Hakim Sabzevari University

Journal of Sport in Biomotor Sciences

Homepage:http://sbs.hsu.ac.ir

P- ISSN: 2228-723X
E- ISSN: 3041-959X

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

Comparison of the effect of high-intensity, flat pyramid, drop set and pre-exhaustion resistance training systems on growth hormone and insulin-like growth factor 1 in male athletes

Mahmood Karimi Fard[1*], *Gholamreza Sharifi*[2], *Farzaneh Taghian*[3], *Elham Hajivand*[4]

1. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. mahmoodkrmfrd@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. gre_sharifi@yahoo.com
3. Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. f_taghian@yahoo.com
4. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. elham_hajivand@yahoo.com

Article Information

Article type: Research Article

Vol: 16
No: 32
P: 95-106
Received: 2024-08-22
Revised: 2024-11-26
Accepted: 2024-12-07

Cite this Article:

Mahmood Karimi Fard, Gholamreza Sharifi, Farzaneh Taghian, Elham Hajivand. Comparison of the effect of high-intensity, flat pyramid, drop set and pre-exhaustion resistance training systems on growth hormone and insulin-like growth factor 1 in male athletes. *Journal of Sport and Biomotor Sciences*. 2024-2025; 16(32): 95-106. doi: 10.22034/sbs.2024.474560.1113.

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)

10.22034/sbs.2024.474560.1113

Abstract

Introduction and Purpose: Resistance training has positive effects on body composition, metabolism and sports performance. The use of different training systems allows the exercises to be adapted to the athlete's physical condition of the practitioner and makes the person's training progress. The aim of this study was to investigate the effect of different methods of resistance training on the response of growth hormone (GH) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in male athletes

Materials and Methods: Ten male athletes (age 25.21 ± 5.48 years, weight 75.25 ± 9.81 kg, height 180.31 ± 4.75 cm) were purposefully and voluntarily selected to participate in this research and they performed four different programs of resistance exercise (high intensity, flat pyramid, drop set and pre-exhaustion) during one session in a crossover. After performing each method, a blood sample was taken from the subjects' right arm vein to measure serum GH and IGF-1 levels, in two time periods, before and immediately after exercise. Data were analyzed using repeated measures analysis of variance.

Results: The results showed that there is a significant difference between the GH and IGF-1 levels, before and after training in all training methods ($P \leq 0.05$). Also, the comparison of the mean of GH and IGF-1 between training systems did not show any significant difference ($P > 0.05$).

Discussion and Conclusion: The results showed that the high intensity, flat pyramid, drop set and pre-exhaustion training systems, despite the different training volume and intensity, becomes cause the same increase in GH and IGF-1.

Key Words: Weight training, Anabolic hormones, Training design, Hormonal response

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

Obesity poses a critical threat to public health, often associated with unfavorable lipid profiles that heighten the risk of cardiovascular disease. Elevated C-reactive protein (CRP), a marker of inflammation, has a strong correlation with obesity and serves as a predictor of cardiovascular events, particularly in women. Notably, obese individuals consistently display higher CRP levels compared to their normal-weight counterparts, underscoring a direct link between inflammation and obesity. This chronic inflammatory state associated with obesity contributes to the development of various diseases, including type 2 diabetes, cardiovascular disease, chronic kidney disease, and cancer. Metabolic changes—including alterations in LDL cholesterol, HDL cholesterol, total cholesterol, and triglyceride levels—contribute to this systemic inflammation, potentially involving CRP. Lifestyle modifications, such as regular physical activity and nutritional interventions, are crucial for managing obesity and its complications. Pilates, a unique fitness approach that emphasizes flexibility and strength across all body parts without increasing muscle mass, offers a promising avenue for improving physiological processes. Medical professionals recognize its distinctive nature, and some researchers suggest its potential for effective fat and weight reduction. A deeper understanding of Pilates' specific effects on lipid profiles, CRP levels, and overall inflammatory status in obese individuals is essential. This research could provide valuable insights into Pilates' potential as a therapeutic intervention for managing obesity-related complications.

Nutritional interventions, often used independently or alongside exercise, are a common strategy for improving health and reducing the risk of chronic disease. Turmeric, known for its polyphenol content, holds promise as an anti-aging agent by mitigating oxidative and inflammatory stress. It may also contribute to reducing inflammation, regulating cholesterol homeostasis, lowering LDL-C, and raising HDL-C levels, thereby positively influencing lipid profiles. This study aimed to evaluate the combined impact of four weeks of Pilates training and turmeric supplementation on plasma CRP levels and lipid profiles in overweight and obese women.

2. Materials and Methods

This semi-experimental study included 60 women aged 20-40 years from Birjand city, Iran, with a mean body mass index of 27.34±1.36 kg/m². After obtaining informed consent, participants were randomly assigned to four groups: (1) exercise + turmeric supplement, (2) exercise + placebo, (3) turmeric supplement, and (4) placebo (each group consisting of 15 individuals). Ethical considerations were strictly adhered to throughout the research process.

The Pilates training program lasted four weeks and included three sessions per week, with each session lasting 45 minutes (encompassing warm-up, main movements, and cool-down). The number of repetitions for each movement began at 8 and gradually increased to 12, with two additional repetitions added every two weeks. The supplement group received a 700 mg capsule of Turmeric (manufactured by Elixir Nanosina Company in Iran) three times daily, 30 minutes after each meal, for four weeks. The placebo group received a capsule containing breadcrumbs. The Shapiro-Wilk test was used to evaluate data normality, while the Levene test assessed the homogeneity of variances. After confirming a normal data distribution, analysis of covariance (ANCOVA) and Bonferroni's post hoc tests were utilized to analyze group differences at a significance level of $P<0.05$.

3. Results

Overweight women who participated in four weeks of Pilates training combined with Turmeric supplementation experienced a significant decrease in CRP levels ($P=0.0001$). Additionally, the Pilates-placebo group demonstrated that four weeks of Pilates training alone significantly reduced total cholesterol, triglycerides, and LDL-C levels, while significantly increasing HDL-C levels ($P=0.0001$). However, Turmeric supplementation alone did not show a significant impact on lipid indices.

4. Conclusions

Performing Pilates exercises (even for a short duration of four weeks with three sessions per week) and consuming Turmeric supplement (at a low to medium dose of 700 mg/day), either independently or in combination, significantly improved CRP levels in overweight women. The combined intervention resulted in further improvements in CRP levels.

5. Acknowledgment & Funding

We hereby express our gratitude to the participants.

6. Ethical Consideration

This research work is an extract from a master's thesis at the University of Birjand.

7. Contribution of authors

All authors have been actively participated in the process the study and writing the article.

8. Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ورزش و علوم زیست حرکتی

دانشگاه حکیم سبزواری

مقایسه اثر سیستم‌های تمرین مقاومتی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست و پیش خستگی بر هورمون رشد و فاکتور رشد شبه انسولین یک در مردان ورزشکار

محمود کریمی‌فرد[1*]، غلامرضا شریفی[2]، فرزانه تقیان[3]، الهام حاجی‌وند[4]

۱. نویسنده مسئول، استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. mahmoodkrmfrd@yahoo.com

۲. دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. gre_sharifi@yahoo.com

۳. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. f_taghian@yahoo.com

۴. استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. elham_hajivand@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

دوره: ۱۶

شماره: ۳۲

صفحه: ۱۰۶-۹۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۹/۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۱۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

محمود کریمی‌فرد، غلامرضا شریفی، فرزانه تقیان، الهام حاجی‌وند. مقایسه اثر سیستم‌های تمرین مقاومتی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست و پیش خستگی بر هورمون رشد و فاکتور رشد شبه انسولین یک در مردان ورزشکار. نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی. ۱۴۰۳؛ ۱۶(۳۲): ۹۵-۱۰۶.
Doi:10.22034/sbs.2024.474560.1113

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

مقدمه و هدف: تمرینات مقاومتی اثرات مثبتی بر ترکیب بدن، متابولیسم و عملکرد ورزشی دارند. استفاده از سیستم‌های تمرینی مختلف باعث می‌شود که تمرینات با شرایط فیزیکی ورزشکار تطبیق داده شود و باعث پیشرفت تمرینی فرد شود. هدف این پژوهش بررسی اثر روش‌های مختلف تمرین مقاومتی بر پاسخ هورمون رشد (GH) و فاکتور رشد شبه انسولین یک (IGF-1) در مردان ورزشکار بود.

