The effect of three different resistance training methods on IGF-1 and thigh and arm hypertrophy in semi-professional bodybuilders

Meysam Ghorbani[1], Elham Farhadfar[2*1], Hamed Rezaei Nasab[3]

1.Department of Sport Physiology, CT. C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2.Department of Physical Education and sport Science, Dez. C., Islamic Azad University, Dezful, Iran.

3.Department of Sport Physiology, CT. C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 09 May 2025, Accepted: 16 June 2025, 21 December 2025

Abstract:

Aim: The aim of the present study was to investigate the effects of three different resistance training methods on IGF-1 and thigh and arm hypertrophy in semi-professional bodybuilders.

Methods: This was an applied and semi-experimental study with 3 experimental groups and two stages of pre-test and post-test. The statistical population of this study was young boys from Tehran's physical education department with three years of work experience and an age range of 18 to 23 years, of whom 36 were selected through a call and information about the research conditions. After the necessary studies and based on the information in the completed questionnaires, the subjects were divided into 3 groups of 12 people by simple random method: the first group, resistance-plyometric training, the second group, resistance-elastic training, and the third group, resistance-stretching training. In the present study, all 3 active groups performed their exercise programs three sessions per week for eight weeks with an intensity of 70 to 85%. The research variables were measured before and after the exercise program. The Shapiro-Wilk test was used for the normal distribution of data, and the Levine test and analysis of covariance were used to study the significance within and between groups in the pre-test and post-test. All statistical operations were performed by the software (SPSS/22) and the significance level of the tests was considered at the $P \leq 0.05$ level.

Results: The results of the study showed that IGF-1 levels increased significantly in all three study groups (P=0.001). Arm muscle mass increased significantly in the resistance-elastic training group and thigh muscle mass increased significantly in the resistance-plyometric training group (P=0.001).

Conclusion: Plyometric and elastic resistance training, which simultaneously puts more pressure on the muscles, can be introduced as a new training method to replace traditional training.

Keywords: Resistance training, IGF-1, hypertrophy.

[1] . **Corresponding author**
Elham Farhadfar
Address: Department of Physical Education & sport Science, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran
Tel: 09122579849
Email: elhamfarhadfar1@gmail.com

تاثیر سه روش مختلف تمرین مقاومتی بر IGf-1 و هایپرتروفی ران و بازوی پرورش اندام کاران نیمه حرفه‌ای

میثم قربانی[۱]، الهام فرهادفر[۲*]، حامد رضائی نسب [۳]

۱.گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

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

۳.گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۹ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶، تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

چکیده:

هدف: هدف از پژوهش حاضر تاثیر سه روش مختلف تمرین مقاومتی بر IGf-1 و هایپرتروفی ران و بازوی پرورش اندام کاران نیمه حرفه‌ای بود.

روش‌ها: این تحقیق کاربردی و از نوع نیمه تجربی، همراه با ۳ گروه آزمایشی و با دو مرحله آزمون گیری پیش و پس آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش، پسران جوان پروش اندام کار شهر تهران با سه سال سابقه کار و دامنه سنی ۱۸ تا ۲۳ سال بودند که تعداد ۳۶ نفر از آن ها از طریق فراخوان و اطلاع از شرایط پژوهش، انتخاب شدند. پس از بررسی های لازم و بر اساس اطلاعات پرسش نامه های تکمیل شده، آزمودنی ها به روش تصادفی ساده به ۳ گروه ۱۲ نفری شامل گروه اول، تمرین مقاومتی-پلایومتریک ، گروه دوم تمرین مقاومتی-الاستیک و گروه سوم، گروه تمرین مقاومتی-کششی تقسیم شدند. در تحقیق حاضر هر ۳ گروه فعال، به مدت هشت هفته برنامه های تمرینی خود را سه جلسه در هفته و با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد اجرا نمودند. قبل و بعد از برنامه تمرینی متغیرهای تحقیق اندازه گیری شدند. از آزمون شاپیرو-ویلک جهت توزیع طبیعی داده ها و برای مطالعه معنی داری درون گروهی و بین گروهی در پیش آزمون و پس آزمون از آزمون لون و تحلیل کواریانس استفاده شد. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار (SPSS/22) و سطح معنی‌داری آزمون‌ها در سطح $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: یافته‌های تحقیق نشان داد که مقادیر IGF-1 در هر سه گروه تحقیق افزایش معنی دار داشته است (P=۰/۰۰۱). حجم عضلانی بازو در گروه تمرین مقاومتی-الاستیک و حجم عضلانی ران در گروه تمرین مقاومتی-پلایومتریک افزایش معنی دار داشته است (P=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: تمرینات مقاومتی پلایومتریک و الاستیک که همزمان فشار بیشتری به عضلات می‌آورد می‌تواند به عنوان یک روش تمرینی جدید جهت جایگزینی تمرینات سنتی معرفی گردد.

واژه‌گان کلیدی: تمرین مقاومتی،IGf-1، هایپرتروفی.

[۱] . نویسنده مسوول

الهام فرهادفر

نشانی: گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

تلفن:۰۹۱۲۲۵۷۹۸۴۹

ایمیل: elhamfarhadfar1@gmail.com

مقدمه

امروزه تمام تلاش ورزشکاران و تیم‌های ورزشی، توجه به شیوه‌های تمرینی پیشرفته و علمی‌تر می‌باشد، تا به اجرا و رکوردهای بهتری دست پیدا کنند (۱). همین امر باعث شده است تا شیوه‌های متفاوتی از تمرینات ورزشی برای این منظور به وجود آید. از طرف دیگر، مربیان نیز به دنبال این موضوع هستند تا با انتخاب بهترین شیوه‌های تمرینی، ورزشکاران خود را به بالاترین سطح از آمادگی و کسب موفقیت برسانند (۲). تمرینات مقاومتی یکی از انواع شیوه‌های تمرینی است که پتانسیل بهبود قدرت، استقامت و توان عضلانی، چابکی، تعادل و ثبات، هماهنگی، سرعت حرکت، کاهش شیوع آسیب و افزایش عملکرد ورزشی را در ورزشکاران جوان دارد (۳). این تمرینات تغییر معنی‌داری در ترکیب بدن به‌وجود می‌آورد و افزایش توده بدون چربی یکی از دلایل اصلی افزایش قدرت پس از تمرینات مقاومتی است. تمرینات پلایومتریک یکی دیگر از تکنیک‌های تمرینی است که به وسیلهٔ ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی به منظور افزایش آمادگی جسمانی انجام می‌شود(۴ و ۵). این تمرینات شامل کشش سریع در یک عضله، (فعالیت برونگرا) بلافاصله بعد از انقباض کوتاه شونده یا کانسنتریک همان عضله و بافت پیوندی انجام می‌شود. بسیاری از مربیان و پژوهشگران معتقدند که تمرین پلایومتریک یک روش منتخب و کارآمد برای بهبود آمادگی جسمانی به ویژه قدرت بیشینه و قدرت بالستیک است. علاوه بر این، تمرینات پلایومتریک از طریق افزایش انعطاف‌پذیری و بهبود ترکیب بدنی نقش مهمی در بهبود عملکرد ورزشی دارد و هچنین باعث کاهش زمان دو سرعت و چابکی و افزایش توان انفجاری می‌شود (۶).

