اثر تمرین ترکیبی و مکمل یاری بذرکتان بر شاخص های انسولینی و ترکیب بدنی زنان دارای اضافه وزن

دکتر وحید ساری صرّاف[1]، دکتر رامین امیرساسان[1]، فاطمه حلال‌خور[2*]

۱. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۷/۰۸/۰۷

خلاصه

مقدمه: انجام تمرینات ورزشی منظم و استفاده از استراتژی‌های غذایی، همواره از جمله رویکردهای کم‌خطر و سالم برای مقابله و درمان پدیده چاقی و بهبود آن به‌شمار می‌رود. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف تعیین اثر تمرین ترکیبی با مکمل یاری بذر کتان بر شاخص‌های ترکیب بدنی، گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین دختران دارای اضافه وزن انجام شد.

روش‌کار: این مطالعه کارآزمایی بالینی در سال ۱۳۹۶ بر روی ۳۶ زن دارای اضافه وزن در دانشگاه تبریز انجام شد. افراد به‌صورت تصادفی به چهار گروه ۹ نفری: تمرین همراه با مصرف مکمل، تمرین ترکیبی، مکمل یاری بذر کتان و کنترل تقسیم شدند. تمرین ترکیبی شامل تمرینات هوازی با شدت ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره و تمرینات مقاومتی با شدت ۶۰٪ یک تکرار بیشینه بود. افراد هر بسته پودر بذر کتان را یک ساعت قبل از غذا، در سه وعده غذایی و در داخل ۲۵۰ میلی‌گرم آب حل کرده و در طول ۴ هفته دوره تمرین مکمل یاری استفاده کردند. مقادیر انسولین با استفاده از کیت الایزا، میزان گلوکز ناشتا توسط دستگاه اتوآنالایزر و مقاومت به انسولین با روش ارزیابی مدل هومئوستازی (HOMA) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۲) و آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌راهه، آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی انجام شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: در گروه تمرین ترکیبی، نسبت دور کمر به باسن بعد از چهار هفته کاهش معنی‌داری داشت (p=۰/۰۱۵) و مکمل یاری بذر کتان به‌تنهایی باعث کاهش معنی‌دار وزن (p=۰/۰۰۸)، درصد چربی (p=۰/۰۴۱) و نسبت دور کمر به باسن (p=۰/۰۱۵) شد، ضمن اینکه مداخلات نتوانست بر انسولین (p=۰/۵۱۱)، مقاومت انسولینی (p=۰/۵۴۹) و گلوکز خون (p=۰/۶۰۰) تأثیر بگذارد.

نتیجه‌گیری: چهار هفته تمرین ترکیبی و مکمل یاری بذر کتان بر گلوکز و شاخص‌های انسولینی مرتبط و همچنین ترکیب بدن تأثیر خاصی نداشت و استفاده از چنین متغیرهای مستقلی، نیازمند بررسی‌های بیشتری خواهد بود.

کلمات کلیدی: اضافه وزن، بذر کتان، ترکیب بدنی، تمرین، مکمل یاری غذایی

* **نویسنده مسئول مکاتبات:** فاطمه حلال‌خور؛ دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. **تلفن:** ۳۳۳۹۲۵۴-۰۴۱؛ **پست الکترونیک:** fateme.halalkhor@gmail.com

مقدمه

زندگی مدرن و صنعتی، منجر به گسترش چاقی و اضافه وزن در جوامع مختلف شده است (۱). افراد دارای اضافه وزن یا چاق (شاخص توده بدنی بیشتر یا مساوی ۲۵ کیلوگرم بر متر مربع) به‌ویژه دارای چاقی شکمی، در معرض خطر بالای توسعه دیابت نوع دو، پرفشارخونی، سندرم متابولیک و بیماری‌های قلبی - عروقی هستند (۲). بیماری‌های قلبی - عروقی، یکی از شایع‌ترین بیماری‌های مزمن غیرواگیر در سراسر جهان است که با مرگ‌ومیر بیش از ۳/۵ میلیون نفر در کشورهای در حال توسعه از سال ۱۹۹۰ میلادی همراه بوده است. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ میلادی، بیماری‌های قلبی - عروقی، دلیل اصلی مرگ‌ومیر در کشورهای توسعه یافته باشند (۳). افراد چاق همچنین اغلب دچار مقادیر بالای انسولین خون و مقاومت به انسولین هستند. مقاومت به انسولین، کلیدی برای توسعه نشانگان سوخت‌وسازی و دیابت نوع ۲ می‌باشد که عوامل مهمی برای ایجاد خطرات بیماری‌های قلبی - عروقی هستند (۴). از سوی دیگر، برخی تفاوت‌های هورمونی در زنان وجود دارد. برای نمونه سطح بالای استروژن که پس از بلوغ افزایش می‌یابد، باعث افزایش تجمع چربی در بدن آنها به دلیل افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز می‌گردد. این آنزیم به‌عنوان دروازه‌ای برای ذخیره چربی در بافت چربی عمل می‌کند (۵). به همین دلیل اهمیت بررسی موضوع چاقی و ارائه راهکارهایی برای مقابله با آن، بیش از پیش در زنان خودنمایی می‌کند. امروزه نقش ورزش و فعالیت بدنی به‌طور مستقل و یا در کنار سایر درمان‌های دارویی، جهت پیشگیری یا درمان بیماری‌های مرتبط با چاقی و تعادل عوامل متابولیکی و هورمونی مؤثر در بروز آنها، توجه متخصصان علوم تندرستی را به خود معطوف نموده است (۶). فعالیت بدنی منظم نیز به‌عنوان یک رویکرد پیشگیرانه و درمانی می‌تواند ضمن جلوگیری از تجزیهٔ مواد پروتئینی، باعث تنظیم سوخت‌وساز کربوهیدرات و چربی‌های بدن شود (۷). تمرینات استقامتی و مقاومتی به اشکال مختلف تحت عنوان تمرین ترکیبی، به‌عنوان یک روش تمرینی توجه محققان را به خود جلب کرده است (۸). تمرینات ترکیبی توسعه تودهٔ عضله، قدرت و توان را بهتر از انجام تمرین مقاومتی به‌تنهایی فراهم می‌کنند و توسعه توده عضلانی میزان متابولیسم پایه را افزایش می‌دهند (۹). در این زمینه در رابطه با تأثیر تمرین ترکیبی بر کنترل عوامل خطرساز قلبی - عروقی، اختلالات متابولیکی، افزایش شیوع اختلال تحمل گلوکز، دیابت و تأثیر مثبت برنامه تمرین ورزشی منظم بر بهبود و تنظیم وضعیت اندوکرینی، نتایج متناقضی وجود دارد (۱۳-۱۰). در مطالعه سو و همکاران (۲۰۱۱) که تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی و مقاومتی با رژیم غذایی کنترل شده بر روی ۳۱ مرد دارای اضافه وزن بررسی شد، مقاومت به انسولین در هر دو گروه (فعالیت هوازی و مقاومتی) به‌طور معنی‌داری نسبت به گروهی که فقط رژیم غذایی داشتند، پایین‌تر بود (۱۴). در مطالعه امامدوست و همکاران (۲۰۱۴) یک دوره تمرین ترکیبی مقاومتی هوازی بر روی ۳۰ مرد به مدت ۸ هفته باعث کاهش معنی‌دار شاخص توده بدنی و وزن گردید، در حالی که تأثیر معنی‌داری بر روی سطح انسولین آزمودنی‌ها نداشت (۱۵).

مداخله فعالیت‌های بدنی منظم همراه با بهبود رژیم غذایی، مشاوره‌های بهداشتی، دارو درمانی و جراحی، از جمله راه‌هایی است که تا به‌حال برای پیشگیری و درمان چاقی مطرح شده‌اند. در این میان، اگرچه اکثر متخصصان بهداشتی و علوم تندرستی در مورد کنترل رژیم غذایی همراه با فعالیت بدنی به‌عنوان اصولی‌ترین و عملی‌ترین روش کاهش وزن اتفاق نظر دارند؛ اما به‌نظر می‌رسد که هنوز درباره اندازه اثر فعالیت بدنی و رژیم غذایی بر کاهش وزن توافق کلی وجود ندارد (۱۶). همچنین به‌دلیل اهمیت و وسعت اضافه وزن و چاقی و این‌که چنین پدیده‌ای می‌تواند عامل آسیب و بروز بیماری‌های مختلفی گردد، جستجو جهت یافتن داروهایی که بتواند به نحوی این مسئله را کنترل و تعدیل نماید، امری کاملاً ضروری و دارای اهمیت بالا در پژوهش‌ها به‌شمار می‌رود و از آنجایی که این داروها دارای عوارض نامطلوب و جانبی می‌باشند، تحقیقات اخیر استفاده از طب مکمل به خصوص گیاه‌درمانی را به‌عنوان درمان با هزینه کم و حداقل عوارض جانبی معرفی می‌نماید.

گیاه کتان در منطقه وسیعی از آسیا و اروپا می‌روید و در بین دانه‌های روغنی رایج، دانه بذرکتان دارای مناسب‌ترین نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶ می‌باشد؛ به‌طوری‌که روغن آن حاوی ۵۷٪ اسیدهای چرب امگا-۳ و ۱۶٪ اسیدهای چرب امگا-۶ می‌باشد (۱۷). برخورداری رژیم غذایی از اسیدهای چرب امگا-۳ باعث بهبود حساسیت به انسولین و کنترل قندخون می‌شود (۱۸). مطالعات اپیدمیولوژیک گزارش دادند اختلال تحمل گلوکز (پیش دیابت) در جمعیتی که ۱/۲ گرم در روز اسیدهای چرب اشباع نشده امگا-۳ طولانی زنجیر مصرف می‌کنند، شیوع پایین‌تری دارد (۱۸). دانه کتان غنی از پروتئین، چربی و فیبر غذایی است. تجزیه دانه کتان نشان داده که این ماده غذایی دارای ۴۱٪ چربی، ۲۸٪ فیبر خوراکی، ۲۱٪ پروتئین، ۴٪ خاکستر و ۶٪ سایر کربوهیدرات‌ها نظیر شکر، اسیدفنولیک، لیگنان و همی سلولز است. از جمله اسیدهای چرب دانه کتان، آلفالینولنیک اسید یا امگا-۳ است که می‌تواند اثر چشمگیری در پیشگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی و سندرم متابولیک داشته باشد. از این رو برخی مطالعات نشان داده‌اند که پودر کتان همراه با رژیم ساده غذایی، سطح لیپیدهای سرم را به‌صورت معنی‌داری کاهش می‌دهد (۱۹).

امروزه تمرینات ترکیبی، روش مهم و تأثیرگذاری در برنامه‌های ورزشی به‌حساب می‌آیند. با این حال و طبق اطلاعات پژوهشگر، پژوهش‌های اندکی به بررسی اثر تمرینات ترکیبی بر ترکیب بدن و شاخص‌های انسولین و مقاومت انسولینی و گلوکز در زنان دارای اضافه وزن پرداخته‌اند؛ لذا با توجه به اندک بودن مطالعات انسانی و نتایج ناهمسوی آنها، این نیاز ایجاد می‌گردد که تدابیری اندیشیده شود تا تأثیر این تمرینات روشن‌تر گردد و با دانش بیشتری به ورزشکاران و مربیان معرفی شود. از سوی دیگر، با توجه به نتایج پژوهش‌ها در خصوص اثر بذر کتان بر کاهش وزن بدن و برجسته کردن فواید بالقوه آن در پیشگیری یا درمان چاقی و نیز دست‌یابی به منابع و مکمل‌های جدید، طبیعی و ارزان‌قیمت، پژوهش در مورد بذر کتان به‌عنوان یک مکمل در کنار تمرینات ترکیبی مدنظر قرار گرفته است. در بیشتر پژوهش‌های قبلی، اثر بذر کتان به‌تنهایی و بدون فعالیت بدنی مورد مطالعه قرار گرفته و یا از روغن بذر کتان و یا ترکیب بذر کتان با ماده دیگری به‌صورت کپسول یا نان و یا رژیم غذایی استفاده شده است. درحالی‌که در صورت مصرف بذر کتان در کنار اجرای تمرینات ترکیبی، تنظیم مثبت شاخص‌های سلامتی بیشتر صورت گرفته و احتمالاً، نتایج بهتری برای افراد دارای اضافه وزن حاصل می‌شود. بر همین اساس و با توجه به عدم پژوهش هم‌زمان اثر تمرینات ترکیبی و مکمل بذر کتان، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرین ترکیبی همراه با مصرف مکمل بذر کتان بر ترکیب بدن و شاخص‌های گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی زنان جوان دارای اضافه وزن انجام شد.

روش‌کار

این مطالعه تجربی چهار گروهه (سه گروه تجربی و یک گروه کنترل)، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون در سال ۱۳۹۶ بر روی دختران دارای اضافه وزن در دانشگاه تبریز انجام گرفت. مجوز اخلاق این طرح از پژوهشگاه تربیت بدنی اخذ گردید و در مرکز کارآزمایی‌های بالینی ایران ثبت شد. پس از اعلام فراخوان در سطح دانشگاه و پس از بررسی داده‌های مربوط به شرایط شرکت کنندگان، ۳۶ نفر وارد طرح تحقیق شدند. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران و بر اساس اطلاعات اولیه مطالعات قبلی تعیین شد (۲۰). پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شاخص‌های اولیه مانند قد و وزن، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی ساده در چهار گروه همگن ۹ نفره: کنترل، مکمل، تمرین ترکیبی و گروه تمرین ترکیبی + مکمل قرار گرفتند. آزمودنی‌ها با حضور در جلسه هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری توسط پژوهشگر، با تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسش‌نامه‌های سلامتی، فرم ثبت فعالیت روزانه و یاداشت غذایی سه روزه رژیم غذایی وارد برنامه شدند. آزمودنی‌ها با توجه به گروهی که در آن جای گرفتند، مداخله تمرینی یا مکمل خاص خود را دنبال کردند. طی ۴ هفته هر چهار گروه، رژیم معمولی خود (همان غذایی بود که توسط دانشگاه به دانشجویان داده می‌شد) را دریافت کردند. ۴۸ ساعت پس از آخرین

جلسه تمرین، تمامی ارزیابی‌های اولیه تحت همان شرایط اندازه‌گیری گردید. آزمودنی‌ها دامنه سنی ۲۹-۲۰ سال داشته و هیچ‌گونه سابقه بیماری قلبی - عروقی نداشتند و عمل جراحی تا به‌حال روی آنان انجام نگرفته بود. همچنین تمامی آزمودنی‌ها در ۶ ماه گذشته هیچ گونه مکملی دریافت نکرده بودند. تمامی آزمودنی‌ها غیرفعال بوده و به‌طور مرتب فعالیت ورزشی نداشتند. معیارهای خروج آزمودنی‌ها از مطالعه شامل: عدم مصرف مکمل بذر کتان، قطع پروتکل تمرینی و یا مصرف هر نوع مکمل چربی‌سوز دیگر بود. میزان کالری دریافتی روزانه تمامی آزمودنی‌ها در طول مطالعه در دو مرحله (ابتدای تحقیق و پایان هفته چهارم) با استفاده از پرسشنامه یادداشت سه روزه غذایی روزانه اندازه‌گیری شد. میزان انرژی مصرفی روزانه تمامی آزمودنی‌ها در طول مطالعه در دو مرحله (ابتدای تحقیق و پایان هفته چهارم) با استفاده از پرسشنامه ثبت فعالیت روزانه اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش استاندارد یادآمد خوراکی ۲۴ ساعته و پرسشنامه بسامد خوراک (FFQ)[1] برای تعیین میزان درشت‌مغذی‌ها، ریزمغذی‌ها، فیبر، آب مصرفی و در مجموع، میزان کالری مصرفی آزمودنی‌ها توسط کارشناسان آموزش دیده صورت گرفت. سپس با وارد کردن اطلاعات جمع‌آوری شده از پرسشنامه‌ها در نرم‌افزار نوتریشن چهار (NUT IV)[2]، مقدار همه آنها محاسبه شد. به‌منظور برآورد هزینه انرژی از شاخص‌های سن (سال)، وزن (کیلوگرم)، قد (متر)، شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)، ضریب PA[3] و فرم ثبت فعالیت روزانه استفاده شد. فعالیت روزانه آمودنی‌ها (کارهای روزانه و فعالیت‌های ورزشی)، مدت زمان انجام آنها، شدت انجام فعالیت‌های ورزشی به‌صورت مراجعه و مشاهده حضوری جهت محاسبه هزینه انرژی روزانه به مدت ۳ روز (۲ روز وسط هفته و یک روز آخر هفته)، توسط محقق در فرم‌های مخصوص ثبت فعالیت ثبت گردید. درصد چربی بدن، شاخص توده بدن، وزن بدن و میزان متابولیسم پایه با استفاده از دستگاه "تحلیل‌گر ترکیب بدن"[4] مدل X-CONTACT 356 ساخت کمپانی Jawon Medicalکره جنوبی با سه فرکانس ۵، ۵۰ و ۲۵۰ کیلوهرتز اندازه‌گیری شد. نسبت دور کمر به دور باسن (WHR)[5] توسط متر نواری و بدون تحمل هرگونه فشار به بدن فرد و با دقت یک سانتی‌متر با اندازه‌گیری محیط کمر در باریک‌ترین ناحیه بین دنده‌ای تا تاج خاصره و تقسیم آن به اندازه محیط لگن در بزرگ‌ترین قسمت برآمدگی سرینی حاصل شد. قد آزمودنی‌ها با قدسنج با دقت ۰/۰۱ متر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها ۴۸ ساعت قبل و ۴۸ ساعت بعد از پایان فعالیت ورزشی و در حالت ناشتا (۱۲ ساعت) و شرایط یکسان (ساعت ۹ صبح، دمای ۲۸-۲۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰٪) صورت گرفت.

قرارداد ورزشی: تمامی آزمودنی‌ها به مدت ۴ هفته (۴ جلسه دو ساعته در هفته) از روز هشتم دوره ماهانه در تمرین ترکیبی شرکت کردند. تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن با دویدن و حرکات کششی ۴۰-۳۰ دقیقه تمرینات هوازی با شدت ۶۵٪ ضربان قلب ذخیره بود که نوع تمرینات در ۳ جلسه اول تداومی (خیلی آهسته، آهسته و سریع) و ۹ جلسه آخر تناوبی هوازی بود. تمرینات مقاومتی شامل حرکات پرس پا، پرس سینه، پشت پا، جلو بازو، جلو پا با دستگاه، زیر بغل کشش سیم از بالا، دراز و نشست، پارویی با شدت ۶۰٪ یک تکرار بیشینه و ۳-۲ نوبت تمرینی با ۱۰ تکرار و ۹۰ ثانیه استراحت بین نوبت‌ها و ۲ دقیقه استراحت بین حرکات بود و ۱۰ دقیقه سرد کردن در انتهای تمرینات صورت می‌گرفت. تمامی آزمودنی‌ها قبل از اجرای پروتکل ۲ هفته به‌منظور آشنایی با دستگاه‌ها و شیوه درست انجام هر یک از حرکات و تعیین یک تکرار بیشینه در سالن ورزشی حضور یافتند. نحوه افزایش شدت تمرینات مقاومتی بدین‌گونه بود که در هفته اول آماده‌سازی با شدت ۴۰٪ یک تکرار بیشینه و هفتهٔ دوم شدت ۵۰٪ یک تکرار بیشینه و پس از شروع پروتکل اصلی آزمودنی-ها با ۶۰٪ یک تکرار بیشینه به تمرین پرداختند. برای کنترل شدت تمرین هوازی از ضربان قلب (سن - ۲۲۰ =

[1] Food Frequency Questionnaire
[2] Nutrition IV
[3] Physical activity
[4] Inbody
[5] Waist to hip ratio

ضربان قلب بیشینه)، میزان درک تلاش بورگ[1] و مشاهده توسط مربی استفاده شد (۲۳-۲۱).

مکمل‌یاری: بذر کتان مورد استفاده در این مطالعه از شرکت شفا پژوهان سبز در شهر تبریز تهیه و در همانجا آسیاب شد و به‌صورت پودر یا شکسته شده تحویل گردید و با ترازوی دیجیتال (۰/۶۲ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز) در یک بسته که شامل سه قسمت بود، در اختیار شرکت‌کنندگان در مطالعه قرار گرفت. از نمونه‌ها درخواست شد تا هر بسته را یک ساعت قبل از غذا، در سه وعده غذایی و در داخل ۲۵۰ میلی‌گرم آب حل کنند. مقدار بذر کتان مصرفی در این پژوهش و با توجه به نتایج مطالعات قبلی، در دامنه اثرگذاری ۵۰-۳۰ گرم در روز و برابر با ۰/۶۳-۰/۳ گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن بود (۲۴، ۲۵). طی مدت مداخله، روزانه با بیماران تماس تلفنی گرفته شد و ضمن سؤال از بروز عوارض جانبی ناخواسته و احتمالی، به آنان توصیه شد که بسته‌ها را به‌طور مرتب مصرف کنند.

برای تهیه نمونه‌های خون، نمونه‌های خون در دو مرحله (پیش و پس‌آزمون) به‌میزان ۵ میلی‌لیتر با استفاده از سرنگ ۵ میلی‌لیتری، ساخت شرکت آلمانی براون از ورید پیش آرنجی بازوی چپ آزمودنی‌ها گرفته شد. نمونه‌های خونی به‌منظور جداسازی سرم به ویال‌های معمولی بدون ماده ضد انعقاد ریخته شد و با دستگاه سانتریفیوژ سرم تهیه شده و به میکروتیوب انتقال یافت. تمام نمونه‌ها تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های خونی توسط کادر حاضر در آزمایشگاه تحقیقاتی پشمینه جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد. یک هفته قبل از شروع پروتکل تمرینی و بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی، ساعت ۹ صبح، آزمودنی‌ها به آزمایشگاه تربیت بدنی دانشگاه تبریز فراخوانده شدند تا خون‌گیری از آنها برای اندازه‌گیری میزان انسولین و گلوکز و مقاومت به انسولین به‌عمل آید. بعد از ۴ هفته، مجدداً پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، ساعت ۹ صبح خون‌گیری مرحله دوم انجام شد. میزان انسولین سرم ناشتا به روش الایزا از نوع ساندویچی رقابتی با حساسیت ۰/۵ میکروواحد بین‌المللی بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درون‌سنجی و برون‌سنجی ۶/۴۵٪ از شرکت (DRG؛ آلمان) محاسبه شد. میزان گلوکز ناشتا به روش آنزیمی گلوکز اکسید از (کیت شرکت پارس آزمون؛ ایران) و توسط دستگاه اتوآنالایزر مدل ۹۰۲ (Hitachi؛ آلمان) اندازه‌گیری شد. مقاومت به انسولین با روش ارزیابی مدل هومئوستازی (HOMA) و با معادله: (۲۲/۵÷ (گلوکز پلاسما (میلی مول/لیتر) × انسولین پلاسما (میکرویونیا بر میلی‌لیتر) = HOMA محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۲) و روش‌های آمار توصیفی برای رسم شکل و جدول و همچنین برای به‌دست آوردن میانگین و انحراف استاندارد در شاخص‌های مورد نظر انجام شد. جهت بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و پس از اثبات طبیعی بودن آنها برای تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه و آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر با عامل بین‌گروهی و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. میزان p کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی مربوط به متغیرهای تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

[1] Borg

جدول ۱- ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

گروه‌ها / شاخص‌ها		کنترل	مکمل	تمرین ترکیبی	ترکیبی+مکمل
		میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)		۲۴/±۲۰ ۲/۵۶	۲۴/۲۰ ۱±/۵۳	۲۵/۶۶ ۱±/۵۰	۲۲/±۵۸ ۲/۲۲
قد (سانتی‌متر)		۱۶۵/۰۴ ± ۱/۹۰	۱۶۵/۱۱ ± ۲/۹۳	۱۶۲/۳۳ ± ۱/۰۰	۱۶۲/۵۲ ± ۱/۹۳
وزن (کیلوگرم)	قبل	۷۲/۶۴ ± ۴/۰۳	۷۲/۵۴ ± ۵/۹۴	۶۹/۲۸ ± ۲/۹۲	۶۹/۶۳ ± ۳/۰۱
	بعد	۷۳/۲۴ ± ۴/۳۶	۷۱/۶۰ ± ۶/۰۰	۶۸/۷۰ ± ۳/۰۰	۶۸/۸۴ ± ۲/۴۸
درصد چربی	قبل	۳۴/۳۰ ± ۱/۷۴	۳۲/۵۸ ± ۱/۶۳	۳۴/۴۷ ± ۱/۴۴	۳۳/۹۲ ± ۱/۲۷
	بعد	۳۴/۸۸ ± ۱/۳۶	۳۱/۵۵ ± ۱/۶۶	۳۳/۹۱ ± ۱/۷۹	۳۳/۶۱ ± ۱/۶۴
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مجذور متر)	قبل	۲۷/۰۲ ± ۰/۸۵	۲۵/۶۶ ± ۰/۶۴	۲۶/۴۹ ± ۱/۱۷	۲۷/۱۶ ± ۱/۱۰
	بعد	۲۷/۰۳ ± ۱/۰۸	۲۵/۰۵ ± ۰/۴۱	۲۶/۱۹ ± ۱/۲۰	۲۷/۰۲ ± ۱/۰۵
نسبت دورکمر به لگن (WHR)	قبل	۰/۸۱۱ ± ۰/۰۱	۰/۷۹۸ ± ۰/۰۰	۰/۸۰۸ ± ۰/۰۱	۰/۸۰۷ ± ۰/۰۰
	بعد	۰/۸۲۰ ± ۰/۰۱	۰/۷۹۴ ± ۰/۰۰	۰/۸۰۳ ± ۰/۰۱۱	۰/۷۹۹ ± ۰/۰۰
متابولیسم پایه (کیلوکالری)	قبل	۱۳۰۷/۶۰ ± ۳۲/۵۳	۱۳۵۶/۰۸ ± ۳۷/۶۳	۱۲۷۷/۳۰ ± ۲۶/۶۶	۱۲۹۵/۶۶ ± ۲۳/۸۷
	بعد	۱۳۰۸/۴۰ ± ۳۸/۷۸	۱۳۳۹/۰۰ ± ۳۷/۰۴	۱۲۷۵/۳۴ ± ۲۸/۷۱	۱۲۹۲/۴۲ ± ۲۵/۱۹
هزینه انرژی (کیلوکالری)	قبل	۲۰۱۵/۰۰ ± ۵۹/۹۶	۲۰۶۲/۰۰ ± ۵۷/۱۹	۱۹۶۴/۰۱ ± ۴۴/۲۱	۱۹۹۶/۴۱ ± ۴۵/۹۶
	بعد	۲۰۱۳/۸۰ ± ۵۰/۱۰	۲۱۳۵/۴۰ ± ۷۰/۵۴	۱۹۶۷/۰۴ ± ۴۲/۱۲	۱۹۹۵/۴۴ ± ۳۶/۷۹
کالری دریافتی (کیلوکالری)	قبل	۲۲۵۴ ± ۱۲۶	۲۲۸۹ ± ۱۴۰	۲۱۳۲ ± ۱۳۶	۲۲۱۱ ± ۱۱۸
	بعد	۲۲۵۷ ± ۱۷۴	۲۰۹۸ ± ۱۷۸	۱۹۶۸ ± ۱۲۴	۲۰۴۲ ± ۲۰۶

بر اساس نتایج مطالعه، در متغیرهای درصد چربی بدن (p=۰/۰۴۱)، نسبت دور کمر به باسن (WHR) (p=۰/۰۱۵) و وزن بدن (p=۰/۰۰۸) بین مراحل اندازه‌گیری و گروه اثر تعاملی وجود داشت؛ یعنی گروه تمرینی و مرحله اندازه‌گیری (پیش‌آزمون-پس‌آزمون) می‌تواند بر درصد چربی بدن، دور کمر به دور باسن و وزن بدن تأثیرگذار باشد. در مقابل انسولین، مقاومت انسولینی و گلوکز بین مراحل اندازه‌گیری و گروه، اثر تعاملی وجود نداشت (p=۰/۵۱۱، p=۰/۵۴۹، p=۰/۶۰۰)؛ یعنی گروه تمرینی و مرحله اندازه‌گیری (پیش‌آزمون-پس‌آزمون) نمی‌تواند بر انسولین بدن، مقاومت انسولینی و گلوکز تأثیرگذار باشد. تفاوت‌های بین گروهی طی مراحل اندازه‌گیری برای درصد چربی و نسبت دور کمر به دور باسن مشاهده شد (p=۰/۰۰۵، p=۰/۰۰۱)، در حالی که تفاوت‌های بین گروهی طی مراحل اندازه‌گیری برای وزن بدن مشاهده نشد، اما مراحل اندازه‌گیری بر وزن بدن اثر معنی‌داری داشت (p=۰/۰۱۳) (جدول ۲، شکل ۱).

جدول ۲- میانگین پس‌آزمون و تست بین‌گروهی آزمودنی‌ها (آنووا) در متغیرهای گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی در چهار گروه

متغیر	گروه‌ها	میانگین ± انحراف معیار		تحلیل درون گروهی		تحلیل بین گروهی		اثر تعاملی	
		قبل	بعد	F	P	F	P	F	P
گلوکز (میلی‌گرم در دسی لیتر)	کنترل	۷۵/۸۵ ± ۷/۰۴	۷۰/۰۰ ± ۸/۳۶	۱۳/۴۷۶	۰/۰۰۱	۲/۱۹۶	۰/۱۰۸	۰/۶۳۱	۰/۶۰۰
	مکمل	۷۸/۸۳ ± ۴/۰۴	۷۶/۶۶ ± ۵/۷۸						
	تمرین ترکیبی	۷۴/۵۵ ± ۵/۴۱	۷۰/۱۱ ± ۱۰/۱۴						
	ترکیبی+ مکمل	۷۵/۴۲ ± ۶/۴۱	۶۸/۳۲ ± ۵/۲۷						
انسولین (میکروویونیا بر میلی‌لیتر)	کنترل	۹/۰۳ ± ۳/۲۰	۸/۳۰ ± ۳/۵۲	۱/۸۱۵	۰/۱۸۷	۰/۴۳۶	۰/۷۲۹	۰/۷۸۶	۰/۵۱۱
	مکمل	۷/۵۴ ± ۲/۳۵	۹/۴۵ ± ۸/۵۰						
	تمرین ترکیبی	۷/۲۵ ± ۲/۴۱	۸/۰۳ ± ۸/۴۶						
	ترکیبی+ مکمل	۷/۸۳ ± ۱/۱۸	۱۱/۴۲ ± ۲/۴۰						

مقاومت انسولینی (HOMA)	کنترل	۱/۵۶ ± ۰/۷۰	۱/۵۳ ± ۰/۵۵	۳/۲۰۶	۰/۰۸۳	۰/۴۵۲	۰/۷۱۷	۰/۵۴۹
	مکمل	۱/۵۲ ± ۱/۷۸	۱/۴۲ ± ۰/۴۳					
	تمرین ترکیبی	۱/۵۸ ± ۱/۴۷	۱/۲۶ ± ۰/۴۹					
	ترکیبی+ مکمل	۲/۱۳ ± ۰/۵۴	۱/۳۲ ± ۰/۲۴					
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۷۲/۶۴ ± ۴/۰۳	۷۳/۲۴ ± ۴/۳۶	۶/۹۷۰	*۰/۰۱۳	۲/۰۷۰	۰/۱۲۴	۴/۶۸۱	*۰/۰۰۸
	مکمل	۷۲/۵۴ ± ۵/۹۴	۷۱/۶۰ ± ۶/۰۰					
	تمرین ترکیبی	۶۹/۲۸ ± ۲/۹۲	۶۸/۷۰ ± ۳/۰۰					
	ترکیبی+ مکمل	۶۹/۶۳ ± ۳/۰۱	۶۸/۸۴ ± ۲/۴۸					
درصد چربی	کنترل	۳۴/۳۰ ± ۱/۷۴	۳۴/۸۸ ± ۱/۳۶	۲/۹۰۰	۰/۰۹۸	۵/۱۱۵	*۰/۰۰۵	۳/۰۹۷	*۰/۰۴۱
	مکمل	۳۲/۵۸ ± ۱/۶۳	۳۱/۵۵ ± ۱/۶۶					
	تمرین ترکیبی	۳۴/۴۷ ± ۱/۴۴	۳۳/۹۱ ± ۱/۷۹					
	ترکیبی+ مکمل	۳۳/۹۲ ± ۱/۲۷	۳۳/۶۱ ± ۱/۶۴					
نسبت دورکمر به لگن (WHR)	کنترل	۰/۸۱۱ ± ۰/۰۱	۰/۸۲۰ ± ۰/۰۱	۱/۷۱۸	۰/۱۹۹	۷/۴۵۳	*۰/۰۰۱	۴/۰۴۸	*۰/۰۱۵
	مکمل	۰/۷۹۸ ± ۰/۰۰	۰/۷۹۴ ± ۰/۰۰					
	تمرین ترکیبی	۰/۸۰۸ ± ۰/۰۱	۰/۸۰۳ ± ۰/۰۱۱					
	ترکیبی+ مکمل	۰/۸۰۷ ± ۰/۰۰	۰/۷۹۹ ± ۰/۰۰					

میانگین غلظت سرمی گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی پلاسما و ترکیب بدن، قبل و بعد از ۴ هفته تمرینات ترکیبی و مصرف مکمل بذر کتان در جدول ۲ نشان داده شده است. پس از دریافت و جمع‌بندی داده‌ها، کاهش معنی‌داری در درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به باسن و وزن بعد از ۴ هفته تمرین ترکیبی و مکمل یاری بذر کتان مشاهده شد (p=۰/۰۴۱، p=۰/۰۱۵، p=۰/۰۰۸). در تفاوت‌های بین گروهی در گروه مکمل، کاهش معنی‌داری در درصد چربی و نسبت دور کمر به باسن بعد از ۴ هفته مشاهده شد (p=۰/۰۰). در گروه تمرین ترکیبی کاهش معنی‌داری در نسبت دور کمر به باسن بعد از ۴ هفته مشاهده شد (p=۰/۰۰۴). در تفاوت‌های درون گروهی نسبت به پیش‌آزمون در گروه مکمل کاهش معنی‌داری در وزن بدن بعد از ۴ هفته مشاهده شد (p≤۰/۰۵). همچنین بر اساس نتایج مطالعه، ۴ هفته تمرین ترکیبی و مکمل یاری بذر کتان نتوانست تغییر معنی‌داری بر غلظت گلوکز و انسولین و مقاومت انسولینی ایجاد کند (p=۰/۶۰۰، p=۰/۵۱۱، p=۰/۵۴۹).

بحث

در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری در درصد چربی بدن آزمودنی‌ها پس از مداخله تمرینی و تمرینی- مکمل وجود نداشت. ناهمسو با نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه راتل و همکاران (۲۰۱۱)، ۸ هفته تمرین ترکیبی ۱۶ جلسه‌ای بر ترکیب بدنی ۲۴ سالمند تأثیرگذار بود. آنها دلیل کاهش درصد چربی را کاهش وزن بدن توأم با افزایش توده عضلانی عنوان کردند. همچنین آنها گزارش کردند که هزینه انرژی آزمودنی‌ها دو ساعت پس از پایان فعالیت نیز همچنان بالا بود (۲۶).

مطالعات نشان می‌دهد انجام فعالیت ورزشی با ۶۵-۶۰٪ VO_{2max} کمک می‌کند تا حداکثر میزان اکسایش چربی تحقق یابد. این شدت به بخش اعظم مردم این امکان را می‌دهد تا مدت فعالیت ورزشی توصیه شده (برای مثال، حدود ۴۵ دقیقه) را به‌دست آورند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد شدت نه تنها در به حداکثر رساندن انرژی هزینه‌ای تام مؤثر است، بلکه همچنین استفاده از سوبسترای چربی را آسان‌تر می‌کند. ضمن این‌که انجام فعالیت ورزشی شدیدتر با کاهش زیادتر چربی نواحی شکمی ارتباط دارد. این رابطه که از فعالیت ورزشی با شدت بالا استفاده شده است، می‌تواند با این حقیقت توجیه شود که برخلاف چربی ناحیه سرینی، چربی ذخیره در ناحیه شکم به لیپولیز پاسخ بیشتری می‌دهد که وابسته به شدت فعالیت ورزشی می‌باشد. لیپولیز پیامد تأثیر اپی‌نفرین می‌باشد که با افزایش شدت فعالیت ورزشی افزایش می‌یابد (۲۷). در نتیجه در مطالعه حاضر با توجه به این‌که شدت انجام فعالیت ورزشی در دامنه‌ای بود که حداکثر میزان اکسایش چربی در آن تحقق می‌یابد و

همچنین همان‌طور که گفته شد چربی شکمی مستعدتر از چربی نقاط دیگر بدن می‌باشد، می‌توان عدم کاهش معنی‌دار درصد چربی در مطالعه حاضر را به مستعد نبودن نقاط اندازه‌گیری شده چربی در مطالعه حاضر نسبت داد. همسو با مطالعه حاضر در مطالعه آقاعلی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۶) که بر روی ۲۷ دختر نوجوان با میانگین سنی ۱۶/۹۲ سال و میانگین وزن ۶۲/۵۶ کیلوگرم انجام شد، ۴ هفته تمرین ترکیبی باعث کاهش معنی‌دار در درصد چربی بدن و WHR نشد (۲۳).

مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری را در وزن آزمودنی‌ها پس از مداخله تمرینی و تمرین- مکمل نشان نداد. تمرینات مقاومتی، محرک نیرومندی برای افزایش وزن بدون چربی (FFM)[1] به شمار می‌رود که به حفظ وزن خالص بدن کمک می‌کند (۲۷). در نتیجه احتمالاً در مطالعه حاضر دلیل عدم کاهش معنی‌دار وزن بدن افزایش توده عضلانی باشد. همسو با مطالعه حاضر، قوروقچی و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه ۵۰ سر موش صحرایی ماده ۱۳ هفته (میانگین وزن ۵±۱۸۰گرم)، ۸ هفته تمرین را بر کاهش غیرمعنادار وزن مؤثر دانستند (۲۸). ناهمسو با مطالعه حاضر، گلوواسکی و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه ۴۵ مرد با محدوده سنی ۴۰-۱۸ سال، ۶ هفته تمرین ترکیبی را بر کاهش وزن و درصد چربی بدن مؤثر دانستند. استفاده از تمرین ترکیبی با شدت و حجم بالا، بکارگیری و بهبود سیستم انرژی هوازی و افزایش لیپولیز، کاهش توده چربی و افزایش توده خالص بدن، نقش عمده‌ای در کاهش وزن بدن دارد (۲۹).

در مطالعه حاضر ۴ هفته تمرین ترکیبی باعث کاهش معنی‌دار WHR آزمودنی‌ها شد. در رابطه با سازوکار کاهش دور شکم افراد و بهبود ناشی از تمرینات ترکیبی، می‌توان به تأثیر متقابل بخش‌های هوازی و مقاومتی این نوع تمرین اشاره کرد. به‌طور کلی، افزایش توده خالص بدن و لیپولیز چربی به‌ترتیب به تمرین مقاومتی و فعالیت ورزشی هوازی مربوط می‌شود (۹). مداخلاتی مانند فعالیت ورزشی با نسبت ثابتی موجب کاهش چربی احشایی خواهد شد؛ به‌طوری‌که نشان داده شده است پاسخ کاهشی چربی احشایی به فعالیت ورزشی سریع‌تر از چربی کل بدن است و کاهش وزنی معادل ۱۰٪، موجب کاهش ۳۵٪ از چربی احشایی می‌شود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت هر کاهش وزن باعث کاهش چربی احشایی و در نتیجه کاهش دور شکم خواهد شد که در نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داده شد (۳۰). همسو با مطالعه حاضر، مدیروس و همکارن (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای که بر روی ۲۵ نفر انجام دادند، بعد از ۲۶ جلسه تمرین ترکیبی کاهش معنی‌داری را در وزن، WHR و شاخص توده بدنی گزارش کردند. همچنین در این مطالعه افزایش معنی‌داری در توده خالص بدن (FFM) گزارش شد (۳۰). نتایج مطالعه حاضر با نتایج برخی محققان همخوانی نداشت برای مثال گارسیا و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه متاآنالیز بر روی ۳۶۵ زن و مرد دارای اضافه وزن و چاق، تأثیر ۲۴-۸ هفته تمرین ترکیبی (استقامتی قدرتی) را بررسی و کاهش معنی‌داری را در وزن، درصد چربی و شاخص توده بدنی گزارش کردند. در این مطالعه هیچ تغییر معنی‌داری در اندازه دور کمر و توده بدون چربی مشاهده نشد (۳۱). گمان می‌رود تفاوت در شدت مطالعات، دلیل ناهمسو بودن با مطالعه حاضر باشد.

در مطالعه حاضر هیچ تغییر معنی‌داری در میزان انسولین، گلوکز و مقاومت انسولینی مشاهده نشد. به احتمال زیاد چون غلظت این شاخص‌ها در محدوده نرمال قرار داشت، تغییرات معنی‌دار نشد. انسولین به‌عنوان یک هورمون آنابولیکی، بیشتر باعث افزایش فرآیند آنابولیک می‌شود. این هورمون فعالیت ضد لیپولیزی قوی دارد و در ذخیره شدن لیپیدها مؤثر است. ذخیره شدن چربی از راه فعال شدن پروتئین کیناز بی (Akt) محقق می‌شود، در مرحله بعدی فسفودی استراز (PDE-3) یعنی آنزیمی که cAMP را به AMP تبدیل می‌کند، فعال می‌شود. کاهش cAMP در بافت آدیپوز نیز از فعال شدن لیپاز حساس به هورمون (HSL) جلوگیری می‌کند و باعث مهار لیپولیز می‌شود. به‌علاوه، فعالیت ورزشی از طریق کاهش انسولین، باعث افزایش لیپولیز می‌گردد. مطالعه حاضر که با هدف بررسی اثر توأم ۴ هفته تمرین ترکیبی و مکمل یاری بذر

[1] Fat Free Mass

کتان بر مقاومت انسولینی و گلوکز و انسولین در زنان دارای اضافه وزن انجام شد، نشان داد که ۴ هفته تمرین ترکیبی نمی‌تواند تغییر معنی‌داری را در پارامترهای گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی ایجاد کند. در این خصوص آذربایجانی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی ۱۰ مرد جوان در یک جلسه تمرین ترکیبی اذعان داشتند شاخص مقاومت به انسولین به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. با این‌حال، سطوح گلوکز و انسولین سرم بدون تغییر باقی ماند. همچنین، سطوح لپتین کاهش معنی‌داری نشان داده بود. بنابراین، آنها گزارش کردند افزایش مصرف انرژی ناشی از انجام تمرین‌های ورزشی، ممکن است رابطه بین سطوح لپتین و مقاومت به انسولین را مستقل از سلول چربی تغییر دهد (۳۲). در مطالعه آذربایجانی نیز نتایج شاخص مقاومت به انسولین ناهمسو با مطالعه حاضر و نتایج گلوکز و انسولین همسو با مطالعه حاضر بود که دلیل این ناهمسو بودن ممکن است مربوط به نوع و تعداد آزمودنی‌ها و جلسات تمرینی باشد. همچنین در مطالعه مقدسی و همکاران (۲۰۱۷) ۸ هفته تمرین ترکیبی در ۲۲ مرد سالم چاق باعث کاهش معنی‌دار در وزن (تا ۳/۵ کیلوگرم)، شاخص توده‌بدنی (۱/۲ کیلوگرم بر متر مربع)، نسبت دور کمر به باسن (۰/۰۲ واحد)، سطوح انسولین ناشتای پلاسما (تا ۵۸٪) و مقاومت انسولینی (HOMA-IR، $p<0/05$) در گروه تمرین ترکیبی نسبت به کنترل شد. با این حال تفاوت معنی‌داری در سطوح گلوکز خون ناشتا بین دو گروه وجود نداشت. آنها دلیل افزایش عمل انسولین بعد از تمرینات ترکیبی را مکانیسم‌هایی از جمله، افزایش پیام‌رسانی پس گیرنده‌ای انسولین، افزایش بیان پروتئین انتقال‌دهنده گلوکز GIULT4، افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز و هگزوکیناز، کاهش رهایی و افزایش پاک شدن اسیدهای چرب آزاد، افزایش رهایی گلوکز از خون به عضله به‌علت افزایش مویرگ‌های عضله و تغییر در ترکیب عضله به‌منظور افزایش برداشت گلوکز بیان کردند (۳۳) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نداشت. علاوه بر آن گفته می‌شود مکمل یاری بذر کتان می‌تواند ترکیب بدن را دچار تغییر کند که در مطالعه حاضر ۴ هفته مکمل یاری بذر کتان باعث کاهش معنی‌دار درصد چربی، WHR و وزن بدن شرکت‌کنندگان شد. درباره مکانیسم اثر مکمل یاری بذر کتان که در مطالعه حاضر باعث کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن، WHR و وزن بدن شد، می‌توان بیان کرد که فیبر موجود در بذر کتان از طریق سرکوب گرسنگی و کاهش جذب مواد غذایی ممکن است در تنظیم وزن بدن نقش داشته باشد. به‌ویژه به‌نظر می‌رسد فیبر چسبناک در سرکوب گرسنگی مؤثرتر باشد. آنها از جنبه‌های متعددی مانند سرعت تخلیه معده و میزان جذب مواد مغذی در روده کوچک می‌توانند بر عملکرد دستگاه گوارش تأثیر گذاشته و باعث احساس سیری شوند. در همین رابطه، پژوهش‌ها نشان می‌دهد دوزهای ۵ و ۱۰ گرم از فیبر کتان باعث افزایش سیری، کاهش طولانی مدت گرلین و سیگنالینگ گرسنگی در پپتیدهای روده می‌شود (۳۴). ناهمسو با مطالعه حاضر، در مطالعه پیندا و همکاران (۲۰۱۱) که بر روی ۱۰ بزرگسال دارای اضافه انجام گرفت، مصرف ۳۰ گرم بذر کتان در روز در طول ۸ هفته باعث کاهش معنی‌دار وزن بدن و شاخص توده بدنی نشد و تغییرات در درصد چربی بدن به‌طور گسترده‌ای متغیر بود (۴۰٪ از شرکت‌کنندگان سر وزن رسیدند که از این تعداد، ۵۰٪ با کاهش درصد چربی، ۲۵٪ بدون تغییر در درصد چربی و ۲۵٪ با تغییر ترکیبی از وزن و درصد چربی). نویسندگان این مطالعه ادعا کردند که مصرف دانه کتان بدون کاهش در مصرف انرژی و یا افزایش فعالیت بدنی، به کاهش وزن در افراد مبتلا به اضافه وزن منجر نمی‌شود (۳۵). دلیل ناهمسو بودن نتایج مطالعه حاضر با مطالعه مذکور را می‌توان در مقدار مکمل یاری بذر کتان دانست که در مطالعه آنها کمتر از مقدار مصرفی در مطالعه حاضر بود. ماچادو و همکاران (۲۰۱۵) اثرات ۲۸ گرم بذر کتان قهوه‌ای و طلایی را در ۷۵ نوجوان دارای اضافه وزن (۳۳ پسر، ۴۲ دختر) در سه گروه ۲۵ نفری به مدت ۱۱ هفته بررسی کردند. در این پژوهش در گروه بذر کتان قهوه‌ای نسبت به طلایی، WHR، وزن بدن و درصد چربی بدن کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت (۳۶) که با مطالعه حاضر همخوانی داشت. همچنین تارپیلا و همکاران (۲۰۰۲) به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۷).

در مطالعه حاضر تفاوت معنی‌داری در کاهش ترکیب بدنی پس از مداخلات تمرین- مکمل مشاهده نشد. دلیل این عدم معنی‌داری را برخی مقالات به نوع شرکت‌کنندگان نسبت داده‌اند. مطالعه دیفینا و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که استفاده همزمان تمرین با مکمل امگا-۳ زمانی نتایج مثبتی بر ترکیب بدنی خواهد داشت که افراد مورد مطالعه مبتلا به چاقی، فشارخون و دیابت باشند، در حالی‌که شرکت‌کنندگان این پژوهش سالم بودند، در نتیجه به احتمال زیاد به لحاظ سلولی ممکن است فعالیت بدنی برخی مسیرهایی که مکمل امگا-۳ از طریق آن منجر به کاهش ترکیب بدن می‌شود را مهار کرده باشد، که مکانیسم دقیق آن مشخص نیست (۳۸).
نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ۴ هفته مکمل یاری بذر کتان نمی‌تواند تغییر معنی‌داری را در متغیرهای گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی ایجاد کند که با نتایج مطالعه پان و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی داشت. مطالعه آنها به‌صورت یک طرح تصادفی دوسوکور بر روی ۸۳ بیمار تحت درمان دیابتی نوع دو با هیپرکلسترولمی خفیف انجام شد که به مدت ۱۲ هفته کپسول ۳۶۰ میلی‌گرم در روز حاوی لیگنان مشتق شده از بذر کتان را مصرف کردند. در مطالعه آنها ۱۲ هفته مکمل یاری لیگنان مشتق شده از بذر کتان هیچ تأثیری در غلظت گلوکز خون و انسولین ناشتا و پروفایل مقاومت انسولینی و پروتئین‌های خون نداشت. آنها دلیل این عدم تأثیر را تعداد کم شرکت‌کنندگان واجد شرایط در اندازه‌گیری‌ها و همچنین تأثیر احتمالی تنوع فصلی دانستند (۳۹). گزارشات هاتچینز و همکاران (۲۰۱۳) ناهمسو با مطالعه حاضر است که مطالعه آنان به‌صورت تصادفی متقاطع بر روی ۱۱ مرد و ۱۴ زن یائسه چاق با پیش دیابتی که ۱۳ یا ۲۶ گرم بذر کتان را به مدت ۱۲ هفته مصرف کردند انجام گرفت، مصرف ۱۳ گرم بذر کتان در روز باعث کاهش معنی‌دار مقاومت انسولینی و گلوکز پلاسما شد. مصرف ۱۳ گرم در مقایسه با عدم مصرف و ۲۶ گرم باعث کاهش معنی‌دار مقدار انسولین ناشتا شد. این نتایج نشان داد که مصرف بذر کتان باعث کاهش مقاومت انسولینی بدون تغییر معنی‌دار انسولینی می‌شود. دوز پیشنهادی این مطالعه تغییرات معنی‌داری را در غلظت قند خون و انسولین و مقاومت انسولینی نشان نداد، در حالی که مطالعات دیگر دوزهای بسیار بالایی از بذر کتان را تهیه کرده بودند. این تفاوت در نتایج ممکن است به‌دلیل تفاوت در اندازه نمونه، روش‌های ارائه مکمل بذر کتان (به‌عنوان مثال: در نان پخته شدن، لیگنان مشتق از بذر کتان) یا نوع بیماری شرکت‌کنندگان کشورهای مختلف (به‌عنوان مثال: دیابت نوع ۲، کلسترول بالا) باشد (۴۰). نویسندگان ادعا کردند که گیاهان دارای اسیدهای چرب امگا-۳ ممکن است ترشح انسولین در داخل بدن را تحت تأثیر قرار داده و امکان استفاده از گلوکز را بهبود دهند.
مطالعات انجام شده در مدل‌های حیوانی دیابتی نشان داده‌اند که پیش‌سازهای فیتواستروژن (SDG) بذر کتان از ابتلاء به دیابت نوع یک ۷۱٪ و دیابت نوع دو ۸۰٪ جلوگیری می‌کند. اثر دانه کتان بر کاهش مقاومت انسولینی می‌تواند از طریق دو مکانیزم پیش‌بینی شود: اول، اثر آنتی‌اکسیدانی فیبر موجود در دانه کتان و دوم، اثر محتوای امگا-۳ (۴۱). مصرف دانه کتان یا آلفا لینولئیک اسید ممکن است در درمان و یا جلوگیری از انواع عوارض دیابت کمک‌کننده باشد. به‌عنوان مثال، تائو و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که مصرف ۲/۱۱ گرم در روز رژیم غذایی حاوی آلفا لینولئیک اسید در ۱۰۶۲ فرد بزرگسال بالای ۴۰ سال مبتلا به دیابت، احتمال ابتلاء به نوروپاتی محیطی را کاهش می‌دهد (۴۲). در یک مدل حیوانی، ولاسکوئز و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که وعده‌های غذایی حاوی بذر کتان احتمال بیماری پروتئینوری را کاهش و باعث بهبود نفروپاتی در دیابت نوع ۲ می‌شود (۴۳).

نتیجه‌گیری

تمرین ترکیبی بر کاهش معنی‌دار نسبت دور کمر به باسن تأثیرگذار و مکمل یاری بذر کتان به‌تنهایی باعث کاهش معنی‌دار ترکیب بدنی (وزن، درصدچربی، نسبت دور کمر به باسن) می‌شود. ضمن این‌که مداخلات نتوانست بر گلوکز و انسولین خون و مقاومت به انسولین تأثیر بگذارد. اجرای تمرینات ترکیبی در افراد چاق می‌تواند اثرات مفیدی بر برخی شاخص‌های خطرساز قلبی -

عروقی داشته باشد، اما به‌نظر می‌رسد مکمل یاری بذر کتان نسبت به اجرای تمرینات ترکیبی، اثربخشی بالاتری بر عوامل خطرزای قلبی - عروقی داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد به شماره رهگیری ۲۳۸۰۱۲۳، با کد اخلاق در پژوهش IR.SSRI.REC.1396.181 از پژوهشگاه تربیت بدنی و با کد کارآزمایی بالینی IRCT20171130037689N در مرکز ثبت کارآزمایی بالینی ایران می‌باشد. بدین‌وسیله از زحمات تمام مشارکت‌کنندگان در پژوهش به‌ویژه از آزمودنی‌ها که با نهایت صبر و حوصله در اجرای برنامه تمرینی و مکمل یاری با محقق همکاری کردند، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Farhadi H, Rahimifardin S, Baghaiee B. The effect of 8 week of pomegranate supplementation on inflammatory and muscular damage indices in over weight untrained men due todifferent intensity VO2MAX. J Pract Stud Biosci Sport 2017; 5(9):31-41. (Persian).
2. Krause M, Rodrigues-Krause J, O'Hagan C, Medlow P, Davison G, Susta D, et al. The effects of aerobic exercise training at two different intensities in obesity and type 2 diabetes: implications for oxidative stress, low-grade inflammation and nitric oxide production. Eur J Appl Physiol 2014; 114(2):251-60.
3. Ghahramanloo E, Midgley AW, Bentley DJ. The effect of concurrent training on blood lipid profile and anthropometrical characteristics of previously untrained men. J Phys Act Health 2009; 6(6):760-6.
4. Pandey A, Swift DL, McGuire DK, Ayers CR, Neeland IJ, Blair SN, et al. Metabolic effects of exercise training among fitness-nonresponsive patients with type 2 diabetes: the HART-D study. Diabetes Care 2015; 38(8):1494-501.
5. Nellemann B, Christensen B, Vissing K, Thams L, Sieljacks P, Larsen MS, et al. Ten weeks of aerobic training does not result in persistent changes in VLDL triglyceride turnover or oxidation in healthy men. Eur J Endocrinol 2014; 171(5):603-13.
6. Ghorbanian B, Ghasemnian A. The effects of 8 weeks interval endurance combined training on plasma TNF-α, IL-10, insulin resistance and lipid profile in boy adolescents. J Pract Stud Biosci Sport 2016; 4(7):43-54. (Persian).
7. Lee JS, Kim CG, Seo TB, Kim HG, Yoon SJ. Effects of 8-week combined training on body composition, isokinetic strength, and cardiovascular disease risk factors in older women. Aging Clin Exp Res 2015; 27(2):179-86.
8. Asad MR. Effect of 8 weeks aerobic, resistance and concurrent training on cholestro, LDL, HDL and cardiovascular fitness in obesity male. J Manag Syst 2013; 1(3):57-64. (Persian).
9. Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. Sports Med 2014; 44(6):743-62.
10. Carrel AL, McVean JJ, Clark RR, Peterson SE, Eickhoff JC, Allen DB. School-based exercise improves fitness, body composition, insulin sensitivity, and markers of inflammation in non-obese children. J Pediatr Endocrinol Metab 2009; 22(5):409-16.
11. Gray SR, Baker G, Wright A, Fitzsimons CF, Mutrie N, Nimmo MA, et al. The effect of a 12 week walking intervention on markers of insulin resistance and systemic inflammation. Prev Med 2009; 48(1):39-44.
12. Davidson LE. Influence of exercise modality on body composition, insulin resistance and functional fitness in aging: a randomized controlled trial. [PhD Dissertations]. Kingston: Queen's School of Kinesiology and Health Studies; 2007.
13. Davidson LE, Hudson R, Kilpatrick K, Kuk JL, McMillan K, Janiszewski PM, et al. Effects of exercise modality on insulin resistance and functional limitation in older adults: a randomized controlled trial. Arch Intern Med 2009; 169(2):122-31.
14. Suh S, Jeong IK, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, et al. Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight korean adolescents: a controlled randomized trial. Diabetes Metab J 2011; 35(4):418-26.
15. Emamdost S, Faramarzi M, Bagheri L, Otadi K, Amiri M, Yazdani T. The effect of combined exercise training on plasma Leptin levels and hormonal factors in overweight men. Yafteh 2014; 16(1):79-90. (Persian).
16. Seyedi A, Attarzadeh Hosseini SR. Effects of one session of progressive training after whey protein consumption on the mfo, fatmax, and insulin resistance in overweight women. Iran J Obstet Gynecol Infertil 2018; 21(1):60-9. (Persian).

17. Khademi Y, Azarbayjani MA, Hosseini H. Simultaneous effect of high-intensity interval training (HIIT) and consumption of flaxseed on serum levels of TNF-α and IL1β in rats. Quart Horizon Med Sci 2017; 23(4):257-63.
18. Nettleton JA, Katz R. n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in type 2 diabetes: a review. J Am Diet Assoc 2005; 105(3):428-40.
19. Shavandi N, Saremi A, Shahrjerdi S, Pooryamanesh L. Effect of ten-week aerobic training with flax seed supplementation on blood lipids profile and C-reactive protein in obese women. J Gorgan Univ Med Sci 2016; 18(2):19-26. (Persian).
20. Farajpour S, Jamali Qarakhanlou B, Alipour M, Zarghami Khameneh A. The effect of four weeks caffeine supplementation with concurrent training on glycemic markers and insulin resistance in serum of girls with overweight. Complementary Med J Facul Nurs Midwifery 2017; 7(3):1944-57.
21. DiCarlo LJ, Sparling PB, Millard-Stafford ML, Rupp JC. Peak heart rates during maximal running and swimming: implications for exercise prescription. Int J Sports Med 1991; 12(3):309-12.
22. Soori R, Rezaeian N, Khosravi N, Ahmadizad S, Taleghani HM, Jourkesh M, et al. Effects of water-based endurance training ,resistance training, and combined water and resistance training programs on visfatin and ICAM-1 levels in sedentary obese women. Sci Sports 2017; 32(3):144-51.
23. AghaAlinejad H, Mehrabani J, AnsariDogahe R, Piri M. The influence of resistance, endurance, and combined resistance-endurance exercise training on interleukin-18 and C-reactive protein level in inactive female adolescents. Tabari J Prev Med 2016; 2(1):38-47.
24. Ursoniu S, Sahebkar A, Andrica F, Serban C, Banach M. Effects of flaxseed supplements on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of controlled clinical trial. Clin Nutr 2016; 35(3):615-25.
25. Ju YH. Can flaxseed lower cholesterol levels? Virginia: Virginia State University; 2017. P. 1-7.
26. Ratel S, Gryson C, Rance M, Penando S, Bonhomme C, Le Ruyet P, et al. Detraining-induced alterations in metabolic and fitness markers after a multicomponent exercise-training program in older men. Appl Physiol Nutr Metab 2012; 37(1):72-9.
27. Sakuma K. Basic biology and current understanding of skeletal muscle. New York: Nova Biomedical; 2013.
28. Ghouroughchi AP, Demirchi A, Babaei P. The effect of aerobic-resistance training on visceral adipose tissue, serum omentin-1 and insulin resistance in ovariectomized rats. Metabol Exerc J 2015; 4(2):121-35. (Persain).
29. Glowacki SP, Martin SE, Maurer A, Baek W, Green JS, Crouse SF. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. Med Sci Sports Exerc 2004; 36(12):2119-27.
30. Medeiros Nda S, de Abreu FG, Colato AS, de Lemos LS, Ramis TR, Dorneles GP, et al. Effects of concurrent training on oxidative stress and insulin resistance in obese individuals. Oxid Med Cell Longev 2015; 2015:697181.
31. García-Hermoso A, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaíno V. Effects of aerobic plus resistance exercise on body composition related variables in pediatric obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Pediatr Exerc Sci 2015; 27(4):431-40.
32. Azarbayejani MA, Abedi B, Piri M, Rasaie MJ. The effects of a single session of combined aerobic and resistance exercise on leptin levels and insulin resistance index in sedentary men. J Qom Univ Med Sci 2012; 6(1):46-53. (Persian).
33. Moghadasi M, Mehrabani J, Momennasab Z, Naderali EK. The effects of 8-weeks concurrent training on necdin levels and insulin resistance index in obese middle-aged men. J Diabetes Metab Disord Control 2017; 4(1):1-13.
34. Kristensen M, Jensen MG, Aarestrup J, Petersen KE, Søndergaard L, Mikkelsen MS, et al. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. Nutr Metab 2012; 9(1):8.
35. Pineda AM, Gómez BL, Alzate CM, Castaño CF, Marín BE. Consumo de linaza molida para la reducción de peso corporal en personas con exceso de peso. Perspect Nutr Hum 2011; 13(1):56.
36. Machado AM, de Paula H, Cardoso LD, Costa NM. Effects of brown and golden flaxseed on the lipid profile, glycemia, inflammatory biomarkers, blood pressure and body composition in overweight adolescents. Nutrition 2015; 31(1):90-6.
37. Tarpila S, Aro A, Salminen I, Tarpila A, Kleemola P, Akkila J, et al. The effect of flaxseed supplementation in processed foods on serum fatty acids and enterolactone. Eur J Clin Nutr 2002; 56(2):157-65.
38. DeFina LF, Marcoux LG, Devers SM, Cleaver JP, Willis BL. Effects of omega-3 supplementation in combination with diet and exercise on weight loss and body composition. Am J Clin Nutr 2010; 93(2):455-62.
39. Pan A, Sun J, Chen Y, Ye X, Li H, Yu Z, et al. Effects of a flaxseed-derived lignan supplement in type 2 diabetic patients: a randomized, double-blind, cross-over trial. PLoS One 2007; 2(11):e1148.
40. Hutchins AM, Brown BD, Cunnane SC, Domitrovich SG, Adams ER, Bobowiec CE. Daily flaxseed consumption improves glycemic control in obese men and women with pre-diabetes: a randomized study. Nutr Res 2013; 33(5):367-75.
41. Javidi A, Mozaffari-Khosravi H, Nadjarzadeh A, Dehghani A, Eftekhari MH. The effect of flaxseed

powder on insulin resistance indices and blood pressure in prediabetic individuals: a randomized controlled clinical trial. J Res Med Sci 2016; 21:70.
42. Tao M, McDowell MA, Saydah SH, Eberhardt MS. Relationship of polyunsaturated fatty acid intake to peripheral neuropathy among adults with diabetes in the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999–2004. Diabetes Care 2008; 31(1):93-5.
43. Velasquez MT, Bhathena SJ, Ranich T, Schwartz AM, Kardon DE, Ali AA, et al. Dietary flaxseed meal reduces proteinuria and ameliorates nephropathy in an animal model of type II diabetes mellitus. Kidney Int 2003; 64(6):2100-7.