

علوم زیستی ورزشی - تابستان ۱۳۹۵
دوره ۸، شماره ۲، ص: ۲۰۷ - ۲۱۹
تاریخ دریافت: ۹۲ / ۰۹ / ۰۴
تاریخ پذیرش: ۹۳ / ۰۶ / ۰۸

مقایسه اثر دو روش تمرین مقاومتی بر ضخامت عضله سهر بازو و ارتباط آن با قدرت حداکثر در ورزشکاران مبتدی پرورش اندام

سلمان نظامی^۱ - محمدعلی سمواتی شریف^{۲*} - اسدالله جزانی شراهی^۳

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانشیار، عضو هیأت علمی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

هدف این پژوهش، مقایسه اثر دو روش تمرین مقاومتی بر ضخامت عضله سهر بازو و ارتباط آن با قدرت حداکثر است. به این منظور ۳۰ ورزشکار مبتدی پرورش اندام در این پژوهش شرکت داشتند. آزمودنی‌ها به صورت متجانس به سه گروه ۱۰ نفری (تجربی I، تمرینات هرمی، تجربی II، هرمی مسطح و گروه کنترل) تقسیم شدند. دو گروه تجربی به مدت هشت هفته و هر هفته شش جلسه (روش اسپلیت) در پروتکل‌های تمرین قدرتی شرکت کردند. گروه کنترل به روش سنتی به تمرینات خود ادامه دادند. قدرت عضلانی و ضخامت عضله سهر بازو هر سه گروه قبل و پس از دوره تمرینی اندازه‌گیری شد. داده‌ها توسط آزمون تی همبسته، برای تعیین اختلافات بین گروهی و تحلیل واریانس یکسویه (ANOVA) با سطح معناداری $P \leq 0.05$ ، و برای تعیین رابطه بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. مشاهدات نشان داد، قطر قدامی - خلفی (AP) عضله سهر بازویی در گروه، تجربی I و تجربی II به ترتیب $P < 0.01$ و $P < 0.05$ نسبت به گروه کنترل، افزایش یافت. همچنین، قدرت عضله بازو در حرکت اکستنشن در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل به ترتیب $P < 0.001$ و $P < 0.01$ ، افزایش یافت. اما، اختلاف معناداری بین دو گروه تجربی I و II در قدرت و اندازه عضله سهر بازویی دیده نشد.

واژه‌های کلیدی

اولترا سوند، پرورش اندام، ضخامت عضلانی، قدرت حداکثر.

مقدمه

افزایش در حجم عضلات در پاسخ به تمرین‌های مقاومتی اغلب به‌عنوان یک تغییر در سطح مقطع-عرضی آناتومیکی (ACSA)^۱ عضله قابل مشاهده است، که می‌توان آن را به‌وسیله روش تهاجمی بیوپسی عضلانی و روش‌های غیرتهاجمی مثل تصویربرداری سونوگرافی، توموگرافی کامپیوتری (CT)^۲ و روزانس مغناطیسی، اندازه‌گیری کرد (۲۸، ۲۶، ۱۳، ۱۲).

تلاش برای افزایش توده بدون چربی از اهداف عمومی وزنه‌برداران است. با توجه به ارتباط قوی بین سطح مقطع-عرضی عضله (MCSA)^۳ و ضخامت آن با حداکثر قدرت (۳)، افزایش توده عضلانی هدف اصلی ورزشکاران درگیر در رشته‌های قدرتی و توانی (راگی و پاورلیفتینگ) است. همچنین، افزایش توده عضلانی از ارکان اساسی در ورزش پرورش‌اندام است. در واقع در رقابت‌های این رشته هم کیفیت و هم کمیت توسعه عضلانی هر دو مورد قضاوت قرار می‌گیرند (۱۰). در سطح کلی‌تر، هایپرتروفی عضلانی هدفی است که بسیاری از وزنه‌برداران تفریحی به‌دنبال دستیابی به آن‌اند، تا به توسعه فیزیکی کامل‌تری برسند (۱۰).

براساس نتایج مطالعات پیش‌زمینه ژنتیکی، سن، جنس و عوامل دیگر، واسطه‌هایی در پاسخ هایپرتروفی عضلانی به پروتکل‌های تمرینی‌اند. در واقع، میزان و مقدار بهبودی توده بدون چربی تحت تأثیر این عوامل قرار می‌گیرد. علاوه بر این، افزایش در توده عضلانی را می‌توان به‌طور تدریجی، و با افزایش در تجربه تمرینی بهبود بخشید (۱۰).