تمرینات الاستیک شیوه نوین دیگری از تمرینات می‌باشد که در آن ورزشکاران از باندهای کشی برای افزایش توان و قدرت انفجاری استفاده می‌کنند. این تمرینات، کم هزینه و کاربردی بوده و اجازه می‌دهد که الگوهای عملی حرکت اجرا شود. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آن قابل حمل بودن آن است (۷). در تمرینات الاستیک، مقاومت ناشی از کش‌ها به عنوان اضافه بار عمل کرده و موجب اعمال نیرو و توسعه تنش در سرتاسر زاویه کشش می‌شود. این حالت موجب فراخوانی واحدهای حرکتی بیشتری شده و عناصر انقباضی زیادی را درگیر می‌کند و می‌تواند باعث بهبود عملکرد افراد ورزشکار و حتی بیماران شود (۸). از طرف دیگر، تمرینات و حرکات کششی می‌تواند قبل و بعد از فعالیت انجام شود. هدف از اجرای آنها قبل از فعالیت به منظور افزایش درجه حرارت بدن و جریان خون عضله، کاهش خشکی و سفتی عضلات، سرعت هدایت عصبی و افزایش توان بوده و می‌تواند جهت آمادگی ورزشکار برای تمرین و رقابت استفاده شود. اما در زمان پس از تمرین، حرکات کششی می‌تواند برای بازیافت سریعتر استفاده شود (۹). همچنین، این تمرینات برای تغییرات طولانی مدت در خصوصیات الاستیک بافت همبند در محل معماری تاندون عضله مشارکت کرده و باعث افزایش تولید نیرو، هایپرتروفی طولی و سرعت انقباض و انعطاف پذیری عضلانی می‌شود (۱۰).

با توجه به نوع نیاز ورزشی، تمرینات مقاومتی، الاستیک، پلایومتریک و کششی می‌توانند به تنهایی مورد استفاده قرار گرفته و موثر باشند یا در ترکیب با هم و نیز با دیگر روش‌های تمرینی، نوع دیگری از تمرینات را به نام تمرینات ترکیبی به وجود آورند. این تمرینات می‌توانند اثرات هم افزایی هر دو نوع برنامه تمرینی را داشته و باعث بهبود مضاعفی در عملکرد ورزشکاران شوند (۱۱). صادقی و همکاران (۲۰۲۳) مشاهده کردند که اضافه کردن یک جلسه در هفته تمرین با باندهای کشی به تمرینات با وزنه می‌تواند باعث بهبود عملکرد ورزشکاران شود (۱۲). نیوتون و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که انجام ۶ هفته تمرین مقاومتی پلایومتریک و سرعتی باعث بهبود عملکرد قدرتی، سرعتی و پرشی در بازیکنان جوان می‌شود (۱۳). پائولی و همکاران (۲۰۱۳) نیز دریافتند که انجام هر دو برنامه تمرینی پلایومتریک با تعداد جلسات ۲-۱ بار در هفته و با حجم برابر باعث بهبود عملکرد جسمانی بازیکنان

فوتسال می‌شود (۱۴). لوپز و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که ترکیب وزنه‌های آزاد با باندهای الاستیک باعث بهبود پویایی حرکت پرس‌سینه در بازیکنان حرفه‌ای راگبی می‌شود (۲۸).

روش تمرینی پلایومتریک شامل الگوی حرکتی است که چرخه کشیدگی - کوتاه‌شدگی را پشت سرهم بدنبال دارد این الگوی تمرینی شامل سه مرحله است؛ اولین مرحله، مرحله برون‌گرا است که طی آن عضلات آگونیست بارگیری می‌کنند که باعث ذخیره انرژی الاستیکی به وسیله چرخه کشیدگی ـ کوتاه‌شدگی و تحریک دوک‌های عضلانی می‌شود. مرحله دوم، انتقال بین مرحله برون‌گرا و درون‌گرا است که گاهی اوقات استهلاک یا فاز جفت شدن نامیده می‌شود. این فاز شاید در تسهیل بیشتر نیرو، به‌ویژه در هنگام نیاز به حداقل رساندن تأخیر یا کم بودن زمان جفت شدن از همه تعیین‌کننده‌تر باشد. فاز نهایی، فاز درون‌گراست که طی آن انرژی ذخیره شده در چرخه کشیدگی ـ کوتاه‌شدگی یا برای افزایش تولید توان استفاده می‌شود یا به عنوان گرما هدر می‌رود (۱۵). تمرینات پلایومتریک، باعث افزایش فراخوانی تعداد واحدهای حرکتی درگیر در حرکت می شوند که منجر به تسریع در عملکرد سیستم عصبی – عضلانی می گردد. تمرینات پلایومتریک ساختار عصبی عضلانی یا عمل متحدالمرکز و خارج از مرکز بارگذاری شده بر روی قسمت انعطاف پذیر و منقبض عضله را افزایش می دهد. ساختار انعطاف‌پذیر فیبر عضلانی به عضله اجازه می‌دهد تا انرژی بالقوه را در مرحله خارج از مرکز حرکت ذخیره کند. این انرژی سپس به عنوان انرژی جنبشی در انقباض متحدالمرکز ظاهر می شود و همچنین اجازه می دهد تا یک عمل سریع و انفجاری انجام شود (۱۶).

با توجه به این که امروزه استفاده از تمرینات با وزنه و ورزش پرورش اندام در جامعه شیوع زیادی پیدا کرده است و همواره ورزشکاران این رشته ورزشی به دنبال روش‌هایی هستند که بتوانند شاخص‌های عملکرد عضلانی همچون قدرت و استقامت عضلانی، توان، انعطاف‌پذیری و نیز حجم عضلانی و ترکیب بدن خود را تا حد ممکن بهبود دهند و در این راه حتی از روش‌های غیرمعمول همچون استفاده از داروها و مواد ممنوعه دریغ نمی‌ورزند و لذا در این مسیر ممکن است دچار عوارض جانبی و صدمات جبران ناپذیری نیز شوند، بنابراین، شناخت روش‌هایی از تمرینات ترکیبی که بتواند بدون توجه و استفاده از مکمل‌های غیرمجاز این هدف را برای آن‌ها تامین نماید ضرورت دارد(۱۷).

