University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Fall 2024, 12(31), 48-61

Received: Apr 19, 2023 Revised: Jun 23, 2023 Accepted: Jun 24, 2023

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

A comparison of acute effects of sarcoplasmic stimulation and traditional resistance training on muscle thickness, plasma volume, and testosterone to cortisol ratio in bodybuilders during a plateau period

Ramtin Sabet[1]*, Mohammad Fashi[2]*

1. MSc in Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciencse and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor at Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Aim: During the plateau stage of resistance training, in order to cross this stage, it is necessary to manipulate training variables and apply advanced training techniques. Therefore, the purpose of this study was to investigate the acute effects of sarcoplasmic stimulation and traditional resistance training on muscle thickness, plasma volume, and testosterone to cortisol ratio in bodybuilders during a plateau period. **Materials and Methods**: A crossover design was conducted with 10 bodybuilding athletes (26.71±4.1 years, 3.5±1.6 years of training experience) participating in two traditional and sarcoplasmic stimulation protocols over an interval of seven days. During the traditional protocol, eight sets were performed at an intensity of 70-80% of one repetition maximum until failure. As the same, for the sarcoplasmic stimulation protocol, six reduction sets were performed (three sets of 70-80%, three sets with a 20% load reduction and one set of isometrics until failure). Buresh formula was used to measure acute muscle thickness of the biceps muscle, Castille's equation was used to measure changes in plasma volume, and blood samples were taken to determine testosterone and cortisol levels. The difference between the pre-test and post-test values of each variable was determined and the changes were analyzed using the paired t-test at the significance level of $p<0.05$. **Results**: The results of the present research showed that the resistance training system with sarcoplasmic stimulation showed significant increase on the acute thickness of the biceps muscle compared to traditional resistance training ($p=0.03$). However, no significant difference was observed between the two protocols ($p<0.05$) based on the hormonal response of testosterone and cortisol and changes in plasma volume. **Conclusion**: In trained individuals, the use of the sarcoplasmic stimulation system appears to be an effective method for passing the plateau stage, despite the lower training volume, it involves more metabolic stress and acute swelling than traditional training.

Keywords: Resistance training system, Metabolic stress, Mechanical stress.

Cite this article:

Sabet, R., & Fashi, M. (2024). A comparison of acute effects of sarcoplasmic stimulation and traditional resistance training on muscle thickness, plasma volume, and testosterone to cortisol ratio in bodybuilders during a plateau period. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 12***(31), 48-61.**

*** Corresponding author, Address: Faculty of Sports Science and Health, Shahid Beheshti University, Evin Ave, Tehran, Iran;**

E-mail: m_fashi@sbu.ac.ir

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2023.6310.1787

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش
مقاله پژوهشی
پاییز ۱۴۰۳، دوره ۱۲، شماره ۳۱، ص ۶۱-۴۸
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳
دانشگاه بیرجند
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش

مقایسه اثر حاد تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم و سنتی بر دور عضله، حجم پلاسما و نسبت تستوسترون به کورتیزول حین دوره فلات در پیشرفت ورزشکاران پرورش اندام

رامتین ثابت[۱]، محمد فشی[۲*]

۱. کارشناسی ارشد علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.

۲. استادیار گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: در مرحله فلات در پیشرفت تمرینات مقاومتی، دستکاری متغیرهای تمرین و اعمال روش‌های تمرینی پیشرفته برای عبور از فلات ضروری است. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر حاد تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم بر تورم عضلانی و نسبت تستوسترون به کورتیزول حین دوره فلات در پیشرفت ورزشکاران پرورش اندام بود. **روش تحقیق:** تعداد ۱۰ ورزشکار پرورش اندام (با میانگین سن ۴/۱±۲۶/۷۱ سال و سابقه تمرین ۱/۶±۳/۵ سال)، در قالب یک طرح متقاطع، به فاصله هفت روز، یک پروتکل مقاومتی سنتی و یک پروتکل تحریک سارکوپلاسم را به اجرا درآوردند. پروتکل سنتی شامل اجرای حرکات در هشت نوبت، با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تا ناتوانی بود. در پروتکل تحریک سارکوپلاسم، حرکات در شش نوبت به صورت کاهشی (سه نوبت با ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، دو نوبت با ۲۰ درصد کاهش بار متوالی، و یک نوبت با انقباض ایزومتریک تا ناتوانی) اجرا گردید. تورم حاد عضله دوسربازو با استفاده از فرمول بروش و تغییرات حجم پلاسما، توسط معادله کاستیل اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین پاسخ هورمون های تستوسترون و کورتیزول، نمونه‌گیری خون انجام گردید. اختلاف مقادیر پیش آزمون و پس آزمون هر متغیر مشخص گردید و میزان تغییرات با استفاده از آزمون آماری t زوجی در سطح معنی داری $p<0/05$ تجزیه و تحلیل شدند. **یافته‌ها:** نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سیستم تمرین مقاومتی با تحریک سارکوپلاسم نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی، بر تورم حاد عضله دوسر بازو اثر افزایشی دارد ($p=0/03$). با این‌حال، در مقایسه پاسخ هورمونی تستوسترون و کورتیزول و تغییرات حجم پلاسما، بین دو پروتکل تفاوت معنی‌داری ($p>0/05$) مشاهده نشد. **نتیجه گیری:** از آنجا که تمرین تحریک سارکوپلاسم با وجود حجم تمرین کمتر، تورم حاد و استرس متابولیک بیشتری نسبت به تمرین مقاومتی سنتی القا می‌کند؛ می‌تواند برای گذر از فلات در افراد تمرین کرده (مقاومتی)، موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: سیستم تمرین مقاومتی، استرس متابولیکی، تنش مکانیکی.

* نویسنده مسئول، آدرس: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی؛
پست الکترونیک: m_fashi@sbu.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2023.6310.1787

مقدمه

توده عضلانی از جنبه سلامتی برای انسان مهم است، زیرا نقش برجسته ای در حرکت، تولید نیرو و تنظیم گلوکز ایفا می‌کند. سطوح پایین توده عضلانی، ممکن است منجر به افزایش خطر ابتلا به چندین بیماری مانند دیابت نوع دوم[1]، سندرم متابولیک[2] و بیماری‌های قلبی - عروقی شود (شوئنفلد و گرگیک[3]، ۲۰۱۸). علاوه بر این، یک همبستگی مثبت بین توده عضلانی و بسیاری از جنبه‌های عملکرد ورزشی وجود دارد و حجم کلی عضله، یکی از ملاحظات اولیه در مسابقات پرورش‌اندام است. تمرین مقاومتی، اصلی‌ترین نوع تمرینی است که برای افزایش توده عضلانی استفاده می‌شود (شوئنفلد و گرگیک، ۲۰۱۸). به دلیل ارتباط بین سطح مقطع[4] و قدرت عضله، بسیاری از افرادی که به صورت تفریحی به تمرینات قدرتی می‌پردازند، سعی در افزایش توده عضلانی دارند (کریستوفیک[5] و دیگران، ۲۰۱۹). بنابراین، راهبردهای افزایش یا حفظ این بافت در طول عمر، چه از حیث سلامت و چه از جنبه بهبود عملکرد ورزشی؛ اهمیت دارد (شوئنفلد، ۲۰۱۰؛ اوزاکی[6] و دیگران، ۲۰۱۶).

تمرین مقاومتی با بار خارجی زیاد یا تنش مکانیکی[7] بالا، در درجه اول برای به حداکثر رساندن هایپرتروفی عضلات توصیه شده است. نشان داده شده است که تنش مکانیکی به تنهایی و به طور مستقیم، هدف پستانداران راپامایسین[8] (mTOR) را تحریک می‌کند (شوئنفلد، ۲۰۱۳) . با این‌حال، در تحقیقات اخیر نشان داده شده است که اگر هر نوبت از تمرین مقاومتی تا رسیدن به ناتوانی انجام شود، تمرین مقاومتی با بار کم می‌تواند هایپرتروفی قابل مقایسه‌ای نسبت به تمرین مقاومتی با بار زیاد، ایجاد کند. این استرس متابولیکی[9] بیشتر، احتمالا می‌تواند فشار مکانیکی کمتر را جبران نماید (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶؛ شوئنفلد ۲۰۱۳). علاوه بر این، نشان داده شده است تمرینات با محدودیت جریان خون[10] (BFR) اعمال شده روی عضلات در حال کار، با مقدار تنش مکانیکی یکسان، باعث ایجاد اثرات هایپرتروفیک بیشتر می‌شود (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۱)؛ و این خود، دال بر نقش احتمالی استرس متابولیک، در ایجاد پاسخ هایپرتروفیک می باشد (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶). در واقع، افزایش سنتز پروتئین، فراخوانی بیشتر تارهای عضلانی[11]، پاسخ‌های هورمونی و تورم عضلانی[12]؛ ممکن است پس از قرار گرفتن در معرض استرس متابولیک بالا، ایجاد شود. بنابراین، به نظر می‌رسد هر دو تنش مکانیکی و استرس متابولیک، سازوکارهای اولیه هایپرتروفی عضلانی باشند (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶).

اعتقاد بر این است که تمرین مقاومتی با بارکم و تکرار زیاد، باعث تجمع قابل توجه متابولیت‌هایی مانند لاکتات خون شده و اسیدی شدن و در نهایت، فعال شدن گیرنده‌های شیمیایی که با تحریک ترشح هورمون رشد در سیستم هیپوتالاموس _ هیپوفیز[13] همراه است را به دنبال دارد. بنابراین، افزایش هورمون رشد ممکن است به عنوان شاخص استرس متابولیک در نظر گرفته شود و نشان داده شده است که سطوح هورمون رشد هنگام تمرین با فواصل استراحت کوتاه (به عنوان مثال ۳۰ ثانیه)، در مقایسه با فواصل استراحت طولانی (۶۰ الی ۱۲۰ ثانیه)؛ بالاتر می‌رود (فینک[14] و دیگران، ۲۰۱۸). همچنین تورم عضلانی ناشی از استرس متابولیک، ممکن است به عنوان شاخص هایپرتروفی عضله در نظر گرفته شود و تصور می‌شود که این تورم، حاصل پمپ خون به سمت عضله در حال کار و انباشت آن به دلیل تجمع متابولیت‌ها[15] است. در سلول‌های متورم، یک حسگر حجم احتمالاً چندین مسیر آنابولیک را فعال می‌کند. علاوه بر این، فراخوانی تارهای عضلانی از طریق اعصاب آوران گروه III و IV[16]، ممکن است با تجمع این متابولیت‌ها تحریک شود. بنابراین، ارزیابی تورم حاد عضلانی می تواند به عنوان شاخصی دیگر، برای استرس متابولیک و هایپرتروفی عضلانی در نظر گرفته شود (فینک و دیگران، ۲۰۱۸). همچنین، مطالعات متعدد نشان داده است که تورم سلول ناشی از هیدراتاسیون (آب گیری)، منجر به افزایش سنتز پروتئین و کاهش پروتئولیز[17] در انواع مختلف سلول، از جمله سلول‌های کبدی، استخوانی و عضلانی؛ می‌شود (شوئنفلد، ۲۰۱۳).

1. Type-2 diabetes
2. Metabolic syndrome
3. Schoenfeld & Gergic
4. Cross sectional area
5. Krzysztofik
6. Ozaki
7. Mechanical tension
8. Mammalian target of rapamycin
9. Metabolic stress
10. Blood flow restriction
11. Muscle recruitment
12. Muscle Swelling
13. Hypothalamic-pituitary system
14. Fink
15. Metabolite accumulation
16. Group III and IV afferents
17. Proteolysis

با وجود سازوکارهای مختلف شناخته شده در هایپرتروفی، اصل کاهش بازده در تمرینات مقاومتی قابل توجه است، بدین صورت که افراد تمرین‌کرده پس از سال‌ها تمرین، به نقطه‌ای می‌رسند که برای دست یابی به پیشرفت بیشتر، دچار مشکل می‌شوند (کریستوفیک و دیگران، ۲۰۱۹). بنابراین، در این مرحله، دستکاری متغیرهای تمرین و اعمال روش‌های تمرینی پیشرفته، برای عبور از فلات و یکنواختی، ضروری به نظر می‌رسد (کریستوفیک و دیگران، ۲۰۱۹؛ دی آلمیدا[1] و دیگران، ۲۰۱۹). برخی روش‌های تمرین مقاومتی بر اساس افزایش زمان تحت تنش[2] و حجم کل تمرین، طراحی شده‌اند که هر دو متغیرهای مهمی هستند و باید در طراحی تمرینات مقاومتی جهت ایجاد هایپرتروفی و بهره بردن از استرس متابولیک، مد نظر قرار گیرند. بنابراین، اجرای تکنیک‌های پیشرفته تمرین مقاومتی می‌تواند محرکی برای شکستن فلات در افراد تمرین‌کرده باشد (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹). هایپرتروفی عضلانی به تعادل پروتئین عضله هم وابسته است، بدین صورت که سنتز پروتئین در عضله باید بیشتر از تجزیه پروتئین باشد و در نتیجه تعادل مثبت پروتئین؛ برقرار باشد (شوئنفلد، ۲۰۱۳).

جدیدترین تکنیک‌ها و روش‌های تمرین مقاومتی که اغلب توسط مربیان و محققین استفاده می‌شود، شامل تمرین با تکرارهای آهسته[3]، نوبت های خوشه‌ای[4]، ترکیب تمرین مقاومتی با شدت بالا و شدت پایین تحت محدودیت جریان خون (BFR)، سیستم سوپرست[5]، جاینت ست[6]، دراپ ست[7]، پیش خستگی[8] و اخیرا؛ تمرین تحریک سارکوپلاسم[9] (SST) است (کریستوفیک و دیگران، ۲۰۱۹). با این‌حال، مقایسه بین روش‌های پیشرفته تمرین مقاومتی، به ویژه روش‌های جدید مانند روش تمرین تحریک سارکوپلاسم که توسط بدنسازان و افراد تمرین‌کرده استفاده می‌شود، در پیشینه و سوابق تحقیق کمیاب است (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹). استفاده از سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم در بین ورزشکاران پرورش اندام در حال افزایش است و شامل انواع مختلفی از عملکردهای عضلانی است که فواصل استراحت بسیار کوتاه بین نوبت‌ها را شامل می شود و بالطبع، زمان تحت تنش عضله ر بالا می برد. این روش در ابتدا توسط مربی سوئیسی پاتریک تووز[10] برای تشدید جلسات تمرین مقاومتی در ورزشکاران بسیار تمرین‌کرده، معرفی شد. تووز این فرضیه را مطرح کرد که ورزشکاران بسیار تمرین‌کرده به جایی می‌رسند که در آن روش‌های کلاسیک تمرین مقاومتی دیگر موثر نیست. بنابراین، سلول‌های عضلانی آن‌ها نیاز به محرک‌های بسیار متمایزی دارند، تا به خوبی تحریک شوند و خود را با آن سازگار کنند (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹). در طول جلسات تمرین تحریک سارکوپلاسم، مدت تمرین به دلیل استرس متابولیکی بالا (ناشی از فواصل استراحت کوتاه)، می‌تواند بسیار متفاوت باشد؛ چرا که هدف اصلی آن حفظ حداکثری تنش عضلانی، حتی با کاهش مدت زمان تمرین است (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹).

با افزایش سابقه تمرین، تحریک بیشتر عضلات برای هایپرتروفی دشوار می‌گردد؛ از این رو، لازم است ورزشکاران تمرین کرده برای کسب سازگاری‌های بیشتر و گذر از فلات، به دنبال بهره بردن از تکنیک‌های پیشرفته تمرینات مقاومتی باشند. با توجه به این که مقایسه بین روش‌های تمرینی پیشرفته، به ویژه روش‌های جدید کمتر مورد بررسی قرار گرفته است؛ انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، مقایسه اثرات حاد روش تمرین تحریک سارکوپلاسم در مقایسه با تمرین مقاومتی سنتی، بر دور عضله دوسر بازو[11]، نسبت تستوسترون به کورتیزول، و حجم پلاسما، حین دوره فلات (در پیشرفت) در ورزشکاران پرورش اندام بود.

