مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

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

رامتین ثابت، 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.

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

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 تحریک سارکوپلاسم بر تورم عضلانی و نسبت تستوسترون به کورتیزل حین دوره فلات در پیشرفت ورزشکاران پرورش اندام می‌باشد. **روش تحقیق:** تعداد ۱۰ ورزشکار پرورش اندام (با میانگین ۴/۱±۲۶/۷۱ سال و سابقه تمرین ۱/۶±۳/۵ سال) به صورت تصادفی در طرحی متقاطع در قالب دو پروتکل سنتی و تحریک سارکوپلاسم با فاصله هفت روز، شرکت کردند. پروتکل سنتی شامل هشت نوبت با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تا ناتوانی بود. در پروتکل تحریک سارکوپلاسم شش نوبت کاهشی (سه نوبت ۷۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، دو نوبت با ۲۰ درصد کاهش بار متوالی و یک نوبت ایزومتریک تا ناتوانی) اجرا گردید. تورم حاد عضله دوسربازو با استفاده از فرمول بروش و تغییرات حجم پلاسما توسط معادله کاستیل اندازه‌گیری شد و به منظور تعیین پاسخ هورمونی تستوسترون و کورتیزل، نمونه‌گیری خون انجام گردید. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده گردید و پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، اختلاف مقادیر قبل و بعد هر متغیر مشخص گردید و میزان تغییرات با استفاده از آزمون آماری تی زوجی بررسی شد. **یافته‌ها:** نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم نسبت به سیستم سنتی، بر تورم حاد عضله دوسر بازو اثر افزایشی دارد (p=۰/۰۳۶). با این‌حال در مقایسه پاسخ هورمونی تستوسترون و کورتیزل و تغییرات حجم پلاسما، تفاوت معنی‌داری بین دو پروتکل مشاهده نشد (p≥۰/۰۵). **نتیجه گیری:** به نظر می‌رسد استفاده از سیستم تحریک سارکوپلاسم برای گذر از فلات در افراد تمرین کرده موثر باشد؛ چرا که با وجود حجم تمرین کمتر، تورم حاد و استرس متابولیک بیشتری نسبت به روش سنتی القا می‌کند.

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

* نویسنده مسئول، تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی: (m_fashi@sbu.ac.ir)

مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

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

Mohamad yosefi[1]- Mohamad fashi[2*]

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

2- Assistant Professor, Department 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, it is necessary to manipulate training variables and apply advanced training techniques. Therefore, the purpose of this study was to investigate a comparison of acute effects of sarcoplasmic stimulation and traditional methods 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 sarcoplasm stimulation protocols over an interval of seven days. In the traditional protocol, eight sets were performed at an intensity of 70-80% of one repetition maximum until failure. During 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 swelling 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. An investigation of the normality of the data distribution was conducted using the Shapiro-wilk test. After ensuring the normality of the data distribution, a comparison between before and after values of each variable was determined and the amount of change was determined using a paired t-test. **Results**: There was a significant difference between traditional exercise and sarcoplasm stimulation in terms of acute biceps swelling in this study (p=0.036). There were no significant differences observed between the two protocols in terms of the hormonal responses to testosterone and cortisol as well as changes in plasma volume (p>0.05). **Conclusion**: In trained individuals, the use of the sarcoplasmic stimulation system appears to be an effective method for passing the plateau .Despite the lower training volume ,it involves more metabolic stress and acute swelling than traditional training.

Kywords: Resistance training system, metabolic stress, mechanical stress.

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

* Corresponding author: Faculty of Sports Science and Health, Shahid Beheshti University, Evin Ave., Tehran, Iran. E-mail: m_fashi@sbu.ac.ir.

مقدمه

توده عضلانی از جنبه سلامتی برای انسان مهم است، زیرا نقش مهمی 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[4] اصلی‌ترین نوع تمرینی است که برای افزایش توده عضلانی استفاده می شود (شوئنفلد و گرگیک، ۲۰۱۸). همچنین به دلیل ارتباط بین سطح مقطع[5] و قدرت عضله، بسیاری از افرادی که به صورت تفریحی به تمرینات قدرتی می‌پردازند، سعی در افزایش توده عضلانی دارند (کریستوفیک[6] و دیگران، ۲۰۱۹). بنابراین، راهبردهای افزایش یا حفظ این بافت در طول عمر چه از حیث سلامت و چه از حیث بهبود در عملکرد ورزشی اهمیت دارد (شوئنفلد، ۲۰۱۰؛ اوزاکی[7] و دیگران، ۲۰۱۶).

تمرین مقاومتی با بار خارجی زیاد یا تنش مکانیکی[8] بالا در درجه اول برای به حداکثر رساندن هایپرتروفی عضلات توصیه شده است. همچنین نشان داده شده است که تنش مکانیکی به تنهایی مستقیماً هدف پستانداری راپامایسین[9] (mTOR) را تحریک می‌کند (شوئنفلد، ۲۰۱۳). با این‌حال در تحقیقات اخیر نشان داده شده است که هر زمان هر نوبت تا رسیدن به ناتوانی انجام شود، تمرین مقاومتی با بار کم می‌تواند هایپرتروفی قابل مقایسه‌ای نسبت به تمرین مقاومتی با بار زیاد را ایجاد کند. این استرس متابولیکی بیشتر[10]، احتمالا می‌تواند فشار مکانیکی کمتر را جبران کند (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶؛ شوئنفلد ۲۰۱۳). علاوه بر این، نشان داده شده است تمرینات با محدودیت جریان خون[11] (BFR) اعمال شده روی عضلات در حال کار، با مقدار تنش مکانیکی یکسان باعث ایجاد اثرات هایپرتروفیک بیشتر می‌شود (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۱) . که نقش احتمالی استرس متابولیک را در ایجاد پاسخ هایپرتروفیک نشان می‌دهد (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶). در واقع افزایش سنتز پروتئین، فراخوانی بیشتر تارهای عضلانی[12]، پاسخ‌های هورمونی و تورم عضلانی[13] ممکن است پس از قرار گرفتن در معرض استرس متابولیک بالا رخ دهد. بنابراین، به نظر می‌رسد هر دو تنش مکانیکی و استرس متابولیک سازوکارهای اولیه هایپرتروفی عضلانی باشند (اوزاکی و دیگران، ۲۰۱۶).

اعتقاد براین است که تمرین مقاومتی با بارکم و تکرار زیاد باعث تجمع قابل توجه متابولیت‌هایی مانند لاکتات[14] خون شده و منجر به اسیدی شدن و در نهایت فعال شدن گیرنده‌های شیمیایی می‌شود که با تحریک ترشح هورمون رشد[15] (GH) در سیستم هیپوتالاموس _ هیپوفیز[16] همراه است. بنابراین، افزایش هورمون رشد ممکن است به عنوان شاخص استرس متابولیک در نظر گرفته شود و نشان داده شده است که سطوح هورمون رشد با فواصل استراحت کوتاه (به عنوان مثال ۳۰ ثانیه) در مقایسه با فواصل استراحت طولانی(۶۰ الی ۱۲۰ ثانیه) بالاتر است (فینک[17] 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[18] است. در سلول‌های متورم، یک حسگر حجم احتمالا چندین مسیر آنابولیک را فعال می‌کند. علاوه بر این، فرآخوانی تارهای عضلانی از طریق آوران‌های گروه ۳ و ۴[19] ممکن است با تجمع این متابولیت‌ها تحریک شود. بنابراین ارزیابی تورم حاد عضلانی ممکن است 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 منجر به افزایش سنتز پروتئین و کاهش پروتئولیز[20] در انواع مختلف سلول، از جمله سلول‌های کبدی، سلول‌های استخوانی و سلول‌های عضلانی می‌شود (شوئنفلد، ۲۰۱۳).

1 Type-2 diabetes
2 Metabolic syndrome
3 Schoenfeld and Gergic
4 Resistance training
5 Cross sectional area
6 Krzysztofik
7 Ozaki
8 Mechanical tension
9 Mammalian target of rapamycin
10 Metabolic stress
11 Blood flow restriction
12 Muscle recruitment
13 Muscle Swelling
14 Lactate
15 Growth hormone
16 Hypothalamic-pituitary system
17 Fink
18 Metabolite accumulation
19 Group III and IV afferents
20 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 دستیابی 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]، ست‌های 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 این حال 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 و همچنین شامل فواصل استراحت بسیار کوتاه بین نوبت‌ها می باشد که بالطبع باعث افزایش زمان تحت تنش عضله می‌گردد. این روش در ابتدا توسط مربی سوئیسی پاتریک توور[10] برای تشدید جلسات تمرین مقاومتی در ورزشکاران بسیار تمرین‌کرده معرفی شد. توور 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 این است که حتی با کاهش مدت تمرین، تنش عضلانی تا حد ممکن حفظ شود (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹).

با افزایش سابقه تمرین، تحریک بیشتر عضلات برای هایپرتروفی دشوار می‌گردد. بنابراین لازم است ورزشکاران تمرین کرده برای کسب سازگاری‌های بیشتر و گذر از فلات به دنبال بهره بردن از تکنیک‌های پیشرفته تمرینات مقاومتی باشند. همچنین با توجه به اینکه 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 ضخامت عضله دوسر بازو[11]، نسبت تستسترون به کورتیزول و حجم پلاسما، حین دوره فلات در پیشرفت پرورش اندام کاران پیشرفته بود.

روش تحقیق

نمونه آماری: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با رویکرد کاربردی بود. آزمودنی‌های این پژوهش شامل ۱۰ نفر (نرم افزار Gpower 3.1.9.2: توان آماری= ۰/۸۰، خطا= ۰/۰۵، ضریب تاثیر=۰/۶۱) از مردان سالم تمرین کرده (۲۰ تا ۳۰ سال) با سابقه تمرین سه تا چهار سال بود. 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

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

هفته تمرین منظم) بود. همچنین لازم بود آزمودنی‌های پژوهش حداقل دو هفته در وضعیت فلات در پیشرفت قرار داشته باشند (ثابت ماندن و یا کاهش رکورد یک تکرار بیشینه دو سر بازو به مدت دو هفته). 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 از آزمودنی‌ها دریافت گردید. همچنین طرح مطالعه حاضر با کد اخلاق IR.SBU.REC.1401.057 توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه شهید بهشتی مورد تایید قرار گرفت. بنابراین تمامی موارد اخلاقی و حرفه‌ای در اجرای این پژوهش رعایت گردید.

مراحل تحقیق: یک هفته پیش از شروع پژوهش و اجرای پروتکل‌های تمرینی، یک جلسه آشنایی با پروتکل‌های تمرینی برگزار شد و همچنین آزمون یک تکرار بیشینه (1RM) آزمودنی‌ها با استفاده از فرمول برزیسکی[2](۱۹۹۵) در حرکت جلوبازو هالتر ایستاده تعیین گردید و رکورد هر آزمودنی در این حرکت مشخص گردید. هر آزمودنی دو بار در جلسات تمرین، به طور تصادفی و با فاصله یک هفته از هم شرکت کرد و از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد، در طول پژوهش از انجام هرگونه تمرین مقاومتی خودداری کنند. همچنین به منظور جلوگیری از تاثیرگذاری ریتم شبانه روزی[3] بر ترشح هورمون‌ها و فاکتورهای خونی، تمامی جلسات پژوهش در صبح (شروع جلسات پژوهش ۹ صبح) اجرا گردید. در هر دو جلسه تمرین، ابتدا وضعیت ترکیب بدن هر آزمودنی مشخص گردید. همچنین میزان آب بدن هر آزمودنی به منظور جلوگیری از تاثیرگذاری بر فاکتورهای خونی و هورمونی توسط نمودار رنگ ادرار کنترل گردید: بدین صورت که از هر آزمودنی خواسته شد به مقداری آب بنوشد که نمودار رنگ ادرار ناشتایی در محدوده یک تا سه باشد (لوپز و دیگران، ۲۰۲۲). به منظور ارزیابی و اندازه‌گیری تورم عضله دوسربازو، محیط دور بازو و چربی زیرپوستی عضله دوسربازویی آزمودنی‌ها به ترتیب با استفاده از متر نواری و کالیپر اندازه گیری شد و اعداد حاصله در فرمول بورش[4] قرار داده شد (هیمسفیلد[5] ودیگران، ۱۹۸۲؛ بورش و دیگران، ۲۰۰۹). همچنین به منظور ارزیابی تغییرات حجم پلاسما پس از اجرای هریک از پروتکل‌های تمرینی، دو سی سی خون برای تعیین فاکتورهای هماتولوژیکی (شمارش کامل خون[6] CBC) و پنج سی سی خون به منظور ارزیابی سطوح هورمون‌های تستوسترون و کورتیزل و تعیین نسبت تستوسترون به کورتیزل از ورید بازویی[7] گرفته شد. جلسات پژوهش توسط هر آزمودنی (به طور تصادفی) 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 یک تکرار بیشینه 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 درونگرا 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 با شدت ۸۰-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه تا ناتوانی است که 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[9] و یک ثانیه طی شدن مرحله درونگرا[10] 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 کند تا به ناتوانی برسد. در نهایت برای نوبت پایانی مجدداً ۲۰ درصد از بار کاهش یافت و پس ازگذشت ۲۰ ثانیه از آزمودنی خواسته شد تا حرکت را به صورت انقباض ایزومتریک[11] (نگه داشتن هالتر به صورت ایستا در زاویه ۹۰ درجه خم شده مفصل آرنج) تا ناتوانی انجام دهد. در مجموع شش نوبت در این تکنیک تمرینی پیشرفته اجرا گردید (دی آلمیدا و دیگران،

1 Anabolic Steroids
2 Brzycki formula
3 Circadian rhythm
4 Buresh formula
5 Heymsfield
6 Complete Blood Count
7 Brachial vein
8 Muscle failure
9 Eccentric
10 Concentric
11 Isometric contraction

۲۰۱۹). (جدول یک).

جدول ۱. جزئیات پروتکل تمرینی سنتی و سیستم تحریک سارکوپلاسم

پروتکل تمرین	شکل و شدت تمرین	مدت زمان استراحت بین نوبت‌ها
مقاومتی سنتی	هشت نوبت با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تا ناتوانی	**۶۰ ثانیه**
تحریک سارکوپلاسم	مرحله اول: سه نوبت تا ناتوانی با شدت ۷۰ الی ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه 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[1] و دیگران (۲۰۰۸) محاسبه گردید (مقدار وزنه× تعداد تکرار× تعداد نوبت= حجم تمرین).

اندازه گیری مشخصات فردی و ویژگی‌های ترکیب بدنی: آنالیز ترکیب بدنی[2] 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) انجام گردید. همچنین شاخص توده بدن[3](BMI) بر اساس روش تقسیم وزن بر مجذور قد برآورد شد. میانگین وزن این افراد ۴/۹ ± ۸۳/۵ کیلوگرم و میانگین قد آنها ۴/۵ ± ۱۷۸ سانتی متر و میانگین چربی بدن افراد حاضر در تحقیق ۳ ± ۱۴ درصد بود.

اندازه گیری ضخامت 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[4] انجام گردید و اعداد حاصله در فرمول ذیل قرار داده شد و سطح مقطع عضله دوسر بازو با روش بورش محاسبه گردید (هیمسفیلد و دیگران، ۱۹۸۲؛ بورش و دیگران، ۲۰۰۹). به منظور دقت در اندازه گیری، پیک عضله دوسر بازو علامت گذاری شد.

سطح مقطع دو سر بازو = { (محیط بازو÷۲) × π } − (چین پوستی÷۲)^{۲} − ۵/۵

π: عدد ثابت

نحوه جمع آوری و آنالیز نمونه‌های خونی

نسبت استرون به کورتیزول: مقدار پنج سی سی خون از ورید بازویی آزمودنی‌ها، قبل و ۱۵ دقیقه بعد اجرای هر پروتکل توسط خون گیر مجرب نمونه گیری شد. بلافاصله نمونه‌های خون به کول باکس[5] انتقال یافته و به آزمایشگاه بیمارستان فرهیختگان ارسال گردید. نمونه های خونی در دو مرحله قبل و پس از تمرین از ورید بازویی گرفته شد و در لوله‌های حاوی ضد انعقاد اتیلن دی آمین تترا استیک اسید[6](EDTA) ریخته شد و در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد تا پس از جدا سازی پلاسما با سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای چهار درجه سانتیگراد، تستوسترون با کیت IBL آمریکا و کورتیزول با کیت مونوبایند[7] با روش الایزا ارزیابی شوند.

تغییرات حجم پلاسما: برای ارزیابی فاکتورهای هماتولوژیک، مقدار دو سی سی خون به لوله‌های حاوی ماده‌ی ضد انعقاد اتیلن

1 Beachle
2 Body composition
3 Body mass index
4 Caliper
5 Cool box
6 Ethylenediamine tetraacetic acid
7 Monobind

پیش از انتشار ویرایش نشده

دی آمین تترا استیک اسید منتقل شد. پس از تعیین هموگلوبین[1](HB) و هماتوکریت[2](HCT) ، تخمین تغییرات حجم پلاسما[3] (PVV) با استفاده از معادله دیل و کاستیل[4](۱۹۷۴) که توسط سایر نویسندگان (اسکندری و دیگران، ۲۰۲۰) در پاسخ به فعالیت ورزشی و سازگاری پس از تمرین استفاده شده است، محاسبه گردید و بدین ترتیب تغییرات حجم پلاسما بر پایه هموگلوبین و هماتوکریت برای هریک از پروتکل‌های تمرینی مشخص گردید. در فرمول ذیل تغییرات حجم پلاسما به صورت PVV% بیان می‌گردد:

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

قبل: قبل از تمرین؛ بعد: پس از تمرین

پس از تعیین تغییرات حجم پلاسما به وسیله فرمول فوق، سایر فاکتورها نسبت به تغییرات حجم پلاسما، با استفاده از فرمول ذیل اصلاح گردید (شرک[5]و دیگران، ۲۰۱۳).

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

برای کاهش همولیز[6]خارج رگی نکات مقابل 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 پرو سه خونگیری و انتقال نمونه های خونی به کول باکس ۴. انجام خونگیری با سرعت بسیار کم.

روش‌های تجزیه و تحلیل 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[7]استفاده گردید و پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، اختلاف مقادیر قبل و بعد از تمرین برای هر متغیر مشخص گردید و میزان تغییرات با استفاده از آزمون آماری تی زوجی[8]بررسی شد. سطح معنی داری در تمام آزمون‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای انجام عملیات آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده گردید.

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 تی زوجی، بین حجم کل تمرین در جلسات تمرین سنتی و تحریک سارکوپلاسم، تفاوت معنی‌دار وجود داشت (p=۰/۰۰۱) و حجم کل تمرین در جلسه تمرین سنتی بالاتر بود. با وجود حجم تمرین بالاتر در جلسه تمرین سنتی، ضخامت عضله دوسر بازویی در جلسه تحریک سارکوپلاسم بیشتر بود و این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۳۶).

سطح تستوسترون پس از اجرای هر دو پروتکل سنتی و تحریک سارکوپلاسم افزایش یافت، که این افزایش از نظر آماری غیر معنی‌دار بود و تفاوتی بین دو پروتکل از این حیث مشاهده نگردید (p=۰/۴۵). همچنین تغییرات در سطوح کورتیزل به لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (p=۰/۸۰). نتایج آزمون تی زوجی نشان داد که بین اثر نوع پروتکل اجرایی بر سطوح هورمون‌های

1 Hemoglobin
2 Hematocrit
3 Plasma Volume Variations
4 Dill, Costill
5 Sherk
6 Hemolysis
7 Shapiro Wilk test
8 Paired sample T test

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

تستوسترون و کورتیزل و همچنین نسبت تستوسترون به کورتیزل تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (p=۰/۲۵). (جدول دو).
صرف نظر از نوع پروتکل اجرایی، حجم پلاسما پس از تمرین کاهش یافت که این کاهش در جلسه تمرین تحریک سارکوپلاسم نسبت به سیستم سنتی بالاتر بود؛ اگرچه این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (p=۰/۳). بنابراین با وجود تورم سلولی حاد بیشتر در عضله دوسر بازو در نتیجه اجرای سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم، در تحقیق حاضر ارتباط معنی‌داری بین نوع سیستم تمرین مقاومتی و تغییرات حجم پلاسما یافت نشد.

جدول ۲. میانگین± انحراف استاندارد و معناداری متغیرهای وابسته تحقیق

متغیرها	مراحل	تمرین سنتی	تمرین 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	۳۹/۶ ± ۲/۵۷	۳۹ ± ۱/۶۸	۲/۶۸	۰/۰۳۶
	پس آزمون	۴۲/۵ ± ۳/۰۷	۴۴/۴ ± ۴/۲۸		
تستوسترون (نانوگرم/دسی لیتر)	پیش آزمون	۴۴۲/۵ ± ۵۸/۷	۳۹۹/۶ ± ۲۹/۲۶	-۰/۷۹	۰/۴۵
	پس آزمون	۴۶۵ ± ۵۴/۷۱	۴۰۲/۶ ± ۵۷/۵		
کورتیزول (نانوگرم/دسی لیتر)	پیش آزمون	۱۱/۰۴ ± ۱/۴۳	۱۲/۱۴ ± ۱/۹۴	۰/۲۶	۰/۸
	پس آزمون	۱۰/۴ ± ۲/۰۳	۱۱/۸۵ ± ۱/۸۹		
نسبت تستوسترون به کورتیزل	پیش آزمون	۴۰/۶± ۷	۳۳/ ۵ ± ۵/۱۹	-۱/۲۴	۰/۲۵
	پس آزمون	۴۵/۸ ± ۱۰/۴	۳۴/۶ ± ۶/۹۸		
تغییرات حجم پلاسما (درصد)		-۲/۹ ± ۱/۴۶	-۳/۶ ± ۱/۵۸	۱/۱۳	۰/۳

بحث

با وجود حجم کمتر تمرین تحریک سارکوپلاسم نسبت به جلسه تمرین سنتی، تورم 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. همچنین، 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 روش‌های پیشرفته تمرین مقاومتی مانند تمرین تحریک سارکوپلاسم، دراپ ست، روش استراحت – توقف[1]و... سبب تورم سلولی حاد بیشتری در عضله می‌شود (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹؛ فینک و دیگران، ۲۰۱۸). در تحقیقی، پنزر[2]و دیگران (۲۰۱۶) از یک حرکت فلکشن آرنج[3]برای مقایسه و تاثیرگذاری دو پروتکل تمرین ۳/۷ و پروتکل سنتی بر فعالیت عضلانی و اکسیژن رسانی بافتی استفاده کردند. 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 (۶×۸)

1 Rest-Pause 2 Penzer 3 Elbow flexion

با شدت تمرین ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه و ۱۵۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها به اجرا درآمد. روش ۳/۷ با فعالیت عضلانی بیشتر و کمبود اکسیژن بافت همراه بود. بنابراین، فواصل استراحت بسیار کوتاه بین نوبت‌ها در طول تمرین خم کردن (فلکشن) بازو منجر به نیاز متابولیکی بیشتر شد. 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 بنابراین تورم حاد بیشتری را نسبت به روش سنتی ایجاد می‌کند 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 استراحت کوتاه ، افزایش قابل توجهی در هورمون رشد و ضخامت عضلانی 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 به همین صورت گزارش شد و هورمون رشد در گروه با فاصله استراحت کوتاه، بالاتر بود. با این‌حال هیچ ارتباط معنی داری بین افزایش حاد هورمون رشد و سطح مقطع عضله مشاهده نگردید و بنابراین به نظر می رسد که افزایش حاد هورمون رشد ارتباط مستقیمی با هایپرتروفی عضلانی نداشته باشد (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 (استریک، کانسنتریک، ایزومتریک) باعث تورم حاد بیشتری در عضله دوسر بازو نسبت به روش سنتی شد. همچنین در پژوهشی مشابه که توسط دی آلمیدا و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد، تورم حاد بیشتری در عضله دوسر و سه سر بازو در نتیجه‌ی اجرای سیستم تمرین تحریک سارکوپلاسم نسبت به روش سنتی گزارش شد. 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 که منجر به تورم سلول می‌شود. این تورم،کششی در سلول عضلانی ایجاد می‌کند، که منجر به فعالسازی مسیرهایی خاص می‌شود. 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)، که این پاسخ به منظور تقویت ساختار سلول برای جلوگیری از آسیب به سلول می‌باشد و توسط فشار وارده بر اسکلت سلولی ایجاد می‌شود (دفریتاس و دیگران، ۲۰۱۷). همچنین بین این پمپ عضلانی حاد با فعال شدن اینتگرین[4] که یک پروتئین غشایی است که مسئول تحریک سازوکارهای آنابولیک درون‌سلولی و کاهش فرآیندهای کاتابولیک از طریق افزایش در سنتز پروتئین عضله می‌شود، ارتباط وجود دارد (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹). علاوه بر این تجمع لاکتات در سلول عضله باعث تکثیر بیشتر سلول‌های ماهواره‌ای[5]می‌شود که خود در هایپرتروفی میوفیبریل‌ها موثر هستند. همچنین افزایش بیان فولیستاتین[6]و فرم فسفریله mTOR در اثر تجمع لاکتات در سلول‌ها نیز در تحقیقات پیشین گزارش شده است. بنابراین با توجه به این اثرات آنابولیک یاد شده برای لاکتات، احتمالا می‌توان از افزایش سطوح این تغییر در حین تمرین مقاومتی برای بهبود هایپرتروفی استفاده کرد (حاتمی و دیگران، ۲۰۱۹). در تحقیقی که توسط حاتمی و دیگران (۲۰۱۹) انجام شد، مشخص گردید سطوح لاکتات خون بعد از اجرای حرکت اسکات در دو گروه مقاومتی لاکتیکی و مقاومتی سنتی به طور معنی‌داری نسبت به سطح پایه افزایش یافت و تغییرات لاکتات بین دو گروه معنی‌دار بود. که تغییرات مشاهده شده نشان از اعمال استرس متابولیک و فشار مکانیکی بالاتر به عضله با انجام روش مقاومتی لاکتیکی در مقایسه با روش مقاومتی سنتی است. به نظر می رسد که سازوکاری مانند استرس متابولیک حاد ناشی از تمرین مقاومتی، سبب افزایش هیدراتاسیون داخل

1 Osmotic pressure
2 Reactive oxygen species
3 Mitogen- activated protein kinase
4 Integrin
5 Satellite cells
6 Follistatin

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

سلولی و افزایش محتوای آب سلول‌های عضلانی (تورم سلولی) و در نتیجه پمپ عضلانی می‌شود که احتمالاً با تراکم حجم کاری بیشتر (حجم کاری بیشتر که منجر به تنش بیشتر در زمان کمتر است) مرتبط هستند (دی آلمیدا و دیگران، ۲۰۱۹)، و به عنوان یک محرک مهم برای رشد عضلانی در شرایط تجمع متابولیت پیشنهاد شده است (دفریتاس[1] و دیگران، ۲۰۱۷). همچنین محققان پیشنهاد کرده‌اند که استرس متابولیک تاثیر مهمی بر ترشح هورمون‌ها، هایپوکسی[2] تورم سلولی و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) دارد (شوئنفلد، ۲۰۱۰؛ شوئنفلد، ۲۰۱۳). همه این عوامل می‌توانند واسطه سیگنالینگ 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).

دومین هدف پژوهش حاضر، بررسی پاسخ هورمون‌های تستوسترون و کورتیزل و نسبت تستوسترون به کورتیزل، به نوع پروتکل تمرین اجرا شده بود. نشان داده شده است که تمرین مقاومتی غلظت تستوسترون کل را در اکثر مطالعات انجام شده روی مردان به طور حاد افزایش می‌دهد (کرامر و راتمس،[3] ۲۰۰۵). این افزایش به عواملی چون کاهش حجم پلاسما، تحریک آدرنرژیک، تحریک ترشح لاکتات و سازگاری‌های بالقوه در سنتز تستوسترون و یا ظرفیت ترشحی سلولهای لایدیگ در بیضه‌ها نسبت داده شده است (کرامر و راتمس، ۲۰۰۵؛ لین[4] و دیگران، ۲۰۰۱). البته این تستوسترون آزاد است که از نظر بیولوژیکی فعال می‌باشد و قادر به تعامل با گیرنده‌های آندروژنیک[5](AR) است. در برخی از مطالعات نشان داده شده است که پاسخ تستوسترون آزاد با تستوسترون تام هم جهت است، در حالی که عدم پاسخ یا کاهش در برخی دیگر نشان داده شده است (کرامر و راتمس، ۲۰۰۵). ترمبلی[6] و دیگران (۲۰۰۴) افزایش غلظت تستوسترون آزاد پس از تمرین مقاومتی را گزارش کردند. به نظر می‌رسد عوامل متعددی بر پاسخ حاد تستوسترون کل 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 است. یافته‌ها نشان می‌دهد در تمریناتی مانند لیفت وزنه برداری، ددلیفت، جامپ اسکوات که گروه‌های عضلانی بزرگ درگیر می‌شود، در مقایسه با تمریناتی که گروه‌های عضلانی کوچک را به کار می‌گیرد، باعث افزایش بیشتر تستوسترون می‌شوند. همچنین نشان داده شده است که تمریناتی که توده عضلانی بیشتری را درگیر می‌کنند، 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 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 نمی‌شود (مک کالی و دیگران، ۲۰۰۹)، به عنوان مثال در تمرین کاتسو[7] با وجود سطوح بالای متابولیت‌ها در نتیجه‌ی استرس متابولیک زیاد، تفاوت قابل توجهی در افزایش تستوسترون پس از ورزش مشاهده نشد (فوجیتا[8] و دیگران، ۲۰۰۷). در تحقیق ریوس[9] و همکاران (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 کورتیزل تاثیر نمی‌گذارد.

در تحقیق حاضر پس از اجرای هر پروتکل سطح تستوسترون افزایش یافت، که البته این افزایش از نظر آماری معنی دار نبوده و تفاوتی نیز بین دو پروتکل از این حیث مشاهده نگردید. 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، که این نتیجه از یافته‌های پیشین در این موضوع 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

1 de Freitas
2 Hypoxia
3 Kraemer and Ratamess
4 Lin
5 Androgen receptor
6 Tremblay
7 Kaatsu
8 Fujita
9 Reeves

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

(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 که اینطور نبود. از آنجایی که به نظر می‌رسد ترشح تستوسترون از یک سازوکار دوز-پاسخ[1]پیروی کند (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶)، احتمالا این پروتکل از شدت کافی برای تحریک آزادسازی تستوسترون برخوردار نبوده است. همچنین 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. بنابراین 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 کرد و با توجه به اینکه استفاده از تمریناتی که گروه‌های عضلانی بزرگ را درگیر می‌کند باعث افزایش بیشتر در سطح تستوسترون پس از تمرین می‌شود، که می‌تواند در بخشی عدم تغییر سطح تستوسترون را توجیه نماید.

تعیین پاسخ کورتیزل به نوع پروتکل اجرا شده بسیار مهم بود، چرا که نسبت تستوسترون به کورتیزل در آنابولیسم ناشی از تمرین مقاومتی نقش دارد (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶). بنابراین در تحقیق حاضر به منظور تاثیر پروتکل تمرین بر نسبت تستوسترون به کورتیزل، سطوح کورتیزل اندازه‌گیری شد. در مقاله مروری که اخیراً انجام شده است گزارش گردید، نتایج مطالعاتی که به بررسی تأثیر حاد تمرین مقاومتی بر روی هورمون‌های مسیر عصبی غدد درون‌ریز می‌پردازد، الگوهای پاسخ متفاوتی را برای هورمون‌های مختلف در اندازه و همچنین جهت تغییر نشان می‌دهد (هاونهورست[2]و دیگران، ۲۰۲۲). به طور کلی، نتایج مربوط به جهت تغییر کورتیزول پس از تمرین مقاومتی متناقض باقی مانده است، زیرا نتایج از ۱۶۷-۴۸ درصد در بین گروه‌های مورد مطالعه و مداخله متغیر بودند (هاونهورست و دیگران، ۲۰۲۲). در رابطه با تاثیر فواصل استراحتی بر پاسخ کورتیزل، مطالعات انجام شده در مورد افراد جوان با تجربه تمرین مقاومتی نشان داد 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). در پژوهش حاضر همانند برخی پژوهش‌های انجام شده، هیچ تفاوت قابل توجهی در سطح کورتیزل قبل و بعد از هر جلسه تمرین و همچنین بین جلسات مشاهده نگردید. پاسخ کورتیزول به ورزش عمدتاً پس از ورزش با شدت بالا رخ می‌دهد (هاونهورست و دیگران، ۲۰۲۲). در این مطالعه از بار کاری کم تا متوسط استفاده گردید و بنابراین ممکن است در صورت استفاده از شدت بالاتر، پاسخ مشخص‌تری از سطح کورتیزل مشاهده می‌گردید. همچنین استفاده از فواصل استراحت کوتاه در جلسه تحریک سارکوپلاسم منجر به افزایش سطح کورتیزل پس از تمرین نگردید و بنابراین این نتیجه ممکن است نشان دهنده عدم ارتباط بین استرس متابولیک ناشی از تمرین مقاومتی و سطح کورتیزل باشد. (ریوس و دیگران، ۲۰۰۶). کرامر و همکاران گزارش دادند، افراد ورزشکار، کاهش بیشتر سطح کورتیزل پس از تمرین نسبت به افراد تمرین نکرده را نشان می‌دهند (کرامر و دیگران، ۱۹۹۹). در پژوهش حاضر از ورزشکاران تمرین‌کرده مقاومتی که حداقل ۳ سال به طور منظم فعالیت مقاومتی داشته‌اند، استفاده گردید. بنابراین ممکن است دلیل دیگر برای کاهش سطح کورتیزل پس از تمرین در این پژوهش، به علت سابقه تمرین بالای این افراد باشد. با این حال با توجه به عوامل و شرایط مختلف که بر پاسخ کورتیزل تاثیرگذار هستند، تحقیقات بیشتر در این زمینه، به منظور نتیجه‌گیری قطعی پیشنهاد می‌گردد.

با توجه به نتایج به دست آمده از پاسخ هورمون های تستوسترون و کورتیزل، داده‌های کنونی با این نظریه سازگار است که سازوکارهای موضعی درون عضلات اسکلتی، محرک‌های اولیه رشد عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی هستند و از پاسخ‌های هورمونی پس از تمرین جدا به نظر می‌رسند (لاورنتینو[3]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 مطابق با مطالعات قبلی است که کاهش حجم پلاسما را بین ۱۰-۲/۵ درصد نشان داده است. علاوه بر این، مشخص شده است که این تغییرات به متغیرهای تمرینی

1 Dose-response relationship 2 Haunhorst 3 Laurentino

درگیر در جلسه تمرین مقاومتی و همچنین نوع تمرین بستگی دارد (اولیویرا[1] و دیگران، ۲۰۱۴). به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر، استفاده از حجم عضلانی کمتر، نمونه‌های ورزشکار، شدت متوسط پروتکل تمرینی و نیز شرایط آبرسانی مناسب قبل از تمرین با عدم تغییر حجم پلاسما ارتباط دارد.

با وجود نتایج تحقیق حاضر و اثبات اثر بخشی 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 گردید، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی تعداد افراد بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین تاثیر پروتکل تحریک سارکوپلاسم (SST) بر سازگاری‌های هایپرتروفیک بهتر است به صورت بلند مدت بررسی شود و مشخص گردد 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 کورتیزل، از گروه‌های عضلانی بزرگ‌تر در پژوهش‌های آتی استفاده گردد و به منظور ارزیابی دقیق‌تر استرس متابولیک ناشی از تمرین، اندازه‌گیری آنزیم‌های لاکتات دهیدروژناز[2](LDH) کراتین کیناز[3](CK) و هورمون رشد پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری: با وجود تورم سلولی حاد بیشتر در عضله دوسربازو در نتیجه اجرای تمرین تحریک سارکوپلاسم، در تحقیق حاضر ارتباط معنی‌داری بین نوع پروتکل تمرین‌مقاومتی و سطح تستوسترون و کورتیزول و نیز تغییرات حجم پلاسما یافت نشد. با این وجود حجم کمتر تمرین تحریک سارکوپلاسم در مقایسه با تمرین سنتی نکته‌ای است که باید به آن توجه داشت. انجام تمرین تحریک سارکوپلاسم در دوره فلات در پیشرفت بویژه 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.

با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر، احتمالاً 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 آنها پیشرفت می‌کند، مزایایی داشته باشد. با این‌حال به منظور نتیجه‌گیری دقیق‌تر، تاثیرات بلند مدت سیستم تحریک سارکوپلاسم بر هایپرتروفی باید مشخص گردد.

قدردانی و تشکر

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

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی برای نویسندگان در تحقیق حاضر وجود ندارد.

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. 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 . doi: 10.3389/fphys.2019.00579. eCollection 2019.**

1 De Oliveira 2 Lactate dehydrogenase 3 Creatine kinase

نسخه پیش از انتشار ویراستی نشده

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 . doi: 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). doi: 743019110499250135&hl.**

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 . DOI: 10.3389/fphys.2020.00.**

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 . 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 .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 . 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]. doi: 10.22080/jaep.2019.15120.1821.**

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 .PMID: 35452397**

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 . doi: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 . 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 . 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. DOI: 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 .doi: 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.*. **DOI: 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. *EuropeanJjournal of Applied Physiology, 105***(5), 695-704 . 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 . 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 .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 . doi/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 .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 .doi: 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 . doi: 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 .doi: 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 . 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 . 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 . doi: 10.1152/japplphysiol.00656.2003**

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده