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[1], Marefat Siahkouhian[2], Ali Akbarnejad[3], Morteza Yari[4]

Bachground: 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_siahkohian@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.*

مقاله اصیل پژوهشی

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]، علی‌اکبرنژاد[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، پروفایل‌لیپیدی 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 به‌مدت ۸ هفته (۱=۳ جلسه و ۲= 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 شد.

یافته‌ها: نتایج درون‌گروهی نشان داد متغیّرهای 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<۰/۰۵). همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه همراه با تست تعقیبی LSD، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در متغیّرهای وزن (p=۰/۰۳۶)، درصد چربی (p=۰/۰۰۱)، شاخص توده بدنی (p=۰/۰۰۸)، مقاومت به انسولین (p=۰/۰۰۱) و آیریزین (p=۰/۰۰۰۱) در مرحله پس‌آزمون بین گروه‌های مختلف مطالعه بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مطالعه حاضر، تأثیر تمرین ورزشی با مدت زمان بیشتر نسبت به تکرر در جلسات تمرینی کوتاه مدت در کنترل عوامل دخیل و مؤثّر در دیابت نوع ۲ بارزتر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که زمان برنامه ورزشی، عامل مؤثّری 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

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

[۲] **نویسنده 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

[۳] دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[۴] کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

مقدمه

دیابت نوع ۲، یک بیماری متابولیکی اپیدمیک است که براساس برآوردهای انجام‌شده، 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 پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۳۰ به ۴۳۸ میلیون نفر برسد. همچنین در دنیا هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم بیماری دیابت، ۱۷۴ بیلیون دلار در سال گزارش شده است (۱).

در بیماران دیابتی نوع ۲، خطر مرگ و میر زودس، بیماری‌های قلبی، کلیوی، عصبی و بینایی، دو برابر افراد سالم می‌باشد (۲). گفته شده است که بیماری دیابت نوع ۲، ناشی از دو نقص اصلی مقاومت به انسولین و اختلال در عملکرد سلول‌های بتای پانکراس می‌باشد. مقاومت به انسولین، یک وضعیت پاتولوژیک است که طی آن میزان نرمال انسولین خون، قادر به ایجاد پاسخ بیولوژیک طبیعی نیست. در واقع پیام‌رسانی با سیگنالیگ انسولین مختل می‌شود و این کاهش پاسخ می‌تواند تمام اثرات متابولیکی انسولین را تحت تأثیر قرار دهد (۲).

بیماری دیابت و چاقی رابطه بسیار نزدیکی با هم دارند. غالباً دیابت نوع دو به‌همراه چاقی بروز می‌کند و گفته شده است که چاقی به‌عنوان عامل مؤثّری در ایجاد دیابت نوع ۲ حائز اهمیت است (۳). چاقی با ایجاد مقاومت به انسولین، خطر ابتلا به دیابت نوع ۲ را بالا می‌برد؛ به‌طوری که اغلب بیماران دیابتی نوع ۲، چاق بوده و چاقی همواره با درجاتی از مقاومت به انسولین همراه است (۴). شایع‌ترین اختلالات پروفایل لیپیدی در افراد دیابتی، افزایش سطوح در گردش خون تری‌گلیسرید، کلسترول، لیپوپروتئین کم‌چگال (LDL) و کاهش لیپوپروتئین پرچگال (HDL) است که از عوامل خطرزای قلبی- عروقی به‌شمار می‌رود (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. برنامه‌ریزی مناسب غذایی، فعالیت ورزشی منظم، کاهش وزن مازاد، انجام رفتارهای خودمراقبتی و دریافت دارو، از جمله راهکارهای پیشنهادی محققان و متخصصان حوزه دیابت به‌شمار می‌روند. باید توجه گردد، هنگامی که از مداخلات دارویی استفاده می‌شود، آنها باید به تقویت تعدیل‌های 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 متعدّدی ثابت شده است (۵، ۴)؛ امّا اینکه اثرات مفید ورزشی در اثر کدام مکانیسم‌های مولکولی رخ می‌دهند، همچنان مورد بحث و مطالعه است (۶).

اخیراً محققان دریافتند که عضله اسکلتی، نقش فعالی را در تنظیم هموستاز متابولیکی از طریق توانایی خود در ارتباط با بافت چربی با غدد درون‌ریز ایفا می‌کند (۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که انقباض عضله اسکلتی، باعث افزایش آزادشدن چندین مایوکین مانند: IL-6، IL-10 و مایوکینی به نام آیریزین می‌شود که قادر به تعامل با بافت چربی است (۷). آیریزین نوعی مایوکاین است که به‌واسطه‌ی فعال‌شدن پروگسیزوم (PGC1-a[1]) ایجاد می‌شود و پروتئین عرضی غشایی فیبرونکتین (FNDC5[2]) را تحریک می‌کند؛ سپس FNDC5 که یک پروتئین غشایی است، از غشا جدا و تجزیه شده و به‌صورت آیریزین در خون رها می‌شود و پس از رسیدن به سلول‌های هدف، موجب افزایش بیان ژن پروتئین‌ساز نوع ۱ (UCP1[3]) می‌گردد. درنهایت این پروتئین سبب می‌شود که بافت چربی سفید که منبع ذخیره انرژی در بدن است، به بافت چربی قهوه‌ای که مصرف‌کننده انرژی (از طریق گرمازایی) است، تبدیل گردد (۵).

مطالعات صورت‌گرفته 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*

آیریزین با هم مغایر هستند. برخی مطالعات، حاکی از افزایش آیریزین پس از فعالیت بدنی (۸) هستند و برخی دیگر کاهش آیریزین را گزارش کرده‌اند (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 به‌گونه‌ای انطباق‌پذیر باشد که افراد توانایی و وقت کافی برای شرکت در برنامه‌ها را داشته باشند. انجمن دیابت آمریکا، دیابتی‌های نوع ۲ را به انجام حداقل ۱۵۰ دقیقه ورزش هوازی با شدّت متوسط و یا حداقل ۹۰ دقیقه ورزش هوازی با شدّت بالا در هفته توصیه می‌کند (۱۵)؛ بنابراین در مطالعه حاضر، روش تمرینی به نحوی طراحی گردید که در گروه‌های 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 می‌طلبد، نسبت به تمرین شش روز در هفته (با حجم یکسان و برابر سه روز در هفته) فرقی در بهبود بیماران دیابتی و متغیّرهای 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 به‌طور مداوم برای بیماران دیابتی مقدور نیست. هدف کلی مطالعه حاضر، 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.

روش تحقیق

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی، با طرح اندازه‌گیری مکرّر بود که در سه مرحله شامل: مرحله پیش‌آزمون (۴۸ ساعت قبل از اولین جلسه تمرین)، مرحله پس‌آزمون (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 ازبیماران زن غیرفعال چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ استان کرمانشاه تشکیل شد. روش نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند با توجه به معیارهای ورود به مطالعه و به‌صورت نمونه‌های در دسترس بود که به شیوه تصادفی ساده انتخاب و به‌طور تصادفی در سه گروه ۱۲ نفری قرار گرفتند. گروه‌ها شامل: گروه A (انجام ۳جلسه ورزش در هفته)، گروه B (انجام‌دهنده ۶ جلسه ورزش در هفته) و گروه کنترل بودند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل: میانگین سنّی ۵/۵۷±۵۶/۶۲ سال، وزن ۴/۸۸±۸۵/۴۴ کیلوگرم و قد ۳/۲۶±۱۶۰/۷۴ سانتی‌متر، عدم ابتلا به بیماری‌های 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 ۶ماه گذشته، عدم مصرف دخانیات، نداشتن بیشتر از ۵سال سابقه ابتلا به دیابت و مصرف‌نکردن بیش از یک نوع قرص خوراکی ضد دیابتی در شبانه‌روز (همه افراد مورد مطالعه، متفورمین به‌میزان یکسان مصرف می‌کردند) بود. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل: غیبت در برنامه‌های تمرین، ابتلا به بیماری حاد حین مطالعه، شرکت در تمرینات ورزشی دیگر به‌غیر از پروتکل مطالعه حاضر و ... بود.

در جلسه هماهنگی، هدف‌ها و مراحل مطالعه تشریح و رضایت‌نامه کتبی شرکت در مطالعه، از افراد گرفته شد.لازم به

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، درزمینه 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؛ بدین‌صورت 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 خورده‌شده، از ظروف و پیمانه‌های خانگی استفاده شد. این پرسشنامه برای هر یک از افراد، در ۳۰ نوبت غیر متوالی (هفته‌ای ۳بار، 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 FP2[1] کدگذاری شد و برای ارزیابی انرژی و مواد مغذّی آن‌ها، توسط کارشناس تغذیه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۱۹). برای تعیین کفایت رژیم غذایی، از از مقادیر سفارش‌شده روزانه RDA سال ۱۹۸۹ آمریکا استفاده شد (۲۰)(جدول ۲).

برنامه تمرینی:

برنامه تمرینی شامل ۸هفته تمرین هوازی بود؛ بدین صورت که افراد گروه A،۳ جلسه در هفته و هر جلسه حدود ۵۰دقیقه و افراد گروه B، ۶جلسه در هفته و هر جلسه ۲۵دقیقه به تمرین هوازی می‌پرداختند.لازم به ذکر است، زمان گرم‌کردن ۱۰دقیقه و سردکردن ۵دقیقه 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 ۱۵۰دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدّت متوسط و یا حداقل ۹۰دقیقه در هفته ورزش هوازی با شدّت بالا باشد، توصیه می‌کند (۱۶). از این رو، برنامه نهایی هفته‌های ششم، هفتم و هشتم در گروه A به صورت ۳جلسه ۴۰دقیقه‌ای و در گروه B به‌صورت ۶جلسه ۲۰دقیقه‌ای تمرین اصلی دویدن با شدّت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه بود (۱۶،۱۵). ضربان قلب هدف تمرین، از فرمول کارووننن به‌صوت زیر به‌دست آمد:

فرمول کارونن:

{ضربان قلب استراحت+(ضربان قلب استراحت− ضربان قلب بیشینه)×شدّت موردنظر}=ضربان قلب فعالیت، استفاده گردید (۲۱).

ضربان قلب بیشینه نیز از فرمول «سن−۲۲۰» به‌دست آمد (۲۲). ضربان قلب بیماران، با استفاده از (ساعت پولار) ضربان‌سنج دستی،کنترل شد. همچنین برای به‌دست آوردن VO2max افراد، از آزمون راه‌رفتن رآکپورت[2] استفاده شد (۲۳).

به‌منظور آشناشدن 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 گرم‌کردن، برنامه اصلی و سردکردن بود. دو بخش گرم‌کردن (۱۰دقیقه با شدّت ۵۵درصد ضربان قلب بیشینه و شامل: نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست و پا و حرکات کششی) و سردکردن (۵دقیقه با شدّت ۵۰درصد ضربان قلب بیشینه و شامل تن‌آرامی و کشش عضلات به‌ویژه کمر و لگن) در هر دو گروه تمرینی A (سه جلسه تمرین در هفته) و B (۶جلسه تمرین در هفته) تا انتهای ۸هفته برنامه ورزشی، یکسان بود.

برنامه اصلی تمرین نیز شامل دو بخش حرکات ایروبیک

[1] *Food Processor 2*

[2] *Rockport walking test*

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

در تمرین هوازی، افراد، در هنگام خستگی به انجام پیاده‌روی و ترکیب حرکات دست و پا تا آخر تمرین، تشویق می‌شدند. همچنین در طول دوره مطالعه، میزان فعالیت بدنی شرکت‌کنندگان با تعیین تعداد ضربان قلب با استفاده از دستگاه ضربان‌سنج 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 سی‌سی نمونه خون وریدی از شریان رادیال دست چپ بیماران 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 گرفته شد. در ادامه، متغیّرهای بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند. HDL-C و LDL-C، با استفاده از کیت شرکت پارس‌آزمون ایران با حساسیّت یک میلی‌گرم در دسی‌لیتر (۱mg/dl) و ضریب تغییر ۱/۵درصد، اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی آیریزین سرم، با استفاده از روش الایزا (کیت انسانی آیریزین، شرکت Cozabayo Biotech Co ژاپن) با میزان دقّت درونی (CV) کمتر از ۸درصد و دقّت بیرونی کمتر از ۱۰درصد، با طول موج ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری 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).

HOMA-IR=گلوکز خون ناشتا [mmol/l] x انسولین ناشتا [µU/ml]/۲۲/۵

آنالیز آماری:

از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف‌معیار استفاده شد. طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها در مرحله پیش‌آزمون، با استفاده از آزمون شاپیرو- ویلک در فاکتورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای 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 تست تعقیبی LSD استفاده شد. از آزمون Cohen's d برای برآورد اندازه اثر (Effect Size) استفاده شد. اندازه اثر کمتر از ۰/۲ به‌عنوان اندازه اثر «ناچیز»، بین ۰/۲ تا ۰/۵ به‌عنوان اندازه اثر «کم»، بین ۰/۵ تا ۰/۸ به‌عنوان اندازه اثر «متوسط» و بیشتر از ۰/۸ به‌عنوان اندازه اثر «زیاد» ارزیابی می‌شود. عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ویرایش ۲۲) انجام و سطح معنی‌داری 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 به‌ترتیب نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهند)

جدول ۱- شرایط برنامه تمرینی منتخب در طول ۸ هفته

تعداد هفته	مدت فعالیت	نوع تمرین در هر جلسه	شدت تمرین %HRmax[1]	مدت تمرین در هر جلسه (دقیقه)		نوع حرکات
				گروهA	گروهB	
هفته ۱ و ۲	**گروه A:** ۳ جلسه در هفته **گروه B:** ۶جلسه در هفته	**گرم‌کردن**	٪۵۵>	۱۰	۱۰	نرم‌دویدن، حرکات ترکیبی دست‌وپا و حرکات کششی
		بخش اصلی:				
		ایروبیک	٪۵۵-۶۰	۱۰	۵	حرکات ترکیبی دست‌وپا
		دویدن	٪۶۰-۶۵	۲۰	۱۰	
		سردکردن	٪۵۰>	۵	۵	ریلاکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن
هفته ۳، ۴ و ۵	**گروه A:** ۳ جلسه در هفته **گروه B:** ۶جلسه در هفته	**گرم‌کردن**	٪۵۵>	۱۰	۱۰	نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست‌وپا و حرکات کششی
		بخش اصلی:				
		ایروبیک	٪۵۵-۶۰	۱۰	۵	حرکات ترکیبی دست‌وپا
		دویدن	٪۶۵-۷۰	۳۰	۱۵	
		سردکردن	٪۵۰>	۵	۵	ریلاکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن
هفته ۶، ۷ و ۸	**گروه A:** ۳ جلسه در هفته **گروه B:** ۶جلسه در هفته	**گرم‌کردن**	٪۵۵>	۱۰	۱۰	نرم دویدن، حرکات ترکیبی دست‌وپا و حرکات کششی
		بخش اصلی:				
		ایروبیک	٪۵۵-۶۰	۱۰	۵	حرکات ترکیبی دست‌وپا
		دویدن	٪۷۰-۷۵	۴۰	۲۰	
		سردکردن	٪۵۰>	۵	۵	ریلاکسیشن و کشش عضلات ویژه کمر و لگن

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

متغیّر	گروه‌ها			سطح معنی‌داری بین‌گروهی
	گروه A (۳جلسه ورزش)	گروه B (۶جلسه ورزش)	کنترل	
سن (سال)	۵۷/۶۲±۶/۸۱	۵۵/۳۷±۶/۲۳	۵۶/۸۷±۵/۱۱	۰/۵۶
طول مدت ابتلا به بیماری (سال)	۴/۶±۲/۸	۳/۹±۲/۰	۴/۲±۳/۰	۰/۴۸
ماده مغذی:				
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
کلسیم (میلی‌گرم / روز)	۲۷۰/۱۸۸±۲۰۱/۶۱	۲۷۵/۴۴±۱۶۹/۲۳	۲۸۶/۵۴±۱۷۸/۱۱	۰/۱۱
ویتامین C (میلی‌گرم / روز)	۵۹/۷۷±۲۶/۲۴	۶۱/۴۹±۲۸/۸۱	۶۲/۹۷±۲۹/۴۴	۰/۶۳
ویتامین E (میلی‌گرم / 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 توسط نرم‌افزار FP2 و SPSS، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (مقادیر به شکل انحراف‌معیار±میانگین بیان‌شده است).

[1] *HEART RATE MAX*

یافته‌ها

نتایج آزمون شاپیرو–ویلک، توزیع طبیعی داده‌های سه گروه را در مرحله پیش‌آزمون در متغیّرهای وزن (P<۰/۰۰)، چربی بدنی (درصد)(P<۰/۲۵)، هورمون آیریزین (P<۰/۸۶)، HDL-C (P<۰/۴۵۰)، LDL-C (P<۰/۳۳۰) و HOMA-IR (P<۰/۱۲۶)، نشان داد؛ امّا در متغیر BMI، توزیع داده دو گروه تجربی در مرحله پیش‌آزمون نرمال نبود (P<۰/۰۵۱)؛ بنابراین از آزمون ناپارامتریک استفاده شد.

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

نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرّر و آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، میانگین پس‌آزمون متغیّرهای وزن، چربی بدن، BMI، LDL-C و HDL-C در گروه A (۳جلسه تمرین در هفته) و میزان مقاومت به انسولین و آیریزین در هر دو گروه تجربی، بعد از گذشت ۸هفته از مداخلات، کاهش معنی‌داری پیدا کردند (P<۰/۰۵)(جداول ۳ و ۴). در میزان ماندگاری تأثیر تمرینات پس از مدّت‌زمان دو هفته از اتمام دوره ۸هفته‌ای مطالعه، در گروه A، تمام متغیّرهای مطالعه حاضر ماندگاری معنی‌داری نسبت به مرحله پیش‌آزمون (P<۰/۰۵) داشتند. در گروه B،فقط در متغیّر آیریزین ماندگاری معنی‌داری نسبت به مرحله پیش‌آزمون (P<۰/۰۵) مشاهده شد (جداول ۳ و ۴).

آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه با تست تعقیبی LSD نشان داد که در مرحله پس‌آزمون، بین میانگین توزیع تمام متغیّرهای مطالعه بین گروه A و گروه کنترل، اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵)؛ اما در این مرحله اختلاف بین گروه B و گروه کنترل معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). در مرحله ماندگاری، دو گروه A و کنترل در متغیرهای چربی بدن، BMI و HDL-C اختلاف معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵)؛ اما در این مرحله اختلاف بین دو گروه B و کنترل در هیچ متغیری معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). 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 متغیّرهای 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 (۳جلسه)	۸۱/۸۷±۳/۳۰	*۸۰/۱۲±۳/۴۷	ϕ ۸۰/۷۳±۳/۳۷	-۲/۱۴	۰/۵۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹
	گروه B (۶جلسه)	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 (۳جلسه)	۳۳/۱۲±۲/۱۹	*۳۰/۶۲±۱/۸۴	ϕ ۳۱/۴۲±۲/۴۲	-۷/۵۸	۱/۲۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	گروه B (۶جلسه)	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 (۳جلسه)	۳۱/۱۵±۱/۵۰	*۳۰/۴۰±۱/۴۹	ϕ ۳۰/۶۳±۱/۳۱	-۲/۴۰	۰/۵۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹
	گروه B (۶جلسه)	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 (درون‌گروهی): 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

متغیر (آماره ۴-۱)	گروه‌ها (تعداد جلسه ورزش)	مراحل			تغییرات پس‌آزمون (٪)	Cohen's d	سطح معنی‌داری بین هر سه گروه	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	ماندگاری			پس آزمون	ماندگاری
آیریزین (نانوگرم بر دسی لیتر)	گروه A (۳جلسه)	۱۶۶/۱۲±۲۱/۷۷	*۱۷۹/۷۲±۲۴/۶۲	‡ ϕ ۱۷۶/۳۷±۲۴/۳۱	۸/۱۸۶	۰/۵۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
	گروه B (۶جلسه)	۱۵۷/۱±۲۲/۸۴	*۱۵۹/۵±۲۲/۸۰	ϕ ۱۵۸/۷±۲۲/۷۲	۱/۵۲	۰/۱۰۵		
	کنترل	۱۶۰/۸۷±۱۷/۷۴	*۱۵۷/۱۵±۱۸/۶۰	۱۵۶/۹۸±۱۸/۰۷	-۲/۳۱	---		
LDL-C (mg/dl)	گروه A (۳جلسه)	۱۳۹/۸۸±۲۴/۵۵	*۱۲۵/۷۲±۲۶/۶۹	‡ ϕ ۱۳۲/۰۰±۲۸/۳	-۱۰/۱۴	۰/۸۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
	گروه B (۶جلسه)	۱۵۶/۹۵±۲۳/۶۴	۱۵۳/۸۴±۲۴/۱۲	۱۵۱/۰۴±۲۶/۹۲	-۱/۹۸	۰/۱۳۰		
	کنترل	۱۵۲/۱۵±۲۵/۷۶	۱۵۳/۰۰±۲۵/۶۲	۱۵۳/۷۴±۲۶/۷۶	۰/۵۵	---		
HDL-C (mg/dl)	گروه A (۳جلسه)	۴۳/۰۸±۵/۶۵	* ۴۶/۷۵±۵/۰۶	‡ ϕ ۴۵/۲۵±۵/۲۳	۸/۵۱	۰/۶۸۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲
	گروه B (۶جلسه)	۴۰/۲۰±۴/۳۳	۴۱/۴۷±۴/۱۷	۴۰/۵۷±۳/۹۷	۳/۱۵	۰/۳۴۱		
	کنترل	۴۰/۷۵±۳/۴۵	۴۰/۱۲±۴/۲۵	۴۰/۶۲±۴/۵۳	-۱/۵۴	---		
مقاومت به انسولین (HOMA-IR)	گروه A (۳جلسه)	۴/۰۶±۰/۸۷	* ۲/۷۸±۰/۶۵	‡ ϕ ۳/۸۲±۰/۸۱	-۳۱/۵۲	۱/۶۶۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	گروه B (۶جلسه)	۵/۰۵±۱/۸۸	* ۴/۵۸±۱/۷۶	‡ ۴/۹۲±۱/۸۷	-۹/۳۰	۰/۲۵۸		
	کنترل	۴/۷۳±۱/۲۲	۴/۹۵±۱/۳۳	۴/۸۲±۱/۴۶	۴/۶۵	---		

۱- تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر، تصحیح بونفرونی (درون‌گروهی): 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<۰/۰۵) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۰۵) اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ اما اختلاف بین گروه B (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۹۰۳) معنی‌دار نبود. همچنین در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۳۶). در مرحله ماندگاری بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش)(P<۰/۰۶)، بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۰۷) و بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)(P<۰/۸۹۸) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت؛ اما در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۳۹). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر وزن، در گروه A (Cohen's d =۰/۵۱۶) در مقایسه با گروه B (Cohen's d =۰/۱۳۵) بود.

در متغیّر BMI در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش)، (P<۰/۰۳۴) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۰۲۳) اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ اما بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)(P<۰/۸۶۳)، اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۳۶). در مرحله ماندگاری بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش)(P<۰/۰۲۹) و بین گروه A (کاهش)با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۰۳۳) اختلاف معنی‌دار بود؛ اما اختلاف بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)، (P<۰/۹۵۶) معنی‌دار نبود. همچنین در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۳۹). بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر BMI نیز در گروه A (Cohen's d=۰/۵۰۱) در مقایسه با گروه B (Cohen's d=۰/۱۲۵) بود.

در متغیّر درصد چربی بدن در مرحله پس‌آزمون بین گروه

A (کاهش) با گروه B (افزایش)، (P<۰/۰۳۴) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)، (P<۰/۰۲۳) اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ اما اختلاف بین گروه B (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۸۶۳) معنی‌دار نبود؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۰۸). در مرحله ماندگاری بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش)(P<۰/۰۲۱) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۰۲۵) اختلاف معنی‌دار بود؛ اما بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)(P<۰/۹۳۳) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۹). بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر درصد چربی بدن نیز در گروه A (Cohen's d =۱/۲۳۶)، در مقایسه با گروه B (Cohen's d =۰/۳۵۵) بود.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه با تست تعقیبی LSD نشان داد که در متغیّر آیریزین در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (افزایش) با گروه B (کاهش) (P<۰/۰۸۴) و بین گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) (P<۰/۰۶۲) اختلاف معنی‌دار بود؛ اما بین گروه B (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) (P<۰/۸۲۰)، اختلاف معنی‌دار نبود؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۰۱). در مرحله ماندگاری نیز بین گروه A (افزایش) با گروه B (کاهش) (P<۰/۰۴۸)، بین گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش)(P<۰/۰۲۹)؛ و بین گروه B (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) (P<۰/۸۸۵)، اختلاف معنی‌دار نبود؛ اما در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۰۱). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر آیریزین در گروه A (Cohen's d=۰/۵۸۵)، در مقایسه با گروه B (Cohen's d=۰/۱۰۵) بود.

در متغیّر LDL-C در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (کاهش)با گروه B (افزایش) (P<۰/۰۳۴) و بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) (P<۰/۰۴۰)، اختلاف معنی‌دار بود؛ اما بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)(P<۰/۹۴۸) اختلاف معنی‌دار نبود؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۰۱). در مرحله ماندگاری نیز بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش)(P<۰/۱۲۰)، بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۰۷۹) و بین گروه B (کاهش)با گروه کنترل (افزایش)(P<۰/۸۳۳) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت؛ اما در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۵). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر LDL-C، در گروه A (Cohen's d=۰/۸۱۷) در مقایسه با گروه B (Cohen's d=۰/۱۳۰) بود.

در متغیّر HDL-C در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (افزایش) با گروه B (کاهش) (P<۰/۰۳۳) و بین گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) (P<۰/۰۰۸) اختلاف معنی‌دار بود؛ اما بین گروه B (افزایش) با گروه کنترل (کاهش)(P<۰/۵۷۵) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ همچنین در این مرحله بین سه گروه اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۰۱). در مرحله ماندگاری در متغیر HDL-C بین گروه A (افزایش) با B (کاهش) (P<۰/۰۲۶) و گروه A (افزایش) با گروه کنترل (کاهش) (P<۰/۰۲۸) اختلاف معنی‌دار بود و بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان)، (P<۰/۹۸۰) اختلاف معنی‌دار نبود؛ اما در این مرحله اختلاف بین سه گروه معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۲). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر HDL-C در گروه A (Cohen's d=۰/۶۸۴)، در مقایسه با گروه B (Cohen's d=۰/۳۴۱) بود.

در متغیّر HOMA-IR در مرحله پس‌آزمون بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) (P<۰/۰۰۱) و گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) (P<۰/۰۰۰۱) اختلاف معنی‌دار بود؛ اما اختلاف بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) (P<۰/۴۶۶) معنی‌دار نبود. در این مرحله بین سه گروه

اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۰۱). در مرحله ماندگاری در متغیّر HOMA-IR بین گروه A (کاهش) با گروه B (افزایش) (P<۰/۰۵۲)، بین گروه A (کاهش) با گروه کنترل (افزایش) (P<۰/۰۷۷) و بین گروه B (یکسان) با گروه کنترل (یکسان) (P<۰/۸۵۷) اختلاف معنی‌دار نبود؛ اما در این مرحله اختلاف بین سه گروه معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۱). همچنین بیشترین اندازه اثر مداخله ورزشی در متغیّر HOMA-IR در گروه A (Cohen's d=۱/۶۶۶)، در مقایسه با گروه B (Cohen's d=۰/۲۵۸) 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 متغیّرهای 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 متغیّرهای 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 متغیّرهای وزن (Cohen's d=۰/۵۱۶)، درصد چربی (Cohen's d=۱/۲۳۶) و شاخص توده بدنی (Cohen's d=۰/۵۰۱)، 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 به‌مدت ۶ هفته، Kim و همکاران (۲۰۱۵) با چهار جلسه تمرین هوازی در هفته به‌مدت ۸هفته (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 به‌دلیل 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 (۳جلسه 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 متغیّر 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 متغیّرهای آنتروپومتریکی در مطالعه حاضر را می‌توان به ساز و کار تمرینات هوازی مربوط دانست. ازآنجا 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

بالقوّه‌ای 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 گرفته اند 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 متغیّرهای 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 ۷-۳ روز در هفته، شدّت از ۴۰-٪۷۵ max۲VO، 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، ۲۷)؛ 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 ۷کیلوکالری در دقیقه انرژی می‌سوزاند. در مدت ۳۰ دقیقه تقریباً ۲۱۰ کیلوکالری انرژی هزینه خواهد شد. در هر یک کیلوچربی بدن حدود ۹هزار کیلوکالری انرژی وجود دارد. بنابراین اگر این فعالیت ۵روز 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 شدّت تمرین، در برنامه اصلی تمرین (دویدن) در این گروه باشد؛ چون شدّت 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 متغیّرها را ندارد.

نتایج مطالعه حاضر در خصوص متغیّرهای LDL و HDL نشان داد که در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، میانگین پس‌آزمون و مرحله ماندگاری این متغّیرها فقط در گروه A تغییر معنی‌دار داشت. همچنین بیشترین اندازه اثر فعالیت ورزشی در متغیّرهای LDL (Cohen's d=۰/۸۱۷) و HDL (Cohen's d=۰/۶۸۴)، 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. لیپوپروتئین‌لیپاز ازجمله آنزیم‌های تنظیم‌کننده لیپوپروتئین‌ها و تجزیه تری‌گلیسیرید موجود در لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسیرید 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 تری‌گلیسیرید 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 حدّی 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 متغیّرهای انسولین و HOMA-IR در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون، کاهش معنی‌داری داشت و ماندگاری شاخص مقاومت به

انسولین، تنها در گروه تجربی A مشاهده گردید. با این حال بیشترین اندازه اثر فعالیت ورزشی در متغیّرهای آیریزین (Cohen's d=۰/۵۸۵) و مقاومت به انسولین (Cohen's d=۱/۶۶۶)، 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 به‌مدت 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 به‌دلیل مدّت و شدّت کم فعالیت در این پژوهش‌ها باشد. سازوکارهای کاهش در مقاومت به انسولین، می‌تواند به‌دلیل افزایش گیرنده‌های پس‌سیناپسی سیگنال انسولین، افزایش پروتئین‌های ناقل گلوکز خون درنتیجه افزایش تحویل گلوکز به عضلات، کاهش ترشح و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب، تغییر در افزایش تمایل عضلات به گلوکز در دسترس به‌علت 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 نتایج مطالعه حاضر، Winn و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بر روی زنان چاق، بیان کردند که انجام فعالیت هوازی با شدت ۵۵درصد و ۸۰VO2maxدرصد، 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. درمجموع بررسی مقالات مربوط نشان می‌دهد که PGC-1a 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-1a گردند، احتمالاً باعث آبشار سیگنالینگ تغیر 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-1a 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

که انجمن دیابت آمریکا، دیابتی‌های نوع ۲ را به ۲ تا ۳ جلسه تمرین ورزشی با گروه‌های 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 می‌کند (۱۵). اما مشاهده می‌شود 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.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی می‌باشد 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. بدین‌وسیله از تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

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. 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. [Persion]

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 Morais 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: Alexopoulous Y, Boyle MK, Hebberd K, editors. Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy. 10th ed. Philadelphia: Sunders; 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, Saghebjoo 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. 1t 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]