Jundishapur
Scientific Medical Journal

November & December 2024. Vol 23. No 5

Research Paper

The Effect of a Period of Resistance-Interval Training Versus Resistance-Aerobic Training on Insulin-Like Growth Factor-1 and Strength and Muscle Mass in Trained Young Men

Hashem Mokhtari[1], Ardeshir Zafari[2*], Nematollah Nemati[3]

1.PhD student, Department of Exercise Physiology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.
2.Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Faculty of Human Sciences and Art, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran.
3.Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mokhtari H, Zafari A, Nemati N. [The Effect of a Period of Resistance-Interval Training Versus Resistance-Aerobic Training on Insulin-Like Growth Factor-1 and Strength and Muscle Mass in Trained Young Men[Persian]]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2024; 23[5]:412-424. 10.32592/jsmj.23.5.412

https://doi.org/10.32592/jsmj.23.5.412

ABSTRACT

Background and Objectives Exercise-induced adaptations can be influenced by the type of exercise. The aim of the current research was to determine the effect of a period of resistance-interval training versus resistance-aerobic training on insulin-like growth factor-1 [IGF-1] and strength and muscle mass in trained young men.

Subjects and Methods In this semi-experimental research, 36 trained male volunteers were selected and divided into three groups: 1] resistance training, 2] resistance-aerobic training, and 3] resistance-interval training. Resistance training was performed in 3 sets, 4 to 6 repetitions with 85% of one-repetition maximum. interval training was performed in 4-6 intervals of 30 seconds of sprinting with 4.5 minutes of recovery. Aerobic exercise was performed with an intensity of 70% of maximum oxygen consumption for 30 minutes.

Results An increase in muscle strength and muscle mass was observed in the resistance, resistance-periodic and resistance-aerobic groups, respectively, and there was a significant difference between the groups [$P < 0.05$]. It also showed that the changes in serum IGF-1 for the resistance-interval training group are significant compared to the resistance-aerobic training group) P=0.002). It also showed that serum IGF-1 changes were significant for resistance-interval training group compared to resistance-aerobic training group [P=0.002].

Conclusion As evidenced by the results of this hospital study, an increase in age and BMI are positively related to PSA concentration and prostate volume; nonetheless, no correlation was observed between PSA and prostate volume. BMI and age may be better parameters to estimate PSA concentration and prostate volume.

Keywords Concurrent training, Muscle mass, Insulin-like growth factor-1, Muscle strength

Received: 01 June 2024
Accepted: 11 August 2024
Available Online: 19 January 2025

Corresponding Author:
Ardeshir Zafari

Address: Department of Sports Sciences, Faculty of Human Sciences and Art, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan, Iran.

Tel: 09123084649
E-Mail: ardeshir.zafari@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Resistance training is a popular and effective method for improving muscle function, exercise performance, and health parameters in a wide range of healthy and clinical populations [5, 7]. Among the many expected outcomes, increasing muscle mass and muscle strength, whether for performance or improving health and performance, is considered important and desirable for individuals and physicians; Accordingly, they are looking for protocols with the best results on strength and muscle mass [5]. Also, studies in different models in cell culture, animals and humans have evaluated cytokines and growth factors that can regulate muscle growth. Insulin-like growth factor-1 [IGF-1] is one of the best growth factors and has been shown to modulate muscle size and play an important role in regulating muscle function. IGF-1 is thought to mediate many of the beneficial outcomes of physical activity [8]. IGF-1 can regulate protein synthesis and degradation pathways, and changes in IGF-1 signaling in skeletal muscle can greatly affect myofiber size and function [9]. IGF-1 increases skeletal muscle protein synthesis through the PI3K/Akt/mTOR and PI3K/Akt/GSK3β pathways [8]. Therefore, IGF-1 is recognized as an important biomarker in evaluating the effect of exercise. It is clear that skeletal muscle is a dynamic tissue that can adapt structurally and metaphysiologically to different training stimuli [5]. Although the best solution for increasing muscle hypertrophy and strength is resistance training [5, 7]. However, athletes need to perform aerobic exercises with different intensities for other physical fitness goals, which can affect the goals of resistance training [10, 11]. Previous research has shown that concurrent training may reduce resistance training-induced increases in strength and muscle mass due to an interfering effect on training-acquired adaptations [11]. This is while the use of interval training with different methods instead of endurance training in combined training has been suggested [11]. We cannot confirm with certainty that the results are more effective due to the small number of studies. The aim of the current research was to determine the effect of a period of resistance-interval training versus resistance-aerobic training on IGF-1 and strength and muscle mass in trained young men.

Methods

In this semi-experimental research, 36 trained male volunteers were selected and divided into three groups: 1] resistance training, 2] resistance-aerobic training, and 3] resistance-interval training. Resistance training was performed in 3 sets, 4 to 6 repetitions with 85% of one-repetition maximum. interval training was performed in 4-6 intervals of 30 seconds of sprinting with 4.5 minutes of recovery. Aerobic exercise was performed with an intensity of 70% of maximum oxygen consumption for 30 minutes. To estimate the maximum strength, the bench press test was used, and the maximum strength was calculated by the Brzycki formula [1RM=w/[[1.0278]−[.0278∗r]]].Body composition measurement was measured using In-Bodi body composition analysis device. Fasting serum level of IGF-1 was measured using commercial DRG IGF-1600 enzyme immunoassay kit made in Germany and sandwich ELISA method in terms of nanomol/liter. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics. First, the normality of the normal distribution of the data was confirmed through the Shapirwilk and Kolmogorov-Smirinov tests. Also, homogeneity of variance was done using Lon's test. Mean, standard deviation and percentage of changes were used to describe the data. In the inferential statistics section of the variance test with repeated measures) three groups x two pre-test-post-test stages), data analysis was done. Bonferroni post hoc tests were also used for significance between pairs of groups and between pairs of times. Statistical calculations were done using SPSS version 26 statistical program. The graphs were drawn using Excel version 2019. The significance level of $p<0.05$ was considered in all hypotheses.

Results

An increase in muscle strength and muscle mass was observed in the resistance, resistance-periodic and resistance-aerobic groups, respectively, and there was a significant difference between the groups ($P < 0.05$). It also showed that the changes in serum IGF-1 for the resistance-interval training group are significant compared to the resistance-aerobic training group ($P=0.002$). It also showed that serum IGF-1 changes were significant for resistance-interval training group compared to resistance-aerobic training group ($P=0.002$).

Jundishapur
Scientific Medical Journal

Conclusion

Considering the role of IGF-1 in muscle synthesis [8], it can be said that the use of interval training has a better anabolic stimulating effect in the release of growth hormones and IGF-1 compared to continuous training [21]; which can cause protein synthesis in muscles [8] and as a result increase muscle mass in resistance-interval training group compared to resistance-aerobic training group. It is commonly believed that maximal force and muscle cross-sectional area are strongly related [30]. Considering the role of muscle mass in maximal strength [6, 30], the greater increase in muscle strength in the resistance-interval group compared to the resistance-aerobic training group can be attributed to the greater mass changes in this group. Based on the results of the present research, resistance training increases muscle mass and muscle strength by increasing IGF-1, and according to the adaptations obtained in simultaneous training, it seems that using resistance-interval training has better effects on changes in IGF-1, muscle mass and muscle strength than resistance-aerobic training.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This research has been approved by the Research Ethics Committee of Islamic Azad University - Damghan Branch with the ethics code (IR.IAU.DAMGHAN.REC.1403.007).

Funding

This article is not sponsored.

Authors contributions

All authors contributed to the writing of this article.

Conflicts of interest

There is no conflict of interest.

Acknowledgements

This article is part of the first author's doctoral dissertation. The authors would like to thank and acknowledge all those who contributed to this research.

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

مقاله پژوهشی

تاثیر یک دوره تمرین مقاومتی – تناوبی در مقابل تمرین مقاومتی – هوازی بر عامل رشد شبه انسولین – 1 و قدرت و توده عضلانی در مردان جوان تمرین‌کرده

هاشم مختاری[1]، اردشیر ظفری [2*]، نعمت‌الله نعمتی[3]

1. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.
02استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و هنر، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.
3.استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Mokhtari H, Zafari A, Nemati N. [The Effect of a Period of Resistance-Interval Training Versus Resistance-Aerobic Training on Insulin-Like Growth Factor-1 and Strength and Muscle Mass in Trained Young Men[Persian]]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2024; 23[5]:412-424. 10.32592/jsmj.23.5.412

https://doi.org/10.32592/jsmj.23.5.412

چکیده

زمینه و هدف سازگاری‌های برآمده از تمرین می‌تواند تحت تاثیر نوع تمرین باشد. هدف پژوهش پیش رو تعیین تاثیر یک دوره تمرین مقاومتی – تناوبی در مقابل مقاومتی – هوازی بر عامل رشد شبه انسولین – 1 (IGF-1) و قدرت و توده عضلانی در مردان جوان تمرین‌کرده بوده است.

روش بررسی در تحقیق نیمه‌تجربی حاضر 36 مرد تمرین‌کرده داوطلب انتخاب و به سه گروه که عبارتند از: 1) تمرین مقاومتی، 2) تمرین مقاومتی – هوازی و 3) تمرین مقاومتی – تناوبی تقسیم شدند. تمرین مقاومتی در 3 ست، 4 تا 6 تکرار با ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه اجرا شد. تمرین تناوبی در 6 – 4 تناوب 30 ثانیه‌ای دویدن سرعت با 4/5 دقیقه ریکاوری اجرا شد. تمرین هوازی با شدت 70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه به مدت 30 دقیقه اجرا شد.

یافته‌ها افزایش قدرت عضلانی و توده عضلانی به ترتیب در گروه‌های مقاومتی، مقاومتی – تناوبی و مقاومتی – هوازی مشاهده شد و بین گروه‌ها اختلاف معناداری وجود داشته است ($P < 0/05$)؛ همچنین نشان داد که تغییرات IGF-1 سرمی برای گروه تمرین مقاومتی – تناوبی نسبت به گروه تمرین مقاومتی – هوازی معنادار بوده است ($P=0/002$).

نتیجه‌گیری بر اساس نتایج تحقیق حاضر تمرین مقاومتی با افزایش IGF-1 موجب افزایش توده عضلانی و قدرت عضلانی شده و با توجه به سازگاری‌های کسب‌شده در تمرینات همزمان، به نظر می‌رسد استفاده از تمرین‌های مقاومتی – تناوبی نسبت به تمرین‌های مقاومتی – هوازی آثار بهتری بر تغییرات IGF-1، توده عضلانی و قدرت عضلانی دارد.

کلیدواژه‌ها تمرین همزمان، توده عضلانی، عامل رشد شبه انسولین – 1، قدرت عضلانی

تاریخ دریافت:12 خرداد 1403
تاریخ پذیرش: 20 مرداد 1403
تاریخ انتشار: 30 دی 1403

نویسنده مسئول:
اردشیر ظفری
نشانی: گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی و هنر، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران.
تلفن: 09123084649
رایانامه: ardeshir.zafari@gmail.com

مقدمه

عضله حدود 40 درصد از توده بدن را تشکیل می‌دهد و برای ثبات فیزیکی و تحرک و همچنین عملکردهای متابولیکی مانند تامین اسیدهای آمینه به بافت‌های دیگر و ذخیره و استفاده از گلوکز برای انرژی مهم است [1]. عضله اسکلتی یک اندام غدد درون‌ریز و پاراکرین در نظر گرفته می‌شود. برهم‌کنش‌های بین توده عضلانی اسکلتی و سایر اندام‌ها سلامت و سطح آمادگی جسمانی را واسطه می‌کنند [2]. عضله اسکلتی ظرفیت قابل توجهی برای هیپرتروفی دارد. افزایش اندازه عضله، در پاسخ به برخی فعالیت‌های بدنی، مانند فعالیت‌های مبتنی بر ورزش مقاومتی یا هورمون‌هایی مانند آندروژن‌ها که مسئول تفاوت در اندازه ماهیچه‌ها بین مردان و زنان هستند. هیپرتروفی عضلانی به خودی خود، به عنوان یک مدل رشد در زیست‌شناسی سلولی، موضوع جالب توجه برای مطالعه است، اما از نظر بالینی نیز مرتبط است [3]. کاهش توده عضلانی در سنین بالا یک عامل خطر برای ضعف، افتادن و شکستگی است و همچنین در طیف گسترده‌ای از بیماری‌های مزمن دیده می‌شود [3, 4]؛ بنابراین، یکی از اهداف سلامت حفظ و افزایش توده عضلانی برای بهبود ترکیب بدنی در دوره‌های مختلف زندگی است [4]. همچنین بهبود عملکرد ورزشی به ویژه افزایش قدرت عضلانی در ارتباط با توده عضلانی ورزشکاران است [5]. افزون بر آن، بیان این نکته ضروری است که هایپرتروفی و قدرت، پدیده‌های کاملا مجزا نیستند [6]، اگرچه این موضوع بحث‌برانگیز است [7].

تمرین مقاومتی روشی محبوب و موثر برای بهبود عملکرد عضلانی، عملکرد ورزشی و پارامترهای سلامت در طیف وسیعی از جمعیت‌های سالم و بالینی است [5, 7]. در میان بسیاری از پیامدهای مورد انتظار، افزایش توده عضلانی و قدرت عضلانی، برای عملکرد یا بهبود سلامت، برای افراد و پزشکان مهم و مطلوب تلقی می‌شود؛ بر همین اساس آنان به دنبال شیوه‌نامه‌هایی با بهترین بازده بر قدرت و توده عضلانی هستند [5].

همچنین مطالعات در مدل‌های مختلف در کشت سلولی، حیوانات و انسان، سیتوکین‌ها و فاکتورهای رشدی را که می‌توانند رشد عضلانی را تنظیم کنند، ارزیابی کرده‌اند. فاکتور رشد شبه انسولین – 1 (Insulin-like growth factor-1: IGF-1) یکی از بهترین فاکتورهای رشد است و نشان داده شده است که اندازه عضلات را تعدیل می‌کند و نقش مهمی در تنظیم عملکرد ماهیچه ایفا می‌کند. تصور می‌شود که IGF-1 بسیاری از نتایج مفید فعالیت بدنی را واسطه می‌کند [8]. IGF-1 می‌تواند سنتز پروتئین و مسیرهای تخریب را تنظیم کند. تغییرات در سیگنال‌دهی IGF-1 در عضله اسکلتی می‌تواند تا حد زیادی بر اندازه و عملکرد میوفیبر تاثیر بگذارد [9]. IGF-1 سنتز پروتئین عضلات اسکلتی را از طریق مسیرهای PI3K/Akt/mTOR و PI3K/Akt/GSK3β افزایش می‌دهد [8]. بر همین اساس IGF-1 یک بیومارکر مهم در ارزیابی اثر تمرین شناخته می‌شود.

واضح است که عضله اسکلتی یک بافت پویا است که می‌تواند از نظر ساختاری و فرافیزیولوژیکی با محرک‌های تمرینی مختلف سازگار شود [5]. اگرچه بهترین راهکار برای افزایش هیپرتروفی عضلانی و همچنین قدرت انجام تمرینات مقاومتی است [5, 7]؛ با این حال ورزشکاران نیاز به انجام تمرینات هوازی با شدت‌های متفاوت برای سایر اهداف آمادگی جسمانی خود دارند که می‌تواند اهداف حاصل از تمرین‌های مقاومتی را تحت تاثیر قرار دهد [10, 11]. تحقیقات قبلی نشان داده است که تمرین همزمان، ممکن است به دلیل اثر تداخل در سازگاری‌های کسب‌شده، افزایش قدرت و توده عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی را کاهش دهد [11]. این در حالی است که استفاده از تمرین تناوبی با شیوه‌های مختلف به جای تمرین استقامتی در تمرین ترکیبی مطرح شده است [11]. که با قطعیت نمی‌توان موثرتر بودن نتایج را به دلیل مطالعات کم تایید کرد.

با توجه به مطالب گفته‌شده و اهمیت قدرت برای عملکرد ورزشکاران و همچنین با توجه به نقش IGF-1 به عنوان یک هورمون آنابولیک [9]، این پژوهش در صدد بررسی تاثیرگذاری تمرین ترکیبی (مقاومتی – تناوبی) نسبت به شیوه‌های سنتی تمرین ترکیبی (مقاومتی – استقامتی) بر تغییرات هورمونی و عملکرد عضلانی، طی یک دوره تمرینی در افراد تمرین‌کرده است؛ بنابراین، سوال اصلی این است که آیا شیوه تمرین ترکیبی با ترتیب تمرین مقاومتی – تناوبی در مقایسه با تمرین مقاومتی – استقامتی بر تغییرات هورمونی و عملکرد عضلانی طی یک دوره کوتاه‌مدت می‌تواند برتری داشته باشد؟ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر یک دوره تمرین ترکیبی (مقاومتی – تناوبی در مقابل مقاومتی – هوازی) بر تغییرات IGF-1، توده عضلانی و قدرت عضلانی در مردان تمرین‌کرده طراحی شد.

روش بررسی

در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر از بین افراد فعال شهر مشهد، 36 نفر از افراد دارای شرایط لازم بر اساس معیارهای ورود به پژوهش، در این مطالعه شرکت داده شدند. سپس آن‌ها به صورت تصادفی و مساوی در سه گروه به صورت مساوی تقسیم شدند که عبارتند از: ۱) تمرین ترکیبی مقاومتی — استقامتی؛ ۲) تمرین ترکیبی مقاومتی — تناوبی؛ 3) گروه مقاومتی. شرایط ورود به پژوهش شامل داشتن سلامت جسمانی، دامنه سنی بین 20 تا 30 سال، شاخص توده بدنی بین 20 تا 25 کیلوگرم بر مترمربع، درصد چربی

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

بین 10 تا 20 درصد، سابقه فعالیت‌های ورزشی و شرکت در تیم‌های

ورزشی برای مدت حداقل سه سال، نداشتن سابقه بیماری‌های کبدی،

کلیوی، ریوی و دیابت و همچنین نداشتن سابقه استعمال دخانیات بوده است. شرایط خروج از پژوهش نیز شامل غیبت در سه جلسه متوالی و پنج جلسه به طور متناوب در برنامه‌های تمرینی، ابتلا به هر نوع بیماری جانبی یا مانعی که برای مداخله‌های ورزشی مزاحمت ایجاد کرده و سنجش اثربخشی برنامه‌های تمرینی را مشکل کند؛ از جمله بیماری‌های حاد قلبی – عروقی، پرفشار خونی غیر قابل کنترل، آرتروز، بیماری‌های تنفسی، مشکلات ارتوپدیک حاد، دردهای مفصلی، کووید – 19، اختلالات عصبی عضلانی، همکاری نکردن در انجام برنامه‌های تمرینی تدوین‌شده، شرکت در برنامه‌های تمرینی خارج از مطالعه و مصرف هرگونه داروی نیروزا و مکمل‌های ورزشی بوده است. پس از گروه‌بندی و امضای رضایت‌نامه آگاهانه، متغیرهای خونی و تن‌سنجی و آزمون قدرت پرس سینه روی نیمکت در پیش‌آزمون اندازه‌گیری شدند. **اندازه‌گیری ترکیب بدنی** با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیب بدنی مارک این بادی شاخص‌های ترکیب بدنی مانند توده عضلانی و چربی بدنی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قدرت عضلانی حرکت منتخب شیوه‌نامه تمرین مقاومتی از فرمول برزیسکی استفاده شد. هر شرکت‌کننده به مدت 5 تا 10 دقیقه برنامه گرم کردن را تکمیل کرد و با یک مدت استراحت سه دقیقه‌ای، بر طبق برآورد هر شرکت‌کننده وزنه‌ای انتخاب کرد که بتواند حداقل یک بار و حداکثر پنج مرتبه به صورت کامل و صحیح تمرین را انجام دهند. با جای‌گذاری مقدار وزنه و تعداد تکرارها در فرمول زیر، قدرت عضلانی بر حسب کیلوگرم محاسبه شد.

