
تأثیر نوع تمرین قدرتی، استقامتی و ترکیبی بر غلظت تستوسترون و کورتیزول سر می مردان جوان تمرین نکرده

دکتر نادر شاکری^۱، دکتر حجت اله نیک بخت^۲، دکتر محمد علی آذربایجانی^۳، دکتر علی محمد
امیرتاش^۴

ص ص: ۹۷-۱۱۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۳

تاریخ تصویب: ۹۰/۲/۱۶

چکیده

آثار تمرین با توجه به نوع آن اختصاصی است. به علاوه انواع سازگاری های ایجاد شده در عضله در پاسخ به نوع تمرین نیز اختصاصی است. تمرین قدرتی و استقامتی سازگاری های متفاوتی را در بدن ایجاد می کند که برخی متضاد با هم هستند. پژوهش حاضر به منظور بررسی همزمان دو نوع تمرین قدرتی و استقامتی و برخی از سازگاری های هورمونی در آنها انجام شد. این پژوهش نیمه تجربی بر روی ۲۴ مرد تمرین نکرده در ۳ گروه به مدت ۱۲ هفته صورت گرفت. گروه قدرتی تمرین پویا، استقامتی اینتروال و ترکیبی نبی از تمرین هر دو گروه را ۳ جلسه در هفته انجام دادند. در هفته های صفر، ۶ و ۱۲ جهت بررسی غلظت تستوسترون تام، آزاد و کورتیزول سر می، از ورید براکیال چپ نمونه خون گرفته شد. غلظت تستوسترون تام و آزاد در گروه قدرتی و ترکیبی، افزایش معنی دار داشت ($\alpha \leq 0.05$). نسبت تستوسترون تام به کورتیزول در گروه قدرتی پس از ۶ هفته، افزایش و در پایان هفته ۱۲، با کاهش همراه بود. غلظت کورتیزول بین گروه های سه گانه پس از ۶ و ۱۲ هفته تمرین، تغییر معنی دار نداشت ($\alpha \geq 0.05$). تمرین ترکیبی نسبت به تمرین قدرتی با افزایش قدرت کمتر و نسبت به تمرین استقامتی با افزایش قدرت بیشتری همراه است. احتمالاً تمرین ترکیبی می تواند موجب بهبود بروز سازگاری سیستم آندوکراین و عملکرد عضلانی شود.

کلید واژه ها: تمرین ترکیبی، هورمون های آنابولیک و کاتابولیک، نسبت تستوسترون به کورتیزول

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

۴- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

مقدمه

یکی از سازگاری های مهم فیزیولوژیک پس از فعالیت بدنی، سازگاری هورمونی است. پاسخ هورمونی به فعالیت بدنی تابع شدت، مدت، نوع برنامه تمرینی و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی ها است (۲). اصل اختصاصی بودن تمرین، مؤید تأثیر بر تارهای عضلانی فعال و درگیر است. تارهای عضلانی به طور ویژه و اختصاصی با نوع فعالیت سازگار می شوند. سازگاری های میتوکندریایی و عروقی در پاسخ به تمرین استقامتی یا سازگاری پروتئین های انقباضی در پاسخ به تمرین مقاومتی گزارش شده است (۳۱). تمرین قدرتی موجب افزایش غلظت تستوسترون و کورتیزول (۲۰،۲۷) و تمرین استقامتی موجب کاهش غلظت تستوسترون و افزایش غلظت کورتیزول می شود (۲،۲۱). نسبت تستوسترون به کورتیزول به عنوان یک شاخص مناسب برای نشان دادن روند آنابولیک و کاتابولیک مطرح است (۱۶). تمرین ترکیبی تعادل آنابولیک و کاتابولیک هورمون ها را تغییر می دهد و احتمالاً از افزایش هیپرتروفی عضلانی حاصل از تمرین قدرتی را می کاهد. کرامر و بل بیان کردند که انجام دادن تمرین ترکیبی می تواند در نسبت تستوسترون به کورتیزول تغییر ایجاد کند و فرد را به سمت روند آنابولیسیم پیش برد. بخش استقامتی تمرین ترکیبی می تواند برتری سیستم کاتابولیک را موجب شود که این روند می تواند توسعه قدرت عضلانی را محدود سازد. تمرین ترکیبی می تواند در آخرین مراحل انجام دادن تمرین منجر به سطوح بالاتر کورتیزول شود (۳،۶،۲۸).

باتوجه به آنکه از ابداع تمرین ترکیبی قدرتی - استقامتی زمان زیادی نمی گذرد، دانش موجود در این زمینه، بویژه تأثیر آن بر سیستم آندوکراین، هنوز تا حدودی ناشناخته باقی مانده است. به طوری که بیشتر پژوهش ها در این زمینه بر واکنش های بخشی از هورمون ها به ورزش استقامتی یا واکنش هورمون تستوسترون به ورزش مقاومتی متمرکز شده است. همچنین در بیشتر پژوهش ها حجم تمرین ترکیبی برابر با حجم دو تمرین قدرتی و استقامتی (با هم) بود؛ لذا پرسش های اصلی این است که تأثیر انجام دادن تمرین ترکیبی با حجم

همسان سازی شده بر تستوسترون و کورتیزول سرمی چگونه است؟ آیا تمرین ترکیبی می تواند موجب بهبود قدرت و استقامت عضلانی بدون پاسخ هورمونی نامناسب شود؟ با توجه به استفاده روز افزون و کاربردی علم تمرین، انجام دادن یک پژوهش کنترل شده در مورد تمرین ترکیبی، ضروری به نظر می رسد که با توجه به نتایج، شاید بتوان دست اندر کاران علم تمرین را در این زمینه یاری کرد.