موفقیت یک برنامه بستگی به تاثیر برنامه تمرینی و سیستم تمرینی دارد که در نهایت باعث تحریک عضلات می‌شود. برنامه‌های تمرینی مختلف تمرینات مقاومتی باعث بهبود جنبه‌های مختلف عصبی عضلانی می شود (۱۸). جعفری و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده نمودند که سطوح IGF-1 پس از تمرین مقاومتی افزایش یافت (۱۹). کوروس[1] و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد ۴ هفته تمرین قدرتی با شدت متوسط باعث ایجاد تغییرات معنی داری در غلظت IGF1 و تستوسترون نشده است (۲۰). نصیری و همکاران (۱۳۹۷) مشاهده کردند که تمرین مقاومتی با کاهش مایوستاتین و افزایش قدرت و حجم و سطح مقطع عضلانی همراه بود(۲۱). نتایج کوروس و همکاران (۲۰۲۴) حاکی از کاهش سطح میوستاتین پس از ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش الاستیک که با کاهش مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن آزمودنی‌ها همراه بود، می‌تواند تاثیر مثبتی بر توده عضلانی و هموستاز انرژی زنان سالمندان دارای اضافه وزن داشته باشد(۲۲). رزمجو و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند که IGF1 پس از یک جلسه تمرین در هر یک از گروه ها کاهش داشت، اما معنی دار نبود (۱۵). یافته های ریاهی و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد که در هر دو گروه افزایش معنی داری در قدرت عضلانی بالا تنه و پایین تنه و کاهش معنی دار درصد چربی، تری گلیسرید و میواستاتین به وجود آمد (۲۵). بناونت و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که هر دو برنامهٔ تمرینی در غلظت میواستاتین نسبت به قبل از تمرین کاهش معناداری را سبب شدند اما

[1]- Kurose

تغییرات هورمون IGF1 نسبت به قبل از تمرین در هر دو برنامه تمرینی معنی دار نبود (۲۶). بررسی کومن[1] و همکاران (۲۰۲۴) نشان داد که در خلال ۱۳ هفته تمرین مقاومتی،IGF1 گردش خون آزمودنی ها ۲۰ درصد افزایش یافت (۱۸). بنابراین تمرینات مقاومتی با توجه به شدت و مدت اجرای آن‌ها، می‌تواند آثار متفاوتی داشته باشند: لذا هدف تحقیق حاضر با هدف پاسخگویی به این سوال که آیا تفاوتی بین تاثیرگذاری سه روش مختلف تمرین مقاومتی بر IGf-1 و هایپرتروفی ران و بازوی پرورش اندام کاران نیمه حرفه‌ای وجود دارد؟

روش پژوهش

این پژوهش از نوع پژوهش‌های کاربردی و روش انجام آن بصورت نیمه تجربی و طرح تحقیق شامل سه گروه و به صورت دو مرحله آزمون گیری پیش و پس آزمون بود. پس از ارائه توضیحات کامل درباره اهداف و روش پژوهش، فواید و ضررهای احتمالی آن، فرم‌های رضایت‌نامه شخصی، پرسش‌نامه سلامت و سابقه ورزشی تکمیل شد و افراد منتخب در یکی از سه گروه ۱۲ نفری شامل یک گروه برنامه تمرینی مقاومتی- پلایومتریک، گروه دو مقاومتی- الاستیک و گروه سه برنامه تمرین مقاومتی- کششی به روش تصادفی ساده تقسیم شدند. مدت برنامه تمرینی هشت هفته بود. جامعه آماری مردان ورزشکار رشته پرورش اندام با ۳ سال سابقه کار و با دامنه سنی ۱۸ تا ۲۳ سال شهر تهران بودند که تعداد ۳۶ نفر از آن ها از طریق فراخوان و اطلاع از شرایط پژوهش، انتخاب شدند. انتخاب نمونه ها مبتنی بر هدف تحقیق بوده و پس از بررسی های لازم و بر اساس اطلاعات پرسش نامه های تکمیل شده، به روش تصادفی آزمودنی ها به سه گروه ۱۲ نفری تقسیم شدند.

برای اندازه گیری محیط بازو و ران از یک متر نواری نرم و قابل انعطاف، با عرض حدود ۰/۷ سانتی متر استفاده شد. نقطه میانی فاصله بین ناحیه مغبنی و لبه بالایی کشکک، در حالتی که آزمودنی ایستاده علامت گذاری شده و از متر به صورت افقی برای اندازه گیری دور ران استفاده شد (۲۳). برای اندازه‌گیری محیط بازو نقطه میانی بازوی آزمودنی در حالت ایستاده و با دست های آویخته شده از دو طرف تنه، در حالی که کف دست به طرف ران قرار گرفته، استفاده شد. برای تعیین نقطه میانی بازو، فاصله بین زائده آخرمی و لبه خلفی زائده آرنجی در ناحیه جانبی بازو، درحالتی که آرنج زاویه ۹۰ درجه است، علامت گذاری و از متر برای اندازه گیری دور بازو، در حالی که متر بافت های نرم اطراف بازو را خیلی فشرده نکند، استفاده شد(۲۴). برای اندازه گیری میزان هایپرتروفی از معادلات فریچسکو۲ و به طریق زیر استفاده شد. حجم عضلانی با استفاده از روش آنتروپومتری برای عضلات مجموعه ران (عضلات چهار سر رانی و همسترینگ) طبق روش ریاهی و همکاران (۲۵)، و برای عضلات ناحیه بازو برطبق روش توضیح داده شده توسط فریسنچو محاسبه شد.

