عضلانی در حرکت پرس پا (تکرار)	•	•	•	0/003 [#]
سطح مقطع عضلات بازو (سانتی مترمربع)	•	•	•	0/005 [#]
سطح مقطع عضلات ران (سانتی مترمربع)	•	•	•	1/00

<0/00 [†]	•		•	سطح مقطع عضلات بازو
<0/00 [†]	•	•		(سانتی مترمربع)
1/00		•	•	
<0/00 [†]	•		•	سطح مقطع عضلات ران
<0/00 [†]	•	•		(سانتی مترمربع)
0/69		•	•	
<0/00 [†]	•		•	استقامت عضلانی در
0/00 [#]	•	•		حرکت پرس سینه
0/49		•	•	(تکرار)
<0/00 [†]	•		•	استقامت عضلانی در
0/00 [#]	•	•		حرکت پرس پا
1/00		•	•	(تکرار)

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی در مورد مقایسه زوجی شاخص های عملکرد عضلانی و هایپرتروفی بین گروه های مختلف

* نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح $p<0/05$ ، # نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح $p<0/01$ ، † نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح $p<0/001$.
در جدول پنج میانگین و انحراف استاندارد عامل رشد شبه انسولین- (تستوسترون و نسبت تستوسترون به کورتیزول در گروه های مختلف گزارش شده است.



توصیف
انحراف
شاخص‌های
شرکت

پس آزمون	پیش آزمون	گروه	متغیرها
۲۱۵/۴۹ ± ۵۴/۱۸	۲۰۰/۱۱ ± ۵۵/۰۲	تمرین مقاومتی سنتی	عامل رشد شبه انسولین-۱ (نانوگرم بر میلی لیتر)
۲۳۹/۰۹ ± ۶۰/۰۴	۲۱۴/۳۷ ± ۵۳/۷۷	تمرین مقاومتی کلاستر	
۲۰۸/۹۰ ± ۳۷/۴۱	۲۰۵/۳۸ ± ۳۶/۰۲	کنترل	
۶۱۰/۶۸ ± ۶۴/۰۳	۵۲۴/۷۲ ± ۷۰/۶۹	تمرین مقاومتی سنتی	تستوسترون (نانوگرم بر دسی لیتر)
۶۳۷/۴۲ ± ۷۰/۸۰	۵۴۰/۹۸ ± ۷۶/۷۶	تمرین مقاومتی کلاستر	
۵۲۴/۳۰ ± ۸۸/۵۷	۵۱۰/۳۹ ± ۸۹/۱۳	کنترل	
۱۷/۱۱ ± ۲/۳۰	۱۸/۶۳ ± ۲/۷۰	تمرین مقاومتی سنتی	کورتیزول (میکروگرم بر دسی لیتر)
۱۶/۷۶ ± ۲/۸۷	۱۷/۴۹ ± ۲/۷۵	تمرین مقاومتی کلاستر	
۱۸/۵۵ ± ۲/۱۰	۱۸/۳۴ ± ۱/۹۰	کنترل	
۳۶/۳۹ ± ۶/۳۶	۲۸/۷۳ ± ۵/۸۴	تمرین مقاومتی سنتی	نسبت تستوسترون به کورتیزول (میکروگرم بر دسی لیتر / نانوگرم بر دسی لیتر)
۳۹/۱۱ ± ۸/۳۰	۳۱/۸۲ ± ۷/۵۵	تمرین مقاومتی کلاستر	
۲۸/۹۲ ± ۷/۳۳	۲۸/۳۷ ± ۷/۰۶	کنترل	

جدول ۵.
(میانگین و
استاندارد)
هورمونی
کنندگان

بر اساس آزمون آماری تحلیل کوواریانس (جدول پنج) تفاوت معنی داری در بین سه گروه در عامل رشد شبه انسولین-۱ ($p\eta^2=0/59$) و نسبت تستوسترون ($F=18/43$, $p<0/001$)، تستوسترون به کورتیزول ($F=40/96$, $p<0/001$, $p\eta^2=0/76$)، کورتیزول ($F=15/80$, $p<0/001$, $p\eta^2=0/55$) و نسبت تستوسترون به کورتیزول ($F=33/99$, $p<0/001$, $p\eta^2=0/72$) وجود داشت. مطابق با جدول شش، عامل رشد شبه انسولین-۱ ($p=0/005$)، تستوسترون ($p<0/001$) و نسبت تستوسترون به کورتیزول ($p<0/001$) افزایش معنی داری در گروه تمرین مقاومتی سنتی در مقایسه با گروه کنترل داشت و در مقابل، کورتیزول ($p<0/001$) کاهش معنی داری را نشان داد. عامل رشد شبه انسولین-۱ ($p<0/001$)، تستوسترون ($p<0/001$) و نسبت تستوسترون به کورتیزول ($p<0/001$) افزایش معنی داری در گروه تمرین مقاومتی کلاستر در مقایسه با گروه کنترل داشت و در مقابل، کورتیزول ($p=0/011$) کاهش معنی داری را نشان داد. همچنین بین دو روش تمرین مقاومتی سنتی و مقاومتی کلاستر، تفاوت معنی داری در شاخص‌های عامل رشد شبه انسولین-۱ ($p=0/06$)، تستوسترون ($p=0/74$)، کورتیزول ($p=0/08$) و نسبت تستوسترون به کورتیزول ($p=1/00$) مشاهده نشد.

متغیرها	تمرین مقاومتی سنتی	تمرین مقاومتی کلاستر	کنترل	مقدار P
عامل رشد شبه انسولین-۱ (نانوگرم بر میلی لیتر)	•		•	۰/۰۰۵ [#]
		•	•	< ۰/۰۰۱ [†]
	•	•		۰/۰۰۶
	•		•	< ۰/۰۰۱ [†]
تستوسترون (نانوگرم بر دسی لیتر)		•	•	< ۰/۰۰۱ [†]
	•	•		۰/۷۴

<0.001 [†]	•		•	کورتیزول
0.011 [°]	•	•		(میکروگرم بر دسی لیتر)
0.08		•	•	
<0.001 [†]	•		•	نسبت تستوسترون به
<0.001 [†]	•	•		کورتیزول
1/00		•	•	(میکروگرم بر دسی لیتر / نانوگرم بر دسی لیتر)

جدول ۶. نتایج آزمون تعقیبی در مورد مقایسه زوجی شاخص‌های هورمونی بین گروه‌های مختلف

[°] نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در سطح $p < 0.05$ ؛ [†] نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در سطح $p < 0.01$ ؛ [‡] نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها در سطح $p < 0.001$.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در اثر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی یا کلاستر، قدرت و استقامت عضلانی، هایپرتروفی، عامل رشد شبه انسولین-۱، تستوسترون، کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول؛ پس از هر دو نوع تمرین مقاومتی، بهبود معنی‌داری داشت؛ ضمن آن‌که اثر هر دو تمرین بر متغیرهای اندازه‌گیری شده مشابه بود.