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با استفاده از طرح اندازه گیری های پیاپی و مکرر (انجام پیش آزمون، میان آزمون و پس آزمون) ویژه گروه های پیوسته است.

جامعه، نمونه و روش آماری

از بین ۸۶ دانشجوی پسر واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی که براساس پرسشنامه تکمیلی و معاینه بالینی، سابقه آسیب های ارتوپدی، مصرف دارو و تمرین منظم در ۳ ماه گذشته را نداشتند، ۲۴ نفر به طور تصادفی ساده با جانشین، انتخاب و در ۳ گروه ۸ نفری قرار گرفتند. اهداف پژوهش به روشنی بیان شد و سپس آنان فرم رضایت نامه کتبی را مبنی بر شرکت در این مطالعه دریافت کردند. توصیف آماری ویژگی های آزمودنی ها بر حسب شاخص های مرکزی و پراکندگی در جدول ذیل ارائه شده است.

توصیف آماری ویژگی های آزمودنی ها بر حسب شاخص های مرکزی و پراکندگی

گروه ها	متغیرها	قدرتی	استقامتی	همزمان	F	P
سن (سال)	۲۱.۹±۱.۷	۲۲.۶±۱.۹	۲۱.۸±۱.۸	۱.۳۸	۰.۲۷۴	
وزن (کیلو گرم)	۷۸±۷.۵۷	۷۴.۴۲±۷.۲۰	۷۶±۳.۳۸	۰.۶۵۵	۰.۵۳۰	
قد (سانتیمتر)	۱۷۴.۶±۴.۳۷	۱۷۴.۶±۵.۳۱	۱۷۷.۵±۱.۹۲	۱.۰۳	۰.۳۷۴	
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر بر کیلو گرم در دقیقه)	۴۳.۱±۳.۰۳	۴۳.۹۶±۳.۱۴	۴۴.۱۸±۳.۰۵	۰.۳۴۰	۰.۷۱۶	
حداکثر تکرار بیشینه (کیلو گرم)	۸۸.۱۶±۱۱.۷۷	۸۴.۰۶±۱۰.۲۷	۸۹.۴±۷.۸۷	۰.۶۱۲	۰.۵۵۲	

± نشان دهنده میانگین و انحراف استاندارد است

ابزار اندازه گیری و روش اجرا

پس از وارد کردن مشخصات هر آزمودنی به دستگاه (سن، وزن، جنس و قد) و استقرار آن، وزنه ای با استفاده از دستگاه تعیین شد. سپس آزمودنی، حرکت اکستنشن و فلکشن زانو را به تعداد ۱۰ تکرار انجام داد. در صورت پیروزی در انجام دادن حرکت، پس از دو دقیقه استراحت، حرکت بعدی با وزنه سنگین تر، (که دوباره به کمک خود دستگاه تنظیم می شد با همان تعداد ۱۰ تکرار صورت گرفت تا آنجایی که دیگر آزمودنی قادر به ادامه کار نبود. مقدار به دست آمده مؤید شاخصی از قدرت بیشینه آزمودنی بود که آن را نشانگر دستگاه تعیین می کرد و برای هر آزمودنی ثبت می شد. با توجه به سازگار شدن آزمودنی ها با بار تمرین، اصل اضافه بار بر اساس درصدی از قدرت بیشینه هر چهار هفته به صورت فزاینده اعمال شد (۵). برای یکسان سازی اجرای حرکت ها، آزمودنی ها آموزش لازم را به منظور نگهداری سرعت حرکت در حد متوسط با توجه به نشانگر دستگاه را فرا گرفتند.

آزمودنی ها به مدت ۱۲ هفته و هفته ای ۳ جلسه تمرین کردند. درگروه قدرتی ابتدا قدرت بیشینه آزمودنی ها بر اساس یک تکرار بیشینه، با استفاده از دستگاه بدن سازی تکنوجیم Leg

Extension MB 300 ساخت کشور ایتالیا اندازه گیری شد.

برنامه هر جلسه تمرین قدرتی پویا پس از ۱۰ دقیقه فرایند گرم کردن شامل؛ انجام دادن تمرین قدرتی بیشینه پرس پا، صاف و خم کردن زانو، تمرین عضلات دور و نزدیک کننده ران، و سرانجام ۱۰ دقیقه فرایند سرد کردن بود. اصل اضافه بار به گونه ای طراحی شد که ابتدا پیش از آغاز تمرین و سپس هر چهار هفته یک تکرار بیشینه برای هر فرد انجام گرفت و میزان شدت تمرین براساس آن تنظیم شد. هر جلسه تمرین شامل ۸، ۱۰ و ۱۲ تکرار برای هر حرکت به صورت پشت سر هم با ۷۰، ۸۰ و ۸۵٪ حداکثر یک تکرار بیشینه و دو دقیقه زمان استراحت فعال (راه رفتن آرام) بین تکرارها بود.