روش تحقیق

نمونه آماری: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با رویکرد کاربردی بود. آزمودنی‌های این پژوهش شامل ۱۰ نفر (معین شده با نرم افزار Gpower 3.1.9.2: با توان آماری ۰/۸۰، خطای ۰/۰۵، و ضریب تاثیر ۰/۶۱) از مردان سالم تمرین کرده (۲۰ تا ۳۰ سال)، با سابقه تمرین سه تا چهار سال در رشته پرورش اندام بود. این افراد به صورت

1. de Almeida
2. Time under tension
3. Prolonged eccentric tempo
4. Cluster sets
5. Super sets
6. Giant sets
7. Drop sets
8. Pre exhaustion
9. Sarcoplasmic stimulating training
10. Patrick Tour
11. Bicep brachii

متقاطع در قالب یک گروه در مطالعه شرکت داده شدند؛ بدین صورت که یک گروه آزمودنی دو جلسه تمرین مقاومتی سنتی و تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم را به اجرا درآوردند. معیارهای ورود به تحقیق شامل عدم ابتلا به بیماری‌هایی همچون بیماری عصبی- عضلانی و قلبی- عروقی، عدم وجود آسیب‌های اسکلتی- عضلانی و همچنین برخورداری از سابقه تمرین بالا (حداقل ۳ سال با حداقل ۳ روز در هفته تمرین منظم) بود. همچنین لازم بود آزمودنی‌های پژوهش حداقل دو هفته در وضعیت فلات در پیشرفت قرار داشته باشند (که با ثابت ماندن و یا کاهش رکورد یک تکرار بیشینه دو سر بازو به مدت دو هفته مشخص گردید). مصرف الکل، دخانیات، عارض شدن آسیب و صدمه حین تمرین، استفاده از هرگونه استروئید آنابولیک[1] یا سایر داروهای غیرقانونی؛ و هرگونه تمرین در طول پژوهش؛ معیارهای خروج از تحقیق بودند. لازم به ذکر است افراد حاضر در تحقیق به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند و قبل از شروع تحقیق و پس از تشریح اهداف آن و توضیحات لازم درباره پروتکل‌های تمرینی، رضایت نامه کتبی شرکت در تحقیق را امضا کردند. علاوه بر این ها، تمامی موارد اخلاقی و حرفه‌ای در اجرای این پژوهش رعایت گردید و طرح مطالعه حاضر با شناسه IR.SBU.REC.1401.057 توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه شهید بهشتی مورد تایید قرار گرفت.

مراحل تحقیق: یک هفته پیش از شروع پژوهش و اجرای پروتکل‌های تمرینی، یک جلسه آشنایی با پروتکل‌های تمرینی برگزار شد و آزمون یک تکرار بیشینه (1RM) با استفاده از فرمول برزیسکی[2] (۱۹۹۵) در حرکت جلوبازو هالتر ایستاده تعیین گردید. هر آزمودنی دو بار در جلسات تمرین و با فاصله یک هفته از هم شرکت کرد و از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد، در طول پژوهش از انجام هرگونه تمرین مقاومتی دیگر، خودداری نمایند. همچنین به منظور جلوگیری از تاثیرگذاری ریتم شبانه روزی[3] بر ترشح هورمون‌ها و عوامل خونی، تمامی جلسات پژوهش در نوبت صبح (شروع از ساعت ۹ صبح) اجرا گردید. در هر دو جلسه تمرین، ابتدا وضعیت ترکیب بدن هر آزمودنی مشخص گردید. همچنین میزان آب بدن هر به منظور کنترل عوامل خونی و هورمونی، توسط نمودار رنگ ادرار بررسی شد؛ بدین صورت که از هر آزمودنی خواسته شد به مقداری آب بنوشد که نمودار رنگ ادرار ناشتایی، در محدوده یک تا سه باشد (لوپز[4] و دیگران، ۲۰۲۲). به منظور ارزیابی و اندازه‌گیری تورم عضله دوسربازو، محیط دور بازو و چربی زیرپوستی عضله دوسربازویی، به ترتیب با استفاده از متر نواری و کالیپر اندازه گیری شد و اعداد حاصله در فرمول بورش[5] قرار داده شد (بورش و دیگران، ۲۰۰۹). به منظور ارزیابی تغییرات حجم پلاسما پس از اجرای هر یک از پروتکل‌های تمرینی، دو سی سی خون برای تعیین عامل هماتولوژیک شمارش کامل خون[6] (CBC) و پنج سی سی خون به منظور ارزیابی سطوح هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول، از ورید بازویی[7] اخذ گردید.. جلسات پژوهش توسط هر آزمودنی به شرح زیر اجرا گردید:

جلسه تمرین سنتی: جلسه پروتکل تمرین با روش سنتی شامل اجرای هشت نوبت از حرکت جلو بازو هالتر ایستاده با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد 1RM تا ناتوانی بود که بین هر نوبت یک دقیقه استراحت لحاظ گردید. ناتوانی عضلانی[8] به صورت عدم توانایی در کامل کردن تکرار در مرحله درونگرای حرکت با تکنیک صحیح تعریف گردید (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹) (جدول یک).

جلسه تمرین تحریک سارکوپلاسم: جلسه تمرین با روش تحریک سارکوپلاسم شامل اجرای یک نوبت اولیه اجرا، با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد 1RM تا ناتوانی بود و دو نوبت دیگر هم به همین صورت، با ۲۰ ثانیه استراحت بین هر نوبت و بدون کاهش بار؛ انجام گردید. پس از نوبت سوم، ۲۰ درصد از بار کاسته شد و آزمودنی یک نوبت دیگر را با چهار ثانیه طی شدن مرحله برونگرا و یک ثانیه طی شدن مرحله درونگرای حرکت تا ناتوانی اجرا کرد. بعد از ۲۰ ثانیه استراحت، مجدداً ۲۰ درصد از بار کاسته شد و از آزمودنی خواسته شد تا یک نوبت دیگر را با طی کردن یک ثانیه مرحله برونگرا و چهار ثانیه مرحله درونگرا، اجرا نماید تا به ناتوانی برسد. در نهایت، برای نوبت پایانی مجدداً ۲۰ درصد از بار کاهش یافت و پس ازگذشت ۲۰ ثانیه، از فرد خواسته شد تا حرکت را به صورت انقباض ایزومتریک[1] (نگه داشتن هالتر به صورت

1. Anabolic steroids
2. Brzycki formula
3. Circadian rhythm
4. Lopez
5. Buresh formula
6. Complete blood count
7. Brachial vein
8. Muscle failure

ایستا در زاویه ۹۰ درجه خم شده مفصل آرنج) تا حد ناتوانی اجرا نماید. در مجموع، شش نوبت در این تکنیک تمرینی پیشرفته اجرا گردید (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹) (جدول یک).

جدول ۱. جزئیات پروتکل تمرین مقاومتی سنتی و پروتکل تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم

پروتکل تمرین	شکل و شدت تمرین	مدت زمان استراحت بین نوبت‌ها
پروتکل مقاومتی سنتی	هشت نوبت، با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد یک 1RM تا ناتوانی	۶۰ ثانیه
پروتکل تحریک سارکوپلاسم	1RM مرحله اول: سه نوبت تا ناتوانی با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد مرحله دوم: یک نوبت تا ناتوانی با طی شدن چهار ثانیه بخش برونگرا و یک ثانیه بخش درونگرا مرحله سوم: یک نوبت تا ناتوانی با طی شدن چهار ثانیه بخش درونگرا و یک ثانیه بخش برونگرا مرحله چهارم: اجرای یک نوبت تا ناتوانی به صورت ایزومتریک در زاویه ۹۰ درجه فلکشن آرنج	۲۰ ثانیه

حجم تمرین: حجم کل تمرین در حرکت جلوبازو هالتر (فلکشن آرنج)، بر اساس فرمول ارائه شده توسط بیچل[2] و دیگران (۲۰۰۸) محاسبه گردید (مقدار وزنه× تعداد تکرار× تعداد نوبت= حجم تمرین).

اندازه گیری مشخصات فردی و ویژگی‌های ترکیب بدنی[3]: ترکیب بدنی شامل قد (بر حسب متر)، وزن (بر حسب کیلوگرم)، درصد چربی، و آب بدن؛ توسط دستگاه سنجش ترکیب بدن (مدل Inbody 270، ساخت کره جنوبی) تعیین گردید. همچنین شاخص توده بدن[4] (BMI) بر اساس روش تقسیم وزن بر مجذور قد برآورد شد. میانگین وزن شرکت کنندگان در مطالعه ۴/۹ ± ۸۳/۵ کیلوگرم، و میانگین قد ۴/۵ ± ۱۷۸ سانتی متر، و میانگین چربی آن‌ها، ۳ ± ۱۴ درصد بود.

اندازه گیری دور عضله دوسر بازو: اندازه گیری محیط دور بازو و چربی زیر پوست عضله دوسر بازویی، قبل و همچنین بلافاصله بعد از اجرای هر پروتکل در هر جلسه، به ترتیب با استفاده از متر نواری و کالیپر[5] انجام گردید و اعداد حاصله در فرمول ذیل قرار داده شد؛ سپس سطح مقطع عضله دوسر بازو با روش بورش محاسبه گردید (بورش و دیگران، ۲۰۰۹). به منظور دقت در اندازه‌گیری، پیک[6] عضله دوسر بازو علامت گذاری شد.

سطح مقطع دو سر =ﻝ{محیط بازو ÷ 2π) – (چین پوستی ÷۲)}^{۲}-۵/۵

ﻝ: ۳/۱۴

نحوه جمع آوری و آنالیز نمونه‌های خونی: مقدار پنج سی سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها، قبل و ۱۵ دقیقه بعد اجرای هر پروتکل توسط یک فرد مجرب، اخذ گردید. بلافاصله نمونه‌های خون به کول باکس[7] انتقال یافت و به آزمایشگاه بیمارستان فرهیختگان تهران ارسال گردید. نمونه های خونی در لوله‌های حاوی ضد انعقاد اتیلن دی آمین تترا استیک اسید[8] (EDTA) ریخته شد و در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. پروتکل جداسازی پلاسما شامل سانتریفیوژ نمونه‌های خون با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد بود. سپس سطوح تستوسترون و کورتیزول به ترتیب، با استفاده از کیت IBL آمریکا و کیت مونوباند[9] (نمونه ۱۰ میکرولیتر، حساسیت ۰/۰۳۸ نانوگرم/میلی لیتر) با روش الایزا ارزیابی گردید.

تغییرات حجم پلاسما: برای ارزیابی عوامل هماتولوژیک، مقدار دو سی سی خون به لوله‌های حاوی ماده‌ی ضد انعقاد EDTA منتقل شد. پس از تعیین هموگلوبین[10] (HB) و هماتوکریت[11] (HCT) ، تخمین تغییرات حجم پلاسما[12] (PVV) با استفاده از معادله دیل و کاستیل[13] (۱۹۷۴) که توسط سایر نویسندگان (اسکندری و دیگران، ۲۰۲۰) در پاسخ به فعالیت ورزشی و سازگاری پس از تمرین استفاده شده است، محاسبه گردید. طبق فرمول ذیل، تغییرات حجم پلاسما به صورت PVV% محاسبه می‌گردد:

1. Isometric contraction
2. Beachle
3. Body composition
4. Body mass index
5. Caliper
6. Peak
7. Cool box
8. Ethylenediamine tetraacetic acid
9. Monobind
10. Hemoglobin
11. Hematocrit
12. Plasma Volume Variations
13. Dill & Costill

۱۰۰ -{ هماتوکریت قبل-۱÷ هماتوکریت بعد-۱) × (هموگلوبین بعد از تمرین ÷ هموگلوبین قبل از تمرین)}×۱۰۰= درصد تغییرات حجم پلاسما

پس از تعیین تغییرات حجم پلاسما، سایر عوامل نسبت به تغییرات حجم پلاسما و با استفاده از فرمول ذیل، اصلاح گردید (شرک[1] و دیگران، ۲۰۱۳).

۱۰۰ ÷{ درصد تغییرات حجم پلاسما +۱۰۰ }×مقدار اصلاح نشده = مقدار اصلاح شده

برای کاهش همولیز[2] خارج رگی، نکاتی که به دنبال می‌آید؛ رعایت شد: ۱. بستن تورنیکت به شکلی که فشار خون بیش از حد به بازو وارد نشود؛ ۲. عدم بستن طولانی مدت تورنیکت جهت خونگیری؛ ۳. عدم طولانی بودن پروسه خون گیری و انتقال نمونه های خونی به کول باکس؛ ۴. انجام خونگیری با سرعت بسیار کم.

روش‌های آماری: از آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی و ترسیم نمودارها و جداول استفاده گردید. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک[3] استفاده گردید و پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، اختلاف مقادیر پیش آزمون و پس آزمون هر پروتکل، برای هر متغیر مشخص گردید و میزان تغییرات با استفاده از آزمون آماری t زوجی[4] بررسی شد. . برای انجام عملیات آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده گردید و سطح معنی داری در تمام آزمون‌های آماری، p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین حجم کل تمرین در جلسه تمرین مقاومتی سنتی برابر با ۱۷۵±۱۴۱۷ کیلوگرم و در جلسه تمرین تحریک سارکوپلاسم، برابر با ۱۴۲ ± ۱۱۸۹ کیلوگرم بود. بر اساس نتایج حاصل از آزمون t زوجی، حجم کل تمرین در جلسات تمرین سنتی به طور معنی دار (p=۰/۰۰۱) بالاتر از تمرین تحریک سارکوپلاسم بود. با وجود حجم تمرین بالاتر تمرین سنتی، دور عضله دوسر بازویی با یک جلسه تمرین تحریک سارکوپلاسم به طور معنی دار (p=۰/۰۳) بیشتر بود. از نتایج مهم مطالعه حاضر این بود که سطح تستوسترون پس از اجرای هر دو پروتکل تمرین مقاومتی سنتی و تحریک سارکوپلاسم تغییر معنی داری نداشت و تفاوتی هم بین اثر دو پروتکل مشاهده نگردید (p=۰/۴۵). همچنین تغییرات در سطوح کورتیزول به لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (p=۰/۸۰). نتایج آزمون t زوجی نشان داد که بین دو پروتکل اجرایی، یعنی تمرین سنتی و تحریک سارکوپلاسم بر سطوح هورمون‌های تستوسترون، کورتیزول، نسبت تستوسترون به کورتیزول تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (جدول دو).

صرف نظر از نوع پروتکل اجرایی، حجم پلاسما پس اجرای هر دو پروتکل تغییر معنی داری نکرد. البته کاهش در جلسه تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم نسبت به سیستم تمرین مقاومتی سنتی بالاتر بود؛ اما از نظر آماری مشخص شد که این تغییر معنی‌دار نیست (p=۰/۳۰). بنابراین، با وجود تورم عضلانی حاد بیشتر در عضله دوسر بازو در نتیجه اجرای سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم، در تحقیق حاضر، ارتباطی بین نوع سیستم تمرین مقاومتی و تغییرات حجم پلاسما یافت نشد.

بحث

با وجود حجم کمتر تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم نسبت به تمرین مقاومتی سنتی، تورم حاد بیشتری در عضله دوسر بازو در روش تمرین تحریک سارکوپلاسم مشاهده گردید. این ویژگی برای ورزشکاران پیشرفته در مرحله فلات در پیشرفت، مهم به نظر می‌رسد. مطالعات انجام شده در این حوزه که بر روی تورم سلولی و استرس متابولیک ناشی از تمرین مقاومتی انجام شده است، نتایج مشابهی را در این زمینه گزارش کرده‌اند و به نظر می‌رسد که روش‌های پیشرفته تمرین مقاومتی، مانند تمرین تحریک سارکوپلاسم، دراپ ست، روش استراحت – توقف[5] و ...؛ سبب تورم عضلانی حاد بیشتری در عضله می‌شوند (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹؛ فینک و دیگران، ۲۰۱۸). در تحقیقی، پنزر[6] و دیگران (۲۰۱۶) از یک حرکت فلکشن آرنج[7] برای مقایسه اثر دو پروتکل تمرین ۳/۷ و پروتکل سنتی بر فعالیت عضلانی و اکسیژن رسانی بافتی استفاده کردند.

1. Sherk
2. Hemolysis
3. Shapiro Wilk test
4. Paired sample t-test
5. Rest-pause
6. Penzer
7. Elbow flexion

جدول ۲. توصیف (میانگین± انحراف استاندارد) و مقایسه متغیرهای وابسته تحقیق

متغیرها	مراحل	تمرین مقاومتی سنتی	تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم	t	p
حجم کل تمرین (کیلوگرم)		۱۴۱۷ ± ۱۷۵	۱۱۸۹ ± ۱۴۲	۶/۵۳	۰/۰۰۱
سطح مقطع عضله دوسر بازو (سانتی متر)	پیش آزمون	۳۹/۶۰ ± ۲/۵۷	۳۹ ± ۱/۶۸	۲/۶۸	۰/۰۳
	پس آزمون	۴۲/۵۰ ± ۳/۰۷	۴۴/۴۰ ± ۴/۲۸		
غلظت تستوسترون (نانوگرم/دسی لیتر)	پیش آزمون	۴۴۲/۵۰ ± ۵۸/۷۰	۳۹۹/۶۰ ± ۲۹/۲۶	-۰/۷۹	۰/۴۵
	پس آزمون	۴۶۵ ± ۵۴/۷۱	۴۰۲/۶۰ ± ۵۷/۵		
غلظت کورتیزول (نانوگرم/دسی لیتر)	پیش آزمون	۱۱/۰۴ ± ۱/۴۳	۱۲/۱۴ ± ۱/۹۴	۰/۲۶	۰/۸۰
	پس آزمون	۱۰/۴ ± ۲/۰۳	۱۱/۸۵ ± ۱/۸۹		
نسبت تستوسترون به کورتیزل	پیش آزمون	۴۰/۶۰± ۷	۳۳/۵۰ ± ۵/۱۹	-۱/۲۴	۰/۲۵
	پس آزمون	۴۵/۸۰ ± ۱۰/۴۰	۳۴/۶۰ ± ۶/۹۸		
تغییرات حجم پلاسما (درصد)		-۲/۹۰ ± ۱/۴۶	-۳/۶۰ ± ۱/۵۸	۱/۱۳	۰/۳۰

پروتکل تمرین ۳/۷ متشکل از یک نوبت با سه تکرار، یک نوبت با چهار تکرار، یک نوبت با پنج تکرار، یک نوبت با شش تکرار، یک نوبت با هفت تکرار با فواصل استراحت ۱۵ ثانیه بین نوبت‌ها بود و پروتکل سنتی به صورت چهار نوبت شش تکراری (۶×۴) یا هشت نوبت شش تکراری (۸×۶) با شدت تمرین ۷۰ درصد 1RM و ۱۵۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها؛ به اجرا درآمد. روش ۳/۷ با فعالیت عضلانی بیشتر و کمبود اکسیژن بافت، همراه بود؛ بنابراین، می توان گفت فواصل استراحت بسیار کوتاه بین نوبت‌ها در طول تمرین خم کردن (فلکشن) بازو، منجر به نیاز متابولیکی بیشتر شده است. این نتایج تا حدودی شبیه به نتایج مشاهده شده در طی جلسات تحریک سارکوپلاسم است، زیرا فواصل استراحتی در این روش بسیار کوتاه بوده و از این رو، تورم حاد بیشتری را نسبت به روش سنتی، ایجاد می‌کند؛ روندی که احتمالاً به دلیل افزایش نیازهای متابولیک موضعی است (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹). در تحقیقی دیگر، فینک و دیگران (۲۰۱۸) به مقایسه اثرگذاری دو روش تمرین مقاومتی متفاوت در بار و فواصل استراحتی، بر پاسخ‌های حاد و بلند مدت پرداختند. گروه تمرین مقاومتی با بار کم و فواصل استراحتی کوتاه، افزایش قابل توجهی در آزادسازی هورمون رشد و افزایش بیشتر دور عضله دو سر بازو به صورت حاد، بلافاصله پس از تمرین نشان دادند. در تحقیقاتی دیگر هم مشخص شده است که فواصل استراحت کوتاه، احتمالاً باعث افزایش بیشتر در هورمون رشد (نشانگر استرس متابولیک) می‌شود (فکری و دیگران، ۲۰۲۲). در تحقیق فینک و دیگران نیز نتایج مشابهی گزارش شده و هورمون رشد در گروه با فاصله استراحت کوتاه، بالاتر بوده است. با این‌حال، هیچ ارتباط معنی داری بین افزایش حاد هورمون رشد و سطح مقطع عضله، مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد که افزایش حاد هورمون رشد، ارتباط مستقیمی با هایپرتروفی عضلانی ندارد (فینک و دیگران، ۲۰۱۸). در پژوهش حاضر، اگرچه حجم کل تمرین به طور قابل توجهی در جلسه تحریک سارکوپلاسم نسبت به روش سنتی کمتر بود، استرس متابولیک موضعی بالا، فواصل استراحت بسیار کوتاه بین نوبت‌ها، و همچنین انواع مختلف انقباض عضله (اسنتریک[1]، کانسنتریک[2]، ایزومتریک[3])؛ باعث تورم حاد بیشتری در عضله دوسر بازو نسبت به روش سنتی شد. در پژوهشی مشابه که توسط دی آلمیدا و دیگران (۲۰۱۹) انجام شده است، تورم حاد بیشتری در عضله دوسر و سه سر بازو، در نتیجه اجرای سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم نسبت به روش سنتی؛ گزارش شده است.

مهم‌ترین متابولیت‌های استرسی در حین تمرین در عضله، لاکتات، یون هیدروژن و فسفات (Pi) می‌باشند (شوئنفلد، ۲۰۱۳). در بین این عوامل، افزایش سطوح لاکتات عضله، نقش مهمی در ایجاد استرس متابولیک و هایپرتروفی عضلانی ایجاد می‌کند. افزایش لاکتات در عضله، سبب افزایش فشار اسمزی[1] در سلول‌های عضلانی شده و به تورم

1. Eccentric
2. Concentric
3. Isometric

سلولی منجر می‌شود. این تورم، کششی در سلول عضلانی ایجاد می‌کند که منجر به فعال سازی مسیرهایی خاص می گردد. در واقع، نشان داده شده است که افزایش سطوح لاکتات، می‌تواند از طریق تورم سلولی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن[2] (ROS)، و رهاسازی هورمون‌های آنابولیک؛ منجر به افزایش استرس متابولیک در عضله و متعاقب آن، هایپرتروفی شود. وقوع تورم سلولی در اثر تجمع لاکتات و متابولیت‌های دیگر، مثل یون هیدروژن و فسفات معدنی، منجر به افزایش سنتز و کاهش تجزیه پروتئین، از طریق فعال سازی مسیر پروتئین کیناز فعال شده با میتوژن[3] (MAPK) می‌شود (شوئنفلد، ۲۰۱۳؛ حاتمی و دیگران، ۲۰۱۹)؛ پاسخی که به منظور تقویت ساختار سلول برای جلوگیری از آسیب به آن، ضروری می‌باشد و توسط فشار وارده بر اسکلت سلولی، ایجاد می‌شود (دفریتاس[4] و دیگران، ۲۰۱۷). همچنین، بین این تورم عضلانی حاد با فعال شدن اینتگرین[5] که یک پروتئین غشایی مسئول تحریک سازوکارهای آنابولیک درون‌سلولی و کاهش فرآیندهای کاتابولیک از طریق افزایش در سنتز پروتئین عضله است، ارتباط وجود دارد (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹). علاوه بر این، تجمع لاکتات در سلول عضلانی، باعث تکثیر بیشتر سلول‌های ماهواره‌ای[6] می‌شود که خود در هایپرتروفی میوفیبریل‌ها موثر هستند. به علاوه، افزایش بیان فولیستاتین[7] و فرم فسفریله mTOR در اثر تجمع لاکتات در سلول‌ها نیز در تحقیقات پیشین گزارش شده است. با توجه به اثرات آنابولیک یاد شده برای لاکتات، احتمالا می‌توان از افزایش سطوح لاکتات در حین تمرین مقاومتی برای بهبود هایپرتروفی بهره برد (حاتمی و دیگران، ۲۰۱۹). حاتمی و دیگران (۲۰۱۹) مشخص کرده اند که سطوح لاکتات خون بعد از اجرای حرکت اسکات در دو گروه مقاومتی لاکتیکی و مقاومتی سنتی؛ به طور معنی‌داری نسبت به سطح پایه، افزایش می یابد و تغییرات لاکتات بین دو نوع تمرین اجرا شده، متفاوت است. تغییرات مشاهده شده نشان از اعمال استرس متابولیک و فشار مکانیکی بالاتر به عضله، با انجام روش تمرین مقاومتی لاکتیکی در مقایسه با روش مقاومتی سنتی دارد. به نظر می‌رسد که سازوکاری مانند استرس متابولیک حاد ناشی از تمرین مقاومتی، سبب افزایش هیدراتاسیون داخل سلولی و افزایش محتوای آب سلول‌های عضلانی (تورم سلولی) و در نتیجه، پمپ عضلانی می‌شود که احتمالاً به حجم کاری بیشتر (یعنی حجم کاری که منجر به تنش بیشتر در زمان کمتر می شود) بستگی دارد (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹)، و به عنوان یک محرک مهم برای رشد عضلانی در شرایط تجمع متابولیت در نظر گرفته می شود (دفریتاس و دیگران، ۲۰۱۷). محققان هم چنین پیشنهاد کرده‌اند که استرس متابولیک، تاثیر مهمی بر ترشح هورمون‌ها، هایپوکسی[8]، تورم سلولی و تولید ROS دارد (شوئنفلد، ۲۰۱۰؛ شوئنفلد، ۲۰۱۳). همه این عوامل می‌توانند واسطه پیام دهی آنابولیک باشند که سنتز پروتئین عضلات و فعال سازی سلول‌های ماهواره‌ای را تحریک می‌کند (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶؛ شوئنفلد، ۲۰۱۳). بنابراین، چنین سازوکاری احتمالاً در پروتکل تحریک سارکوپلاسم و سایر پروتکل‌هایی که استرس متابولیک حاد بیشتری ایجاد می‌کنند، رخ داده و سبب افزایش در قدرت و رشد عضلانی می‌شود (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹).

از دیگر یافته های تحقیق حاضر، پاسخ هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول و نسبت تستوسترون به کورتیزول، به نوع پروتکل تمرین اجرا شده بود. در تحقیق حاضر پس از اجرای هر دو پروتکل تمرین مقاومتی، سطح تستوسترون تغییر معنی دار نکرد (افزایش غیر معنی دار) و تفاوتی نیز بین دو پروتکل اجرا شده مشاهده نگردید. گزارش شده که تمرین مقاومتی غلظت تستوسترون تام مردان را به طور حاد افزایش می‌دهد (کرامر و راتمس[9]، ۲۰۰۵). این افزایش به عواملی چون کاهش حجم پلاسما، تحریک آدرنرژیک، تحریک ترشح لاکتات، سازگاری‌های بالقوه در سنتز تستوسترون، و یا ظرفیت ترشحی سلول های لایدیگ در بیضه‌ها؛ نسبت داده شده است (کرامر و راتمس، ۲۰۰۵؛ لین[10] و دیگران، ۲۰۰۱). البته این تستوسترون آزاد است که از نظر بیولوژیکی فعال می‌باشد و قادر به تعامل با گیرنده‌های آندروژنیک[11] (AR) است. در برخی از مطالعات نشان داده شده است که پاسخ تستوسترون آزاد با

1. Osmotic pressure
2. Reactive oxygen species
3. Mitogen- activated protein kinase
4. de Freitas
5. Integrin
6. Satellite cells
7. Follistatin
8. Hypoxia
9. Kraemer & Ratamess
10. Lin
11. Androgen receptors

تستوسترون تام، هم جهت است؛ در حالی که عدم پاسخ یا کاهش این هورمون در برخی مطالعات نشان داده شده است (کرامر و راتمس، ۲۰۰۵). ترمبلی[1] و دیگران (۲۰۰۴) افزایش غلظت تستوسترون آزاد پس از تمرین مقاومتی، را گزارش کرده اند. به نظر می‌رسد عوامل متعددی بر پاسخ حاد تستوسترون تام سرم به تمرین مقاومتی، تأثیر می‌گذارد. نشان داده شده است که میزان این افزایش حاد در طول تمرین مقاومتی، تحت تأثیر توده عضلانی درگیر (یعنی تمرینات انتخاب شده)، شدت و حجم تمرین، شرایط تغذیه‌ای و سابقه تمرین؛ قرار می گیرد. طبق بعضی یافته ها، تمریناتی مانند لیفت، ددلیفت، و پرش اسکوات که گروه‌های عضلانی بزرگ را درگیر می کنند، در مقایسه با تمریناتی که گروه‌های عضلانی کوچک را به کار می‌گیرند، باعث افزایش بیشتر تستوسترون می‌شوند؛ زیرا استرس متابولیک زیادی را اعمال می‌کنند و این استرس متابولیک بالا، ممکن است محرکی برای ترشح تستوسترون باشد (کرامر و راتمس، ۲۰۰۵). بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش حاد تستوسترون پس از تمرین، ممکن است مستقیماً با افزایش سرعت سنتز پروتئین و در عین حال، مهار پروتئولیز، آنابولیسم را تحریک کند (شوئنفلد، ۲۰۱۳). برخی مطالعات نشان داده‌اند که برنامه‌های تمرین مقاومتی هایپرتروفی محور، لزوما با افزایش بیشتر تستوسترون پس از ورزش همراه نیستند (مک کالی[2] و دیگران، ۲۰۰۹). به عنوان مثال، در تمرین کاتسو[3] که یک روش تمرینی است که در آن قسمت بالایی اندام در حال تمرین، با استفاده از یک باند الاستیکی بسته و فشرده می‌شود، با وجود سطوح بالای متابولیت‌ها در نتیجه استرس متابولیک زیاد، تفاوت قابل توجهی در افزایش تستوسترون پس از ورزش مشاهده نشده است (فوجیتا[4] و دیگران، ۲۰۰۷). در تحقیق ریوس[5] و دیگران (۲۰۰۶) گزارش شده که با وجود پاسخ لاکتات مشابه بین دو گروه تمرین، تمرین مقاومتی سبک با انسداد عروقی، پاسخ هورمون رشد بیشتری نسبت به تمرین مقاومتی متوسط بدون انسداد، ایجاد می‌کند؛ اما بر تستوسترون و کورتیزول اثر ندارد. در سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم نیز با وجود فواصل استراحت کوتاه بین نوبت‌ها و استرس متابولیک زیاد، افزایش قابل ملاحظه‌ای در سطح تستوسترون پس از تمرین نسبت به روش سنتی، مشاهده نگردید. این نتیجه از یافته‌های پیشین در این باره، حمایت می‌کند. اگرچه نشان داده شده است که لاکتات ایجاد شده ناشی از استرس متابولیک و هایپوکسی، ممکن است مستقیماً سنتز تستوسترون را در سلول‌های لایدیگ تحریک کند (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶)؛ سطح تستوسترون بعد از هر اجرای هر دو پروتکل تمرین، تقریباً بدون تغییر بود. طبق فرضیه، انتظار می‌رفت که سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم به واسطه ایجاد استرس متابولیک بیشتر، سبب افزایش بیشتری در سطح تستوسترون نسبت به روش سنتی گردد؛ اما اینطور نشد. از آنجا که به نظر می‌رسد ترشح تستوسترون از یک سازوکار وابسته به دوز-پاسخ[6] پیروی می‌کند (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶)، احتمالاً این پروتکل از شدت کافی برای تحریک آزادسازی تستوسترون برخوردار نبوده است. قابل ذکر است که جنسیت، سن، سابقه تمرینی و وضعیت تغذیه، می‌تواند بر ترشح تستوسترون تاثیر بگذارد (شوئنفلد، ۲۰۱۳) و این عوامل می‌توانند توجیه کننده ناهمسویی در یافته‌های به دست آمده باشند. بررسی بیشتر در مورد موضوع مورد نیاز است، تا بتوان به نتیجه قطعی‌تری رسید. موضوع دیگر که بهتر است به آن توجه شود این است که در پژوهش حاضر، از تمرینی استفاده گردید که عضلات کوچک (دوسر بازو) را درگیر می کند و قبلا اشاره گردید که استفاده از تمریناتی که گروه‌های عضلانی بزرگ را درگیر می‌کنند، باعث افزایش بیشتر در سطح تستوسترون پس از تمرین می‌شوند.