مواد و روش‌ها: ده ورزشکار مرد (سن ۵/۴۸ ± ۲۵/۲۱ سال، وزن ۹/۸۱±۷۵/۲۵ کیلوگرم، قد ۴/۷۵±۱۸۰/۳۱ سانتی‌متر) بصورت هدفمند و داوطلبانه، برای شرکت در این پژوهش انتخاب شدند و به صورت متقاطع چهار برنامه مختلف تمرین مقاومتی (با شدت بالا، هرم مسطح، ترکیبی درآپ ست، پیش خستگی) را طی یک جلسه انجام دادند. نمونه خونی پس از اجرای هر روش، از ورید بازوی دست راست آزمودنی‌ها برای اندازه‌گیری سطوح سرمی GH و IGF-1، در دو دوره زمانی، قبل و بلافاصله بعد از تمرین، گرفته شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین سطوح GH و IGF-1، قبل و بعد از تمرین در تمام روش‌های تمرینی تفاوت معناداری وجود دارد (P≤۰/۰۵). همچنین مقایسه میانگین GH و IGF-1 بین سیستم‌های تمرینی هیچ اختلاف معناداری را نشان نداد (P>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست و پیش خستگی علیرغم حجم و شدت تمرینی متفاوت، باعث افزایش یکسان GH وIGF-1 می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین با وزنه، هورمون آنابولیک، طراحی تمرین، پاسخ‌های هورمونی

© نویسنده(گان).

doi 10.22034/sbs.2024.474560.1113

مقدمه

تمرین مقاومتی شامل استفاده تدریجی از طیف گسترده‌ای از بارهای مقاومتی و انواع روش‌های تمرینی است که برای افزایش سلامتی، تناسب اندام و عملکرد ورزشی طراحی شده‌اند (۱). تمرینات مقاومتی معمولاً شامل یک یا چند ست تکراری است که با فاصله زمانی بین ست‌ها (استراحت) با مقاومت یکسان یا متفاوت انجام می‌شود. اگرچه اجرای یک ست نسبت به ست‌های متعدد به زمان کمتری نیاز دارد، اما اجرای ست‌های متعدد منجر به افزایش قدرت و هایپرتروفی بیشتر می‌شود (۲). محققان تناسب اندام چندین سیستم تمرینی مانند تمرینات دایره‌ای، دراپ ست، سوپرست، تمرینات هرمی و غیره ایجاد کرده‌اند. تمرینات مقاومتی باید با توجه به سطح و توانایی تمرینی ورزشکاران، سن و تجربه تمرین قبلی، متفاوت باشد؛ همچنین، تغییرات منظم برنامه تمرینی، مانند تغییر روش یا حجم تمرین، برای حفظ پیشرفت ضروری است. این تغییرات به این دلیل است که بدن به سرعت با تمرینات مقاومتی سازگار می‌شود و بنابراین تغییراتی برای پیشرفت مداوم لازم است (۳). متخصصان توصیه می‌کنند که فعالیت‌بدنی متناسب با محدودیت‌ها و شرایط آزمودنی انجام شود (۳). استفاده از روش‌های مختلف تمرین مقاومتی، علاوه بر رعایت اصل تنوع تمرین، باعث می‌شود که تمرینات با شرایط فیزیکی تمرین‌کننده تطبیق داده شود و از کاهش پیشرفت فرد جلوگیری کند.

سیستم‌های تمرین مقاومتی از تنوع گسترده‌ای برخوردارند. در این میان سیستم تمرین مقاومتی با شدت بالا به عنوان یک سیستم چند ستی شناخته می‌شود، که از ست‌های متعدد با بار بالا و تکرار کم و یکسان تشکیل شده است. همچنین، این سیستم رایج‌ترین سیستم مورد استفاده در بین افراد به جهت کسب قدرت عضلانی است. یکی دیگر از سیستم‌هایی که بین افراد به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود، سیستم هرمی است. در سیستم هرمی ست‌ها با افزایش (یا کاهش) وزنه‌ها و کاهش (افزایش) تکرارها انجام می‌شوند، به‌گونه‌ای که در صورت بالا بودن وزنه، تعداد تکرارها کم باشد (و بالعکس) (۱). علاوه بر این، دراپ ست یک سیستم تمرینی است که به طور گسترده توسط افراد با تجربه در تمرین مقاومتی استفاده می‌شود (۴). در این سیستم تمرینی، فرد ست اول را با وزنه‌های مشخصی شروع کرده و تعداد تکرار معین شده را انجام می‌دهد، وزنه‌ها را حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد سبک کرده و ست بعدی را انجام می‌دهد. همین سیستم را برای ست بعدی هم اجرا می‌کند. این سیستم به دلیل تکرارهای زیاد در ست، استرس متابولیک را افزایش می‌دهد و معمولاً توسط بدنسازان انجام می‌شود (۵). جلسات تمرین مقاومتی که از زمان تنش طولانی‌تر و فواصل استراحت کوتاه‌تر بین ست‌ها و جلسات استفاده می‌کنند، نمونه‌هایی از پروتکل‌هایی هستند که مستقیماً بر کاهش عملکرد عصبی–عضلانی حاد تأثیر می‌گذارند (۶). در واقع، تحقیقات قبلی گزارش داده‌اند که حتی زمانی که بار حجمی برابر است، زمان تحت تنش بالاتر باعث اختلال عصبی–عضلانی بیشتر می‌شود. بنابراین، بسته به استراتژی، عملکرد عصبی–عضلانی ممکن است افزایش یابد، حفظ شود، یا مختل شود (۶، ۴). افزایش سطوح تنش مکانیکی (یعنی زمان زیاد تحت تنش مرتبط با بارهای بالا) و استرس متابولیک (یعنی تجمع متابولیت عضلانی، هیپوکسی عضلانی و تغییرات در عوامل میوژنیک موضعی) تولید شده توسط این سیستم‌های تمرینی جایگزین، می‌تواند منجر به بهبود هایپرتروفی عضلانی و یا قدرت عضلانی از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند افزایش بکارگیری فیبر عضلانی، تغییر آزادسازی میوکاین و تورم سلولی، شود (۷،۸).

بهترین پاسخ به برنامه‌های مختلف تمرینات مقاومتی در زمان استراحت پس از تمرین به وقوع می‌پیوندد (۱۰، ۹). این سازگاری‌ها در واقع به علت تاثیر تمرینات بر برخی از مکانیسم‌های داخلی بدن است که در این میان، تاثیرات دستگاه غدد درون‌ریز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد تغییر در میزان ترشح هورمون‌ها بر اثر تمرینات مقاومتی، اصلی‌ترین عامل در سنتز پروتئین و ایجاد سازگاری‌های مثبت در ساختار عضلات اسکلتی است (۱۰، ۹). تغییر در غلظت هورمون‌ها پس از تمرین، هم به شکل حاد و هم به شکل مزمن اثرات خود را بر روی توده عضلانی بر جای می‌گذارد. کرامر و همکاران (۱۹۹۰) بیان کردند که پاسخ حاد هورمونی به یک جلسه تمرین مقاومتی، ملاک مهمی در هایپرتروفی عضلانی در تمرین مقاومتی طولانی مدت است (۱۱). GH یکی از مهم‌ترین هورمون‌های آنابولیک است که میزان سنتز پروتئین را در سلول‌های عضلانی افزایش می‌دهد. اثرات این هورمون در رشد بدن با دخالت پروتئین واسطی به نام IGF-1 و یا سوماتومدینC، انجام می‌پذیرد. به نظر می‌رسد که واسطه اصلی در ایجاد اثرات GH ، همانIGF-1 می‌باشد. تحقیقات متعددی در ارتباط با تاثیر این هورمون‌ها بر افزایش قدرت بیشینه و افزایش اندازه عضله صورت گرفته است که در بیشتر آن‌ها رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون‌ها و افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلات مشاهده شده است (۱۲). از سوی دیگر میزان ترشح این هورمون‌ها در پاسخ به برنامه‌های مختلف تمرینی بسیار متفاوت است. به نظر می‌رسد موثرترین برنامه‌های تمرینی، به ویژه تمرینات مقاومتی، برنامه‌هایی هستند که بتوانند علاوه بر مرتفع ساختن نیازها و هدف‌های برنامه‌ریزی شده در تمرین، سبب ترشح بیشتر هورمون‌های موثر در روند آنابولیسم شوند. افزایش میزان هورمون‌های آنابولیک و تاثیرات آن‌ها بر مکانیسم‌های داخلی، در واقع نوعی سازگاری مثبت در پاسخ به

تمرینات مقاومتی است (۱۱، ۱۲). سنتز پروتئین عضلانی، به ویژه سنتز بخش پروتئین میوفیبریلار، در پاسخ به ورزش مقاومتی افزایش می‌یابد. نکته مهم این است که پاسخ حاد پروتئین عضلانی به ورزش مقاومتی اغلب پیش‌بینی کننده سازگاری با تمرین مقاومتی مزمن است (۱۳، ۱۴). افزایش IGF-1، یا تولید انواع اتصال مانند فاکتور رشد مکانیکی (MGF)، مسیرهای سیگنال‌دهی پروگزیمال انسولین (IGFr-AKT-mTOR) را تحریک می‌کند و پس از آن بسترهای کلیدی mTOR شروع ترجمه را تنظیم می‌کند. IGF-1 سیگنالینگ AKT-mTOR را از طریق مکانیسم‌های سیگنال‌دهی خودکار/پاراکرین تنظیم می‌کند (۱۵، ۱۶).

نامانگو و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود نشان دادند که سیستم تمرینی دراپ ست باعث افزاش IGF-1 و GH می‌شود (۱۷). آنگلری و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نشان دادند که سیستم‌های تمرینی دراپ ست و هرمی باعث افزایش بیشتر حجم و قدرت عضلانی در مقایسه با سیستم تمرینی سنتی نمی‌شود (۱۸). همچنین، الباجلان و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود نشان دادند که سطح سرمی IGF-1 در پاسخ به تمرین مقاومتی با شدت بالا (۷۰ درصد 1RM تکرارا تا ناتوانی) افزایش می‌یابد، در حالی که تمرین مقاومتی با بار کم (۳۰ درصد 1RM تکرار تا حد ناتوانی) باعث افزایش سطح سرمی IGF-1 نشد (۱۹).

به طور کلی می‌توان گفت که هر نوع روش و سیستم تمرینی باعث پاسخ هورمونی خاصی می‌شود، چنین به نظر می‌رسد که پاسخ حاد هورمونی به تمرینات مقاومتی وابسته به نوع برنامه تمرین مقاومتی است، که آن هم متاثر از متغیرهایی مانند: بار تمرینی، تعداد ست‌ها و تکرارها، مقدار استراحت بین ست‌ها و حرکات، حجم عضلات درگیر و تعداد جلسات تمرین است (۲۰). هنوز مشخص نیست که آیا پروتکل‌های تمرین مقاومتی با حجم بالا و شدت بالا سیگنال‌های آنابولیک را به شیوه‌ای مشابه یا متمایز تحریک می‌کنند یا خیر. تمرین مقاومتی چند ستی، سیگنال آنابولیک عضلانی بیشتری نسبت به تمرین تک ست ایجاد می‌کند، که نشان می‌دهد حجم تمرین بر پاسخ سیگنال‌دهی پروتئین عضلانی به ورزش تأثیر می‌گذارد (۲۰). اجرای تمرینات با شدت کم در مقابل خستگی ارادی، یافته‌های متناقضی را به همراه داشته است (۲۰، ۲۱). به نظر می‌رسد که عوامل دیگری از جمله بکارگیری تارهای عضلانی، زمان تحت تنش قرار گرفتن و استرس متابولیک نیز بر پاسخ‌های هورمونی و اثرات آنابولیکی عضلات تأثیر می‌گذارد (۲۰، ۲۲).

محرک بهینه برای به حداکثر رساندن پاسخ‌های آنابولیک ناشی از تمرین مقاومتی به طور کامل مشخص نیست. در اکثر پژوهش‌ها، روش‌های تمرینی مختلف هم حجم‌سازی می‌شوند که ممکن است ماهیت اصلی روش مورد نظر را تغییر دهد. هدف اصلی این پژوهش حفظ ماهیت اصلی سیستم‌های مختلف تمرینی با شدت‌ها و حجم‌های متفاوت و بررسی تفاوت‌های این سیستم‌های تمرینی و اثر حاد آن‌ها بر پاسخ‌های هورمونی بود. بر همین اساس محققین در این پژوهش به دنبال بررسی اثرات سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست و پیش خستگی بر نحوه پاسخ GH و IGF-1 در مردان ورزشکار هستند.

روش‌شناسی

نمونه آماری تحقیق حاضر را تعداد ۱۰ نفر ورزشکار مرد تشکیل دادند (جامعه آماری پژوهش حاضر ورزشکاران تمرین مقاومتی استان اصفهان بودند). کلیه آزمودنی‌ها در سلامت کامل جسمی بسر می‌بردند، و تمامی آن‌ها تمرین ورزشی خود را به طور منظم به مدت حداقل سه جلسه در هفته و هر جلسه به مدت تقریبا یک ساعت انجام می‌دادند. شرایط انتخاب آزمودنی‌ها شامل مواردی چون برخورداری از سلامت کامل جسمانی، نداشتن سابقه بیماری روانی و اختلالات هورمونی، داشتن سابقه ورزشی حداقل دو سال، عدم استفاده از داروها و مکمل‌ها و مواد مخدر از جمله سیگار و قلیان بود. پروتکل تمرینی شامل چهار سیستم تمرین مقاومتی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست و پیش خستگی بود، که هر سیستم به صورت جداگانه طی یک جلسه تمرین و با فاصله یک هفته از هم توسط آزمودنی‌ها اجرا شد. آزمودنی‌ها ابتدا با مراحل و نحوه اجرای برنامه تمرینی و تست‌ها آشنا شدند و از آن‌ها خواسته شد که فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش، فرم پرسشنامه سلامتی و اطلاعات اولیه را تکمیل کنند. قبل و بعد از پروتکل تمرینی نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری سطوح GH و IGF-1 از آزمودنی‌ها گرفته شد. قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از قد سنج و ترازوی دیجیتال مدل سکا، اندازه‌گیری شد. این پژوهش در آکادمی پرورش اندام علم و ورزش واقع دراستان اصفهان، خیابان علامه امینی انجام شد. پروتکل پژوهش حاضر توسط کارگروه اخلاق در پژوهش پژوهشگاه علوم ورزشی تایید (IR.SSRC.REC.2023.15410.2366) و مطابق با اعلامیه هلسینکی انجام شد.

آزمون یک تکرار بیشینه (RM1): به منظور تعیین حداکثر قدرت آزمودنی‌ها، آزمون RM1 به طور جداگانه برای هر آزمودنی اجرا شد. در این آزمون چهار حرکت پرس سینه، پرس پا، زیربغل سیم‌کش (لت) و جلو بازو سیم‌کش، اندازه‌گیری شد. در حرکات مزبور بیشترین وزنه‌ای را که آزمودنی می‌توانست یک بار بلند کند، توسط فرمول زیر تعیین شد (۲۳):

((تکرار × ۰/۰۲) − ۱) / وزنه = حداکثر قدرت عضلانی

برنامه تمرینی: ورزشکاران در هر جلسه تمرینی به انجام برنامه تمرینی تخصصی همان جلسه پرداختند. برنامه تمرینی هر جلسه نوعی از سیستم تمرینی مقاومتی بود که شامل: ۱) تمرین مقاومتی با شدت بالا. ۲) تمرین مقاومتی هرمی مسطح ۳) تمرین مقاومتی دراپ ست ۴) تمرین مقاومتی پیش خستگی، بود (جدول ۱). هر کدام از سیستم‌های تمرینی طی یک جلسه فعالیت و به فاصله یک هفته از یکدیگر انجام شد. قبل و بعد از هر جلسه تمرینی آزمودنی به مدت ۱۰ دقیقه گرم و سرد کردند.

۱- جلسه تمرین مقاومتی با شدت بالا: در این جلسه ورزشکاران چهار حرکت پرس پا، پرس سینه، زیربغل سیم‌کش (لت) و جلو بازو سیم‌کش را به ترتیب و به طور جداگانه با شدت ۸۵ درصد 1RM و در طی پنج ست و پنج تکرار در هر دوره با استراحت بین ست‌ها دو دقیقه، انجام دادند (۲۲).

۲- جلسه تمرین مقاومتی هرمی مسطح: در این جلسه ورزشکاران چهار حرکت پرس پا، پرس سینه، زیربغل سیم‌کش (لت) و جلو بازو سیم‌کش را به ترتیب و به طور جداگانه با یک بار ۵۰ درصد 1RM با ۱۲ تکرار شروع کردند و سپس فعالیت را با یک ست ۶۰ درصد 1 RM و ۱۰ تکرار و سپس پنج ست با بار ۷۰ درصد 1RM و هشت تکرار در هر ست ادامه دادند و در آخر، بار تمرین به ۶۰ درصد 1RM نزول کرده و حرکت با ده تکرار در این ست به اتمام رسید. این روند برای هر حرکت ادامه یافت و استراحت بین ست‌ها نیز در این جلسه دو دقیقه در نظر گرفته شد (۲۴،۴، ۱).

۳- جلسه تمرین مقاومتی دراپ ست: تمرین این جلسه به صورت ترکیب برنامه تمرین مقاومتی- قدرتی با برنامه تمرین مقاومتی- هایپرتروفی بود، به طوری که ورزشکار هر یک از چهار حرکت پرس پا، پرس سینه، زیربغل سیم‌کش (لت) و جلو بازو سیم کش را به ترتیب و به طور جداگانه با یک بار ۸۵ درصد 1RM و پنج تکرار شروع می‌کرد و سپس بار تمرین به ۷۰ درصد 1RM توسط مربیان کاهش پیدا کرد و ورزشکار فعالیت را بدون استراحت با هشت تکرار در همان ست انجام می‌داد. ورزشکار این فعالیت را برای هر حرکت در سه ست با استراحت بین ست‌ها سه دقیقه انجام می‌داد (۴).

۴- جلسه تمرین مقاومتی پیش خستگی: تمرین این جلسه به صورت ترکیب برنامه تمرین مقاومتی هایپرتروفی با برنامه تمرین مقاومتی- قدرتی بود، به طوری که ورزشکار هر یک از چهار حرکت پرس پا، پرس سینه، زیربغل سیم‌کش (لت) و جلو بازو سیم کش را به ترتیب و به طور جداگانه با یک بار ۷۰ در صد 1RM و هشت تکرار شروع می‌کرد و سپس بار تمرین به ۸۵ درصد 1RM توسط مربیان افزایش یافت و ورزشکار فعالیت را بدون استراحت با پنج تکرار در همان ست انجام می‌داد. ورزشکار این فعالیت را برای هر حرکت در سه ست با استراحت بین ست‌ها سه دقیقه انجام می‌داد (۲۶، ۲۵).

آنالیز نمونه‌های خونی: از آزمودنی‌ها خواسته شد قبل از اجرای آزمون، الگوی خواب طبیعی (حداقل ۸ ساعت خواب)، الگوی فعالیت‌های روزانه و رژیم غذایی در طول تحقیق را رعایت کنند و از هر گونه فعالیت‌بدنی شدید، مصرف دارو، مکمل‌غذایی، مصرف قهوه، دخانیات، کاکائو، ۴۸ ساعت قبل از زمان اجرای آزمون و تا زمان جمع‌آوری نمونه خونی که برروی سیستم و عملکرد بدنی تأثیر دارد، امتناع ورزند. یک هفته قبل از اجرای آزمون، ویژگی‌های بدنی آزمودنی‌ها از قبیل سن، وزن و قد ثبت شد. با توجه به این که تأثیر هر سیستم تمرینی بر ترشح حاد GH و IGF-1 مد نظر بود، مقدار ۵ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی دست راست کلیه آزمودنی‌ها در دو دوره زمانی، قبل و بلافاصله پس از تمرین، توسط تکنسین آزمایشگاه در محل انجام آزمون، گرفته شد. پس از قرارگیری نمونه در دمای اتاق (۲۸ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه، ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰ دور سانتریفیوژ شد. سپس، سرم جدا شده و جهت بررسی متغیرهای مورد نظر در دمای ۸۰- درجه فریز شد. لازم به ذکر است برای کاهش اثر ریتم شبانه‌روزی، همه نمونه‌ها در ساعت مشابه و یکسان (۱۰- ۸ صبح) جمع‌آوری گردید. کیت‌های مورد نظر به منظور اندازه‌گیری سطوح سرمی GH و IGF-1 ، شامل: کیت دیاپلاس، ساخت کشور آمریکا به منظور اندازه‌گیری میزان GH به روش کمی لومینسانس و کیت لیاسون ساخت کشور ایتالیا به منظور اندازه‌گیری میزان IGF1، به روش کمی لومینسانس بود.

روش‌های آماری

ابتدا طبیعی‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کالموگروف اسمیرنوف بررسی گردید. جهت توصیف داده‌ها از شاخص‌های توصیفی مربوط به اندازه‌های گرایش مرکزی توسط آمار توصیفی و برای آزمون فرضیه‌ها و تجزیه و تحلیل آماری تغییرات درون گروهی و بین گروهی GH و IGF-1، از تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر استفاده شد. همچنین، برای بررسی تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیرهای مورد مطالعه از محاسبه اندازه اثر (ES) استفاده شد (۲۷). در این پژوهش تعداد آزمودنی‌ها با استفاده از نرم‌افزار G*Power نسخه ۳/۱ و مقدار α=۰/۰۵، توان ۸۰ درصد انتخاب شد. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 24 نسخه ۲۴ انجام شد. سطح معناداری در تمام موارد $P<0/05$ در نظر گرفته شد.

جدول ۱. سیستم‌های تمرینی مقاومتی

	شدت (1RM)	ست	تکرار	استراحت بین ست (دقیقه)
تمرین مقاومتی با شدت بالا	٪ ۸۵	۵	۵	۲
تمرین مقاومتی هرمی مسطح	٪ ۵۰	۱	۱۲	۲
	٪ ۶۰	۱	۱۰	
	٪ ۷۰	۵	۸	
	٪ ۶۰	۱	۱۰	
تمرین مقاومتی دراپ ست	٪ ۸۵–٪۷۰	۳	۸–۵	۳
تمرین مقاومتی پیش خستگی	٪ ۷۰–٪ ۸۵	۳	۵–۸	۳

یافته‌ها

ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و سن در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که سطوح GH در سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ‌ست و پیش‌خستگی نسبت به پیش آزمون افزایش معنادار یافته است (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۵، P=۰/۰۰۰۱، P=۰/۰۰۰۱؛ به ترتیب). میزان اثرگذاری سیستم تمرینی دراپ‌ست بر سطوح GH (۳/۴۹ = مقدار تأثیر)، بیشتر از سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح و پیش‌خستگی بوده است (۱/۷۳ = مقدار تأثیر، ۱/۳۲ = مقدار تأثیر، ۳/۰۳ = مقدار تأثیر؛ به ترتیب).

علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ‌ست و پیش‌خستگی باعث افزایش معنادار سطوح IGF-1 شده است (P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۱، P=۰/۰۰۰۱، P=۰/۰۰۰۱؛ به ترتیب) و میزان اثرگذاری سیستم تمرینی پیش‌خستگی (۰/۳۶ = مقدار تأثیر) بیشتر از سایر سیستم‌ها بوده است (جدول ۳). نتایج آنالیز واریانس با اندازه‌های مکرر نشان می‌دهد که تغییرات سطوح GH و IGF-1 بین گروه‌ها معنادار نبوده است (P=۰/۷۶، F=۰/۳۸؛ P=۰/۷۱، F=۰/۴۶؛ به ترتیب).

جدول ۲. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

متغیر	انحراف استاندارد ± میانگین
سن (سال)	۲۵/۲۱ ± ۵/۴۸
قد (سانتی‌متر)	۱۸۰/۳۱±۴/۷۵
وزن (کیلوگرم)	۷۵/۲۵±۹/۸۱
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۳/۰۲±۲/۸۷

جدول ۳. نتایج مقایسه میزان GH و IGF-1 قبل و بعد از تمرین مقاومتی

متغیر	تمرین	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
GH (میکرومول بر میلی‌لیتر)	شدت بالا	۰/۴۸ ± ۰/۳۳	۴/۱۸ ± ۳	۰/۰۰۱*	۰/۷۶
	هرمی مسطح	۰/۵۹ ± ۰/۰۲	۵/۵۴ ± ۵/۳	۰/۰۰۵*	
	دراپ ست	۰/۶ ± ۰/۲	۴/۴۹ ± ۱/۵۶	۰/۰۰۰۱*	
	پیش خستگی	۰/۵۶ ± ۰/۲	۳/۷۰ ±۱/۴۵	۰/۰۰۰۱*	
IGF-1 (نانوگرم بر میلی‌لیتر)	شدت بالا	۲۱۲/۸۰ ± ۶۵/۵۹	۲۳۴/۱۰ ± ۷۸/۹۲	۰/۰۰۱*	۰/۷۱
	هرمی مسطح	۲۲۲ ± ۷۷/۲۶	۲۳۹/۱ ± ۸۷/۴۹	۰/۰۰۱*	
	دراپ ست	۱۹۱/۱ ± ۵۶/۲۱	۲۰۶/۲ ± ۵۲/۹۵	۰/۰۰۰۱*	
	پیش خستگی	۲۰۱/۸ ± ۴۹/۲۷	۲۱۹/۳ ± ۴۷/۹۳	۰/۰۰۰۱*	

* اختلاف معناداری در سطح P<۰/۰۵

بحث

با توجه به نتایج پژوهش، سطوح GH و IGF-1 در چهار سیستم تمرینی مقاومتی (با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست و پیش خستگی)، تفاوت معناداری نداشت و هر چهار سیستم تمرینی اثر یکسانی در میزان سطوح GH و IGF-1 داشتند.

تمرین مقاومتی موثرترین راه برای دستیابی به افزایش حاد در غلظت هورمون‌های آنابولیک است که به نوبه خود باعث تحریک قدرت و هایپرتروفی عضلانی می‌شود (۲۸،۲۹). پاسخ هورمونی حاد مربوط به تمرین مقاومتی وابسته به نوع پروتکل تمرین مقاومتی است که تحت تأثیر متغیرهایی مانند تعداد تکرارها و ست‌ها، مدت زمان استراحت بین ست‌ها، بار یا شدت، فرکانس و حجم عضلانی درگیر است. تمرینات مقاومتی با شدت بالا هنگامی که در ست‌های متعدد (۳–۵ ست برای هر تمرین)، با فواصل استراحت کوتاه (۶۰–۱۲۰ ثانیه) و تکرار زیاد (۸–۱۲ تکرار) انجام می‌شوند، منجر به پاسخ‌های هورمونی حاد می‌شوند (۹، ۳۰). مقدار یا زمان پاسخ‌های هورمونی حاد پس از تمرین مقاومتی ممکن است با افزایش قدرت عضلانی و هایپرتروفی مرتبط باشد (۱۰،۳۱). نقش پاسخ‌های هورمونی حاد بسیار مهم است، زیرا هورمون‌های آنابولیک مانند GH باعث افزایش سنتز پروتئین در سلول‌های عضلانی می‌شوند (۱۰،۳۱). بنابراین، تحریک غدد درون‌ریز از طریق فعالیت ورزشی ممکن است محرکی برای فرآیند سازگاری سلول‌های عضلانی اسکلتی باشد و منجر به افزایش پروتئین‌های انقباضی شود. بررسی‌ها نشان داده که برنامه تمرین مقاومتی چند ستی (۳ ست در هر تمرین) نسبت به برنامه تمرین مقاومتی تک ست باعث افزایش شدید GH می‌شود (۳۲). همچنین پروتکل تمرین مقاومتی با شدت متوسط (با بار RM۱۰)، حجم بالا (۳ ست RM۱۰ برای هر تمرین) و با فاصله استراحت کوتاه (۱ دقیقه) بین ست‌ها باعث افزایش GH می‌شود (۹،۱۰،۳۱). در پژوهش رحیمی و همکاران ورزشکاران جوان سه پروتکل تمرینی (چهار ست با ۸۵٪ RM۱ تا شکست (حداکثر تکرار در هر ست) را با فواصل استراحت متفاوت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه بین ست‌ها (حجم تمرینی متفاوت) انجام دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که غلظت GH سرم بلافاصله پس از تمرین با فاصله استراحت ۶۰ ثانیه بین ست‌ها بیشتر از تمرین با فاصله استراحت ۱۲۰ ثانیه بین ست‌ها بود (۳۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک جلسه فعالیت مقاومتی با سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح، دراپ ست، پیش خستگی باعث افزایش معنادار سطوح GH و IGF-1 ورزشکاران می‌شود، اما تغییرات سطوح GH و IGF-1 تفاوت معناداری بین این سیستم‌های تمرینی نداشت. نشان داده شده است که تمرین مقاومتی غلظت GH را تا ۳۰ دقیقه پس از ورزش به طور مشابه در مردان و زنان افزایش می‌دهد (۳۰). به نظر می‌رسد بزرگی این افزایش به انتخاب تمرین و مقدار توده عضلانی به کار گرفته شده، نوع انقباض عضلانی در حرکات عضلانی مورد استفاده (انقباض درون‌گرا و برون‌گرا)، شدت، حجم، فواصل استراحت بین ست‌ها و وضعیت تمرینی فرد بستگی دارد (۳۲، ۳۴). به نظر می‌رسد که پاسخ حاد GH به ورزش مقاومتی به شدت تحت تأثیر خواص متابولیک (کل کار) پروتکل است. به این معنا که پروتکل‌هایی که مقادیر بالای لاکتات خون را ایجاد می‌کنند (مانند برنامه‌هایی که شدت متوسط تا زیاد، حجم بالا، فشار بر توده عضلانی بزرگ و استفاده از فواصل استراحت نسبتاً کوتاه دارند) پاسخ‌های بیشتری را در سطوح GH ایجاد می‌کنند (۳۲, ۳۴). همبستگی بالایی بین لاکتات خون و غلظت GH سرم گزارش شده است و پیشنهاد شده است که تجمع H^+ تولید شده توسط اسیدوز لاکتیک ممکن است عامل اصلی موثر بر انتشار GH باشد (۳۰). این مورد توسط یک پاسخ GH ضعیف به دنبال آلکالوز القایی در طول دوچرخه‌سواری با شدت بالا پشتیبانی شد. گزارش شده است که هیپوکسی، حبس نفس، جابجایی اسید–باز و کاتابولیسم پروتئین بر ترشح GH تأثیر می‌گذارند (۳۰). بنابراین، تمرین مقاومتی یک محرک قوی برای افزایش GH است تا زمانی که آستانه حجم و شدت رعایت شود. زمانی لاکتات فراتر از آستانه بی‌هوازی افزایش می‌یابد که با تقاضای بیشتری برای گلیکولیز بی‌هوازی همراه باشد و این باعث افزایش تحریک هیپوتالاموس می‌شود (۳۰). این بیشتر در طول پروتکل‌های تمرین مقاومتی با شدت متوسط (۱۰ RM در مقابل پنج RM) با دوره‌های استراحت کوتاه (یک در مقابل سه دقیقه) بین ست‌ها پشتیبانی می‌شود (۳۵)، که منجر به غلظت‌های بالاتر GH در گردش می‌شود (۳۰). مکانیسم دقیق آزادسازی GH ناشی از ورزش هنوز مشخص نیست، اما احتمالاً از طریق شدت‌های بالاتر تمرین مقاومتی که مستقیماً هیپوفیز قدامی را تحریک می‌کند، از طریق افزایش گردش کاتکول‌آمین‌ها، لاکتات، اکسید نیتریک و تغییرات در تعادل اسید و باز هدایت می‌شود (۳۶).

