

تأثیر تمرینات مقاومتی با دو شدت متفاوت همراه با محدودیت جریان خون بر قدرت عضلانی، درصد چربی و سطح سرمی آیریزین زنان دارای اضافه وزن

مهشید محمدیان^۱، دکتر مهدی قهرمانی مقدم^{۲*}، دکتر الهام حاکم دخت^۲

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹

خلاصه

مقدمه: شیوع اضافه وزن و چاقی و عوارض آن به سرعت در جهان در حال افزایش است. بنابراین لازم است روش‌های نوینی برای پیشگیری و درمان آن ارائه گردد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثر ۶ هفته تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون (کاتسو) با دو شدت متغیر بر درصد چربی، قدرت عضلانی و سطح سرمی آیریزین در زنان دارای اضافه وزن انجام شد.

روش کار: این مطالعه نیمه تجربی در سال ۱۳۹۸ بر روی ۴۲ زن دارای اضافه وزن در شهر مشهد انجام شد. افراد به طور تصادفی در سه گروه تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه، تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرین به مدت ۶ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه ۶۰-۵۰ دقیقه به تمرین پرداختند. قبل و بعد از مداخله تمرینی سطوح سرمی آیریزین، قدرت عضلانی و درصد چربی گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۳) و آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) انجام شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: شش هفته تمرین مقاومتی همراه با کاتسو با دو شدت متفاوت منجر به افزایش معنی‌دار قدرت در مرحله پس‌آزمون شد ($p=0/001$). تغییرات سطح سرمی آیریزین و درصد چربی معنی‌دار بین دو گروه نبود ($p \geq 0/05$). نتیجه‌گیری: تمرین مقاومتی همراه با کاتسو بدون تغییر در سطح سرمی آیریزین، در شدت ۳۰-۲۰٪ منجر به کاهش معنی‌دار درصد چربی شد.

کلمات کلیدی: آیریزین، تمرین مقاومتی، قدرت عضلانی، محدودیت جریان خون

* نویسنده مسئول مکاتبات: دکتر مهدی قهرمانی مقدم؛ دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۵۴۲۰؛ پست الکترونیک: m.ghahremani@um.ac.ir

مقدمه

شیوع چاقی به طور قابل توجهی از نیمه قرن بیستم افزایش یافته است (۱). آمار نشان می‌دهد حدود ۱۰٪ هزینه بهداشت و درمان در بسیاری از کشورها به چاقی و بیماری‌های ناشی از آن اختصاص دارد. طبق نتایج تحقیقات، اضافه‌وزن و چاقی به‌عنوان عامل تهدیدکننده سلامت و طول عمر افراد جامعه است و عامل بسیاری از بیماری‌ها مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، پرفشارخونی، دیابت نوع دو، سندرم متابولیک، برخی سرطان‌ها می‌باشد (۲). مطالعات زیادی نشان می‌دهد افزایش فعالیت بدنی، راه‌حلی مؤثر و کم‌هزینه برای مقابله با چاقی و اضافه‌وزن است (۳). پژوهش‌ها حاکی از تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر تغییر فنوتیپ بافت چربی سفید به قهوه‌ای است؛ به این معنی که فعالیت ورزشی، تراکم نسبی چربی قهوه‌ای را افزایش می‌دهد. یکی از نظریه‌های تغییر فنوتیپ بافت چربی با فعالیت ورزشی توسط اشپیگل‌من و همکار (۲۰۱۲) ارائه شد که بیان می‌کند در اثر تمرین، هورمونی به نام آیریزین از عضله اسکلتی ترشح می‌شود که با تأثیر بر بافت چربی سفید و قهوه‌ای، باعث افزایش انرژی مصرفی شده و در نهایت، منجر به کاهش توده چربی می‌گردد (۴).

آیریزین محصول ژن FNDC5^۱ است که به‌وسیله PGC-1 α ^۲ القاء می‌شود؛ در عضله اسکلتی بیان و با فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد و نقش مهمی در حفظ هموستاز گلوکز، لیپید و انرژی دارد (۴). نتایج برخی مطالعات حاکی از عدم ارتباط یا همبستگی مثبت بین سطوح آیریزین و مقاومت به انسولین است (۵، ۶). برخی محققان معتقدند با توجه به این که چربی قهوه‌ای از طریق نقشی که در گرمزایی دارد، بر متابولیسم کل بدن و حساسیت به انسولین مؤثر است و از آنجاکه آیریزین چربی سفید را به قهوه‌ای تبدیل می‌کند، در بهبود حساسیت به انسولین و تحمل گلوکز و کاهش وزن می‌تواند مؤثر باشد (۷). بافت چربی قهوه‌ای از لحاظ پتانسیل، انرژی‌زایی ضعیف ولی قابلیت گرمزایی بسیاری

دارد که این قابلیت به‌دلیل پروتئین جفت‌نشده^۳ (UCP1) می‌باشد که در غشاء داخلی میتوکندری قرار دارد و موجب نشت یون هیدروژن به درون ماتریکس میتوکندری می‌شود (۴). PGC1 α ملکولی است که بیان UCP1 را تعدیل می‌کند. از این رو، در گرمزایی عضله اسکلتی و بافت چربی قهوه‌ای نقش دارد. با افزایش بیان PGC1 α میزان بیان FNDC5 که یک پروتئین عرضی غشایی است نیز افزایش می‌یابد که بیشترین بیان آن در عضله اسکلتی است (۸). FNDC5 پیش‌ساز آیریزین است و با شکسته شدن پروتئولیتیکی آن، بخش جدا شده که آیریزین نام دارد به درون گردش خون می‌ریزد. بخش ترشح شده FNDC5 یعنی آیریزین روی گیرنده‌های نامشخصی بر سطح سلول‌های بافت چربی و احتمالاً روی دیگر سلول‌ها متصل می‌شود و منجر به بیان UCP1 و دیگر ژن‌های مرتبط با بافت چربی قهوه‌ای تا حدودی به واسطه افزایش بیان گیرنده آلفای فعال شده با تکثیر پروکسی زوم^۴ (PPAR α) می‌گردد (۴). PPAR α که یک گیرنده هسته‌ای است، به‌عنوان فاکتور نسخه‌برداری و تنظیم‌کننده بیان چندین ژن درگیر در کاتابولیسم چربی عمل می‌کند (۹). مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که فعالیت ورزشی باعث افزایش ترشح آیریزین می‌گردد و میزان ترشح آن تحت تأثیر عواملی مانند شدت، مدت و نوع فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد (۶، ۱۰). مطالعات انجام شده بر روی انسان‌ها نشان می‌دهد که غلظت آیریزین در طول فعالیت ورزشی و بلافاصله پس از آن افزایش می‌یابد (۵، ۱۱). در تضاد با این نتایج، پیکالا و همکاران (۲۰۱۳) عدم تغییر غلظت آیریزین پس از فعالیت ورزشی استقامتی را در مردان میانسال گزارش کردند (۶). تحقیقات متعددی تأثیر فعالیت ورزشی بر ترشح این هورمون و سازگاری‌های متابولیکی در جهت کاهش چربی سفید را مورد مطالعه قرار داده‌اند، ولی به نقش تمرینات مقاومتی، ضمن تأثیرات مثبت در حفظ و افزایش توده عضلانی و سیگنالینگ سلولی مشابه با تمرینات استقامتی، کمتر توجه شده است (۱۲، ۱۳). لذا

^۳ Uncoupling protein 1

^۴ Peroxisome proliferator-activated receptor alpha

^۱ Fibronectin type III domain-containing protein 5

^۲ Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha

از آنجایی که تمرینات مقاومتی به عنوان بخش مهمی از برنامه‌های آمادگی و تندرستی قرار گرفته است و آیریزین تحت تأثیر شدت می‌باشد و اجرای تمرینات سنگین مقاومتی برای گروه‌های خاصی از افراد مانند زنان، بیماران و سالمندان به دلیل آسیب‌های عضلانی و بافتی شدید مناسب نیست، استفاده از بهترین روش‌های تمرینی با کمترین آسیب احتمالی یکی از مهم‌ترین اصولی است که در ورزش باید مورد توجه قرار بگیرد (۷، ۱۴). فعالیت ورزشی با محدودیت جریان خون می‌تواند منجر به افزایش شارژ درون سلولی کلسیم شود، به واسطه افزایش کلسیم درون سلولی، کلسیم کالمودولین کیناز و کلسی‌نورین فعال می‌شود. فعال‌سازی این دو آنزیم وابسته به کلسیم می‌تواند باعث فسفوریله کردن $AMPK^1$ و به دنبال آن فعال‌سازی سیگنالینگ PGC- $1\alpha/FNDC5$ و در نهایت افزایش ترشح آیریزین از عضله اسکلتی شود (۴، ۱۵).

بر این اساس، مطالعات نشان می‌دهد چنانچه یک برنامه تمرینی همراه با محدودیت جریان خون انجام شود، فشار کمتری به مفاصل و لیگامنت‌ها وارد شده و منجر به بروز آسیب کمتری خواهد شد، این تمرینات با شدت پایین و تحت شرایط محدودیت جریان خون، علاوه بر بهبود قدرت و هایپرتروفی عضلانی (از طریق کاهش جریان خون و متعاقب آن افزایش فشار متابولیک، افزایش به‌کارگیری تارهای تند انقباض با شدت کم و افزایش هورمون رشد)، افزایش میزان ترشح هورمون رشد، افزایش لیپولیز و استخوان‌سازی و در نتیجه، کاهش چاقی و بیماری‌های دستگاه اسکلتی را به همراه داشته باشد (۱۶، ۱۷). از طرفی، کوردیوا و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود گزارش کردند که آیریزین در گردش، با پتانسیل تغییر فنوتیپ عضلانی با توده عضلانی و قدرت ارتباط مثبت و با قندخون ناشتا ارتباط معکوس و منفی دارد (۱۸). با این حال، مطالعات بیشتری مورد نیاز است تا اثرات ناشناخته این شیوه تمرینی مورد بررسی قرار گیرد. از این رو، مطالعه حاضر با هدف مقایسه اثرات ۶ هفته تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با

دو شدت متغیر بر قدرت و سطوح سرمی آیریزین در زنان دارای اضافه‌وزن انجام شد.

روش کار

این پژوهش از نوع کاربردی و به روش نیمه‌تجربی با دو گروه تمرینی و یک گروه کنترل با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری این پژوهش زنان جوان (دامنه سنی ۳۰-۲۰ سال) دارای اضافه وزن (شاخص توده‌بدنی ۲۹/۹-۲۵ کیلوگرم بر مجذور قد و درصد چربی ۳۵-۲۵/۵٪ از وزن بدن) دانشگاه فردوسی مشهد تشکیل می‌دادند که مطابق با معیارهای ورود و به صورت هدفمند انتخاب شدند. به شکلی که در سطح دانشگاه و خوابگاه‌های دانشجویی فراخوان اعلام و نصب شد، افراد متقاضی واجد شرایط ثبت‌نام شدند و زنانی که جوان و دارای اضافه‌وزن (بدون بیماری یا مصرف دارو، غیرسیگاری، بدون سابقه تمرین در ۶ ماه گذشته و در دامنه شاخص توده بدنی ذکر شده) بودند، به‌طور تصادفی (تصادفی‌سازی ساده و از طریق کارت) در سه گروه، تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه (۱۵ نفر)، تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ از یک تکرار بیشینه (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۲ نفر) تقسیم شدند. حجم نمونه با توجه به مطالعه مشابه و با در نظر گرفتن $\alpha=0/05$ و $\beta=0/2$ ، ۱۵ نفر در هر گروه برآورد شد (۲۰). ۳ نفر از نمونه‌های گروه کنترل از مطالعه خارج شدند. تمرینات ورزشی در آبان و آذر ماه سال ۱۳۹۸ و در سالن ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. ۳ مربی (همگی دانشجویان کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش و دارای کارت مربی‌گری آمادگی جسمانی و بدن‌سازی از هیأت‌های مربوطه در اداره ورزش و جوانان بودند). مربی‌ها به‌صورت متقاطع با هر دو گروه کار کردند تا اثرگذاری نقش مربی به حداقل برسد. مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه تأیید شد و از تمام شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه شرکت در مطالعه گرفته شد.

برای به حداقل رساندن اثر رژیم غذایی بر نتایج، ۳ روز پیش از آزمون اول با استفاده از پرسشنامه، رژیم غذایی شرکت‌کنندگان ثبت شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد

¹ AMP-activated protein kinase

هفته (هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۶۰-۵۰ دقیقه) انجام شد.

برنامه تمرین در هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، برنامه اصلی تمرین و ۵ دقیقه سرد کردن بود. گرم کردن شامل ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل با سرعت ۸-۶ کیلومتر بر ساعت و ۵ دقیقه انجام حرکات جنبشی بود. برنامه اصلی تمرین شامل سه حرکت برای اندام تحتانی: اسکوات، پشت ران، جلو ران و دو حرکت برای اندام فوقانی جلو بازو و پشت بازو بود. استراحت بین ست‌ها ۹۰-۶۰ ثانیه و بین ایستگاه‌ها ۳-۲ دقیقه بود. برای رعایت اصل اضافه‌بار هر دو هفته ۵٪ از یک تکرار بیشینه به فشار تمرین اضافه می‌شد. شدت برای دو گروه به ترتیب ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه و برای گروه دوم ۵۰-۴۰٪ از یک تکرار بیشینه و ۳ ست تا سر حد خستگی انجام شد.

برای ایجاد محدودیت جریان خون باندهای ارتجاعی (با عرض ۵۰ میلی‌متری) به روشی که توسط لئونگ و همکاران (۲۰۱۰) توصیف شده بود، به‌کار برده شد (۱۹). به‌طور خلاصه، ابتدا شرکت‌کنندگان با مقیاس درک فشار ۱۰-۰ آشنا شدند: فشار صفر به معنای عدم فشار، فشار ۷ از ۱۰ به معنای فشار متوسط بدون درد و فشار ۱۰ از ۱۰ به معنای فشار شدید همراه با درد، سپس به‌طور عملی این روند برای هر یک از شرکت‌کنندگان اجرا شد. باند روی بخش فوقانی پا و دست بسته می‌شد. فشار درک شده ۷ از ۱۰ به عنوان میزان فشار باند ارتجاعی در کل تمرینات در نظر گرفته شد. قبل از انجام حرکات این روند بستن باند توسط یک نفر انجام می‌شد. بعد از پایان آن به سرعت باند باز می‌شد. سرد کردن شامل ۵ دقیقه حرکات کششی بود. آخرین مرحله انجام تست‌های تن‌سنجی و قدرت و خونگیری ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی صورت گرفت.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماري SPSS (نسخه ۲۳) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیروویلیک تعیین شد و سپس از آزمون لون برای تعیین یکسان بودن واریانس استفاده شد. برای مقایسه داده‌های قبل و بعد از دوره پژوهش از

رژیم غذایی ۳ روز قبل از پیش‌آزمون را برای پس‌آزمون نیز رعایت کردند. نمونه‌گیری خونی توسط کارشناس علوم آزمایشگاهی در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد طی ۲ مرحله انجام شد. اولین مرحله نمونه‌گیری خونی ۲ روز پیش از شروع پروتکل تمرینی و بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی و دومین مرحله ۴۸ ساعت پس از انجام آخرین جلسه تمرینی انجام شد. درصد چربی با استفاده از دستگاه آنالیز ترکیب بدن با مارک *inbody 720* ساخت کشور کره جنوبی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قدرت در آزمایشگاه با استفاده از نیروسنج (دینامومتر) انجام شد. دینامومتر دستی جامار برای سنجش قدرت دست استفاده شد و دستگیره‌ای قابل تنظیم با توجه به اندازه دست دارد. فرد در حالت ایستاده قرار می‌گیرد، بازو در حالت عمود و ساعد می‌تواند ۹۰ یا ۱۸۰ درجه باشد، با اعمال نیرو به نیروسنج، فنرها فشرده شده و عقربه‌های نشانگر را تا مقدار معینی حرکت می‌دهند. برای سنجش قدرت پا زاویه زانو حدود ۱۴۰-۱۳۰ خم شده و تنه در وضعیت قائم قرار می‌گیرد، طول زنجیر طوری تنظیم می‌شود که دسته در محدوده ران قرار گرفته و فرد با چرخش داخلی دست آن را می‌گیرد و بدون استفاده از حرکت پشت به آهستگی و با نیروی بیشینه زانوها را صاف می‌کند و پس از ثبات عقربه نشانگر، نیروی بیشینه ثبت شد. سطح سرمی آیریزین به‌روش الیزا و به کمک کیت انسانی آیریزین شرکت کازابو ژاپن اندازه‌گیری شد.

برنامه تمرینی مورد نظر در این تحقیق شامل دو برنامه تمرینی مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با دو شدت متغیر بود. آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در گروه تمرینی با شدت ۳۰-۲۰٪ و یا ۵۰-۴۰٪ از یک تکرار بیشینه و گروه کنترل تقسیم شدند. یک هفته قبل از شروع تمرینات ۳ جلسه تمرین برای آشنایی با شیوه تمرین و تعیین یک تکرار بیشینه در حرکت اسکوات، جلو ران، پشت ران، جلو بازو و پشت بازو براساس فرمول اختصاص یافت و سپس شرکت‌کنندگان در ۶ هفته بعدی به پروتکل تمرین که شامل گرم کردن، بدنه اصلی تمرین و سردن کردن بود، پرداختند. تمرینات به‌مدت ۶

آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. میزان p کمتر از $0/05$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

شرکت‌کنندگان مطالعه شامل ۴۲ زن دارای اضافه‌وزن ساکن شهر مشهد بودند. شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی در سه گروه تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان

خون با شدت ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه، تمرینات مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ و گروه کنترل تقسیم شدند. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌های مطالعه حاضر شامل تعداد، سن، قد و وزن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های ترکیب بدنی شرکت‌کنندگان تحقیق در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	گروه	تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ از قدرت بیشینه		تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ از قدرت بیشینه		کنترل	همگنی واریانس سه گروه
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
تعداد (نفر)		۱۵	۱۵	۱۲			
سن (سال)		۲۷/۴۱±۵/۱۷	۲۳/۹۲±۴/۵۳	۲۷/۴۱±۲/۲۷			
قد (سانتی‌متر)		۱۶۳/۵۰±۵/۲۶	۱۶۳/۷۱±۴/۵۹	۱۶۳/۵۸±۶/۳۷			
وزن (کیلوگرم)		۷۳/۹۴±۸/۸۲	۷۶/۵۰±۹/۹۵	۷۱/۴۸±۷/۱۰			
BMI (کیلوگرم بر مترمربع)		۲۷/۶۴±۲/۹۶	۲۸/۸۹±۳/۵۵	۲۶/۷۳±۲/۴۷			
دور کمر (سانتی‌متر)		۰/۹±۰/۰۴	۰/۹۰±۰/۰۵	۰/۸۸±۰/۰۳			
درصد چربی (%)		۴۰/۰۰±۵/۸۳	۴۱/۷۹±۴/۲۱	۳۹/۰۳±۴/۰۶			

جدول ۲- نتایج آزمون تجزیه و تحلیل کوواریانس یک‌طرفه مربوط به آیریزین سرمی، قدرت دست و پا و درصد چربی بدن

متغیر	گروه	تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ از قدرت بیشینه		تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۵۰-۴۰٪ از قدرت بیشینه		کنترل	مقدار F و معنی‌داری
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
آیریزین (نانوگرم بر میلی‌لیتر)		۴/۵۴±۱/۳۱	۴/۴۹±۱/۲۸	۴/۱۵±۱/۰۶	۴/۱۹±۱/۱۷	۴/۴۳±۱/۱۴	۰/۹۱
سطح معنی‌داری		۰/۷۶	۰/۶۱	۰/۳۳			
قدرت دست (کیلوگرم)		۲۰/۱۳±۶/۴۲	۲۳/۶۴±۵/۱۱	۱۸/۸۱±۵/۵۹	۲۳/۵۹±۶/۰۵	۱۸/۳۱±۵/۲۲	۰/۰۰۱
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۹۶			
قدرت پا (کیلوگرم)		۳۴/۸۵±۱۵/۶۹	۵۲/۹۲±۱۹/۳۸	۴۹/۰۸±۲۸/۵۰	۶۸/۰۰±۲۱/۸۴	۳۲/۷۵±۱۵/۳۶	۰/۰۰۱
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۸۹			
درصد چربی بدن (%)		۴۰/۰۰±۵/۸۳	۳۹/۲۳±۶/۰۷	۴۱/۷۹±۴/۲۱	۴۰/۵۸±۴/۰۸	۳۹/۰۳±۴/۰۶	۰/۱۱
سطح معنی‌داری		۰/۰۰۷	۰/۰۵۷	۰/۶۱			

با توجه به نتایج جدول ۲، تفاوت معنی‌داری در سطوح سرمی آیریزین پس از تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰-۲۰٪ و ۴۰-۵۰٪ از یک تکرار بیشینه مشاهده نگردید (به ترتیب، $p=0/61$ ، $p=0/76$). تغییرات آیریزین سرمی در گروه کنترل نیز معنی‌دار نبود ($p=0/33$). همچنین شش هفته تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با هر دو شدت مورد مطالعه منجر به افزایش معنی‌دار قدرت دست نسبت به گروه

کنترل شدند (با شدت ۵۰-۴۰٪، $p=0/001$ ؛ با شدت ۳۰-۲۰٪، $p=0/002$). با این حال، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرینی وجود نداشت ($p=0/96$). افزایش معنی‌دار قدرت پا نیز نسبت به گروه کنترل مشاهده شد (با شدت ۵۰-۴۰٪، $p=0/001$ ؛ با شدت ۳۰-۲۰٪، $p=0/003$). با این حال، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرینی وجود نداشت ($p=0/99$).

در نهایت شش هفته تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون با هر دو شدت مورد مطالعه منجر به تغییر معنی‌دار درصد چربی نسبت به گروه کنترل نشد ($p=0/29$, $p=0/11$). با این حال، تفاوت معنی‌داری در پیش و پس‌آزمون گروه تمرین با ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه مشاهده شد ($p=0/07$).

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات ۶ هفته تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با دو شدت متغیر بر فاکتورهای عملکردی و سطوح سرمی آیریزین در زنان دارای اضافه‌وزن انجام شد. براساس نتایج آزمون که به‌منظور بررسی اثر ۶ هفته تمرینات مقاومتی بر سطوح سرمی آیریزین انجام شد، هیچ یک از تمرینات اثر معنی‌داری بر سطوح سرمی آیریزین در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون نداشتند. همچنین، تغییرات آیریزین سرمی در گروه کنترل نیز معنی‌دار نبود. در بررسی مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر سطوح آیریزین سرم، مطالعاتی که تأثیرات حاد فعالیت بدنی را مورد ارزیابی قرار داده بودند، افزایش مقدار آیریزین در اثر فعالیت بدنی را تأیید کرده‌اند، ولی تحقیقاتی که تأثیرات مزمن فعالیت بدنی بر آیریزین را مورد ارزیابی قرار داده‌اند، نتایج متناقضی را گزارش کرده‌اند (۲۰، ۲۱). برخی افزایش سطوح آیریزین سرم را در اثر فعالیت بدنی تأیید کرده‌اند و برخی تغییر در سطوح آن مشاهده نکردند، و گاهی در برخی موارد کاهش مقدار آیریزین در اثر فعالیت بدنی نیز مشاهده شده است (۶، ۲۳-۲۱). مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که فعالیت ورزشی باعث افزایش ترشح آیریزین می‌گردد و میزان ترشح آن تحت تأثیر عواملی مانند شدت، مدت و نوع فعالیت ورزشی قرار می‌گیرد (۵، ۹). مطالعات انجام شده بر روی انسان‌ها نشان می‌دهد که غلظت آیریزین در طول فعالیت ورزشی و بلافاصله پس از آن افزایش می‌یابد (۱۰، ۲۴). پیکالا و همکاران (۲۰۱۳) عدم تغییر غلظت آیریزین پس از فعالیت ورزشی استقامتی در مردان میانسال را گزارش کردند (۶). هو و همکاران (۲۰۱۲) به دنبال یک جلسه و یک دوره تمرین شدید در ۱۵ مرد جوان سالم، تغییرات سطح سرمی آیریزین را

بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که یک جلسه دویدن سنگین باعث افزایش میزان آیریزین می‌شود، درحالی‌که مدت زمان هشت هفته آموزش سطح آیریزین را تغییر نمی‌دهد. یک آستانه فعالیت که می‌تواند تأثیر فزاینده‌ای روی سطح آیریزین داشته باشد مهم است و نشان داده شده است که در افزایش میزان آیریزین مؤثرتر از فعالیت با شدت کم است (۲۰). در مطالعه پیکالا و همکاران (۲۰۱۳) که اثر پروتکل‌های مختلف ورزشی از قبیل تمرین هوازی با شدت کم، تمرین مقاومتی با شدت بالا و تمرین استقامتی طولانی‌مدت در افزایش آیریزین مورد بررسی قرار گرفت، افزایش در بیان آیریزین از عضله اسکلتی فقط در ورزش حاد با شدت بالا مشاهده شد (۶). در مطالعه خدادادی و همکاران (۲۰۱۴) که اثر فعالیت ورزشی شدید و پیلاتس بر سطح آیریزین سرمی و مقاومت به انسولین زنان دارای اضافه‌وزن بررسی شد، آزمودنی‌های گروه اول یک وهله ۳۰ ثانیه‌ای شامل ۱۵ ثانیه دویدن با ۱۲۰٪ بیشینه سرعت هوازی و ۱۵ ثانیه استراحت انجام دادند. گروه دوم تنها یک جلسه تمرین پیلاتس را انجام دادند و نتایج مطالعه آنها نشان‌دهنده افزایش سطح آیریزین در زنان اضافه وزن بود (۲۱). کاباک و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی پاسخ آیریزین را به تمرین حاد تناوبی شدید در ۱۰ مرد بوکسور حرفه‌ای و ۱۰ مرد غیرفعال بررسی کردند و پروتکل آنها شامل تست وینگیت بود. نتایج آنها نشان داد هنگام استراحت سطح آیریزین در گروه بوکسور بالاتر از گروه غیرفعال بود و تمرین حاد تناوبی شدید موجب کاهش میزان آیریزین در هر دو گروه شد (۲۳). وجود تحقیقات متناقض زیاد در مورد تأثیر ورزش بر آیریزین سرمی سال‌هاست نتیجه‌گیری در این زمینه را با مشکلاتی مواجه کرده است. در مطالعات اخیر که بر روی نمونه حیوانی انجام شده است، مشاهده شد که آیریزین فقط یک مایوکاین نیست، بلکه می‌تواند به‌عنوان یک ادیوکاین نیز از بافت چربی زیرپوستی ترشح شود (در انسان تقریباً ۱۵٪ آیریزین ترشح شده از بافت چربی است) که عوامل زیادی همچون سطح گلوکز خون، میزان ذخایر سلول‌های چربی در بدن و سن می‌تواند میزان ترشح آن را در این بافت تغییر دهد. بنابراین،

احتمالاً تناقض‌های موجود در مطالعات به تفاوت شرایط شرکت‌کنندگان در پژوهش‌های مختلف می‌باشد (۲۶). نکته‌ای دیگر که در تحقیقات انجام شده در این زمینه کمتر به آن توجه شده است و می‌تواند دلیل این تفاوت‌ها باشد، عدم توجه به این موضوع است که آیریزین بعد از ترشح از عضلات به گردش خون وارد می‌شود؛ همزمان با این ترشح، گیرنده‌های آن در سطح سلول‌های مختلف فعال و با مصرف این مایوکاین باعث ایجاد تغییرات مورد نظر در آن بافت می‌شود. مطالعاتی که این موضوع را بررسی کرده باشد، وجود ندارد، زیرا آیریزین نیز گردشی مانند دیگر پپتیدها همچون انسولین دارد. می‌توان گفت که اندازه‌گیری سطوح سرمی این مایوکاین می‌تواند گمراه‌کننده باشد، زیرا میزان مصرف این مایوکاین را اندازه‌گیری نمی‌کند. در نتیجه نمی‌تواند نماینده خوبی از میزان ترشح آن نیز باشد. توصیه می‌شود در پژوهش‌های آینده سطوح آیریزین سرمی به‌عنوان تنها ملاک برتری یک نوع فعالیت ورزشی قرار نگرفته و تأثیرات آیریزین بر بافت‌ها بیشتر مدنظر قرار گیرد (۲۷).

در این مطالعه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با هر دو شدت منجر به افزایش معنی‌دار در قدرت دست و پا در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون شد. تمرین مقاومتی با شدت بالا اثرات چشمگیری بر افزایش قدرت و حجم عضلانی دارد. براساس پیشنهاد کالج آمریکایی طب ورزشی، برای افزایش حجم و قدرت باید تمرین با حداقل ۷۰٪ یک تکرار بیشینه فرد انجام شود تا افزایش حجم و قدرت مشاهده شود. تمرین با شدت‌های کمتر از این مقدار به ندرت باعث افزایش حجم و قدرت عضلانی می‌شود. اما مشاهده شده است که تمرین مقاومتی با شدت‌های کم (۲۰-۵۰٪) نیز چنانچه همراه با محدودیت جریان خون باشد، باعث افزایش حجم و قدرت عضلانی می‌شود. در مطالعه لئونک و همکاران (۲۰۰۹) نشان داده شد که تمرین با شدت ۲۰٪ یک تکرار بیشینه وقتی با محدودیت ملایم جریان خون عروق همراه باشد، می‌تواند هایپرتروفی عضله را به‌همراه داشته باشد (۲۸). تمرین با محدودیت جریان خون

(BFR^۱) با شدت کم می‌تواند برای ورزشکاران و همچنین افراد بیمار که در دوره بعد از توان‌بخشی هستند، در مورد صدمات لیگامنت قدامی متقاطع (ACL^۲) و توان‌بخشی بیماران قلبی و افراد سالمند مفید باشد. به‌نظر می‌رسد تجمع متابولیت‌ها اولین مکانیسم مرتبط با فواید دیده شده از تمرین با محدودیت جریان خون باشد. انباشت لاکتات خون و لاکتات سلول عضله که به‌دلیل محدودیت جریان خون ایجاد می‌شود، با افزایش هورمون رشد (GH) همراه است. گفته می‌شود محیط اسیدی درون سلولی ترشح GH را تحریک می‌کند. شواهد خاطر نشان می‌کند که PH پایین فعالیت عصب حسی را از طریق گیرنده شیمیایی تحریک می‌کند که توسط گیرنده‌های متابولیکی همه تارهای آوران III و IV میانجی‌گری می‌شود. محدودیت در جریان خون می‌تواند با استفاده از کاتسو و یا به‌طور عملی‌تر با استفاده از نوارهای الاستیکی انجام شود. فشار می‌تواند نسبتاً کم باشد؛ چراکه این فشار محرک مناسب برای محدودیت خون سیاهرگی می‌باشد و باعث ایجاد یک استخر خون در رگ‌های پر ظرفیت شده که در نهایت باعث محدودیت جریان خون شریانی می‌شود و توصیه رایج تمرین با شدت کم، یک شدت ۲۰-۵۰٪ یک تکرار بیشینه همراه با آهنگ ۲ ثانیه هم برای اعمال اکسنتریک و هم کانسنتریک می‌باشد. برای تضمین این‌که تغییرات متابولیکی در حد بالا به‌وجود آید، ۳-۵ ست از هر تمرین باید تا خستگی ارادی به‌طور کامل انجام شود (۳۱).

بهبود ترکیب بدن پس از فعالیت ورزشی امری ثابت شده است. این موضوع حتی در زنان دیابتی نوع دو نیز نشان داده شده است (۲۹، ۳۰). در مجموع یافته‌های بوستروم و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که در اثر تمرین‌های استقامتی دویدن و شنا، بیان UCP1 بافت چربی سفید افزایش می‌یابد که سبب تبدیل این بافت به بافت چربی قهوه‌ای و در نهایت افزایش گرمایی و سرنجام کاهش وزن می‌گردد. (۲۷). به‌نظر می‌رسد، آیریزین با القاء قهوه‌ای نمودن بافت چربی سفید از

¹ Blood Flow Restriction

² Anterior Cruciate Ligament

معناداری بر قدرت دست و پا داشت، اما بر سطوح سرمی آیریزین تأثیر معنی‌داری نداشت. همچنین، منجر به کاهش معنی‌دار درصد چربی در گروه با شدت ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون شد. پیشنهاد می‌شود زنان جوان دارای اضافه وزن اگر از روش تمرینی با محدودیت جریان خون استفاده می‌کنند، از شدت ۳۰-۲۰٪ از یک تکرار بیشینه بهره ببرند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی شرکت‌کنندگان در مطالعه و همچنین از معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه فردوسی مشهد تشکر و قدردانی می‌گردد.

طریق مسیره‌های MAPK p38 (پروتئین کیناز فعال شده با میتوزن) و ERK در متابولیسم انرژی و کاهش وزن دخالت دارد (۳۲، ۳۳). مطالعات دیگر نشان می‌دهد که ممکن است آیریزین، قهوه‌ای شدن را از طریق یک مسیر فاکتور نوتروفیک (BDNF)^۱ القاء نماید (۳۲). ولی با توجه به اینکه در این پژوهش، بیوپسی بافت عضلانی انجام نشده است؛ ممکن است تبدیل بافت چربی سفید به بافت چربی قهوه‌ای اتفاق افتاده باشد ولی تغییری در آیریزین در گردش رخ ندهد و ارتباط معنی‌داری بین تغییرات آیریزین و تغییرات درصد چربی نیز وجود نداشت.

نتیجه‌گیری

شش هفته تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با دو شدت متغیر در زنان دارای اضافه‌وزن تأثیر

منابع

1. Van Gaal LF, Mertens IL, Christophe E. Mechanisms linking obesity with cardiovascular disease. *Nature* 2006; 444(7121):875-80.
2. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. World Health Organization; 2000.
3. Malekzadeh R, Mohamadnejad M, Merat S, Pourshams A, Etemadi A. Obesity pandemic: an Iranian perspective. *Archives of Iranian Medicine* 2005; 8(1):1-7.
4. Spiegelman BM, Korszmeier SJ. Irisin and the therapeutic benefits of exercise. In *BMC proceedings* 2012; 6(3):1-1.
5. Choi YK, Kim MK, Bae KH, Seo HA, Jeong JY, Lee WK, et al. Serum irisin levels in new-onset type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 2013; 100(1):96-101.
6. Pekkala S, Wiklund PK, Hulmi JJ, Ahtiainen JP, Horttanainen M, Pöllänen E, et al. Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health? *J Physiol* 2013; 591(21):5393-400.
7. Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr* 2004; 79(5):913S-920S.
8. Pitsavos C, Panagiotakos DB, Tambalis KD, Chrysohoou C, Sidossis LS, Skoumas J, et al. Resistance exercise plus to aerobic activities is associated with better lipids' profile among healthy individuals: the ATTICA study. *QJM: An International Journal of Medicine* 2009; 102(9):609-16.
9. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. *Circulation* 2004; 110(18):2858-63.
10. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86(4):308-14.
11. Pinto A, Di Raimondo D, Tuttolomondo A, Buttà C, Milio G, Licata G. Effects of physical exercise on inflammatory markers of atherosclerosis. *Curr Pharm Des* 2012; 18(28):4326-49.
12. Dunstan D. Diabetes: exercise and T2DM-move muscles more often! *Nat Rev Endocrinol* 2011; 7(4):189-90.
13. Seale P, Conroe HM, Estall J, Kajimura S, Frontini A, Ishibashi J, et al. Prdm16 determines the thermogenic program of subcutaneous white adipose tissue in mice. *J Clin Invest* 2011; 121(1):96-105.
14. van Marken Lichtenbelt WD, Vanhomerig JW, Smulders NM, Drossaerts JM, Kemerink GJ, Bouvy ND, et al. Cold-activated brown adipose tissue in healthy men. *N Engl J Med* 2009; 360(15):1500-8.

¹ Brain-derived neurotrophic factor

15. Aydin S, Aydin S, Kuloglu T, Yilmaz M, Kalayci M, Sahin I, et al. Alterations of irisin concentrations in saliva and serum of obese and normal-weight subjects, before and after 45 min of a Turkish bath or running. *Peptides* 2013; 50:13-8.
16. Reisi J, Rajabi H, Ghaedi K, Marandi SM, Dehkhoda MR. Effect of Acute Resistance Training on Plasma Irisin Protein Level and Expression of Muscle FNDC5 and Adipose Tissue UCP1 Genes in Male Rats. *Journal of Isfahan Medical School* 2013; 31(256).
17. Tsuchiya Y, Ando D, Goto K, Kiuchi M, Yamakita M, Koyama K. High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *Tohoku J Exp Med* 2014; 233(2):135-40.
18. Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L, et al. Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: in vivo and in vitro studies. *J Physiol* 2014; 592(5):1091-107.
19. Loenneke J, Wilson G, Wilson J. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*. 2010;31 (01) :1-4.
20. Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE, et al. FNDC5 and irisin in humans: I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise. *Metabolism* 2012; 61(12):1725-38.
21. Khodadadi H, Rajabi H, Seyyed Reza Attarzadeh SR, Abbasian S. The effect of high intensity interval training (HIIT) and pilates on levels of irisin and insulin resistance in overweight women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2014; 16(3):190-6.
22. Sumide T, Sakuraba K, Sawaki K, Ohmura H, Tamura Y. Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *J Sci Med Sport* 2009; 12(1):107-12.
23. Kabak B, Belviranli M, Okudan N. Irisin and myostatin responses to acute high-intensity interval exercise in humans. *Horm Mol Biol Clin Investig* 2018; 35(3).
24. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol* (1985) 2006; 101(6):1616-22.
25. Khajehlandi M, Janbozorgi M. Effect of one session of resistance training with and without blood flow restriction on serum levels of creatine kinase and lactate dehydrogenase in female athletes. *Journal of Clinical and Basic Research* 2018; 2(2):5-10.
26. Madarame H, Sasaki K, Ishii N. Endocrine responses to upper- and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. *Acta Physiol Hung* 2010; 97(2):192-200.
27. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature* 2012; 481(7382):463-8.
28. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*. 2009;31 (3) :77-84
29. Esmaeili M, Bijeh N, Ghahremani Moghadam M. Effect of combined aerobic and resistance training on aerobic fitness, strength, beta-endorphin, blood glucose level, and insulin resistance in women with type II diabetes mellitus. *Iran J Obstet Gynecol Infertil* 2018; 21(6):34-46.
30. Kari F, Bizheh N, Ghahremani Moghaddam M. Interactive effect of melatonin and combined training on some components of physical fitness and serum levels of malondialdehyde in postmenopausal women with type 2. *Iran J Obstet Gynecol Infertil* 2019; 22(9):25-35.
31. Zhang Y, Li R, Meng Y, Li S, Donelan W, Zhao Y, et al. Irisin stimulates browning of white adipocytes through mitogen-activated protein kinase p38 MAP kinase and ERK MAP kinase signaling. *Diabetes* 2014; 63(2):514-25.
32. Wrann CD, White JP, Salogiannis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, et al. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. *Cell Metab* 2013; 18(5):649-59.
33. Daskalopoulou SS, Cooke AB, Gomez YH, Mutter AF, Filippaios A, Mesfum ET, et al. Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *Eur J Endocrinol* 2014; 171(3):343-52.