



The response of TNF- α , IL-6 serum levels and lipid profiles to two aerobic training frequencies with the same volume in obese middle-aged women with type 2 diabetic

Ali Rajabi ¹, Ali Akbarnejad ^{2*}, Marefat Siahkoohian ¹, Morteza Yari ²

¹Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

² Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Original Article

Abstract

Purpose: The aim of this study was to comparison of the effect of two different frequencies of aerobic exercise with the same volume and detraining period on the levels of IL-6, TNF- α and lipid profiles in obese middle-aged women with type 2 diabetes.

Methods: Thirty-six obese women age?? with type 2 diabetes were randomly divided into three groups of 12 equal members (Group I = three sessions and group two = six sessions per week, with the same volume). Subjects in Groups I and II performed aerobic training for eight weeks with an intensity of 60 to 75% of the maximum heart rate and the same volume. Samples were taken Pre-test, 48 hours and two weeks after the last training session. Biochemical variables were measured by ELISA method. The repeated measure of Analysis of Variance (ANOVA) with Bonferroni's post hoc test was used to evaluate intra-group changes and One-way ANOVA with post-test Tukey test were used to evaluate the inter-group outcomes at each stage.

Results: After eight weeks of interventions, the intergroup results showed that TNF- α , IL-6, TG and total cholesterol were only significantly reduced in Group I ($P < 0.05$). Also, the between-group results showed a significant difference between groups one with control, and I with two in the above variables ($P < 0.05$). However, there was no significant difference between the group two with control in the post-test and detraining stages ($P < 0.05$). And there was no significant difference between group two and control in post-test and detraining stages ($P < 0.05$). Moreover, results in weight, body fat and BMI variables were only significantly reduced in Group I ($P < 0.05$).

Conclusion: The effect of exercise training with a longer duration than the frequency in short-term training sessions was better in controlling the IL-6, TNF- α and lipid profiles in obese women with type 2 diabetes.

Keywords: Diabetes Mellitus Type 2, Exercise, Obesity, Women, TNF-alpha, Interleukin-6, Tumor Necrosis Factor-alpha.

How to cite the article: Rajabi A, Akbarnejad A, Siahkoohian M, Yari M. The response of TNF- α , IL-6 serum levels and lipid profiles to two aerobic training frequencies with the same volume in obese middle-aged women with type 2 diabetic. Sport and Exercise Physiology 2021;14(1):59-72

*Corresponding Author; E-mail: a.akbarnejad@yahoo.com

DOI: 10.52547/joeppa.14.1.59



پاسخ مقادیر سرمی $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و نیمرخ لیپیدی به دو توالی تمرین هوازی هم‌حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو

علی رجبی^۱، علی اکبرنژاد^۲، معرفت سیاه‌کوهیان^۱، مرتضی یاری^۲

^۱ گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
^۲ دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف: تحقیق حاضر با هدف مقایسه اثر دو توالی مختلف تمرین هوازی با حجم یکسان و ماندگاری پس از آن بر سطوح سایتوکاین‌های التهابی $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و نیمرخ لیپیدی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع دو انجام گرفت. **روش‌ها:** بدین منظور، ۳۶ زن چاق مبتلا به دیابت نوع دو به صورت تصادفی به سه گروه مساوی ۱۲ نفره تقسیم شدند. گروه یک و دو به مدت ۸ هفته (گروه یک = ۳ جلسه و گروه دو = ۶ جلسه در هفته، با حجم یکسان) تمرین هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه انجام دادند. نمونه‌گیری‌ها در مرحله پیش‌آزمون، ۴۸ ساعت و دو هفته پس از آخرین جلسه تمرینی انجام گرفت. در ادامه متغیرهای بیوشیمیایی با روش الایزا اندازه‌گیری شد. برای مقایسه نتایج درون‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر همراه با آزمون تعقیبی بونفرونی و برای بررسی نتایج بین‌گروهی از تحلیل واریانس یک‌راهه با آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

نتایج: پس از ۸ هفته مداخله، نتایج درون‌گروهی در متغیرهای TG ، $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و کلسترول تام تنها در گروه تمرینی یک، در پس‌آزمون و ماندگاری در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معنادار نشان داد ($P < 0/05$). همچنین نتایج بین‌گروهی نشان‌دهنده اختلاف معنادار متغیرهای مذکور بین گروه‌های یک با کنترل و یک با دو بود ($P < 0/05$)؛ در حالی که بین گروه دو با کنترل در مراحل پس‌آزمون و ماندگاری اختلاف زیادی مشاهده نشد ($P > 0/05$). همچنین نتایج در بخش متغیرهای وزن، چربی بدن، شاخص توده بدنی، تنها در گروه یک، بعد از گذشت ۸ هفته از مداخلات، تغییر معناداری داشتند ($P < 0/05$). میزان ماندگاری کاهش در متغیر وزن، چربی بدن، شاخص توده بدنی، نسبت به مرحله پیش‌آزمون تنها در گروه یک، همچنان معنادار بود ($P < 0/05$).

نتیجه‌گیری: نقش تمرین ورزشی با مدت زمان بیشتر نسبت به تکرر در جلسات تمرینی کوتاه مدت می‌تواند موجب تعدیل بهتر $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و نیمرخ لیپیدی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع دو شود.

واژه‌های کلیدی: اینترلوکین-۶، چاقی، دیابت قندی نوع دو، عامل نکروز توموری آلفا، ورزش زنان

مقدمه

به سبب دیابت از دست دادند (۱) و گسترش نوع دو آن موجب شده است که این بیماری به یکی از مسائل و مشکلات مهم در امر سلامتی تبدیل شود (۲). همچنین دیابت نوع دو عامل اصلی خطر افزایش برخی بیماری‌ها و خطر مستقلاً برای هر دو نوع بیماری ماکروواسکولار

حدود ۴۱۵ میلیون نفر در جهان مبتلا به دیابت هستند و از هر ۱۱ فرد بالغ یک نفر دچار بیماری دیابت است. در سال ۲۰۱۵ پنج میلیون نفر در جهان جان خود را

* نویسنده مسئول: رایانامه: a.akbarnejad@yahoo.com

انسولین منجر شود (۱۲). همچنین کاهش سطوح IL-6 در میان دیابتی‌های نوع دو بر اثر انجام ورزش هوازی گزارش شده است (۱۳). هرچند برخی مطالعات هیچ‌گونه کاهش را در سطح IL-6 گزارش نکرده‌اند (۱۴، ۱۵). همچنین، تمرین ورزشی (۱۲ هفته‌ای)، سطوح IL-6 و TNF- α را در دختران (۱۶) و زنان چاق (۱۷) تغییر نداد؛ با این حال، در تحقیقی دیگر تمرین ورزشی به مدت ۷ ماه، وزن بدن و TNF- α را کاهش داد (۱۸). علاوه بر بررسی متغیرهای مذکور که تأثیرات مهمی در بیماری دیابت نوع دو دارند، هنوز تأثیرات تمرینات هوازی بر آن‌ها اثبات نشده است.

نکته مهم دیگر در تحقیق حاضر مقایسه دو توالی تمرینی با حجم یکسان است که تاکنون این شیوه تمرینی روی بیماران دیابتی مقایسه و بررسی نشده است، زیرا انجمن دیابت آمریکا، به‌طور کلی دیابتی‌های نوع دو را به حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت متوسط یا حداقل ۹۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت بالا توصیه می‌کند (۱۹). لیکن مشاهده می‌شود که زمان و شدت کلی تمرین در هفته توصیه شده است؛ بنابراین در تحقیق حاضر بررسی می‌شود که آیا تمرین یک روز در میان (سه روز در هفته، با زمان بیشتر در هر جلسه) نسبت به تمرین شش روز در هفته (با حجم یکسان و برابر سه روز در هفته، ولی با زمان کمتر در هر جلسه) تفاوتی در بهبود بیماران دیابتی نوع دو و متغیرهای تحقیق حاضر دارد یا خیر؟

مبحث دیگری که در تحقیق حاضر بررسی شده، بررسی اثر ماندگاری فعالیت بدنی در این قشر از بیماران است که تاکنون در تحقیقی مورد بررسی و توجه قرار نگرفته است، زیرا بعضی مواقع به دلایلی امکان ادامه فعالیت ورزشی به‌طور مداوم برای بیماران دیابتی مقدور نیست و هنوز جای سؤال است که بعد از اتمام دوره تمرین و شروع بی‌تمرینی تا چه زمان آثار مفید ورزش باقی می‌ماند؟ بنابراین، هدف کلی تحقیق حاضر، پاسخ مقادیر سرمی TNF- α ، IL-6 و نیمرخ لیپیدی، به دو توالی تمرین هوازی هم‌حجم در زنان چاق دیابتی نوع دو بود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی، با طرح اندازه‌گیری مکرر ۱. مرحله اول پیش‌آزمون (۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه تمرین)،

شامل انفارکتوس میوکارد^۲، سکنه مغزی و بیماری میکروواسکولار^۳ است که اغلب با دیگر عوامل خطرزای قلبی عروقی همراه است (۳).

غالب پژوهشگران بر این باورند که افزایش سطوح چربی بدن به‌ویژه چاقی شکمی را می‌توان به‌عنوان عامل اولیه در بروز دیابت نوع دو و متعاقب با آن ایجاد مقاومت به انسولین مطرح کرد (۴) و شایع‌ترین اختلالات نیمرخ لیپیدی در افراد دیابتی، افزایش سطوح در گردش خون تری‌گلیسیرید، کلسترول، لیپوپروتئین کم‌چگال^۴ (LDL) و کاهش لیپوپروتئین پرچگال^۵ (HDL) است که از عوامل خطرزای قلبی-عروقی به‌شمار می‌رود (۵). همچنین عنوان شده است که ترشح برخی سایتوکاین‌ها چون IL-6 و TNF- α به‌وسیله آدیپوسیت‌ها، سلول‌های اندوتلیال و منوسیت‌ها، فراخوانی ماکروفاژها را افزایش می‌دهد و مقاومت به انسولین ناشی از سایتوکاین‌ها را ایجاد می‌کند (۶).

یافته‌های پژوهشی نیز حاکی از آن است که نشانگرهای التهابی مانند IL-6 و TNF- α در افراد چاق و نیز افراد مبتلا به دیابت به مقدار زیادی تولید می‌شود (۶) و بیماران دیابتی دارای بیان ژن و پروتئین بالای TNF- α در عضله اسکلتی و پلاسمایی خون هستند و احتمالاً بافت چربی منبع عمده تولیدکننده آن است (۷). TNF- α میزان ذخیره گلوکز تحریک شده با انسولین در سلول‌های عضلانی کشت داده شده را برهم می‌زند و در روند جذب گلوکز در موش‌ها اختلال ایجاد می‌کند (۸). همچنین فرض شده است که TNF- α به‌طور غیرمستقیم موجب بروز مقاومت به انسولین از طریق افزایش رهایش اسید چرب غیراستریفه از بافت چربی می‌شود (۹). IL-6 نیز یک سایتوکین است که به میزان زیادی از طریق بافت چربی تولید می‌شود و میزان در گردش آن با نمایه توده بدن حساسیت به انسولین و تحمل گلوکز مرتبط است (۱۰). سایتوکین IL-6 دارای ویژگی‌های پیش‌التهابی در سلول‌های چربی و کبد است و موجب ایجاد مقاومت به انسولین در هر دوی این سلول‌ها می‌شود (۱۱).

مطالعات اخیر نیز شواهد زیادی را از آثار مفید تمرینات ورزشی از جمله تمرین هوازی در درمان دیابت نوع دو ارائه داده‌اند (۷). از جمله عنوان شده که تمرین ورزشی می‌تواند سبب تغییراتی در نشانگرهای التهابی IL-6 و TNF- α شده و در نهایت به بهبود حساسیت به

خواسته شد تمام خوردنی‌ها و آشامیدنی‌هایی را که در ۲۴ ساعت گذشته مصرف کرده بودند، ذکر کنند (۲۴). به منظور کمک به افراد برای یادآوری دقیق‌تر مقادیر مواد غذایی خورده شده، از ظروف و پیمانه‌های خانگی استفاده شد. این پرسشنامه برای هر یک از آزمودنی‌ها در ۳۰ نوبت غیرمتوالی (هفته‌ای سه بار در طول دوره تحقیق) تکمیل شد. مقادیر ذکر شده غذاها با استفاده از راهنمای مقیاس‌های خانگی به گرم تبدیل شدند (۲۵). سپس هر غذا طبق دستورالعمل برنامه نرم‌افزار رایانه‌ای پردازش غذا^۶ FP2 کدگذاری شد و به منظور ارزیابی انرژی و مواد مغذی آنها، توسط کارشناس تغذیه تجزیه و تحلیل شد (جدول ۲) (۲۴).

پروتکل پژوهش: برنامه تمرینی شامل ۸ هفته تمرین هوازی بود که در گروه یک شامل ۳ جلسه فعالیت ورزشی در هفته و هر جلسه حدوداً ۵۰ دقیقه انجام گرفت و در گروه دو شامل ۶ جلسه فعالیت ورزشی در هفته و هر جلسه ۲۵ دقیقه انجام گرفت. شایان ذکر است زمان گرم کردن ۱۰ دقیقه و سرد کردن ۵ دقیقه بود که جزء شدت و برنامه اصلی تمرین محسوب نمی‌شد و در هر دو گروه ثابت بود. انجمن دیابت آمریکا، دیابتی‌های نوع دو را به دو تا سه جلسه تمرین ورزشی (هوازی یا مقاومتی یا ترکیبی) با گروه‌های عضلانی عمده در هفته (۱۹) که حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت متوسط یا حداقل ۹۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت بالا باشد، توصیه می‌کند (۲۳، ۲۶). برنامه تمرین هوازی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی)، گروه یک، ۴۰ دقیقه و گروه دو، ۲۰ دقیقه تمرین اصلی دویدن با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه و در پایان ۵ دقیقه سرد کردن و بازگشت به حالت اولیه بود (۱۹، ۲۳، ۲۶). ضربان قلب هدف تمرین با استفاده از فرمول کارونن:

{ ضربان قلب استراحت + (ضربان قلب استراحت - ضربان قلب بیشینه) × شدت مورد نظر } = ضربان قلب فعالیت، محاسبه شد (۲۷).

ضربان قلب بیشینه نیز از فرمول: سن - ۲۲۰ = ضربان قلب بیشینه؛ به دست آمد و با استفاده از ساعت پولار (ضربان سنج دستی)، ضربان قلب آزمودنی‌ها کنترل شد. همچنین برای به دست آوردن اکسیژن مصرفی بیشینه^۷ ($\dot{V}O_2\max$) آزمودنی‌ها از آزمون راه رفتن راکپورت^۸ استفاده شد (۲۸). به منظور آشنا شدن

۲. مرحله دوم پس از آزمون (۴۸ ساعت پس از اتمام دو ماه تمرین)، ۳. مرحله سوم بررسی میزان ماندگاری تأثیر تمرین (دو هفته پس از آخرین جلسه تمرینی) با گروه کنترل (بدون تمرین) بود. جامعه آماری تحقیق از بین بیماران زن غیرفعال چاق مبتلا به دیابت نوع دو انتخاب شد. سپس نمونه‌های تحقیق نیز از میان این جامعه آماری (با میانگین سن $57/5 \pm 5/6$ سال، وزن $88/44 \pm 4/88$ کیلوگرم و قد $160/74 \pm 3/26$ سانتی‌متر) به صورت هدفمند با توجه به معیارهای ورود به تحقیق به صورت نمونه‌های در دسترس بودند که به شیوه تصادفی به سه گروه مساوی ۱۲ نفره (گروه اول = ۳ جلسه تمرین در هفته، گروه دوم = ۶ جلسه تمرین در هفته و گروه سوم = کنترل) تقسیم شدند (۲۰-۲۲).

در جلسه هماهنگی، هدف‌ها و مراحل پژوهش تشریح و رضایت‌نامه کتبی شرکت در پژوهش از آزمودنی‌ها اخذ شد، البته با توجه به شرایط خروج از پژوهش (از جمله غیبت در برنامه‌های تمرین، ابتلا به بیماری حاد حین مطالعه، شرکت در تمرینات ورزشی دیگر به غیر از پروتکل پژوهش حاضر) بود. اصلی‌ترین معیارهای انتخاب و شرکت آزمودنی‌ها در تحقیق حاضر عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، اسکلتی-عضلانی و متابولیکی و نداشتن سطح پایه هموگلوبین گلیکوزیله بیشتر از ۹/۹ درصد، نداشتن هرگونه عوارض ناشی از بیماری دیابت (نروپاتی، نفروپاتی و رتینوپاتی)، شرکت نداشتن در فعالیت ورزشی منظم بیش از یک جلسه در هفته طی شش ماه گذشته، عدم مصرف دخانیات، نداشتن بیشتر از پنج سال سابقه ابتلا به دیابت و مصرف نکردن بیش از یک نوع قرص خوراکی ضد دیابتی در شبانه‌روز (همه آزمودنی‌ها متفورمین به میزان یکسان مصرف می‌کردند) بود. همچنین این افراد تحت درمان دارویی عمومی و معمولی دیابت نوع دو از پزشک متخصص بودند. در طول انجام مطالعه و تمرینات ورزشی تغییر زیادی در تجویز داروهای آزمودنی‌ها در زمینه کنترل قند خون یا کنترل لیپید انجام نگرفت (۲۳).

برای کنترل برنامه تغذیه، داده‌های لازم در زمینه دریافت غذایی آزمودنی‌ها با استفاده از یادآور ۲۴ ساعته غذایی (دو روز غیرتعطیل و یک روز تعطیل هفته، به منظور تعیین میانگین مواد مغذی دریافتی) آزمودنی‌ها به دست آمد؛ بدین صورت که از تمامی افراد

آزمودنی‌ها با برنامه تمرینات و شمارش ضربان قلب و نیز کنترل حضور و غیاب آزمودنی‌ها، ۳ جلسه تمرین آمادگی پیش از شروع برنامه تمرینات این تحقیق در نظر گرفته شد. تمرینات هوازی با توجه به عدم فعالیت ورزشی منظم این افراد و آمادگی جسمانی پایین در دو هفته اول به صورت پیاده‌روی سریع (شدت ضربان در این دو هفته در حدود ۶۰ درصد ضربان قلب و مدت بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه) بود. شدت و مدت تمرین هر هفته به صورت تدریجی و پیوسته افزایش می‌یافت. در تمرین هوازی، آزمودنی‌ها هنگام خستگی به انجام پیاده‌روی و ترکیب حرکات دست و پا تا آخر تمرین تشویق می‌شوند. از گروه کنترل در این مدت خواسته می‌شد که فعالیت ورزشی نداشته باشند (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های دو توالی تمرین هوازی هم‌حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو در طول ۸ هفته

نوع حرکات	مدت تمرین در هر جلسه		شدت تمرین HRmax%	نوع تمرین در هر جلسه	تعداد هفته با مدت فعالیت	
	(دقیقه)				گروه دو	گروه یک
	گروه دو	گروه یک				
نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی	۱۰	۱۰	>۵۵%	گرم کردن	هفته ۱ و ۲	
حرکات ترکیبی دست و پا	۵	۱۰	۶۰-۵۵%	ایروبیک	گروه دو،	گروه یک،
	۱۰	۲۰	۶۵-۶۰%	دویدن	بخش اصلی شش	سه جلسه در
ریلکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن	۵	۵	>۵۰%	سرد کردن	جلسه در هفته	جلسه در هفته
نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی	۱۰	۱۰	>۵۵%	گرم کردن	هفته ۳، ۴ و ۵	
حرکات ترکیبی دست و پا	۵	۱۰	۶۰-۵۵%	ایروبیک	گروه دو،	گروه یک،
	۱۵	۳۰	۷۰-۶۵%	دویدن	بخش اصلی شش	سه جلسه در
ریلکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن	۵	۵	>۵۰%	سرد کردن	جلسه در هفته	جلسه در هفته
نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی	۱۰	۱۰	>۵۵%	گرم کردن	هفته ۶، ۷ و ۸	
حرکات ترکیبی دست و پا	۵	۱۰	۶۰-۵۵%	ایروبیک	گروه دو،	گروه یک،
	۲۰	۴۰	۷۵-۷۰%	دویدن	بخش اصلی شش	سه جلسه در
ریلکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن	۵	۵	>۵۰%	سرد کردن	جلسه در هفته	جلسه در هفته

بررسی تغییرات و اختلاف‌های درون‌گروهی در زمان‌های مختلف از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای بررسی نتایج بین‌گروهی در هر مرحله زمانی از آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌راهه با آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. از آزمون کوهن^{۱۲} به منظور برآورد اندازه اثر استفاده شد. اندازه اثر کمتر از ۰/۲ به عنوان اندازه اثر^{۱۳} ناچیز، بین ۰/۲ تا ۰/۵ اندازه اثر کم، بین ۰/۵ تا ۰/۸ اندازه اثر متوسط و بیشتر از ۰/۸ اندازه اثر زیاد ارزیابی می‌شود (۲۹). عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت و سطح $\alpha < 0/05$ در نظر گرفته شد. همچنین از فرمول زیر برای بررسی نتایج درصد تغییرات استفاده شد (۲۰-۲۲).

$$X = [(b-a) \div a] \times 100$$

نتایج

نتایج آزمون شاپیرو ویلک توزیع طبیعی داده‌های سه گروه را در مرحله پیش‌آزمون نشان داد. همچنین نتایج تحلیل پردازش غذایی مصرفی نشان داد که در طول اجرای پژوهش اختلاف معناداری در هیچ‌کدام از درشت‌مغذی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌های مصرفی بین آزمودنی‌های گروه‌های مختلف وجود نداشت (جداول ۲ و ۳).

روش‌های آزمایشگاهی: بعد از ۸-۱۲ ساعت ناشتایی مقدار ۱۰ میلی‌لیتر نمونه خون وریدی از شریان مچ دستی دست چپ آزمودنی‌ها و در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون (۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین) و نیز دو هفته پس از آخرین جلسه تمرینی (ماندگاری) توسط متخصص در آزمایشگاه پس از ۱۰ دقیقه استراحت کامل (در لوله آزمایش معمولی فاقد ماده انعقادی) جمع‌آوری شد. در ادامه متغیرهای بیوشیمیایی با استفاده از سرم و روش الیزا بررسی شدند. $TNF-\alpha$ سرم با استفاده از کیت شرکت آرجنیوم^۱ ساخت فنلاند (با دقت: ۳/۹-۲۵۰ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، حساسیت: $< 0/4$ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، FIN-۱۰۸۲۴) و سطوح سرمی IL-۶ از طریق کیت کمپانی باستر^۱ ساخت آمریکا (با دقت: ۴/۶۹-۳۰۰ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، حساسیت: $< 0/3$ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، EK۰۷۰۱) و با روش الیزا^{۱۱} ارزیابی شد. کلسترول تام با روش آنزیمی با استفاده از کلسترول استراز و کلسترول اکسیداز اندازه‌گیری شد. تری‌گلیسیرید به روش مستقیم با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون ایران اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری: از آمار توصیفی برای به دست آوردن محاسبه میانگین و انحراف معیار استفاده شد. طبیعی بودن توزیع داده‌ها در مرحله پیش‌آزمون با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک در عوامل مختلف بررسی شد. برای

جدول ۲. مقایسه میانگین، سن، قد و میزان دریافت انرژی و مواد مغذی پیش از انجام دو توالی تمرین هوازی هم‌حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو
 (مقادیر به شکل انحراف معیار \pm میانگین بیان شده است)

متغیر	گروه یک	گروه دو	کنترل	P بین‌گروهی
سن (سال)	۵۷/۶۲±۶/۸۱	۵۵/۳۷±۶/۲۳	۵۶/۸۷±۵/۱۱	
طول مدت ابتلا به بیماری (سال)	۴/۶±۲/۸	۳/۹±۲/۰	۴/۲±۳/۰	
انرژی (کالری / روز)	۱۶۹۲/۳۶±۱۶۶	۱۶۹۸/۸۸±۱۸۵	۱۷۰۵/۷۱±۱۲۵	۰/۱۹
کربوهیدرات (گرم / روز)	۲۲۵/۹۳±۵۹/۲۷	۲۳۶/۰۴±۳۴/۲۲	۲۵۲/۸۴±۳۸/۳۴	۰/۰۷
پروتئین (گرم / روز)	۷۳/۵۳±۱۷/۲۳	۷۰/۱۴±۲۱/۰۴	۸۰/۰۰±۱۶/۴۲	۰/۲۸
چربی (گرم / روز)	۴۸/۳۳±۱۳/۸۷	۴۲/۲۲±۱۱/۲۲	۴۶/۰۸±۱۱/۱۳	۰/۳۲
فیبر (گرم / روز)	۱۳/۲۴±۴/۴۵	۱۳/۹۸±۴/۶۶	۱۴/۱۸±۴/۲۱	۰/۸۷

ماده مغذی

ادامه جدول ۲. مقایسه میانگین، سن، قد و میزان دریافت انرژی و مواد مغذی پیش از انجام دو توالی تمرین هوازی هم حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو (مقادیر به شکل انحراف معیار ± میانگین بیان شده است)

متغیر	گروه یک	گروه دو	کنترل	P بین گروهی
کلسیم (میلی گرم / روز)	۲۷۰/۱۸۸±۲۰۱/۶۱	۲۷۵/۴۴±۱۶۹/۲۳	۲۸۶/۵۴±۱۷۸/۱۱	۰/۱۱
ویتامین C (میلی گرم / روز)	۵۹/۷۷±۲۶/۲۴	۶۱/۴۹±۲۸/۸۱	۶۲/۹۷±۲۹/۴۴	۰/۶۳
ویتامین E (میلی گرم / روز)	۲/۹۴±۱/۴۶	۳/۰۷±۱/۲۲	۳/۴۱±۲/۴۷	۰/۷۱
سلنیوم (میکروگرم / روز)	۴۸/۸۱±۲۱/۶۷	۵۱/۸۴±۲۴/۹۱	۵۳/۶۵±۲۴/۱۱	۰/۴۴

ماده مغذی: پردازش به وسیله نرم افزار SPSS و FP2، آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر (مقادیر به شکل انحراف معیار ± میانگین بیان شده است).

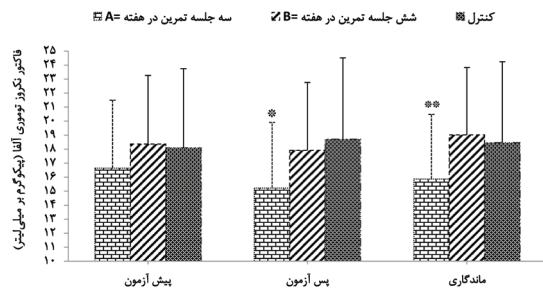
جدول ۳. مقادیر مربوط به میانگین تغییرات متغیرهای تن سنجی پیش و پس از انجام دو توالی تمرین هوازی هم حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو (مقادیر به شکل انحراف معیار ± میانگین بیان شده است)

متغیر	گروه + جلسه تمرین	مراحل			تغییرات پس از آزمون (%)	Co-hen's d	P مراحل	بین سه گروه
		پیش آزمون	پس آزمون	ماندگاری				
آماره ۱، ۳، ۲								
گروه یک (سه جلسه)	۸۱/۸۷±۳/۳۰	۸۰/۱۲±۳/۴۷ *	۸۰/۷۳±۳/۳۷	۲/۱۴-	۰/۵۱۶			
وزن (کیلوگرم)								
گروه دو (شش جلسه)	۸۷/۵۰±۵/۴۴	۸۶/۷۵±۵/۶۱	۸۷/۴۵±۵/۲۵	۰/۸۵۷-	۰/۱۳۵	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	
کنترل	۸۶/۹۵±۵/۹۰	۸۷/۱۸±۶/۳۲	۸۷/۰۰±۶/۱۴	۰/۲۶	۰/۰۳۷			
گروه یک (سه جلسه)	۳۳/۱۲±۲/۱۹	۳۰/۶۲±۱/۸۴ *	۳۱/۴۲±۲/۴۲	۷/۵۸-	۱/۲۳۶			
چربی بدنی (درصد)								
گروه دو (شش جلسه)	۳۵/۲۲±۲/۲۳	۳۴/۳۷±۲/۵۴	۳۵/۰۰±۲/۶۱	۲/۴۱-	۰/۳۵۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	
کنترل	۳۴/۶۲±۳/۰۶	۳۵/۰۲±۲/۳۰	۳۴/۸۷±۴/۰۱	۱/۱۵	۰/۱۴۷			
شاخص توده بدنی (کیلوگرم)								
گروه یک (سه جلسه)	۳۱/۱۵±۱/۵۰	۳۰/۴۰±۱/۴۹ *	۳۰/۶۳±۱/۳۱	۲/۴۰-	۰/۵۰۱			
گروه دو (شش جلسه)	۳۴/۱۷±۲/۳۸	۳۳/۸۷±۲/۳۹	۳۴/۱۶±۲/۳۸	۰/۸۷۱-	۰/۱۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	
بر (مترمربع)								
کنترل	۳۴/۰۳±۳/۳۶	۳۴/۱۵±۳/۵۷	۳۴/۰۷±۳/۴۸	۰/۳۵	۰/۰۳۴			

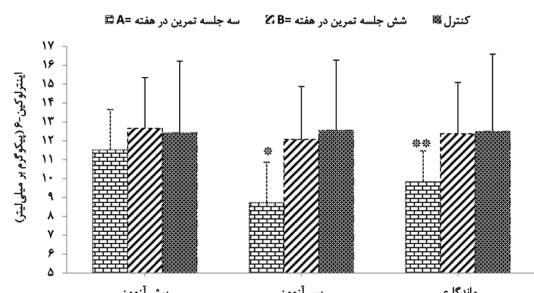
۱. تحلیل واریانس یکراهه با تست تعقیبی توکی (بین سه گروه).

۲. تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر، تصحیح بونفرونی (درون گروهی): معناداری مرحله پس از آزمون نسبت به مرحله پیش از آزمون (*). مرحله ماندگاری نسبت به مرحله پیش از آزمون (Φ) و مرحله ماندگاری نسبت به مرحله پس از آزمون (‡).

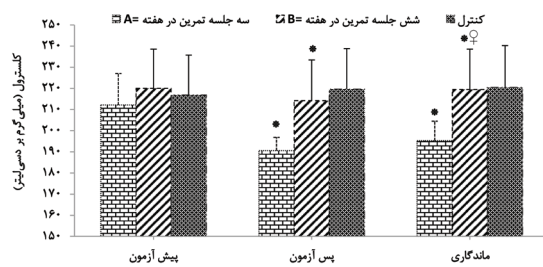
۳. آزمون Cohen's d به منظور برآورد اندازه اثر



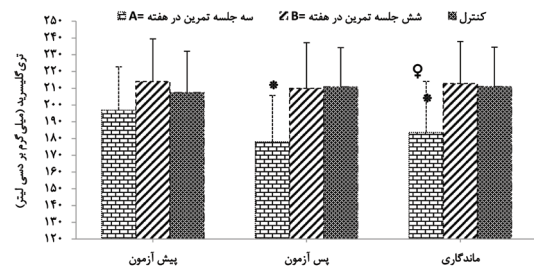
شکل ۲. تغییرات سطوح TNF-α پیش و پس از انجام دو توالی تمرین هوازی هم حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو * تفاوت معنادار در سطح $P < 0/03$ در مقایسه با پیش آزمون همان گروه ** تفاوت معنادار در سطح $P < 0/047$ در مقایسه با پیش آزمون همان گروه



شکل ۱. تغییرات سطوح IL-6 پیش و پس از انجام دو توالی تمرین هوازی هم حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو * تفاوت معنادار در سطح $P < 0/003$ در مقایسه با پیش آزمون همان گروه ** تفاوت معنادار در سطح $P < 0/007$ در مقایسه با پیش آزمون همان گروه



شکل ۴. تغییرات سطوح کلسترول پیش و پس از انجام دو توالی تمرین هوازی هم حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو * تفاوت معنادار در سطح $P < 0/05$ در مقایسه با پیش آزمون همان گروه ♀ تفاوت معنادار در سطح $P < 0/009$ در مقایسه با پس آزمون همان گروه



شکل ۳. تغییرات سطوح تری‌گلیسرید پیش و پس از انجام دو توالی تمرین هوازی هم حجم در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو * تفاوت معنادار در سطح $P < 0/0001$ در مقایسه با پیش آزمون همان گروه * تفاوت معنادار در سطح $P < 0/009$ در مقایسه با پس آزمون همان گروه

جدول ۴. مقایسه بین گروهی متغیرهای بیوشیمیایی در مرحله پس آزمون و ماندگاری در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو

متغیر	گروه	گروه‌ها	P مرحله پس آزمون	P مرحله ماندگاری
فاکتور نکرورنوموری آلفا (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	گروه یک	گروه دو	0/187	174/0
	گروه دو	کنترل	0/129	0/260
اینترلوکین-6 (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	گروه یک	گروه دو	0/010	0/049*
	گروه دو	کنترل	0/003*	0/039*
		کنترل	0/704	0/921

ادامه جدول ۴. مقایسه بین گروهی متغیرهای بیوشیمیایی در مرحله پس‌آزمون و ماندگاری در زنان میانسال چاق مبتلا به دیابت نوع دو

متغیر	گروه	گروه‌ها	P مرحله پس‌آزمون	P مرحله ماندگاری
تری‌گلیسیرید (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	گروه یک	گروه دو	*۰/۰۰۸	*۰/۰۱۷
	گروه دو	کنترل	*۰/۰۰۷	*۰/۰۲۴
کلسترول (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	گروه یک	گروه دو	*۰/۰۰۳	*۰/۰۰۳
	گروه دو	کنترل	*۰/۰۰۰۱	*۰/۰۰۳
	گروه دو	کنترل	۰/۵۰۶	۰/۹۷۴

* تفاوت معنادار در سطح $P < 0.05$ در مقایسه بین گروهی

بحث و نتیجه‌گیری

و تشدید بیماری دیابت مؤثر است و $TNF-\alpha$ در تشدید بیماری دیابت نقش اصلی و مهم دارد و انجام فعالیت ورزشی طولانی مدت به عنوان راهبرد ضدالتهابی قوی و طبیعی با عوارض جانبی جزئی با تأثیرات ضدالتهابی غیرمستقیم، تأثیر بر ترکیب بدنی، بهبود تحمل گلوکز و نیز کنترل و کاهش این سایتوکین‌ها در کاهش عوارض بیماری دیابت نقشی بسیار مهمی دارد (۱۲). لوسیانا و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله مروری با عنوان «اثر فعالیت بدنی بر شاخص‌های التهابی در بیماران دیابت نوع دو»، با بررسی بیش از ۴۰ مقاله نتیجه‌گیری کردند که اغلب مطالعاتی که به نقش طولانی مدت ورزش روی سطوح $TNF-\alpha$ و $IL-6$ افراد دیابتی پرداخته‌اند، با کاهش معناداری همراه بوده است (۷). جوزه و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای مروری بیان کردند که سایتوکین $IL-6$ دارای ویژگی‌های پیش‌التهابی است و در سلول‌های کبد و چربی موجب ایجاد مقاومت به انسولین می‌شود و فعالیت ورزشی منظم طولانی مدت به کاهش سطح این سایتوکین و کاهش مقاومت به انسولین منجر می‌شود (۳۰).

می‌توان گفت که یکی از سازوکارهایی که از طریق آن فعالیت بدنی موجب کاهش التهاب می‌شود، کاهش وزن است. کاهش وزن می‌تواند موجب کاهش تولید سایتوکین‌های برگرفته از بافت چربی شود. به نظر می‌رسد ورزش‌هایی که بر کاهش وزن مؤثرند، ممکن است کاهش سطوح سرمی $IL-6$ ، $TNF-\alpha$ ، $IL-18$ و پروتئین واکنشگر C را موجب شوند (۳۳).

در تحقیق حاضر تأثیر دو تواتر مختلف تمرین هوازی با حجم یکسان و ماندگاری متعاقب با آن بر سطوح $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و نیمرخ لیپیدی در زنان چاق مبتلا به دیابت نوع دو بررسی شد. نتایج حاصل از تحلیل غذای مصرفی در تحقیق حاضر نشان داد که رژیم غذایی عامل تأثیرگذار بر تغییر معنادار $TNF-\alpha$ ، $IL-6$ و نیمرخ لیپیدی گروه‌های دریافت‌کننده مداخلات ورزشی نیست، چراکه مقدار کالری دریافتی بین سه گروه اختلاف معناداری نداشت؛ بنابراین به نظر می‌رسد مداخله ورزشی تنها عاملی است که این فرایند را تحت تأثیر قرار داده است (جدول ۲).

در تحقیق حاضر میزان عوامل التهابی $TNF-\alpha$ و $IL-6$ در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، تنها در گروه یک (جلسه تمرین در هفته) کاهش معنادار داشت و در گروه دو (۶ جلسه تمرین در هفته) و گروه کنترل تغییر معناداری را نشان نداد. همچنین در مقایسه بین گروهی در مرحله پس‌آزمون، بین گروه‌های یک با دو و یک با کنترل، و در مرحله ماندگاری، تنها بین گروه‌های یک و کنترل اختلاف معنادار بود (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج تحقیق حاضر در این بخش با نتایج تحقیق بنته (۲۰۱۷) (۱۲)، لوسیانا و همکاران (۲۰۱۷) (۷)، جوزه و همکاران (۲۰۱۷) (۳۰) و مندهام و همکاران (۲۰۱۵) (۳۱) همسو و با نتایج تحقیق فارینها و همکاران (۲۰۱۵) (۳۲) مغایر بود. بنته (۲۰۱۷) در مقاله مروری با عنوان «اثر ضدالتهابی ورزش و نقش آن در دیابت و بیماری‌های قلبی-عروقی نتیجه گرفت که $IL-6$ در آسیب به سلول‌های پانکراس

منجر می‌شود. افزایش PKC به فعال شدن عوامل هسته‌ای کاپای بی می‌انجامد که در نهایت این مسئله به غیرفعال شدن سوبسترای گیرنده انسولین و مسدود شدن مسیر پیام‌رسانی انسولین منجر می‌شود (۳۶). از این رو کاهش چربی‌های مضر خون به‌طور غیرمستقیم نشان‌دهنده کاهش مقاومت به انسولین و بهبود عملکرد انسولین است. چندین پژوهش تأثیر فعالیت منظم ورزشی را بر کاهش چربی‌های مضر در بیماران دیابتی نشان داده‌اند که همسو با نتایج تحقیق حاضر است (۲۱، ۱۷، ۵). تغییرات مربوط به چربی‌های خون را می‌توان به پاسخ لیپوپروتئین لیپاز (LPL) به تمرین ورزشی نسبت داد. لیپوپروتئین لیپاز از جمله آنزیم‌های تنظیم‌کننده لیپوپروتئین‌ها و تجزیه تری‌گلیسیرید موجود در لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسیرید است. می‌توان گفت که اجرای فعالیت‌های ورزشی موجب افزایش این آنزیم و کاهش HTGL و در نتیجه کاهش چربی‌های خون می‌شود (۵).

نتایج تحقیق حاضر، درباره متغیرهای وزن، درصد چربی بدن و BMI، نشان داد که در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون میانگین پس‌آزمون و مرحله ماندگاری این متغیرها فقط در گروه یک (۳ جلسه تمرین در هفته)، کاهش معناداری داشت. همچنین بررسی نتایج بین‌گروهی نشان داد که در متغیرهای مذکور در مرحله پس‌آزمون بین گروه دو (۶ جلسه تمرین در هفته) و گروه کنترل اختلاف معنادار نبود. لیکن بین گروه یک (۳ جلسه تمرین در هفته)، با دو گروه دیگر اختلاف معنادار بود (جدول ۳). کاهش معنادار وزن، درصد چربی بدن در تحقیق ما با نتیجه تحقیق آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۴) (۳۷) با ۴ جلسه تمرین هوازی در هفته و به مدت ۶ هفته، کیم و همکاران (۲۰۱۵) با ۴ جلسه تمرین هوازی در هفته و به مدت ۸ هفته (۳۸)، گاف و همکاران (۲۰۰۳) با اجرای ۱۶ هفته برنامه هوازی (۳۹) همخوانی داشت و با نتیجه تحقیق مایورونا و همکاران (۴۰) با اجرای ۸ هفته برنامه ترکیبی و هوازی همسو نبود. احتمالاً دلیل ناهمخوانی با نتایج تحقیق حاضر استفاده از برنامه تمرینات ترکیبی و هوازی بوده که افزایش بیشتری در توده وزن در گروه ترکیبی ایجاد کرده است. همچنین آزمودنی‌های تحقیق حاضر چاق بودند، لیکن آزمودنی‌های تحقیق مایورونا و همکاران (۴۰) چاق نبودند. در گروه یک (۳ جلسه تمرین در

مانزیلو و همکاران (۲۰۰۳) اثر کاهش وزن در پاسخ به یک برنامه تعدیل سبک زندگی بر سطوح گردش خونی سایتوکین‌های التهابی در افراد چاق با مقاومت به انسولین را بررسی کردند و نتیجه گرفتند تغییر چشمگیر در وزن بدن سبب بهبود شاخص حساسیت به انسولین و کاهش IL-6 می‌شود (۳۴). از آنجا که تجمع چربی به‌ویژه در ناحیه شکم با افزایش تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی مانند عامل نکروز تومور-آلفا، اینترلوکین ۶ و ۱۸ می‌تواند به ایجاد وضعیت التهاب عمومی منجر شود (۶)، بنابراین کاهش وزن و به‌ویژه کاهش بافت چربی می‌تواند به عنوان سازوکاری در کاهش التهاب عمومی عمل کند و سطوح سایتوکین‌های التهابی را کاهش دهد. در همین زمینه، فعالیت ورزشی به‌عنوان ابزاری مناسب و کارآمد در کاهش وزن و توده چربی عمل می‌کند، همچنان‌که مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند، یکی از تأثیرات ضدالتهابی ورزش ناشی از کاهش توده چربی و چربی احشایی است (۳۵). از آنجا که بافت چربی از منابع اصلی تولید IL-6 و TNF- α است، با کاهش بافت چربی سطح سرمی این دو سایتوکین نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت احتمالاً مقدار کاهش وزن در گروه تمرینی ۳ جلسه در هفته در مرحله پس‌آزمون با ۲/۱۴- درصد و اندازه اثر زیاد ۰/۵۱۶ و نیز کاهش ۷/۵۸- درصدی چربی بدن با اندازه اثر زیاد ۱/۲۳۶ در مقایسه با دو گروه دیگر (جدول ۴) به اندازه‌ای بوده است که بتواند تغییری معنادار در سطوح سایتوکین‌های IL-6 و TNF- α ایجاد کند.

میزان عوامل خطرزای کلسترول و تری‌گلیسیرید در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، تنها در گروه یک (۳ جلسه تمرین در هفته) کاهش معنادار داشت و در گروه دو (۶ جلسه تمرین در هفته) و در گروه کنترل تغییر معناداری نشان نداد. همچنین در مقایسه بین‌گروهی در مرحله پس‌آزمون، بین گروه‌های یک با دو و یک با کنترل، و در مرحله ماندگاری، تنها بین گروه‌های یک و کنترل اختلاف معنادار بود (جدول ۴). در برخی منابع، افزایش غلظت اسیدهای چرب پلازما علت اصلی مقاومت به انسولین در افراد چاق و دیابتی ذکر کرده شده است. در توضیح روند اثرگذاری تجمع چربی بر مقاومت به انسولین بیان شده است که افزایش اسید چرب یا تری‌گلیسیرید به افزایش دی‌آسیل گلیسرول شده که این خود سبب انتقال پروتئین کیناز C به غشای پلاسمایی

از ۳-۷ روز در هفته، شدت از ۴۰ - ۷۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه، حجم از ۳۰-۶۰ دقیقه و مدت زمان تحقیق بیش از چند هفته بوده است؛ بنابراین بسیار مشکل است تا نتایج اثبات و قابل قیاسی به دست آید. تعدادی از پروتکل‌های ورزشی اختلاف فاحشی را نشان نمی‌دهند. لیکن بیشتر مطالعات پایه طرحشان را بر دستورالعمل‌های توصیه شده برای سلامتی یعنی ۳۰ دقیقه تمرین در ۵-۷ روز در هفته قرار داده‌اند. پیاده‌روی سریع و بانشاط، تقریباً ۷ کیلوکالری در دقیقه می‌سوزاند. در مدت ۳۰ دقیقه تقریباً ۲۱۰ کیلوکالری هزینه خواهد شد. در هر یک کیلو چربی بدن حدود ۹ هزار کیلوکالری انرژی وجود دارد؛ بنابراین، در حدود ۸/۵ هفته زمان برای از دست دادن یک کیلو چربی، اگر این فعالیت ۵ روز در هفته اجرا شود، مورد نیاز است. محدودیت کالری برای کاهش وزن تقریباً ۵۰۰-۱۰۰۰ کیلوکالری در روز است (۱۹). از این رو احتمال دارد عامل اصلی زمان کمتر برنامه اصلی تمرین (دویدن) در این گروه بوده باشد نه شدت تمرین، زیرا شدت تمرین در مقایسه با گروه یک، یکسان بود؛ بنابراین می‌توان احتمال داد که برنامه تمرینی در گروه دو، به اندازه کافی هزینه انرژی به منظور کم کردن معنادار این متغیرها را سبب نشده است.

با توجه به مقالات متعدد بررسی شده و نتایج تحقیق حاضر می‌توان احتمال داد که تمرینات هوازی طولانی مدت (در هر جلسه تمرینی) ولو سه جلسه در هفته همانند برنامه گروه یک، در تحقیق حاضر تأثیرات بهتری نسبت به تمرینات در مدت زمان کمتر (در یک جلسه تمرینی) ولو شش جلسه در هفته همانند برنامه گروه دو در بهبود یا کنترل عوارض بیماری دیابت نوع دو دارد. هرچند، توجه به این نکته مهم است که انجمن دیابت آمریکا، دیابتی‌های نوع دو را به دو تا سه جلسه تمرین ورزشی با گروه‌های عضلانی عمده در هفته که حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت متوسط یا حداقل ۹۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت بالا باشد، توصیه می‌کند (۱۹). لیکن مشاهده می‌شود که در هر دو گروه تحقیق حاضر همانند توصیه انجمن دیابت آمریکا زمان کل تمرین یکسان بود؛ لیکن با در نظر گرفتن نتایج گروه یک (۳ جلسه تمرین در هفته)، احتمال دارد زمان بیشتر تمرین در هر جلسه تأثیرات بهتری نسبت به در نظر داشتن زمان کلی تمرین

هفته) کاهش معنادار BMI با یافته مطالعات بالدوچی و همکاران (۴۱) و نظام دوست و همکاران (۲۷) یوسفی پور و همکاران (۲۳) و آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۴) (۳۷) مشابه بود که تأثیر تمرینات هوازی را در کاهش این متغیر در آزمودنی‌های دیابتی چاق ثابت کرده‌اند. با توجه به اینکه بیماری دیابت و چاقی رابطه بسیار نزدیکی با هم دارند، به نحوی که دیابت نوع دو اغلب همراه با چاقی بروز می‌کند، از این رو چاقی به عنوان عامل اصلی ایجاد دیابت نوع دو مطرح است (۳۶) و غالب پژوهشگران بر این باورند که افزایش سطوح چربی بدن به ویژه چاقی شکمی را می‌توان به عنوان عامل اولیه در بروز دیابت نوع دو و متعاقب آن ایجاد مقاومت به انسولین مطرح کرد (۷، ۳۶، ۴۲)؛ بنابراین، بهبود سطح متغیرهای آنتروپومتریکی در تحقیق حاضر را می‌توان به بخش سازوکار تمرینات هوازی اختصاص داد. از آنجا که آزمودنی‌های تحقیق حاضر چاق بودند و سطح این شاخص‌ها با مصرف انرژی بیشتر همراهند، از این رو تمرینات هوازی در این زمینه دارای اثر بالقوه‌ای است. همچنین طی بررسی‌های قربانی (۱۳۹۴) در مقاله مروری با عنوان «مروری بر ارتباط بین دیابت نوع دو و چاقی»، از مهم‌ترین روش‌های پیشگیری از بروز و کنترل دیابت نوع دو کاهش وزن ذکر شده است که پس از کاستن کالری دریافتی روزانه و افزایش فعالیت بدنی حاصل می‌شود و نتیجه‌گیری کرده‌اند که بسیاری از موارد چاقی و دیابت نوع دو از طریق دو روش مذکور قابل درمان هستند (۳۶). لیکن در گروه دو، کاهش معناداری در متغیرهای وزن، درصد چربی بدن و BMI، مشاهده نشد (جدول ۳). علاوه بر این، در پژوهشی دیگر کاوالانته و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر دو تواتر مختلف ورزش مقاومتی (۳ جلسه در هفته در مقابل ۲ جلسه در هفته) با حجم یکسان بر سطوح چربی زنان چاق و دارای اضافه وزن اظهار داشتند که تمرین کم‌تواتر به بهبود بیشتری در حساسیت به انسولین و کاهش درصد چربی منجر شد، هرچند اختلاف بین دو گروه محسوس نبود (۴۳)؛ این در حالی است که در پژوهش‌های پیشین تمرینات با حجم بالاتر موجب کاهش بیشتری در سطوح چربی همراه با هزینه انرژی بالاتر شده است (۴۴) باید توجه داشت که درجه بالایی از تغییرپذیری در پروتکل‌های ورزشی وجود دارد. تواتر فعالیت‌های ورزشی پیشنهاد شده برای بیماران دیابتی

6. Ouchi N, Parker JL, Lugus JJ, Walsh K. Adipokines in inflammation and metabolic disease. *Nature Reviews Immunology*. 2011; 11:85-97.
7. Luciana C, Jaime D, Carlos E, Menezes S, Fabiano T, Célio F, et al, editors. Physical Exercise on Inflammatory Markers in Type 2 Diabetes Patients: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017; 18: 1-10.
8. Plomgaard P, Nielsen A, Fischer C, Mortensen O, Broholm C, Penkowa M, et al, editors. Associations between insulin resistance and TNF- α in plasma, skeletal muscle and adipose tissue in humans with and without type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2007; 50: 2562-2571.
9. Moller DE. Potential role of TNF-a in the pathogenesis of insulin resistance and type 2 diabetes. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2000; 11: 212-217.
10. Shils M, Shike M. Modern nutrition in health and disease. 2nd ed. Philadelphia: PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2006; P. 124-9.
11. Agha Alinejad H, Molanori Shamsi M. [Exercise induced release of cytokines from skeletal muscle: emphasis on IL-6]. *Iran J Endocrinol Metab*. 2010; 12(2); 181-90. [in Persian]
12. Bente KP. Anti-inflammatory effects of exercise: role in diabetes and cardiovascular disease. *European J of Clinical Investigation*. 2017; 47: 600-611.
13. Nicklas BJ, Hsu FC, Brinkley TJ, Church T, Goodpaſter BH, Kritchevsky SB, et al, editors. Exercise Training and plasma C-reactive protein and interleukin-6 in elderly people. *J Am Geriatr Soc*. 2008; 56: 2045-2052.
14. Ryan AS, Nicklas BJ, Berman DM, Elahi D. Adiponectin levels do not change with moderate dietary induced weight loss and exercise in obese postmenopausal women. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003; 27: 1066-71.
15. Touvra AM, Volaklis KA, Spassis AT, Zois CE, Douda HT, Kotsa K, et al, editors. Combined strength and aerobic training increases transforming growth factor- β 1 in patients with type 2 diabetes. *Hormones*. 2011; 10: 125-30.
16. Fasshauer M, Klein J, Neumann S, Eszlinger M, Paschke R. Hormonal regulation of adiponectin gene expression in 3T3-L1 adipocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2002; 290:1084-9.
17. Kasapis C, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005; 45:1563-9.
18. Straczkowski M, Kowalska I, Dzienis-Straczowska S, Stepien A, Skibinska E, Szelachowska M, et al, editors. Changes in tumor necrosis factor-alpha system and insulin sensitiv-

در طول یک هفته داشته باشد و هر جلسه تمرینی جدای از برنامه کلی باید از مدت زمان قابل قبولی برای ایجاد سازگاری های تمرینی بهره مند شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از رساله دانشجویی در مقطع دکتری رشته فیزیولوژی ورزشی با شماره ثبت ۹۲/۹۵/۴۴/۱۴ م است. از بیماران و افراد شرکت کننده و تمامی عزیزانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری کردند، کمال تشکر را داریم. در ضمن نویسندگان در این پژوهش هیچ گونه نفع یا تضاد مالی نداشته اند.

پی نوشت ها

- 1 Macrovascular
- 2 Myocardial infarction
- 3 Microvascular
- 4 Low-density lipoprotein
- 5 High-density lipoprotein
- 6 Food Processor 2
- 7 Maximal oxygen consumption
- 8 Rockport walking test
- 9 Orgenium
- 10 Booster
- 11 ELISA
- 12 Cohen's d
- 13 Effect Size
- 14 Nuclear factor-Kappa B

منابع

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 7th Edition. Online version of IDF Diabetes Atlas; Chapter 3. 2015, p. 42-45.
2. Irvine C, Taylor NF. Progressive resistance exercise improves glycaemic control in people with type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Aust J Physiother*. 2009; 55(4): 237-46.
3. Chudyk A, Petrella J. Effects of Exercise on Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2011; 34(12): 1228-1237.
4. Henrickesen EJ. Exercise effects of muscle insulin signaling and action. Invited Review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. *J Appl Physiol*. 2002; 93: 788-796.
5. Askari A, Askari B, Fallah Z, Kazemi Sh. Effect of eight weeks aerobic training on serum lipid and lipoprotein levels in women. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2012; 14(1): 26-32. [In Persian].

- Sport. 2015; 18: 438-443.
32. Farinha JB, Steckling FM, Stefanello ST, Cardoso MS, Nunes LS, Barcelos RP, et al, editors. Response of oxidative stress and inflammatory biomarkers to a 12-week aerobic exercise training in women with metabolic syndrome. *Sports medicine-open*. 2015; 2: 1-10.
 33. Kohut ML, McCann DA, Russell DW, Konopka DN, Cunnick JE, Franke WD, et al, editors. Aerobic exercise, but not flexibility/resistance exercise, reduces serum IL-18, CRP and IL-6 independent of beta-blockers, BMI and psychosocial factors in older adults. *Brain Behav Immun*. 2006; 20: 201-9.
 34. Monzillo LU, Hamdy O, Horton ES, Ledbury S, Mullooly C, Jarema C, et al, editors. Effect of lifestyle modification on adipokine levels in obese subjects with insulin resistance. *Obesity research*. 2003; 11: 1048-1054.
 35. Mujumdar PP, Duerksen-Hughes PJ, Firek AF, Hessinger DA. Long-term, progressive, aerobic training increases adiponectin in middle-aged, overweight, untrained males and females. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*. 2011; 71: 101-107.
 36. Ghorbani M. A Review of the Relationship Between Type 2 Diabetes and Obesity. *Journal of Cellular-Molecular Biotechnology*. 2015; (5): 9-14. [In Persian].
 37. Aghamohammadi M, Habibi A, Rangbar R. Effect of Aerobic Exercise on Serum Irisin Levels and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetic. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2015; (18): 1-9. [In Persian].
 38. Kim Y, Nam J, Dong W, Kim K, Sang H, Chul W. The effects of aerobic exercise training on serum osteocalcin, adipocytokines and insulin resistance on obese young males. *Clin Endocrinol*. 2015. 82; 686-694.
 39. Cuff J, Meneilly S, Martin A, Lgnaszewski A, Tildesley D, Frohlich J. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2003; 26(9): 2977-2982.
 40. Maiorana A, Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Research and Clinical Practice – Journal*. 2002; 56: 115-123.
 41. 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.
 42. Zhang G, Zhang, Q, Zhao K, Wu X, Zhao J, Jiao M, et al. Relationship between blood glucose fluctuation and macro vascular endothelial dysfunction in type 2 diabetic patients with coronary artery during an exercise training program in obese women with normal and impaired glucose tolerance. *European Journal of Endocrinology*. 2001; 145:273-80.
 19. American Diabetes Association. standards of medical care in diabetes. *diabetes care*. 2011; 34(1); 11-61.
 20. Afzali H, Majdzade R, Fotohi A. Methodology of Applied Research in Medical Sciences. First edition, Tehran Medical Sciences Press, Publishing & Printing Institute. 2005; p. 47-53. [In Persian].
 21. Haghdoost A. Do you want to understand the concept of sample size and the power of statistical tests more accurately? *Iranian Journal of Epidemiology*. 2009; (5):57-63. [In Persian].
 22. Fallahzadeh H. Bases and Methods of Biostatistics. Second edition, Sobhan Publishing House. 2014; p. 154-161. [In Persian].
 23. Yousefi P, Tadibi V, Behpour N, Parnoo A, et al. The effect of aerobic exercise on blood glucose control and cardiovascular risk factors in people with type 2 diabetes. *Journal of Mashhad University of Medical Sciences*. 2014; (57): 976-984. [In Persian].
 24. Tofighi A, Ghafari Gh. Effect of regular aerobic exercise and supplementation of omega-3 supplementation on sICAM-1 and serum lipoprotein levels in obese elderly women. *Journal of Science and Research in Nutrition Sciences and Food Industry of Iran*. 2013; (8): 35-44. [In Persian].
 25. Ghaffarpour M, Houshiar A, Kianfar H. Household of Scales Guide, Conversion coefficients and Percent of Edible food. Tehran, Publication of Agricultural Sciences. 2000; 25: 24-29.
 26. Praet S, Loon L. Optimizing the therapeutic benefits exercise in type 2 diabetes. *J Appl Physiol*. 2007; 103(2): 1113-1120.
 27. Nezamdoost Z, Saghebjo M, Barzegar A. The effect of twelve weeks of aerobic training on serum vaspin levels, fasting glucose and insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Journal of Diabetes and Metabolism of Iran*. 2014; (14): 99-104.
 28. Swain D, Hrltz B. The fuel calculations (application of equations). Iran: Tehran. Publishers. 2001; 1: 41-112.
 29. Meamarbashi A, Rajabi A. The effects of peppermint on exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2013; 10: 15-21.
 30. José M, Sandra M, Guštavo J, Carlos H, Everardo M, Guilherme D et al. Interleukin-6 increases the expression and activity of insulin-degrading enzyme Mirian A. *Scientific Reports*. 2017; 7: 1-12.
 31. Mendham AE, Duffield R, Marino F, Coutts AJ. A 12-week sports-based exercise programme for inactive Indigenous Australian men improved clinical risk factors associated with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Science and Medicine in*

- Med. 2018; 39(7):527-534.
44. Heden T, Lox C, Rose P, Reid S, Kirk EP. One-set resistance training elevates energy expenditure for 72 h similar to three sets. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111: 477-484.
43. Cavalcante EF, Ribeiro AS, do Nascimento MA, Silva AM, Tomeleri CM, Nabuco HCG. Effects of Different Resistance Training Frequencies on Fat in Overweight/Obese Older Women. *Int J Sports heart disease*". *European review for medical and pharmacological sciences.* 2014; 18: 3593-3600.