در تحقیق حاضر، تفاوت قابل توجهی در سطح کورتیزول قبل و بعد از هر پروتکل مشاهده نگردید. تعیین پاسخ کورتیزول به نوع پروتکل اجرا شده بسیار مهم بود، چرا که نسبت تستوسترون به کورتیزول در آنابولیسم ناشی از تمرین مقاومتی نقش دارد (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶). طبق مقاله مروری که اخیراً منتشر شده است، در مورد تأثیر حاد تمرین مقاومتی بر هورمون‌های مسیر عصبی غدد درون‌ریز، الگوهای پاسخ متفاوتی برای هورمون‌های مختلف نشان داده شده است (هاونهورست[7] و دیگران، ۲۰۲۲). به طور کلی، نتایج مربوط به جهت تغییر کورتیزول پس

1. Tremblay
2. McCaulley
3. Kaatsu
4. Fujita
5. Reeves
6. Dose-response relationship
7. Haunhorst

از تمرین مقاومتی، ناشناخته و غیر مشخص باقی مانده است؛ زیرا نتایج از ۱۶۷-۴۸ درصد در بین گروه‌های مورد مطالعه و مداخله، متغیر می باشد (هاونهورست و دیگران، ۲۰۲۲). در رابطه با تاثیر فواصل استراحتی بر پاسخ کورتیزول، مطالعات انجام شده در مورد افراد جوان با تجربه اجراکننده تمرین مقاومتی نشان داده که فواصل استراحت کوتاه‌تر یک دقیقه‌ای بین نوبت‌ها، به ترتیب تغییرات بیشتری را نسبت به دو یا سه دقیقه استراحت، ایجاد می‌کند (رحیمی و دیگران، ۲۰۱۰). نشان داده شده است که پاسخ کورتیزول به ورزش عمدتاً پس از ورزش با شدت بالا به جای شدت کم، رخ می‌دهد (هاونهورست و دیگران، ۲۰۲۲). در مطالعه حاضر از بار کاری کم تا متوسط استفاده گردید و ممکن بود در صورت استفاده از شدت بالاتر، پاسخ مشخص‌تری از سطح کورتیزول بدست می‌آمد. همچنین استفاده از فواصل استراحت کوتاه در جلسه تمرین تحریک سارکوپلاسم، منجر به افزایش سطح کورتیزول پس از تمرین نگردید و این نتیجه ممکن است نشان دهنده عدم ارتباط بین استرس متابولیک ناشی از تمرین مقاومتی و سطح کورتیزول باشد. این نتیجه گیری همسو با یافته‌های قبلی بود که در آن هیچ ارتباط معنی داری بین سطوح کورتیزول و استرس متابولیک ناشی از تمرین گزارش نشده است (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶). کرامر و دیگران (۱۹۹۹) گزارش کرده اند که در افراد تمرین کرده (نسبت به غیر تمرین کرده)، سطح کورتیزول پس از تمرین، بیشتر کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر از ورزشکاران تمرین‌کرده مقاومتی که حداقل سه سال سابقه فعالیت منظم مقاومتی داشتند، استفاده گردید و ممکن است دلیل تغییرات بسیار کم در سطوح کورتیزول پس از تمرین، به علت سابقه تمرین بالای این افراد باشد. با این حال، با توجه به عوامل و شرایط مختلف که بر پاسخ کورتیزول تاثیرگذار هستند، تحقیقات بیشتر در این زمینه، به منظور نتیجه‌گیری قطعی پیشنهاد می‌گردد. با توجه به نتایج به دست آمده از پاسخ هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول در مطالعه حاضر، می‌توان گفت که سازوکارهای موضعی درون عضلات اسکلتی، محرک‌های اولیه رشد عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی و مستقل از پاسخ‌های هورمونی پس از تمرین می باشند (لاورنتینو[1] و دیگران، ۲۰۲۲).

با وجود تورم سلولی حاد بیشتر در عضله دوسربازو در نتیجه اجرای تمرین تحریک سارکوپلاسم، در تحقیق حاضر ارتباط معنی‌داری بین نوع پروتکل تمرین مقاومتی و تغییرات حجم پلاسما یافت نشد. نتایج حاضر بنوعی همسو با مطالعات قبلی است که کاهش حجم پلاسما را بین ۱۰-۲/۵ درصد نشان داده اند (اولیویرا[2] و دیگران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، مشخص شده است که این تغییرات به متغیرهای تمرینی درگیر در جلسه تمرین مقاومتی و نوع تمرین بستگی دارد (اولیویرا و دیگران، ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، استفاده از حجم عضلانی کمتر، افراد شرکت کننده، شدت متوسط پروتکل تمرینی و نیز شرایط آب رسانی مناسب قبل از تمرین؛ با عدم تغییر حجم پلاسما همراه بود. با وجود نتایج تحقیق حاضر و اثبات اثربخشی تمرینات تحریک سارکوپلاسم همانند تمرینات سنتی، به نظر می‌رسد تغییرات ساختاری در عضله و افزایش حجم عضلانی و نیز عوامل هورمونی؛ به مدت زمان طولانی نیاز دارد و با توجه به این که تحقیق حاضر در زمان اپیدمی بیماری کرونا انجام گردیده است، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، تعداد افراد بیشتری در شرایط عادی مورد مطالعه قرار گیرند. همچنین بهتر است تاثیر پروتکل تحریک سارکوپلاسم بر سازگاری‌های هایپرتروفیک، به صورت بلند مدت بررسی شود و مشخص گردد که بین این پاسخ‌های حاد با پاسخ‌های بیوشیمیایی مزمن و سازگاری‌های عضلانی؛ چه ارتباطی وجود دارد. همچنین پیشنهاد می‌شود به منظور بررسی دقیق‌تر پاسخ هورمون‌های تستوسترون و کورتیزول، از گروه‌های عضلانی بزرگ‌تر در پژوهش‌های آتی استفاده گردد و به منظور ارزیابی دقیق‌تر استرس متابولیک ناشی از تمرین، اندازه‌گیری آنزیم‌های لاکتات دهیدروژناز[3] (LDH)، کراتین کیناز[4] (CK) و هورمون رشد؛ مد نظر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری: با وجود تورم سلولی حاد بیشتر در عضله دوسربازو در نتیجه اجرای تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم، در تحقیق حاضر ارتباط معنی‌داری بین نوع پروتکل تمرین‌مقاومتی (سنتی در برابر تحریک سارکوپلاسم)

1. Laurentino
2. De Oliveira
3. Lactate dehydrogenase
4. Creatine kinase

و سطح تستوسترون یا کورتیزول، و نیز تغییرات حجم پلاسما یافت نشد. با این وجود، حجم کمتر تمرین مقاومتی تحریک سارکوپلاسم در مقایسه با تمرین سنتی، نکته‌ای است که باید به آن توجه داشت. انجام تمرین تحریک سارکوپلاسم در دوره فلات در پیشرفت، به ویژه به مدت طولانی‌تر و نیز به کار گیری عضلات بزرگتر و چند مفصله؛ همراه با سنجش نقش عضلات درگیر، نکته‌ای است که باید در مطالعات آتی مورد توجه قرار گیرد. بر اساس به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، می توان گفت که استفاده از سیستم تحریک سارکوپلاسم در پرورش اندام کاران در دوره فلات یا افراد با سابقه تمرین مقاومتی بالا که به سختی سازگاری‌های هایپرتروفیک در آن ها پیشرفت می‌کند، ممکن است مزایایی به همراه داشته باشد. با این‌حال، به منظور نتیجه‌گیری دقیق‌تر، تاثیرات بلند مدت سیستم تحریک سارکوپلاسم بر هایپرتروفی باید مشخص گردد.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی برای نویسندگان در تحقیق حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

نویسندگان تحقیق حاضر بر خود لازم می‌دانند تا از شرکت آزمودنی‌های پرورش اندام در تحقیق حاضر؛ کمال سپاسگزاری را داشته باشند.

منابع

Brzycki, M. (1995). *A practical approach to strength training*: **first eddition, Contemporary Books. https://lccn.loc.gov/91018017.**

Buresh, R., Berg, K., & French, J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23***(1), 62-71. http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0b013e318185f14a**

De Almeida, F. N., Lopes, C. R., Conceição, R. M.D., Oenning, L., Crisp, A.H., De Sousa, N.M.F., & Prestes, J. (2019). Acute effects of the new method sarcoplasma stimulating training versus traditional resistance training on total training volume, lactate and muscle thickness. *Frontiers in Physiology***, 579. http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2019.00579**

de Freitas, M.C., Gerosa-Neto, J., Zanchi, N.E., Lira, F.S., & Rossi, F.E. (2017). Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. *World Journal of Methodology, 7***(2), 46. http://dx.doi.org/10.5662/wjm.v7.i2.46**

de Oliveira Teixeira, A., Franco, O.S., Borges, M.M., Noronha Martins, C., Fernando Guerreiro, L., da Rosa, C.E., & Signori, L.U. (2014). The importance of adjustments for changes in plasma volume in the interpretation of hematological and inflammatory responses after resistance exercise. *Journal of Exercise Physiology Online, 17***(4), 261-268. https://doi.org/10.1111/cpf.12409**

Eskandari, A., Fashi, M., Saeidi, A., Boullosa, D., Laher, I., Ben Abderrahman, A., & Zouhal, H. (2020). Resistance exercise in a hot environment alters serum markers in untrained males. *Frontiers in Physiology, 11***, 597. http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2020.00597**

Fekri-Kurabbaslou, V., Shams, S., & Amani-Shalamzari, S. (2022). Effect of different recovery modes during resistance training with blood flow restriction on hormonal levels and performance in young men: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 14***(1), 1-10. http://dx.doi.org/10.1186/s13102-022-00442-0**

Fink, J., Kikuchi, N., & Nakazato, K. (2018). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clinical Physiology and Functional Imaging, 38***(2), 261-268. http://dx.doi.org/10.1111/cpf.12409**

Fujita, S., Abe, T., Drummond, M.J., Cadenas, J.G., Dreyer, H.C., Sato, Y., & Rasmussen, B.B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology, 103***(3), 903-910. http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.00195.2007**

Hatami, M., Nikooie, R., & Enhesari, A. (2019). Presentation of lacto-resistance training method and comparing its effect on muscle hypertrophy with traditional resistance training In professional bodybuilders. *Journal of Applied Exercise Physiology, 15***(29), 169-181. [In Persian]. http://dx.doi.org/10.1007/s11332-023-01106-3**

Haunhorst, S., Bloch, W., Ringleb, M., Fennen, L., Wagner, H., Gabriel, H. H., & Puta, C. (2022). Acute effects of heavy resistance exercise on biomarkers of neuroendocrine-immune regulation in healthy adults: a systematic review. *Exercise Immunology Review, 28*, **36-52. http://dx.doi.org/10.1101/2023.05.10.23289790**

Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Maresh, C.M., Ratamess, N.A., Gordon, S.E., Goetz, K.L., ... & Mazzetti, S.A. (1999). Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men. *Canadian Journal of Applied Physiology, 24***(6), 524-537. http://dx.doi.org/10.1139/h99-034**

Kraemer, W.J., & Ratamess, N.A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine, 35***(4), 339-361. http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004**

Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16***(24), 4897. http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16244897**

Laurentino, G.C., Loenneke, J.P., Ugrinowitsch, C., Aoki, M.S., Soares, A.G., Roschel, H., & Tricoli, V. (2022). Blood-flow-restriction-training-induced hormonal response is not associated with gains in muscle size and strength. *Journal of Human Kinetics, 83***(1), 235-243. http://dx.doi.org/10.2478/hukin-2022-0095**

Lin, H., Wang, S.W., Wang, R.Y., & Wang, P.S. (2001). Stimulatory effect of lactate on testosterone production by rat Leydig cells. *Journal of cellular biochemistry, 83***(1), 147-154. http://dx.doi.org/10.1002/jcb.1213**

Lopez, R.M., Lund, D.C., Tritsch, A.J., & Liebl, V. (2022). Relationship between pre-and post-exercise body mass changes and pre-exercise urine color in female athletes. *Frontiers in Sports and Active Living, 83***(1), 235-243. http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2022.791699**

McCaulley, G.O., McBride, J.M., Cormie, P., Hudson, M.B., Nuzzo, J.L., Quindry, J.C., & Travis Triplett, N. (2009). Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology, 105***(5), 695-704. http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0951-z**

Ozaki, H., Loenneke, J.P., Buckner, S.L., & Abe, T. (2016). Muscle growth across a variety of exercise modalities and intensities: contributions of mechanical and metabolic stimuli. *Medical Hypotheses, 88*, **22-26. http://dx.doi.org/10.1016/j.mehy.2015.12.026**

Ozaki, H., Sakamaki, M., Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sugaya, M., & Abe, T. (2011). Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences, 66*(3), 257-263. http://dx.doi.org/10.1093/gerona/glq182

Penzer, F., Cabrol, A., Baudry, S., & Duchateau, J. (2016). Comparison of muscle activity and tissue oxygenation during strength training protocols that differ by their organisation, rest interval between sets, and volume. *European Journal of Applied Physiology, 116*(9), 1795-1806. http://dx.doi.org/10.1007/s00421-016-3433-8

Rahimi, R., Ghaderi, M., Mirzaei, B., Ghaeni, S., Faraji, H., Vatani, D.S., & Rahmani-Nia, F. (2010). Effects of very short rest periods on immunoglobulin A and cortisol responses to resistance exercise in men. *Journal of Human Sport and Exercise*(II), 146-157. http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2010.52.05

Reeves, G.V., Kraemer, R.R., Hollander, D.B., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., & Castracane, V.D. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of Applied Physiology, 101*(6), 1616-1622. http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.00440.2006

Schoenfeld, B., & Grgic, J. (2018). Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal, 40*(4), 107-112. http://dx.doi.org/10.1519/ssc.0000000000000363

Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. ***The*** *Journal of Strength & Conditioning Research, 24*(10), 2857-2872. http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e840f3

Schoenfeld, B.J. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine, 43*(3), 179-194. http://dx.doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1

Sherk, V. D., Chrisman, C., Smith, J., Young, K.C., Singh, H., Bemben, M.G., & Bemben, D.A. (2013). Acute bone marker responses to whole-body vibration and resistance exercise in young women. *Journal of Clinical Densitometry, 16*(1), 104-109. http://dx.doi.org/10.1016/j.jocd.2012.07.009

Tremblay, M.S., Copeland, J.L., & Van Helder, W. (2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal of Applied Physiology, 96*(2), 531-539. http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.00656.2003