با بررسی مطالعات پیشین مشخص شده است که تمرینات مقاومتی سنتی و کلاستر باعث بهبود قدرت عضلانی (۱،۱۰،۱۵)، استقامت عضلانی (۱) و هایپرتروفی عضلانی (۱،۱۰) شده است که در راستا با نتایج مطالعه حاضر بود. برای مثال مائو و دیگران (۲۰۲۳) که در مطالعه خودشان به بررسی اثر تمرین مقاومتی سنتی و کلاستر از نوع توزیع مجدد استراحت^۱ (RR) بر هایپرتروفی و عملکرد عضلانی در مردان جوان تمرین نکرده پرداختند، به این نتیجه دست یافتند که انجام هشت هفته (دو جلسه در هفته) تمرین مقاومتی سنتی (چهار نوبت، ۱۰ تکرار و ۱۲۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها) و کلاستر (هشت نوبت، پنج تکرار و ۵۱ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها) با شدت ۷۵-۷۰ درصد 1RM باعث افزایش یکسان در قدرت، استقامت و ضخامت عضلانی می‌شود (۱). احتمالاً یکی از عواملی که باعث توسعه یکسان قدرت، استقامت و هایپرتروفی عضلانی در دو گروه تمرین شده است، یکسان بودن حجم کل استراحت در بین دو روش تمرینی است. در مطالعه حاضر میزان استراحت بین کلاسترها از استراحت بین نوبت‌ها کم شد تا حجم کل استراحت در دو گروه تمرین مقاومتی سنتی و کلاستر برابر باشد. استراحت طولانی و کوتاه مدت هر دو باعث ایجاد مشکلاتی در برنامه تمرین مقاومتی می‌شود، به‌طوری‌که استراحت‌های طولانی باعث طولانی شدن زمان تمرین می‌شود و یک نقطه ضعف برای افرادی است که وقت کافی برای انجام این‌گونه تمرینات ندارند یا دنبال هایپرتروفی عضلانی هستند و از سوی دیگر استراحت‌های کوتاه‌مدت باعث ایجاد خستگی، دلسردی، اجرای ضعیف تکنیک و آسیب می‌شود (۱،۱۸). یک مطالعه در مورد تنوع ساختار نوبت‌ها و تاثیر آن بر هایپرتروفی به این نتایج دست یافت که در مردان فعال تفریحی، میزان هایپرتروفی در تمرین مقاومتی سنتی بیشتر از کلاستر است (۲۷) که هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر نبود. اگر چه در این مطالعه حجم کل استراحت برابر بود اما بروز خستگی در شرکت‌کنندگان گروه تمرین سنتی احتمالاً باعث افزایش هایپرتروفی بیشتر شده است. احتمالاً عواملی همچون آسیب عضلانی، فعال‌سازی فیبرهای عضلانی، استرس متابولیک^۲ و تنش مکانیکی^۳ بر هایپرتروفی عضلانی تاثیر می‌گذارد (۱،۲۸).

1. Rest redistribution
2. Metabolic stress
3. Mechanical tension



در مطالعه لاسوویسیوس^۱ و دیگران (۲۰۱۸) بعد از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی، افزایشی در سطح مقطع عضله از شدت‌های ۲۰ تا ۸۰ درصد 1RM مشاهده شد اما این شاخص در شدت ۸۰ درصد 1RM نسبت به ۲۰ درصد 1RM افزایش بیشتری داشت. در نتیجه شدت ۷۵-۸۰ درصد 1RM شدت مناسب برای افزایش هایپرتروفی است. همچنین این محققین نشان دادند که با افزایش شدت تمرین از ۲۰ تا ۸۰ درصد 1RM، قدرت عضلانی افزایش بیشتری دارد (۲۹). برای افزایش هایپرتروفی علاوه بر شدت تمرین که باید در سطح متوسط باشد، حجم تمرین باید در سطح بالایی باشد و در عوض دوره‌های استراحت باید کوتاه باشد. پیشنهاد شده است که برای بهبود هایپرتروفی، استراحت بین نوبت‌ها ۲-۱ دقیقه و حجم تمرین ۱۵-۱۰ نوبت در هفته برای هر گروه عضلانی باشد (۳۱، ۳۰). افزایش قدرت عضلانی ناشی از سازگاری‌های ریخت‌شناسی^۲ عضله و عصب است. تصور می‌شود که افزایش اولیه در تولید نیروی عضلانی پس از تمرین مقاومتی عمدتاً توسط عوامل عصبی کمتر از ۴-۲ هفته رخ دهد و به دنبال آن سازگاری در ریخت‌شناسی عضله بعد از ۸-۵ هفته اتفاق بیافتد (۳۲). سازگاری‌های عصبی-عضلانی اصلی ایجاد شده از طریق تمرینات مقاومتی شامل به کارگیری تواتر شلیک^۳ و هم‌زمانی^۴ واحدهای حرکتی و هماهنگی بین عضلانی است (۳۳). در تمرینات مقاومتی با شدت پایین و متوسط ابتدا واحدهای حرکتی با آستانه پایین به کارگیری می‌شوند و سپس در ادامه جهت حفظ تولید نیرو، واحدهای حرکتی با آستانه بالا نیز به کار گرفته می‌شوند (۱). در نتیجه احتمالاً به دلیل بروز خستگی و به کارگیری واحدهای حرکتی بیشتر به‌ویژه با آستانه بالاتر در تمرینات مقاومتی سنتی نسبت به کلاستر، باید قدرت عضلانی در گروه تمرین سنتی بیشتر افزایش یابد که نتایج تحقیق حاضر این را نشان نداد. احتمالاً عدم کنترل دقیق سرعت تکرارها، مدت کوتاه تمرینات (هشت هفته)، شدت متوسط تمرینات و حجم کل استراحت برابر در این دو روش تمرین باعث ایجاد عدم اختلاف شده است.