معادلات استفاده شده برای تخمین سطح مقطع عرضی مجموعه عضلات ران

(نصف محیط ران به سانتی متر× ۱/۰۸) : سطح مقطع عرضی عضله همسترینگ

۲۲/۶۹- (ضخامت چین پوستی در ناحیه قدامی ران به میلی متر × ۰/۸۶)—

(نصف محیط ران به سانتی متر× ۴/۶۸) : ضخامت سطح مقطعی عرضی کلی عضله ران

1- Coman

2 - Ferichesco

۸۰/۹۹-(ضخامت چین پوستی در ناحیه خلفی ران به میلی متر × ۲/۰۹)–

(نصف محیط ران به سانتی متر× ۲/۲۵) : سطح مقطع عرضی چهار سر

۴۵/۱۳-(ضخامت چین پوستی در ناحیه قدامی ران به میلی متر × ۱/۲۵)–

معادلات استفاده شده برای تخمین اندازه عضلات بازو

[ضخامت چین پوستی سه سر بازو (mm)] – [محیط بازو (mm)] ÷ π] : قطر عضله بازو (mm)

[ضخامت چین پوستی سه سر بازو (mm)×π] – [محیط بازو (mm)] : محیط عضله بازو (mm)

[(قطر بازو)۲]×[۴ ÷ π] mm2(: سطح عضلانی بازو)

پروتکل پژوهش:

برنامه تمرین مقاومتی بین هر سه گروه آزمودنی مشترک بود و از الگوی تمرینی ریچارد و همکاران (۲۰۱۸) اقتباس شده است (۳۲) و هر جلسه تمرین حدود ۶۰ دقیقه به طول انجامید. بعد از پایان تمرین مقاومتی، آزمودنی‌ها بلافاصله به ترتیبی که گروه‌بندی شدند در تمرینات پلایومتریک، کششی یا الاستیک شرکت نمودند. برنامه تمرینی مقاومتی مورد استفاده در این مطالعه، به صورت ایستگاهی و دایره ای اجرا شد. در ابتدای پژوهش، یک تکرار بیشینه آزمودنی ها برای گروه های تجربی در حرکات مورد نظر محاسبه شد. (در راستای تعیین یک تکرار بیشینه از فرمول برزسکی (تکرار × ۰/۰۲۷۸)- ۱/۰۲۷۸)/ وزنه جابجا شده به کیلو گرم = یک تکرار بیشینه] استفاده شد (۲۶).

شدت تمرین ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه بود و تا انتهای پژوهش تغییری نداشت. هرجلسه تمرین شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن، انجام تمرینات اختصاصی به مدت ۶۰ دقیقه و برنامه تمرینی ویژه هر گروه بود. برنامه تمرین مقاومتی در ۴ هفته اول شامل پرس سینه، پرس پا، سیم کش از جلو دست باز، پشت بازو، بازکردن زانو با دستگاه، حرکت پارویی، جلو بازو با هالترو اسکات بود که به صورت دایره ای انجام شد. برنامه تمرین مقاومتی در ۴ هفته دوم شامل هاگ پا، لانج هالتر، پرس بالا سینه، پشت بازو سیمکش، زیر بغل هالتر خم، جلو بازو هالتر ایستاده پرس سرشانه هالتر، بارفیکس مچ برعکس و اکستنشن زانو بود که به صورت دایره ای انجام شد (۲۷).

برنامه تمرین پلایومتریک بلافاصله بعد از برنامه تمرین مقاومتی در هر جلسه برگزار شد. هر جلسه تمرین پلایومتریک بین ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به‌طول انجامید. زمان استراحت بین هر تکرار ۱۰ -۵ ثانیه و استراحت بین هر ست ۳-۲ دقیقه بود. برنامه تمرینی الاستیک بلافاصله بعد از برنامه تمرین مقاومتی در هر جلسه انجام شد. هر جلسه تمرین الاستیک بین ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به‌طول انجامید. همچنین در هفته اول و دوم از کش سبک، در هفته سوم تا پنجم از کش نیمه‌سنگین و تا هفته هشتم از کش سنگین استفاده شد. استراحت بین ستها ۳۰ ثانیه و بین حرکات ۲ دقیقه در نظر گرفته شده بود. برنامه تمرین کششی ایستا هم بلافاصله بعد از برنامه تمرین مقاومتی به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه انجام شد. زمان نگهداشتن عضله تحت کشش ایستا، در تمام ۸ هفته ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شده بود (۳۲).

روش آماری:

از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص های مرکزی، پراکندگی و ترسیم جداول و در بخش آمار استنباطی، از آزمون شاپیرو-ویلک جهت توزیع طبیعی داده ها و برای مطالعه معنی داری درون گروهی و بین گروهی در پیش آزمون و پس آزمون به ترتیب از آزمون تحلیل کواریانس استفاده شد. برای انجام تحلیل واریانس یک عاملی ابتدا نرمال بودن و یکسانی واریانس متغیر وابسته از طریق آزمون

لون مورد بررسی قرار گرفت. کلیه عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و سطح معنی داری آزمون ها در سطح P≤۰/۰۵ انجام گرفت.

یافته‌ها:

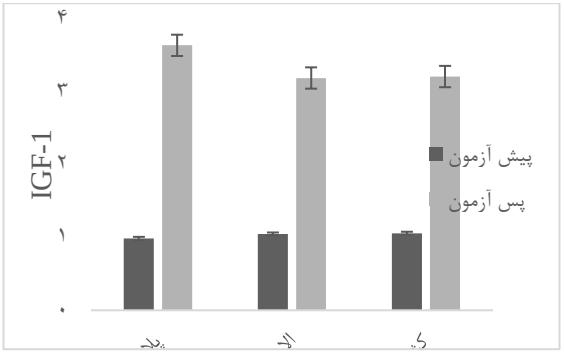
ویژگی‌های آزمودنی‌ها (سن، قد، وزن و شاخص توده بدن) در جدول ۴-۱ ارائه شده است. همه مقادیر به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شده است و مربوط به اندازه‌گیری‌های انجام شدهٔ قبل از شروع آزمون می‌باشند.

جدول ۴-۱. ویژگی‌های آزمودنی‌های پژوهش

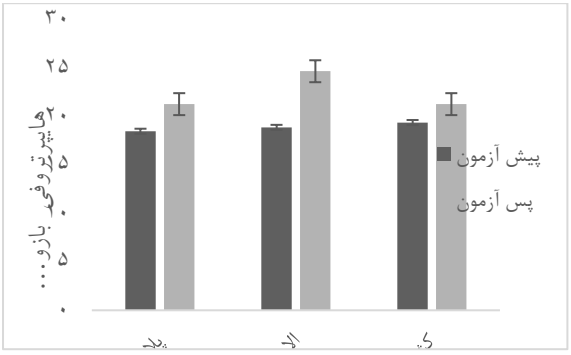
گروه ها	متغیرها			
	سن (سال)	قد(سانتی متر)	وزن(کیلوگرم)	BMI (kg/m^2)
مقاومتی-پلایومتریک (۱۲ نفر)	۲۱/۸±۱/۷۸	۱۷۸/۶۵±۴/۷۴	۸۴/۲۱±۲/۶۵	۲۳/۳۲±۱/۳۹
مقاومتی- الاستیک (۱۲ نفر)	۲۰/۱۱±۱/۳۸	۱۷۹/۲۸±۳/۱۴	۸۱/۰۱±۲/۴۷	۲۴/۷۸±۱/۶۵
مقاومتی- کششی (۱۲ نفر)	۲۲/۱۰۵±۱/۴۴	۱۸۰/۷۶±۳/۰۱	۸۳/۳۲±۲/۳۲	۲۳/۱۵±۱/۴۷

جدول ۴-۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش

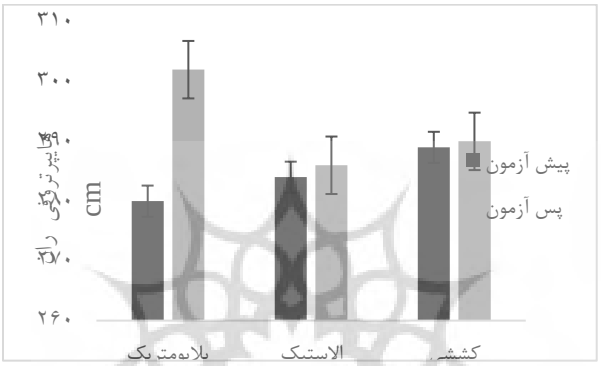
گروه ها	متغیرهای تحقیق	پیش آزمون	پس آزمون
مقاومتی-پلایومتریک	IGF-1 Ng/Ml	۴/۷۴±۰/۴۵	۷/۴۵±۰/۲۷
مقاومتی- الاستیک		۴/۷۲±۰/۱۲	۶/۶۲±۰/۱۱
مقاومتی- کششی		۴/۳۷±۰/۲۳	۷/۳۹±۰/۲۱
مقاومتی-پلایومتریک	هایپرتروفی بازو (cm)	۱۸/۵۶±۷/۳۷	۲۱/۳۴±۵/۵۶
مقاومتی- الاستیک		۱۸/۹۶±۵/۸۱	۲۴/۷۷±۸/۷۴
مقاومتی- کششی		۱۹/۴۵±۴/۳۲	۲۱/۱۲±۵/۶۵
مقاومتی-پلایومتریک	هایپرتروفی ران (cm)	۲۸۰/۵۶±۱۰/۳۷	۳۰۲/۳۴±۱۹/۵۶
مقاومتی- الاستیک		۲۸۴/۹۶±۸/۸۱	۲۸۹/۷۷±۱۲/۷۴
مقاومتی- کششی		۲۸۹/۴۵±۹/۳۲	۳۰۱/۱۲±۱۱/۶۵



شکل ۴-۱. میانگین متغیر IGf-1 در سه گروه پژوهش



شکل ۴-۲. میانگین متغیر هایپرتروفی بازو در سه گروه پژوهش



شکل ۴-۳. میانگین متغیر هایپرتروفی ران در سه گروه پژوهش

بحث:

تمرینات مقاومتی نقش مهمی در سلامت عمومی، پیشگیری و درمان بیماری ها در سنین بزرگسالی دارد. این تمرینات به عنوان مؤثرترین مداخلهٔ تمرینی جهت افزایش حجم و قدرت عضلانی شناخته شده است و اغلب برای پیشگیری از آسیب دیدگی، توانبخشی عضلانی اسکلتی و افزایش توانایی عملکردی تجویز می گردد(۲۸). به منظور دستیابی به این اهداف، دانشکدهٔ پزشکی ورزشی آمریکا شدت تمرینی بین ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه را توصیه می کند اما پژوهش ها نشان می دهند فشارهای مکانیکی متابولیکی ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت زیاد باعث بروز تغییرات نامطلوب در شاخص های غیرمستقیم آسیب سلولی شده (۲) و غلظت شاخص های فشار مکانیکی متابولیکی ناشی از تمرین مقاومتی مانند میوگلوبین، کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز را در پلاسما افزایش می دهد (۲۹) .

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقادیر هورمون IGF-1 در هر سه گروه تحقیق افزایش معنی دار داشته است و بین سه گروه تفاوت معنی داری مشاهده نشد. نتایج تحقیق حاضر با تحقیق فیاتورق[1]، رزمجو و بورست[2] همسو بوده اما با تحقیق حالمی و وردیچ ناهمسوست. از دلایل احتمالی تناقضات ایجاد شده می توان به شدت تمرینات، مدت زمان انجام تمرینات مقاومتی، سطح متفاوت آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها که از ورزشکاران دارای سابقه ورزشی بودند و می توانند بر نتایج تحقیق اثر گزار باشند، اشاره نمود.

[1] - Fiatoregh
[2] - Borest

امروزه به خوبی روشن شده است که تمرینات قدرتی سیستمیک، در نتیجهٔ ترکیب چندین عامل از قبیل استرس مکانیکی، کنترل عصبی، نیازهای متابولیکی و فعالیت اندوکرینی آثاری قوی بر افزایش اندازهٔ عضله، هایپرتروفی و قدرت عضلانی دارد (۳۰). برنامهٔ قدرتی شدید انجام شده بر اساس اصل تمرین فزاینده به پاسخ های حادی از قبیل افزایش غلظت هورمون های آنابولیکی و کاهش موقتی در عملکرد عصبی - عضلانی می انجامد. بنابراین، مقدار پاسخ حاد هورمونی و عصبی- عضلانی ملاکی در تعیین آثارتمرینات مقاومتی با شدت های متفاوت است. کیم و همکاران (۲۰۲۳) گزارش دادند پاسخ حاد هورمونی به یک جلسه تمرین مقاومتی، ملاک مهمی در هایپرتروفی عضلانی در تمرینات قدرتی طولانی مدت است. چنین به نظر می رسد که پاسخ حاد هورمونی به تمرینات مقاومتی وابسته به نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی است که آن هم متأثر از متغیرهای بار تمرین، تعداد دوره ها، تعداد تکرارها، مقدار استراحت بین دوره ها، حجم عضلات درگیر و فراوانی تعداد جلسات در هفته است. آن ها همچنین گزارش دادند پاسخ حاد هورمونی در برنامهٔ تمرین قدرت یعنی ده تکرار بیشینه در هر دوره با استراحت کوتاه (۱ دقیقه بین دوره های تمرینی) بیشتر از زمانی است که از استراحت طولانی تر(۵ دقیقه) استفاده شده است.

تحقیقات بیانگر این مطلب است که هورمون رشد تنظیم کننده اصلی سنتز IGF1 کبدی و IGFBP3 است و کبد اندام اصلی مسئول در تولید IGF1 سرم می باشد که سطوح آن با عوامل فیزیولوژیک مانند، خواب، هورمون ها، ورزش و غیره و عوامل پاتولوژیک مانند بیماری، استرس و غیره تعدیل می شود. IGF1 همچنین نقش مستقیمی در هموستاز گلوکز بدن بوسیله تحریک برداشت گلوکز توسط عضله اسکلتی بازی می کند. ورزش یک عامل مهم و موثر و به عنوان یک محرک قوی برای آزادسازی هورمون رشد، پرولاکتین و کورتیزول شناخته شده است (۳۱). مقدار پاسخ به ورزش بسته به نوع، شدت، مدت، فراخوانی عضله، زمان استراحت، جنس، سن، ترکیب بدن و وضعیت سلامتی و تمرینی افراد متفاوت است. بعد از یک دوره طولانی تمرین مقاومتی، افزایش در سطوح هر دو نوع ایزوفرم IGF1 و سطوح پروتئین وجود دارد. تمرین مقاومتی نسبت به تحریک الکتریکی عضله در بازگشت ذخایر عضلانی و تراکم آن موثرتراست. انواع تمرین مقاومتی به عنوان یک روش موثر منجر به هایپرتروفی عضلانی می شود و قدرت عضلانی و عملکرد اجرایی در افراد بزرگسال را افزایش می دهد (۲۸).

یافته های تحقیق نشان داد که حجم عضلانی بازو در گروه تمرین مقاومتی-الاستیک و حجم عضلانی ران در گروه تمرین مقاومتی-پلایومتریک افزایش معنی دار داشته است و پیشنهاد می کند که پروتکل تمرینی که عدم فعالیت عضلانی و تقاضای گلیکولیتیک بیشتری را در پاسخ به یک جلسه تمرین مقاومتی به همراه داشته باشد، پروتکل تمرینی مناسب برای افزایش بهینه قدرت و هایپرتروفی عضلانی است. اگرچه عامل کلیدی برای موفقیت در تمرین مقاومتی در هر سطحی (افراد مسن، افراد مبتدی، ورزشکارن دارای پیشینه تمرینی متوسط، پیشرفته و ورزشکاران نخبه) طراحی مناسب برنامه تمرین می باشد. اما طراحی برنامه تمرین مقاومتی فرآیند پیچیده ای است که از ترکیب چندین متغیر حاد تمرینی و اصول کلیدی تمرین حاصل می شود. چندین اصل کلیدی ایمن بودن و اثربخشی برنامه تمرین مقاومتی را تضمین می کنند. این اصول عبارتند از؛ اصل اضافه بار، اصل ویژگی، اصل سازگاری، اصل پیشرفت، و اصل حفظ و نگهداری هنگامی که تمرین مقاومتی اجرا می شود، صرف انجام تمرین کسب قدرت و عملکرد مطلوب را تضمین نمی کند، بلکه متناسب با آن دامنه ای از تلاش های فردی و ساختار منظم محرک های تمرینی است که در نهایت دستیابی به نتایج مطلوب را امکان پذیر می سازد (۳۲). مکانیزم‌های مسئول تقویت عملکرد بی‌هوازی در اثر تمرینات پلایومتریک ممکن است با افزایش تولید نیرو و سازگاری عصبی مرتبط باشد. مکانیسم‌هایی که ممکن است مسئول افزایش توان بی‌هوازی شوند، شامل افزایش استفاده از مسیرهای گلیکولیتیک است که سبب افزایش غلظت آنزیم‌های فسفوفروکتوکیناز یا فسفوریلاز می‌شوند و بدین ترتیب موجب افزایش نسبی در تولید نیرو و سازگاری عصبی می شوند (۲۶). تحقیقات نشان داده‌اند که پس از انجام تمرینات قدرتی پلایومتریک و الاستیک

ذخایر گلیکوژن عضله به عنوان یک ماده سوختی مهم در فعالیت‌هایی با تکرارهای سرعتی، افزایش می‌یابد. این مسئله باعث می‌شود تا بارگیری مجدد ATP سریع تر انجام گیرد و بنابراین قدرت و هایپرتروفی بهبود یابد. همچنین نشان داده شده است که پس از فعالیت‌هایی با ماهیت پلایومتریک و الاستیک فعالیت آنزیم‌های درگیر در مسیرگلیکولیتیک مثل فسفو فروکتوکیناز، میوکیناز، کراتین فسفوکیناز و لاکتات دهیدروژناز افزایش می‌یابد، همچنین نشان داده شده است که تمرینات قدرتی-پلایومتریک موجب بهبود بیشتری در قدرت انفجاری در شروع مسابقات شده است. هم چنان که استنباط می‌گردد، بدنبال تمرینات برون گرا و شدید عضلانی، تغییراتی در شاخص‌های فیزیولوژیک بدن ایجاد می شود که بنا به نوع شاخص اندازه گیری شده و فاصله زمانی اجرای تمرین برون گرا/ شدید، نتایج متفاوتی قابل انتظار است (۳۳).

در بیان علت فیزیولوژیکی این ادعا می‌توان گفت که افزایش هایپرتروفی پس از تمرینات ورزشی که بالاتنه و یا پائین تنه را بیشتر درگیر می‌کند ممکن است به دلیل تغییرات سلولی- مولکولی در سیستم اعصاب مرکزی واحدهای حرکتی، صفحه اتصال عصب-عضله، سیستم‌های درگیر در شبکه سارکوپلاسمیک میتوکندری و یا در خود پروتئین‌های انقباضی اتفاق بیافتد. بنابراین محرک‌های متفاوتی مثل تغییرات هورمونی، نوع، مدت و شدت تمرین می تواند جایگاه اصلی تغییرات را تعیین کند. به طوری که محققان سازگاری پس از تمرینات پلایومتریک و الاستیک را ناشی از تغییرات زیاد هورمونی و کشش شدید عضلات هنگام فعالیت می دانند، که این دو عامل موجب کاهش H رفلکس می شود (۳۳).

در این حالت، واحدهای حرکتی بیشتر برای عملی معین فراخوانده می‌شوند که موجب تسهیل انقباض و افزایش توانایی عضله برای تولید نیرو می‌شود. چنین افزایشی در الگوی فراخوانی واحدهای حرکتی می‌تواند ناشی از توقف و یا کاهش تکانه‌های بازدارنده (دوک عضلانی) باشد که اجازه فعال شدن هم زمان واحدهای حرکتی بیشتری را می‌دهند. هر چه شدت تمرینات مقاومتی بیشتر باشد و یا با تندی بیشتری انجام شود، افزایش بیشتری در توان بی‌هوازی ایجاد می‌کند، زیرا وقتی حرکت با تندی زیاد انجام شود، می‌تواند میزان به کارگیری واحدهای حرکتی، همزمانی تخلیه و سطوح فعال سازی عضله را بیشتر بهبود ببخشد (۳۳).

نتیجه گیری

تمرینات مقاومتی جز مهم برنامه تمرینی در بیشتر ورزش هاست و نقش مهمی در پیشبرد عملکرد ورزشی را ایفا می کند. و همچنین این تمرینات به عنوان موثرترین مداخله تمرینی جهت افزایش حجم و قدرت عضلانی شناخته شده است. از طرفی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که فشارهای مکانیکی و متابولیکی ناشی از تمرینات مقاومتی با شدت زیاد باعث بروز تغییرات نامطلوب در شاخص های غیر مستقیم آسیب سلولی شده و غلظت های شاخص های آسیب عضلانی متعاقب تمرین مقاومتی را افزایش می دهد. بنابراین استفاده از بهترین روش های تمرینی با کمترین آسیب احتمالی یکی از مهمترین اصولی است که رعایت آن در ورزش اجتناب ناپذیر است. بر این اساس تمرینات مقاومتی پلایومتریک و الاستیک که همزمان فشار بیشتری به عضلات بالاننه و پائین تنه می آورد می‌تواند به عنوان یک روش تمرینی جدید جهت جایگزینی تمرینات سنتی معرفی گردد. در تمرینات مقاومتی پلایومتریک توجه تمرینی بر قسمتهای پائین تنه است و در تمرینات مقاومتی الاستیک بیشتر فشار متوجه قسمتهای بالاتنه است و بر اساس اهداف تمرینی و فصل تمرین و بر اساس نیازهای تمرینی قابلیت جابجایی و استفاده همزمان یا چرخشی دارد. با انجام مطالعات بیشتر در این زمینه و با شناسایی دقیقتر مکانیسم ها، احتمالاًراهکارهای بهتری برای بهبود عملکرد ورزشکاران پروش اندام حاصل خواهد شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی عزیزانی که در انجام هرچه بهتر این پژوهش، ما را همراهی نمودند قدردانی به عمل می‌آوریم.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

تعارض منافع

در این مقاله، هیچ گونه تعارض منافعی برای نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Amiri Farsani, P., Ghazalian, F., Mobarak, S., Radmanesh, E., & Gholami, M. (2023). The Effect of Eight Weeks of Selected Resistance Training on the Levels of Irisin, Follistatin and FGF21 in Women Recovering from Covid-19. Journal of Jiroft University of Medical Sciences, 9(4), 1129-1139. DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.5.7
2. Branquinho, L., Ferraz, R., Teixeira, J., Neiva, H. P., Sortwell, A., Forte, P., ... & Marques, M. C. (2022). Effects of a plyometric training program in sub-elite futsal players during pre-season period. International Journal of Kinesiology and Sports Science, 10(2), 42-50. doi.org/10.7575/aiac.ijkss.v.10n.2p.42
3. Feil, K., Fritsch, J., Weyland, S., Warmbrunn, U., & Jekauc, D. (2023). The role of anticipated affect in the context of physical activity: a scoping review. International Review of Sport and Exercise Psychology, 1-33. doi.org/10.1080/1750984X.2023.2275249
4. Deng, N., Soh, K. G., Abdullah, B., & Huang, D. (2023). Effects of plyometric training on measures of physical fitness in racket sport athletes: a systematic review and meta-analysis. PeerJ, 11, e16638. DOI 10.7717/peerj.16638
5. Kamandulis, S., Janusevicius, D., Snieckus, A., Satkunskienė, D., Skurvydas, A., & Degens, H. (2020). High-velocity elastic-band training improves hamstring muscle activation and strength in basketball players. The Journal of sports medicine and physical fitness, 60(3), 380-387. doi.org/10.23736/s0022-4707.19.10244-7

٦. کلوندی، فردین، توفیقی، اصغر، و محمدزاده سلامت، خالید. (۱۳۹۰). اثر تمرینات الاستیک, پلایومتریک و مقاومتی بر عملکرد بی هوازی والیبالیست های نخبه استان کردستان. فیزیولوژی ورزشی (پژوهش در علوم ورزشی)، ۳(۱۲)، ۱۳-۲۶. SID. https://sid.ir/paper/228280/fa

7. Cuyul-Vasquez, I., Pezo-Navarrete, J., Vargas-Arriagada, C., Ortega-Díaz, C., Sepulveda-Loyola, W., Hirabara, S. M., & Marzuca-Nassr, G. N. (2023). Effectiveness of whey protein supplementation during resistance exercise training on skeletal muscle mass and strength in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. Nutrients, 15(15), 3424. doi.org/10.3390/nu15153424
8. Khalafi, M., Aria, B., Symonds, M. E., & Rosenkranz, S. K. (2023). The effects of resistance training on myostatin and follistatin in adults: a systematic review and meta-analysis. Physiology & behavior, 269, 114272. doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114272

۹. جعفری و همکاران (۱۴۰۱) بررسی اثر هشت هفته تمرین همزمان استقامتی تناوبی و مقاومتی و استقامتی تداومی و مقاومتی بر قدرت، ترکیب بدنی و هورمون رشد در پسران غیرورزشکار ۱۴ تا ۱۷ سال دارای اضافه وزن، مجله علمی پژوهشی سلول و بافت، جلد دوم، شماره ۱

10. Lan, X. Q., Deng, C. J., Wang, Q. Q., Zhao, L. M., Jiao, B. W., & Xiang, Y. (2024). The role of TGF-β signaling in muscle atrophy, sarcopenia and cancer cachexia. General and Comparative Endocrinology, 114513.. doi.org/10.1016/j.ygcen.2024.114513
11. Lee, S. J. (2023). Myostatin: a skeletal muscle chalone. Annual review of physiology, 85(1), 269-291. doi.org/10.1146/annurev-physiol-012422-112116

۱۲. صادقی بروجردی، سعید، و رحیمی، رحمان. (۱۳۸۸). واکنش هورمون های GH و IGF-1 نسبت به دو برنامه مقاومتی شدید هم حجم با استراحت های متفاوت بین ست ها. المپیک، ۱۷(۱ (پیاپی ۴۵))، ۵۷-۶۸ https://sid.ir/paper/37926/fa . SID.

13. Newton, K., Strasser, A., Kayagaki, N., & Dixit, V. M. (2024). Cell death. Cell, 187(2), 235-256. doi.org/10.1016/j.cell.2023.11.044
14. Paoli, A., Pacelli, Q. F., Moro, T., Marcolin, G., Neri, M., Battaglia, G., ... & Bianco, A. (2013). Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. Lipids in health and disease, 12, 1-8. doi.org/10.1186/1476-511X-12-131

۱۵. رزمجو و همکاران (۱۴۰۱)، بررسی اثر حاد و مزمن دو نوع تمرین مقاومتی هرمی و هرمی واژگون بر عامل رشد شبه انسولین سرمی دختران غیرورزشکار، پژوهش در علوم ورزشی، شماره ۲۷.

16. Zhang, L., Lin, Y., Bai, W., Sun, L., & Tian, M. (2023). Human umbilical cord mesenchymal stem cell-derived exosome suppresses programmed cell death in traumatic brain injury via PINK1/Parkin-mediated mitophagy. CNS Neuroscience & Therapeutics, 29(8), 2236-2258. doi.org/10.1111/cns.14159
17. Xie, Z., Zhao, M., Yan, C., Kong, W., Lan, F., Narengaowa, ... & Ni, J. (2023). Cathepsin B in programmed cell death machinery: mechanisms of execution and regulatory pathways. Cell Death & Disease, 14(4), 255. doi.org/10.1038/s41419-023-05786-0
18. Coman O, Grigorescu BL, Huțanu A, Bacârea A, Văsieșiu AM, Fodor RȘ, Stoica F, Azamfirei L. Investigating the effect of resistance training on IGF1 and IGFBPs in healthy non-athlete students. Medicina. 2024 Jul;60(7).

۱۹. جعفری, هدیه, طاهری کلانی, & صفرزاده. (۲۰۱۴). اثر جلسات مکرر فعالیت ورزشی بر سلو لهای ایمنی و کورتیزول در دختران ورزشکار. مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام, ۲۲(۱), ۷۱-۷۶.

20. Kurose S, Onishi K, Miyauchi T, Takahashi K, Kimura Y. Investigating the responses of growth hormone testosterone and IGF1 to resistance exercise. Frontiers in Endocrinology. 2024 Jun 28;15:1418177.

۲۱. نصیری هوشمند, مرتضی, حقیقی, امیرحسین, حسینی کاخک, سید رضا. مقایسه اثر سه برنامه تمرین مقاومتی- کششی، مقاومتی- الاستیک و مقاومتی- پلایومتریک بر عملکرد عضلانی و ترکیب بدن در مردان اندام پرور. پژوهشنامه فیزیولوژی ورزشی کاربردی, ۱۳۹۷; ۱۴(۲۸): ۷۱-۸۸. doi: 10.22080/jaep.2018.12962.1677

22. Kurose, S., Onishi, K., Miyauchi, T., Takahashi, K., & Kimura, Y. (2024). Effects of weight loss rate on myostatin and follistatin dynamics in patients with obesity. Frontiers in Endocrinology, 15, 1418177. Jun 28;15. doi.org/10.3389/fendo.2024.1418177

۲۳. کاظمی پور, نگین, فرامرزی, محمد, بنی طالبی, ابراهیم.(۱۳۹۸). اثر تمرین مقاومتی با باند کشی بر سطوح میوستاتین و فولیستاتین در زنان سالمند دارای چاقی استئوسارکوپنیک. سوخت و ساز و فعالیت ورزشی, ۹(۲): ۱۱۷-۱۳۶.
doi: 10.22124/jme.2020.16235.191

۲۴. اعظمیان جزی. (۲۰۲۴). تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش الاستیک بر سطوح سرمی عامل تمایز رشد ۱۱، میوستاتین و مقاومت به انسولین در زنان سالمند دارای اضافه وزن. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی, ۱۷(۳), ۹۱-۱۰۶. doi: 10.48308/joeppa.2024.236076.1270

25. Riahy, S. (2024). The effects of 12 weeks of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on FGF21, irisin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. Growth Factors, 42(1), 24-35.doi.org/10.1080/08977194.2023.2279163
26. Benavente Bardera, C., Padial Puche, P., Scott, B. R., Olcina, G., Pérez-Regalado, S., & Feriche, B. (2024). Strength and muscle mass development after a resistance-training period at terrestrial and normobaric intermittent hypoxia. DOI: 10.1007/s00424-024-02978-1

۲۷. برنو, ترابی, & رحمانی‌نیا. (۲۰۲۰). اثر تمرین ماگزس بر قدرت، سرعت، توان و چابکی مردان ورزشکار رشته کیک‌بوکسینگ. مطالعات تربیت بدنی و علوم ورزشی, ۱۸(۵), ۷۱-۸۲.

28. Lopes, J. S. S., Machado, A. F., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Cavina, A. P., & Pastre, C. M. (2019). Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: A systematic review and meta-analysis. SAGE open medicine, 7, 2050312119831116. doi.org/10.1177/2050312119831116
29. Hou, L., Ma, J., Feng, X., Chen, J., Dong, B. H., Xiao, L., ... & Guo, B. (2024). Caffeic acid and diabetic neuropathy: Investigating protective effects and insulin-like growth factor 1 (IGF-1)-related antioxidative and anti-inflammatory mechanisms in mice. Heliyon, 10(12). DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32623
30. Andonian, B., Ross, L. M., Zidek, A. M., Fos, L. B., Piner, L. W., Johnson, J. L., ... & Huffman, K. M. (2023). Remotely supervised weight loss and exercise training to improve rheumatoid arthritis cardiovascular risk: rationale and design of the supervised weight loss plus exercise training-rheumatoid arthritis trial. ACR Open Rheumatology, 5(5), 252-263. doi.org/10.1002/acr2.11536
31. Kim, Y. J., & Lee, K. H. (2023). Effects of 12 weeks weight training and plyometric training on body composition, physical fitness and electronic hogu hitting ability in Taekwondo sparring athletes. The Asian Journal of Kinesiology, 25(4), 68-79. doi.org/10.15758/ajk.2023.25.4.68
32. Richard, R. Julian, V., Thivel, D., Costes, F., Touron, J., Boirie, Y., Pereira, B.(2018). Eccentric training improves body composition by inducing mechanical and metabolic adaptations: a promising approach for overweight and obese individuals. Frontiers in Physiology, 9, 1013. doi.org/10.3389/fphys.2018.01013
33. Amiri, N., Fathei, M., & Mosaferi Ziaaldini, M. (2021). Effects of resistance training on muscle strength, insulin-like growth factor-1, and insulin-like growth factor–binding protein-3 in healthy elderly subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Hormones, 20, 247-257. doi.org/10.1007/s42000-020-00250-6