[(تعداد تکرار × 0/0278) – 1/0278] ÷ وزن به کیلوگرم = یک تکرار بیشینه

نمونه‌های خونی قبل و بعد از طرح پژوهشی را فرد متخصص اندازه‌گیری کرد. پس از مشخص شدن افراد شرکت‌کننده از آن‌ها خواسته شد که به مدت حداقل 48 ساعت از انجام فعالیت‌های شدید اجتناب کنند و به دنبال آن صبح و در وضعیت ناشتایی به آزمایشگاه برای خون‌گیری مراجعه کنند. فرد متخصص آزمایشگاه نمونه خونی از ورید بازویی به میزان 10 سی‌سی تهیه کرد و سپس با جداسازی سرم در دمای منفی 80 درجه سانتی‌گراد برای تجزیه و تحلیل نگهداری شد. همچنین در پایان طرح پژوهشی نمونه‌های خونی تهیه شد و سپس سطح سرمی اندازه IGF-1 روش الایزای ساندویچ برحسب نانومول بر لیتر اندازه‌گیری شد. برای سنجش IGF-1 ازکیت تجاری DRG IGF-1600 enzyme immunoassay ساخت کشور آلمان برای اندازه‌گیری و با روش الایزای ساندویچ بر حسب نانومول بر لیتر استفاده شد.

شیوه‌نامه‌های برنامه تمرینی

تمرین مقاومتی: برنامه تمرین مقاومتی برگرفته از مطالعه سانترل و همکاران، 2014 است که در جدول (۱) به طور خلاصه ارائه شده است؛ برای هر شرکت‌کننده زمانی که توانایی انجام حرکات در هر سه ست را به دنبال 4 جلسه تمرین متوالی داشته باشد، اضافه بار اعمال شد، اضافه بار به میزانی بود که با افزایش بار، تعداد تکرار از 4 تا 6 مرتبه برای هر حرکت و در هر ست فراتر نرود (جدول 1)[12].

تمرین تناوبی با شدت بالا: برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا برگرفته از مطالعه هاوارد و همکارانش (2017) بود که شامل کوشش‌های 30 ثانیه با تمام سرعت در دوره‌های استراحت 4/5 دقیقه ریکاوری فعال مجزا شد. تعداد تکرارها در ابتدای جلسات 4 مرتبه و در هفته‌های پایانی به 6 تکرار رسید (جدول 2) [13].

تمرین هوازی: برنامه تمرین هوازی از مطالعه جونز و همکاران (2016) بود که با شدت 70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه به مدت 30 دقیقه در هر جلسه تمرینی انجام شد. همچنین در پایان هر ماه دوباره ظرفیت هوازی بیشینه ارزیابی و شدت تمرین به‌روز شد (جدول 3) [14].

داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل شد. ابتدا طبیعی بودن توزیع طبیعی داده‌ها از طریق آزمون شاپیرویلک تایید شد. همچنین با استفاده از آزمون لوین تجانس واریانسی انجام شد. از میانگین، انحراف استاندارد و درصد تغییرات برای توصیف داده‌ها استفاده شد. در بخش آمار استنباطی از آزمون واریانس با اندازه‌های مکرر (سه گروه × دو مرحله پیش آزمون – پس‌آزمون) تجزیه و تحلیل داده‌ها انجام شد. همچنین برای معناداری بین جفت گروه‌ها و بین جفت زمان‌ها از آزمون‌های تعقیبی بونفرونی استفاده شد. محاسبات آماری از برنامه آماری SPSS نسخه 26 انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخه 2019 ترسیم شد. سطح معناداری ($p<0/05$) در کلیه فرضیه‌ها نظر گرفته شد.

جدول 1. برنامه تمرین مقاومتی

هفته	شدت	ست	تکرار	استراحت بین ست	استراحت بین تکرار
اول	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
دوم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
سوم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
چهارم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
به روز رسانی رکورد					
پنجم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
ششم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
هفتم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه
هشتم	85 درصد یک تکرار بیشینه	3	4 تا 6	120 ثانیه	180 ثانیه

جدول 2. برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا

هفته	شدت	تکرار	زمان هر کوشش	استراحت بین تکرار
اول	حداکثر کوشش	4	30 ثانیه	4/5 دقیقه
دوم	حداکثر کوشش	4	30 ثانیه	4/5 دقیقه
سوم	حداکثر کوشش	5	30 ثانیه	4/5 دقیقه
چهارم	حداکثر کوشش	5	30 ثانیه	4/5 دقیقه
پنجم	حداکثر کوشش	5	30 ثانیه	4/5 دقیقه
ششم	حداکثر کوشش	6	30 ثانیه	4/5 دقیقه
هفتم	حداکثر کوشش	6	30 ثانیه	4/5 دقیقه
هشتم	حداکثر کوشش	6	30 ثانیه	4/5 دقیقه

جدول 3. برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا

هفته	شدت	تکرار در هفته	مدت
اول	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
دوم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
سوم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
چهارم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
پنجم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
ششم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
هفتم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه
هشتم	70 درصد اکسیژن مصرفی بیشینه	3	30 دقیقه

مجله علمی پزشکی
جنـــدی شـــاپور

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول 4. مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌ها

شاخص	گروه‌ها	آماره‌های مرکزی و پراکندگی			
		میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
سن [سال]	تمرین مقاومتی – استقامتی	24/08	2/57	20	30
	تمرین مقاومتی – تناوبی	25/41	2/74	21	29
	تمرین مقاومتی	24/25	3/01	20	30
قد [سانتی متر]	تمرین مقاومتی – استقامتی	179/41	5/43	168	186
	تمرین مقاومتی – تناوبی	181/33	5/78	169	188
	تمرین مقاومتی	178/91	5/94	171	188
وزن [کیلوگرم]	تمرین مقاومتی – استقامتی	74/23	4/05	67	79
	تمرین مقاومتی – تناوبی	77/36	4/58	68	83
	تمرین مقاومتی	76/44	7/55	65	88
شاخص توده بدن [کیلوگرم بر مترمربع]	تمرین مقاومتی – استقامتی	23/08	1/23	20	24/4
	تمرین مقاومتی – تناوبی	23/53	1/11	21/5	24/8
	تمرین مقاومتی	23/81	0/97	22/4	24/9
چربی بدن [درصد]	تمرین مقاومتی – استقامتی	16/58	2/58	13	20
	تمرین مقاومتی – تناوبی	15/89	2/60	12	19
	تمرین مقاومتی	15/84	3/10	12	20

جدول 5. نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر مربوط به تغییرات IGF-1، قدرت عضلانی و توده عضلانی

نام متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اثر اصلی	اثر گروه	اثر تعاملی
عامل رشد شبه انسولین یک [نانوگرم بر میلی لیتر]	تمرین مقاومتی – استقامتی	104/41 ± 12/23	109/39 ± 10/86	F= 12/87 P= 0/004*	F=0/39 P=0/678	F=7/06 P=0/003*
	تمرین مقاومتی – تناوبی	102/50 ± 11/65	119/75 ± 11/82	F= 47/79 P= 0/001*		
	تمرین مقاومتی	103/08 ± 13/04	115/67 ± 14/42	F= 19/41 P= 0/001*		
قدرت عضلانی بالاتنه [کیلوگرم]	تمرین مقاومتی – استقامتی	74/95 ± 8/24	129/89 ± 6/44	F= 11/50 P= 0/001*	F=1/18 P=0/318	F=9/10 P= 0/001*
	تمرین مقاومتی – تناوبی	75/41 ± 8/86	121/16 ± 7/55	F= 7/24 P= 0/001*		
	تمرین مقاومتی	76/08 ± 5/75	132/08 ± 5/93	F= 92/17 P= 0/001*		
توده عضلانی [کیلوگرم]	تمرین مقاومتی – استقامتی	33/32 ± 3/39	34/14 ± 3/08	F= 6/37 P= 0/028*	F= 2/74 P= 0/079	F= 31/64 P= 0/001*

	تمرین مقاومتی – تناوبی	34/34 ± 3/39	35/66 ± 3/17	F= 25/63 P= 0/001*
	تمرین مقاومتی	34/98 ± 3/64	38/85 ± 3/59	F= 187/74 P= 0/001*

با توجه نتایج به‌دست‌آمده از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر (جدول 5)، تفاوت معناداری در تغییرات IGF-1 (P = 0/003؛ F = 7/06)، قدرت عضلانی (P < 0/001؛ F = 9/10) و توده عضلانی (P < 0/001؛ F = 31/64) بین گروه‌های تحقیق مشاهده شد. برای یافتن محل اختلاف از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که خلاصه نتایج آن در جدول (۶) گزارش شده است.

جدول 6. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی

زمان	گروه‌ها		عامل رشد شبه انسولین یک	قدرت عضلانی بالاتنه	توده عضلانی
پیش‌آزمون	تمرین مقاومتی – هوازی	تمرین مقاومتی – تناوبی	1/00	1/00	1/00
	تمرین مقاومتی – هوازی	تمرین مقاومتی	1/00	1/00	0/755
	تمرین مقاومتی – تناوبی	تمرین مقاومتی	1/00	1/00	1/00
پس‌آزمون	تمرین مقاومتی – هوازی	تمرین مقاومتی – تناوبی	0/149	1/00	0/803
	تمرین مقاومتی – هوازی	تمرین مقاومتی	0/676	*0/038	*0/004
	تمرین مقاومتی – تناوبی	تمرین مقاومتی	1/00	0/112	0/070
اختلاف پیش‌آزمون – پس‌آزمون	تمرین مقاومتی – هوازی	تمرین مقاومتی – تناوبی	*0/002	1/00	*0/001
	تمرین مقاومتی – هوازی	تمرین مقاومتی	0/082	*0/001	*0/001
	تمرین مقاومتی – تناوبی	تمرین مقاومتی	0/502	*0/005	*0/001

* سطح معناداری کمتر از 0/05 در نظر گرفته شد.

بحث

نتایج به‌دست‌آمده از یافته‌های آماری نشان می‌دهد که عامل رشد شبه انسولین در گروه‌های تمرینی در بعد نسبت به قبل از تمرین افزایش معناداری داشته است. این افزایش برای گروه تمرین مقاومتی – استقامتی (4/6 درصد)، تمرین مقاومتی – تناوبی (16/7 درصد) و تمرین مقاومتی (12/2 درصد) بوده است. در حالی که نتایج بین گروهی نشان داد که برتری قابل توجهی در گروه تمرین مقاومتی – تناوبی با گروه تمرین مقاومتی – هوازی وجود دارد، اما تغییرات بین گروه تمرین مقاومتی – تناوبی با گروه تمرین مقاومتی و نیز گروه تمرین مقاومتی – هوازی با گروه تمرین مقاومتی اختلاف معناداری را نشان نداد. تصور می‌شود که استفاده از تمرین مقاومتی – تناوبی می‌تواند تا حدی در افزایش IGF-1 در مقایسه با تمرین مقاومتی صرف، تاثیر مثبت داشته باشد. بی‌شک مهم‌ترین مکانیزم افزایش IGF-1 مسیر کلاسیکی آن است که با ترشح هورمون رشد از غده هیپوفیز و تاثیر بر مسیر سیگنالینگ آن یعنی JAK/STAT کبدی به تولید و ترشح IGF-1 منجر می‌شود. در این باره گزارش شده است که افزایش IGF-1 به دنبال تمرین مقاومتی از طریق افزایش هورمون رشد با اثر تحریکی لاکتات در غده هیپوفیز رخ می‌دهد [15]. مک ماهان و همکاران (2014) دریافتند که تمرین مقاومتی در زوایای مختلف دامنه حرکتی (0 تا 50 درجه در مقابل 50 تا 90 درجه) به ویژه وضعیت کشیده عضله اسکلتی به آزادسازی بیشتر IGF-1 منتهی می‌شود [16].

دیگر یافته‌های پژوهش حاضر افزایش معنادار IGF-1 در گروه تمرین مقاومتی – هوازی و تمرین مقاومتی – تناوبی بوده، که افزایش برای گروه تمرین مقاومتی – تناوبی بارزتر بوده است. درباره تاثیر تمرین ترکیبی بر آزادسازی IGF-1 بررسی شده است. روزا و همکاران دریافتند که تمرین ترکیبی با ترتیب استقامتی – مقاومتی در مقایسه با مقاومتی – استقامتی سبب افزایش غلظت IGFBP-3 در افراد تمرین‌کرده می‌شود. همچنین تغییرات افزایشی هورمون رشد هر دو گروه مشابه بود. برنامه تمرین در این پژوهش شامل 32 دقیقه تمرین تناوبی (2 دقیقه دویدن با سرعت مطابق با غلظت لاکتات خون 2 میلی‌مول در لیتر و یک دقیقه دویدن با سرعت مطابق با غلظت لاکتات خون 4 میلی‌مول در لیتر) و تمرین مقاومتی با شدت 70 درصد یک تکرار بیشینه (3 ست 10 تکراری بوده است). آنان استدلال کردند که این مدل‌های تناوبی تاثیر تحریکی بهتری در آزادسازی IGF-1 دارد [17]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مدل‌های تناوبی نسبت به مدل‌های تداومی در تمرین ترکیبی تاثیر بهتری بر رها کردن IGF-1 دارد. توفیقی و همکاران دریافتند که هشت هفته تمرین موازی (16 تا 30 دقیقه تمرین هوازی با شدت 45 تا 60 درصد

ضربان قلب هدف و تمرین مقاومتی با شدت 60 درصد یک تکرار بیشینه) در آزاد شدن معنادار هورمون رشد و IGF-1 در زنان سالمند اثر مثبت دارد. آنان استدلال کردند که تاثیر نیتریک اکسید بر محور هیپوتالاموس – هیپوفیز می‌تواند در رها کردن IGF-1 موثر باشد [18]. همچنین سئو و همکاران گزارش کردند که 12 هفته تمرین ترکیبی بر افزایش هورمون رشد که ناشی از افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک (ترشح هورمون‌های اپی نفرین و نوراپی نفرین) است و این تغییرات می‌تواند سبب افزایش IGF-1 شود [19]. در مطالعه آنی بالینی[1] و همکاران نشان داده شد که تمرین موازی در افزایش هورمون IGF-1 از طریق رها شدن سایتوکاین‌های ضد التهابی و مهار سایتوکاین پیش‌التهابی می‌تواند به افراد دیابتی کمک کند [20]. یون و همکاران گزارش کردند که 12 هفته تمرین موازی (تناوبی و مقاومتی) سبب افزایش هورمون رشد و IGF-1 می‌شود. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که تمرین‌های اینتروال در مقایسه با تداومی اثر تحریکی آنابولیکی بهتری در آزادسازی هورمون‌های رشدی و IGF-1 دارد [21]. یافته‌های پژوهش حاضر از تاثیر مثبت تمرین موازی به صورت مقاومتی – تناوبی نسبت به مقاومتی – تداومی بر آزادسازی IGF-1 حمایت کرده‌اند. هرچند که مطالعات گذشته درباره افراد تمرین‌کرده نبوده است؛ بنابراین، مقایسه نتایج با نتایج پژوهش حاضر می‌تواند بر استنباط یافته‌ها تاثیر بگذارد. در این پژوهش برنامه تمرین تناوبی از کوشش‌های 30 ثانیه‌ای با تمام سرعت برای 4 تا 6 مرتبه بود که دوره‌های استراحت 4/5 دقیقه ریکاوری فعال مجزا می‌شد. تصور می‌شود که استفاده از تمرین‌های تناوبی بعد از تمرین مقاومتی در مقایسه با تمرین تداومی در آزادسازی IGF-1 اثر مثبتی دارد؛ بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از تمرین مقاومتی – تناوبی نسبت به تمرین مقاومتی – هوازی اثر آنابولیک بهتری بر آزادسازی IGF-1 دارد و مانند تمرین مقاومتی بر افزایش آن اثر مثبت دارد.

همچنین درباره اثر تمرین‌های توده عضلانی، نتایج تحقیق ما نشان داد که در هر سه گروه بهبود معناداری (درون‌گروهی) تمرین مقاومتی – هوازی (2/4 درصد)، تمرین مقاومتی – تناوبی (3/7 درصد) و تمرین مقاومتی (11/1 درصد) حاصل شده است. نتایج بین گروهی بیانگر تفاوت معنادار بین تمرین مقاومتی با گروه تمرین مقاومتی – هوازی و گروه تمرین مقاومتی – تناوبی بوده است. همچنین نتایج بین گروهی تمرین مقاومتی – تناوبی با گروه تمرین مقاومتی – هوازی اختلاف معنادار را نشان داد؛ بنابراین، استفاده از تمرین مقاومتی – تناوبی پیشرفت بهتری در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی – هوازی داشته است؛ هرچند که تغییرات کم بوده و بیشترین پیشرفت در گروه تمرین‌های مقاومتی بوده است. به طور کلی دیدگاه‌های مختلف افزایش هایپرتروفی در برنامه‌های تمرین مقاومتی مطرح شده است که یکی از آن‌ها افزایش استرس متابولیکی و مکانیکی است که از مهم‌ترین مکانیزم‌های احتمالی است که به دلیل افزایش مواد متابولیک، افزایش هورمون موضعی، مایوکاین‌ها، تورم سلولی و هورمون‌های سیستمی بالقوه سبب فعال‌سازی سیگنالینگ‌های آنابولیکی درون‌سلولی می‌شود که در نهایت با سنتز پروتئین عضله اسکلتی همراه است [4, 22]. افزایش IGF-1 با اتصال گیرنده خود در سطح سلول سبب فعال‌سازی مسیر سیگنالینگ درون‌سلولی Akt/PI3K منجر به فعال شدن پروتئین کلیدی m-TOR می‌شود که در راه‌اندازی ترجمه و سنتز پروتئین نقش دارد [23]. تصور می‌شود که تمرین مقاومتی و تمرین‌های موازی سبب ایجاد تغییرات متابولیکی مثبت در تحریک سنتز پروتئین عضله اسکلتی شده‌اند. این نتایج از مطالعه گذشته حمایت می‌کند که از شیوه‌نامه‌های تمرین موازی مبتنی بر تمرین تناوبی با شدت بالای طولانی، کوتاه، تمرین سرعتی مکرر و تمرین سرعتی تناوبی را با تمرین مقاومتی به تنهایی برای افزایش توده عضلانی استفاده کرده‌اند که در آن‌ها هیچ اثر تداخلی روی توده عضلانی مشاهده نشده است [24–26]. فراتحلیل ساباگ و همکارانش [24]، موراک و باگلی [26] و لی و همکاران [25] با استفاده از برنامه تمرین موازی (مقاومتی — تناوبی) نشان داد که این مدل تمرین موازی سبب افزایش توده عضلانی می‌شود؛ بنابراین، منطقی است که از تمرین‌های تناوبی با شدت بالا در تمرین ترکیبی استفاده شود. با توجه به اینکه HIIT باعث افزایش سریع ظرفیت اکسیداتیو ماهیچه‌های اسکلتی می‌شود، پتانسیل آنابولیک HIIT برای افزایش همزمان در توده عضلانی و عملکرد ورزشی در ورزشکاران کاربردی است [27].

درباره اثر تمرین‌ها بر قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه روی نیمکت، نتایج تحقیق ما نشان داد که در هر سه گروه بهبود معناداری (درون‌گروهی) تمرین مقاومتی – هوازی (73/30 درصد)، تمرین مقاومتی – تناوبی (60/67 درصد) و تمرین مقاومتی (79/31 درصد) به دست آمده است. با توجه به نتایج حاصل از تغییرات قدرت عضلات بالاتنه به ترتیب در گروه تمرین مقاومتی، تمرین مقاومتی – تناوبی و تمرین مقاومتی – هوازی بیشترین نتایج را کسب کرده بودند. تاسیکانو و همکاران تاثیر تمرین هوازی تناوبی با شدت بالا، اجرشده بعد از تمرین مقاومتی را بر قدرت و هایپرتروفی عضلانی مردان جوان بررسی کردند. نتایج نشان داد که قدرت عضلانی و سطح مقطع عضلانی در عضله چهار سر رانی پس از هر دو مداخله به طور معناداری و به طور مشابه افزایش یافته است [28]. لی و همکاران نیز در پژوهش خود ترتیب تمرین هوازی را بر شاخص توسعه توان عضلانی، قدرت و توده عضلانی و نیز ظرفیت هوازی در مردان سالم طی نه هفته بررسی کردند. 29 نفر مرد فعال در این مطالعه شرکت کردند و در گروه تمرین مقاومتی، گروه تمرین موازی (تناوبی با شدت بالا –مقاومتی) و گروه تمرین موازی (مقاومتی – تناوبی با شدت بالا)

قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد که در گروه‌های تمرین قدرت عضلانی و توده عضلانی افزایش یافته است (25). عباسی و همکاران در پژوهش خود به مقایسه اثر تمرینات تناوبی شدت بالا در مقابل تمرینات هوازی با شدت متوسط بر ترکیب بدنی و آمادگی جسمانی دختران نوجوان دارای اضافه وزن و چاق پرداختند و گزارش کردند که تمرین‌های HIIT نسبت به تمرین‌های هوازی تداومی برای بهبود ترکیب بدن و افزایش آمادگی هوازی و بی هوازی مفیدتر است که می‌تواند یافته‌های تحقیق حاضر را توجیه کند [29].

با توجه به نقش IGF-1 در سنتز عضلانی [8]، می‌توان گفت که استفاده از تمرین‌های اینتروال در مقایسه با تداومی اثر تحریکی آنابولیکی بهتری در آزادسازی هورمون‌های رشد و IGF-1 دارد [21] که می‌تواند موجب سنتز پروتئین در عضلات شود [8] و در نتیجه سبب افزایش بیشتر توده عضلانی در گروه تمرین‌های مقاومتی – تناوبی در مقایسه با گروه تمرین‌های مقاومتی – هوازی شود. حداکثر نیرو و سطح مقطع عضله به شدت مرتبط هستند [30]، با توجه به نقش توده عضلانی در قدرت بیشینه [6, 30] ، می‌توان افزایش بیشتر قدرت عضلانی را در گروه مقاومتی – تناوبی نسبت به گروه تمرین‌های مقاومتی – هوازی به تغییرات توده بیشتر در این گروه نسبت داد.

تغذیه یک عامل اصلی موثر بر هیپرتروفی عضلانی و وضعیت هورمونی است، با وجود این، در تحقیق حاضر کنترل نشد و از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود. باید در نظر گرفت که افزایش قدرت تحت تاثیر هر دو عامل هیپرتروفی و سازگاری‌های عصبی – عضلانی است؛ در تحقیق حاضر فقط توده عضلانی اندازه‌گیری شد و امکان اندازه‌گیری سازگاری‌های عصبی – عضلانی نبود؛ که محدودیت تحقیق حاضر است. تحقیق حاضر روی آزمودنی‌های مرد جوان سالم با سابقه تمرین انجام شد؛ ممکن است این نتایج قابل تعمیم به افراد با سابقه تمرین متفاوت از نظر نوع ورزش، جنسیت و سن نباشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیر تمرین موازی با دو رویکرد تمرین مقاومتی – هوازی (دیدگاه سنتی) در مقابل تمرین مقاومتی – تناوبی (دیدگاه نوین) بر تغییرات IGF-1، قدرت عضلانی و توده عضلانی در افراد تمرین‌کرده بررسی شد. در مقایسه با تمرین مقاومتی، تمرین ترکیبی مقاومتی – تناوبی سبب القای بهتر عوامل آنابولیک، بهبود عملکرد و توده عضلانی در مقایسه با تمرین مقاومتی – هوازی شد و اثر تداخل کمتری را نسبت به تمرین مقاومتی – هوازی ایجاد کرد. بر همین اساس می‌توان پیشنهاد کرد که در طراحی تمرین‌های همزمان از تمرین‌های تناوبی شدت بالا به جای تمرین‌های هوازی برای دست‌یابی بهتر به توده عضلانی و قدرت عضلانی در مردان تمرین‌کرده استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این تحقیق توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی – واحد دامغان با شناسه اخلاق(IR.IAU.DAMGHAN.REC.1403.007) تصویب شده است.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در نوشتن این مقاله همکاری داشته‌اند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از رساله دکتری نویسنده اول است. نویسندگان از همه کسانی که در انجام این تحقیق همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

[1] Cruz-Jentoft AJ, Hughes BD, Scott D, Sanders KM, Rizzoli R. Nutritional strategies for maintaining muscle mass and strength from middle age to later life: A narrative review. Maturitas. 2020 Feb 1;132:57-64. [10.1016/j.maturitas.2019.11.007] [PMID]

[2] Kim G, Kim JH. Impact of skeletal muscle mass on metabolic health. Endocrinology and Metabolism. 2020 Mar 1;35[1]:1-6. [10.3803/EnM.2020.35.1.1] [PMID]

[3] Roberts MD, McCarthy JJ, Hornberger TA, Phillips SM, Mackey AL, Nader GA, Boppart MD, Kavazis AN, Reidy PT, Ogasawara R, Libardi CA. Mechanisms of mechanical overload-induced skeletal muscle hypertrophy: current understanding and future directions. Physiological reviews. 2023 Oct 1;103[4]:2679-757. [10.1152/physrev.00039.2022] [PMID]

[4] Yasuda T. Selected methods of resistance training for prevention and treatment of sarcopenia. Cells. 2022 Apr 20;11[9]:1389. [10.3390/cells11091389] [PMID]

[5] Travis SK, Ishida A, Taber CB, Fry AC, Stone MH. Emphasizing task-specific hypertrophy to enhance sequential strength and power performance. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2020 Oct 27;5[4]:76. [10.3390/jfmk5040076] [PMID]

[6] Balshaw TG, Massey GJ, Maden-Wilkinson TM, Folland JP. Muscle size and strength: debunking the "completely separate phenomena" suggestion. European journal of applied physiology. 2017 Jun;117:1275-6. [10.1007/s00421-017-3616-y] [PMID]

[7] Loenneke JP, Buckner SL, Dankel SJ, Abe T. Exercise-induced changes in muscle size do not contribute to exercise-induced changes in muscle strength. Sports Medicine. 2019 Jul 1;49:987-91. [10.1007/s40279-019-01106-9] [PMID]

[8] Yoshida T, Delafontaine P. Mechanisms of IGF-1-mediated regulation of skeletal muscle hypertrophy and atrophy. Cells. 2020 Aug 26;9[9]:1970. [10.3390/cells9091970] [PMID]

[9] Ascenzi F, Barberi L, Dobrowolny G, Villa Nova Bacurau A, Nicoletti C, Rizzuto E, Rosenthal N, Scicchitano BM, Musarò A. Effects of IGF-1 isoforms on muscle growth and sarcopenia. Aging cell. 2019 Jun;18[3]:e12954. [10.1111/acel.12954] [PMID]

[10] Lundberg TR, Feuerbacher JF, Sünkeler M, Schumann M. The effects of concurrent aerobic and strength training on muscle fiber hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2022 Oct;52[10]:2391-403. [10.1007/s40279-022-01688-x] [PMID]

[11] Vechin FC, Conceição MS, Telles GD, Libardi CA, Ugrinowitsch C. Interference phenomenon with concurrent strength and high-intensity interval training-based aerobic training: an updated model. Sports Medicine. 2021 Apr;51[4]:599-605. [10.1007/s40279-020-01421-6] [PMID]

[12] Cantrell GS, Schilling BK, Paquette MR, Murlasits Z. Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. European journal of applied physiology. 2014 Apr;114:763-71. [10.1007/s00421-013-2811-8] [PMID]

[13] Howard N, Stavrianeas S. In-season high-intensity interval training improves conditioning in high school soccer players. International journal of exercise science. 2017;10[5]:713. [PMID]

[14] Jones TW, Howatson G, Russell M, French DN. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. European journal of sport science. 2017 Mar 16;17[3]:326-34. [10.1080/17461391.2016.1236148] [PMID]

[15] Taher Shosha N. Effect of a Resistance Training Program on GH, IGF-1, Lactate and Digital Level in Female Swimmers. Journal of Applied Sports Science. 2011 Jul 1;1[2]:133-9.

[16] McMahon G, Morse CI, Burden A, Winwood K, Onambélé GL. Muscular adaptations and insulin-like growth factor-1 responses to resistance training are stretch-mediated. Muscle & nerve. 2014 Jan;49[1]:108-19. [10.1002/mus.23884] [PMID]

[17] Rosa C, Vilaça-Alves J, Fernandes HM, Saavedra FJ, Pinto RS, dos Reis VM. Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2015 Jan 1;29[1]:74-9. [10.1519/JSC.0000000000000610] [PMID]

[18] Tofighi A, Jalali Dehkordi A, Tartibian B, Fatholahi Shourabeh F, Sinaei M. Effects of aerobic, resistance, and concurrent training on secretion of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in elderly women. Journal of Isfahan Medical School. 2012 May 21;30[184].

[19] Seo DI, Jun TW, Park KS, Chang H, So WY, Song W. 12 weeks of combined exercise is better than aerobic exercise for increasing growth hormone in middle-aged women. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2010 Feb 1;20[1]:21-6. [10.1123/ijsnem.20.1.21] [PMID]

[20] Annibalini G, Lucertini F, Agostini D, Vallorani L, Gioacchini A, Barbieri E, Guescini M, Casadei L, Passalia A, Del Sal M, Piccoli G. Concurrent aerobic and resistance training has anti-inflammatory effects and increases both plasma and leukocyte levels of IGF-1 in late middle-aged type 2 diabetic patients. Oxidative medicine and cellular longevity. 2017;2017[1]:3937842. [10.1155/2017/3937842] [PMID]

[21] Yoon JR, Ha GC, Kang SJ, Ko KJ. Effects of 12-week resistance exercise and interval training on the skeletal muscle area, physical fitness, and mental health in old women. Journal of Exercise Rehabilitation. 2019 Dec;15[6]:839. [10.12965/jer.1938644.322] [PMID]

[22] Gonzalez AM, Hoffman JR, Stout JR, Fukuda DH, Willoughby DS. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following resistance exercise: implications for muscle hypertrophy. Sports medicine. 2016 May;46:671-85. [10.1007/s40279-015-0450-4] [PMID]

[23] Cunha PM, Nunes JP, Tomeleri CM, Nascimento MA, Schoenfeld BJ, Antunes M, Gobbo LA, Teixeira D, Cyrino ES. Resistance training performed with single and multiple sets induces similar improvements in muscular strength, muscle mass, muscle quality, and IGF-1 in older women: a randomized controlled trial. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020 Apr 1;34[4]:1008-16. [10.1519/JSC.0000000000002847] [PMID]

[24] Sabag A, Najafi A, Michael S, Esgin T, Halaki M, Hackett D. The compatibility of concurrent high intensity interval training and

resistance training for muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. Journal of sports sciences. 2018 Nov 2;36[21]:2472-83. [10.1080/02640414.2018.1464636] [PMID]

[25] Lee MJ, Ballantyne JK, Chagolla J, Hopkins WG, Fyfe JJ, Phillips SM, Bishop DJ, Bartlett JD. Order of same-day concurrent training influences some indices of power development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training. PLoS One. 2020 May 14;15[5]:e0233134. [10.1371/journal.pone.0233134] [PMID]

[26] Murach KA, Bagley JR. Skeletal muscle hypertrophy with concurrent exercise training: contrary evidence for an interference effect. Sports medicine. 2016 Aug;46:1029-39. [10.1007/s40279-016-0496-y] [PMID]

[27] Callahan MJ, Parr EB, Hawley JA, Camera DM. Can high-intensity interval training promote skeletal muscle anabolism?. Sports Medicine. 2021 Mar;51[3]:405-21. [10.1007/s40279-020-01397-3] [PMID]

[28] Tsitkanou S, Spengos K, Stasinaki AN, Zaras N, Bogdanis G, Papadimas G, Terzis G. Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength and hypertrophy. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2017 Nov;27[11]:1317-27. [10.1111/sms.12751] [PMID]

[29] Abassi W, Ouerghi N, Feki M, Jebabli N, Andrade MS, Bouassida A, Sousa CV, Nikolaidis PT, Weiss K, Knechtle B. Effects of moderate-vs. high-intensity interval training on physical fitness, enjoyment, and affective valence in overweight/obese female adolescents: a pre-/post-test study. European Review for Medical and Pharmacological Sciences. 2023 May;27[9]:3809-22. [10.26355/eurrev_202305_32286] [PMID]

[30] Jones EJ, Bishop PA, Woods AK, Green JM. Cross-sectional area and muscular strength: a brief review. Sports medicine. 2008 Dec;38:987-94. [10.2165/00007256-200838120-00003] [PMID]

©2024 by the authors. Licensee AJUMS, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).