فیزیولوژی ورزشی شماره ۳۳، بهار ۱۳۹۶. صص ۸۶-۶۹

تأثیر سه برنامهٔ تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی با شدت‌های مختلف بر سطوح آدیپونکتین، پروتئین متصل به رتینول چهار و نیم‌رخ لیپیدی در مردان مبتلا به دیابت نوع دو

مهدی زارعی[۱]، محمدرضا حامدی‌نیا[۲]، امیرحسین حقیقی[۳]، سارا امینی[۴]

۱. گروه تربیت بدنی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران*
۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری
۴. متخصص قلب و عروق، استادیار دانشگاه علوم‌پزشکی سبزوار

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۸

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سه برنامهٔ تمرین ترکیبی هوازی ـ مقاومتی با شدت‌های مختلف بر سطوح آدیپونکتین، پروتئین متصل به رتینول چهار و نیم‌رخ لیپیدی در مردان مبتلا به دیابت نوع دو انجام گرفت. بدین‌منظور، ۴۳ بیمار مبتلا به دیابت نوع دو به‌صورت تصادفی در چهار گروه (سه گروه تمرین ترکیبی یک (سن۳/۰±۴۷/۹ سال، وزن۱/۱±۷۷/۹ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۳/۵±۲۶/۳ کیلوگرم بر مترمربع)؛ دو (سن ۶/۳±۴۵/۸ سال، وزن ۶/۷±۸۰/۸ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۱/۸±۲۶/۹ کیلوگرم بر مترمربع)؛ سه (سن ۰/۹±۴۷/۵ سال، وزن ۱۱/۷±۸۲/۹ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی ۲/۹±۲۸/۰ کیلوگرم بر متر مربع) و گروه کنترل (سن ۱/۲±۴۶/۹ سال، وزن ۴/۳±۸۴/۱۰ کیلوگرم و شاخص تودهٔ بدنی۲/۴±۲۸/۲ کیلوگرم بر مترمربع) تقسیم شدند و گروه‌های تمرینی، تمرین ترکیبی هوازی ـ مقاومتی را به‌مدت ۱۲ هفته و با شدت‌های مشخص (گروه یک: مقاومتی۶۰-۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، هوازی۸۰-۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه؛ گروه دو: مقاومتی۷۰-۶۰ درصد یک تکرار بیشینه، هوازی۷۰-۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه؛ گروه سه: مقاومتی۸۰-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه، هوازی۶۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه) اجرا نمودند. جهت انجام پژوهش، فرایند خونگیری به‌منظور تعیین سطوح آدیپونکتین، پروتئین متصل به رتینول چهار و نیم‌رخ لیپیدی، قبل و پس از ۱۲ هفته انجام گرفت و داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان می‌دهد که سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار در گروه دو و سهٔ تمرین ترکیبی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش یافته است ($P<0.05$). مقادیر تری‌گلیسرید نیز در هر سه گروه تمرینی نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری کاهش را نشان می‌دهد ($P<0.05$). شایان‌ذکر است که برمبنای نتایج، تفاوت معناداری در وزن، شاخص تودهٔ بدنی، درصد چربی، سطوح آدیپونکتین، کلسترول تام، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا و لیپوپروتئین کلسترول با چگالی پایین بین گروه‌ها مشاهده نمی‌شود و ۱۲ هفته تمرین ترکیبی با شدت‌های مختلف، تأثیری بر شاخص‌های آنتروپومتریک و آدیپونکتین بیماران مبتلا به دیابت نوع دو نداشته است. بااین‌حال، می‌توان گفت که دو برنامهٔ تمرین ترکیبی گروه دو و سه به‌واسطهٔ کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار و تری‌گلیسرید می‌تواند در بهبود اختلالات متابولیکی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو مفید باشد.

واژگان کلیدی: دیابت نوع دو، تمرین هوازی مقاومتی، آدیپونکتین، پروتئین متصل به رتینول چهار

* نویسندهٔ مسئول Email: Zarei.m8716@yahoo.com

مقدمه

دیابت نوع دو، یک اختلال متابولیک مزمن جدی است که تأثیر قابل‌توجهی بر سلامت، کیفیت و امید به زندگی بیماران و سیستم بهداشتی ـ درمانی جوامع دارد. این اختلال متابولیکی درنتیجهٔ ناکارایی ترشح انسولین، عملکرد انسولین یا هردوی آن‌ها رخ می‌دهد (۱). عوامل ژنتیکی و محیطی به‌طور قابل‌توجهی در توسعهٔ دیابت نوع دو سهیم هستند. نواقص ژنتیکی، پیچیده بوده و به‌خوبی مشخص نمی‌باشند؛ اما خطر دیابت نوع دو با افزایش سن، چاقی و بی‌تحرکی افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که شیوع بیماری دیابت در جمعیت کم‌تحرک و دارای اضافه‌وزن بیشتر است (۲). مدیریت و درمان دیابت و عوارض حاد و مزمن آن نیازمند صرف هزینه‌های قابل‌توجهی از سوی بیماران و سیستم بهداشتی ـ درمانی جوامع می‌باشد و با توجه به محدودیت منابع موجود جهت تأمین نیازهای بهداشتی ـ درمانی می‌بایست اقدامات لازم جهت پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری دیابت و کاهش عوارض حاد و مزمن آن و نیز بهبودی سیر بیماری صورت گیرد (۳). نقش فعالیت بدنی منظم، هم در پیشگیری اولیه و هم در درمان این بیماری به‌خوبی مشخص شده و افراد مبتلا به دیابت نوع دو می‌توانند از فواید فعالیت بدنی به‌منظور کنترل بهتر سطح گلوکز خون، نیم‌رخ لیپیدی، وزن بدن و فشارخون بهره ببرند. ازسوی‌دیگر، ماهیت ارزان و غیردارویی فعالیت بدنی، ارزش درمانی آن را افزایش می‌دهد (۴).

التهاب ناشی از اختلال غلظت سایتوکین‌های پیش و ضدالتهابی چرخهٔ خون از عوامل اصلی بروز سندرم متابولیک و دیابت نوع دو است (۵). طی سال‌های اخیر، نقش هورمون‌های ترشح‌شده از بافت چربی به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های متابولیسم عضلهٔ اسکلتی و گسترش مقاومت به انسولین و درنهایت دیابت نوع دو، توجه بسیاری از پژوهشگران را به‌خود جلب نموده است. آدیپونکتین، یک سایتوکین ضدالتهابی است که به‌طور عمده توسط بافت چربی ترشح می‌شود و برخلاف دیگر آدیپوکین‌ها، غلظت آن در حضور چاقی کاهش می‌یابد (۶). درحال‌حاضر، آدیپونکتین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آدیپوسیتوکین‌ها برای درک و شناخت بهتر ارتباط بین چاقی و بیماری‌های متابولیک نظیر دیابت نوع دو شناخته شده است. مطالعات پژوهشی آشکار نموده‌اند که این هورمون پپتیدی دارای ویژگی‌های ضددیابتی و ضدالتهابی می‌باشد. در این ارتباط، یافته‌های مطالعات همه‌گیرشناسی نشان می‌دهد که آدیپونکتین پلاسما در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو کاهش می‌یابد و غلظت آن با مقاومت انسولین و غلظت گلوکز خون هم‌بستگی منفی دارد (۷).

پروتئین متصل به رتینول چهار[1] نیز یک آدیپوکین مرتبط با خانوادهٔ لیپوکالین‌ها است که از سلول‌های بافت چربی ترشح شده و دارای چندین عملکرد در بدن می‌باشد که از آن جمله می‌توان به تصلب بافت‌ها یا فیبروز، انتقال رتینول به چشم‌ها و افزایش مقاومت به انسولین نام برد (۸). همچنین، پروتئین متصل به رتینول چهار، مقاومت به انسولین را از طریق سرکوب بیان محیطی ناقل‌های گلوکز[2] افزایش می‌دهد. حضور پروتئین متصل به رتینول چهار منجر به مهاجرت ماکروفاژها به محل رهایش پروتئین متصل به رتینول چهار در بافت چربی شده و درنتیجه، باعث رهایی سیتوکین‌ها و افزایش خطر التهاب و بیماری‌های قلبی ـ عروقی می‌شود (۸). مطالعات نشان داده‌اند که غلظت‌های گردش خون پروتئین متصل به رتینول چهار و بیان ژن متناظر با آن در بافت چربی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو و اختلال تحمل گلوکز و بیماران چاق بالاتر می‌باشد (۹). همچنین، سطوح بالای پروتئین متصل به رتینول چهار پیش از آغاز ابتلا به دیابت نوع دو مشاهده شده و می‌توان از آن برای شناسایی افراد درمعرض خطر ابتلا به دیابت نوع دو استفاده نمود (۸). لازم‌به‌ذکر است که پروتئین متصل به رتینول چهار می‌تواند به‌عنوان یک پارامتر دیگر برای برآورد موفقیت مداخله مورد استفاده قرار گیرد (۱۰).

مطالعات متعددی به بررسی تأثیر فعالیت بدنی بر شاخص‌های مذکور در افراد مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته‌اند. در این ارتباط، کانگ[3] و همکاران (۲۰۰۹) به مقایسهٔ تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای و پیاده‌روی (شدت ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره) بر برخی آدیپوکین‌ها در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پرداختند و نشان دادند که تمرین مقاومتی نسبت به تمرین پیاده‌روی منجر به کاهش معنادار پروتئین متصل به رتینول چهار می‌گردد (۱۱). کو[4] و همکاران (۲۰۱۰) نیز به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی و مقاومتی با شدت متوسط بر شاخص پروتئین متصل به رتینول چهار پرداختند و کاهش معناداری را در پروتئین متصل به رتینول چهار در گروه تمرین مقاومتی مشاهده نمودند (۱۲). علاوه‌براین، جرج[5] و همکاران (۲۰۱۲) که تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی را بر برخی از آدیپوسیتوکین‌ها در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو مورد بررسی قرار دادند، تغییر معناداری را در آدیپونکتین هیچ‌یک از گروه‌های تمرینی مشاهده نکردند (۱۳). هونگ[6] و همکاران (۲۰۱۴) نیز به بررسی تأثیر تمرین پیاده‌روی (سه بار در هفته و به‌مدت ۱۲ هفته، با شدت ۶۰-۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و به‌مدت ۷۰-۵۰ دقیقه در هر جلسه) بر برخی

1. Retinol Binding Protein 4
2. Glucose Transporter 4
3. Kang
4. Ku
5. Jorge
6. Hong

سایتوکاین‌ها در زنان چاق پرداختند و نشان دادند که این تمرین منجر به افزایش معنادار آدیپونکتین سرم می‌شود (۱۴).

همچنین، برخی از دستورالعمل‌های اخیر انجمن آمریکایی دیابت[1]، کالج آمریکایی طب ورزش[2] و انجمن اروپایی برای مطالعهٔ دیابت[3] که ماحصل یافته‌های مطالعات انجام‌شده تا به امروز است، همگی به‌شکلی قوی، قدرت درمانی مداخلات تمرینی را تأیید کرده و هم‌زمان دستورالعمل‌های جامع‌تری را برای این‌گونه بیماران تجویز نموده‌اند (۱۵). بااین‌حال، بیشتر این دستورالعمل‌ها به‌طور معمول یک دامنهٔ کلی از فراوانی، شدت و یا مدت تمرین را پیشنهاد نموده‌اند؛ به‌عنوان‌مثال، کالج آمریکایی طب ورزش بیان می‌کند که تمرین هوازی برای یک فرد مبتلا به دیابت باید حداقل سه تا پنج روز در هفته و با شدت ۶۰-۴۰ درصد و حتی بیشتر از ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی انجام شود. همچنین، این کالج توصیه می‌کند که مدت تمرین هوازی حداقل باید ۱۵۰ دقیقه با شدت متوسط (۳۰-۵۰ دقیقه، سه تا پنج جلسه در هفته) یا ۶۰ دقیقه فعالیت هوازی شدید (۲۰ دقیقه، سه جلسه در هفته) باشد. علاوه‌براین، توصیه می‌شود که این افراد درصورت نداشتن منع می‌بایست حداقل دو تا سه جلسه در هفته تمرین مقاومتی (هر جلسه پنج تا ۱۰ تمرین عضلات بزرگ) با شدت متوسط تا شدید (۵۰-۸۰ درصد یک تکرار بیشینه) را انجام دهند. درمجموع، مطالعات نشان داده‌اند که ترکیب تمرین هوازی و مقاومتی ممکن است نسبت به هرکدام از تمرین هوازی و مقاومتی به‌تنهایی مؤثرتر باشد (۱۶).

همان‌طور که اشاره شد، بیشتر مطالعات انجام‌شده درمورد بیماران مبتلا به دیابت نوع دو، تأثیر تمرین مقاومتی یا هوازی صرف را بر شاخص‌های مذکور مورد بررسی قرار داده‌اند و تنها مطالعات معدودی به بررسی تأثیر تمرینات ترکیبی بر این شاخص‌ها پرداخته‌اند. هدف این مطالعات نیز صرفاً مقایسهٔ تأثیرات تمرین ترکیبی با تمرین هوازی یا مقاومتی بوده است (۱۳،۱۷). علاوه‌براین، دستورالعمل‌های فوق کلی بوده و شامل اطلاعات جزئی، دقیق و کاربردی دربارهٔ نوع، شدت و مدت که باید برای حداکثرسازی مزیت‌های تمرین برای بیماران مبتلا به دیابت نوع دو به‌کار رود، نمی‌باشد (۱۵،۱۶). در ارتباط با نحوهٔ ترکیب تمرین هوازی و مقاومتی با توجه به تأثیرات هم‌افزایی احتمالی دو نوع تمرین، مطالعات بسیار اندکی صورت گرفته است. بیشتر مطالعات انجام‌شده تاکنون از یک شدت معین و یا یک دامنهٔ کلی شدت استفاده نموده‌اند (۱۵،۱۶). ازسوی‌دیگر، مطالعاتی که به مقایسهٔ تمرین هوازی و مقاومتی در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته‌اند، یافته‌های متفاوتی را گزارش کرده و درنهایت، هر دو نوع تمرین را برای این‌گونه بیماران مفید دانسته‌اند (۱۸). در

1. American Diabetes Association
2. American College of Sports Medicine
3. European Association for the Study of Diabetes

ارتباط با این‌که در تمرین ترکیبی به‌لحاظ شدت و یا مدت، تأکید بر تمرین هوازی باشد یا مقاومتی، اطلاعات خاصی وجود ندارد. بیشتر مطالعات پیشین که به بررسی تأثیرات شدت تمرین در بیماران مبتلا به دیابت پرداخته‌اند، ارتباط شدت تمرین و فواید ناشی از آن را در تمرین مقاومتی و یا هوازی به‌صورت جداگانه بررسی کرده و یافته‌های متفاوتی را گزارش نموده‌اند. برخی از این مطالعات احتمال داده‌اند که با افزایش شدت تمرینات، فواید بیشتری نصیب این‌گونه بیماران می‌گردد. بااین‌حال، برخی مطالعات نیز ارتباطی را بین شدت تمرین و بهبود شاخص‌های مرتبط با دیابت گزارش نکرده‌اند (۲۱ـ۱۹). در پژوهش حاضر سعی بر این بود که براساس ادبیات پیشینه، برنامه‌هایی (تمرینی) انتخاب شود که در درجهٔ اول، احتمال بیشترین تأثیرات را داشته باشد و در درجهٔ دوم، پایبندی بیماران به تمرین را به مخاطره نیاندازد. با توجه به ادبیات پیشینهٔ پژوهش، این‌که کدام‌یک از این نوع برنامه‌های تمرینی دارای بیشترین تأثیر است، مشخص نمی‌باشد؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر سه برنامهٔ تمرین هوازی مقاومتی با شدت‌های مختلف بر سطوح آدیپونکتین، پروتئین متصل به رتینول چهار و نیم‌رخ لیپیدی در مردان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با سه گروه تجربی و یک گروه کنترل بود. جامعهٔ آماری پژوهش را تمامی مردان ۳۰ تا۶۰ سالهٔ مبتلا به دیابت نوع دو شهرستان سبزوار تشکیل دادند. ابتدا، با مراجعه به مرکز دیابت شهرستان سبزوار و بررسی پرونده‌های پزشکی بیماران، از طریق تماس تلفنی با آن‌ها، ارسال فراخوان و نصب پوستر در درمانگاه‌ها و مطب پزشکان مرتبط با دیابت درخصوص اجرای پژوهش اطلاع‌رسانی گردید. آنگاه از داوطلبان شرکت‌کننده در پژوهش ثبت‌نام به‌عمل آمد و درادامه و براساس معیارهای ورود به پژوهش، افراد واجد شرایط انتخاب شدند. برخی از معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد زیر بود: ابتلا به دیابت نوع دو، نداشتن بیماری‌های قلبی ـ عروقی، اسکلتی ـ عضلانی و متابولیکی محدودکنندهٔ فعالیت ورزشی، عدم ابتلا به بیماری پرفشارخونی، نداشتن سابقهٔ فعالیت ورزشی منظم طی شش ماه اخیر و عدم دریافت انسولین. درادامه، از آزمودنی‌ها خواسته شد پرسش‌نامهٔ آمادگی برای شروع فعالیت ورزشی[1] را تکمیل نمایند. شایان‌ذکر است که آزمودنی‌ها توسط پزشک مورد معاینه قرار گرفتند تا صحت سلامت آن‌ها به‌منظور شرکت در تمرینات مورد تأیید قرار گیرد. ازسوی‌دیگر، با توجه به این‌که افراد مبتلا به دیابت نوع دو درمعرض خطر بالای بیماری‌های قلبی

1. Physical Activity Readiness Questionnaire.

می‌باشند، مجوز پزشک متخصص قلب و عروق جهت شرکت در تمرینات برای این دسته از افراد الزامی بود؛ ازاین‌رو، تمامی آزمودنی‌ها برای انجام اکوی قلبی[1] به پزشک متخصص قلب و عروق مراجعه نمودند. درنهایت، از بین داوطلبانی که دارای شرایط لازم بودند، ۴۸ نفر برای شرکت در پژوهش انتخاب شدند. سپس، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در چهار گروه تمرین ترکیبی هوازی ـ مقاومتی یک (۱۳ نفر)، تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی دو (۱۳ نفر)، تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی سه (۱۲ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم گردیدند و طی جلسه‌ای با نوع مطالعه، اهداف و روش اجرا، فواید و خطرات احتمالی آن آشنا شدند و رضایت‌نامهٔ شرکت در پژوهش را به‌صورت آگاهانه تکمیل نمودند. شایان‌ذکر است که این پژوهش توسط کمیتهٔ اخلاق دانشگاه علوم‌پزشکی سبزوار تأیید گردید.

جهت انجام پژوهش، شاخص‌های آنتروپومتریک افراد شامل: قد، وزن، درصد چربی بدن، شاخص تودهٔ بدنی و نسبت دور کمر به باسن با حداقل لباس و بدون کفش اندازه‌گیری شد. بدین‌ترتیب که وزن آزمودنی‌ها با استفاده از ترازوی ساخت آلمان با دقت (۰/۱) کیلوگرم، قد آن‌ها توسط متر نواری با دقت (۰/۵) سانتی‌متر و شاخص تودهٔ بدنی از طریق تقسیم وزن بدن (کیلوگرم) بر مجذور قد (مترمربع) محاسبه گردید. درصد چربی آزمودنی‌ها نیز با استفاده از دستگاه کالیپر[2] ساخت کشور انگلستان با اندازه‌گیری چربی زیرپوستی و با بهره‌گیری از روش سه‌نقطه‌ای (سه‌سربازو، شکم و فوق خاصره) در سمت راست بدن و پس از جای‌گذاری در معادلهٔ عمومی جکسون و پولاک[3] برای تعیین درصد چربی در مردان محاسبه گشت (۲۲). توان هوازی آزمودنی‌ها با استفاده از آزمون یک مایل راه‌رفتن اندازه‌گیری شد.

حجم و شدت برنامهٔ تمرینی براساس ادبیات پیشینه و دستورالعمل‌های موجود تجویزشده برای بیماران مبتلا به دیابت نوع دو طراحی گردید. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، به‌طورکلی، دامنهٔ شدت تمرینی که در این مطالعات و دستورالعمل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، در تمرین هوازی بین ۵۰ تا بالاتر از ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه (۴۰ تا ۷۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) و در تمرینات مقاومتی بین ۵۰ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه می‌باشد (۲۰ـ۱۲).

پیش از شروع برنامهٔ تمرینی، آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ آشناسازی با تمرینات، اصول ایمنی تمرینات و نحوهٔ استفادهٔ اصولی از دستگاه‌های بدنسازی شرکت کردند. سپس، مقادیر یک تکرار بیشینه به روش تکرارهای زیربیشینه تا سرحد خستگی تعیین شد. لازم‌به‌ذکر است که در تمامی جلسات تمرینی، یک پرستار و یک تمرین‌دهندهٔ ورزشی حضور داشت. تمامی گروه‌های تمرینی به‌مدت ۱۲

1. Electrocardiography
2. Saehan Skinfold Caliper SH-5020
3. Jackson & Pollack

هفته و به‌صورت سه جلسه در هفته به انجام تمرین ترکیبی هوازی ـ مقاومتی با شدت‌های مختلف پرداختند. هر جلسهٔ تمرینی به‌ترتیب شامل: پنج تا ۱۰ دقیقه گرم‌کردن، ۴۵ دقیقه تمرین مقاومتی و ۳۰ دقیقه تمرین هوازی (دویدن) بود که درنهایت، با سردکردن بدن خاتمه می‌یافت. شایان‌ذکر است که گروه کنترل در مدت ۱۲ هفته پروتکل پژوهش به فعالیت‌های عادی روزانه پرداختند.

هشت تمرین مقاومتی در این پژوهش عبارت بود از: گروه‌های عضلانی بزرگ بالاتنه، پایین‌تنه و مرکزی از جمله: پرس پا، فلکشن پا، اکستنشن پا، پرس سینه، زیربغل، جلوبازو، پشت‌بازو و سرشانه. درادامه و پس از چهار هفته، مجدداً آزمون یک تکرار بیشینه اجرا گردید تا افزایش قدرت آزمودنی‌ها لحاظ شود. تمرین هوازی شامل دویدن در محیط سالن ورزشی با شدت‌های از پیش تعیین‌شده بود. گروه یک، تمرین هوازی را با شدت ۸۰-۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه انجام داد، گروه دو با شدت ۷۰-۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه و گروه سه آن را با شدت ۶۰-۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه اجرا نمود. ذکر این نکته ضرورت دارد که مدت تمرین هوازی در شروع پژوهش ۱۰ دقیقه بود که این مدت به‌تدریج در هفتهٔ هشتم به ۳۰ دقیقه افزایش یافت و تا پایان مطالعه ثابت باقی ماند.در طول اجرای پژوهش، پنج نفر از آزمودنی‌ها به‌دلیل آسیب‌دیدگی و یا مشغلهٔ شخصی از ادامهٔ پژوهش انصراف دادند. جزئیات برنامهٔ تمرینی آزمودنی‌ها در جدول شمارهٔ یک ارائه شده است.

جدول ۱ـ برنامهٔ تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی در گروه‌های مختلف

گروه			هفتهٔ یک	هفتهٔ دو	هفتهٔ سه	هفتهٔ چهار	هفتهٔ پنج	هفتهٔ شش	هفتهٔ هفت	هفتهٔ ۸ـ۱۲
گروه یک	هوازی	مدت (دقیقه)	۱۰		۱۵	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰	۳۰
		شدت (ضربان قلب بیشینه)	۷۵-۷۰ درصد		۷۵-۷۰ درصد	۷۵-۷۰ درصد	۸۰-۷۵ درصد	۸۰-۷۵ درصد	۸۰-۷۵ درصد	۸۰-۷۵ درصد
	مقاومتی		شدت ۵۵-۵۰ درصد یک تکرار بیشینه				شدت ۶۰-۵۵ درصد یک تکرار بیشینه			
گروه دو	هوازی	مدت (دقیقه)	۱۰		۱۵	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰	۳۰
		شدت (ضربان قلب بیشینه)	۶۵-۶۰ درصد		۶۵-۶۰ درصد	۶۵-۶۰ درصد	۷۰-۶۵ درصد	۷۰-۶۵ درصد	۷۰-۶۵ درصد	۷۰-۶۵ درصد
	مقاومتی		شدت ۶۵ـ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه				شدت ۷۰-۶۵ درصد یک تکرار بیشینه			
گروه سه	هوازی	مدت (دقیقه)	۱۰		۱۵	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰	۳۰
		شدت (ضربان قلب بیشینه)	۵۵-۵۰ درصد		۵۵-۵۰ درصد	۵۵-۵۰ درصد	۶۰-۵۵ درصد	۶۰-۵۵ درصد	۶۰-۵۵ درصد	۶۰-۵۵ درصد
	مقاومتی		شدت ۷۵-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه				شدت ۸۰-۷۵ درصد یک تکرار بیشینه			

به‌منظور آگاهی از تغییرات کالری دریافتی، اطلاعات مربوط به رژیم غذایی آزمودنی‌ها توسط پرسش‌نامهٔ یادآمد خوراک ۲۴ ساعته در سه روز (دو روز ابتدای هفته و یک روز انتهای هفته) در هفته‌های اول، ششم و پایانی توسط آزمودنی‌ها ثبت گردید. سپس، این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار تخصصی تحلیل مواد غذایی[1]، میانگین کالری مصرفی آزمودنی‌ها را در سه مرحلهٔ زمانی تعیین نمود.

به‌منظور اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی، فرایند خون‌گیری پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت به‌صورت ناشتا و طی دو مرحله؛ یعنی پیش از شروع پروتکل و پس از ۱۲ هفته انجام گرفت. بدین‌منظور، از آزمودنی‌ها خواسته شد دو روز قبل از خون‌گیری، هیچ فعالیت شدیدی را انجام ندهند. در تمامی این مراحل، پزشک و پرستار آشنا به ویژگی‌های افراد مبتلا به دیابت حضور داشتند. در این مرحله، از ورید بازویی آزمودنی‌ها در وضعیت نشسته شش سی‌سی خون گرفته شد و نمونهٔ خونی پس از جمع‌آوری، سانتریفیوژ گردیده و سرم جداشده تا زمان اندازه‌گیری در فریزر ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری گشت. آدیپونکتین نیز به روش الایزا[2] و با استفاده از کیت‌های شرکت کاسابیو بیوتک[3] ساخت کشور چین اندازه‌گیری گردید. همچنین، پروتئین متصل به رتینول چهار به روش الایزا و با استفاده از کیت‌های شرکت کاسابیو بیوتک ساخت کشور چین و غلظت کلسترول، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا[4] و لیپوپروتئین کلسترول با چگالی پایین[5] به روش آنزیمی فتومتریک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

علاوه‌براین، جهت بررسی طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ـ ویلک[6] استفاده شد و پس از حصول اطمینان از طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها، روش آماری پارامتریک به‌کار گرفته شد. از آزمون لون[7] نیز برای بررسی برابری همگنی واریانس‌ها استفاده گردید. علاوه‌براین، آمار توصیفی جهت محاسبهٔ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی به‌کار رفت و برای مقایسهٔ میانگین داده‌های چهار گروه از تحلیل کوواریانس[8] (متغیرهای پیش‌آزمون به‌عنوان کوواریت در نظر گرفته شد) و آزمون تعقیبی ال. اس. دی[9] بهره گرفته شد. همچنین، به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی از آزمون تی زوجی استفاده شد و جهت بررسی تغییرات کالری مصرفی آزمودنی‌ها در طول دوره و گروه‌ها، آزمون

1. Modified NUT4
2. ELISA
3. Cusabio Biotech
4 .High Density Lipoprotein-Cholesterol (HDL-C)
5. Low Density Lipoprotein-Cholesterol (LDL-C)
6. Shapiro-Wilk
7. Levenes Test
8. Analysis of Covariance
9. LSD

تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر به‌کار رفت. علاوه‌براین، به‌منظور بررسی ارتباط بین تغییرات سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار و آدیپونکتین با نیم‌رخ لیپیدی از ضریب هم‌بستگی پیرسون استفاده شد. لازم‌به‌ذکر است که تمامی تحلیل‌ها در سطح معناداری ($P<0.05$) انجام شد و برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از نرم‌افزار اس. پی. اس. اس[1] نسخهٔ ۱۶ استفاده گردید.

نتایج

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژی آزمودنی‌ها در جداول شمارهٔ یک و دو ارائه شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی با شدت‌های مختلف منجر به تغییر معنادار وزن بدن، شاخص تودهٔ بدنی، درصد چربی بدن و نسبت دور کمر به لگن آزمودنی‌ها نشده است. یافته‌های درون‌گروهی نیز بیانگر کاهش وزن بدن در تمامی گروه‌ها می‌باشد؛ اما این کاهش نسبت به پیش‌آزمون تنها در دو گروه یک ($P=0.02$) و گروه دو ($P=0.04$) تمرین ترکیبی معنادار است. همچنین، کاهش معنادار درصد چربی بدن آزمودنی‌ها نسبت به پیش‌آزمون در تمامی گروه‌های تمرینی (گروه یک: $P=0.003$، گروه دو: $P=0.02$ و گروه سه: $P=0.01$) مشاهده می‌شود. حداکثر توان هوازی آزمودنی‌ها نیز در تمامی گروه‌های تمرینی نسبت به گروه کنترل ($P=0.001$) به‌طور معناداری افزایش یافته است. یافته‌های مربوط به این شاخص‌ها در جدول شماره سه ارائه شده است.

جدول ۲ـ متغیرهای آنتروپومتریک و فیزیولوژی آزمودنی‌ها پیش از آغاز پژوهش

متغیرها	گروه یک (۱۲ نفر)	گروه دو (۱۰ نفر)	گروه سه (۱۱ نفر)	گروه کنترل (۱۰ نفر)	مقادیر P
سن (سال)	۴۷/۹±۳/۰	۴۵/۸±۶/۳	۴۷/۵±۰/۹	۴۶/۹±۱/۲	۰/۷۲
قد (سانتی‌متر)	۱۶۹/۷±۹/۶	۱۷۳/۸±۰۰/۷	۱۷۱/۵±۶/۱	۱۷۲/۵±۸/۴	۰/۷۲
فشارخون سیستولی (میلی‌متر جیوه)	۱۱۵/۱۰±۴/۳	۱۱۴/۸±۰/۴	۱۱۷/۴±۳/۷	۱۱۱/۷±۰/۴	۰/۳۴
فشارخون دیاستولی (میلی‌متر جیوه)	۷۸/۵±۲/۶	۷۶/۴±۵/۷	۷۸/۳±۶/۲	۷۶/۳±۰/۹	۰/۴۷

1. SPSS

جدول ۳ـ متغیرهای آنتروپومتریک آزمودنی‌ها قبل و بعد از پژوهش

متغیرها		گروه یک	گروه دو	گروه سه	گروه کنترل	مقادیر P بین گروهی
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۷۷/۹±۱/۱	۸۰/۸±۶/۷	۸۲/۱۱±۹/۷	۸۴/۱۰±۴/۳	۰/۵۰
	پس‌آزمون	#۷۶/۸±۴/۷	#۷۹/۹±۷/۱	۸۲/۱۱±۲/۶	۸۴/۸±۱/۸	
	P درون‌گروهی	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۷۲	
شاخص‌تودهٔ بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	پیش‌آزمون	۲۶/۳±۶/۵	۲۶/۹±۱/۸	۲۸/۲±۰/۹	۲۸/۲±۲/۴	۰/۳۵
	پس‌آزمون	#۲۶/۳±۴/۳	#۲۶/۶±۲/۰	۲۷/۸±۲/۹	۲۸/۲±۱/۲	
	P درون‌گروهی	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۸۲	
درصد چربی (درصد)	پیش‌آزمون	۲۲/۵۷±۳/۷۴	۲۳/۷۴±۲/۷۵	۲۴/۱۵±۳/۶۸	۲۳/۰۴±۳/۰۶	۰/۰۹
	پس‌آزمون	#۲۱/۰۲±۳/۰۹	#۲۱/۹۲±۲/۵۴	#۲۲/۷۵±۳/۰۰	۲۲/۷۵±۳/۰۸	
	P درون‌گروهی	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۳۵	
تودهٔ بدون چربی (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۵۹/۶۶±۷/۲۶	۶۱/۴۸±۶/۹۰	۶۲/۵۵±۷/۱۱	۶۴/۸۲±۷/۲۱	۰/۸۷
	پس‌آزمون	۶۰/۲۲±۶/۰۷	۶۲/۲۵±۷/۷۳	۶۳/۲۵±۷/۵۰	۶۴/۹۳±۶/۵۶	
	P درون‌گروهی	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۸۳	
نسبت دور کمر به باسن	پیش‌آزمون	۰/۹۵±۰/۰۵	۰/۹۸±۰/۰۵	۰/۹۷±۰/۰۲	۰/۹۸±۰/۰۱	۰/۹۴
	پس‌آزمون	۰/۹۶±۰/۴۴	۰/۹۸±۰/۰۴	۰/۹۷±۰/۰۳	۰/۹۸±۰/۰۲	
	P درون‌گروهی	۰/۲۶	۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۵۷	
توان هوازی (میلی‌لیتر بر گیلوگرم در دقیقه)	پیش‌آزمون	۳۵/۳±۳/۷	۳۶/۵±۲/۷	۳۵/۲±۰/۴	۳۴/۵±۳/۶	۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	#۳۷/۷±۳/۹*	#۳۸/۹±۳/۰*	#۳۷/۲±۳/۹*	۳۴/۷±۳/۲	
	P درون‌گروهی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴۶	

*تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل

#تفاوت معنادار نسبت به پیش‌آزمون

یافته‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معناداری در سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار بین گروه‌ها (P=0.04) وجود دارد. آزمون تعقیبی نیز بیانگر آن است که سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار در گروه دو و سهٔ تمرین ترکیبی نسبت به گروه کنترل (گروه دو درمقابل گروه کنترل: P=0.01، گروه سه درمقابل گروه کنترل: P=0.02) به‌طور معناداری کاهش یافته است؛ اما تفاوت معناداری در سطوح آدیپونکتین بین گروه‌ها (P=0.38) مشاهده نمی‌شود. همچنین، در هیچ‌کدام از گروه‌ها تفاوت معناداری در سطوح آدیپونکتین آزمودنی‌ها بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نمی‌گردد. یافته‌های مربوط به این شاخص‌ها در جدول شمارهٔ چهار ارائه شده است.

علاوه‌براین، نتایج حاکی از آن است که پس از پایان مداخله، هم‌بستگی مثبت و معناداری بین تغییرات سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار و تری‌گلیسرید (r=0.38، P=0.01) آزمودنی‌ها مشاهده می‌شود؛ اما بین پروتئین متصل به رتینول چهار و سایر شاخص‌ها ارتباطی به‌چشم

نمی‌خورد. بین تغییرات سطوح آدیپونکتین و شاخص‌های آنتروپومتریک و نیم‌رخ لیپیدی نیز ارتباطی مشاهده نمی‌شود. علاوه‌براین، یافته‌ها بیانگر آن است که بین گروه‌ها تفاوت معناداری در کالری مصرفی در طول دوره وجود ندارد (P=0.27) و اثر تعامل بین گروه‌ها و دوره‌های زمانی معنادار نمی‌باشد (P=0.3).

جدول ۴ـ مقادیر پروتئین متصل به رتینول چهار، آدیپونکتین و شاخص‌های نیم‌رخ لیپیدی قبل و بعد از پژوهش

متغیرها		گروه یک	گروه دو	گروه سه	گروه کنترل	مقادیر P بین گروهی
تری‌گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش‌آزمون	۱۶۳/۵۰±۷/۳	۱۵۲/۷۰±۸/۷	۱۶۱/۶۰±۴/۵	۱۹۰/۶۹±۱/۸	۰/۰۳
	پس‌آزمون	۱۲۰/۲۴±۵/۰*#	۱۱۶/۴۸±۵/۰*	۱۲۷/۵۲±۹/۷*	۱۹۵/۹۶±۶/۱	
	P درون‌گروهی	۰/۰۰۲	۰/۲۶	۰/۰۹	۰/۸۱	
کلسترول تام (میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش‌آزمون	۱۴۵/۴۰±۶/۴	۱۴۲/۴۱±۳/۰	۱۴۵/۲۸±۴/۱	۱۳۷/۴۲±۲/۳	۰/۱۶
	پس‌آزمون	۱۳۹/۳۲±۳/۵	۱۰۵/۴۱±۵/۰#	۱۳۹/۲۹±۹/۲	۱۳۲/۵۳±۰/۷	
	P درون‌گروهی	۰/۶۴	۰/۰۱	۰/۵۹	۰/۷۸	
لیپوپروتئین کلسترول با چگالی پایین (میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش‌آزمون	۹۲/۲۴±۱/۷	۹۷/۲۷±۷/۵	۹۸/۱۷±۳/۳	۹۰/۲۹±۲/۱	۰/۹۸
	پس‌آزمون	۸۸/۲۴±۹/۶	۹۳/۲۵±۴/۷	۹۲/۲۶±۳/۶	۹۱/۱۹±۳/۱	
	P درون‌گروهی	۰/۵۳	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۹۱	
لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا (میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش‌آزمون	۴۳/۵±۸/۳	۳۸/۷±۷/۲	۴۱/۸±۷/۹	۴۰/۱۳±۵/۰	۰/۹۸
	پس‌آزمون	۴۰/۱۱±۳/۶	۳۸/۶±۱/۵	۳۸/۱۱±۱/۹	۳۸/۱۳±۶/۶	
	P درون‌گروهی	۰/۳۳	۰/۸۱	۰/۳۳	۰/۶۶	
پروتئین متصل به رتینول چهار (میکروگرم بر میلی لیتر)	پیش‌آزمون	۵۴/۲۰±۰/۶	۵۵/۱۷±۶/۵	۶۸/۱۶±۲/۸	۵۹/۲۰±۹/۱	۰/۰۴
	پس‌آزمون	۵۲/۱۶±۲/۳	۴۷/۱۳±۰/۹*	۵۱/۱۸±۳/۷*#	۶۶/۲۲±۵/۵	
	P درون‌گروهی	۰/۸۰۲	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۴۱	
آدیپونکتین (میکروگرم بر میلی لیتر)	پیش‌آزمون	۶/۹±۱/۵	۶/۳±۱/۳۹	۴/۶±۲/۰	۶/۲±۲/۹	۰/۳۸۹
	پس‌آزمون	۶/۵±۱/۲	۶/۴±۱/۶	۴/۵±۱/۷	۵/۷±۲/۱	
	P درون‌گروهی	۰/۵۰	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۳۱	

*تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل

#تفاوت معنادار نسبت به پیش‌آزمون

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی با شدت‌های مختلف منجر به تغییر معنادار وزن بدن، شاخص تودهٔ بدنی، درصد چربی بدن و نسبت دور کمر به لگن آزمودنی‌ها نگردید. برخی از مطالعات انجام‌شده در این ارتباط، یافته‌های مشابهی را گزارش کرده‌اند (۱۴،۲۳،۲۴).

بااین‌حال، این نتایج با یافته‌های پژوهش صمدیان و همکاران (۱۳۹۲) هم‌سو نمی‌باشد (۲۵). متفاوت‌بودن نتایج مطالعات مختلف ممکن است به‌واسطهٔ تفاوت در روش‌های ارزیابی ترکیب بدن (شاخص تودهٔ بدنی، وزن یا تودهٔ چربی)، برنامه‌های تمرینی متفاوت (شدت، مدت و نوع تمرین)، طول دورهٔ تمرینی و وجود یا عدم وجود کنترل رژیم غذایی همراه با مداخلهٔ تمرینی باشد (۲۶). به‌نظر می‌رسد حجم تمرین موردنیاز برای دستیابی به کاهش وزن قابل‌توجه، بسیار بیشتر از میزان تمرین موردنیاز برای بهبود کنترل گلیسمیک یا کاهش سایر خطرات مرتبط با تندرستی باشد (۲۷)؛ ازاین‌رو، به‌نظر می‌رسد حجم تمرینات پژوهش حاضر برای ایجاد کاهش وزن بیشتر و یا سایر تغییرات قابل‌انتظار در شاخص‌های ترکیب بدنی کافی نبوده باشد. ازسوی‌دیگر، به‌نظر می‌رسد حفظ و یا افزایش تودهٔ عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی اجراشده در گروه‌های تمرینی ترکیبی، یکی از عوامل عدم مشاهدهٔ کاهش معنادار وزن باشد (۲۵،۲۶). همچنین، برخی از مطالعات افزایش انرژی دریافتی، جبران (کاهش) انرژی مصرفی و یا هر دو را از عوامل احتمالی عدم کاهش وزن یا چربی بدن در اثر تمرین ورزشی دانسته‌اند (۲۸).

در پژوهش حاضر، تنها مقادیر تری‌گلیسرید در هر سه گروه تمرین ترکیبی به‌طور معناداری کاهش یافت و تفاوتی در سایر شاخص‌ها بین گروه‌ها مشاهده نشد که این امر هم‌سو با یافته‌های یاوری[1] و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشد (۲۴). دراین‌زمینه، چودیک[2] و همکاران (۲۰۱۱) در یک مطالعهٔ فراتحلیلی نتیجه گرفتند که تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی به‌طور معناداری سطوح تری‌گلیسرید را کاهش می‌دهد که این تغییرات ناشی از تمرین به تغییرات معنادار وزن، شاخص تودهٔ بدنی، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا و لیپوپروتئین کلسترول با چگالی پایین مرتبط نمی‌باشد (۲۹). علاوه‌براین، یافته‌های پژوهش حاضر نشان‌دهندهٔ کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار در تمامی گروه‌های تمرینی بود؛ اما این کاهش نسبت به گروه کنترل تنها در گروه دو تمرین ترکیبی و گروه سه تمرین ترکیبی معنادار بود. در این ارتباط، مطالعات معدودی تأثیر تمرین ترکیبی بر غلظت‌های پروتئین متصل به رتینول چهار را بررسی نموده‌اند (۳۰،۳۱). چوی[3] و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر ۱۲ هفته تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی را در زنان چاق مورد بررسی قرار دادند و با وجود کاهش وزن و شاخص تودهٔ بدنی، هیچ‌گونه تغییر معناداری را در سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار مشاهده نکردند که این امر با یافته‌های پژوهش حاضر مغایرت دارد (۳۰). بااین‌وجود، بیشتر مطالعات انجام‌شده دراین‌زمینه، یافته‌های مشابهی با نتایج پژوهش حاضر را گزارش کرده‌اند (۱۱،۱۲،۳۲ـ۳۴). چندین پژوهش نشان داده‌اند که غلظت‌های پروتئین متصل به رتینول چهار با

1. Yavari
2. Chudyk
3. Choi

کاهش تودهٔ بدنی ناشی از تمرین ورزشی (۹)، محدودیت کالری دریافتی و تغییرات پروتئین متصل به رتینول چهار با تغییرات شاخص تودهٔ بدنی مرتبط می‌باشد (۳۴). بااین‌حال، در پژوهش حاضر هم‌سو با یافته‌های نوما[1] و همکاران (۲۰۱۲)، ارتباطی بین تغییرات پروتئین متصل به رتینول چهار و تغییرات وزن و شاخص تودهٔ بدنی مشاهده نگردید (۳۴). علاوه‌براین، حجم کالری دریافتی آزمودنی‌ها در طول پژوهش بدون تغییر بود. ازسوی‌دیگر، حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها در گروه‌های تمرینی پس از دورهٔ تمرین افزایش یافت. این اطلاعات پیشنهاد می‌کنند که تمرین در کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار سهیم بوده و این کاهش، مستقل از تودهٔ بدن و کالری دریافتی می‌باشد (۳۴). ارتباط بین غلظت پروتئین متصل به رتینول چهار و تری‌گلیسرید نیز در مطالعات مقطعی گزارش شده است (۹،۳۴). در پژوهش گودمن[2] و همکاران (۲۰۰۶)، سوری و همکاران (۲۰۱۱) و نوما و همکاران (۲۰۱۲) (هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر) تغییرات پروتئین متصل به رتینول چهار با تغییرات مقادیر تری‌گلیسرید هم‌بسته بود (۳۶-۳۴). مطالعات نشان داده‌اند که غلظت‌های گردشی پروتئین متصل به رتینول چهار با کاهش انتخابی ناقل‌های گلوکز در سلول‌های چربی افزایش می‌یابد و تمرین ورزشی، بیان پروتئین ناقل گلوکز و آر. ان. ای پیام‌رسان[3] را در سلول‌های چربی افزایش می‌دهد (۳۴) که این افزایش ممکن است غلظت پروتئین متصل به رتینول چهار گردش خون را کاهش دهد. علاوه‌براین، پروتئین متصل به رتینول چهار، تنها پروتئین ویژهٔ ناقل رتینول در گردش خون بوده و رتینوئیدهای تولید کبدی، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بسیار کم را افزایش می‌دهد (۳۴). دراین‌زمینه، بروچ[4] و همکاران (۲۰۱۰) پیشنهاد کردند که کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار ممکن است به‌طور غیرمستقیم سطوح تری‌گلیسرید را با کاهش تولید کبدی لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بسیار کم[5] کاهش دهد. لازم‌به‌ذکر است که تری‌گلیسرید ناشتا، عنصر اصلی لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بسیار کم می‌باشد؛ بنابراین، تمرین ورزشی ممکن است ناقل‌های گلوکز را در بافت‌های چربی افزایش دهد که این امر منجر به کاهش غلظت‌های پروتئین متصل به رتینول چهار شده و تاحدی می‌تواند در بهبود غلظت‌های تری‌گلیسرید سهیم باشد (۳۷). بسیاری از مطالعات عنوان کرده‌اند که تمرین شدیدتر، کاهش بیشتر سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار را به‌دنبال خواهد داشت (۸،۱۲). علاوه‌براین، برخی از پژوهش‌ها به مقایسهٔ تأثیر تمرین مقاومتی و هوازی بر سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار در

1. Numao
2. Goodman
3. mRNA
4. Broch
5. Very Low Density Lipoprotein-Cholesterol (VLDL-C)

بیمارن مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته‌اند و کاهش بیشتر غلظت‌های پروتئین متصل به رتینول چهار را پس از تمرین مقاومتی نسبت به تمرین هوازی گزارش نموده‌اند. این مطالعات پیشنهاد می‌کنند که تمرین مقاومتی و تناوبی شدید، نتایج بهتری را در بهبود سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار نسبت به تمرین هوازی فراهم می‌آورد (۸،۹،۱۱،۱۲). در پژوهش حاضر، کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار در گروه یک تمرین ترکیبی معنادار نبود. با توجه به مطالب فوق در ارتباط با تأثیرگذاری تمرین مقاومتی نسبت به تمرین هوازی، به‌نظر می‌رسد که معنادارنبودن کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار در این گروه نسبت به دو گروه دیگر به‌دلیل پایین‌تربودن شدت تمرین مقاومتی، تاحدی توجیه‌پذیر باشد. می‌توان گفت که بالاتربودن شدت تمرین مقاومتی در دو گروه دیگر، یکی از عوامل اصلی کسب این نتایج باشد.

علاوه‌براین، یافته‌ها نشان داد که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی با شدت‌های مختلف، تأثیر معناداری بر سطوح آدیپونکتین بیماران مبتلا به دیابت نوع دو ندارد. دراین‌راستا، برخی از مطالعات یافته‌های مشابهی را با نتایج پژوهش حاضر گزارش کرده‌اند (۱۲،۱۳،۱۷،۳۱،۳۴،۳۸). برخی از این پژوهش‌ها از آزمودنی‌های مبتلا به دیابت نوع دو (۳۸، ۱۷، ۱۲،۱۳) و برخی نیز از آزمودنی‌های چاق استفاده نموده‌اند (۳۰،۳۴). همچنین، برخی از پژوهش‌ها در ارتباط با بیماران مبتلا به دیابت نوع دو (۱۱،۳۹،۴۰) و آزمودنی‌های چاق (۱۴،۴۱،۴۲)، افزایش معنادار سطوح آدیپونکتین را پس از تمرین ورزشی گزارش نموده‌اند. دراین‌راستا، چوی و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر ۱۲ هفته تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی را در زنان چاق مورد بررسی قرار دادند و با وجود کاهش وزن و شاخص تودهٔ بدنی، هیچ‌گونه تغییر معناداری را در سطوح آدیپونکتین مشاهده نکردند (۳۱). برخی از مطالعات نیز علی‌رغم تغییر معنادار سطوح آدیپونکتین، ارتباط سطوح آدیپونکتین با برخی از شاخص‌ها را گزارش نموده‌اند (۳۴،۱۳)؛ به‌طورمثال، در پژوهش نوما و همکاران (۲۰۱۲)، تغییرات آدیپونکتین با تغییرات لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا هم‌بسته بود. آن‌ها بر این باور هستند که آدیپونکتین، غلظت لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بالا را توسط ترشح و پالایش آپوپروتئین ای-۱[1] در کبد تنظیم می‌کند (۳۴)؛ اما در پژوهش حاضر، هیچ ارتباطی بین تغییرات آدیپونکتین و شاخص‌های نیم‌رخ لیپیدی مشاهده نگردید. بیشتر مطالعات گزارش کرده‌اند که سطوح آدیپونکتین تنها در بیمارانی کاهش می‌یابد که کاهش وزن قابل‌توجهی را تجربه نمایند (۱۳،۲۸). در پژوهش حاضر، آزمودنی‌ها کاهش وزن معناداری را تجربه نکردند که شاید یکی از مهم‌ترین عوامل عدم مشاهدهٔ تغییر معنادار سطوح آدیپونکتین در پژوهش حاضر باشد. ازسوی‌دیگر، مطالعات نشان داده‌اند که اهمیت بالینی بهبود در شاخص‌های التهابی به‌این‌دلیل که سطوح گردشی آن‌ها ممکن است سنتز عروقی و

1. Apoprotein A-1

تغییرات ناشی از تمرین ورزشی در دیوارهٔ عروق را منعکس نکند، نامشخص می‌باشد (۱۷). علاوه‌براین، کنترل عوامل ژنتیکی یا سایر فاکتورهای مستقل از چاقی و دیابت در پژوهش نیمه‌تجربی حاضر از عهدهٔ پژوهشگران خارج بود و ممکن است این عوامل بر نتایج اثرگذار بوده باشند.

براساس نتایج مشخص شد که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی با شدت‌های مختلف، تأثیری بر شاخص‌های آنتروپومتریک و آدیپونکتین ندارد. بااین‌حال، دو برنامهٔ تمرین ترکیبی گروه دو (مقاومتی: شدت ۶۰-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه؛ هوازی: شدت ۷۰-۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب) و گروه سه (مقاومتی: شدت ۸۰-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه؛ هوازی: شدت ۶۰-۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب) به‌واسطهٔ کاهش سطوح پروتئین متصل به رتینول چهار و تری‌گلیسرید می‌تواند در بهبود اختلالات متابولیکی بیماران مبتلا به دیابت نوع دو مفید باشد.

پیام مقاله: با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که بیماران مبتلا به دیابت نوع دو با انجام تمرین ترکیبی با شدت‌های بالاتر؛ به‌ویژه در بخش تمرین مقاومتی، مزیت‌های بیشتری را کسب نمایند. همچنین، به‌نظر می‌رسد به‌منظور بهبود شاخص‌های آنتروپومتریک از جمله وزن و تودهٔ چربی، حجم‌های بالاتری از تمرین ترکیبی در طول هفته (بیشتر از سه جلسه در هفته) نیاز می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی داوطلبان شرکت‌کننده در این پژوهش که با رعایت ملاحظات اخلاقی به تعهدات خویش پایبند بوده و آن را با حضور فعالانه و تلاش بی‌وقفهٔ خود نشان دادند و نیز از تمامی افرادی که ما را در انجام مطلوب این پژوهش یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Gulcelik N, Usman A, Gurlek A. Role of adipocytokines in predicting the development of diabetes and its late complications. Endocrine. 2009; 36(3): 397-403.
2. Kahn S E, Cooper M E, Del Prato S. Pathophysiology and treatment of type 2 diabetes: Perspectives on the past, present, and future. Lancet. 2014; 383(9922): 1068-83.
3. Nolan C J, Damm P, Prentki M. Type 2 diabetes across generations: From pathophysiology to prevention and management. Lancet. 2011; 378(9786): 169-81.
4. Hordern M D, Dunstan D W, Prins J B, Baker M K, Singh M A, Coombes J S. Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: A position statement from Exercise and Sport Science Australia. J Sci Med Sport. 2012; 15(1): 25-31..

5. Stefanyk L E, Dyck D J. The interaction between adipokines, diet and exercise on muscle Insulin sensitivity. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2010; 13(3): 255-9.
6. Nayak B S, Ramsingh D, Gooding S, Legall G, Bissram S, Mohammed A, et al. Plasma adiponectin levels are related to obesity, inflammation, blood lipids and insulin in type 2 diabetic and non-diabetic Trinidadians. Prim Care Diabetes. 2010; 4(3): 187-92.
7. Ahima R S. Metabolic actions of adipocyte hormones: Focus on adiponectin. Obesity (Silver Spring). 2006; 14(1): 9-15..
8. Christou G A, Tselepis A D, Kiortsis D N. The metabolic role of retinol binding protein 4: An update. Horm Metab Res. 2012; 44(1): 6-14.
9. Graham T E, Yang Q, Blüher M, Hammarstedt A, Ciaraldi T P, Henry R R, et al. Retinol-binding Protein 4 and Insulin resistance in lean, obese, and diabetic subjects. N Engl J Med. 2006; 354(24): 2552-63..
10. Kotnik P, Fischer-Posovszky P, Wabitsch M. RBP4: A controversial adipokine. Eur J Endocrinol. 2011; 165(5): 703-11..
11. Kang S, Woo J H, Shin K O, Kim D, Lee H J, Kim Y J, et al. Circuit resistance exercise improves glycemic control and adipokines in females with type 2 diabetes mellitus. J Sports Sci Med. 2009; 8(4): 682-8.
12. Ku Y H, Han K A, Ahn H, Kwon H, Koo B K, Kim H C, et al. Resistance exercise did not alter intramuscular adipose tissue but reduced retinol-binding protein-4 concentration in individuals with type 2 diabetes mellitus. J Int Med Res. 2010; 38(3): 782-91.
13. Jorge M L, De Oliveira V N, Resende N M, Paraiso L F, Calixto A, Diniz A L, et al .The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle Insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. Metabolism. 2011; 60(9): 1244-52..
14. Hong H R, Jeong J O, Kong J Y, Lee Sh, Yang Sh, Ha C D, et al. Effect of walking exercise on abdominal fat, Insulin resistance and serum Cytokines in obese women. J Exerc Nutrition Biochem. 2014; 18(3): 277-85. .
15. Praet S F, Van Loon L J. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in type2 diabetes. J Appl Physiol (1985). 2007; 103(4): 1113-20..
16. Colberg S R, Sigal R J, Fernhall B, Regensteiner J G, Blissmer B J, Rubin R R. Exercise and type 2 diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: Joint position statement. Diabetes Care. 2010; 33(12): 147–67..
17. Balducci S, Zanuso S, Nicolucci A, Fernando F, Cavallo S, Cardelli P, et al. Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2010; 20(8): 608-17.
18. Yang Z, Scott C A, Mao C, Tang J, Farmer A J. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2014; 44(4): 487-99.
19. Boulé N G, Kenny G P, Haddad E, Wells G A, Sigal R J. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in type 2 diabetes mellitus. Diabetologia. 2003; 46(8): 1071-81.

20. Umpierre D, Ribeiro P A, Kramer C K, Leitão C B, Zucatti A T, Azevedo M J, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. JAMA. 2011; 305(17): 1790-9.
21. Umpierre D, Ribeiro P A, Schaan B D, Ribeiro J P. Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: A systematic review with meta-regression analysis. Diabetologia. 2013; 56(2): 242-51. .
22. Jackson A S, Pollack M L. Practical assessment of body composition. Phys Sports Med. 1985; 13(1): 76-90.
23. Tan S, Li W, Wang J. Effects of six months of combined aerobic and resistance training for elderly patients with a long history of type 2 diabetes. J Sports Sci Med. 2012; 11(3): 495-501..
24. Yavari A, Najafipoor F, Aliasgarzadeh A, Niafar M, Mobasseri M. Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycemic control and cardio-vasculr risk factors in patients with type 2 diabetes. Biol Sport. 2012; 29(2): 135-43.
25. Samadian Z, Tofighi A, Mahdi Zadeh A. Effect of combined training (aerobic-resistance) on resistine serum and glycemic indexes in type 2 diabetes obese postmenopausal women. Ijdld. 2013; 12(6): 524-33. (In Persian).
26. Marcus R L, Smith S, Morrell G, Addison O, Dibble L E, Wahoff-Stice D, et al. Comparison of combined aerobic and high- force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabets mellitus. Phys Ther. 2008; 88(11): 1345-54..
27. Albright A, Franz M, Hornsby G, Kriska A, Marrero D, Ullrich I, et al. American College of Sports Medicine position stand, exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc. 2000; 32(7): 1345-60.
28. Hamedinia M, Amiri-Parsa T, Khademosharie M, Azarnive M, Hedayati M. The effect of five-week daily aerobic exercise training and ten-week every other day aerobic training on some markers of women with type 2 diabetes. Daneshvar Medicine. 2012; 19(99): 71-8. (In Persian).
29. Chudyk A, Petrella R J. Effects of exercise on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: A meta-analysis. Diabetes Care. 2011; 34(5): 1228-37.
30. Choi K M, Kim T N, Yoo H J, Lee K W, Cho G J, Hwang T G, et al. Effect of exercise training on A-FABP, lipocalin-2 and RBP4 levels in obese women. Clin Endocrinol (Oxf). 2009; 70(4): 569-74.
31. Choi H Y, Park J W, Lee N, Hwang S Y, Cho G J, Hong H C, et al. Effects of a combined aerobic and resistance exercise program on C1q/TNF-related Protein-3 (CTRP-3) and CTRP-5 levels. Diabetes Care. 2013; 36(10): 3321-7.
32. Lee S S, Kang S. Effects of regular exercise on obesity and type 2 diabetes mellitus in Korean children: Improvements glycemic control and serum adipokines level. J Phys Ther Sci. 2015; 27(6): 1903-7.
33. Taghian F, Zolfaghari M, Hedayati M. Effects of aerobic exercise on serum retinol binding Protein 4, Insulin resistance and blood lipids in obese women. Iran J Public Health. 2014; 43(5): 658-65. (In Persian).

34. Numao S, Sasai H, Nomata Y, Matsuo T, Eto M, Tsujimoto T, et al. Effects of exercise training on circulating retinol-binding Protein 4 and cardiovascular disease risk factors in obese men. Obes Facts. 2012; 5(6): 845-55.
35. Goodman E, Graham T E, Dolan L M, Daniels S R, Goodman E R, Kahn B B. The relationship of retinol binding Protein 4 to changes in Insulin resistance and cardiometabolic risk in overweight black adolescents. J Pediatr. 2009; 154(1): 67-73.
36. Soori R, Hasani Ranjbar S, Vahabi K, Shabkhiz F. Effects of aerobic interval training on serum RBP4 and Insulin resistance in type 2 diabetic patients. Iranian Journal of Diabetes and Metabolism. 2011; 4(10): 388-97. (In Persian).
37. Broch M, Gómez J M, Auguet M T, Vilarrasa N, Pastor R, Elio I, et al. Association of retinol-binding Protein-4 (RBP4) with lipid parameters in obese women. Obes Surg. 2010; 20(9): 1258-64.
38. Johannsen N M, Sparks L M, Zhang Z, Earnest C P, Smith S R, Church T S, et al. Determinants of the changes in glycemic control with exercise training in type 2 diabetes: A randomized trial. PLoS One. 2013; 8(6): 62973.
39. Parsian H, Eizadi M, Khorshidi D, Khanali F. The effect of long-term aerobic exercise on serum adiponectin and Insulin sensitivity in type 2 diabetic patients. J Jums. 2013; 11(1): 41-8. (In Persian)..
40. Shavandi N, Saremi A, Ghorbani A, Parastesh M. Effects of aerobic training on resistin, adiponectin and Insulin resistance index in type 2 diabetic men. Sport Physiology (Research on Sport Science). 2011; 3(10): 89-102. (In Persian).
41. Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. Eur J Appl Physiol. 2013; 113(10): 2531-40.
42. Akbarpour M. The effect of aerobic training on serum adiponectin and leptin levels and inflammatory markers of coronary heart disease in obese men. Biol Sport. 2013; 30(1): 21-7.

ارجاع دهی

زارعی مهدی، حامدی نیا محمد رضا، حقیقی امیرحسین، امینی سارا. تأثیر سه برنامهٔ تمرین ترکیبی هوازی مقاومتی با شدت‌های مختلف بر سطوح آدیپونکتین، پروتئین متصل به رتینول چهار و نیم‌رخ لیپیدی در مردان مبتلا به دیابت نوع دو. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۳۹۶؛ ۹(۳۳): ۸۶-۶۹.
شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2017.1830.1230

Zarei M, Hamedinia M.R, Haghighi A.H, Amini S. Effects of Three Combined Aerobic-Resistance Exercise Training Protocols with Different Intensities on Adiponectin, Retinol Binding Protein 4 and Lipid Profile in Men with Type 2 Diabetes. Sport Physiology. Spring 2017; 9(33): 69-86. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2017.1830.1230.

Effects of Three Combined Aerobic-Resistance Exercise Training Protocols with Different Intensities on Adiponectin, Retinol Binding Protein 4 and Lipid Profile in Men with Type 2 Diabetes

M. Zarei[1], M.R. Hamedinia[2], A.H. Haghighi[3], S. Amini[4]

1. Department of Physical Education, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran*
2. Professor of Sport Physiology, Hakim Sabzevari University of Sabzevar .
3. Associate Professor of Sport Physiology, Hakim Sabzevari University of Sabzevar
4. MD. Cardiologist, Assistant Professor of Sabzevar University of Medical Science

Received: 2015/11/16 Accepted: 2016/03/08

Abstract

The purpose of this study was to compare effects of three combined aerobic-resistance exercise training protocols with different intensities on adiponectin, retinol binding protein4 and lipid profile in men with type 2diabetes. 43male patients with type2 diabetes were randomly divided into 4groups (three combined aerobic-resistance exercise training groups 1 (Age 47.3±9.0, Weight 77.1±9.1, BMI 26.6±3/5), 2 (Age 45.6±8.3, Weight 80.6±8.7, BMI 26.9±1.8), 3 (Age 47.0±5.9, Weight 82.9±11.7, BMI 28.0±2.9) and control (Age 46.1±9.2, Weight 84.4±10.3, BMI 28.2±2.4)). Training groups performed combined aerobic-resistance exercises for 12 weeks, 3 times a week with given intensities (group 1: resistance 50-60% one repetition maximum- aerobic 70-80% maximum heart rate, group 2: resistance 60-70% one repetition maximum- aerobic 60-70% maximum heart rate and group 3: resistance 70-80% one repetition maximum- aerobic 50-60% maximum heart rate). The blood sampling to determine the levels of adiponectin, retinol binding protein 4 and lipid profile before and after 12weeks, were conducted. Data were analyzed using analysis of covariance. Retinol binding protein 4 levels significantly decreased in 2 and 3 combined training groups compared with control group ($P<0.05$). Triglyceride levels was significantly decreased in all training groups ($P<0.05$). No significant difference were observed between groups in body weight, Body mass index, fat mass, adiponectin, cholesterol, High Density Lipoprotein Cholesterol and Low Density Lipoprotein-Cholesterol. 12weeks of combined aerobic-resistance exercise training protocols with different intensities has no significant effect on adiponectin and anthropometric indices. But, two combined exercise training protocols of group

*Corresponding Author Email:Zarei.m8716@yahoo.com.

2and 3 through decreasing retinol binding protein 4 and triglyceride levels could be helpful on improvement of metabolic disorders in patient with type 2 diabetes.

Keywords: Type 2 Diabetes, Aerobic Resistance Training, Adiponectin, Retinol Binding Protein 4.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی