پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۵، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۲
ص ص : ۷۰ – ۵۷

مقایسه اثر استراحت کوتاه مدت و بسیار کوتاه مدت بین ست‌های تمرینات مقاومتی بر سازگاری‌های هورمونی و میزان هایپرتروفی عضلات ناحیه ران

طناز عباسی[۱] – دکتر مهرزاد مقدسی *[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران
۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت : ۰۶/ ۰۴/ ۱۴۰۱ ، تاریخ تصویب : ۱۴۰۱ /۰۸/۲۲)

چکیده

زمان استراحت بین هر ست یکی از متغیرهای اصلی و مهم تمرین است که می‌تواند بر کارآیی تمرینات مقاومتی اثرگذار باشد؛ اما اطلاعات اندکی در خصوص زمان استراحت مطلوب بین هر ست به منظور ایجاد هایپرتروفی عضلانی وجود دارد. از این رو تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تمرینات مقاومتی با استراحت‌های مختلف بر سازگاری‌های هورمونی و میزان هایپرتروفی عضلات ناحیه ران انجام شد. بدین منظور ۲۰ زن سالم جوان با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی در دو گروه ۱۰ نفره تمرین مقاومتی با استراحت‌های ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه ای قرار گرفتند. آزمودنی‌ها به مدت ۲ هفته و ۳ روز در هفته حرکات جلو ران با دستگاه، همسترینگ با دستگاه، اسکات، لیفت مرده و پرس پا را در قالب ۳ ست با ۱۰ تا ۱۲ تکرار بیشینه و ۱۲۰ ثانیه استراحت بین هر ست تمرین کردند. پس از ۲ هفته آزمودنی‌ها به دو گروه تقسیم شدند. پس از آن به مدت ۶ هفته، گروه اول همان حرکات ۲ هفته اول را در قالب ۴ ست با ۱۲۰ ثانیه استراحت و با ۸ تا ۱۰ تکرار بیشینه ادامه دادند در حالی که گروه دوم طی ۶ هفته بعد حرکات مذکور را در قالب ۴ ست با ۳۰ ثانیه استراحت و با ۸ تا ۱۰ تکرار بیشینه اجرا کردند. برای ارزیابی متغیرهای خونی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر ۲×۳ بهره گرفته شد و در صورت مشاهده اختلاف معنی دار از آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی داری $P<۰/۰۵$ استفاده شد. نتایج نشان داد پس از هر دو شیوه تمرینی سطح مقطع عضلات همسترینگ، چهارسر ران و کل عضلات ناحیه ران افزایش معنی داری پیدا کرد ($P<۰/۰۰۱$) اما اختلاف معنی داری بین دو شیوه تمرینی مشاهده نشد. مقدار تستوسترون (**Ts**) در هیچکدام از گروه ها تغییر معنی داری نداشت و سطح هورمون رشد (**GH**) پس از هر دو شیوه تمرینی افزایش معنی داری یافت اما ۳۰ دقیقه پس از آخرین جلسه تمرین در هر دو گروه تمرینی تقریباً به سطوح پایه کاهش پیدا کرد. سطح کورتیزول (**Cor**) تنها در گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه کاهش معنی داری یافت و سطح عامل رشد شبه انسولینی-۱ (**IGF-1**) و نسبت **Ts/Cor** تنها پس از تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه افزایش معنی داری داشت و این افزایش تا ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی همچنان نسبت به سطوح پایه و نسبت به گروه تمرینی دیگر بالاتر بود. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود به منظور بهبود هایپرتروفی عضلات ناحیه ران و ترشح بیشتر هورمون‌های آنابولیک، زنان از تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه بین هر ست استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی

تمرین مقاومتی، دوره های استراحتی بین ست، هورمون، هایپرتروفی عضلانی.

* نویسندهٔ مسئول : پست الکترونیکی: mehrzad.moghadasi@gmail.com

مقدمه

تمرینات مقاومتی تحت تأثیر مقدار بار استفاده شده، تعداد ست‌ها، تعداد تکرارها در هر ست و نیز مقدار استراحت بین ست‌های در یک تمرین قرار می‌گیرد (۱). با تغییر هر یک متغیرهای بالا، محرک تمرینی ویژه نیز تغییر خواهد کرد. در مجموع برای افزایش هایپرتروفی عضلانی، تکرارهای بین ۸ الی ۱۲ مرتبه توصیه شده است (۲). میزان استراحت بین دوره‌های تمرینی در برنامه‌های تمرین مقاومتی، از جمله عوامل اثر گذار بر کارایی و سرانجام افزایش قدرت و استقامت این گونه تمرینات به شمار می‌رود (۵-۳). پس انجام یک تمرین تا مرز خستگی مقدار انرژی ذخیره شده در عضلات تخلیه شده و جهت انجام دورهای بعدی فرد نیاز به زمانی برای بازیافت دارد (۶). مدت زمان استراحت بین هر دورهٔ تمرینی یکی از عوامل مهم در تمرین مقاومتی به شمار می‌رود و دستکاری مدت زمان آن می‌تواند تأثیر بسزایی بر کارآیی تمرین مقاومتی داشته باشد (۷،۸). بنابراین، مشخص ساختن بهترین زمان استراحت بین دورهای تمرینی به ورزشکار کمک می‌کند تا بدون هدر دادن وقت و نیز بدون اعمال فشار به دلیل کار اضافی و خطر آسیب دیدگی، بیشترین استفاده را از داشته باشد (۶).

از طرفی بخشی از آثار تمرینات به واسطه تغییر سطوح هورمون ها انجام می شود؛ به طوری که تحقیقات حاکی از افزایش هورمون های آنابولیک مانند هورمون رشد (*GH*) و تستوسترون (*Ts*) در پاسخ به تمرینات مقاومتی است (۹). هایپرتروفی عضلانی تحت تأثیر عوامل فیزیولوژیکی و مسیرهای سیگنالینگ مختلف سلولی است. در سال-های اخیر تلاش زیادی برای روشن شدن مکانیسم‌های سلولی و مولکولی هایپرتروفی وآتروفی عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی صورت گرفته و عواملی همچون سلول های ماهواره ای، هورمون رشد شبه انسولینی (*IGF-1*) و *TGF-β* به عنوان عوامل درگیر معرفی شده‌اند (۱۰). بر خلاف *Ts* و *GH*، کورتیزول (*Cor*) هورمونی با فعالیت کاتابولیکی است که توسط تحریک هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک، از ناحیه فاسیکولاتا بخش قشری غده فوق کلیه ترشح می‌شود (۷). هورمون *Cor* می‌تواند با اثرات کاتابولیکی خود بر لیپولیز چربی در بافت چربی و تجزیه پروتئین ها در عضله اسکلتی بر افزایش رهایش اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه تاثیر گذارد. همچنین، *Cor* در پاسخ به بی تحرکی طولانی مدت باعث کاهش سنتز پروتئین عضله و در نتیجه کاهش توده عضلانی می گردد (۱۱). نسبت *Ts/Cor* یکی از شاخص های رایج تعیین میزان استرس ناشی از تمرینات ورزشی است (۷).

مطالعات نشان داده اند که زمان استراحت بین ست‌های تمرینی می‌تواند یکی از عوامل مهم و اثرگذار در هایپرتروفی عضلات باشد. استراحت طولانی مدت بین ست ها اثربخشی تمرین را کاهش داده و تحریک کافی به عضلات برای ایجاد هایپرتروفی و ترشح هورمون های مؤثر بر هایپرتروفی را کم می‌کند (۸). برای نمونه رحیمی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند در تمرین مقاومتی با زمان استراحت ۳۰ ثانیه بین ست ها نسبت *Ts/Cor* به طور معنی داری بالاتر از همان تمرین مقاومتی با زمان استراحت ۶۰ ثانیه بوده است (۷). این در حالی است که آتیانن و همکاران (۲۰۰۵) تفاوتی در سطح هورمون های آنابولیک و سطح مقطع عضلات پس از دو نوع تمرین مقاومتی با استراحت‌های ۲ و ۵ دقیقه ای مشاهده نکردند (۱۲). بر خلاف دو مطالعه مذکور، شوئنفلد و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده کردند میزان افزایش هایپرتروفی عضلانی در گروهی که بین ست‌های تمرین مقاومتی ۳ دقیقه استراحت کردند به طور معنی داری بیشتر از استراحت ۱ دقیقه ای بوده است (۱۳). برخی محققین معتقدند استراحت بیش از حد بین ست‌های تمرینی موجب از بین رفتن تحریکات کافی برای ترشح برخی هورمون ها به خصوص *GH* می‌شود و باید بین

ست‌های تمرینی حدود ۳۰ تا ۶۰ ثانیه استراحت نمود (۱۴). با توجه به نتایج متناقض، مطلوب ترین زمان استراحت برای ایجاد هایپرتروفی عضلانی و ترشح هورمون های مؤثر بر آن مشخص نیست. از طرف دیگر اگرچه چندین مطالعه سعی در تعیین مدت زمان مطلوب استراحت بین ست‌های تمرینات مقاومتی داشته اند اما مطالعه ای که در آن میزان هایپرتروفی و هورمون های کاتابولیک و آنابولیک مؤثر در آن را یکجا مورد بررسی قرار داده باشد انجام نشده است. از این رو در مطالعه حاضر اثر تمرینات مقاومتی با استراحت‌های مختلف بر سازگاری‌های هورمونی و میزان هایپرتروفی عضلات ناحیه ران زنان بدون سابقه تمرین مقاومتی مورد بررسی قرار گرفته است.

روش شناسی پژوهش

آزمودنی‌ها

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی و کاربردی بود که به صورت طرح پیش آزمون- پس آزمون انجام شد. جامعه تحقیق حاضر را کلیه زنان جوان غیرورزشکار شهر شیراز تشکیل می دادند که با اعلام فراخوان تعدادی جهت شرکت در تحقیق دعوت شدند. بر مبنای ارزیابی سلامت جسمانی، روحی و روانی از بین آنها تعداد ۲۰ نفر به عنوان آزمودنی و به صورت هدفمند انتخاب شدند. لازم به ذکر است با توجه به شرایط شیوع کووید-۱۹ در زمان اجرای پژوهش، انتخاب نمونه بیش از این تعداد میسر نبود و از حداقل تعداد نمونه برای اجرای پژوهش استفاده شده است. لذا تعداد نمونه یکی از محدودیت های مطالعه حاضر بوده است. معیارهای ورود به تحقیق حاضر شامل نداشتن سابقه هر گونه بیماری اثر گذار بر روند تحقیق، نداشتن سابقه هر گونه تمرین ورزشی منظم حداقل ۶ ماه پیش از اجرای تحقیق، عدم مصرف مکمل های اثر گذار بر روند تحقیق طی حداقل ۱ سال گذشته، عدم استعمال هر گونه دخانیات، عدم شرکت در برنامه های کاهش یا افزایش وزن و داشتن سلامت کامل روحی و ذهنی بود. پس از اخذ رضایتنامه شرکت در تحقیق و فرم آمادگی شرکت در فعالیت های ورزشی، آزمودنی‌ها به طور تصادفی در ۲ گروه ۱۰ نفری تمرین با زمان استراحتی ۳۰ ثانیه ای و ۱۲۰ ثانیه ای بین ست ها تقسیم شدند.

برنامه تمرینی

آزمودنی ها به مدت ۲ هفته و ۳ روز در هفته حرکات جلو ران با دستگاه، همسترینگ با دستگاه، اسکات، لیفت مرده و پرس پا را در قالب ۳ ست با ۱۰ تا ۱۲ تکرار بیشینه (RM ۱۰-۱۲) و ۱۲۰ ثانیه استراحت بین هر ست تمرین کردند. پس از ۲ هفته آزمودنی‌ها به دو گروه تقسیم شدند. پس از آن به مدت ۶ هفته، گروه اول همان حرکات ۲ هفته اول را در قالب ۴ ست با ۱۲۰ ثانیه استراحت و با ۸ تا ۱۰ تکرار بیشینه (RM ۱۰- ۸) ادامه دادند در حالی که گروه دوم طی ۶ هفته بعد حرکات مذکور را در قالب ۴ ست با ۳۰ ثانیه استراحت و با ۸ تا ۱۰ تکرار بیشینه (RM ۱۰-۸) اجرا کردند (۱۵).

اندازه‌گیری های آنتروپومتریک و ترکیب بدن

قدآزمودنی‌ها توسط قدسنج و در حالی که فرد بدون کفش در کنار دیوار ایستاده و وضعیت صاف و کشیده به خود می گرفت اندازه‌گیری و با دقت ۰/۱ سانتی‌متر ثبت شد. وزن آزمودنی‌ها نیز توسط ترازوی سکا، بدون کفش و با حداقل لباس به کیلوگرم اندازه‌گیری و ثبت شد. شاخص توده بدن از تقسیم وزن بر حسب کیلوگرم به مجذور قد برحسب متر محاسبه شد. برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن است از روش اندازه‌گیری چین زیرپوستی سه نقطه‌ای (سه سر پشت بازو، ران و فوق خاصره)، توسط کالیپر هارپندن ساخت کشور انگلستان و فرمول جکسون و پولاک استفاده شد. لازم به ذکر است کلیه اندازه‌گیری‌ها از سمت راست بدن انجام شد. علاوه بر این چین پوستی در هر محل

دو بار اندازه گیری شد و چنانچه اختلاف اندازه‌گیری مرحله اول و دوم بیش از ۲ میلیمتر بود، برای سومین بار اندازه‌گیری اجرا و میانگین سه اندازه‌گیری به عنوان چین زیر پوستی ناحیه ثبت می شد (۱۶).

اندازه‌گیری حداکثر قدرت

برای اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه از معادله برزیکی استفاده شد. حداکثر قدرت در هر حرکت قبل و بعد از اتمام دوره تمرین ارزیابی شد (۱۶).

$$\text{یک تکرار بیشینه} = \frac{\text{وزن جابه‌جا شده (کیلوگرم)}}{[(۰/۰۲۷۸\times \text{تعداد تکرار تا خستگی})-۱/۰۲۷۸]}$$

اندازه گیری متغیرهای خونی

در تحقیق حاضر سطح هورمون های GH، Cor، Ts و IGF-1 اندازه گیری شدند. سطح این هورمون ها قبل از شروع دوره تمرینی، بلافاصله بعد از اتمام آخرین جلسه تمرین و ۳۰ دقیقه بعد از اتمام آخرین جلسه تمرین با رعایت دوران قاعدگی و خارج از دوره خونریزی اندازه گیری شدند. در هر مرحله در حالت نشسته از ورید بازویی مقدار ۵ میلی‌لیتر خون گرفته شد و نمونه های خونی در میکروتیوب‌های نشان دار شده حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته و میکروتیوب ها به آزمایشگاه منتقل شدند. مقدار هورمون های GH و Cor با استفاده از روش گاما و کیت مخصوص گاما ایزوتوپ ساخت کشور مجارستان و مقدار هورمون های Ts و IGF-1 با روش الایزا و توسط کیت های مخصوص الایزا ایزوآل ساخت شرکت مونوبایند آمریکا و با حساسیت ۰/۵۷۶ پیکوگرم و اندازه گیری شدند.

اندازه‌گیری سطح مقطع عضلات ناحیه ران

برای ارزیابی هایپرتروفی عضلات چهار سر ران، همسترینگ و عضلات ناحیه ران قبل و پس از دوره تمرینی از روش ارزیابی سطح مقطع عضلات با استفاده از فرمول هوش و همکاران استفاده شد (۱۷). همانطور که در فرمول های زیر نیز مشخص است، در این روش چربی نقطه ای ران توسط کالیپر و محیط ران (دقیقاً زیر چین ران) با متر نواری اندازه گیری و در فرمول های زیر قرار داده شد تا سطح مقطع عضلات که بیانگر هایپرتروفی عضلات چهار سر ران، همسترینگ و ناحیه ران است به دست آید.

۴۵/۱۳ – (چربی نقطه ای ران × ۱/۲۵) – (محیط ران × ۲/۵۲) = هایپرتروفی عضلات چهارسر ران

۲۲/۶۹ – (چربی نقطه ای ران × ۰/۶۴) – (محیط ران × ۱/۰۸) = هایپرتروفی عضلات همسترینگ

۸۰/۹۹ – (چربی نقطه ای ران × ۲/۰۹) – (محیط ران × ۴/۶۸) = هایپرتروفی کل ران

میزان سطح مقطع عضلات چهار سر ران، همسترینگ و عضلات ناحیه ران قبل و بعد از اتمام دوره تمرین ارزیابی شد.

تجزیه و تحلیل آماری

با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک طبیعی بودن داده‌ها بررسی شد و سپس همگن بودن داده ها در جلسه پیش آزمون تحقیق شد. برای مقایسه نتایج گروه ها از پیش آزمون به پس آزمون از آزمون t همبسته و برای مقایسه بین گروه ها از آزمون ANCOVA و t مستقل در سطح

معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین برای ارزیابی متغیرهای خونی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر ۳×۲ بهره گرفته شد و در صورت مشاهده اختلاف معنی دار از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت.

مشخصات فردی، تن‌سنجی و ترکیب بدن کلیه آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون t نتایج آزمون t همبسته نشان داد درصد چربی هم در گروه استراحت ۳۰ ثانیه (P=۰/۰۰۱ و t=۳/۱) و هم در گروه استراحت ۱۲۰ ثانیه (P=۰/۰۱ و t=۳/۸) کاهش معنی داری داشته است اما اختلاف معنی داری بین دو گروه مشاهده نشد.

یافته‌ها

جدول ۱. مشخصات فردی، تن‌سنجی و ترکیب بدن آزمودنی‌ها به تفکیک گروه (میانگین ± انحراف معیار)

متغیرها	گروه استراحت ۳۰ ثانیه		گروه استراحت ۱۲۰ ثانیه	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
سن (year)	۲۵/۳ ± ۲/۷	—	۲۴/۸ ۲±/۳	—
قد (cm)	۱۶۱/۲ ± ۶/۵	—	۱۶۱/۲ ± ۶/۰	—
وزن بدن (kg)	۶۷/۴ ± ۱۲/۸	۶۵/۴ ± ۱۱/۲	۶۸/۱ ± ۷/۳	۶۶/۲ ± ۶/۳
شاخص توده بدن (kg/m^2)	۲۸/۳ ± ۵/۰	۲۷/۲ ± ۴/۴	۲۹/۶ ± ۲/۱	۲۷/۰ ± ۱/۸
درصد چربی (%)	۳۱/۸ ± ۳/۲	۲۸/۱ ± ۲/۵*	۳۰/۱ ± ۴/۱	۲۷/۷ ± ۲/۸*

* اختلاف معنی دار با پیش آزمون (۰۵/ >P)

میزان تغییرات حداکثر قدرت آزمودنی‌های گروه‌های مختلف قبل و پس از دوره‌های تمرینی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج آزمون t همبسته نشان داد میزان حداکثر قدرت در تمام حرکات پس از اعمال هر دو نوع برنامه تمرینی افزایش معنی داری یافته است (P<۰/۰۵) اما آزمون t مستقل حاکی از عدم وجود اختلاف معنی دار بین دو شیوه تمرینی بود. از این رو به نظر می رسد هر دو شیوه تمرینی به یک میزان در افزایش قدرت عضلانی مؤثر بوده‌اند.

جدول ۲. میزان تغییرات حداکثر قدرت آزمودنی‌های گروه‌های مختلف قبل و پس از دوره تمرینی (میانگین ± انحراف معیار)

متغیرها	گروه استراحت ۳۰ ثانیه		گروه استراحت ۱۲۰ ثانیه	
	پیش از تمرین	پس از تمرین	پیش از تمرین	پس از تمرین
اسکات (kg)	۱۲۶/۰ ± ۶۰/۳	۱۸۲/۹ ± ۸۸/۴*	۹۸/۱ ± ۳۵/۸	۱۵۵/۴ ± ۴۶/۹*
پرس پا با دستگاه (kg)	۸۸/۲ ± ۲۲/۰	۱۲۲/۱ ± ۲۶/۰*	۹۰/۰ ± ۱۵/۸	۱۲۵/۰ ± ۲۳/۸*
همسترینگ با دستگاه (kg)	۵۱/۳ ± ۱۶/۵	۷۴/۲ ± ۲۱/۴*	۴۸/۰ ± ۵/۱	۶۶/۲ ± ۱۱/۴*
لیفت مرده (kg)	۶۱/۲ ± ۲۷/۴	۷۳/۳ ± ۲۱/۸*	۴۹/۵ ± ۱۹/۴	۶۰/۵ ± ۱۴/۸*

* اختلاف معنی دار با پیش آزمون (۰۵/ >P)

نتایج آزمون t همبسته نشان داد متعاقب هر دو نوع برنامه تمرینی میزان هایپرتروفی عضلات چهار سر ران، میزان هایپرتروفی عضلات همسترینگ و میزان هایپرتروفی عضلات کل ناحیه ران افزایش معنی داری یافته است (P<۰/۰۰۱) اما نتایج آزمون ANCOVA حاکی از آن بود که اختلاف معنی داری در هایپرتروفی عضلات چهار سر

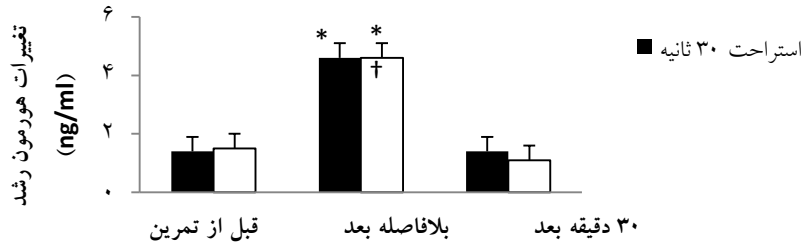
ران (P=۰/۱۹ و F=۱/۹)، هایپرتروفی عضلات همسترینگ (P=۰/۲۱ و F=۱/۲) و هایپرتروفی عضلات کل ناحیه ران (P=۰/۱۸ و F=۲/۲) بین دو گروه وجود ندارد.

جدول ۳. میزان تغییرات سطح مقطع عضلات ناحیه ران در گروه‌های مختلف (میانگین ± انحراف معیار)

متغیرها	گروه استراحت ۳۰ ثانیه		گروه استراحت ۱۲۰ ثانیه	
	پیش از تمرین	پس از تمرین	پیش از تمرین	پس از تمرین
سطح مقطع عضلات چهار سر ران (cm^3)	۶۰/۳ ± ۴/۳	۷۰/۴ ± ۶/۴*	۵۴/۸ ± ۳/۸	۶۰/۶ ± ۴/۹*
سطح مقطع عضلات همسترینگ (cm^3)	۱۵/۱ ± ۲/۰	۲۰/۸ ± ۱/۹*	۱۷/۶ ± ۲/۸	۲۰/۵ ± ۲/۴*
سطح مقطع کل عضلات ناحیه ران (cm^3)	۱۰۸/۴ ± ۶/۵	۱۲۹/۱ ± ۷/۴*	۱۱۱/۹ ± ۵/۱	۱۲۳/۲ ± ۷/۱*

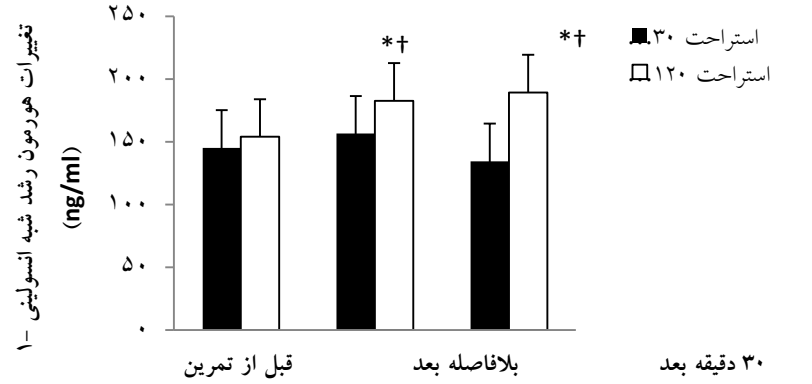
* اختلاف معنی دار با پیش آزمون (P< ۰/۰۵)

میزان تغییرات GH قبل، بلافاصله بعد و ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرین در دو گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه ای در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد سطح GH پس از هر دو شیوه تمرینی افزایش معنی داری داشته است اما ۳۰ دقیقه پس از آخرین جلسه تمرین در هر دو گروه تمرینی تقریباً به سطوح پایه کاهش یافت.



شکل ۱. میزان تغییرات GH متعاقب هشت هفته تمرین مقاومتی با استراحت‌های مختلف

*اختلاف معنی دار با پیش آزمون (P< ۰/۰۵)؛ † اختلاف معنی دار با ۳۰ دقیقه پس از فعالیت (P<۰/۰۵)



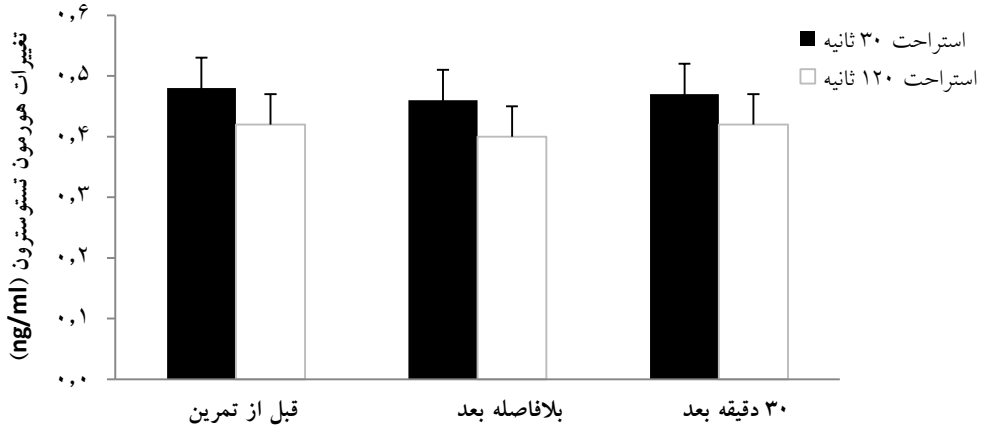
شکل ۲. میزان تغییرات هورمون IGF-1 متعاقب هشت هفته تمرین مقاومتی با استراحت‌های مختلف

*اختلاف معنی دار با پیش آزمون (P< ۰/۰۵)؛ † اختلاف معنی دار بین دو گروه (P< ۰/۰۵)

میزان تغییرات IGF-1 قبل، بلافاصله بعد و ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرین در دو گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه ای در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری

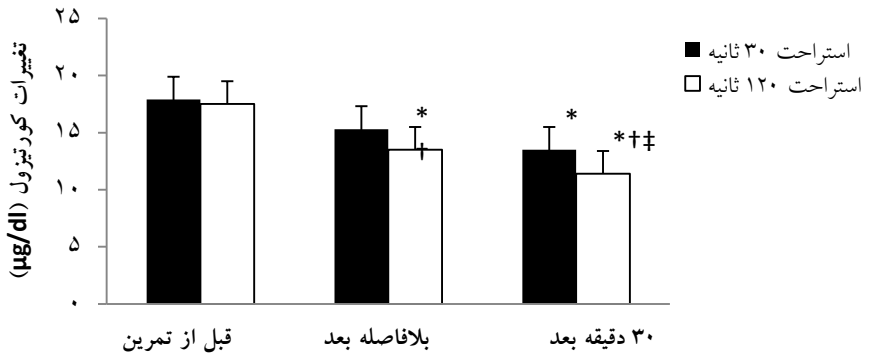
های مکرر نشان داد سطح IGF-1 تنها پس از تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه افزایش معنی داری داشته است و این افزایش تا ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی همچنان نسبت به سطوح پایه بالاتر است. این اختلاف با گروه تمرین با استراحت ۳۰ ثانیه نیز معنی دار بود.

میزان تغییرات Ts قبل، بلافاصله بعد و ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرین در دو گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه ای در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد سطح Ts پس از هر دو شیوه تمرینی نسبت به قبل از تمرین در هیچکدام از مراحل اندازه گیری تغییر معنی داری نداشته است.



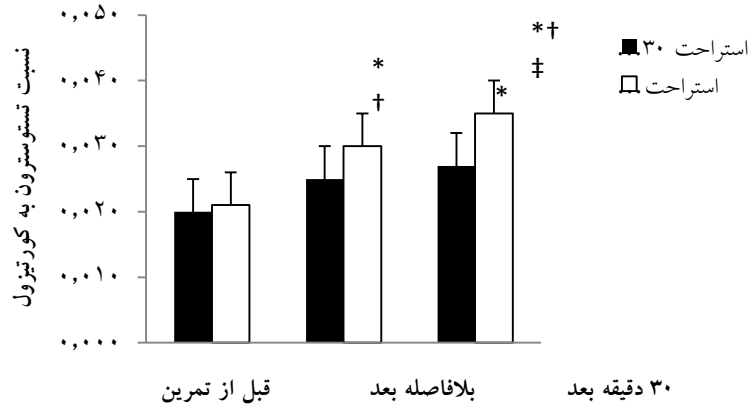
شکل ۳. میزان تغییرات هورمون Ts متعاقب هشت هفته تمرین مقاومتی با استراحت‌های مختلف

میزان تغییرات Cor قبل، بلافاصله بعد و ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرین در دو گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه ای در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد سطح Cor پس از تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه کاهش معنی داری داشته است و این کاهش تا ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی همچنان نسبت به سطوح پایه بالاتر است. این اختلاف با گروه تمرین با استراحت ۳۰ ثانیه نیز معنی دار بود. از طرفی روند کاهشی Cor در گروه تمرین با استراحت ۳۰ ثانیه ای در ۳۰ دقیقه پس از تمرین نسبت به سطوح پایه معنی دار شد.



شکل ۴. میزان تغییرات هورمون Cor متعاقب هشت هفته تمرین مقاومتی با استراحت‌های مختلف

در نهایت میزان تغییرات نسبت Ts/Cor قبل، بلافاصله بعد و ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرین در دو گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه ای در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر نشان داد سبت Ts/Cor پس از تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه افزایش معنی داری داشته است و این افزایش تا ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی همچنان نسبت به سطوح پایه بالاتر است. این اختلاف با گروه تمرین با استراحت ۳۰ ثانیه نیز معنی دار بود. از طرفی روند افزایشی نسبت Ts/Cor در گروه تمرین با استراحت ۳۰ ثانیه ای در ۳۰ دقیقه پس از تمرین نسبت به سطوح پایه معنی دار شد.



شکل ۵. میزان تغییرات نسبت Ts/Cor متعاقب هشت هفته تمرین مقاومتی با استراحت‌های مختلف

*اختلاف معنی دار با پیش آزمون (۰۵/ >P)؛ † اختلاف معنی دار بین دو گروه (۰۵/ >P)؛ ‡ اختلاف معنی دار با بلافاصله پس از تمرین (P<۰/۰۵)

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف مشخص ساختن اثر تمرینات مقاومتی با استراحت‌های مختلف بر سازگاری‌های هورمونی و میزان هایپرتروفی عضلات ناحیه ران در زنان غیرورزشکار انجام شد. نتایج نشان داد متعاقب هر دو نوع برنامه تمرینی میزان هایپرتروفی عضلات همسترینگ، چهارسر ران و کل عضلات ناحیه ران افزایش معنی داری پیدا کرده است اما اختلاف معنی داری بین دو شیوه تمرینی مشاهده نشد. همراستا با نتایج مطالعه حاضر، آتیاینن و همکاران[1] (۲۰۰۵) نیز دریافتند پس از استراحت کوتاه مدت (۲

[1] . Ahtiainen & et al.

دقیقه) و طولانی مدت (۵ دقیقه) بین ست‌های تمرینی در ۳ ماه تمرینات مقاومتی، سطح مقطع عضلات اکستنسور ران افزایش پیدا کرده است اما تفاوتی در میزان هایپرتروفی عضلات بین دو شیوه تمرینی مشاهده نشد (۱۲).

مکانیسم‌های ایجاد هایپرتروفی عضلانی در پاسخ به تمرینات مقاومتی مختلف هستند و می توان به نقش سلول های ماهواره ای، مسیر Akt/mTORT، میوژنین و میوستاتین، پروتئین کیناز فعال شده با میتوژن (MAPK)، مسیرهای وابسته به یون کلسیم، تورم سلولی و نقش واسطه ای هورمون ها اشاره کرد. نقش سلول های ماهواره ای در ایجاد هایپرتروفی که بین لامینا و سارکولما قرار دارند شناخته شده است (۱۸). این سلول های بنیادی معمولاً در حالت خاموش هستند اما زمانی که یک محرک مکانیکی کافی روی عضله اسکلتی اعمال می‌شود، فعال می شوند (۱۹). هنگامی که عضله تحریک می‌شود، سلول های ماهواره ای گسترش می یابند و در نهایت با سلول های موجود و یا در میان خود برای ایجاد تارهای جدید ترکیب می شوند، یا پیش سازهای مورد نیاز برای ترمیم و رشد بعد از به وجود آمدن بافت عضلانی جدید را فراهم می کنند (۱۹). از طرف دیگر اعتقاد بر این است که مسیر Akt/mTORT به عنوان یک شبکه اصلی تنظیم کننده رشد عضلات اسکلتی عمل می‌کند (۲۰و۲۱). اگر چه مکانیسم‌های مولکولی خاص به طور کامل روشن نشده است، اما Akt به عنوان نقطه مولکولی بالادست در نظر گرفته شده است که هم بر سیگنالینگ آنابولیک (۲۲) و هم بر مهار کننده غالب سیگنال‌های کاتابولیک (۲۳) مؤثر است. رشد و هایپرتروفی عضلانی تابع عوامل تنظیمی میوژنیک و عامل تغییر شکل رشدی بتا نیز است (۲۴). مطالعات گذشته نشان داده اند تمرینات قدرتی به واسطه افزایش میوژنین و کاهش میوستاتین به عنوان عضوی از خانواده عامل تغییر شکل رشدی بتا می توانند موجب هایپرتروفی عضلانی شوند (۲۴). MAPK یک تنظیم کننده اصلی بیان ژن، وضعیت بازسازی و سوخت و ساز بدن است که هایپرتروفی عضلات اسکلتی ناشی از ورزش، رشد و تمایز سلولی را وساطت می‌کند (۲۵). مسیرهای وابسته به کلسیم نیز در تنظیم هایپرتروفی عضلانی دخالت دارند. اعتقاد بر این است که کلسینورین (Cn) یک تنظیم کننده بسیار مهم در آبشار سیگنالینگ یون کلسیم است. Cn در مسیر یون کلسیم در پایین دست عمل می‌کند و از طریق اثرات سازنده مختلف هایپرتروفی مانند فاکتور افزایش دهنده میوسیت ۲، فاکتورهای رونویسی GATA و عامل هسته ای سلول های T فعال شده میانجی گری می‌کند (۲۶). در نهایت هیدراسیون سلولی (تورم سلولی) به عنوان یک تنظیم کننده فیزیولوژیکی عملکرد سلولی عمل می‌کند. اگرچه یک مبنای فیزیولوژیکی در ارتباط با تورم سلولی با یک مشتق آنابولیک هنوز تعیین نشده است، ممکن است افزایش فشار بر غشاء به عنوان تهدیدی برای یکپارچگی سلولی در نظر گرفته شود که به نوبه خود باعث می‌شود تا سلول یک پاسخ سیگنالی را آغاز و در نهایت منجر به تقویت زیرساخت های آن گردد (۲۷). تمرینات مقاومتی باعث تغییرات تعادل آب داخل و خارج سلولی می‌شود، که میزان آن بستگی به نوع ورزش و شدت تمرین دارد. تورم سلولی به وسیله ورزش که به شدت بر روی گلیکولیز تأثیر می گذارد، به حداکثر می رسد و با تجمع لاکتات به عنوان اصلی ترین عامل تغییرات اسمزی در عضله اسکلتی عمل می‌کند. تارهای تند انقباض به تغییر اسمزی حساس هستند، و از طرف دیگر تمرینات مقاومتی سبب افزایش ظرفیت ذخیره سازی گلیکوژن در عضلات می شوند که دارای توان بالقوه برای افزایش تورم سلولی هستند (۲۷). اگرچه هرکدام از مکانیسم‌های فوق می توانسته مسئول افزایش هایپرتروفی مشاهده شده پس از اجرای دو شیوه تمرینی بکار رفته در مطالعه حاضر باشد، اما عدم مطالعه

روی مکانیسم‌های ریزمولکولی از محدودیت های مطالعه حاضر است.

آنچه در مطالعه حاضر در خصوص اثرگذاری بر میزان هایپرتروفی عضلانی مورد بررسی قرار گرفت، میزان تغییرات هورمون های آنابولیک و کاتابولیک طی دوران مختلف اجرای شیوه های تمرینی بود. در مطالعه حاضر مشخص شد مقدار Ts در هیچکدام از گروه ها تغییر معنی داری نداشت در حالی که سطح GH پس از هر دو شیوه تمرینی افزایش معنی داری یافت است اما ۳۰ دقیقه پس از آخرین جلسه تمرین در هر دو گروه تمرینی تقریباً به سطوح پایه کاهش پیدا کرد. بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، رحیمی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند سطح Ts پس از یک جلسه تمرین مقاومتی با ۱۲۰ ثانیه استراحت بین هر ست افزایش معنی‌داری یافته است در حالی که سطح این هورمون با ۶۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها تغییر معنی داری نداشت. در همین مطالعه مشاهده شد سطح GH در گروه استراحتی ۶۰ ثانیه بیشتر از گروه استراحتی ۱۲۰ ثانیه بین هر ست بوده است (۸). علت تفاوت در نتایج می‌تواند جنسیت آزمودنی‌ها، پرتکل تمرینی و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها باشد. لازم به ذکر است جنسیت در آن مطالعه مردان تمرین کرده و پاسخ هورمونی نسبت به یک جلسه تمرین بررسی شده است در حالی که آزمودنی‌های این مطالعه زنان و پاسخ هورمونی پس از یک دوره ۸ هفته‌ای بررسی شده است.

اگر چه اثرات Ts روی عضلات اسکلتی در غیاب فعالیت ورزشی هم دیده می‌شود، اما اقدامات آن توسط فعالیت مکانیکی افزایش می یابد و با افزایش میزان تولید پروتئین و مهار تجزیه آن، آنابولیسم را افزایش می دهد (۲۸). همچنین Ts با تحریک انتشار سایر هورمون های آنابولیک مانند GH به افزایش پروتئین به طور غیر مستقیم کمک می‌کند و از طرف دیگر موجب افزایش و فعال سازی سلول های ماهواره ای می‌شود (۲۹). GH نیز منجر به افزایش انتقال اسیدهای آمینه به سلول عضلانی، افزایش گیرنده های سلولی، تسهیل ریکاوری تارها و تحریک گیرنده های هایپرتروفیک می‌شود (۳۰). به نظر می رسد بین تولید لاکتات و غلظت GH ارتباط مستقیمی وجود داشته باشد. این امر ممکن است به دلیل افزایش اسیدیته ناشی از فعالیت عضلانی باشد که گیرنده های متابولیکی را تحریک و بازخورد حسی را به سیستم عصبی مرکزی و هیپوتالاموس می فرستد و در نهایت ترشح GH را افزایش می دهد (۱۲). همانطور که در مطالعه حاضر مشخص شد سطح GH پس از هر دو شیوه تمرینی افزایش یافت که علت آن ممکن است تولید و تجمع لاکتات در عضلات به دنبال هر دو شیوه باشد. دلیل کاهش GH پس از ۳۰ دقیقه از اتمام تمرین ممکن است افزایش معنی دار IGF-1 باشد. مشخص شده است که افزایش IGF-1 بازخورد منفی ایجاد می‌کند و تحریک ترشح سوماتواستاتین از هیپوتالاموس و به تبع آن ترشح GH مهار می‌شود (۳۱). در خصوص عدم تغییر Ts نیز می توان به این نکته اشاره داشت که آزمودنی‌های مطالعه حاضر را زنان تشکیل داده بودند و با توجه به آنکه ترشح ،س در پاسخ به تمرینات مقاومتی تابع توده عضلانی است و مردان همواره از توده عضلانی بیشتری نسبت به زنان هم وزن و هم رده خود برخوردار هستند و با توجه به اختلافات جنسیتی، زنان از Ts پایه کمتری نسبت به مردان برخوردارند (۳۲) لذا عدم تغییر ،س در پاسخ به تمرینات ممکن است به دلیل موارد فوق باشد.

سطح Cor تنها در گروه تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه کاهش معنی داری یافت و سطح IGF-1 و نسبت Ts/Cor تنها پس از تمرین مقاومتی با استراحت ۱۲۰ ثانیه افزایش معنی داری داشت و این افزایش تا ۳۰ دقیقه پس از اتمام آخرین جلسه تمرینی همچنان نسبت به سطوح پایه و نسبت به گروه تمرینی دیگر بالاتر بود.

همراستا با نتایج مطالعه حاضر، رحیمی و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که نسبت Ts/Cor در گروه استراحتی ۱۲۰ ثانیه بین هر ست افزایش بیشتری نسبت به گروه استراحت ۶۰ ثانیه بین هر ست دارد (۷). البته لازم به ذکر است که در مطالعه رحیمی و همکاران (۲۰۱۱) نسبت Ts/Cor در پایخ به زمان‌های مختلف استراحتی بین هر ست پس از یک جلسه تمرین مقاومتی و در مردان تمرین کرده بررسی شد در حالی که در مطالعه حاضر این شاخص در زنان و به دنبال یک دوره تمرینی ۸ هفته‌ای اندازه‌گیری شد. مطالعات نشان داده اند که کنترل بیان، ترجمه و ترشح IGF-1 از طریق هر دو دستگاه عصبی و غدد درون ریز صورت می‌گیرد. نقطه مشترک کنترل ترشح این هورمون در این دو دستگاه، محور GH /IGF-1 است (۱۲). محور GH /IGF-1در بر گیرنده ی هورمون ها، فاکتورهای رشد، پروتئین های حامل و گیرنده هاست. تحقیقات نشان داده اند که در پاسخ به فعالیت ورزشی این محور دچار تغییراتی می گردد که، این تغییرات منجر به افزایش میزان تولید IGF-1در بافت های مختلف بدن (مانند بخش هایی از هایپوکمپ) می‌شود (۳۳). بدین صورت که فعالیت ورزشی با تغییرات مثبتی که در برخی از انتقال دهنده های عصبی (مانند کاتکول آمین ها، سروتونین و عامل های کولینرژیک و مخدر های آندروژنی (مانند آدرنوکورتیکوتروپین، بتا اندورفین) به وجود می آورد موجب افزایش تولید هورمون آزاد کننده ی هورمون آزاد کننده هورمون رشد (GNRH) و سوماتواستاتئین از هیپوتالاموس می‌شود. این عوامل موجب تحریک تولید IGF-1 از بخش های مختلف هیپوکمپ می‌شود (۳۳). در سیستم هورمونی - عصبی یا محور هیپوتالاموس – هیپوفیز- قشر فوق کلیوی استرس مانند شرایط امتحان، چتربازی، ورزش و غیره با تحریک هسته های پاراونتریکولار هیپوتالاموس موجب آزاد سازی عامل افزایش دهنده کورتیکوتروپین می گردند. این عوامل در هیپوفیز قدامی باعث سنتز آدرنوکورتیکوتروپین و در نهایت تحریک غدد فوق کلیوی و ترشح هورمون هـای گلوکوکورتیکوئیدی (مانند Cor) می گردد (۳۴). هورمون های گلوکوکورتیکوئیدی موجب بسیج انرژی به بافت ها و افزایش فعالیت قلبی - عروقی، تأثیر بر سیستم ایمنی و جلوگیری از فعالیت های پر انرژی می گردند. بنابراین تحریک محور سمپاتیک مرکزی - آدرنال- و محور هیپوتـالاموس - هیپوفیز - قشر فوق کلیوی موجب افزایش هورمون های کاکتولامینی و گلوکوکورتیکوئیدی (Cor) و در نهایت افزایش فعالیت قلبی عروقی (افزایش ضربان قلب و فشار خون) می‌شود (۳۵). غلظت Cor در شیوه تمرینی با ۱۲۰ ثانیه استراحت بین هر ست کاهش معنی داری یافت. دیگر مطالعات کاهش غلظت Cor متعاقب تمرینات مقاومتی منظم را سازگاری‌های عصبی- عضلانی از جمله ایجاد هایپرتروفی عضلانی، بهبود عملکرد میانجی های شیمیایی عصبی و بهبود متابولیم گلوکز و انسولین دانسته اند (۳۶و۳۷). همراستا با نتایج مطالعه حاضر رحیمی و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند نسبت Ts/Cor در شیوه تمرینی با استراحت ۱۲۰ ثانیه نسبت به ۶۰ و ۹۰ ثانیه بیشتر است (۷). در مطالعه حاضر اگرچه غلظت Ts تغییر معنی داری پس از دو شیوه تمرینی با ۳۰ و ۱۲۰ ثانیه استراحت نداشت اما به نظر می رسد عوامل مؤثر در کاهش معنی دار Cor پس از شیوه تمرینی ۱۲۰ ثانیه استراحت بین هر ست عامل افزایش نسبت Ts/Cor شده است. ممکن است کاهش معنی دار Cor در شیوه تمرینی ۱۲۰ ثانیه استراحت به دلیل کاهش فشارهای فیزیولوژیکی در این شیوه نسبت به دوره استراحتی بسیار کوتاه بین هر ست باشد (۷).

مطالعه حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود. به عنوان نمونه دسترسی به آزمودنی‌های بیشتر امکان پذیر نبود و هر چند تعداد آزمودنی‌ها منطبق با دیگر مطالعات صورت

گرفته در این زمینه بوده است، اما ممکن است تعداد نمونه‌ها بر خطای آماری نوع دوم اثرگذار بوده باشد. علاوه بر این در مطالعه حاضر به دلیل محدودیت‌های مالی، برای ارزیابی سطح مقطع عضلات از شیوه چین زیرپوستی و فرمول برآورد هایپرتروفی عضلانی استفاده شده است و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده از شیوه‌های دقیق‌تر همچون بافت‌برداری، MRI، سی تی اسکن یا DXA استفاده شود.

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد هر دو شیوه تمرین مقاومتی با زمان های استراحتی ۱۲۰ و ۳۰ ثانیه بین هر ست موجب افزایش هایپرتروفی عضلات ناحیه ران در زنان غیرورزشکار می‌شود اما زمان استراحتی ۱۲۰ ثانیه بین هر ست موجب ترشح بیشترهورمون های آنابولیک و کاهش هورمون‌های کاتابولیک در زنان می‌شود، لذا استفاده از زمان استراحت ۱۲۰ ثانیه بین هر ست نسبت به زمان‌های استراحتی کوتاه مدت‌تر پیشنهاد می‌شود.

References

1. De Salles BF. Simão R. Miranda F. Novaes JS. Lemos A. Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. Sports Med. 2009; 39: 765-777
2. Hagstrom AD. Marshall PW. Halaki M. Hackett DA. The effect of resistance training in women on dynamic strength and muscular hypertrophy: A systematic review with meta-analysis. Sports Med. 2020; 50: 1075-1093.
3. Mangine GT. Hoffman JR. Gonzalez AM. Townsend JR. Wells AJ. Jajtner AR, et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. Physiol Rep. 2015; 3.
4. McKendry J. Perez-Lopez A. McLeod M. Luo D. Dent JR. Smeuninx B, et al. Short inter-set rest blunts resistance exercise-induced increases in myofibrillar protein synthesis and intracellular signaling in young males. Exp Physiol. 2016; 101: 866-882.
5. Schoenfeld BJ. Pope ZK. Benik FM. Hester GM. Sellers J. Nooner JL, et al. Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. J Strength Cond Res. 2016; 30: 1805-1812.
6. Pincivero DM. Lephart SM. Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. Brit J Sport Med. 1997; 31: 229-234.
7. Rahimi R. Rohani H. Ebrahimi M. Effects of very short rest periods on testosterone to cortisol ratio during heavy resistance exercise in men. Apunts Med Esport. 2011; 46: 145-149.
8. Rahimi R. Qaderi M. Faraji H. Boroujerdi SS. Effects of very short rest periods on hormonal responses to resistance exercise in men. J Strength Cond Res. 2010; 24: 1851-1859.
9. Hosseini Kakhk SAR. Zamand P. Haghighi AH. Khademosharie M. Comparison of hormonal responses to strength training with and without blood flow restriction. J Sport Biosci. 2015; 7: 391-405.
10. West DWD. The impact of exercise-induced hormonal changes human skeletal muscle anabolic responses to resistance exercise. Doctoral thesis. Mc Master University, 2012.

11. Hayes LD. Bickerstaff GF. Baker JS. Interactions of cortisol, testosterone, and resistance training: influence of circadian rhythms. Chronobiol Int. 2010; 27: 675-705.

12. Ahtiainen JP. Pakarinen A. Alen M. Kraemer WJ. Häkkinen K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. J Strength Cond Res. 2005. 19:572-82.

13. Schoenfeld BJ. Pope ZK. Benik FM. Hester GM. Sellers J. Nooner JL, et al. Longer interset rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. J Strength Cond Res. 2016; 30:1805-12.

14. Willardson JM. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. J Strength Cond Res. 2006; 20: 978-84.

15. De Souza Jr TP. Fleck SJ. Simão R. Dubas JP. Pereira B. de Brito Pacheco EM, et al. Comparison between constant and decreasing rest intervals: influence on maximal strength and hypertrophy. J Strength Cond Res. 2010; 24:1843-50.

16. ACSM. Guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2005: pp 57-90.

17. Housh DJ. Housh TJ. Weir JP. Weir LL. Johnson GO. Stout JR. Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. Med Sci Sports Exerc. 1995; 27: 784-791.

18. Masschelein E. D'Hulst G. Zvick J. Hinte L. Soro-Arnaiz I. Gorski T, et al. Exercise promotes satellite cell contribution to myofibers in a load-dependent manner. Skeletal Muscle. 2020, 10:21-36.

19. Goh Q. Song T. Petrany MJ. Cramer AA. Sun C. Sadayappan S, et al. Myonuclear accretion is a determinant of exercise-induced remodeling in skeletal muscle. Elife. 2019; 8: 1–19.

20. Ogasawara R. Jensen TE. Goodman CA. Hornberger TA. Resistance exercise-induced hypertrophy: A potential role for rapamycin-insensitive mTOR. Exerc Sport Sci Rev. 2019; 47: 188-194.

21. Nemati J. Samadi M. Hadidi V. Macintosh B. Effect of resistance training on mTOR and P70S6K Signaling pathway in skeletal muscle of rats. J Sport Exerc Physiol. 2014; 15: 1149-1156.

22. Mammucari C. Milan G. Romanello V. FoxO3 controls autophagy in skeletal muscle in vivo. Cell Metab. 2007; 6: 458-71.

23. Zhao J. Zhai B. Gygi SP. Goldberg AL. mTOR inhibition activates overall protein degradation by the ubiquitin proteasome system as well as by autophagy. Proc Natl Acad Sci U S A. 2015; 112: 15790-7.

24. Aronson D. Violan MA. Dufresne SD. Zangen D. Fielding RA. Goodyear LJ. Exercise stimulates the mitogen-activated protein kinase pathway in human skeletal muscle. J Clin Invest. 1997; 99: 1251-1257.

25. Salehpour M. Noorshahi M. Tahmasebi V. Alizadeh R. Effects of acute circuit resistance exercise on plasma myogenin and myostatin levels. J Sport Exerc Physiol. 2012; 12: 937-946.

26. Sakuma K. Yamaguchi A. The functional role of calcineurin in hypertrophy, regeneration, and disorders of skeletal muscle. J Biomed Biotechnol. 2010; 2010: 721219.

27. Ribeiro AS. Avelar A. Schoenfeld BJ. Ritti-Dias R. Resistance training promotes increase in intracellular hydration in men and women. Europ J Sport Sci. 2014; 14: 578-585.

28. Buresh R. Berg K. French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. J Strength Cond Res. 2009; 23:62-71.

29. Schoenfeld B. Science and development of muscle hypertrophy. Human Kinetics, USA, 2016.

30. Fink J. Schoenfeld BJ. Nakazato K. The role of hormones in muscle hypertrophy. Phys Sports Med. 2018, 46: 129-134.

31. Olarescu NC. Gunawardane K. Hansen TK. Møller N. Jørgensen JOL. Normal physiology of growth hormone in adults. Nation Lib Med. 2019.

32. Handelsman DJ. Hirschberg AL. Bermon S. Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. Endocr Rev. 2018; 39: 803-829.

33. Eliakim A. Nemet D. Exercise training, physical fitness and the growth hormone-insulin-like growth factor-1 axis and cytokine balance. Med Sport Sci. 2010; 55: 128-140.

34. Zarkovic M. Stefanova E. Ciric J. Denezi Z. kostic V. SumaracDumanovic M, et al. Prolonged psychological stress sappreses cortisol. Clin Endocrinol (oxf) 2003; 59: 811-16.

35. Goymann W. Wingfield JC. Allostatic load, social status, and stress hormones- the costs of social status matter. Animal Behav. 2004; 67: 591-2.

36. Kraemer WJ. Staron RS. Hagerman FC. Hikida RS. Fry AC. Gordon SE, et al. The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. Eur J Appl Physiol. 1998; 78:69–76.

37. Corazza DI. Sebastião E. Pedroso RV. Andreatto CAA. de Melo Coelho FG. Gobbi S. Influence of chronic exercise on serum cortisol levels in older adults. Europ Rev Aging Physic Act. 2014; 11: 25-34.

Comparison the effect of very short *vs.* short rest period between the sets in resistance training on hormonal adaptations and thigh muscles hypertrophy

Tanaz Abbasi[1]- Mehrzad Moghadasi[2]*

1. MS student in exercise physiology, Department of exercise physiology, Marvdasht branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran 2. Associate professor in exercise physiology, Department of exercise physiology, Shiraz branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

(Received:2022/06/27;Accepted:2022/11/13)

Abstract

Rest period between sets is one of most important training factors that effects on effectiveness of resistance training; however, there is a little information about the effect of rest period length on muscular hypertrophy. The purpose of present study was to comparison the effect of very short vs. short rest period between the sets in resistance training on hormonal adaptations and thigh muscles hypertrophy.Twenty healthy young women (20-35 years of old) volunteered to participate in this study as the subject. Subjects were randomly assigned to either a very short (30 second; P30) or short (120 second; P120) rest period group. During the first 2 weeks of training, 3 sets of 10-12 repetition maximum (RM) with 120 second rest intervals between sets and exercises (hamstring with machine, squat, dead lift and leg press) were performed by both groups. During the next 6 weeks of training, the P120 group trained using 120 second between sets and exercises (4 sets of 8-10RM), and the P30 group trained using 30 second between sets and exercises as the 6 weeks of training progressed (4 sets of 8-10RM). 2 × 3 repeated measures ANOVA was used to evaluate time-course change in variables. Post hoc analyses (Bonferroni) were then performed when warranted and the level of significance in all statistical analyses was set at $P \leq 0.05$. The results indicated that quadriceps cross-sectional area (CSA), hamstring CSA and total thigh muscle CSA increased after both of resistance training ($P<0.05$) but no significant differences were observed between these training. For testosterone (Ts) no significant change was observed and growth hormone (GH) level was increased in P30 and P120 groups and decreased to baseline level 30 min after the training. Cortisol (Cor) concentration decreased ($P<0.05$) and insulin growth factor-1 (IGF-1) and Ts/Cor ratio increased ($P<0.05$) only in P120 group and these changes were continued 30 min after the training.Attention to our results, it suggests that 120 second rest between sets for thigh muscle hypertrophy and more anabolic hormones secretion in women.

Keywords

Hormone, Muscular hypertrophy, Resistance training, Rest interval between sets.

* Corresponding Author: E-mail: mehrzad.moghadasi@gmail.com