

اثر تمرین مقاومتی برونگرا بر قدرت عضلانی، ظرفیت هوازی و فاکتور رشد شبه‌انسولینی در زنان جوان غیرفعال

فهیمة یونسی^۱، محمد علی سردار^{۲*}

۱-دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تحقیقات نیشابور، نیشابور، ایران

۲-دانشیار، گروه دروس عمومی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: مشهد، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، دانشکده پزشکی، گروه دروس عمومی

Email: sardarma@mums.ac.ir

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۷

دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱

چکیده

مقدمه و هدف: فعالیت جسمانی یک محرک قوی برای سازگاری‌های قلبی - عروقی و فیزیولوژیکی به‌شمار می‌رود. اثرات مثبت تمرین مقاومتی در افزایش حجم عضلانی، از طریق هورمون‌ها و با افزایش میزان متابولیسم و سنتز پروتئین اعمال می‌شود. لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر تمرین مقاومتی برونگرا بر قدرت عضلانی، ظرفیت هوازی و سطح فاکتور رشد شبه‌انسولینی (IGF-1) در زنان جوان غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و به‌صورت پیش و پس‌آزمون انجام شد، تعداد ۲۸ زن جوان غیرفعال به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین مقاومتی برونگرا (۱۴ نفر) و گروه کنترل (۱۴ نفر) تقسیم شدند. برنامه تمرینی مقاومتی برونگرا در گروه تمرین به‌مدت ۱۰ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه اجرا گردید. نمونه‌گیری خونی، آزمون‌های قدرت عضلانی اندام‌های بالاتنه و پایین‌تنه، اکسیژن مصرفی بیشینه و ترکیب بدنی در قبل و بعد از مداخله انجام شد. IGF-1 سرم با استفاده از روش الایزا اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک تی مستقل و تی زوجی استفاده و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: در این مطالعه اختلاف معنی‌داری در قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه، توان هوازی، توده بدون چربی و IGF-1 سرمی در گروه تجربی نسبت به پیش از دوره تمرینی یافت شد ($P < 0/05$)، در حالی که در گروه کنترل تغییر معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). در مقایسه با گروه کنترل، قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه، توان هوازی، توده بدون چربی و سطح IGF-1 سرمی گروه تجربی پس از ده هفته تمرین مقاومتی برونگرا افزایش معنی‌داری نشان داد ($P < 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: ده هفته تمرین مقاومتی برونگرا، تغییرات مثبتی در شاخص توده بدن، قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه و حجم عضلات داشته و احتمالاً در افزایش وضعیت فیزیولوژیکی و فیزیکی موثر است.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی برونگرا، فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱، قدرت عضلانی، زنان جوان غیرفعال

مقدمه

دستگاه غدد درون‌ریز باشد (۱). مهمترین سازگاری‌های فیزیولوژیکی پس از فعالیت بدنی، سازگاری هورمونی است که به عوامل زیادی مثل جنس، وضعیت آزمودنی، سن، حجم تمرین، شدت و نوع تمرین ورزشی بستگی دارد (۲). این تغییرات در هورمون‌های کاتابولیک - آنابولیک بسیار برجسته‌تر است (۲). نشان داده شده است که یک دوره تمرین با دوره‌بندی

برنامه فعالیت ورزشی به‌ویژه تمرین مقاومتی، محرک نیرومندی برای افزایش شرایط آنابولیکی در مسیر سنتز پروتئین‌های عضلانی بوده و سرانجام در ارتقای قدرت و اندازه عضلات تأثیر به‌سزایی دارد. این تأثیرات می‌تواند ناشی از استرس‌های مکانیکی، سازگاری‌های متابولیکی و مارفولوژیکی و پاسخ

مناسب به افزایش هورمون‌های آنابولیکی و کاهش هورمون‌های کاتابولیکی منجر می‌شود. این احتمال وجود دارد که این افزایش و کاهش، سبب بهبود توانایی فرد در رقابت شود، اما فرایند آنابولیکی که فرایندی جبرانی است، باعث تغییر بیشتر در بافت عضلانی می‌شود (۳). از جمله هورمون‌های متابولیکی، آنابولیکی و مولکول‌های پروتئینی که تحت تأثیر ورزش قرار می‌گیرند و مرتبط با رشد عضلانی هستند، هورمون رشد^۱، فاکتور رشد شبه‌انسولین^۲، تستسترون، کورتیزول، لاکتات و پروتئین‌های میوستاتین و فول استاتین می‌باشند (۴). تحقیقات نشان می‌دهد که تمرین قدرتی از طریق افزایش هورمون‌های مذکور سبب بیان پروتئین‌های عضله بیشتر از سطوح استراحتی می‌شود (۵). IGF-1^۳ یک فاکتور رشد است که در کبد سنتز می‌شود و به دلیل مشارکت در محور هورمونی GH-IGF-1^۴ که در هموستاز بافتی نقش دارد، دارای اثرات ضد آپوپتوز، میتوژنیک، ضد التهاب، آنتی‌اکسیدان و متابولیک (تنظیم متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین) است و به شکل‌پذیری عضلات اسکلتی کمک می‌کند و اثرات بی‌شماری بر سلامتی دارد (۶). فاکتور رشد شبه‌انسولین^۱ به‌عنوان یک هورمون آنابولیک، نقش مهمی در رشد و تکامل ایفا می‌کند و سطوح آن بسته به سن متفاوت است و اوج آن معمولاً در دوره پس از زایمان و در دوران بلوغ مشاهده می‌شود (۷).

تمرین مقاومتی^۵ در سال‌های اخیر یکی از رایج‌ترین تمرینات برای افزایش سطح آمادگی جسمانی شناخته شده است. ویژگی مهم این شیوه تمرینی، افزایش توده و حجم عضلات، کاهش توده چربی و بهبود نیمرخ لیپیدی است که در نهایت باعث بهبود ترکیب بدنی و تناسب اندام می‌شود، از جمله دیگر اثرات مثبت تمرین مقاومتی می‌توان به افزایش اکسایش چربی‌ها، کنترل اشتها و کاهش انرژی دریافتی اشاره کرد (۸). امروزه به خوبی روشن شده است که تمرینات مقاومتی، در نتیجه ترکیب چندین عامل از قبیل استرس مکانیکی، کنترل عصبی، نیازهای متابولیکی و فعالیت اندوکروینی (غدد درون‌ریز)، آثاری قوی بر افزایش اندازه عضله

(هایپرتروفی) و قدرت عضلانی دارد. تمرین مقاومتی شامل دو نوع برونگرا^۶ و درونگرا^۷ می‌باشد. برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این دونوع فعالیت موجب تولید تحریک عصبی-عضلانی مجزایی می‌شوند و به پاسخ‌های سازگاری پس از انجام دادن فعالیت متفاوت منجر می‌شوند (۹). بیان شده است که برای ایجاد سازگاری عصبی-عضلانی حداکثری، اثربخشی تمرینات مقاومتی برونگرا بیشتر از تمرینات درونگراست (۱۰). از سه نوع انقباض عضلانی درونگرا، ایستا و برونگرا که می‌توانند در طول تمرین استفاده شوند، تمرینات برونگرا فعالیت‌هایی هستند که در آن عضله تحت فشار قرار می‌گیرد. در طول انقباض‌های برونگرا باری که به عضله وارد می‌شود بیشتر از نیرویی است که عضله تولید می‌کند و کشش ایجاد شده در عضله باعث انقباض طولی و آسیب تارهای عضلانی می‌شود (۱۱)؛ عاملی که احتمالاً نقشی موثر در تولید سازگاری‌های عصبی-عضلانی دارد (۱۰). هر چند سازوکارهای دقیق هایپرتروفی و قدرت عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی مشخص نیست اما محققان پیشنهاد کرده‌اند که افزایش عواملی مانند فشار متابولیکی، فشار مکانیکی، هایپوکسی، تورم سلولی و ترشح هورمون‌های آنابولیک تأثیر مهمی در افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی داشته و همه این عوامل محرک‌های قوی برای فعال کردن سیگنالینگ مسیره‌های آنابولیک عضلانی می‌باشند (۱۲). اوگاساوار و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه پرس سینه در مردان جوان تمرین نکرده، با ۸۰ درصد آن از نظر هایپرتروفی برابری می‌کند. اما برای افزایش قدرت ایزومتریک، ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه بهتر بود (۱۳). چنین به نظر می‌رسد که این تغییرات وابسته به نوع برنامه تمرینی، شدت و مدت اجرای آن، تعداد و بزرگی عضلات درگیر یا سابقه تمرینی متفاوت است (۱۴). مقدار افزایش هورمون‌های آنابولیک اغلب به شاخص‌های تمرین مقاومتی وابسته است. افزایش سطح کاتکولامین‌ها (آدرنالین و نورآدرنالین) به هنگام ورزش، محرکی بر ترشح GH است. پس از افزایش ترشح IGF-1, GH نیز به نوبه خود افزایش می‌یابد. لذا می‌توان انتظار داشت که اثرات آنابولیک آن به‌صورت رشد عضلانی-اسکلتی ظاهر شود

1. GH
2. IGF-1
3. Insulin like growth factor 1
- 4 Growth hormone
5. Strength training

6. Eccentric
7. concentric

این مطالعه به دنبال پاسخ به این سوال است که آیا ۱۰ هفته تمرین مقاومتی برون‌گرا بر قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه، حداکثر اکسیژن مصرفی، توده بدون چربی و فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ در زنان جوان غیرفعال تأثیر گذار می‌باشد؟

روش شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و به صورت پیش و پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری این پژوهش را زنان جوان ۲۹-۲۰ سال شهر مشهد تشکیل می‌دادند. در این پژوهش انتخاب آزمودنی‌ها به صورت داوطلبانه و هدفمند انجام شد. به این منظور پژوهشگر، از طریق پیامک گروهی؛ زنان جوان را برای شرکت در پژوهش، ثبت‌نام و سپس شرکت در جلسه توجیهی دعوت نمود. پس از تشریح طرح و شرح کاملی از زمان، مکان، شیوه اجرای آزمون و اهداف طرح، فواید طرح و خطرات نادر احتمالی، پژوهشگر به منظور تعیین میزان فعالیت بدنی هر فرد و همچنین آگاهی از وضعیت سلامت فعلی افراد، پرسشنامه سنجش میزان فعالیت بدنی و پرسشنامه سابقه پزشکی و رضایت‌نامه شرکت در تمرینات را بین افراد توزیع نمود. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها، افراد براساس معیارهای زیر برای ورود به تحقیق انتخاب شدند: زنان بین ۲۹-۲۰ سال، غیرفعال بودن (نداشتن حداقل ۳۰ دقیقه فعالیت بدنی متوسط در روز برای سه روز در هفته، حداقل ۶ ماه قبل)، شاخص توده بدنی بین ۲۰-۲۵ کیلوگرم بر مترمربع، عدم مصرف سیگار، عدم مصرف هرنوع دارویی که منجر به تغییر سطوح فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ می‌شد، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، اسکلتی عضلانی، بیماری‌های مفصلی و ارتوپدی یا هرگونه آسیبی که منجر به عدم توانایی در اجرای تمرینات و آزمون‌ها می‌شد. معیارهای خروج افراد از تحقیق عبارت بودند از: داشتن بیش از دو جلسه غیبت در زمان اجرای پروتکل تمرینی، مبتلا شدن به بیماری‌های ذکر شده بالادرتول تحقیق، مصرف دارو یا هر نوع مکمل‌های غذایی که روی فاکتور مورد نظر تأثیر گذار باشد، شرکت در برنامه ورزشی منظم خارج از برنامه تمرینی مطالعه، عدم شرکت در انجام آزمایشات.

حجم نمونه با توجه به مطالعه آریکاوا و همکاران (۲۰۱۰) (۲۳) و براساس فرمول مقایسه میانگین‌ها در مورد IGF-1 و با در نظر گرفتن $\alpha=0/05$ و $\beta=0/2$ ، ۱۴ نفر در هر گروه برآورد

(۱۵). افزایش این هورمون‌ها بلافاصله پس از یک جلسه تمرین مقاومتی که شامل بارهای سنگین می‌باشد، به ثبت رسیده است (۱۶،۱۷). پروتئین‌های متصل به IGF-1 (IGFBPs) نیز بر عملکرد این هورمون اثر گذارند؛ از یک طرف آن‌ها باعث افزایش نیمه عمر IGF-1 در خون شده و از طرف دیگر منجر به کاهش IGF-1 آزاد می‌گردند (۱۵). بنابراین IGFBPs نقش موثری بر تنظیم مقدار IGF-1 در طول شبانه‌روز داشته و اثرگذاری این هورمون بر هایپرتروفی و رشد اسکلتی - عضلانی را کنترل می‌کند. با توجه به اثری که فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ در افزایش قدرت دارد، با افزایش این هورمون، می‌توان افزایش قدرت را نیز پیش‌بینی کرد (۱۸). البته نتایج تحقیقات در مورد IGF-1 دارای اختلافاتی است. مطالعات افزایش (۱۹)، کاهش (۲۰) و عدم تغییر (۲۱،۲۲) مقدار IGF-1 به دنبال فعالیت و تمرین بدنی را گزارش کرده‌اند. اما نقش تنظیمی واکنش IGF-1 به فعالیت ورزشی هنوز به روشنی شناخته نشده است. دلیل این موضوع آن است که در مطالعات گوناگون، پاسخ IGF-1 به فعالیت ورزشی فرق می‌کند. سئو و همکاران (۲۰۱۶) طی مطالعه‌ای روی زنان اذعان کردند که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۲۰ درصد 1 RM با محدودیت جریان خون، با افزایش سطوح سرمی IGF-1 همراه است (۱۹). بیژه و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر شش ماه تمرین هوازی بر سطح هورمون رشد، IGF-1 و نسبت GH به IGF-1 سرمی زنان میانسال غیر فعال، کاهش معنی‌دار سطوح IGF-1 سرم زنان میانسال را نشان دادند (۲۰). دسوزا و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی عدم تغییر معنی‌دار را پس از تمرین ترکیبی گزارش کردند که پژوهشگران این عدم تغییر را به نوع، شدت و مدت برنامه تمرینی نسبت دادند (۲۲).

به نظر می‌رسد پژوهش‌های بیشتری در مورد پاسخ IGF-1 باید انجام شود، زیرا به دلیل پیچیدگی فرآیندهای آن، هنوز ابهامات زیادی وجود دارد. به همین دلیل شناسایی این عوامل و شناخت چگونگی عملکرد آن‌ها شیوه‌های جدیدی را به منظور توسعه برنامه‌های درمانی و ورزشی معرفی خواهد کرد. بنابراین با توجه به نقش عوامل رشد در هایپرتروفی عضلانی و سنتز پروتئین و در نتیجه افزایش آمادگی عضلانی، پژوهشگر در

1. Repetition Maximum

گرم کردن، ۴۰-۳۵ دقیقه اجرای برنامه تمرینی و ۱۰ دقیقه سرد کردن و انجام حرکات کششی بود. هر جلسه سه ست با استراحت‌های ۲ تا ۳ دقیقه‌ای بین ست‌ها انجام شد. حجم تمرینات شامل پرس پا و پرس دست با تاکید بر بخش برونگرا در نظر گرفته شد. ماه اول ۱۵ تا ۲۵ تکرار و ماه آخر ۶ تا ۸ تکرار تمرینات ادامه یافت. هر هفته ۵ درصد افزایش بار صورت گرفت. با توجه به نوع تمرینات، آزمودنی‌ها تنها بخش برونگرا را انجام دادند و بعد از اتمام بخش برونگرا، وزنه توسط پژوهشگر به حالت اولیه برگشت داده می‌شد. این پروتکل مشابه پروتکل مورد استفاده در چند مطالعه قبلی بود که با تغییرات اندک مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱) (۲۴-۲۷).

شد که تعداد کل نمونه‌ها ۲۸ نفر (۱۴ نفر برای گروه تجربی و ۱۴ نفر برای گروه کنترل) در نظر گرفته شد. براساس معیارهای ورود، نفرت واجد شرایط انتخاب شده و به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند و به ترتیب ورود و به طور تصادفی به دو گروه تجربی (۱۴ نفر) و کنترل (۱۴ نفر) تقسیم شدند. به منظور تخصیص تصادفی در خصوص نفر اول، در یک ظرف کد A و B ریخته شد و برای نفر اول یک کد با قرعه‌کشی برداشته شد و سپس واحدهای پژوهش به صورت یک در میان در یکی از گروه‌های تجربی یا گروه کنترل تخصیص یافتند. آزمودنی‌های گروه تجربی در یک برنامه تمرینات مقاومتی برونگرا به مدت ۱۰ هفته و هفته‌ای سه جلسه شرکت کردند. مدت زمان هر جلسه تمرینی ۶۰-۴۵ دقیقه و شامل ۱۰ دقیقه

جدول ۱. پروتکل تمرین مقاومتی برونگرا

هفته	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم
تعداد ست‌ها	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
تعداد تکرارها	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵	۲۵-۱۵
شدت (درصد 1RM)	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵
استراحت بین ست‌ها (دقیقه)	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲	۳-۲

۱۴ ساعت ناشتایی از هر دو گروه کنترل و تجربی، در شرایط و زمان کاملاً مشابه انجام پذیرفت.

اندازه‌گیری حداکثر قدرت بالاتنه برحسب کیلوگرم با استفاده از دینامومتر دیجیتال دستی سیهان ساخت کشور کره بادقت ۰/۱ کیلوگرم به روش زیر انجام شد؛ بعد از مشخص شدن دست برتر، آزمودنی روی یک صندلی، راحت نشسته و دست برتر خود را روی میزی کنارش قرار می‌داد. در شرایطی که آرنج در زاویه ۹۰ درجه بود، به آزمودنی‌ها ۳ بار فرصت داده شد تا حداکثر قدرت دست خود را روی دینامومتر اعمال کنند. ضمن اینکه از آن‌ها خواسته شد دست شان بی‌حرکت باشد و کف دست به سمت میج خم نشود. بهترین رکورد به‌عنوان حداکثر قدرت دست ثبت گردید (۲۸).

همچنین برای اندازه‌گیری قدرت پایین‌تنه نیز از دینامومتر دیجیتال پای سیهان ساخت کشور کره بادقت ۰/۱ کیلوگرم استفاده شد، آزمودنی‌ها دینامومتر را در زیر پاهای خود قرار

برای اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها به ترتیب از دستگاه قدسنج SECA ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ متر و ترازوی دیجیتال SECA ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم استفاده شد و شاخص توده بدنی با تقسیم وزن فرد (کیلوگرم) به مجذور قد (متر) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری درصد چربی و توده بدون چربی بدن از دستگاه بیوالکتریکال ایمپدانس BIA (ساخت کشور کره) که یک روش غیرتهاجمی و آسان برای تعیین ترکیب بدن است، استفاده شد.

برای اندازه‌گیری سطح سرمی IGF-1 از کیت آزمایشگاهی ساخت شرکت مدیاگنوست کشور آلمان و به روش الیزا استفاده شد، به این صورت که خون‌گیری از ورید بازویی دست راست به مقدار ۵ میلی‌لیتر در دو مرحله، یک روز قبل از اولین جلسه تمرین (پیش‌آزمون) و دیگری ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (پس‌آزمون) در هفته دهم و پس از ۱۲ تا

می‌دادند و محقق طول زنجیر آن را متناسب با وضعیت آزمودنی تنظیم می‌کرد. سپس آزمودنی دستگیره دینامومتر را با هر دو دست گرفته و با حداکثر فشار آن را به سمت بالا می‌کشید. نیروی اعمال شده در صفحه مدرج دینامومتر برحسب کیلوگرم نشان داده می‌شد و به عنوان قدرت عضلات پایین‌تنه آزمودنی ثبت می‌گردید (۲۸). حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها با استفاده از نوارگردان تکنوجیم ساخت کشور ایتالیا و به‌کارگیری پروتکل اصلاح شده بروس (جدول ۲) اندازه‌گیری گردید (۲۹).

روش‌های آماری

با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ ابتدا نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله تست شاپیروویلیک بررسی گردید. با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آزمون تی وابسته برای بررسی تغییرات گروه‌ها در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون و همچنین از تی مستقل برای مقایسه تغییرات بین گروهی متغیرهای پژوهش استفاده شد. میزان P کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

جدول ۲. مراحل آزمون بروس

مرحله	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
زمان (دقیقه)	۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱	۲۴	۲۷
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۲/۷۴	۴/۰۲	۵/۴۷	۶/۷۶	۸/۰۵	۸/۸۵	۹/۶۵	۱۰/۴۶	۱۱/۲۶	۱۲/۰۷
شیب	۱۰٪	۱۲٪	۱۴٪	۱۶٪	۱۸٪	۲۰٪	۲۲٪	۲۴٪	۲۶٪	۲۸٪

یافته‌ها

هفته در گروه تمرین تأثیر معنی‌داری بر حداکثر اکسیژن مصرفی ($P=0/029$)، توده بدون چربی ($P=0/034$) و فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ ($P=0/026$) داشت. مقایسه تغییرات میانگین قدرت عضلات بالاتنه، قدرت عضلات پایین‌تنه، حداکثر اکسیژن مصرفی، توده بدون چربی و فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ در آزمودنی‌های دو گروه با کمک آزمون تی مستقل، بیانگر تغییرات معنی‌دار قدرت عضلات بالاتنه ($P=0/004$)، پایین‌تنه ($P=0/0001$)، حداکثر اکسیژن مصرفی ($P=0/001$)، توده بدون چربی ($P=0/037$) و فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ ($P=0/026$) در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل بود.

اطلاعات توصیفی مربوط به آزمودنی‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آزمون تی زوجی و تی مستقل در جدول ۴ ارائه شده است. براساس نتایج آزمون تی وابسته، شاخص عملکردی قدرت عضلات بالاتنه قبل و بعد از اجرای برنامه مقاومتی برونگرا در گروه تمرین از $25/78 \pm 6/41$ کیلوگرم به $29/7 \pm 17/29$ کیلوگرم افزایش معنی‌دار یافت ($P=0/005$) و قدرت عضلات پایین‌تنه نیز از $50/17 \pm 18/74$ کیلوگرم به $71/19 \pm 83/47$ کیلوگرم افزایش معنی‌داری نشان داد ($P=0/0003$). همچنین تمرینات مقاومتی برونگرا به مدت ۱۰

جدول ۳. اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

مشخصات گروه	سن (سال)	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)
گروه کنترل	$26/3 \pm 25/08$	$160/77 \pm 3$	$56/6 \pm 40/03$	$22/1 \pm 08/92$
گروه تمرینی	$23/3 \pm 25/57$	$158/5 \pm 3$	$55/8 \pm 71/51$	$22/2 \pm 11/50$

جدول ۴. نتایج آزمون تی زوجی و تی مستقل آزمودنی‌ها

متغیر	گروه تجربی		گروه کنترل		P
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	$22/10 \pm 2/49$	$22/27 \pm 2/62$	$22/08 \pm 1/92$	$22/06 \pm 2/05$	بین گروهی *** ۰/۹۷۹
درصد چربی بدن (درصد)	$22/8 \pm 24/49$	$18/3 \pm 65/52$	$16/67 \pm 2/81$	$16/60 \pm 3/18$	۰/۷۲
توده بدون چربی (کیلوگرم)	$22/3 \pm 51/92$	$24/6 \pm 75/33$	$21/88 \pm 3/35$	$21/86 \pm 3/06$	۰/۰۳۷*

حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۲۸/۸±۹۸/۲۴	۳۴/۱±۸۵/۸۸	۰/۰۲۹*	۳۱/۲±۷۳/۰۲	۳۲/۱±۰۸/۶۶	۰/۰۹۵	۰/۰۰۱*
قدرت عضلانی بالاتنه (کیلوگرم)	۲۵/۶±۷۸/۴۱	۲۹/۷±۱۷/۲۹	۰/۰۰۵*	۲۳/۸۶±۲/۹۲	۲۳/۵۹±۱/۷۵	۰/۶۴۴	۰/۰۰۴*
قدرت عضلانی پایین تنه (کیلوگرم)	۵۰/۱۸±۱۷/۷۴	۷۱/۱۹±۸۳/۴۷	۰/۰۰۰۳*	۶۶/۱۲±۱۰/۵۱	۶۷/۲۲±۱۶/۸۸	۰/۶۵۹	۰/۰۰۰۱*
فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (نانوگرم/میلی لیتر)	۱۱۵/۳۵±۵/۲۵	۱۴۷/۴۲±۰۰/۹۴	۰/۰۲۶*	۱۳۳/۵±۳۷/۲۰	۱۳۱/۷±۳۲/۷۱	۰/۸۷۳	۰/۰۲۶*

* نشان دهنده اختلاف معنی دار، ** نشان دهنده آزمون تی زوجی، *** نشان دهنده آزمون تی مستقل

بحث

مطالعه حاضر به منظور تعیین اثر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی برونگرا بر قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه، حداکثر اکسیژن مصرفی، توده بدون چربی و فاکتور رشد شبه انسولین ۱ در زنان جوان غیرفعال، انجام گرفت. یافته‌های پژوهش حاضر این بود که ۱۰ هفته تمرین مقاومتی برونگرا منجر به افزایش معنی دار قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه، حداکثر اکسیژن مصرفی، توده بدون چربی و فاکتور رشد شبه انسولین ۱ زنان جوان می شود که این افزایش مشاهده شده در قدرت عضلانی و توده بدون چربی در گروه تمرین مقاومتی، با توجه به غیر تمرین کرده بودن آزمودنی‌ها، قابل انتظار بود.

یکی از مهم ترین دستاوردهای این تحقیق افزایش معنادار IGF-1 پس از اجرای تمرین مقاومتی است که دوسازو کار برای این افزایش ذکر شده است؛ یکی از طریق افزایش GH و تحریک تولید کبیدی IGF-1 و دیگری افزایش پروتئولیز پروتئین های پیوندی عوامل رشد شبه انسولینی (IGFBP) به دنبال فعالیت سنگین مقاومتی (۳۰) که یافته‌های به دست آمده از پژوهش حاضر با نتایج گزارش شده توسط قراخانلو و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر افزایش سطوح IGF-1 متعاقب تمرینات مقاومتی در عضله پهن جانبی مردان غیر ورزشکار (۳۱)، سلیمانی و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر افزایش معنادار IGF-1 متعاقب مقایسه تاثیر یک جلسه فعالیت ورزشی مقاومتی به دو شیوه سوپرست‌های معکوس و ترکیبی بر پاسخ کراتین کیناز، فاکتور رشد شبه انسولین ۱ و هورمون رشد پلازما در مردان تمرین کرده (۳۲) و همچنین اسدپور و همکاران (۳۳) و میاکه و همکاران (۳۴) همسو می باشد، اما با نتایج مطالعات کردی و همکاران (۱۳۹۱) مبنی بر عدم تاثیر معنادار بر سطوح IGF-1 متعاقب فعالیت ورزشی مقاومتی با شدت های ۶۰ و ۸۰

درصد (۳۵) و نیز ریبیریو و همکاران (۲۰۱۷) (۳۶) و هافمن و همکاران (۲۰۱۶) (۳۷) همخوانی ندارد. این تفاوت‌ها ممکن است به طور جزئی به نیازهای متابولیکی فعالیت ورزشی بستگی داشته باشد و همچنین شاید این عدم همخوانی، به آمادگی افراد مورد مطالعه، نوع آزمودنی‌ها، مدت و شدت تمرین و دقت وسایل اندازه گیری مربوط باشد. به طور مثال تی سایی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند ۱۲ ماه تمرین مقاومتی در مردان مسن، باعث افزایش سطح IGF-1 می شود (۳۸)، همچنین اسکودسه و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که تمرین مقاومتی با شرایط مناسب در شدت (۵۲ درصد یک تکرار بیشینه) و مدت (یک جلسه سی دقیقه‌ای) بر ترشح IGF-1 تأثیر داشته و این افزایش احتمالاً از طریق تسهیل ورود گلوکز به درون عضله اسکلتی بدون وابستگی به انسولین، میانجی گری می شود (۳۹). به طور کلی می توان گفت سازش پذیری با تمرین ورزشی، تا حد زیادی به نوع برنامه تمرینی وابسته است که علاوه بر شدت و حجم، متغیرهای دیگری چون بار تمرین، تعداد دوره‌ها، تعداد تکرارها، مقدار استراحت بین دوره‌ها، حجم عضلات درگیر و تعداد جلسات در هفته از آن جمله‌اند (۴۰). از طرفی گفته شده افزایش پاسخ‌های هورمونی، تنها به شدت فعالیت جسمانی بستگی ندارد، بلکه مدت اجرای فعالیت یا تعامل هر دو نیز می تواند موثر واقع شوند. به طوری که اگر شدت فعالیت بدنی (صرف نظر از نوع آن فعالیت) زیاد نباشد ولی زمان اجرای فعالیت به اندازه کافی طولانی باشد، این عامل سبب افزایش پاسخ هورمونی می شود (۳۸)؛

از طرف دیگر سن یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار بر سطوح هورمونی است و حتی پاسخ‌ها و سازگاری‌های این پیامبرهای شیمیایی نسبت به فعالیت ورزشی را نیز می تواند

ساعت بعد از آخرین نوبت تمرین باشد (۴۴). گفته می‌شود که هورمون IGF-1 یکی از مهمترین فاکتورهای رشد است که نقش مهمی در فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای، افزایش سنتز پروتئین، کاهش تجزیه پروتئین، هایپرتروفی تار عضلانی و رشد عضلات دارد (۴۹). گفته شده که سازگاری‌های مزمن IGF-1 پس از تمرین مقاومتی ممکن است وابسته به حجم و شدت تمرین باشد (۵۰) و نیز در میان عوامل بسیار دیگری که غلظت‌های IGF-1 را تنظیم می‌کنند، تغییرات ناشی از تمرین در ترکیب بدنی نیز ممکن است نقشی را ایفا کند (۵۱). از آن جایی که عضله اسکلتی غلظت‌های بالایی از گیرنده‌های IGF-1 را نشان می‌دهد و به اثرات آنابولیک این عامل رشدی حساس است (۵۲)، بنابراین ارتباط بین IGF-1 و توده بدون چربی ممکن است تا حدودی اثرات آنابولیک مفید IGF-1 القا شده به وسیله تمرین را منعکس کند و احتمالاً افزایش معنادار توده بدون چربی را می‌توان به دلیل سنتز پروتئین در عضله به دلایل ذکر شده بالا توجیه کرد؛ از طرفی می‌توان چنین گفت که تمرین باعث افزایش فعالیت دستگاه سمپاتیک (اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین) و هورمون رشد می‌شود و از آن جایی که هر کدام از این هورمون‌ها به نوبه خود لیپولیز را فعال می‌کنند؛ منجر به کاهش توده بدون چربی نیز می‌شوند. نتایج پژوهش ما با یافته‌های پژوهش انصاری کلاچاهی و همکاران (۱۳۹۹) و کولمن و همکاران (۲۰۲۰) که در توده بدون چربی بهبود معنی‌داری دیده شده بود، همسو است (۵۴،۵۳).

افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی ناشی از تمرین مقاومتی در این تحقیق را نیز می‌توان به عواملی چون افزایش برون‌ده قلبی و اختلاف اکسیژن خون سرخرگی سیاهرگی نسبت داد؛ بنابراین با افزایش معنی‌دار توده بدون چربی بدن، قدرت و توان هوازی می‌توان نتیجه گرفت که پروتکل تمرینی ارائه‌شده بر مبنای اصول تمرینی بوده و موجب سازگاری‌های قلبی ریوی و همچنین سازگاری‌های عصبی عضلانی به دنبال تمرین مقاومتی و افزایش معنی‌دار IGF-1 آزمودنی‌ها شده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق، باتوجه به تأثیرات مثبت و معنی‌دار تمرینات مقاومتی برونگرا بر قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه، فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ و نیز حداکثر اکسیژن مصرفی زنان جوان شرکت‌کننده در تحقیق

تحت تأثیر قرار دهد (۴۱). از سازوکارهای افزایش مقدار هورمون IGF-1، می‌توان به افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک با ترشح هورمون‌های آدرنالین و نورآدرنالین در اثر فعالیت بدنی اشاره کرد که به تحریک فعالیت سیستم عصبی مرکزی آدرنورژیک منجر می‌شود و در پی آن، تحریک ترشح هورمون رشد در هیپوفیز قدامی رخ می‌دهد که در نهایت افزایش ترشح هورمون IGF-1 را در پی دارد (۴۲). تمرین مقاومتی خود به تنهایی نیز یک محرک بالقوه برای افزایش سنتز پروتئین عضلانی و در نتیجه هایپرتروفی عضلانی و افزایش قدرت است که در نهایت منجر به افزایش سطح مقطع فیبرهای عضلانی و تغییر در ترکیب آنها می‌شود (۴۳). البته باید عوامل اثرگذار دیگری که بر سطوح این هورمون موثر است مانند سیکل ماهیانه ورزشکاران دختر، ترکیب بدن، سن، جنسیت، گروه ورزشکار و کم تحرک، چرخه خواب و بیداری، وضعیت تغذیه‌ای، تعادل انرژی نیز مورد توجه قرار گیرد (۲۱). از طرفی می‌توان گفت پاسخ IGF-1 به تمرین، تحت تأثیر عواملی چون پروتکل تمرین (مدل هایپرتروفی‌کننده نسبت به مدل افزایش‌دهنده قدرت باعث تحریک بیشتر سنتز IGF-1 می‌شود) (۴۴) و زمان اندازه‌گیری سطوح استراحتی IGF-1 (۴۵) است. در این تحقیق به نظر می‌رسد طول مدت تمرین یک عامل تعیین‌کننده در افزایش بیان IGF-1 باشد، به طوری که در برخی مطالعات فرض شده است سازگاری IGF-1 به تمرین مقاومتی دارای دوم مرحله است یک فاز آغازین و کاتابولیکی (۵ تا ۶ هفته) که در پاسخ به تمرین سطوح IGF-1 بدون تغییر یا کاهش می‌یابد (۴۶) مرحله دوم که فاز آنابولیکی است (بیش از ۷ هفته) و سطوح IGF-1 افزایش می‌یابد (۴۷). بنابراین در تحقیق حاضر شاید علت افزایش IGF-1 تأکید دو مرحله‌ای بودن سازگاری IGF-1 به تمرین باشد، به عبارتی در این مدت IGF-1 در حال طی کردن فاز آنابولیکی بوده است و نقش زیادی در سازگاری‌های عضلانی به تمرین مقاومتی دارد (۴۸). مطلب دیگر این که زمان اندازه‌گیری IGF-1 متعاقب تمرین مقاومتی حائز اهمیت است. رهاسازی IGF-1 مستلزم سنتز پروتئین جدید است و می‌توان گفت اوج غلظت IGF-1، ۲۴ ساعت پس از تمرین مقاومتی است و شاید یکی از علل افزایش IGF-1 به این موضوع مربوط می‌شود، زیرا به منظور بررسی سازگاری‌های IGF-1 به تمرین؛ حداقل باید نمونه‌گیری ۴۸

مشخص شدن دلایل احتمال و مکانیسم‌های اثر تمرین مقاومتی بر فاکتور رشد شبه‌انسولین ۱ و دلایل افزایش یا کاهش سطوح سرمی این فاکتور به تحقیقات و بررسی‌های بیشتری نیاز است.

حاضر، پیشنهاد می‌گردد از این نوع تمرینات ورزشی برای بهبود ارتقاء قدرت عضلانی و استقامت قلبی-ریوی استفاده گردد. از طرفی دیگر با توجه به اینکه نتایج سازگاری‌های درازمدت IGF-1 گردش خون به تمرین مقاومتی، ناهمخوان است؛ برای

منابع

1. Paoli A, Pacelli Q F, Neri M, Toniolo L, Cancellara P, Canato M, et al. Protein supplementation increases post exercise plasma myostatin concentration after 8 weeks of resistance training in young physically active subjects. *Journal of Medicinal Food*. 2015; 18(1), 137-143. doi: 10.1089/jmf.2014.0004.
2. Filaire E, Lac G. Dehydroepiandrosterone (DHEA) rather than testosterone shows saliva androgen responses to exercise in elite female handball players. *International Journal of Sports Medicine*. 2000; 21(01):17-20. doi: 10.1055/s-2000-8851.
3. Buresh R, Berg K, French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength and hypertrophy with training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009; 23: 62-71. doi: 10.1519/JSC.0b013e318185f14a.
4. Mohammadi R, Afroudeh R, Khajehlandi M, Mohammadian M. Survey on the acute effect of resistance training with and without blood flow restriction on muscle hypertrophy indicators. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020; 9(1):147-55. doi: 10.22037/JRM.2019.112040.2146.
5. Burd NA, Tang JE, Moore DR, Phillips SM. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex- based differences. *Journal of Applied Physiology*. 2009; 106(5):1692-701. doi: 10.1152/jappphysiol.91351.2008.
6. Vitale G, Pellegrino G, Vallery M, Hofland LJ. ROLE of IGF-1 System in the modulation of longevity: controversies and new insights from a centenarians' perspective. *Frontiers in Endocrinology*. 2019; 10:27. doi:10.3389/fendo.2019.00027.
7. Rahmani J, Kord Varkaneh H, Clark C, Zand H, Bawadi H, M. Ryan P, et al. The influence of fasting and energy restricting diets on IGF-1 levels in humans: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*. 2019; 53:100910. doi:10.1016/j.arr.2019.100910.
8. Ghaedi H, Hosseini SA, Jaber H. Effect of 8 weeks of resistance exercise combined with shirazi thyme supplementation on plasma levels of INF- γ and TNF-alpha in men with non-alcoholic fatty liver. *Complementary Medicine Journal*. 2021; 11(3):256-267. doi: 10.32598/cmja.11.3.1071.1. [In Persian]
9. Schoenfeld, BJ. Science and Development of Muscle Hypertrophy. Champaign, IL; *Human Kinetics*; 2016. p. 12, 36-8.
10. Bagheri T, Abedi B, Hedayatpour N. Assessing electromyographic activity ratio of the vastus medialis oblique to vastus lateralis muscle after resistance eccentric and concentric training. *Studies in Sport Medicine*, 2022; 14(31): 85-106. doi: 10.22089/smj.2022.11597.1542.
11. Franchi MV, Reeves ND, Narici MV. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Frontiers in Physiology*. 2017; 8:447. doi:10.3389/fphys.2017.00447.
12. De Freitas MC, Gerosa-Neto J, Zanchi NE, Lira FS, Rossi FE. Role of metabolic stress for enhancing muscle adaptations: Practical applications. *World Journal of Methodology*. 2017; 7(2):46. doi: 10.5662/wjm.v7.i2.46.
13. Ogasawara R, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *International Journal of Clinical Medicine*. 2013; 4(2):114-121. doi: 10.4236/ijcm.2013.42022.
14. Rosa C, Vilaça-Alves J, Fernandes HM, Saave- dra FJ, Pinto RS, dos Reis VM. Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015; 29(1):74-9. doi: 10.1519/JSC.0000000000000610.
15. Naserkhani F, Mehdizadeh R. The acute response of hemodynamic parameters to walking on a treadmill with blood flow restriction in sedentary young girls. *Sport Physiology & Management Investigations*, 2018; 9(4): 43-53. [In Persian]
16. Stokes K, Nevill M, Frystyk J, Lakomy H, Hall G. Human growth hormone responses to repeated bouts of sprint exercise with different recovery periods between bouts. *Journal of Applied Physiology*. 2005; 99(4):1254-61. doi: 10.1152/jappphysiol.00839.2004.
17. El Elj N, Elloumi M, Zaouali M, Latiri I, Lac G, Tabka Z. Discrepancy in IGF-1 and GH response to submaximal exercise in young male subjects. *Science & Sports*. 2007; 22(3-4):155-9. doi.org/10.1016/j.scispo.2007.06.002.
18. Kerem M, Ferahkose Z, Yilmaz UT, Pasaoglu H, Ofluoglu E, Bedirli A, et al. Adipokines and ghrelin in gastric cancer cachexia. *World Journal of Gastroenterology*. 2008; 14(23):3633. doi: 10.3748/wjg.14.3633.
19. Seo D I, So W Y, Sung D J. Effect of a low-intensity resistance exercise program me with blood flow restriction on growth hormone and insulin-like growth factor-1 levels in middle-aged women. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*. 2016;38(2): 167-77. https://hdl.handle.net/10520/EJC192940.
20. Bijeh N, Hejazi K. The effect of a six-month aerobic exercise on levels of GH, IGF-1 and GH/IGF-1 ratio serum in sedentary middle-aged women. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2013; 21(4):415-27. http://jssu.ssu.ac.ir/article-1-2085-en.html. [In Persian]
21. Eliakim A, Nemet D, Zaldivar F, McMurray RG, Culler FL, Galassetti P, et al. Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamines in obese children and adolescents. *Journal of Applied Physiology*. 2006;

- 100(5):1630-7. doi: 10.1152/japplphysiol.01072.2005.
22. De Souza TMF, Libardi CA, Cavaglieri CR, et al. concurrent training with blood flow restriction does not decrease inflammatory markers. *International Journal of Sports Medicine*. 2018; 39(1):29-36. doi: 10.1055/s-0043-119222.
 23. Arikawa AY, Kurzer MS, Thomas W, Schmitz KH. No effect of exercise on insulin-like growth factor-I, insulin, and glucose in young women participating in a 16-week randomized controlled trial. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2010; 19(11):2987-90. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-10-0828.
 24. Borst SE, Dehoyos DV, Garzarella K, Vincent L, Pollock DT, Pollock ML. Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF Binding Proteins. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 33(4): 648-653. doi: 10.1097/00005768-200104000-00021.
 25. Kraemer, WJ, Volek JS, Bush JA, Putukian M, Sebastianelli WJ. Hormonal responses to Consecutive 6. days of heavy resistance exercise with or without nutritional Supplementation. *Journal of Applied Physiology*. 1998; 85:1544-1555. doi: 10.1152/jappl.1998.85.4.1544.
 26. Kraemer RR, Kilgore JL, Kraemer GR, and Castracane VD. Growth hormone, IGF-I, and Testosterone responses to resistive exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1992; 24(12):1346-52. PMID: 1470017.
 27. Kraemer WJ, Aguilera BA, Terada M, Newton RU, Lynch JM, Rosendaal G, et al. Responses of IGF-I to endogenous increase in growth hormone after heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1995; 79(4):1310-5. doi: 10.1152/jappl.1995.79.4.1310.
 28. Claire E, Baldwin B. Muscle strength assessment in critically ill patients with handheld dynamometry: An investigation of reliability, minimal detectable change, and time to peak force generation. *Journal of Critical Care*. 2012; 2: 220-229. doi: 10.1016/j.jcrc.2012.03.001.
 29. Saberi A, Fathi M, Hejazi K. Comparing the effect of eight weeks of resistance and endurance trainings on Physiological and functional factors and record of elite runners. *Journal of Sport Biomechanics*. 2020; 6(1):32-43. [Persian]. <https://doi.org/10.32598/biomechanics.6.1.5>.
 30. Rubin MR, Kraemer WJ, Maresh CM, Volek JS, Ratamess NA, Vanheest JL, et al. High-affinity growth hormone binding protein and acute heavy resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37(3): 395-403. doi: 10.1249/01.mss.0000155402.93987.c0.
 31. Gharakhanlou R, Valipour Dehnou V, Moula S J, Rahbaryzadeh F, Ahmadynejad M. The effect of plyometric and combined training on IGF-1 and MGF responses in vastus lateralis muscle in non-athlete men. *Journal of Sport Biosciences*. 2013; 5(2): 95-113. doi:10.22059/jsb.2013.35042. [In Persian]
 32. Soleymani H, Gharakhanlou R, Rajabi H. Comparison of effects of an acute bout of reverse vs. compound supersets on plasma CK, IGF-I, GH responses in trained men. *Journal of Sport Biosciences*. 2014; 6(2): 161-173. doi: 10.22059/jsb.2014.50930.
 33. Asadpour S M, Daryanoosh F, Salesi M, Nemati J. Effect of eight weeks of resistance training on myostatin and follistatin proteins content in gastrocnemius muscle tissue of elderly rats. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2020; 28 (10): 3134-3143. doi: 10.18502/ssu.v28i10.4923.
 34. Miyake H, Kanazawa I, Sugimoto T. Decreased serum insulin-like growth factor-I level is associated with the increased mortality in type 2 diabetes mellitus. *Endocrine Journal*. 2016:EJ16-0076. doi: 10.1507/endocrj.EJ16-0076. Epub 2016 Jun 25.
 35. Kordi M R, Ghanbari-Niaki A, Fallahi A A, Abbasi A. The Effect of short time circuit-resistance exercise with different intensities on GH/IGF-I growth axis in young healthy university men. *Journal of Sport Biosciences*, 2012; 4(12): 135-149. doi: 10.22059/jsb.2012.28982.
 36. Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Fleck SJ, Pina FL, Nascimento MA, Cyrino ES. Effects of traditional and pyramidal resistance training systems on muscular strength, muscle mass, and hormonal responses in older women: A randomized crossover trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017; 31(7):1888-96. doi: 10.1519/JSC.0000000000001653.
 37. Hofmann M, Schober-Halper B, Oesen S, Franzke B, Tschan H, Bachl N, et al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on muscle quality and circulating muscle growth and degradation factors of institutionalized elderly women: The Vienna Active Ageing Study (VAAS). *European Journal of Applied Physiology*. 2016; 116(5):885-97. doi: 10.1007/s00421-016-3344-8.
 38. Tsai CL, Wang CH, Pan CY, Chen FC. The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2015; 9:23. doi: 10.3389/fnbeh.2015.00023.
 39. Scudese E, Simão R, Senna G, Vingren JL, Willardson JM, Baffi M, et al. Long rest interval promotes durable testosterone responses in high-intensity bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2016; 1275-1286. doi: 10.1519/JSC.0000000000001237.
 40. Khajehlandi M, Nikbakht M, Janbozorgi M. Comparing the effect of 6 weeks of resistance training with and without vascular occlusion on growth hormone levels in female physical education students. *Qom University of Medical Sciences Journal*. 2017; 11(8):29-36. [Persian] URL: <http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-3493-en.html>.
 41. Paunksnis MR, Evangelista AL, La Scala Teixeira CV, João GA, M. Pitta R, C. Alonso A, et al. Metabolic and hormonal responses to different resistance training systems in elderly men. *The Aging Male*. 2018; 21(2):106-110. doi:10.1080/13685538.2017.1379489.
 42. Seldin MM, Peterson JM, Byerly MS, Wei Z, Wong GW. Myonectin (CTRP15), a novel myokine that links skeletal muscle to systemic lipid homeostasis. *Journal of Biological Chemistry*. 2012; 287(15):11968-80. doi: 10.1074/jbc.M111.336834.

43. shiri R, gholami M, Nikbakht H, ebrahim K. The effect of resistance training with slow and fast speeds on some anabolic and catabolic hormones in healthy young women. *Jorjani Biomedicine Journal*. 2020; 8 (2):27-37. doi: 10.52547/jorjanibiomedj.8.2.27.
44. Borst SE, Vincent KR, Lowenthal DT, Braith RW. Effects of resistance training on insulin - like growth factor and its binding proteins in men and women aged 60 to 85. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002; 50(5):884-8. doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50215.x.
45. Borst SE, De Hoyos DV, Garzarella L, Vincent K, Pollock BH, Lowenthal DT, et al. Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001; 33(4):648-53. doi: 10.1097/00005768-200104000-00021.
46. Eliakim A, Brasel JA, Mohan S, Wong WLT, Cooper DM. Increased physical activity and the growth hormone-IGF-I axis in adolescent males. *American Journal of Physiology*. 1998; 275(1):R308-R14. doi: 10.1152/ajpregu.1998.275.1.R308.
47. Schmitz KH, Ahmed RL, Yee D. Effects of a 9-month strength training intervention on insulin, insulin-like growth factor (IGF)-I, IGF-binding protein (IGFBP)-1, and IGFBP-3 in 30–50-year-old women. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2002; 11(12):1597-604. PMID: 12496050
48. Gharakhanlou R, Saremy A, OmIdfar K, sharghy S, gharaati MR. Effects of resistance training on serum myostatin levels, IGF1, GASP IGFBP-3 in young men. *Journal of Movement Science & Sports*. 2009; 13(1):67-80. doi: 10.29252/iau.30.4.432.
49. Kraemer WJ, Ratamess NA, Hymer WC, Nindl BC, Fragala MS. Growth hormone(s), testosterone, insulin-like growth factors, and cortisol: Roles and integration for cellular development and growth with exercise. *Frontiers in Endocrinology*. 2020; 11:1-25. doi: 10.3389/fendo.2020.00033.
50. Hasani Ranjbar S, Soleymani Far E, Heshmat R, Rajabi H, Kosari H. Study the regulation of insulin and growth hormone IGF1 acute ingredients in response to resistance exercise device. *Journal of Lipid and Diabetes*. 1389; 3(10): 282-90.
51. Nindl BC, Castellani JW, Young AJ, Patton JF, Khosravi MJ, Diamandi A, et al. Differential responses of IGF-I molecular complexes to military operational field training. *Journal of Applied Physiology*. 2003; 95(3):1083-9. doi: 10.1152/jappphysiol.01148.2002.
52. Nindl BC, Kraemer WJ, Marx JO, Arciero PJ, Dohi K, Kellogg MD, et al. Overnight responses of the circulating IGF-I system after acute, heavy-resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2001; 90(4):1319-26. doi: 10.1152/jappl.2001.90.4.1319.
53. Ansari Kolachahi S, Elmieh A, Talebi M. The effect of TRX exercises on serum levels of IGF-1 and cortisol and some health-related physical factors in active women. *Medical Science Journal of Islamic Azad University-Tehran Medical Branch*. 2020; 30 (4):432-44. doi: 10.29252/iau.30.4.432.
54. Kullman EK, Saylor SM, Little KD. Efficacy of whole-body suspension training on enhancing functional movement abilities following a supervised or home-based training program. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020; 60:244-50. doi.org/10.23736/s0022-4707.19.10066-7.

The effect of eccentric resistance training on muscle strength, aerobic capacity and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in inactive young women

Fahimeh yonesi¹, Mohammad Ali Sardar^{2*}

1. PhD Candidate, Department of Exercise Physiology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran
2. Associate Professor, Department of General Courses, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences (MUMS), Mashhad, Iran

Received: 2023/05/06

Accepted: 2023/08/19

Abstract

*Correspondence:
Email:
sardarma@mums.ac.ir

Introduction and Purpose: Physical activity is a powerful stimulant for cardiovascular and physiological adaptations. Data shows the positive effects of resistance training on increasing muscle mass, through hormones and increasing metabolic rate and protein synthesis. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of 10-week of eccentric resistance training on muscle strength, aerobic capacity and insulin-like growth factor 1 levels in inactive young women.

Materials and Methods: The current research was conducted as a semi-experimental type and as a pre-test and post-test, 28 inactive young women randomly divided into two groups of eccentric resistance training (14 people) and control group (14 people). Then, the eccentric resistance training program was implemented in the training group for 10 weeks and 3 sessions per week. Blood sampling, muscle strength tests of upper and lower body organs, maximum oxygen consumption and body composition were performed before and after the intervention. Serum IGF-1 was measured using ELISA method. To analyze the data, parametric independent T and paired T tests were used and a significance level of less than 0.05 was considered.

Results: The results showed that a significant difference in the muscle strength of the upper body and lower body, aerobic capacity, lean mass and IGF-1 serum was found in the experimental group compared to before the training period ($P < 0.05$), while no significant change was observed in the control group ($P > 0.05$). Compared to the control group, muscle strength of the upper body and lower body, aerobic capacity, lean mass and level serum IGF-1 of the experimental group showed a significant increase after 10 weeks of eccentric resistance training. ($P < 0.05$).

Discussion and Conclusion: 10 weeks of eccentric resistance training has positive changes in body mass index, upper and lower body muscle strength, and muscle volume, and it is probably effective in increasing physiological and physical condition.

Key Words: Eccentric resistance training, Insulin-like growth factor 1, Muscle strength, Inactive young women.