در مراحل اولیه تمرین مقاومتی تقریباً هایپرتروفی عضلانی مشاهده نمی‌شود، و اغلب بهبود قدرت در این مرحله مربوط به سازگاری‌های عصبی است. با این حال، چند ماه پس از تمرین، عضله در اثر هایپرتروفی شروع به بزرگ شدن می‌کند، و به‌عنوان عامل غالب برای بهبود قدرت تبدیل می‌شود (۱۶). مشخص است که یک برنامه تمرین قدرتی، موجب بهبود قدرت در هر واحد از سطح مقطع-عرضی عضله می‌شود. در واقع افزایش قدرت عضلانی در افراد تمرین‌کرده، ممکن است به‌دلیل سازگاری در هایپرتروفی عضلانی باشد (۱۶).

-
- 1 . Anatomical cross-sectional area
 - 2 . Computed Tomography
 - 3 . Muscle cross-sectional area

اگرچه، از طریق برنامه‌های تمرین مقاومتی متعددی می‌توان به هایپرتروفی عضلانی دست یافت، اصل ویژگی تمرین بیان می‌کند که برخی از روش‌های تمرینی موجب ارتقای هایپرتروفی عضلانی بیشتری نسبت به دیگر روش‌های تمرینی می‌شود (۶).

براساس نتایج تحقیقات بهترین روش برای دستیابی به هایپرتروفی عضلانی، استفاده از الگوهای تمرینی پرورش‌اندام است. در واقع، ورزشکاران با بارهای متوسط و استراحت‌های کوتاه‌مدت به تمرین می‌پردازند، که این روش موجب افزایش استرس و تحریک متابولیک بالا در روند سنتز پروتئین و افزایش سطح مقطع تارهای عضلانی (تارهای نوع II) می‌شود. در روش‌های دیگر، ورزشکاران پاورلیفتینگ، پیوسته با استفاده از وزنه‌های سنگین (شدت‌های بالا) و استراحت‌های بلندمدت بین ست‌ها به تمرین می‌پردازند (۱۰).

در شیوه‌های تمرینات مدرن ورزش پرورش‌اندام از مفهوم زمان‌بندی تمرین که شامل شش مرحله است (سازگاری ساختاری، حجیم‌سازی، تلفیقی، حداکثر قدرت، تفکیک و انتقال)، استفاده می‌شود؛ بدین معنا که در هر مرحله ورزشکاران برای توسعه بهتر عضلات، از روش‌های تمرینی مختلفی استفاده می‌کنند (۸). اما روشن نیست که کدام روش برای به حداکثر رساندن توسعه هایپرتروفی مناسب‌تر است، یا کدام روش تمرینی ممکن است بر دیگر روش‌ها برتری داشته باشد. بیان شده است که استفاده از الگوی باردهی هرمی مسطح، به دلیل نگاه‌داشتن بار تمرین در شدت ثابت از سردرگمی تمرین جلوگیری می‌کند، که مزیت فیزیولوژیکی استفاده از آن، سازگاری عصبی-عضلانی در تمرینات قدرتی است (۸).

از طرفی، استفاده از الگوی باردهی با افزایش تدریجی بار از یک نوبت تا نوبت بعدی، با به‌کارگیری تعداد تکرارهای بیشتر در نوبت‌های با بار کمتر، سبب افزایش در زمان تحت تنش عضلانی می‌شود (۲۳). این ادعا بیان دارد که با ایجاد خستگی بیشتر، فراخوانی عمده واحدهای حرکتی را به‌همراه دارد (۸). همچنین براساس نتایج مطالعات بیشترین افزایش در قدرت و حجم عضلانی زمانی حاصل می‌شود که بیشترین واحد حرکتی به‌کار گرفته شود (۲۸). از آنجا که در زمینه مقایسه روش‌های کار با وزنه تمرینی به روش‌های مختلف به‌ویژه مقایسه الگوی تمرینی با روش باردهی هرمی مسطح و روش استفاده از الگوی باردهی با افزایش تدریجی در افزایش هایپرتروفی عضلات کمتر مطالعه شده است،

1. The Flat pyramid

هدف از این مطالعه، بررسی اثر دو روش تمرینی متفاوت با الگوی باردهی هرمی^۱ و هرمی مسطح بر افزایش ضخامت عضله^۲ و احتمالاً ارتباط آن با قدرت عضلانی در مرحله حداکثر قدرت^۳ در ورزشکاران مبتدی پرورش اندام است.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها، این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی است. به این منظور ۳۰ ورزشکار مبتدی پرورش اندام شهرستان بروجرد با میانگین سن $23/62 \pm 2/50$ سال، وزن $72/62 \pm 9/73$ کیلوگرم و قد $174 \pm 0/74$ سانتی‌متر با شاخص توده بدنی $23/75 \pm 2/27$ ، به صورت تصادفی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس از تکمیل رضایت‌نامه شرکت در تحقیق و پرسشنامه اطلاعات پزشکی، در این پروژه شرکت کردند. همگی ورزشکاران به‌طور میانگین شش ماه تمرین تفریحی با وزنه را براساس زمان‌بندی تمرینات مقاومتی (سه مرحله سازگاری ساختاری، حجیم‌سازی و تلفیقی) پشت سر گذاشته بودند. در این مرحله از پژوهش، تمرینات مقاومتی در مرحله حداکثر قدرت انجام گرفت. در این پژوهش هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها سابقه استفاده از داروهای نیروزا را نداشتند و متعهد شده بودند که در طول تحقیق از هیچ‌گونه مکمل غذایی و مواد نیروزا استفاده نکنند. سپس آزمودنی‌ها در سه گروه دهنفری به‌طور متجانس تقسیم شدند. ویژگی‌های فردی گروه‌ها (گروه تجربی I، گروه تجربی II و گروه کنترل) به‌طور جداگانه در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فردی (میانگین و انحراف استاندارد) آزمودنی‌ها در سه گروه

تعداد	BMI	قد (متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	گروه
۱۰	$23/53 \pm 2/19$	$1/77 \pm 0/57$	$74/4 \pm 10/03$	$24/4 \pm 2/01$	تجربی I
۱۰	$24/25 \pm 2/09$	$1/74 \pm 0/06$	$74 \pm 10/38$	$24/8 \pm 2/14$	تجربی II
۱۰	$23/94 \pm 2/43$	$1/72 \pm 0/08$	$70/6 \pm 5/87$	$24/3 \pm 2/62$	کنترل

گروه‌ها شامل دو گروه تجربی دهنفری که تحت شرایط تمرین هرمی (تجربی I) و هرمی مسطح (تجربی II) به روش تمرینی اسپلیت^۴ (تقسیم‌بندی عضلانی براساس روزهای تمرین) برای تمامی گروه‌های عضلانی، قرار گرفتند. برنامه تمرینی، برای هر گروه عضلانی دو بار در هفته انجام می‌گرفت.

- 1 . The pyramid
- 2 . Muscle thickness
- 3 . Max power
- 4 . Split

گروه کنترل تمرینات عادی خود را با استفاده از تمرین به روش سنتی هفته‌ای دو جلسه ادامه می‌دادند.

روش‌های تمرین

تمرین هرمی. در تمرین به روش هرمی، ورزشکاران پس از گرم کردن، برنامه تمرینی خود را به شکلی آغاز می‌کردند که با ست‌های متوالی، شدت تمرین را افزایش می‌دادند و متعاقب آن تعداد تکرارها در هر ست تمرینی، کاهش می‌یافت (برای مثال 4×7.85 تکرار، 3×9.0 تکرار، 2×9.5 تکرار و 1×10.0 تکرار) (۸).

تمرین هرمی مسطح. در تمرین به روش هرمی مسطح ورزشکاران پس از گرم کردن، هر ست را بدون تغییر در شدت و تکرارها، تمرینات را اجرا می‌کردند. در این روش تمرینی برای تغییر و تنوع در تمرینات در هر حرکت، ست اول و ست آخر با شدت متوسط اجرا می‌شد (برای مثال 4×8.5 تکرار، 3×9.0 تکرار، 3×9.0 تکرار و 4×8.5 تکرار) (۸).

پروتکل تمرین. زمان پروتکل تمرینی هشت هفته بود. برنامه تمرینی با توجه به شاخص‌های تمرین قدرتی ارائه شده توسط بومپا (۲۰۰۵) و سیف (۲۰۰۳) انتخاب، و به روش اسپلیت طراحی شد (۳۳، ۲۵، ۷). هر دو گروه تجربی (I و II) در هفته شش روز تمرین وزنه انجام می‌دادند. روز جمعه به‌عنوان روز استراحت در نظر گرفته شده بود. حجم و شدت پروتکل تمرینی در هر دو گروه تجربی به این صورت بود که در هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه تمرین، و هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، سپس ۳۰ تا ۴۵ دقیقه کار با وزنه با شدت ۸۵ تا ۱۰۰ درصد یک تکرار بیشینه (IRM)، تعداد تکرارها ۶-۱ و تعداد ست‌های تمرینی سه تا پنج بار برای هر حرکت بود. فاصله‌های استراحت بین هر ست دو تا پنج دقیقه در نظر گرفته شده بود. پس از پایان تمرین آزمودنی‌ها ده دقیقه برنامه سرد کردن داشتند.

اندازه‌گیری ضخامت عضلانی: حداکثر قطر (AP) عضله سهر بازو در وضعیت اکستنشن استخوان ساعد و اکستنشن مچ دست در حالت نشسته به طوری که کف دست کاملاً روی میز قرار بود، وسط عضله سهر بازو بین زائده آخرمی از استخوان کتف و زائده آرنجی از استخوان زند زیرین به وسیله خط‌کش مشخص شد. پس از علامت‌گذاری، مقداری ژل اولتراسوند به سطح پوست زده شد، سپس با استفاده از لاینر (پروپ) خطی $12/5$ MHz از طریق تصویربرداری اولتراسوند از دست غالب، حداکثر قطر عضله سه-سر بازو از محل علامت‌گذاری شده اندازه‌گیری شد (تصویر ۱). به دلیل عدم تأثیر هایپرتروفی کوتاه‌مدت (ناشی از افزایش حجم عضلانی بر اثر تلمبه‌ای در تمرینات سنگین و افزایش مقدار آب موجود، در فضای

بین‌سلولی)، اندازه‌گیری دو روز پس از آخرین نوبت تمرینات عضله سه‌سر بازو و در شرایط استراحت، قبل و بعد از پروتکل تمرینی انجام گرفت (۸). شایان ذکر است که پایایی و روایی ابزار اندازه‌گیری ضخامت عضله در مطالعات متعددی به تأیید رسیده است (۳۰، ۱۵۰۲).



تصویر ۱. نمونه‌ای از تصویر سونوگرافی عضله سه‌سر بازویی

اندازه‌گیری 1RM: در هر سه گروه اندازه‌گیری 1RM: قدرت یک تکرار بیشینه آزمودنی‌ها با استفاده از فرمول برزیکی (۱۹۹۳) برآورد شد (۱۱). برای استفاده از این آزمون، شخص جابه‌جایی یک وزنه زیر بیشینه را تا حد خستگی تکرار می‌کند (زیر ۱۰ تکرار) و سپس با توجه به معادله زیر، حداکثر قدرت یک تکرار بیشینه (1RM) او برای آن حرکت برآورد می‌شود (۱۱). روایی ($r = 0.98$) این آزمون را مای هو و همکاران (۱۹۹۵) تأیید کرده‌اند (۳۰).

$$1RM = \left[\frac{1}{0.278} - \left(\frac{0.278}{\text{تعداد تکرار تا خستگی}} \right) \right] \times \text{وزنه جابه‌جاشده (کیلوگرم)}$$

روش آماری. در این پژوهش از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین، انحراف معیار و درصد تغییرات استفاده شد. از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای طبیعی بودن توزیع داده‌ها، و از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها، از آزمون آماری تی زوجی (همبسته) برای تعیین مقدار اختلاف درون‌گروهی، از آزمون آماری تحلیل واریانس (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی با سطح معناداری $P \leq 0.05$ برای تعیین مقدار اختلافات بین گروه‌ها، و از ضریب همبستگی پیرسون برای تعیین رابطه بین متغیرها استفاده شد. کلیه عملیات آماری در نرم‌افزار SPSS18 انجام گرفت.

یافته‌ها

نتایج تحقیق نشان داد یک تکرار بیشینه در اکستنشن بازو در گروه تجربی I و تجربی II نسبت به قبل از تمرین، به طور معناداری به ترتیب $P=0/000$ و $P=0/001$ افزایش یافت. همچنین، ضخامت عضله سه سر بازویی در هر دو گروه تجربی، نسبت به قبل از تمرین به ترتیب افزایش معناداری ($P=0/002$) و ($P=0/002$) داشت. اما در گروه کنترل این مقایسه تغییر معناداری نداشت (جدول ۲).

نتایج حاصل از مقایسه اندازه گیری متغیرهای بین گروهی نشان داد، یک تکرار بیشینه در اکستنشن بازو در هر گروه تجربی (I و II) نسبت به گروه کنترل از نظر آماری به ترتیب $P=0/000$ و $P=0/004$ معنادار بود. در قطر عضله سه سر بازو (AP) نیز، هر دو گروه تجربی نسبت به گروه کنترل افزایش معنا-داری به ترتیب $P=0/001$ و $P=0/005$ مشاهده شد. اگرچه در مقایسه بین دو گروه تجربی، میزان یک تکرار بیشینه اکستنشن بازو و اندازه عضله سه سر بازویی در گروه تجربی I (روش هرمی ساده) نسبت به گروه تجربی II (روش هرمی مسطح) افزایش داشت، اما معنادار نبود (جدول ۱).

جدول ۲. مقایسه متغیرهای اندازه گیری شده از مراحل پیش آزمون و پس آزمون در هر سه گروه، و بین گروه‌ها (تجربی I، تجربی II و کنترل) در مرحله پس آزمون

متغیرها	گروه‌ها	پیش آزمون M ± SD	پس آزمون M ± SD	اختلاف درون گروهی (t)	اختلاف بین گروهی (p)		
					تجربی I	تجربی II	کنترل
1RM اکستنشن بازویی (Kg)	تجربی I	۴۳/۹۸±۷/۳۴	۵۸/۲۳±۹/۹۴	۰/۰۰۰*	۳۳/۰۸	۰/۴۵۱	۰/۰۰۰*
	تجربی II	۵۰/۳۴±۷/۴۶	۶۱/۴۱±۹/۹۸	۰/۰۰۱*	۲۲/۲۴	۰/۴۵۱	۰/۰۰۴*
	کنترل	۴۷/۱۹±۵/۸۶	۴۸/۶۸±۶/۴۸	۰/۳۲۹	۳/۳۵	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۴*
قطر عضله سه سر بازویی (mm)	تجربی I	۳۴/۶۹±۴/۸۹	۴۰/۷۱±۳/۶۹	۰/۰۰۲*	۱۹/۱۸	۰/۸۵۶	۰/۰۰۱*
	تجربی II	۳۳/۹۰±۴/۸۶	۳۹/۱۹±۴/۱۵	۰/۰۰۲*	۱۶/۶۳	۰/۸۵۶	۰/۰۰۵*
	کنترل	۳۱/۵۱±۳/۹۲	۳۱/۸۲±۳/۹۴	۰/۲۵۷	۱/۰۱	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۵*

*- تفاوت معنادار در سطح $P \leq 0/05$

در این پژوهش، رابطه بین تغییرات یک تکرار بیشینه در اکستنشن بازو و ضخامت عضله سهرس بازویی در گروه‌ها برآورد شد. نتایج آماری نشان داد بین یک تکرار بیشینه در اکستنشن بازو و ضخامت عضله سهرس بازویی در گروه تجربی I رابطه متوسطی ($r = 0/464$) دارد. این رابطه در گروه تجربی II نسبتاً پایین ($r = 0/36$) بود.

همچنین رابطه بین یک تکرار بیشینه در اکستنشن بازو و ضخامت عضله سهرس بازویی در گروه کنترل پایین ($r = 0/179$) بود.

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که IRM حرکت مورد نظر، و ضخامت عضلانی قطر (AP) عضله سهرس بازو، در هر دو گروه تجربی، نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری افزایش یافت. همچنین، در مقایسه بین دو گروه تجربی، قدرت و اندازه عضله سهرس بازویی در گروه تجربی I (روش هرمی) نسبت به گروه گروه تجربی II (روش هرمی مسطح) افزایش داشت. اما این افزایش از نظر آماری معنادار نبود (جدول ۱).

نتایج نشان داد که احتمالاً بین افزایش ضخامت عضلانی در عضله سهرس بازوی آزمودنی‌ها با افزایش قدرت عضلانی در IRM اکستنشن بازو رابطه مستقیم وجود دارد.

ظرفیت تولید نیروی حداکثر در یک عضله در درجه اول از طریق انقباض همزمان سارکومرهای عضلانی تعیین می‌شود. می‌توان انتظار داشت که توانایی در افزایش قدرت طی تمرینات مقاومتی با افزایش در اندازه عضله نسبت داشته باشد (۳۳، ۲۲).

همسو با پژوهش حاضر، بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که احتمالاً بین افزایش اندازه عضلانی و توانایی تولید نیرو ارتباط مستقیم وجود دارد (۲۴، ۱). برای مثال یانگ^۱ و همکاران (۱۹۸۳) اثر تمرینات مقاومتی با شدت بالا- تکرار کم را بر سطح مقطع-عرضی عضله چهارسر ران و افزایش قدرت با استفاده از تکنیک اولتراسوند بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که در کنار افزایش قدرت سطح مقطع-عرضی عضله افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده شد که پنج هفته تمرین قدرتی، به‌طور میانگین، به افزایش قدرت (۱۵ درصد)، و افزایش سطح مقطع (۶ درصد) منجر شده است (۳۳). همچنین در پژوهشی فراس حسینو و همکاران (۱۳۹۱)، دو روش تمرین مقاومتی با الگوی هرمی مسطح و دوگانه را در بازیکنان جوان نخبه فوتبال بررسی کردند. تمرینات طی هشت هفته با سه جلسه تمرین در هفته و

۸۰ تا ۹۵٪ IRM به روش دایره‌ای انجام گرفت. در این پژوهش سطح مقطع-عرضی گروه‌های عضلانی چهارسر ران و بازو به روش آنتروپومتری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد هر دو الگوی تمرین، تفاوت معناداری در سطح مقطع عضله ران ایجاد کرده که با افزایش معنادار قدرت در حرکت اسکات همراه بوده است. ولی در مورد سطح مقطع عضله بازو فقط در گروه هرمی مسطح تفاوت معناداری مشاهده شد (۱). هاپپرتروفی ناشی از ورزش در روش‌های تمرین مقاومتی، اغلب به افزایش سارکومرها و اضافه شدن میوفیبریل‌ها در موازات آنها منجر می‌شود (۲۲). در واقع هنگامی که عضله اسکلتی در معرض تحریکات اضافه‌بار قرار می‌گیرد، سبب ایجاد آشفستگی در میوفیبریل‌های عضلانی، تارچه‌های عضلانی و محیط خارج سلولی می‌شود؛ به این نحو که تحریکات تمرینی موجب زنجیره‌ای از وقایع میوزنیک می‌شود و در نهایت به افزایش اندازه و مقدار میوفیبریل‌های انقباضی در پروتئین‌های اکتین و میوزین، و تعداد کل سارکومرها به صورت موازی در داخل تارهای عضلانی می‌انجامد. در مجموع، این وقایع موجب افزایش قطر تارهای عضلانی منفرد و در نتیجه افزایش سطح مقطع می‌شود (۳۱).

عامل دیگری که ممکن است به افزایش حجم عضله منجر شود، افزایش عناصر مختلف غیرانقباضی مثل مایع درون سلولی است، که در اصلاح "هایپرتروفی سارکوپلاسمیک" نامیده می‌شود (۱۰). در واقع ممکن است این مکانیسم، به افزایش توده عضلانی بدون افزایش همزمان قدرت بینجامد (۱۰). تصور می‌شود که هایپرتروفی سارکوپلاسمیک در تمرین‌های خاص ایجاد می‌شود. اغلب در مطالعات علمی اعتقاد بر این است که هایپرتروفی عضلانی در ورزشکاران پرورش‌اندام نسبت به ورزشکاران پاورلیفتینگ متفاوت است. به‌طور مشخص عضلات ورزشکاران پرورش‌اندام تمایل به داشتن بافت پيوندی بیشتری در تارهای اندومیوزیوم و همچنین مقدار گلیکوژن بیشتری در عضلات خود نسبت به ورزشکاران پاورلیفتینگ دارند (۱۰). این مسئله ممکن است به‌علت پیروی نکردن این ورزشکاران (ورزشکاران پرورش‌اندام)، از زمان‌بندی تمرینات پرورش‌اندام یا به‌طور دقیق‌تر انجام ندادن تمرینات حداکثر قدرت در مراحل تمرینی باشد (۸).

یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر افزایش قدرت، طول تارهای عضلانی است (۲۴، ۲۲). برخی محققان مشاهده کرده‌اند که طول تارهای عضلانی در پی تمرین‌های قدرتی با شدت بالا، هم در افراد مسن (۲۹، ۲۲) و هم در افراد جوان (۲۴) افزایش می‌یابد. این موضوع ممکن است به سرعت موجب کوتاه شدن حداکثر تارهای عضلانی شود. از طرف دیگر، برون‌ده حداکثر توان عضلانی تا حد زیادی از طریق ظرفیت تولید نیروی بیشینه و حداکثر سرعت کوتاه شدن عضله تعیین می‌شود. در واقع، افزایش

طول تار عضلانی و افزایش در سطح مقطع - عرضی عضلانی فیزیولوژیکی (PCSA)^۱، به افزایش تولید اوج توان منجر می‌شود (۱۶).

تغییر در قدرت و اندازه عضلانی پس از تمرینات مقاومتی، احتمالاً با افزایش در سایز تارهای عضلانی و تبدیل واحدهای حرکتی یا فنوتیپ همراه است. در واقع، جدا از افزایش در سطح مقطع تارهای عضلانی (FCSA)^۲ در تمرینات مقاومتی (۲۷، ۳)، تغییر در ترکیب ایزوفرم‌های زنجیره سنگین میوزین از تارهای تندانقباض نوع IIb به تارهای تندانقباض نوع IIa رخ می‌دهد (۲۷، ۱۳، ۴). هرچند، حداکثر برون‌ده توان در تارهای تندانقباض نوع IIa کمتر از تارهای تندانقباض IIb است، برون‌ده توان، در این نوع تارهای عضلانی ممکن است به اندازه تارهای تندانقباض IIb باشد (۹). از طرفی، در اثر تمرین مقاومتی، در تغییرات ترکیب زنجیره سنگین میوزین، از تارهای تندانقباض IIb به تارهای تندانقباض IIa به جای اینکه تقویت شوند (قوی شدن / افزایش حجم)، به ضعیفی (ضعیف شدن / کاهش حجم) تمایل نشان می‌دهند (۱۳). در مجموع، افزایش در قدرت عضلانی، بیشتر به علت هایپر تروفی تارهای عضلانی تندانقباض است (۱۰). برای مثال مک‌دوگال^۳ و همکاران (۱۹۸۴)، سطح مقطع عضله دوسر بازو را به وسیله بیوپسی در بافت‌های عضلانی ورزشکاران پرورش‌اندام نسبت به افراد تمرین‌نکرده مقایسه کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تارهای تندانقباض و کندانقباض آنها به ترتیب ۵۸ و ۳۹ درصد افزایش یافت و مشخص شد نواحی تارهای بافت‌های عضلانی آنها به طور معناداری حجیم‌تر از هم‌تایان بدون تمرین است (۱۹). از طرف دیگر بیان شده است که افزایش قدرت عضلانی ممکن است به علت افزایش در فعالیت نوروهای حرکتی باشد (۱۴). برای مثال، لی^۴ و همکاران (۱۹۹۹) در پژوهشی اثبات کردند که فعالیت بیشتر در عضلات کمک‌کننده (عضلات مخالف) بازو، سبب بهبود توانایی در ثبات مچ دست و عملکرد تمرینی می‌شود (۱۸).

نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج نشان داد کسب قدرت و افزایش حجم عضلانی، توسط هر دو نوع پروتکل تمرینی، دیده شد. اما در مقایسه بین دو گروه، قدرت و اندازه عضله سه‌سر بازو در گروه تجربی I (روش هرمی)

- 1 . Physiologic cross-sectional area
- 2 . fibres cross-sectional area
- 3 . MacDougall
- 4 . Lee

نسبت به گروه تجربی II (روش هرمی مسطح) افزایش بیشتری (هرچند معنادار نبود) نشان داد. همچنین، مشخص شد بین افزایش اندازه عضله و قدرت عضلانی در گروه‌های تجربی I و II ارتباط مستقیم وجود دارد؛ هرچند این رابطه در گروه تجربی II کمی پایین بود.

پیشنهادها

از آنجا که هر دو روش تمرینی (هرمی ساده و هرمی مسطح) سبب افزایش قدرت و افزایش حجم عضلانی در آزمودنی‌ها شد، می‌توان پیشنهاد داد برای کسب نتیجه بهتر در افزایش هایپرتروفی و قدرت عضلات، مربیان یا ورزشکاران، این نوع روش‌های تمرینی به‌ویژه روش تمرینی هرمی ساده را به کار ببرند.

تشکر و قدردانی

در پایان از مدیریت مرکز سونوگرافی سرکار خانم دکتر مهسا هدایتی و مدیریت باشگاه بدنسازی ولیعصر (عج)، جناب آقای تورج نعیمی، که حمایت مالی از این طرح تحقیقاتی را بر عهده گرفتند، صمیمانه سپاسگزاریم.

منابع و مآخذ

۱. حسینو، فراس؛ محبی حمید؛ رحمانی‌نیا، فرهاد؛ دمیرچی، ارسلان (۱۳۹۱). «مقایسه اثر تمرین مقاومتی با الگوی هرمی مسطح و دوگانه بر برخی از شاخص‌های آمادگی جسمانی و پیکرسنجی در بازیکنان جوان نخبه فوتبال»، ۷۳- نشریه سوخت‌وساز و فعالیت ورزشی، ج ۲، ش ۱، ص ۸۲ - ۷۳.
۲. دهقان منشادی، فریده؛ پرنیان‌پور، محمد؛ صرافزاده، جواد؛ کاظم‌نژاد، انوشیروان (۱۳۸۸). «بررسی تأثیر مانور تو دادن شکم بر ضخامت عضلات دیواره طرفی شکم»، مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، سال چهارم، ش ۵، پی در پی ۷۱، ص ۲۳۹ - ۲۳۳.
3. Aagaard P, Andersen JL, Dyhre-Poulsen P, Leffers AM, Wagner A, Magnusson SP, Halkjaer-Kristensen J, Simonsen EB. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *J Physiol*;534 (2):613-23.
4. Andersen JL, Aagaard P. (2000). Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle Nerve*;23 (7):1095-104.

5. Anthomy J. Blazeovich and Anthom Giorgi. (2001). Effect of testosterone administration and weight training on muscle architecture. *SOURCE: Medicine and Science in Sports and Exercise* 3 (10): 1688 - 93.
6. Bickel, CS, Slade, J, Mahoney, E, Haddad, F, Dudley, GA, and Adams, GR. (2005). Time course of molecular responses of human skeletal muscle to acute bouts of resistance exercise. *J Appl Physiol*, 98 (2): 482– 488.
7. Bompa. Tudor o. (2005). *periodization training for sport*. 2rd ed Human kinetic. PP;171-187.
8. Bompa. Tudor o. (2003). *serious strength training*. 3rd ed. Human kinetic. PP; 27-285.
9. Bottinelli R, Canepari M, Pellegrino MA, Reggiani C. (1996). Force-velocity properties of human skeletal muscle fibres: myosin heavy chain isoform and temperature dependence. *J Physiol*;495(2) :573-86.
10. Brad J. Schoenfeldthe. (2010). Mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(10)/2857–2872.
11. Brzycki, M. (1993). Strength testing - predicting a one-rep max from reps to fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*. 68 (1): 88-90
12. Elmer G. Pinzon, MD, MPH and Randy E. Moore, DC, Rdms. (2009). Muscular skeletal ultrasound. *Practical PAIN MANAGEMENT*. 4(8); 34-43.
13. H. Degens, R.M. Erskine, C.I. Morse. (2009). Disproportionate changes in skeletal muscle strength an size with resistance training and ageing. *J Musculoskelet Neuronal Interact*; 9(3):123-129.
14. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M et al. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*; 84(4) :1341–1349
15. GIoRGI. A.. R. P. WEATHERBY. and P. W. MtRPHY,(1999); Muscular strength. body composition and health responses to the use of testosterone enanthate: *J. Sci. Med. Sport*. 2 (8): 325-339
16. Jonathan P. Folland1 and Alun G. Williams. (2007). The Adaptations to Strength Training, Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *REVIEW ARTICLE, Sports Med*; 37 (2): 145-168.
17. Kraemer, WJ, Häkkinen, K, Newton, RU, Nindl, BC, Volek, JS, McCormick, M, Gotshalk, LA, Gordon, SE, Fleck, SJ, Campbell, WW, Putukian, M, and Evans, WJ. (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol* 87(3): 982–992,.
18. Lee JB, Matsumoto T, Othman T et al. (1999). Captivation of the flexor muscles as a synergist with the extensors during ballistic finger extension movement in trained kendo and karate athletes. *International Journal of Sport Medicine* 20(1):7–11.
19. Mac Dougall JD, Sale DG, Elder GCB et al. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *Journal of Applied Physiology* 57(5):1399 - 403.

20. Mayhew JL, Prinster JL, Ware JS, et al. (1995); Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. *J Sports Med Phys Fitness*. 35(2): 108-13.
21. Paul, AC and Rosenthal, N. (2002). Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. *J Cell Biol* ; 156(5): 751-760.
22. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. (2004). *In vivo* human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Exp Physiol*; 89(6): 675-89.
23. Rooney, K.J., Herbert, R.D., Balnave, R.J. (1994). Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sports Exerc*, 26(9):1160-4.
24. Seynnes OR, de Boer M, Narici MV. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *J Appl Physiol*;102(1): 368-73.
25. Siff, M.C. (2003). Supertraining, 6th Edition. Supertraining Institute. Denver, CO. pp; 106-107.
26. Sigrid Pillen. (2010). Skeletal muscle ultrasound. *European Journal Translational Myology*; 1 (4): 145-155
27. Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol*;76(3):1247-55.
28. Stephen Ingham BSc PhD. (2006). advance in sport and ezercies science series. The Physiology of Training; First published; Elsevier Limited. All rights reserved; PP, 136-161.
29. Suetta C, Andersen JL, Dalgas U, Berget J, Koskinen S, Aagaard P, Magnusson SP, Kjaer M. (2008). Resistance training induces qualitative changes in muscle morphology, muscle architecture, and muscle function in elderly postoperative patients. *J Appl Physiol*;105(1):180-6.
30. Teyhen DS, Gill NW, Whittaker JL, Henry SH, Hides JA, Hodges PW, (2007); Rehabilitative ultrasound imaging of the abdominal muscles. *J orthop sports phys ther*; 37(8); 450 – 66.
31. Toigo, M and Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol* 97(6): 643-663.
32. Weider, J., & Reynolds, B. (1989). Joe Weider's Ultimate Bodybuilding - The Master Blaster's Principles of Training and Nutrition. Chicago, Illinois: Contemporary Books Inc. PP;126-27.
33. Young A, Stokes M, Round JM, Edwards RH. (1983) . The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. *Eur J Clin Invest*;13(5): 411-7.