برخی از محققان حدس می‌زنند که استفاده از سیستم‌های تمرینی مختلف ممکن است یک محیط آنابولیک مطلوب ایجاد کند که می‌تواند سازگاری‌های عضلانی را افزایش دهد (۷، ۸). تمرین مقاومتی چند ستی، سیگنال‌های آنابولیک عضلانی بیشتری نسبت به ورزش تک‌ست ایجاد می‌کند، که نشان می‌دهد حجم تمرین می‌تواند بر پاسخ سیگنالینگ پروتئین عضلانی به ورزش تأثیر بگذارد. شواهد موجود در خصوص طراحی برنامه تمرینی و پاسخ سیگنالینگ آنابولیک داخل عضلانی نشان می‌دهد که عوامل اضافی مانند فراخوانی فیبر عضلانی، زمان تحت تنش و استرس متابولیک ممکن است نقش‌های مؤثری در تحریک مولکول‌های سیگنال‌دهی آنابولیک داشته باشند (۱۶، ۳۷، ۳۸).

به دنبال یک جلسه تمرین مقاومتی شدید، غلظت GH به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، به خصوص زمانی که دوره‌های استراحت بین تمرینات کوتاه است، یعنی زیر ۹۰ ثانیه و حجم تمرین زیاد است (۳۹). افزایش GH به دنبال تمرین مقاومتی گذرا است (۱۵–۳۰ دقیقه) (۴۰) و به دنبال آن تولید IGF-I در کبد و عضلات (۴۱) افزایش می‌یابد. IGF-I عامل حیاتی برای هماهنگی رشد و ترمیم عضله پس از تمرینات مقاومتی است (۴۲). فعالیت هر گروه عضلانی پاسخ‌های انطباقی غدد درون‌ریز را با مزایای بالقوه برای تمام عضلات در کل بدن ارتقا می‌دهد، در حالی که افزایش غلظت IGF-1 ناشی از ورزش، اثرات محافظتی عصبی را اعمال می‌کند (۴۳). تکنیک پیش خستگی معمولاً توسط بدنسازانی که به دنبال افزایش رشد عضلانی عضلات هدف هستند، استفاده می‌شود. پژوهشی اثر حاد این سیستم تمرینی را بر سطوح هورمونی بررسی نکرده است. منطق این تکنیک این است که انجام یک تمرین تک مفصلی ابتدا عضله آگونیست را به صورت مجزا خسته می‌کند، در نتیجه استرس بیشتری بر عضله آگونیست وارد می‌کند و فعال شدن آن را در طول تمرین چند مفصلی افزایش می‌دهد و هایپرتروفی آن را تقویت می‌کند (۱۱). با این حال، مطالعه‌ای توسط گوللاس و همکاران (۲۰۱۷) نتایج متناقضی را نشان دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که یک تمرین قبل از خستگی عضله سینه (بالا سینه دمبل شیب‌دار)، بر فعالیت اصلی عضله سینه در طول تمرین پرس نیمکت تخت در ۹۵ درصد 1RM تأثیر نمی‌گذارد. علیرغم آن، خستگی عضلات سینرژیک (سه سر بازویی و دلتوئید قدامی قبل از پرس نیمکت) منجر به فعال شدن بیشتر آن‌ها در طول حرکت چند مفصلی (پرس سینه) شد (۲۵). سوارس و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود پیشنهاد کردند که انجام تمرین تک مفصلی قبل از خستگی عضله اصلی (تمرین عضلات سه سر و به دنبال آن پرس نیمکت)، حداکثر تعداد تکرارهای انجام شده در طول یک ست پرس سینه را تا خستگی ارادی کاهش می‌دهد (۲۶). علاوه بر سیستم تمرینی پیش خستگی، استفاده از تمرین دراپ‌ست می‌تواند به دلیل تعداد تکرارهای زیاد با فواصل استراحت کوتاه، استرس متابولیک بالایی ایجاد کند (۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان اثرگذاری سیستم تمرینی دراپ‌ست بر سطوح GH، بیشتر از سیستم‌های تمرینی با شدت بالا، هرمی مسطح و پیش‌خستگی بوده است؛ دلیل این تفاوت می‌تواند مقدار بیشتر استرس متابولیک ایجاد شده ناشی از سیستم تمرینی دراپ‌ست بوده باشد. استرس متابولیک ناشی از ورزش نیز ممکن است در فعال‌سازی حاد سیگنال‌دهی mTORC1 نقش داشته باشد. استرس متابولیک ناشی از ورزش است که در درجه اول به گلیکولیز بی هوازی به عنوان تامین کننده اصلی انرژی آن متکی است. لاکتات با افزایش فعالیت سلول های ماهواره ای و همچنین فسفوریلاسیون mTOR و p70S6k بر سلول های ماهیچه ای تأثیر می گذارد. همچنین نشان داده شده است که افزایش لاکتات خون با سیگنال‌دهی آنابولیک داخل عضلانی به دنبال تمرین مقاومتی در مردان تمرین کرده مرتبط است. با این حال، مکانیسم‌هایی که توسط آن استرس متابولیک بر سیگنال‌های آنابولیک تأثیر می‌گذارد، به طور کامل مشخص نشده‌اند و مستلزم تحقیقات بیشتر است (۱۴، ۲۲). آنگلری و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نشان دادند که سیستم‌های تمرینی دراپ ست و هرمی باعث افزایش بیشتر حجم و قدرت عضلانی در مقایسه با سیستم تمرینی سنتی در مردانی که به خوبی تمرین کرده بودند، نمی‌شود (۱۸). نتایج پژوهش نامانگو و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که سیستم تمرینی دراپ ست باعث افزاش IGF-1 و GH می‌شود (۱۷). یکی دیگر از سیستم‌های مورد بررسی ما در این پژوهش سیستم هرمی بود؛ که به دلیل ویژگی ذاتی آن در تغییر مقاومت مورد استفاده و تعداد تکرارها، امکان انجام تمرینات با شدت بالاتر را بدون کاهش حجم را فراهم می‌کند، بنابراین یک محیط آنابولیک مطلوب برای افزایش هایپرتروفی عضلانی و در نتیجه افزایش قدرت حفظ می‌کند (۲۴). سیستم هرمی به دلیل افزایش شدت تمرین و حجم کل تمرین (ست‌ها × تکرارها × بار [کیلوگرم])، کشش مکانیکی بالایی در عضله ایجاد می‌کند، و جذب واحدهای حرکتی سریع را افزایش می‌دهد و بنابراین، باعث افزایش بیشتر در عضلات می‌شود (۲۴).

پیرس و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود نشان دادند که تمرین مقاومتی (۶ × ۱۰ RM) باعث افزایش GH و IGF-1 می‌شود (۴۴). به نظر می‌رسد که پروتکل تمرینی با شدت بالا باعث تغییرات بیشتری در نشانگرهای آسیب عضلانی (به عنوان مثال، غلظت میوگلوبین و LDH) می‌شود، پروتکل تمرینی با حجم بالا تغییرات بیشتری در نشانگر استرس متابولیک (یعنی غلظت لاکتات) ایجاد می‌کند. تفاوت‌های قابل توجهی در پاسخ غدد درون‌ریز نیز بین پروتکل‌ها وجود دارد. نتایج پژوهش گونزالز و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تمرین مقاومتی با شدت بالا و تمرین با حجم بالا باعث افزایش GH و IGF-1 می‌شود، اما فقط GH بین دو گروه تغییر معناداری داشت و میزان تغییرات GH در گروه تمرین مقاومتی با حجم بالا بیشتر بود. به نظر می‌رسد که پروتکل تمرینی با شدت بالا باعث تغییرات بیشتری در نشانگرهای آسیب عضلانی (به عنوان مثال، غلظت میوگلوبین و LDH) می‌شود، اما پروتکل تمرینی با حجم بالا تغییرات بیشتری در نشانگر استرس متابولیک (یعنی غلظت لاکتات) ایجاد می‌کند (۲۲). با این حال، ذکر این نکته ضروری است که در طول پروتکل تمرینی با حجم بالا، با توجه به حجم بیشتر تمرین، فعال‌سازی عضلانی برای مدت زمان طولانی‌تری فراهم شد (۲۲). همچنین، نتایج پژوهش الباجلان و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که سطح

سرمی IGF-1 در پاسخ به تمرین مقاومتی با شدت بالا (۷۰ درصد 1RM تکرار تا ناتوانی) افزایش می‌یابد، در حالی که تمرین مقاومتی با بار کم (۳۰ درصد 1RM تکرار تا حد ناتوانی) باعث افزایش سطح سرمی IGF-1 نشد (۱۹). پیشنهاد شده است تمرین با بارهای سبک‌تر (۲۰–۳۰ درصد 1RM) که تا نارسایی عضلانی لحظه‌ای انجام می‌شود، در مقایسه با بارهای سنگین‌تر (۵۰–۸۰ درصد 1RM) منجر به فعال‌سازی مشابه فیبر عضلانی می‌شود، در نتیجه سازگاری‌های عضلانی مشابه را ترویج می‌کنند (۳۷، ۲۲) علاوه بر این، رابطه بین شدت و سنتز پروتئین عضلانی ممکن است بین شدت‌های ~۶۰–۹۰ درصد 1RM به فلات برسد (۳۷، ۲۲).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان‌دهنده تأثیرگذار بودن هر چهار سیستم تمرینی مقاومتی بر روی ترشح GH و IGF-1 بود. حجم و شدت هر سیستم، انتخاب مدت زمان استراحت بین دوره‌ها و به طور کلی حجم تمرین از عوامل اصلی اثرگذار پاسخ هورمونی حاد مربوط به تمرینات مقاومتی بوده است. با توجه به پاسخ GH و IGF-1 نسبت به روش‌های تمرینات مقاومتی در این پژوهش، پیشنهاد می‌شود مربیان و ورزشکاران به منظور کسب نتایج بهتر تمرینی، از این سیستم‌های تمرینی در طراحی تمرینات خود برای افزایش اثرات تمرین مقاومتی استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

از تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش که کمال همکاری را با پژوهشگران و عوامل اجرایی داشتند، قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

منابع

1. Cattan GH. Pyramidal systems in resistance training. *Encyclopedia*. 2021;1(2):423-32. https://doi.org/10.3390/encyclopedia1020035.
2. Krieger JW. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2010;24(4):1150-9. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d436.
3. Ratamess N, Alvar B, Evetoch T, Housh T, Kibler W, Kraemer W, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine &amp Science in Sports &amp Exercise*. 2009;41. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670.
4. Costa BDV, Ferreira MEC, Gantois P, Kassiano W, Paes ST, de Lima-Júnior D, et al. Acute effect of drop-set, traditional, and pyramidal systems in resistance training on neuromuscular performance in trained adults. *J Strength Cond Res*. 2021;35(4):991-6. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003150.
5. Bentes CM, Simão R, Bunker T, Rhea MR, Miranda H, Gomes TM, et al. Acute effects of dropsets among different resistance training methods in upper body performance. *J Hum Kinet*. 2012;34:105-11. doi:10.2478/v10078-012-0069-6.
6. Fisher JP, Farrow J, Steele J. Acute fatigue, and perceptual responses to resistance exercise. *Muscle Nerve*. 2017;56(6):E141-e6. doi:10.1002/mus.25645.
7. Ozaki H, Kubota A, Natsume T, Loenneke JP, Abe T, Machida S, et al. Effects of drop sets with resistance training on increases in muscle CSA, strength, and endurance: a pilot study. *J Sports Sci*. 2018;36(6):691-6.doi:10.1080/02640414.2017.1331042.
8. Fink J, Schoenfeld BJ, Kikuchi N, Nakazato K. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(5):597-605.doi:10.23736/S0022-4707.17.06838-4.
9. Kraemer WJ, Gordon SE, Fleck SJ, Marchitelli LJ, Mello R, Dziados JE, et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*. 1991;12(2):228-35. doi:10.1055/s-2007-1024673.
10. Kraemer W, Ratamess N. Endocrine responses and adaptations to strength and power training. 2008. p. 361-86. doi:10.1002/9780470757215.ch19.
11. Kraemer WJ, Marchitelli L, Gordon SE, Harman E, Dziados JE, Mello R, et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* (1985). 1990;69(4):1442-50. doi:10.1152/jappl.1990.69.4.1442.
12. Solomon AM, Bouloux PM. Modifying muscle mass - the endocrine perspective. *J Endocrinol*. 2006;191(2):349-60.doi:10.1677/joe.1.06837.
13. West DW, Kujbida GW, Moore DR, Atherton P, Burd NA, Padzik JP, et al. Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. *J Physiol*. 2009;587(Pt 21):5239-47. doi:10.1113/jphysiol.2009.177220.

14. Gonzalez AM, Hoffman JR, Stout JR, Fukuda DH, Willoughby DS. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following resistance exercise: implications for muscle hypertrophy. *Sports Med*. 2016;46(5):671-85.doi:10.1007/s40279-015-0450-4.
15. Hamilton DL, Philp A, MacKenzie MG, Baar K. A limited role for PI(3,4,5)P3 regulation in controlling skeletal muscle mass in response to resistance exercise. *PLoS One*. 2010;5(7):e11624. doi:10.1371/journal.pone.0011624.
16. Spangenburg EE, Le Roith D, Ward CW, Bodine SC. A functional insulin-like growth factor receptor is not necessary for load-induced skeletal muscle hypertrophy. *J Physiol*. 2008;586(1):283-91. doi:10.1113/jphysiol.2007.141507.
17. Namango RO, Ng'wena Gideon Magak KO. Acute physiological effects of drop set on IGF and GH in the quadriceps femoris among males in kakamega county, kenya. *Sch Int J Anat Physiol*. 2023;6(7):111-21. doi:10.36348/sijap.2023.v06i07.005.
18. Angleri V, Ugrinowitsch C, Libardi CA. Crescent pyramid and drop-set systems do not promote greater strength gains, muscle hypertrophy, and changes on muscle architecture compared with traditional resistance training in well-trained men. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(2):359-69. doi:10.1007/s00421-016-3529-1.
19. Mohammed Ali Albajalan D, Rostamzadeh N, sheikholeslamivatani D. Hypertrophic and hormonal responses to one session of resistance training with two different protocols in men's sprint runner. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2023;16(2):1-13. doi:10.48308/joeppa.2023.103402 [In Persian].
20. Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, Moore DR, et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One*. 2010;5(8):e12033. doi:10.1371/journal.pone.0012033.
21. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW, Burd NA, Breen L, Baker SK, et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *J Appl Physiol* (1985). 2012;113(1):71-7. doi:10.1152/japplphysiol.00307.2012.
22. Gonzalez AM, Hoffman JR, Townsend JR, Jajtner AR, Boone CH, Beyer KS, et al. Intramuscular anabolic signaling and endocrine response following high volume and high intensity resistance exercise protocols in trained men. *Physiol Rep*. 2015;3(7). doi:10.14814/phy2.12466.
23. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 1993;64:88-90. doi:10.1080/07303084.1993.10606684.
24. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Pina FLC, Nascimento MA, Cyrino ES. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: a randomized crossover trial. *J Strength Cond Res*. 2017;31(7):1888-96. doi:10.1519/JSC. 0000000000001653.
25. Gołaś A, Maszczyk A, Pietraszewski P, Stastny P, Tufano JJ, Zając A. Effects of pre-exhaustion on the patterns of muscular activity in the flat bench press. *J Strength Cond Res*. 2017;31(7):1919-24. doi:10.1519/JSC.0000000000001755.
26. Soares EG, Brown LE, Gomes WA, Corrêa DA, Serpa É P, da Silva JJ, et al. Comparison between pre-exhaustion and traditional exercise order on muscle activation and performance in trained men. *J Sports Sci Med*. 2016;15(1):111-7.
27. Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol*. 2013;4:863, doi:10.3389/fpsyg.2013.00863.
28. Boroujerdi SS, Rahimi R. Acute GH and IGF-I responses to short vs. long rest period between sets during forced repetitions resistance training system. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 2008;30(2):31-8. doi: 10520/EJC108882.
29. Spiering BA, Kraemer WJ, Anderson JM, Armstrong LE, Nindl BC, Volek JS, et al. Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Med*. 2008;38(7):527-40. doi:10.2165/00007256-200838070-00001.
30. Kraemer WJ, Fleck SJ, Dziados JE, Harman EA, Marchitelli LJ, Gordon SE, et al. Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *J Appl Physiol (1985)*. 1993;75(2):594-604. doi: 10.1152/jappl.1993.75.2.594.
31. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Kraemer WJ, Häkkinen K. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *Int J Sports Med*. 2003;24(6):410-8. doi:10.1055/s-2003-41171.
32. Gotshalk LA, Loebel CC, Nindl BC, Putukian M, Sebastianelli WJ, Newton RU, et al. Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Can J Appl Physiol*. 1997;22(3):244-55. doi:10.1139/h97-016.
33. Rahimi R, Qaderi M, Faraji H, Boroujerdi SS. Effects of very short rest periods on hormonal responses to resistance exercise in men. *J Strength Cond Res*. 2010;24(7):1851-9. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ddb265.
34. Kraemer WJ, Gordon SE, Fleck SJ, Marchitelli LJ, Mello R, Dziados JE, et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med*. 1991;12(2):228-35. doi:10.1055/s-2007-1024673.

35. Hoffman JR, Im J, Rundell KW, Kang J, Nioka S, Spiering BA, et al. Effect of muscle oxygenation during resistance exercise on anabolic hormone response. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(11):1929-34. doi:10.1249/01.MSS.0000093613.30362.DF.
36. Godfrey RJ, Madgwick Z, Whyte GP. The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports Med*. 2003;33(8):599-613. doi:10.2165/00007256-200333080-00005.
37. Burd NA, Andrews RJ, West DW, Little JP, Cochran AJ, Hector AJ, et al. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol*. 2012;590(2):351-62. doi:10.1113/jphysiol.2011.221200.
38. Popov DV, Lysenko EA, Bachinin AV, et al. Influence of resistance exercise intensity and metabolic stress on anabolic signaling and expression of myogenic genes in skeletal muscle. *Muscle & nerve*. 2015;51(3):434–42. doi:10.1002/mus.24314.
39. Popov DV, Lysenko EA, Bachinin AV, Miller TF, Kurochkina NS, Kravchenko IV, et al. Influence of resistance exercise intensity and metabolic stress on anabolic signaling and expression of myogenic genes in skeletal muscle. *Muscle Nerve*. 2015;51(3):434-42. doi:10.1152/japplphysiol.00599.2016.
40. McGlory C, Phillips SM. Exercise and the Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2015;135:153-73.doi:10.1016/bs.pmbts.2015.06.018.
41. Philippou A, Barton ER. Optimizing IGF-I for skeletal muscle therapeutics. *Growth Horm IGF Res*. 2014;24(5):157-63. doi:10.1016/j.ghir.2014.06.003.
42. Philippou A, Halapas A, Maridaki M, Koutsilieris M. Type I insulin-like growth factor receptor signaling in skeletal muscle regeneration and hypertrophy. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2007;7(3):208-18.
43. Athanasiou N, Bogdanis GC, Mastorakos G. Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24(2):251-66. doi:10.1007/s11154-022-09758-1.
44. Pierce JR, Martin BJ, Rarick KR, Alemany JA, Staab JS, Kraemer WJ, et al. Growth hormone and insulin-like growth factor-I molecular weight isoform responses to resistance exercise are sex-dependent. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:571. doi:10.3389/fendo.2020.00571.