برنامه هر جلسه تمرین استقامتی پس از ۱۰ دقیقه فرایند گرم کردن شامل، انجام دادن تمرین اینتروال برروی چرخ کار سنج و ۱۰ دقیقه فرایند سرد کردن بود. اصل اضافه بار بر اساس درصدی از ضربان قلب یکنواخت هر چهار هفته به صورت فزاینده (چهار هفته نخست ۴ تکرار ۳ دقیقه ای با ۷۵٪، چهار هفته دوم ۶ تکرار ۳ دقیقه ای با ۸۰٪ و چهار هفته سوم ۸ تکرار ۳ دقیقه ای با ۸۵٪ ضربان قلب یکنواخت) تعیین شد و کنترل آن با استفاده از کمربند ضربان سنج پولار (ساخت کشور فنلاند) به مرحله اجرا در آمد.

برنامه تمرین گروه ترکیبی شامل؛ نیمی از برنامه تمرینی گروه قدرتی و استقامتی به تناوب بود. چرخ کارسنج میزان انرژی مصرفی آزمودنی ها را حین انجام دادن تمرین بر اساس سن، قد و وزن مشخص کرد. بر اساس این آزمون نخستین که بر روی آزمودنی ها پیش از آغاز دوره تمرین انجام شد، انجام دادن ۱۰ تکرار برای هر حرکت با ۸۰٪ قدرت بیشینه تعیین شده در آغاز هر دوره به صورت پشت سر هم با دو دقیقه زمان استراحت فعال (راه رفتن آرام) بین تکرارها، تقریباً معادل با نیمی از حجم تمرین بر اساس هزینه انرژی مصرفی (کیلو کالری) در هر جلسه از تمرین قدرتی بود. در مورد تمرین استقامتی نیز با توجه به هزینه انرژی مصرفی (کیلو کالری) که به کمک دستگاه تعیین شد، تعیین همسان سازی حجم تمرین معادل نیمی از

زمان تمرین گروه استقامتی به صورت اینتروال بود.

نمونه گیری

خونگیری در ۳ نوبت، پیش از آغاز جلسه نخست، در آغاز هفته ششم و دوازدهم، با فاصله زمانی ۶ ساعت پیش از اجرای هر جلسه تمرین انجام گرفت. پس از حضور در آزمایشگاه، از ورید آنتی کوبیتال چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته ۱۰ میلی لیتر خون (۱،۸ سی سی جهت CBC، ۳ سی سی جهت تهیه لخته و جداسازی سرم، هر کدام در ۲ لوله آزمایش جداگانه) در زمانی کمتر از یک دقیقه پس از بستن تورنیکت گرفتند و در لوله های آزمایش مورد نظر جمع آوری کردند. پس از پایان کار، نمونه ها در دستگاه (با ۱۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۵ دقیقه و در محیط آزمایشگاه) سانتریفوژ شدند. سرم از لخته جدا شد و درون لوله های آزمایش مجزای شماره گذاری شده قرار گرفت. سپس به صورت منظم درون فریزر مخصوص در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد تا زمان سنجش نهایی نگهداری شد.

سنجش هورمونی

اندازه گیری غلظت تستوسترون تام بر اساس نانوگرم در میلی لیتر با استفاده از کیت Diaplus ساخت کشور آمریکا، تستوسترون آزاد بر اساس پیکو گرم در میلی لیتر با استفاده از کیت IBL ساخت کشور آلمان، کورتیزول بر اساس میکرو گرم در دسی لیتر با استفاده از کیت Monobind ساخت کشور آمریکا با به کار گیری روش الایزا به مرحله اجرا درآمد. همچنین دستگاه کولتر سیستمکس ۱۳۰۰ برای اندازه گیری (Hct, Hb CBC) مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش ها در دو روز متوالی برای اطمینان یافتن از عملکرد صحیح آزمایش کننده و دستگاهها انجام شد.

روش های آماری

مفروضه های استفاده از آمار پارامتریک شامل طبیعی بودن توزیع داده ها و تجانس گروهها به ترتیب با استفاده از آزمون های اسمیرنف - کولموگروف و لوین مورد آزمون قرار گرفت. برای تحلیل تغییرات درون گروهی ازالگوی تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر استفاده شد. در صورت مشاهده تفاوت معنی دار، جهت تعیین محل تفاوت آزمون جفت های مرتب (t وابسته) با توجه به اصلاحیه P بن فرونی مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین تفاوت بین گروهها نیز از آزمون تحلیل یکطرفه واریانس برای گروه های مستقل استفاده شد. مشخص کردن محل تفاوت نیز با استفاده از آزمون تعقیبی شفه امکان پذیر بود. تمامی عملیات آماری با بهره گیری از نرم افزار SPSS ۱۶ انجام شد. سطح معنی داری آزمون ها نیز $(\alpha = 0.05)$ بود.

یافته های تحقیق

به منظور حذف آثار زودگذر فعالیت ورزشی و شرایط آزمایشگاهی روی شاخص های خونی، تغییرات حجم خون و پلاسما با استفاده فرمول دیل و کاستیل^۱
$$\Delta = 100 \times \left[\frac{[\text{Hb}_B (1 - \text{Hct}_B \times 10^{-2})]}{[\text{Hb}_A (1 - \text{Hct}_A \times 10^{-2})]} - 100 \right] \text{ PV}$$
 محاسبه شد (۷). تفاوت معنی داری در ۳ گروه و بین گروه ها مشهود نبود؛ لذا می توان نتیجه گرفت که تغییرات به دست آمده حاصل عملکرد هورمون ها است.

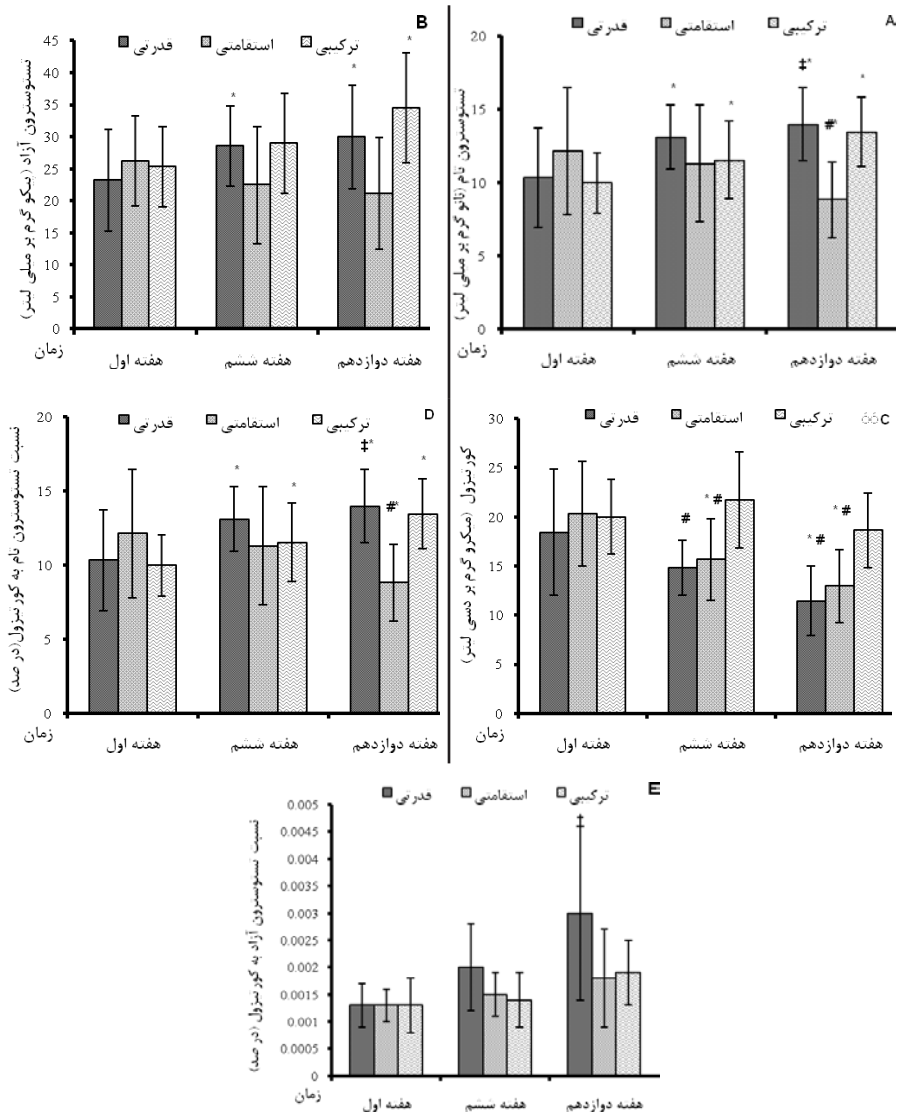
غلظت تستوسترون تام سرم در هفته ششم و دوازدهم در گروه قدرتی نسبت به مقادیر آغاز دوره، افزایش معنی داری یافت؛ در حالی که کاهش معنی داری در دو گروه استقامتی، و افزایش معنی داری در گروه ترکیبی پس از ۱۲ هفته تمرین مشاهده شد. مقایسه گروه ها نشان داد که در هفته دوازدهم، غلظت تستوسترون تام در گروه های قدرتی با استقامتی و استقامتی با ترکیبی تفاوت معنی دار داشت (شکل ۱ بخش A).

1- Dill and Costill (1974)

غلظت تستوسترون آزاد در هفته ششم و دوازدهم در گروه قدرتی نسبت به مقادیر آغاز دوره افزایش معنی دار یافت؛ در حالی که تغییر معنی داری در گروه استقامتی مشهود نبود. افزایش معنی داری در گروه ترکیبی پس از ۱۲ هفته تمرین آشکار بود. تفاوت معنی داری در هفته ششم بین سه گروه مشاهده نشد. مقایسه گروه ها نشان داد که در هفته دوازدهم غلظت تستوسترون آزاد در گروه های استقامتی با ترکیبی تفاوت معنی داری یافت (شکل ۱ بخش B).

غلظت کورتیزول در هفته دوازدهم در گروه قدرتی نسبت به مقادیر آغاز دوره، کاهش معنی داری پیدا کرد. غلظت کورتیزول در هفته ششم و دوازدهم در گروه استقامتی نسبت به مقادیر آغاز دوره با کاهش معنی داری همراه بود؛ در حالی که تغییر معنی داری در گروه ترکیبی مشاهده نشد. مقایسه گروه ها نشان داد که در هفته ششم و دوازدهم غلظت کورتیزول در گروه های قدرتی با ترکیبی و استقامتی با ترکیبی تفاوت معنی داری یافت. (شکل ۱ بخش C). نسبت تستوسترون تام به کورتیزول گروه قدرتی در هفته ششم نسبت به هفته نخست با افزایش، و در هفته دوازدهم با کاهش معنی داری همراه بود. این نسبت در گروه استقامتی در هفته دوازدهم نسبت به هفته ششم کاهش معنی داری داشت. در حالی که تغییر معنی داری در گروه ترکیبی مشاهده نشد. تفاوت معنی داری در هفته ششم و دوازدهم بین سه گروه در مقدار این نسبت مشهود نبود. (شکل ۱ بخش D).

نسبت تستوسترون آزاد به کورتیزول گروه قدرتی در هفته دوازدهم نسبت به هفته نخست، با افزایش معنی دار ی همراه بود؛ در حالی که تغییر معنی داری در گروه استقامتی و ترکیبی مشاهده نشد. تفاوت معنی داری در هفته ششم و دوازدهم بین سه گروه در مقدار این نسبت مشهود نبود. (شکل ۱ بخش E).



شکل ۱- تغییرات غلظت تستوسترون تام (A)، آزاد (B)، کورتیزول (C)، نسبت تستوسترون تام به کورتیزول (D) و نسبت تستوسترون آزاد به کورتیزول سرم (E) گروه‌های سه گانه تمرینی در سه مرحله اندازه گیری اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است

† تفاوت معنی دار نسبت به گروه قدرتی

* تفاوت معنی دار نسبت به هفته اول

تفاوت معنی دار نسبت به گروه همزمان

‡ تفاوت معنی دار نسبت به گروه استقامتی

بحث و نتیجه‌گیری

نخستین دستاورد این پژوهش نشان داد که ۶ و ۱۲ هفته تمرین قدرتی پویا به ترتیب موجب ۸۱ / ۲۶ و ۱۴ / ۳۵٪ افزایش معنی‌دار در غلظت سطوح استراحتی تستوسترون تام شد ($\alpha < 0/05$). این یافته مؤید این نکته است که پاسخ تستوسترون تام تابعی از شدت و حجم تمرین است. به همین دلیل، غلظت تستوسترون در هفته ششم نسبت به هفته نخست افزایش معنی‌داری داشت. این روند تغییر تستوسترون تا هفته دوازدهم نیز ادامه یافت؛ به گونه‌ای که در هفته دوازدهم غلظت این هورمون بیشتر از هفته ششم بود؛ یعنی اینکه غلظت هورمون به موازات شدت و حجم تمرین افزایش یافت که همسو با مطالعات قبلی است (۱۳، ۱۶).

ساخت و کارهای (مکانیسم) افزایش غلظت سطوح استراحتی تستوسترون متعاقب تمرین ورزشی به خوبی مشخص نشده است، ولی پژوهشگران افزایش تولید و ترشح هورمون در گوناگونها، تحریک ترشح تستوسترون به واسطه گشاد شدن عروق و افزایش جریان خون بیضه‌ها (۲۶)، افزایش در تحریک، ضربان پذیری یا تولید LH (۲۸، ۳۲)، افزایش تجمع لاکتات یا اثر تحریکی مستقیم لاکتات بر ترشح تستوسترون (۳۰)، همچنین افزایش فعالیت سمپاتیک ناشی از تمرین (۵، ۸) را از مکانیسم‌های اثر گذار مطرح کرده‌اند.

مکانیسم‌های مطرح شده بیشتر برای توجیه افزایش تستوسترون متعاقب یک جلسه تمرین مورد بحث قرار گرفته است (۲۹). اما در پژوهش حاضر افزایش سطوح استراحتی تستوسترون پس از ۱۲ هفته تمرین را می‌توان این گونه توجیه کرد که پس از هر جلسه تمرین، عوامل مذکور موجب افزایش غلظت تستوسترون شده است. از آنجایی که آزمودنی‌ها به طور پیوسته و مکرر به صورت هفتگی سه جلسه تمرین فزاینده انجام دادند، این آثار تقویت شده و احتمالاً موجب افزایش سطوح استراحتی تستوسترون شده است. این توجیه بر اساس تبدیل پاسخ به سازگاری‌ها امکان‌پذیر است. در اثبات این ادعا می‌توان افزایش بیشتر غلظت تستوسترون در هفته دوازدهم را (نسبت به هفته ششم) مطرح ساخت. تمرین پیوسته با افزایش استرس

فیزیولوژیک، نه تنها موجب ثبات سطوح استراحتی پایه تستوسترون، بلکه باعث افزایش آن در هفته دوازدهم شده است.

به نظر می‌رسد که جهت طراحی برنامه تمرینی و تحریک ترشح هر چه بیشتر تستوسترون بایستی درگیر شدن حجم بیشتر عضلات بزرگ را هم مد نظر داشت (۵).

تستوسترون تام در خون در حال گردش به صورت ترکیب با گلوبولین هورمون‌های جنسی یا آلبومین است. این کمپلکس به دلیل داشتن وزن مولکولی زیاد نمی‌تواند از میان آندوتلیوم مویرگ‌ها عبور کند و همچنین امکان نفوذ به دیواره پلاسمایی هسته سلول‌ها جهت واکنش با عوامل عصبی و تنظیم عملکرد آنها فراهم نیست. به همین دلیل، تستوسترون تام احتمالاً از یک الگوی پاسخ دینامیک هومئوستاتیک در تمرین مقاومتی برخوردار است که با تبدیل تستوسترون تام به تستوسترون آزاد با وزن مولکولی پایین‌تر، عبور آن از میان آندوتلیوم مویرگ‌ها و نفوذ به دیواره پلاسمایی هسته سلولی را امکان‌پذیر می‌سازد. افزایش تستوسترون آزاد در پلازما مؤید پاسخ هومئوستاتیک فعال در مردان است. همچنین افزایش میزان تستوسترون تام و آزاد استراحتی، احتمالاً باعث هیپرتروفی عضلات می‌شود (۲۵).

برخی پژوهشگران پاسخ تستوسترون آزاد را موازی و مشابه با تستوسترون تام گزارش کرده‌اند (۲۱)؛ در حالی که برخی دیگر از کاهش یا فقدان پاسخ آن را سخن به میان آورده‌اند. چون تستوسترون آزاد به عنوان بخشی از تستوسترون تام هنگام افزایش نیاز به فعالیت‌های بیولوژیک در دسترس‌گیرنده‌های سلول‌های هدف قرار می‌گیرد، افزایش معنی‌دار این هورمون در پایان هفته دوازدهم در پژوهش حاضر، احتمالاً به دلیل افزایش تبدیل تستوسترون تام به تستوسترون آزاد در پاسخ به افزایش فعالیت‌های بیولوژیک و برداشت تستوسترون آزاد از جانب بافت‌های فعال است (۲۳).

گلوکوکورتیکوئیدها از کورتکس آدرنال در پاسخ به کشش و فشار ناشی از ورزش ترشح می‌شوند. آثار کاتابولیک کورتیزول بر فیبرهای عضلانی نوع دوم بیشتر و بزرگتر از نوع اول

است (۲۲). برنامه های تمرینی که سبب افزایش پاسخ کورتیزول می شوند می توانند منجر به بیشترین پاسخ حاد لاکتات و هورمون رشد شوند. ارتباط معنی داری بین لاکتات خون و کورتیزول سرم دیده شده است. به علاوه افزایش حاد کورتیزول سرم تا حد زیادی با غلظت های کراتین کیناز سرم در ارتباط دارد (۲۸). برنامه های تمرینی شدید که از نظر سوخت و سازی بار زیادی را به بدن تحمیل می کنند، مانند تمرین با حجم بالا، شدت متوسط تا بالا با دوره های استراحت کوتاه مدت، منجر به بیشترین پاسخ حاد لاکتات، کورتیزول و تغییرات کمی در طی تمرین قدرتی معمولی می شود. تمرین قدرتی طولانی مدت گاهی غلظت کورتیزول زمان استراحت را می کاهد و گاه در آن تغییری حاصل نمی کند (۴).

برای توجیه تغییرات در غلظت سطوح استراحتی کورتیزول متعاقب فعالیت های بدنی، ساخت و کار های متفاوتی وجود دارد که از آن میان می توان به تحریک محور هیپوتالاموس - هیپوفیز - آدرنال، ترشح ACTH، تغییرات دمای مرکزی، تغییرات PH، دستگاه عصبی سمپاتیک و تجمع لاکتات و هیپوکسی اشاره کرد.

بنظر می رسد افزایش حجم تمرین موجب کاهش عملکرد استقامتی در نتیجه کاهش ترشح کاتکولامین ها و فعالیت سمپاتیک می شود. گزارش شده افزایش ترشح کورتیزول با توجه به وضعیت تمرینی افراد تابع حجم تمرین است و انجام تمرین با حجم بالا باعث افزایش ترشح آن می شود (۲،۲۷).

نسبت مقادیر تستوسترون به کورتیزول سرم برای ارزیابی پاسخ و پیشگویی عملکرد تمرین به کار می رود. افزایش بیشتر از ۳۰٪ این مقدار نسبت به حالت اولیه، نشان دهنده برتری فرآیند آنابولیسم است. کاهش بیشتر از ۳۰٪ این مقدار نسبت به حالت اولیه، نشان دهنده برتری فرآیند کاتابولیسم و ابتلا به سندروم بیش تمرینی می باشد. انجام تمرین سنگین، بدون در نظر گرفتن دوره های کافی بازگشت به حالت اولیه می تواند باعث اختلالات ماندگار در تعادل نسبت تستوسترون به کورتیزول شود (۱۶،۱۸). کاهش نسبت تستوسترون به کورتیزول

به عنوان یکی از نشانه های بالا بودن حجم تمرین و خستگی ورزشکاران در نظر گرفته شده است. این کاهش می تواند یا در اثر افزایش کورتیزول و یا در اثر کاهش تستوسترون بوجود آید (۳۰، ۳۳).

فرایندهای متفاوتی در ارتباط با محدودیت افزایش قدرت، هنگامی که تمرین قدرتی و استقامتی بطور همزمان انجام میشود بیان شده است. که از آن جمله می توان به بیش تمرینی، تغییر نوع تار عضله، هایپرتروفی عضلانی، تغییرات هورمونی و تغییر در میزان فراخوانی واحدهای حرکتی اشاره کرد.

بیش تمرینی به عنوان فرایندی برای کاهش قدرت در تمرین ترکیبی پیشنهاد شده است (۱۳، ۱۵). که ممکن است به دلیل انجام حجم بیشتری از تمرین نسبت به دو گروه قدرتی و استقامتی باشد. در تحقیق حاضر با ترکیب نیمی از تمرین قدرتی و استقامتی تمرین از نظر حجم تقریباً برابر با دو گروه تمرینی دیگر بود. تحقیق حاضر نشان داد که افزایش قدرت در گروه قدرتی و ترکیبی در مدت ۱۲ هفته تقریباً یکسان بود. احتمالاً ترکیب تمرین قدرتی و استقامتی به عنوان عامل بازدارنده در بهبود و افزایش قدرت بیشینه مطرح نمی باشد.

تنوع در نوع و روش های تمرین خصوصاً در شدت و حجم تمرین با سازگاری های هورمونی و عصبی - عضلانی ویژه همراه است. همچنین نوع فعال شدن عضلات، بار، تعداد نوبت ها و زمان تمرین در تحقیقات نیز متفاوت است (۲، ۵). مکانیسم دیگر خستگی باقیمانده از بخش استقامتی تمرین ترکیبی است که ممکن است میزان تولید نیرو را در بخش قدرتی تمرین ترکیبی به مخاطره بیندازد (۲، ۲۷). در مطالعاتی که تمرین استقامتی قبل از تمرین قدرتی انجام شد ممکن است مقداری خستگی باقی مانده در بخش تمرین قدرتی دیده شود. در تحقیق حاضر با تغییر توالی تمرین در طول ۱۲ هفته اختلالی در افزایش قدرت در گروه ترکیبی مشاهده نشد. نتایج حاصل از انجام سه نوع تمرین قدرتی، استقامتی و ترکیبی نشان داد که به دلیل فزاینده بودن تمرین در هر سه گروه، افزایشی در قدرت و استقامت در همه گروه ها دیده

شد. که بیشترین قدرت به ترتیب در گروه قدرتی، ترکیبی و استقامتی دیده شد. این افزایش با افزایش در مقدار استراحت تستوسترون تام و آزاد در گروه های قدرتی و ترکیبی همراه بود. با توجه به اندازه گیری غلظت هموگلوبین و هماتوکریت در این پژوهش و عدم تغییر غلظت خون، می توان تغییرات معنی دار هورمون ها را به تأثیر برنامه تمرین ارائه شده نسبت داد. نتایج بر این نکته تأکید دارند که انجام ترکیبی تمرین قدرتی و استقامتی اختلالی در روند آنابولیسم یا ارتقای قدرت عضلانی گروه ها ایجاد نکرد. هر چند در این پژوهش هیپرتروفی عضلات مستقیماً اندازه گیری نشد اما به نظر می رسد با توجه به افزایش IRM و ضربان قلب یکنواخت آزمودنی ها در پایان هفته های ششم و دوازدهم نسبت به هفته اول (با توجه به پژوهش های انجام شده حتی اگر هیپرتروفی عضلانی هم صورت نگرفته باشد) سازگاری قابل توجهی در غلظت تستوسترون، کورتیزول و افزایش کارآمدی سیستم هورمونی با عملکرد عضلانی بوجود آمد. با افزایش حجم تمرین (در پایان هفته دوازدهم نسبت به هفته اول) میانگین مقادیر تستوسترون سرم افزایش معنی دار و میانگین مقادیر کورتیزول سرم کاهش معنی دار پیدا کرد. در نهایت با عنایت به نتایج نسبت تستوسترون به کورتیزول در گروه های سه گانه سندروم بیش تمرینی مشاهده نشد. نسبت تستوسترون به کورتیزول سرم در پایان هفته دوازدهم نسبت به هفته اول کاهش معنی دار نشان داد. تناقض گزارش های موجود در خصوص این تأثیر می تواند ریشه در تفاوت گروه های مورد مطالعه، روش های ارزیابی و اندازه گیری شدت و مدت تمرین، نوع برنامه های تمرین، زمان خون گیری و فاصله استراحت بین جلسات تمرین داشته باشد.

نتیجه گیری

بر اساس یافته های پژوهش حاضر پاسخ غلظت استراحتی تستوسترون و کورتیزول سرم تابعی از شدت، طول دوره و نوع برنامه تمرین می باشد. سازگاری های هورمونی در طول

هفته های ششم تا دوازدهم به اوج خود رسید. همچنین از آنجایی که تمرین ترکیبی به عنوان شیوه جدید تمرینی در سالهای اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران ورزشی را به خود معطوف داشته است، احتمالاً روش تمرینی موثر و مفیدی در افزایش قدرت و استقامت نسبت به تمرین استقامتی منفرد است. همچنین به نظر می رسد که الگوی سازگاری هورمونی در تمرین ترکیبی در حجم تمرینی برابر با گروه های قدرتی، استقامتی و تغییر در توالی تمرین، مشابه الگوی سازگاری هورمونی در تمرین قدرتی منفرد است. بدون اینکه در افزایش قدرت اختلال ایجاد کند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر و صرف نظر از محدودیت ها و سایر عوامل اثرگذار که می توانند هورمون ها را تحت تأثیر قرار دهند می توان بیان کرد که انجام تمرین ترکیبی نه تنها باعث اختلال در روند سازگاری هورمونی در عضلات فعال نمی شود بلکه احتمالاً می تواند موجب بهبود سازگاری بین سیستم آندوکرین و عملکرد عضلانی گردد.

منابع

1. **Ahtianin, JP. Pakarinen, A.Kraemer, WJ.et al. (2003).** Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *J. Sports Med.*24:410-8.
2. **Astrand, PO. Rodahl, K. Dahl, HA. et al. (2003).** Textbook of work physiology. Champaign IL, Human Kinetics.
3. **Bell, GJ. Syrotuik, D. Martin, TP. et al. (2000).** Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(5):418-27.
4. **Bosco, C. Colli, R. Bonomi, R. et al. (2000).** Monitoring strength training Neuromuscular and hormonal profile. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:202-8.
5. **Bumpa, T. Bompa, T. (1999).** Periodization: Theory and methodology of training. By Kendall, Hunt publishing company. Chapter (12): 344- 366.
6. **David, D. And Sporer, B. (2000).** A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med.* 30(6):385-94.
7. **Dill, D B. and Costill, DL. (1974).** Calculation of percentage changes in volume of blood, plasma, and red blood cells in dehydration. *J. Appl. Physiol.* 37: 247-248.
8. **Fahrner, CL. and Hackney, AC. (1998).** Effects of endurance exercise on free testosterone concentration and the binding affinity of sex hormone binding globulin (SHBG). *Int. J. Sports Med.* 19:12-5.
9. **Fry, AC. Kraemer, WJ. Stone, MH. et al. (2000).** Relationships between serum testosterone, cortisol and weightlifting performance. *J. Str. Conditioning Res.* 14(3):338-43.
10. **Glowacki, SP. Martin, A. Maurer, A. et al. (2004).** Effects of resistance,

endurance and concurrent exercise on training outcomes in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(12):2119-27.

11. **Gorostiaga, EM.Izquierdo, M.Iturralde, P.et al. (1999).** Effects of heavy resistance training on maximal and explosive force production, endurance and serum hormones in adolescent handball players. *Eur.J. Appl. Physiol.* 80:485-93.

12. **Gorostiaga, EM.Izquierdo, M.Ruest. m.et al. (2005).** Strength training effects on physiological performance and serum hormones in young soccer players. *J. Appl. Physiol.* 507-21:(4)93 .

13. **Hakkinen, K.and Pakarinen, A.(1994).** Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly males and females. *Acta. Physiol. Scand.* 150:287-93.

14. **Hakkinen, K.and Pakarinen, A. (1995).** Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *Int.J. Sports Med.* 16:507-13.

15. **Halson,SL.and JeukendruP, AE.(2004).** Dose overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 34(14):967-81.

16. **Handziski,Z.Maleska,V.Petrovaska,S.et al.(2006).** The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half season. *Bratisl. Lek. Listy.* 107(6-7):259-63.

17. **Hickson, RC.Dvorak, BA.Gorostiaga,EM. etal.(1988).** Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J. Appl. Physiol.* 65(5):2285-90.

18. **Joseph,W.and Duke, JR.(2008).** Influence of exercise training on the free testosterone to cortisol ratio.Ph.D thesis, Chapel Hill. pp:41-60.

19. **Kraemer, WJ.Adams, K.Cafarelli, E.et al. (2002).** Progressive models in resistance training for healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 364-79.

20. **Kraemer,WJ.and Ratamess, N. (2003).** Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.* 674-88.
21. **Kraemer,WJ.and Ratamess ,N. (2005).** Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training.*Sports Med.* 35:(4)339-61.
22. **Kraemer,WJ.and Ratamess, NA. (2003).** Endocrine responses and adaptations to strength and power training. In: Komi pV, editor. *Strength and power in sport.*2nd ed. Malden (MA):Blackwell scientific publications. 361-8.
23. **Kraemer,WJ.Hakkinen,K.Newton,RU.et al.(1999).** Effects of heavy resistance training on hormonal response pattern in younger vs. older man. *J. Appl. Physiol.* 87:982-92.
24. **Kraemer,WJ. Patton. JF.Gordon, EA.et al. (1995).** Compatibility of high intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.*976-89:(3)78 .
25. **Kraemer, WJ.Ratamess, NA.Fry, AC. et al. (2006).** Strength Testing: Development and evaluation of methodology in physiological assessment of human fitness. Champaign IL.Human Kinetics.119-50.
26. **Lu, SS.Lau, CP.Tung, YF. et al. (1997).** Lactate and effects of exercise on testosterone secretion: evidence for the involvement of a cAMP-mediated mechanism. *Med. Sci. sports Exerc.* 29:1048-54.
27. **McArdle, WD.Katch, FL.and Katch, VL.(1996).** Exercise physiology. Baltimore.Williams and Wilkins.
28. **Ratamess, NA.Kraemer, WJ.Volek, JS, et al. (2005).** Effect of heavy exercise volume on post exercise androgen receptor content in resistance trained men. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.* 93:35-43.
29. **Satiropulos, A.Papapanagiotou, A.Souglis, A.et al. (2008).** Changes in

hormonal and lipid profile after a soccer match in male amateur players. *Serb.J.Sports Sci.* 2(1):31-6.

30. **Smilios, I.Pilliandis, T.Karamouzis, S. et al. (2003)**. Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Med.Sic.Sports Exerc.* 35:644-54.

31. **Scott, K.Edward, T.H.(2008)**. Exercise physiology. Theory and application to fitness and performance. New York. Mc Graw. Hill.

32. **Tremblay, MS. Copeland, JL. Van Helder, W. et al. (2005)**. Influence of exercise duration on post-exercise steroid hormone responses in trained males. *Eur. J. Appl. Physiol.* 505-513 :94 .

33. **Urhausen, A. and Kindermann, W. (2002)**. Diagnosis of overtraining: What tools do we have? *Sports Med.* 95-102:(2)32 .