مطالعه‌ای نشان داد که انجام تمرین مقاومتی در طول یک جلسه باعث افزایش غلظت هورمون‌های آنابولیک بلافاصله و ۱۵ دقیقه بعد از تمرین می‌شود و میزان آن بعد از ۱۰ هفته تمرین که با افزایش شاخص خستگی، قدرت عضلانی و تا حدی هایپرتروفی همراه است در افراد با هایپرتروفی بیشتر بالاتر است. در نتیجه می‌توان پیشنهاد داد که خستگی حاد و غلظت هورمون‌های آنابولیک سرم ممکن است نشانگر پاسخ‌گویی به افزایش قدرت عضلانی و تا حدی هایپرتروفی عضلانی باشد (۳۴). هم راستا با نتایج مطالعه حاضر مطالعه‌ای نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی بدون نوبت‌های کلاستر باعث افزایش هورمون تستوسترون و کاهش هورمون کورتیزول در بازیکنان فوتبال می‌شود (۱۴). با بررسی مطالعات پیشین مشخص شد که تمرینات مقاومتی سنتی و کلاستر باعث افزایش تستوسترون و عامل رشد شبه انسولین-۱ و کاهش کورتیزول می‌شود، به‌طوری‌که میزان تستوسترون در تمرین مقاومتی سنتی و در مقابل عامل رشد شبه انسولین-۱ در تمرین کلاستر بیشتر افزایش یافته بود. این در حالی بود که کورتیزول در تمرین کلاستر بیشتر کاهش یافته بود (۱۵). در مطالعه حاضر میزان تغییرات این هورمون‌ها در دو گروه تمرین به شکل یکسان بود. اگر چه محققین مطالعه حاضر شاخص خستگی را نسنجیدند اما در ظاهر به نظر می‌رسد که خستگی در تمرین مقاومتی سنتی بیشتر از کلاستر باشد و در نتیجه با توجه به رابطه خستگی (استرس متابولیک بالا) و ترشح هورمون‌های آنابولیک (۳۵)، میزان غلظت هورمون‌های آنابولیک در تمرین سنتی بیشتر باشد که مطالعه ما چنین چیزی را نشان نداد و علت آن ممکن است یکسان بودن استراحت کل و حجم تمرین باشد.

این مطالعه دارای محدودیت‌هایی بود که محققان آینده باید آن‌ها را در نظر بگیرند. در این مطالعه مدت تمرین هشت هفته بود، در نتیجه ممکن است نیاز به زمان طولانی‌تری برای بروز تفاوت در سازگاری‌های فیزیولوژیک در اثر الگوهای مختلف تمرین مقاومتی وجود داشته باشد. اندازه‌گیری شاخص خستگی در گروه‌های تمرین جهت شناخت سازگاری‌ها مهم است که در مطالعه حاضر ارزیابی نشد. عدم کنترل رژیم غذایی در طول دوره تمرین نیز یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر بود. البته با توجه به این که توصیه‌های غذایی در این خصوص به آزمودنی‌ها داده شد اما به‌طور قطع نمی‌توان گفت که این موارد توسط آزمودنی‌ها رعایت شده باشد. کنترل سطح استرس، انگیزش و هیجان افراد در حین اجرای آزمون‌ها از کنترل محققان خارج بود و در انتها عدم کنترل دقیق فعالیت‌های

1. Lasevicius

2. Morphology

3. Firing frequency

4. Synchronization

جسمانی خارج از پروتکل تمرین می‌تواند یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق حاضر باشد، اگر چه شرکت کنندگان توجیه شدند که هیچ‌گونه تمرین اختصاصی با محوریت تقویت عضلانی در طی تمرینات رایج انجام ندهند.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج تحقیق، بین تمرین مقاومتی سنتی و کلاستر در عملکرد عضلانی و ترشح هورمون‌های مرتبط با رشد عضله تفاوتی وجود ندارد و می‌توان از هر دو برنامه تمرینات مقاومتی برای بهبود عملکرد عضلانی خود استفاده کنند.

تعارض منافع: بدین وسیله کلیه نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچ تضادی در منافع این پژوهش وجود ندارد.

قدردانی و تشکر: از تمام شرکت کنندگانی که همکاری لازم برای اجرای این مطالعه را داشتند تشکر و قدردانی می‌شود.

نسخه پیش از انتشار ویدئویش نشده



1. Mao J, Wang T, Wang Y, Kuan G. Effect of resistance training programs differing in set structure on muscular hypertrophy and performance in untrained young men. *Frontiers in Physiology*. 2023;14: 1301535. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1301535>.
2. Nakai Y, Usumoto Y, Takeshita Y. The effects of regional muscle strength and mass on standing long jump performance. *Muscles*. 2024;3(1): 60–70. <https://doi.org/10.3390/muscles3010007>
3. Benavente C, Padial P, Scott BR, Almeida F, Olcina G, Pérez-Regalado S, et al. Strength and muscle mass development after a resistance-training period at terrestrial and normobaric intermittent hypoxia. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*. 2024; <https://doi.org/10.1007/s00424-024-02978-1>.
4. Ahmad SS, Chun HJ, Ahmad K, Shaikh S, Lim JH, Ali S, et al. The roles of growth factors and hormones in the regulation of muscle satellite cells for cultured meat production. *Journal of Animal Science and Technology*. 2023;65(1): 16–31. <https://doi.org/10.5187/jast.2022.e114>.
5. Lee MK, Jeong HH, Kim MJ, Ryu H, Baek J, Lee B. Nutrients against glucocorticoid-induced muscle atrophy. *Foods* (Basel, Switzerland). 2022;11(5): 687. <https://doi.org/10.3390/foods11050687>.
6. Kraemer WJ, Ratamess NA, Hymer WC, Nindl BC, Fragala MS. Growth hormone(s), testosterone, insulin-like growth factors, and cortisol: roles and integration for cellular development and growth with exercise. *Frontiers in Endocrinology*. 2020;11: 33. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00033>.
7. Ahmad SS, Ahmad K, Lee EJ, Lee YH, Choi I. Implications of insulin-like growth factor-1 in skeletal muscle and various diseases. *Cells*. 2020;9(8): 1773. <https://doi.org/10.3390/cells9081773>.
8. Weakley J, Schoenfeld BJ, Ljungberg J, Halson SL, Phillips SM. Physiological responses and adaptations to lower load resistance training: implications for health and performance. *Sports Medicine - Open*. 2023;9(1): 28. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00578-4>.
9. Mcleod JC, Currier BS, Lowisz CV, Phillips SM. The influence of resistance exercise training prescription variables on skeletal muscle mass, strength, and physical function in healthy adults: An umbrella review. *Journal of Sport and Health Science*. 2024;13(1): 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.005>.
10. Zaras N, Stasinaki AN, Spiliopoulou P, Mpampoulis T, Hadjicharalambous M, Terzis G. Effect of inter-repetition rest vs. traditional strength training on lower body strength, rate of force development, and muscle architecture. *Applied Sciences*. 2021;11(1): 45. <https://doi.org/10.3390/app11010045>.
11. Davies TB, Tran DL, Hogan CM, Haff GG, Latella C. Chronic effects of altering resistance training set configurations using cluster sets: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2021;51(4): 707–736. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01408-3>.
12. Way KL, Thomas HJ, Parker L, Maiorana A, Keske MA, Scott D, et al. Cluster sets to prescribe interval resistance training: a potential method to optimise resistance training safety, feasibility and efficacy in cardiac patients. *Sports Medicine - Open*. 2023;9(1): 86. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00634-z>.
13. Stefanos P, Marios H, Nikolaos Z. Acute effects of different intra-repetition rest configurations on barbell peak velocity during the jump-shrug exercise. *Journal of Physical Education and Sport*. 2023;23(5): 1103–1110. <https://doi.org/10.7752/jpes.2023.05138>

14. Silva AF, Aghidemand MH, Kharatzadeh M, Ahmadi VK, Oliveira R, Clemente FM, et al. Effects of high-intensity resistance training on physical fitness, hormonal and antioxidant factors: a randomized controlled study conducted on young adult male soccer players. *Biology*. 2022;11(6): 909. <https://doi.org/10.3390/biology11060909>.
15. Arazi H, Khanmohammadi A, Asadi A, Haff GG. The effect of resistance training set configuration on strength, power, and hormonal adaptation in female volleyball players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*. 2018;43(2): 154–164. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0327>.
16. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1982;36(4): 680–690. <https://doi.org/10.1093/ajcn/36.4.680>.
17. Florescu O. Research regarding the growth of self trust with the help of strength exercises for high school students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014;149: 354–358. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.08.272>.
18. Hooper DR, Szivak TK, Distefano LJ, Comstock BA, Dunn-Lewis C, Apicella JM, et al. Effects of resistance training fatigue on joint biomechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(1): 146–153. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825390da>.
19. Pedersen S, Heitmann KA, Sagelv EH, Johansen D, Pettersen SA. Improved maximal strength is not associated with improvements in sprint time or jump height in high-level female football players: a cluster-randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*. 2019;11: 20. <https://doi.org/10.1186/s13102-019-0133-9>.
20. Dhuli K, Naureen Z, Medori MC, Fioretti F, Caruso P, Perrone MA, et al. Physical activity for health. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2022;63(2 Suppl 3): E150–E159. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2756>.
21. Knapik JJ, Staab JS, Harman EA. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1996;28(12): 1523–1530. <https://doi.org/10.1097/00005768-199612000-00013>.
22. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Häkkinen K, Ratamess NA, Kraemer WJ, et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. 2006;100(5): 1647–1656. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01400.2005>.
23. Nuzzo JL, Pinto MD, Nosaka K, Steele J. Maximal number of repetitions at percentages of the one repetition maximum: a meta-regression and moderator analysis of sex, age, training status, and exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2024;54(2): 303–321. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01937-7>.
24. Bonilla DA, Kreider RB, Petro JL, Romance R, García-Sillero M, Benítez-Porres J, et al. Creatine enhances the effects of cluster-set resistance training on lower-limb body composition and strength in resistance-trained men: a pilot study. *Nutrients*. 2021;13(7): 2303. <https://doi.org/10.3390/nu13072303>.
25. Schuenke MD, Herman JR, Gliders RM, Hagerman FC, Hikida RS, Rana SR, et al. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. *European Journal of Applied Physiology*. 2012;112(10): 3585–3595. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2339-3>.
26. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioural science*. 2nd Ed. NJ: Lawrence Erlbaum Associates: Hilldale; 1988.
27. Karsten B, Fu YL, Larumbe-Zabala E, Seijo M, Naclerio F. Impact of two high-volume set configuration workouts on resistance training outcomes in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2021;35(Suppl 1): S136–S143. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003163>.



28. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(10): 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>.
29. Lasevicius T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, Roschel H, Tavares LD, De Souza EO, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European Journal of Sport Science*. 2018;18(6): 772–780. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1450898>.
30. Morton RW, Colenso-Semple L, Phillips SM. Training for strength and hypertrophy: an evidence-based approach. *Current Opinion in Physiology*. 2019;10: 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.04.006>.
31. Bernárdez-Vázquez R, Raya-González J, Castillo D, Beato M. Resistance training variables for optimization of muscle hypertrophy: an umbrella review. *Frontiers in Sports and Active Living*. 2022;4: 949021. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.949021>.
32. Škarabot J, Balshaw TG, Maeo S, Massey GJ, Lanza MB, Maden-Wilkinson TM, et al. Neural adaptations to long-term resistance training: evidence for the confounding effect of muscle size on the interpretation of surface electromyography. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985). 2021;131(2): 702–715. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00094.2021>.
33. Sánchez Pastor A, García-Sánchez C, Marquina Nieto M, de la Rubia A. Influence of strength training variables on neuromuscular and morphological adaptations in prepubertal children: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023;20(6): 4833. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064833>.
34. Rantilä A, Ahtiainen JP, Häkkinen K. Effects of Acute Loading Induced Fatigability, Acute serum hormone responses and training volume to individual hypertrophy and maximal strength during 10 weeks of strength training. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2023;22(3): 559–570. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.559>.
35. Schoenfeld BJ. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2013;43(3): 179–194. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1>.