

Comparison between the effects of two different frequencies of aerobic exercise with the same volume and detraining period on the levels of irisin hormone, lipid profiles, and insulin resistance index in obese women with type 2 diabetes

Ali Rajabi¹, Marefat Siahkoghian², Ali Akbarnejad³, Morteza Yari⁴

Background: Type 2 diabetes is an important public health problem that involves many people. Exercise and physical activity play an important role in preventing and controlling it. Therefore, this study aimed to compare the effects of two different frequencies of aerobic exercise with the same volume and detraining period on the levels of irisin hormone, lipid profiles, and insulin resistance index in obese women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: In this quasi-experimental study, 36 obese women with type 2 diabetes were randomly allocated into three groups (n = 12 per group). Group 1 and group 2 performed 8 weeks of intensity aerobic exercise (Group 1=3 times and Group 2=6 times a week, with the same volume) with 60-75 percent of maximum heart rate. Samples were taken before intervention, 48 hours after the first training session, and two weeks after the last training session.

Results: After 8 weeks of intervention, the intergroup results showed that weight, body fat, and body mass index were significantly reduced only in group 1, whereas in both groups, the insulin resistance index reduced and irisin levels increased significantly ($P < 0.05$). One-way ANOVA with LSD post-hoc test indicated a significant difference between the study groups in terms of weight ($P = 0.036$), fat percentage ($P = 0.001$), BMI ($P = 0.008$), insulin resistance ($P = 0.001$), and irisin ($P = 0.0001$) in the post-test phase.

Conclusion: Given the results of this study, the longer duration exercise protocol was of a more significant impact on the control of factors involved in type 2 diabetes than the exercise protocol with more frequent, short-term training sessions. Therefore, it can be concluded that the duration of an exercise program is an effective factor in the prevention and control of type 2 diabetes, which should be considered in the design and planning of exercise.

Key Words: Irisin, Aerobic exercise, Insulin resistance index, Type 2 diabetes, Obese women

Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2018; 24 (4): 291-305.

Received: October 24, 2017

Accepted: January 30, 2018

¹ Department of Sport Physiology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.

² Corresponding Author; Assistante Professor, Department of Sport Physiology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardebil, Iran.
Address: Ardebil University, Ardebil University, Ardebil, Iran.

Tel: 04533518530 Fax: 04533518530 E-mail: m_siahkoghian@uma.ac.ir

³ Associate Professor, Department of Sport Physiology, University of Tehran, Tehran, Iran

⁴ MSc, Department of Sport Physiology, University of Tehran, Tehran, Iran.

مقایسه تاثیر دو تواتر مختلف تمرین هوازی با حجم یکسان و بی‌تمرینی متعاقب با آن بر سطوح هورمون آیریزین، پروفایل لیپیدی و شاخص مقاومت به انسولین در زنان چاق دیابتی نوع ۲

علی رجبی^۱، معرفت سیاه‌کوهیان^۲، علی‌اکبر نژاد^۳، مرتضی یاری^۴

چکیده

زمینه و هدف: دیابت نوع ۲ یک معضل مهم برای سلامت عمومی است که افراد زیادی درگیر آن هستند. تمرینات ورزشی و فعالیت بدنی نقش مهمی در پیشگیری و کنترل آن ایفا می‌کند. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، مقایسه اثر دو تواتر مختلف تمرین هوازی با حجم یکسان و بی‌تمرینی متعاقب با آن بر سطوح هورمون آیریزین، پروفایل لیپیدی و شاخص مقاومت به انسولین در زنان چاق دیابتی نوع ۲ بود.

روش تحقیق: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۶ زن چاق دیابتی نوع ۲ به‌صورت تصادفی به سه گروه مساوی ۱۲ نفر تقسیم شدند. گروه ۱ و ۲ به مدت ۸ هفته (۳=۱ جلسه و ۶=۲ 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 شد.

یافته‌ها: نتایج درون‌گروهی نشان داد متغیرهای وزن، چربی بدن و شاخص توده بدنی تنها در گروه یک (کاهش) و مقاومت به انسولین (کاهش) و آیریزین (افزایش) در هر دو گروه تجربی، بعد از گذشت ۸ هفته از مداخله، تغییر معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه همراه با تست تعقیبی LSD، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در متغیرهای وزن ($p=0/036$)، درصد چربی ($p=0/001$)، شاخص توده بدنی ($p=0/008$)، مقاومت به انسولین ($p=0/001$) و آیریزین ($p=0/0001$) در مرحله پس‌آزمون بین گروه‌های مختلف مطالعه بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تأثیر تمرین ورزشی با مدت زمان بیشتر نسبت به تکرار در جلسات تمرینی کوتاه مدت در کنترل عوامل دخیل و مؤثر در دیابت نوع ۲ بارزتر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که زمان برنامه ورزشی، عامل مؤثری در پیشگیری و کنترل بیماری دیابت نوع ۲ می‌باشد که باید در طراحی و برنامه‌ریزی ورزشی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آیریزین، ورزش هوازی، شاخص مقاومت به انسولین، دیابتی نوع ۲، زنان چاق

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. ۱۳۹۶؛ ۲۴ (۴): ۲۹۱-۳۰۵.

دریافت: ۱۳۹۶/۸/۲ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰

^۱گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

^۲نویسنده مسئول؛ استادیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

آدرس: اردبیل، خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تلفن: ۰۴۵۳۳۵۱۸۵۳۰، نمابر: ۰۴۵۳۳۵۱۸۵۳۰، پست الکترونیک: m_siahkohian@uma.ac.ir

^۳دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

^۴کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

مقدمه

دیابت نوع ۲، یک بیماری متابولیکی اپیدمیک است که براساس برآوردهای انجام شده، حدود ۵ تا ۸ درصد افراد بزرگسال در جهان به آن مبتلا هستند. گزارش شده است که تعداد افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ در سال ۲۰۱۰، ۲۸۵ میلیون نفر در دنیا بوده و پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۳۰ به ۴۳۸ میلیون نفر برسد. همچنین در دنیا هزینه های مستقیم و غیر مستقیم بیماری دیابت، ۱۷۴ میلیارد دلار در سال گزارش شده است (۱).

در بیماران دیابتی نوع ۲، خطر مرگ و میر زودرس، بیماری های قلبی، کلیوی، عصبی و بینایی، دو برابر افراد سالم می باشد (۲). گفته شده است که بیماری دیابت نوع ۲، ناشی از دو نقص اصلی مقاومت به انسولین و اختلال در عملکرد سلول های بتای پانکراس می باشد. مقاومت به انسولین، یک وضعیت پاتولوژیک است که طی آن میزان نرمال انسولین خون، قادر به ایجاد پاسخ بیولوژیک طبیعی نیست. در واقع پیام رسانی با سیگنالینگ انسولین مختل می شود و این کاهش پاسخ می تواند تمام اثرات متابولیکی انسولین را تحت تأثیر قرار دهد (۲).

بیماری دیابت و چاقی رابطه بسیار نزدیکی با هم دارند. غالباً دیابت نوع دو به همراه چاقی بروز می کند و گفته شده است که چاقی به عنوان عامل مؤثری در ایجاد دیابت نوع ۲ حائز اهمیت است (۳). چاقی با ایجاد مقاومت به انسولین، خطر ابتلا به دیابت نوع ۲ را بالا می برد؛ به طوری که اغلب بیماران دیابتی نوع ۲، چاق بوده و چاقی همواره با درجاتی از مقاومت به انسولین همراه است (۴). شایع ترین اختلالات پروفایل لیپیدی در افراد دیابتی، افزایش سطوح در گردش خون تری گلیسرید، کلسترول، لیپوپروتئین کم چگال (LDL) و کاهش لیپوپروتئین پرچگال (HDL) است که از عوامل خطرزای قلبی - عروقی به شمار می رود (۲).

هدف درمان دیابت نوع دو، رسیدن و حفظ گلوکز، چربی و فشار خون بهینه برای پیشگیری یا به تأخیر انداختن

معضلات وابسته به آن و بهبود کیفیت زندگی در این بیماران است. برنامه ریزی مناسب غذایی، فعالیت ورزشی منظم، کاهش وزن مازاد، انجام رفتارهای خودمراقبتی و دریافت دارو، از جمله راهکارهای پیشنهادی محققان و متخصصان حوزه دیابت به شمار می روند. باید توجه گردد، هنگامی که از مداخلات دارویی استفاده می شود، آنها باید به تقویت تعدیل های روش زندگی (ورزش و رژیم غذایی) کمک کنند، نه اینکه جایگزین آنها شوند (۲). اثرات مفید تمرین ورزشی در جلوگیری از چاقی، دیابت و عوارض آن در تحقیقات متعددی ثابت شده است (۵، ۴)؛ اما اینکه اثرات مفید ورزشی در اثر کدام مکانیسم های مولکولی رخ می دهند، همچنان مورد بحث و مطالعه است (۶).

اخیراً محققان دریافته اند که عضله اسکلتی، نقش فعالی را در تنظیم هموستاز متابولیکی از طریق توانایی خود در ارتباط با بافت چربی با غدد درون ریز ایفا می کند (۶). نتایج تحقیقات نشان می دهد که انقباض عضله اسکلتی، باعث افزایش آزاد شدن چندین مایوکین مانند: IL-6، IL-10 و مایوکینی به نام آیریزین می شود که قادر به تعامل با بافت چربی است (۷). آیریزین نوعی مایوکاین است که به واسطه ای فعال شدن پروگسیزوم (PGC1-α) ایجاد می شود و پروتئین عرضی غشایی فیبرونکتین (FNDC5) را تحریک می کند؛ سپس FNDC5 که یک پروتئین غشایی است، از غشا جدا و تجزیه شده و به صورت آیریزین در خون رها می شود و پس از رسیدن به سلول های هدف، موجب افزایش بیان ژن پروتئین ساز نوع ۱ (UCP1) می گردد. در نهایت این پروتئین سبب می شود که بافت چربی سفید که منبع ذخیره انرژی در بدن است، به بافت چربی قهوه ای که مصرف کننده انرژی (از طریق گرمایی) است، تبدیل گردد (۵).

مطالعات صورت گرفته در مورد اثر فعالیت ورزشی بر

1. Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-
alpha

2. Fibronectin type III domain-containing protein 5

3. uncoupling protein 1

مقاومت به انسولین در زنان چاق دیابتی نوع ۲ بود.

روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی، با طرح اندازه گیری مکرر بود که در سه مرحله شامل: مرحله پیش آزمون (۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه تمرین)، مرحله پس آزمون (۴۸ ساعت پس از اتمام دو ماه تمرین) و مرحله بررسی میزان ماندگاری تأثیر تمرین (دو هفته پس از آخرین جلسه تمرینی) در مقایسه با گروه کنترل (بدون تمرین)، انجام شد.

جامعه آماری مطالعه از بیماران زن غیرفعال چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ استان کرمانشاه تشکیل شد. روش نمونه گیری به صورت هدفمند با توجه به معیارهای ورود به مطالعه و به صورت نمونه های در دسترس بود که به شیوه تصادفی ساده انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه ۱۲ نفری قرار گرفتند. گروه ها شامل: گروه A (انجام ۳ جلسه ورزش در هفته)، گروه B (انجام دهنده ۶ جلسه ورزش در هفته) و گروه کنترل بودند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: میانگین سنی $57/5 \pm 5/62$ سال، وزن $88/4 \pm 4/44$ کیلوگرم و قد $160/74 \pm 3/26$ سانتی متر، عدم ابتلا به بیماری های قلبی-عروقی، اسکلتی-عضلانی و متابولیکی و نداشتن سطح پایه هموگلوبین گلیکوزیله بیشتر از ۹/۹ درصد، نداشتن هرگونه عوارض دیابتی (نروپاتی، نفروپاتی، رتینوپاتی)، عدم شرکت در فعالیت ورزشی منظم بیش از یک جلسه در هفته در طی ۶ ماه گذشته، عدم مصرف دخانیات، نداشتن بیشتر از ۵ سال سابقه ابتلا به دیابت و مصرف نکردن بیش از یک نوع قرص خوراکی ضد دیابتی در شبانه روز (همه افراد مورد مطالعه، متفورمین به میزان یکسان مصرف می کردند) بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل: غیبت در برنامه های تمرین، ابتلا به بیماری حاد حین مطالعه، شرکت در تمرینات ورزشی دیگر به غیر از پروتکل مطالعه حاضر و ... بود.

در جلسه هماهنگی، هدف ها و مراحل مطالعه تشریح و رضایت نامه کتبی شرکت در مطالعه، از افراد گرفته شد. لازم به

آیریزین با هم مغایر هستند. برخی مطالعات، حاکی از افزایش آیریزین پس از فعالیت بدنی (۸) هستند و برخی دیگر کاهش آیریزین را گزارش کرده اند (۹، ۱۰). نقش مهم پروتئین آیریزین در کاهش مقاومت به انسولین که در مطالعات Nathan و همکاران (۲۰۱۷)، Jaqueline و همکاران (۲۰۱۷)، Guilford و همکاران (۲۰۱۷) و Perakakis و همکاران (۲۰۱۷) (۱۱-۱۴)، بر آن تأکید شده است و نتایج متناقض برخی مطالعات دیگر در زمینه تأثیر تمرینات ورزشی در خصوص این پروتئین (۷-۱۰)، بررسی آن را حائز اهمیت کرده است که در این مطالعه به آن پرداخته شد.

در مطالعه حاضر همچنین به مقایسه دو فرکانس تمرینی با حجم یکسان پرداخته شد. این شیوه تمرینی تا به حال برای بیماران دیابتی استفاده نشده است؛ زیرا برنامه تمرین ورزشی بایستی به گونه ای انطباق پذیر باشد که افراد توانایی و وقت کافی برای شرکت در برنامه ها را داشته باشند. انجمن دیابت آمریکا، دیابتی های نوع ۲ را به انجام حداقل ۱۵۰ دقیقه ورزش هوازی با شدت متوسط و یا حداقل ۹۰ دقیقه ورزش هوازی با شدت بالا در هفته توصیه می کند (۱۵)؛ بنابراین در مطالعه حاضر، روش تمرینی به نحوی طراحی گردید که در گروه های تمرینی، حجم تمرین کلی یکسان بود؛ اما بررسی گردید که آیا تمرین یک روز در میان (سه روز در هفته) که وقت و حضور کمتری را می طلبد، نسبت به تمرین شش روز در هفته (با حجم یکسان و برابر سه روز در هفته) فرقی در بهبود بیماران دیابتی و متغیرهای تحقیق حاضر را داشت یا خیر؟

در این مطالعه همچنین به بررسی اثر ماندگاری فعالیت بدنی در این قشر از بیماران پرداخته شد که تاکنون در تحقیقی بررسی نشده است؛ زیرا در بعضی مواقع به دلایلی، ادامه فعالیت ورزشی به طور مداوم برای بیماران دیابتی مقدور نیست. هدف کلی مطالعه حاضر، مقایسه تأثیر دو تواتر مختلف تمرین هوازی با حجم یکسان و بی تمرینی متعاقب با آن بر سطوح هورمون آیریزین، پروفایل لیپیدی و شاخص

ذکر است، افراد مورد مطالعه، تحت درمان دارویی عمومی و معمولی دیابت نوع ۲ از سوی یک پزشک متخصص بودند؛ همچنین در طول انجام این مطالعه و تمرینات ورزشی، تغییر قابل توجهی در تجویز دارو برای آنها، در زمینه کنترل قند خون و یا کنترل لیپید انجام نشد (۱۶، ۱۷).

کنترل برنامه تغذیه:

داده‌های لازم در زمینه دریافت غذایی بیماران مورد مطالعه، با استفاده از پرسشنامه یادآمد غذایی ۲۴ ساعته خوراک به دست آمد؛ بدین صورت که از تمامی افراد خواسته شد، تمام خوردنی‌ها و آشامیدنی‌هایی را که در طی ۲۴ ساعت قبل از تکمیل پرسشنامه مصرف کرده بودند، ذکر کنند (۱۸). برای کمک به افراد برای یادآوری دقیق‌تر مقادیر مواد غذایی خورده شده، از ظروف و پیمانه‌های خانگی استفاده شد. این پرسشنامه برای هر یک از افراد، در ۳۰ نوبت غیر متوالی (هفته‌ای ۳ بار، در دو روز غیر تعطیل و یک روز تعطیل هفته) تکمیل شد. مقادیر ذکرشده‌ی غذاها، با استفاده از راهنمای مقیاس‌های خانگی به گرم تبدیل شدند؛ سپس هر غذا طبق دستورالعمل برنامه نرم‌افزار کامپیوتری پردازش غذا^۱ FP2 کدگذاری شد و برای ارزیابی انرژی و مواد مغذی آن‌ها، توسط کارشناس تغذیه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۹). برای تعیین کفایت رژیم غذایی، از مقادیر سفارش شده روزانه RDA سال ۱۹۸۹ آمریکا استفاده شد (۲۰) (جدول ۲).

برنامه تمرینی:

برنامه تمرینی شامل ۸ هفته تمرین هوازی بود؛ بدین صورت که افراد گروه A، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه حدود ۵۰ دقیقه و افراد گروه B، ۶ جلسه در هفته و هر جلسه ۲۵ دقیقه به تمرین هوازی می‌پرداختند. لازم به ذکر است، زمان گرم کردن ۱۰ دقیقه و سرد کردن ۵ دقیقه و در هر دو گروه ثابت بود که این دو زمان، جزء شدت و برنامه اصلی تمرین محسوب نگردید.

انجمن دیابت آمریکا، دیابتی‌های نوع ۲ را به ۲ تا ۳ جلسه تمرین ورزشی (هوازی یا مقاومتی و یا ترکیبی) با گروه‌های عضلانی عمده در هفته (۱۵) که شامل حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت متوسط و یا حداقل ۹۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت بالا باشد، توصیه می‌کند (۱۶). از این رو، برنامه نهایی هفته‌های ششم، هفتم و هشتم در گروه A به صورت ۳ جلسه ۴۰ دقیقه‌ای و در گروه B به صورت ۶ جلسه ۲۰ دقیقه‌ای تمرین اصلی دوییدن با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه بود (۱۶، ۱۵). ضربان قلب هدف تمرین، از فرمول کاروونن به صوت زیر به دست آمد:

فرمول کاروونن:

{ضربان قلب استراحت + (ضربان قلب استراحت - ضربان قلب بیشینه) × شدت مورد نظر} = ضربان قلب فعالیت، استفاده گردید (۲۱).

ضربان قلب بیشینه نیز از فرمول «سن - ۲۲۰» به دست آمد (۲۲). ضربان قلب بیماران، با استفاده از (ساعت پولار) ضربان سنج دستی، کنترل شد. همچنین برای به دست آوردن VO2max افراد، از آزمون راه رفتن راکپورت^۲ استفاده شد (۲۳).

به منظور آشناسدن افراد مورد مطالعه با برنامه تمرین‌ها و نحوه شمارش ضربان قلب آنها، ۳ جلسه آشناسازی پیش از شروع برنامه تمرینات، در نظر گرفته شد. برنامه تمرینی گروه‌ها شامل سه بخش گرم کردن، برنامه اصلی و سرد کردن بود. دو بخش گرم کردن (۱۰ دقیقه با شدت ۵۵ درصد ضربان قلب بیشینه و شامل: نرم دوییدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی) و سرد کردن (۵ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه و شامل تن آرامی و کشش عضلات به ویژه کمر و لگن) در هر دو گروه تمرینی A (سه جلسه تمرین در هفته) و B (۶ جلسه تمرین در هفته) تا انتهای ۸ هفته برنامه ورزشی، یکسان بود.

برنامه اصلی تمرین نیز شامل دو بخش حرکات ایروبیک

² Rockport walking test

¹ Food Processor 2

مورد بررسی قرار گرفتند. HDL-C و LDL-C، با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون ایران با حساسیت یک میلی گرم در دسی لیتر (۱mg/dl) و ضریب تغییر ۱/۵ درصد، اندازه گیری شد. برای ارزیابی آیریزین سرم، با استفاده از روش الایزا (کیت انسانی آیریزین، شرکت Cozabayo Biotech Co ژاپن) با میزان دقت درونی (CV) کمتر از ۸ درصد و دقت بیرونی کمتر از ۱۰ درصد، با طول موج ۴۵۰ نانومتر اندازه گیری شد. شاخص مقاومت به انسولین با مدل ارزیابی هموستازی HOMA-IR، توسط فرمول زیر با استفاده از گلوکز خون ناشتا و سطوح انسولین سرم، محاسبه شد (۲۱).

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{انسولین ناشتا } (\mu\text{U/ml}) \times \text{گلوکز خون ناشتا } (\text{mmol/l})}{22.5}$$

آنالیز آماری:

از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف معیار استفاده شد. طبیعی بودن توزیع داده ها در مرحله پیش آزمون، با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک در فاکتورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی تغییرات و اختلاف های درون گروهی در زمان های مختلف، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای بررسی نتایج بین گروهی در هر مرحله زمانی، از آزمون های تحلیل واریانس یک راهه با تست تعقیبی LSD استفاده شد. از آزمون Cohen's d برای برآورد اندازه اثر (Effect Size) استفاده شد. اندازه اثر کمتر از ۰/۲ به عنوان اندازه اثر «ناچیز»، بین ۰/۲ تا ۰/۵ به عنوان اندازه اثر «کم»، بین ۰/۵ تا ۰/۸ به عنوان اندازه اثر «متوسط» و بیشتر از ۰/۸ به عنوان اندازه اثر «زیاد» ارزیابی می شود. عملیات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (ویرایش ۲۲) انجام و سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ درصد در نظر گرفته شد. همچنین از فرمول زیر برای بررسی نتایج درصد تغییرات استفاده گردید.

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

(X درصد تغییرات، a و b به ترتیب نمرات پیش آزمون و پس آزمون را نشان می دهند)

در ابتدا و دوییدن در ادامه آن، بود. شدت تمرین در برنامه اصلی هر دو گروه تمرینی، یکسان بود و در دو هفته آغازین (ایروبیک: ۶۰-۵۵٪ و دوییدن: ۶۵-۶۰٪)، هفته سوم تا پنجم (ایروبیک: ۶۰-۵۵٪ و دوییدن: ۷۰-۶۵٪) و در سه هفته انتهایی تمرین (ایروبیک: ۶۰-۵۵٪ و دوییدن: ۷۵-۷۰٪)، یک روند افزایشی در شدت برای جلوگیری از ایجاد سازگاری حین تمرینات و رعایت اصل اضافه بار، اعمال شد. تنها تفاوت دو گروه در طی اجرای برنامه تمرینی، تعداد جلسات در هفته و مدت زمان هر جلسه تمرینی در بخش اصلی تمرین بود؛ به طوری که در گروه A (سه جلسه تمرین)، در دو هفته اول ۳۰ دقیقه، در هفته سوم تا پنجم ۴۰ دقیقه و در هفته ششم تا هشتم ۵۰ دقیقه در هر جلسه بود. در حالی که در گروه B (۶ جلسه تمرین) مدت زمان هر جلسه تمرینی در دو هفته اول ۱۵ دقیقه، در هفته سوم تا پنجم ۲۰ دقیقه و در هفته ششم تا هشتم ۲۵ دقیقه اعمال شد. لازم به ذکر است که حجم تمرین انجام شده در هر دو گروه تمرینی، در هر هفته برابر و تنها تفاوت در تقسیم جلسات طولانی مدت گروه اول در روزهای هفته و اجرای آن توسط گروه دوم بود.

در تمرین هوازی، افراد، در هنگام خستگی به انجام پیاده روی و ترکیب حرکات دست و پا تا آخر تمرین، تشویق می شدند. همچنین در طول دوره مطالعه، میزان فعالیت بدنی شرکت کنندگان با تعیین تعداد ضربان قلب با استفاده از دستگاه ضربان سنج polar (ساخت کشور چین و آلمان) کنترل شد. از گروه دارونما در این مدت خواسته شد که فعالیت ورزشی نداشته باشند (جدول ۱).

ارزیابی آزمایشگاهی:

بعد از ۱۲-۸ ساعت ناشتایی، میزان ۱۰ سی سی نمونه خون وریدی از شریان رادیال دست چپ بیماران و در مراحل پیش آزمون و پس آزمون (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 گرفته شد. در ادامه، متغیرهای بیوشیمیایی

جدول ۱- شرایط برنامه تمرینی منتخب در طول ۸ هفته

تعداد هفته	مدت فعالیت	نوع تمرین در هر جلسه	شدت تمرین 1%HRmax	مدت تمرین در هر جلسه (دقیقه)		نوع حرکات
				گروه A	گروه B	
هفته ۱ و ۲	گروه A: ۳ جلسه در هفته گروه B: ۶ جلسه در هفته	گرم کردن	>55%	۱۰	۱۰	نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی
		بخش اصلی:				
		ایروبیک	55-60%	۱۰	۵	حرکات ترکیبی دست و پا
		دویدن	60-65%	۲۰	۱۰	
هفته ۳، ۴ و ۵	گروه A: ۳ جلسه در هفته گروه B: ۶ جلسه در هفته	سرد کردن	>50%	۵	۵	ریلاکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن
		بخش اصلی:				
		ایروبیک	55-60%	۱۰	۵	حرکات ترکیبی دست و پا
		دویدن	65-70%	۳۰	۱۵	
هفته ۶، ۷ و ۸	گروه A: ۳ جلسه در هفته گروه B: ۶ جلسه در هفته	سرد کردن	>50%	۵	۵	ریلاکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن
		بخش اصلی:				
		ایروبیک	55-60%	۱۰	۵	حرکات ترکیبی دست و پا
		دویدن	70-75%	۴۰	۲۰	

جدول ۲- مقایسه میانگین سن، میزان دریافت انرژی و مواد مغذی در گروه‌های مورد مطالعه

متغیر	گروه‌ها			سطح معنی‌داری بین گروهی
	گروه A (۳ جلسه ورزش)	گروه B (۶ جلسه ورزش)	کنترل	
سن (سال)	57/62 ± 6/81	55/37 ± 6/23	56/87 ± 5/11	0/56
طول مدت ابتلا به بیماری (سال)	4/6 ± 2/8	3/9 ± 2/0	4/2 ± 3/0	0/48
ماده مغذی:				
انرژی (کالری / روز)	1692/36 ± 166	1698/88 ± 185	1705/71 ± 125	0/19
کربوهیدرات (گرم / روز)	225/93 ± 59/27	236/04 ± 34/22	252/84 ± 38/34	0/07
پروتئین (گرم / روز)	73/53 ± 17/23	70/14 ± 21/04	80/00 ± 16/42	0/28
چربی (گرم / روز)	48/33 ± 13/87	42/22 ± 11/22	46/08 ± 11/13	0/32
فیبر (گرم / روز)	13/24 ± 4/45	13/98 ± 4/66	14/18 ± 4/21	0/87
کلسیم (میلی گرم / روز)	270/188 ± 20/161	275/44 ± 169/23	286/54 ± 178/11	0/11
ویتامین C (میلی گرم / روز)	59/77 ± 26/24	61/49 ± 28/81	62/97 ± 29/44	0/63
ویتامین E (میلی گرم / روز)	2/94 ± 1/46	3/07 ± 1/22	3/41 ± 2/47	0/71
سلنیوم (میکروگرم / روز)	48/81 ± 21/67	51/84 ± 24/91	53/65 ± 24/11	0/44

ماده مغذی: پردازش توسط نرم‌افزار SPSS و FP2، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (مقادیر به شکل انحراف معیار ± میانگین بیان شده است).

1 HEART RATE MAX

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، توزیع طبیعی داده‌های سه گروه را در مرحله پیش‌آزمون در متغیرهای وزن ($P < 0/00$)، چربی بدنی (درصد) ($P < 0/25$)، هورمون آیریزین ($P < 0/86$)، HDL-C ($P < 0/45$)، LDL-C ($P < 0/33$) و HOMA-IR ($P < 0/126$)، نشان داد؛ اما در متغیر BMI، توزیع داده دو گروه تجربی در مرحله پیش‌آزمون نرمال نبود ($P < 0/051$)؛ بنابراین از آزمون ناپارامتریک استفاده شد.

همچنین نتایج تحلیل پردازش غذایی مصرفی نشان داد که در طول اجرای پژوهش، اختلاف معنی‌داری در هیچ کدام از درشت مغذی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌های مصرفی بین افراد گروه‌های مختلف وجود نداشت (جدول ۲، ۳ و ۴).

نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، میانگین پس‌آزمون متغیرهای وزن، چربی بدن، BMI، HDL-C و LDL-C در گروه A (۳ جلسه تمرین در هفته) و میزان مقاومت به انسولین و آیریزین در هر دو گروه تجربی، بعد از گذشت ۸ هفته از مداخلات، کاهش معنی‌داری پیدا کردند ($P < 0/05$) (جدول ۳ و ۴). در میزان ماندگاری تأثیر

تمرینات پس از مدت‌زمان دو هفته از اتمام دوره ۸ هفته‌ای مطالعه، در گروه A، تمام متغیرهای مطالعه حاضر ماندگاری معنی‌داری نسبت به مرحله پیش‌آزمون ($P < 0/05$) داشتند. در گروه B، فقط در متغیر آیریزین ماندگاری معنی‌داری نسبت به مرحله پیش‌آزمون ($P < 0/05$) مشاهده شد (جدول ۳ و ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه با تست تعقیبی LSD نشان داد که در مرحله پس‌آزمون، بین میانگین توزیع تمام متغیرهای مطالعه بین گروه A و گروه کنترل، اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0/05$)؛ اما در این مرحله اختلاف بین گروه B و گروه کنترل معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). در مرحله ماندگاری، دو گروه A و کنترل در متغیرهای چربی بدن، BMI و HDL-C اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0/05$)؛ اما در این مرحله اختلاف بین دو گروه B و کنترل در هیچ متغیری معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). در این بین، بیشترین میزان اندازه اثر و نیز درصد تغییرات مرحله پس‌آزمون، در مورد تمام متغیرها، ابتدا مربوط به گروه A و در مرحله بعد مربوط به گروه B بود (جدول ۳، ۴).

جدول ۳- مقادیر مربوط به میانگین تغییرات متغیرهای تن‌سنجی در گروه‌های مختلف پژوهش

متغیرها (آماره‌های ۱، ۲ و ۳)	گروه‌ها (تعداد جلسه ورزش)	مراحل			تغییرات پس‌آزمون (%)	Cohen's d	سطح معنی‌داری بین هر سه گروه	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	ماندگاری			پس آزمون	ماندگاری
وزن (kg)	گروه A (۳ جلسه)	۸۱/۸۷±۳/۳۰	*۸۰/۱۲±۳/۴۷	Φ ۸۰/۷۳±۳/۳۷	-۲/۱۴	۰/۵۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹
	گروه B (۶ جلسه)	۸۷/۵۰±۵/۴۴	۸۶/۷۵±۵/۶۱	۸۷/۴۵±۵/۲۵	-۰/۸۵۷	۰/۱۳۵		
	کنترل	۸۶/۹۵±۵/۹۰	۸۷/۱۸±۶/۳۲	۸۷/۰۰±۶/۱۴	۰/۲۶	۰/۰۳۷		
چربی بدنی (درصد)	گروه A (۳ جلسه)	۳۳/۱۲±۲/۱۹	*۳۰/۶۲±۱/۸۴	Φ ۳۱/۴۲±۲/۴۲	-۷/۵۸	۱/۲۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	گروه B (۶ جلسه)	۳۵/۲۲±۲/۲۳	۳۴/۳۷±۲/۵۴	۳۵/۰۰±۲/۶۱	-۲/۴۱	۰/۳۵۵		
	کنترل	۳۴/۶۲±۳/۰۶	۳۵/۰۲±۲/۳۰	۳۴/۸۷±۴/۰۱	۱/۱۵	۰/۱۴۷		
شاخص توده بدنی (kg/m ²)	گروه A (۳ جلسه)	۳۱/۱۵±۱/۵۰	*۳۰/۴۰±۱/۴۹	Φ ۳۰/۶۳±۱/۳۱	-۲/۴۰	۰/۵۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹
	گروه B (۶ جلسه)	۳۴/۱۷±۲/۳۸	۳۳/۸۷±۲/۳۹	۳۴/۱۶±۲/۳۸	-۰/۸۷۱	۰/۱۲۵		
	کنترل	۳۴/۰۳±۳/۳۶	۳۴/۱۵±۳/۵۷	۳۴/۰۷±۳/۴۸	۰/۳۵	۰/۰۳۴		

۱- تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، تصحیح بونفرونی (درون گروهی): معنی‌داری مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون (*). مرحله ماندگاری نسبت به مرحله پیش‌آزمون (Φ) و مرحله ماندگاری نسبت به مرحله پس‌آزمون (†).

۲- آزمون Cohen's d جهت برآورد اندازه اثر

جدول ۴- مقایسه میانگین متغیرهای بیوشیمیایی در گروه‌های شرکت کننده در مراحل مختلف تحقیق

سطح معنی‌داری بین هر سه گروه		Cohen's d	تغییرات پس‌آزمون (%)	مراحل			گروه‌ها (تعداد جلسه ورزش)	متغیر (آماره ۴-۱)
پس آزمون	ماندگاری			پس‌آزمون	پیش‌آزمون	ماندگاری		
۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۵۸۵	۸/۱۸۶	$\ddagger \Phi \ 176/37 \pm 24/31$	$* 179/72 \pm 24/62$	$166/12 \pm 21/77$	گروه A (جلسه ۳)	آیریزین (نانوگرم بر دسی لیتر)
		۰/۱۰۵	۱/۵۲	$\Phi \ 158/7 \pm 22/72$	$* 159/5 \pm 22/80$	$157/1 \pm 22/84$	گروه B (عجل‌سه)	
		---	-۲/۳۱	$156/98 \pm 18/07$	$* 157/15 \pm 18/60$	$160/87 \pm 17/74$	کنترل	
۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۸۱۷	-۱۰/۱۴	$\ddagger \Phi \ 132/00 \pm 28/3$	$* 125/72 \pm 26/69$	$139/88 \pm 24/55$	گروه A (جلسه ۳)	LDL-C (mg/dl)
		۰/۱۳۰	-۱/۹۸	$151/04 \pm 26/92$	$153/84 \pm 24/12$	$156/95 \pm 23/64$	گروه B (عجل‌سه)	
		---	۰/۵۵	$153/74 \pm 26/76$	$153/00 \pm 25/62$	$152/15 \pm 25/76$	کنترل	
۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۶۸۴	۸/۵۱	$\ddagger \Phi \ 45/25 \pm 5/23$	$* 46/75 \pm 5/06$	$43/08 \pm 5/65$	گروه A (جلسه ۳)	HDL-C (mg/dl)
		۰/۳۴۱	۳/۱۵	$40/57 \pm 3/97$	$41/47 \pm 4/17$	$40/20 \pm 4/33$	گروه B (عجل‌سه)	
		---	-۱/۵۴	$40/62 \pm 4/53$	$40/12 \pm 4/25$	$40/75 \pm 3/45$	کنترل	
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۶۶۶	-۳۱/۵۲	$\ddagger \Phi \ 3/82 \pm 0/81$	$* 2/78 \pm 0/65$	$4/06 \pm 0/87$	گروه A (جلسه ۳)	مقاومت به انسولین (HOMA-IR)
		۰/۲۵۸	-۹/۳۰	$\ddagger \ 4/92 \pm 1/87$	$* 4/58 \pm 1/76$	$5/05 \pm 1/88$	گروه B (عجل‌سه)	
		---	۴/۶۵	$4/82 \pm 1/46$	$4/95 \pm 1/33$	$4/73 \pm 1/22$	کنترل	

۱- تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، تصحیح بونفرونی (درون گروهی): معنی‌داری مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون (*) مرحله ماندگاری نسبت به مرحله پیش‌آزمون (Φ) و مرحله ماندگاری نسبت به مرحله پس‌آزمون (‡). ۲- آزمون Cohen's d برای برآورد اندازه اثر

الف- ویژگی‌های فردی افراد مورد مطالعه:

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه با تست تعقیبی LSD نشان داد که در متغیر وزن در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/05$) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/05$) اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ اما اختلاف بین گروه B (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/903$) معنی‌دار نبود. همچنین در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0/036$). در مرحله ماندگاری بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/06$)، بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/07$) و بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) ($P < 0/898$) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت؛ اما در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار بود ($P < 0/039$). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر وزن، در گروه A ($\text{Cohen's } d = 0/516$) در مقایسه با گروه B ($\text{Cohen's } d = 0/135$) بود.

در متغیر BMI در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش)، ($P < 0/034$) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/023$) اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ اما بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) ($P < 0/863$)، اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0/036$). در مرحله ماندگاری بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/029$) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/033$) اختلاف معنی‌دار بود؛ اما اختلاف بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)، ($P < 0/956$) معنی‌دار نبود. همچنین در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0/039$). بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر BMI نیز در گروه A ($\text{Cohen's } d = 0/501$) در مقایسه با گروه B ($\text{Cohen's } d = 0/125$) بود.

در متغیر درصد چربی بدن در مرحله پس‌آزمون بین گروه

A (کاهش) با گروه B (افزایش)، ($P < 0/034$) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)، ($P < 0/023$) اختلاف معنی دار وجود داشت؛ اما اختلاف بین گروه B (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/063$) معنی دار نبود؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی دار وجود داشت ($P < 0/008$). در مرحله ماندگاری بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/021$) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/025$) اختلاف معنی دار بود؛ اما بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) ($P < 0/0933$) اختلاف معنی دار وجود نداشت؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی دار بود ($P < 0/009$). بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر درصد چربی بدن نیز در گروه A (Cohen's $d = 1/236$)، در مقایسه با گروه B (Cohen's $d = 0/355$) بود.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راهه با تست تعقیبی LSD نشان داد که در متغیر آیریزین در مرحله پس آزمون بین گروه A (افزایش) با گروه B (کاهش) ($P < 0/084$) و بین گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/062$) اختلاف معنی دار بود؛ اما بین گروه B (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/020$)، اختلاف معنی دار نبود؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی دار وجود داشت ($P < 0/001$). در مرحله ماندگاری نیز بین گروه A (افزایش) با گروه B (کاهش) ($P < 0/048$)، بین گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/029$)؛ و بین گروه B (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/085$)، اختلاف معنی دار نبود؛ اما در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی دار وجود داشت ($P < 0/001$). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر آیریزین در گروه A (Cohen's $d = 0/585$)، در مقایسه با گروه B (Cohen's $d = 0/105$) بود.

در متغیر LDL-C در مرحله پس آزمون بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/034$) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/040$)، اختلاف

معنی دار بود؛ اما بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) ($P < 0/048$) اختلاف معنی دار نبود؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی دار وجود داشت ($P < 0/001$). در مرحله ماندگاری نیز بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/020$)، بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/079$) و بین گروه B (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/033$) اختلاف معنی دار وجود نداشت؛ اما در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی دار بود ($P < 0/005$). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر LDL-C، در گروه A (Cohen's $d = 0/817$) در مقایسه با گروه B (Cohen's $d = 0/130$) بود.

در متغیر HDL-C در مرحله پس آزمون بین گروه A (افزایش) با گروه B (کاهش) ($P < 0/033$) و بین گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/008$) اختلاف معنی دار بود؛ اما بین گروه B (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/0575$) اختلاف معنی داری وجود نداشت؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی دار بود ($P < 0/0001$). در مرحله ماندگاری در متغیر HDL-C بین گروه A (افزایش) با B (کاهش) ($P < 0/026$) و گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) ($P < 0/028$) اختلاف معنی دار بود و بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)، ($P < 0/0980$) اختلاف معنی دار نبود؛ اما در این مرحله اختلاف بین سه گروه معنی دار بود ($P < 0/002$). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر HDL-C در گروه A (Cohen's $d = 0/684$)، در مقایسه با گروه B (Cohen's $d = 0/341$) بود.

در متغیر HOMA-IR در مرحله پس آزمون بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/001$) و گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/0001$) اختلاف معنی دار بود؛ اما اختلاف بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) ($P < 0/466$) معنی دار نبود. در این مرحله بین سه گروه

اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0/001$). در مرحله ماندگاری در متغیر HOMA-IR بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) ($P < 0/052$)، بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) ($P < 0/077$) و بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) ($P < 0/857$) اختلاف معنی‌دار نبود؛ اما در این مرحله اختلاف بین سه گروه معنی‌دار بود ($P < 0/001$). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیر HOMA-IR در گروه A ($\text{Cohen's } d = 1/666$)، در مقایسه با گروه B ($\text{Cohen's } d = 0/258$) بود.

بحث

پژوهش حاضر نخستین مطالعه در خصوص مقایسه تأثیر دو تواتر مختلف تمرین هوازی با حجم یکسان و بی‌تمرینی متعاقب با آن بر سطوح هورمون آیریزین، پروفایل لیپیدی و شاخص مقاومت به انسولین در زنان چاق دیابتی نوع ۲ بود. نتایج حاصل از تحلیل غذای مصرفی در تحقیق حاضر نشان داد که رژیم غذایی، عامل تأثیرگذار بر تغییر معنی‌دار هورمون آیریزین، پروفایل لیپیدی و شاخص مقاومت به انسولین گروه‌های دریافت‌کننده مداخلات ورزشی نیست؛ چرا که میزان کالری دریافتی بین سه گروه اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). بنابراین به نظر می‌رسد مداخله ورزشی تنها عاملی است که این فرآیند را تحت تأثیر قرار داده است. نتایج این مطالعه در خصوص 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 A، کاهش معنی‌داری داشت. همچنین بررسی نتایج بین‌گروهی نشان داد که در متغیرهای مذکور، در مرحله پس‌آزمون بین گروه B و گروه کنترل اختلاف معنی‌دار وجود نداشت؛ اما بین گروه A با دو گروه دیگر اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۴). علاوه بر این، بیشترین اندازه اثر فعالیت ورزشی در متغیرهای وزن ($\text{Cohen's } d = 0/516$)، درصد چربی ($\text{Cohen's } d = 1/236$) و شاخص توده بدنی

($\text{Cohen's } d = 0/501$)، در گروه A مشاهده گردید. کاهش معنی‌دار وزن و درصد چربی بدن در مطالعه حاضر با نتیجه مطالعه آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۴) (۷) با چهار جلسه تمرین هوازی در هفته و به مدت ۶ هفته، Kim و همکاران (۲۰۱۵) با چهار جلسه تمرین هوازی در هفته به مدت ۸ هفته (۴)، Cuff و همکاران (۲۰۰۳) با اجرای ۱۶ هفته برنامه هوازی (۲۴) هم‌خوانی داشت؛ اما با نتیجه مطالعه Maiorana و همکاران (۲۵) با اجرای هشت هفته برنامه ترکیبی و هوازی همسو نبود. این عدم همخوانی با نتایج مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل استفاده از برنامه تمرینات ترکیبی و هوازی در مطالعه Maiorana و همکاران بوده که افزایش بیشتری در توده وزن در گروه ترکیبی ایجاد کرده است. همچنین افراد مورد مطالعه در پژوهش حاضر چاق بودند؛ اما افراد مورد بررسی در مطالعه Maiorana و همکاران (۲۵) چاق نبودند.

کاهش معنی‌دار BMI در گروه A (۳ جلسه تمرین در هفته)، با یافته مطالعات Balducci و همکاران (۲۶)، نظام دوست و همکاران (۲۱)، یوسفی‌پور و همکاران (۱۶) و آقا محمدی و همکاران (۱۳۹۴) (۷) مشابه بود که نشان‌دهنده تأثیر تمرینات هوازی در کاهش این متغیر در افراد دیابتی چاق ثابت است. با توجه به اینکه بیماری دیابت و چاقی دارای رابطه بسیار نزدیکی باهم هستند، به نحوی که دیابت نوع ۲ غالباً همراه با چاقی بروز می‌کند؛ از این رو چاقی به‌عنوان فاکتور اصلی ایجاد دیابت نوع ۲ مطرح می‌باشد (۳). همچنین غالب پژوهشگران بر این باورند که افزایش سطوح چربی بدن به‌ویژه چاقی شکمی را می‌توان به‌عنوان عامل اولیه در بروز دیابت نوع ۲ و متعاقب آن ایجاد مقاومت به انسولین مطرح نمود (۳). بنابراین بهبود سطح متغیرهای آنتروپومتریکی در مطالعه حاضر را می‌توان به ساز و کار تمرینات هوازی مربوط دانست. از آنجا که افراد بررسی‌شده در مطالعه حاضر چاق بودند و سطح این شاخص‌ها با مصرف انرژی بیشتر همراه است؛ بنابراین تمرینات هوازی در این رابطه دارای اثر

بالقوه‌ای می‌باشد. همچنین طی بررسی‌های انجام‌شده توسط قربانی (۱۳۹۴) در یک مقاله مروری با عنوان «مروری بر ارتباط بین دیابت نوع ۲ و چاقی»، یکی از مهم‌ترین روش‌های پیشگیری از بروز و کنترل دیابت نوع ۲ کاهش وزن دانسته‌اند که پس از کاستن کالری دریافتی روزانه و افزایش فعالیت فیزیکی حاصل می‌شود. همچنین پژوهشگران نتیجه گرفته‌اند که بسیاری از موارد چاقی و دیابت نوع ۲، توسط دو روش بیان‌شده، قابل درمان می‌باشند (۳).

در این مطالعه در گروه B، کاهش معنی‌داری در متغیرهای وزن، درصد چربی بدن و BMI، مشاهده نشد. بایستی توجه گردد که درجه بالای از تغییرپذیری در پروتکل‌های ورزشی وجود دارد. فرکانس فعالیت‌های ورزشی پیشنهادشده برای بیماران دیابتی، از ۳-۷ روز در هفته، شدت از ۴۰-۷۵٪ $\dot{V}O_{2max}$ ، حجم از ۳۰-۶۰ دقیقه و مدت‌زمان مطالعه بیش از چند هفته بوده است. بنابراین بسیار مشکل است تا نتایج باثبات و قابل قیاسی به دست آید. تعدادی از پروتکل‌های ورزشی، اختلاف فاحشی را نشان نداده‌اند (۲۶)، اما بیشتر مطالعات، پایه طرح خود را بر دستورالعمل‌های توصیه‌شده برای سلامتی یعنی ۳۰ دقیقه تمرین در ۵-۷ روز در هفته قرار داده‌اند. پیاده‌روی سریع و بانشاط، تقریباً ۷ کیلوکالری در دقیقه انرژی می‌سوزاند. در مدت ۳۰ دقیقه تقریباً ۲۱۰ کیلوکالری انرژی هزینه خواهد شد. در هر یک کیلوچربی بدن حدود ۹ هزار کیلوکالری انرژی وجود دارد. بنابراین اگر این فعالیت ۵ روز در هفته انجام شود، در حدود ۸/۵ هفته زمان برای از دست دادن یک کیلوچربی موردنیاز است. محدودیت کالری برای کاهش وزن تقریباً ۱۰۰۰-۵۰۰ کیلوکالری در روز است (۱۵). بنابراین احتمال دارد عامل اصلی، زمان کمتر و نه شدت تمرین، در برنامه اصلی تمرین (دویدن) در این گروه باشد؛ چون شدت تمرین با گروه A، یکسان بود. بنابراین می‌توان احتمال داد که در برنامه تمرینی در گروه B به علت مدت زمان کمتر، محرک کافی برای تغییر معنی‌دار این متغیرها را ندارد.

نتایج مطالعه حاضر در خصوص متغیرهای LDL و HDL نشان داد که در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، میانگین پس‌آزمون و مرحله ماندگاری این متغیرها فقط در گروه A تغییر معنی‌دار داشت. همچنین بیشترین اندازه اثر فعالیت ورزشی در متغیرهای LDL (Cohen's $d=0/817$) و HDL (Cohen's $d=0/684$)، در گروه A مشاهده گردید. عسگری و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با عنوان «اثر هشت هفته تمرین هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه بر سطح لیپوپروتئین‌های سرم زنان» اعلام کردند که میزان تری‌گلیسرید، کلسترول و همچنین LDL و VLDL پس از مداخله کاهش یافت (۵). تغییرات مربوط به چربی‌های خون ازجمله: تری‌گلیسرید و LDL-C را می‌توان به پاسخ لیپوپروتئین لیپاز (LPL) به تمرین ورزشی نسبت داد. لیپوپروتئین لیپاز ازجمله آنزیم‌های تنظیم‌کننده لیپوپروتئین‌ها و تجزیه تری‌گلیسرید موجود در لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسرید است. می‌توان گفت که اجرای فعالیت‌های ورزشی، موجب افزایش فعالیت آنزیم LPL و کاهش HTGL می‌شود. با توجه به اینکه افزایش فعالیت LPL، کاتابولیسم لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسرید را افزایش می‌دهد؛ بنابراین میزان LDL-C با اجرای فعالیت‌های بدنی کاهش می‌یابد (۵).

گلوکز، انسولین و HOMA-IR، مهم‌ترین فاکتورهای متابولیکی مؤثر در بیماری دیابت نوع ۲ می‌باشد (۳) و هدف اصلی اغلب مطالعات برای بهبود بیماری دیابت، کنترل این عوامل است تا در نهایت تا حدی بتوان منجر به کاهش میزان گلوکز خون و عوامل دخیل در این بیماری شود. بنابراین می‌توان گفت: یافته اصلی مطالعه حاضر، کاهش میانگین پس‌آزمون HOMA-IR در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون در گروه A (۳ جلسه تمرین در هفته) بود؛ اما در گروه B (۶ جلسه تمرین در هفته)، فقط میانگین متغیرهای انسولین و HOMA-IR در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون، کاهش معنی‌داری داشت و ماندگاری شاخص مقاومت به

نتایج مطالعه حاضر، Winn و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بر روی زنان چاق، بیان کردند که انجام فعالیت هوازی با شدت ۵۵ درصد و VO_{2max} ۸۰ درصد، باعث افزایش معنی‌دار سطوح پلاسمایی آیریزین می‌شود (۱۱). Soori و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که انجام فعالیت هوازی (۱۰ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ الی ۴۵ دقیقه) باعث افزایش معنی‌دار مقادیر سرمی آیریزین در افراد چاق می‌گردد (۲۸). آقامحمدی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای بر روی زنان دیابتی نوع ۲ نشان دادند که انجام ۶ هفته فعالیت هوازی، باعث افزایش غلظت سرمی آیریزین می‌گردد. در مجموع بررسی مقالات مربوط نشان می‌دهد که PGC-1 α در اثر تمرین در عضله اسکلتی افزایش می‌یابد و موجب افزایش پروتئین غشایی FNDC5 در عضله شده که منجر به تولید آیریزین می‌شود. بنابراین عواملی که می‌توانند موجب فعال‌سازی PGC-1 α گردند، احتمالاً باعث آبشار سیگنالینگ تغییر فنوتیپ بافت چربی می‌شوند (۷). de Alencar و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مقاله‌ای مروری با عنوان سطوح پایین آیریزین در بیماران دیابتی نوع ۲، با بررسی مطالعات انجام‌شده از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ به این نتیجه رسیدند که در بیماران دیابتی نوع ۲ میزان آیریزین کاهش می‌یابد و بیان عضلانی بیشتر PGC-1 α در این بیماران با افزایش سطوح آیریزین و کاهش مقاومت به انسولین از طریق بهبود گلوکز مصرفی همراه است (۱۲).

نتیجه‌گیری

با توجه به مقالات متعدد بررسی‌شده و نتایج تحقیق حاضر می‌توان احتمال داد که تمرینات هوازی طولانی‌مدت (در هر جلسه تمرینی) ولو سه جلسه در هفته همانند برنامه گروه A، در تحقیق حاضر نسبت به تمرینات در مدت‌زمان کمتر (در یک جلسه تمرینی) ولو ۶ جلسه در هفته همانند برنامه گروه B، در بهبود و یا کنترل عوارض بیماری دیابت نوع ۲، تأثیر بهتری دارد. هرچند توجه به این نکته مهم است

انسولین، تنها در گروه تجربی A مشاهده گردید. با این حال بیشترین اندازه اثر فعالیت ورزشی در متغیرهای آیریزین (Cohen's $d=0/585$) و مقاومت به انسولین (Cohen's $d=1/666$)، در گروه A بود. در ارتباط با تأثیر تمرین هوازی بر شاخص مقاومت به انسولین، یافته‌های مطالعه حاضر با یافته‌های پژوهش Balducci و همکاران (۲۰۱۰)(۲۶) و Kim و همکاران (۲۰۱۵)(۴) هم‌خوانی دارند. Balducci و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند، تمرین هوازی و ترکیبی، مقاومت به انسولین را کاهش می‌دهد. اگر چه کاهش در گروه ترکیبی بیشتر بود، اما معنی‌دار نبود (۲۶). Kim و همکاران (۲۰۱۵) عنوان کردند که چهار جلسه تمرین هوازی در هفته و به مدت هشت هفته، باعث کاهش مقاومت به انسولین شد و این کاهش را با تغییرات در وزن، درصد چربی بدن و BMI، همسان دانستند (۴). با وجود این، در مطالعات Jorge و همکاران (۲۰۱۱)(۲۷) و Richard و همکاران (۲۰۱۵)(۱۷)، تغییری در شاخص مقاومت به انسولین بعد از مداخله ورزشی مشاهده نشد که ممکن است به دلیل مدت و شدت کم فعالیت در این پژوهش‌ها باشد. سازوکارهای کاهش در مقاومت به انسولین، می‌تواند به دلیل افزایش گیرنده‌های پس‌سیناپسی سیگنال انسولین، افزایش پروتئین‌های ناقل گلوکز خون در نتیجه افزایش تحویل گلوکز به عضلات، کاهش ترشح و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب، تغییر در افزایش تمایل عضلات به گلوکز در دسترس به علت افزایش مویرگ‌های عضله و تغییر در ترکیب عضله در جهت افزایش برداشت گلوکز باشد (۶، ۱۷).

در تحقیق حاضر، میزان پروتئین آیریزین در هر دو گروه تمرینی در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون، افزایش معنی‌داری داشت. در گروه A این میزان افزایش آیریزین، در مرحله ماندگاری تا حدودی کاهش و برگشت به حالت پایه داشت و اختلاف معنی‌داری با مرحله پس‌آزمون نشان داد؛ اما در گروه B با وجود کاهش، اختلاف محسوسی بین مرحله پس‌آزمون و ماندگاری مشاهده نگردید. همسو با

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی می باشد که طی نامه با شماره ۱۶۰۵ / د ع س در تاریخ ۱۳۹۶/۸/۱۵ توسط دانشگاه محقق اردبیلی-معاونت پژوهشی و ریاست دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی (وزارت علوم تحقیقات و فناوری) این دانشگاه مورد تأیید اخلاقی قرار گرفت. بدین وسیله از تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، تقدیر و تشکر می گردد.

که انجمن دیابت آمریکا، دیابتی های نوع ۲ را به ۲ تا ۳ جلسه تمرین ورزشی با گروه های عضلانی عمده در هفته که حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت متوسط و یا حداقل ۹۰ دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدت بالا باشد، توصیه می کند (۱۵). اما مشاهده می شود که در هر دو گروه مطالعه حاضر همانند توصیه انجمن دیابت آمریکا، زمان کل تمرین یکسان بود؛ اما با در نظر گرفتن نتایج گروه A (۳) جلسه تمرین در هفته، احتمال دارد زمان بیشتر تمرین در هر جلسه تأثیرات بهتری نسبت به در نظر داشتن زمان کلی تمرین در طول یک هفته داشته باشد.

منابع:

- 1- Rawal LB, Tapp RJ, Williams ED, Chan C, Yasin S, Oldenburg B. Prevention of type 2 diabetes and its complications in developing countries: A Review. *Int J Behav Med*. 2012; 19(2): 121-33.
- 2- Thomas GN, Jiang CQ, Taheri S, Xiao ZH, Tomlinson B, Cheung BM, et al. A systematic review of lifestyle modification and glucose intolerance in the prevention of type 2 diabetes. *Curr Diabetes Rev*. 2010; 6(6): 378-87.
- 3- Ghorbani M. A Review of the Relationship Between Type 2 Diabetes and Obesity. *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*. 2015. 5(18): 9-14. [Persian]
- 4- Kim YS, Nam JS, Yeo DW, Kim KR, Suh SH, Ahn CW. The effects of aerobic exercise training on serum osteocalcin, adipocytokines and insulin resistance on obese young males. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2015; 82(5): 686-94.
- 5- Askari A, Askari B, Fallah Z, Kazemi Sh. Effect of eight weeks aerobic training on serum lipid and lipoprotein levels in women. *J Gorgan Univ Med Sci*. 2012; 14(1): 26-32. [Persian]
- 6- Grace A, Erick C, Francesco G, Petra L, Neil A. Clinical outcomes and glycaemic responses to different aerobic exercise training intensities in type II diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Diabetology* 2017; 2(4): 1-9.
- 6- Grace A, Chan E, Giallauria F, Graham PL, Smart NA5. Clinical outcomes and glycaemic responses to different aerobic exercise training intensities in type II diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovasc Diabetol*. 2017; 16(1): 37.
- 7- Aghamohammadi M, Habibi A, Rangbar R. The effect of selective aerobic training on serum irisin levels and insulin resistance index in women with type 2 diabetes. *Arak Med Univ J*. 2016; 18(11): 1-9. [Persian]
- 8- Brenmoehl J, Albrecht E, Komolka K, Schering L, Langhammer M, Hoeflich A, et al. Irisin is elevated in skeletal muscle and serum of mice immediately after acute exercise. *Int J Biol Sci*. 2014; 10(3): 338-49.
- 9- Kurdiova T, Balaz M, Vician M, Maderova D, Vlcek M, Valkovic L, et al. Effects of obesity, diabetes and exercise on Fndc5 gene expression and irisin release in human skeletal muscle and adipose tissue: in vivo and in vitro studies. *J Physiol*. 2014; 592(5):1091-107.
- 10- Seo DY, Kwak HB, Lee SR, Cho YS, Song IS, Kim N, et al. Effects of aged garlic extract and endurance exercise on skeletal muscle FNDC-5 and circulating irisin in high-fat-diet rat models. *Nutr Res Pract*. 2014; 8(2): 177-82.
- 11- Winn NC, Grunewald ZI, Liu Y, Heden TD, Nyhoff LM, Kanaley JA. Plasma irisin modestly increases during moderate and high-intensity afternoon exercise in obese females. *PLoS One*. 2017; 12(1): e0170690.
- 12- de Alencar JP, Luna FM, Coelho MB, de Moraes RM, de Lima Neto JA, da Silva Filho MS, et al. Low irisin levels in patients with type 2 diabetes mellitus without current treatment: a systematic review. *Int Arch Med*. 2017; 10.

- 13- Guilford BL, Parson JC, Grote CW, Vick SN, Ryals JM, Wright DE. Increased FNDC5 is associated with insulin resistance in high fat-fed mice. *Physiol Rep*. 2017; 5(13). pii: e13319.
- 14- Perakakis N, Triantafyllou G, Fernández-Real JM, Huh JY, Park KH, Seufert J, et al. Physiology and role of irisin in glucose homeostasis. *Nat Rev Endocrinol*. 2017; 13(6): 324-37.
- 15- American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes—2011. *Diabetes Care*. 2011; 34(Suppl 1): S11–S61.
- 16- Yousefipoor P, Tadibi V, Behpoor N, Parnow A, Delbari M, Rashidi S. The effect of aerobic exercise on blood glucose control and cardiovascular risk factors in people with type 2 diabetes. *Med J Mashad Univ Med Sci*. 2015; 57(9): 976-84. [Persian]
- 17- Richard D, Wendy K, Richard K, Eugene J, Eric C, Barbara A, et al. (2015). "Critical Review Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: Critical review and evidence base". *Nutrition*, 31(9): 1–13.
- 17- Feinman RD, Pogozelski WK, Astrup A, Bernstein RK, Fine EJ, Westman EC, et al. Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: critical review and evidence base. *Nutrition*. 2015; 31(1): 1-13.
- 18- Mahan KL, Escott-Stump S. Appendixes. In: Alexopoulos Y, Boyle MK, Heberd K, editors. *Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy*. 10th ed. Philadelphia: Saunders; 2004.
- 19- Hosseini-Esfahani F, Asghari G, Mirmiran P, Jalali Farahani S, Azizi F. Reproducibility and Relative Validity of Food Group Intake in a Food Frequency Questionnaire Developed for the Tehran Lipid and Glucose Study. *Razi J Med Sci*. 2010; 17 (71): 41-55. [Persian]
- 20- Willett WC. *Nutritional epidemiology*. 2nd ed. NewYork: Oxford University Press; 1998.
- 21- Nezamdoust Z, Saghebjo M, Barzgar A. Effect of twelve weeks of aerobic training on serum levels of vaspin, fasting blood sugar, and insulin resistance index in women patients with type 2 diabetes . *Iran J Diabetes Metab*. 2015; 14(2): 99-104. [Persian]
- 22- Heyward V. *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. 6th ed. Humankinetics. Chapter 5; 2010. pp: 103-27.
- 23- Mackenzie B, Shepherd J. *101 Performance evaluation tests*. 1st ed. London UK: Peak Performance Publishing; 2005. 33-34.
- 24- Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2003; 26(11): 2977-82.
- 25- 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 Res Clin Pract*. 2002; 56(2): 115-23.
- 26- 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.
- 27- Jorge ML, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz AL, 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.
- 28- Soori R, Asad MR, Khosravi M, Abbasian S. The effect of submaximal aerobic training on serum irisin level in obese men; with emphasis on the role of irisin in insulin-resistance change. *Arak Med Univ J*. 2016; 19(4): 20-30. [Persian]