

## *The Effect of Resistance Activity on Diabetes Indicators in Women with Type 2 Diabetes*

Mohammad Fathi<sup>1\*</sup>, Minou Rahmani<sup>1</sup>, Masoud Rahmati<sup>1</sup>, Vahid Valipour<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education & Sport Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

\*Corresponding Author:  
**Mohammad Fathi;**  
Department of Physical Education & Sport Sciences, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Email:  
fathi.m@lu.ac.ir

Received: 7 Jul, 2016  
Accepted: 9 Sep, 2016

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Physical activity is one of the ways to prevent and control metabolic diseases, such as diabetes. In the present research, the effect investigate the effect of 8 weeks of circulatory resistance exercise, was investigated on the indices of type 2 diabetes in the middle-aged women.

**Methods:** In this semi experimental study, 16 women (mean age,  $44/9 \pm 2/35$  years), were voluntarily selected and randomly assigned to two groups of control and experimental. A pre-test was taken from the both in terms of indicators of interest (weight, height, waist circumference, hip circumference, body fat percentage, fasting blood sugar, and glycosylated hemoglobin). The experimental group performed a period of circulatory resistance exercise (8 stations, 4 rounds, 3 days per week for 8 weeks). At the end of this period, the mentioned indicators, were again assessed as the posttest. Data were analyzed using independent t-test at the significant level of  $p < 0.05$ .

**Results:** In this study, the mean body weight, body fat percentage, waist circumference, fasting blood glucose level, and the mean of glycosylated hemoglobin in the experimental group were significantly higher compared to the control group ( $p=0.001$ ), whereas a significant difference ( $p=0.63$ ), was observed in the mean body mass index between experimental and control groups.

**Conclusion:** Based on the results of this study, resistance exercise, such as endurance exercise leads to optimal control and improvement of diabetes-related indicators in the middle aged women.

**Keywords:** Diabetes mellitus; Resistance training; Hemoglobin A; Glycosylated.

## تأثیر فعالیت مقاومتی بر شاخص‌های دیابت در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

محمد فتحی<sup>\*</sup>، مینو رحمانی<sup>۱</sup>، مسعود رحمتی<sup>۱</sup>، وحید ولی پور

### چکیده

**زمینه و هدف:** فعالیت بدنی یکی از راه‌های پیشگیری و کنترل بیماری‌های متابولیکی، از جمله دیابت است. در این پژوهش تأثیر ۸ هفته فعالیت‌های مقاومتی دایره‌ای بر شاخص‌های مرتبط با دیابت نوع ۲ در زنان میانسال بررسی گردید.

**روش بررسی:** در این مطالعه نیمه تجربی، ۱۶ زن (با میانگین سنی  $44/9 \pm 2/35$  سال)، به‌طور داوطلبانه انتخاب و به‌صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم شدند. از هر دو گروه یک پیش‌آزمون از شاخص‌های مورد نظر (وزن، قد، دور کمر، دور لگن، درصد چربی بدن، قندخون ناشتا و میزان هموگلوبین گلیکوزیله) به عمل آمد. گروه تجربی یک دوره فعالیت مقاومتی دایره‌ای (۸ ایستگاه، ۴ دور، طی ۳ روز در هفته به مدت ۸ هفته) اجرا کردند. در پایان این دوره، شاخص‌های مورد نظر مجدداً به‌عنوان پس‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از آزمون تی مستقل در سطح معنی‌داری،  $p < 0/05$  تجزیه و تحلیل شدند.

**یافته‌ها:** در این مطالعه، میانگین وزن بدن، درصد چربی بدن، دور کمر، سطح گلوکز خون ناشتا و میانگین هموگلوبین گلیکوزیله گروه تجربی به‌طور معنی‌داری ( $p = 0/001$ )، کمتر از گروه کنترل بود؛ در صورتی که تفاوت معنی‌داری ( $p = 0/63$ ) در میانگین شاخص توده گروه تجربی و کنترل مشاهده نشد.

**نتیجه‌گیری:** براساس نتایج این مطالعه، فعالیت مقاومتی همانند فعالیت استقامتی موجب کنترل مطلوب و بهبود شاخص‌های مرتبط با دیابت در زنان میانسال می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** دیابت ملیتوس؛ تمرین مقاومتی؛ هموگلوبین A؛ گلیکوزیله.

گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی،  
دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

\* نویسنده مسئول مکاتبات:

محمد فتحی؛ گروه تربیت‌بدنی و  
علوم ورزشی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد،  
ایران.

آدرس پست الکترونیکی:

fathi.m@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۸

لطفاً به این مقاله به‌صورت زیر استناد نمایید:

Fathi M, Rahmani M, Rahmati M, Valipour V. The effect of resistance activity on diabetes indicators in women with type 2 diabetes. Qom Univ Med Sci J 2018;12(7):41-50. [Full Text in Persian]

چربی خون، وزن و فشار خون می‌توانند از مزایای فعالیت‌های بدنی استفاده کرده و در کنار آن از فواید روانی مانند کاهش اضطراب، افسردگی و بهبود کیفیت خواب نیز بهره‌گیرند (۷).

انواع مختلفی از تمرینات برای افراد دیابتی توصیه شده است. انجمن دیابت کانادا (International Diabetes Federation) و کالج پزشکی - ورزشی آمریکا در دستورالعمل‌های خود برای پیشگیری و مدیریت دیابت به ترتیب توصیه کرده‌اند بیماران دیابتی در فعالیت جسمانی با شدت متوسط مانند پیاده‌روی تند، شنا و دوچرخه‌سواری به مدت حداقل ۱۵۰ دقیقه در هفته طی حداقل ۳ روز غیرمتوالی شرکت کنند (۹،۸)، و تمرینات مقاومتی فزاینده به‌عنوان بخشی از برنامه فعالیت بدنی آنان باشد (۱۱،۱۰)؛ زیرا شدت فعالیت‌های مقاومتی بر بهبود کنترل قند خون تأثیر داشته و زمانی که شدت این نوع فعالیت‌ها به ۹۰-۷۰٪ یک تکرار بیشینه برسد تأثیر این فعالیت‌ها مضاعف می‌گردد (۱۲).

احتمالاً فعالیت بدنی از طریق تأثیر بر ایزوفروم - ۴ (Glucose Transporter Type 4) انتقال‌دهنده‌های گلوکز موجود در عضلات اسکلتی و سوبستراهای گیرنده انسولین (Insulin Receptor Substrate 1, IRS-1) و افزایش توده عضلانی (بیش از ۷۵٪ برداشت گلوکز ناشی از تحریک انسولین مربوط به بافت عضلانی)، سبب بهبود حساسیت بدن به انسولین می‌شود (۱۳). مشخص شده است فعالیت مقاومتی از طریق رشد عضلات اسکلتی، حساسیت بدن به انسولین را بهبود می‌بخشد؛ چراکه متعاقب اجرای فعالیت مقاومتی به دلیل افزایش توده عضلانی خالص، برداشت گلوکز نیز بیشتر می‌شود (۱۴). احتمالاً شدت فعالیت مقاومتی نسبت به حجم فعالیت در درمان بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، عامل مهم‌تری است؛ زیرا شدت فعالیت در بهبود مقاومت انسولینی، کنترل متابولیسمی و عملکردهای قلبی این بیماران مؤثرتر است (۱۵). حرکات ایستگاهی با اجرای فعالیت مقاومتی علاوه بر کارکردهای ورزشی می‌تواند کارکردهای تندرستی نیز داشته باشد؛ چراکه در این‌گونه برنامه‌های تندرستی، همزمان تعداد زیادی ایستگاه با حرکات متنوع مقاومتی قابل برنامه‌ریزی است و از این جهت می‌توان تعداد زیادی از افراد را وارد یک برنامه فعالیت بدنی کرد. در این پژوهش تأثیر فعالیت‌های مقاومتی ایستگاهی بر برخی شاخص‌های زنان میانسال دیابتی بررسی گردید.

براساس گزارش‌ها در سال ۲۰۱۰، هرساله حدود ۶۵۰۰۰۰ بیمار جدید مبتلا به دیابت در آمریکا تشخیص داده می‌شود (۱). طبق مطالعات انجام‌شده، میزان ابتلا به دیابت در ایران بالا بوده و روندی افزایشی دارد که بیشتر مبتلایان ساکن شهرها و یک‌سوم ساکن روستا هستند و از این تعداد، ۹۰٪ دیابت نوع ۲ دارند. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی و فدراسیون جهانی دیابت (International Diabetes Federation, IDF) در سال ۲۰۱۰ میلادی، تعداد بیماران دیابتی در سراسر جهان نزدیک به ۲۴۰ میلیون نفر برآورد شد و پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۵ میلادی این میزان به ۳۰۰ میلیون نفر برسد (۲). در سالمندان، دیابت شایع‌تر است؛ به‌طوری‌که ۵۰٪ افراد بالای ۶۵ سال، درجاتی از عدم تحمل گلوکز را تجربه می‌کنند. همچنین مشخص شده است دیابت در آمریکا، مهم‌ترین علت نابینایی (در بین افراد ۲۵-۷۴ سال) و علت قطع عضو بوده و ۳۵٪ مبتلایان به نارسایی مزمن کلیوی و دیالیزی، افراد دیابتی هستند؛ به‌علاوه، افراد دیابتی دو برابر بیشتر از افراد عادی در معرض ابتلا به سکته مغزی قرار دارند. با توجه به اهمیت پیشگیری کنترل و اثرات جانبی شیوه‌های دارویی در افراد دیابتی، همواره تلاش بر این بوده است که راهکارهایی مطلوب با اثرات جانبی کم، مؤثر و مفید مورد استفاده قرار گیرد. در سال‌های اخیر، فعالیت بدنی (استقامتی و مقاومتی) برای این افراد به‌عنوان راهبردی کم‌هزینه و بدون عوارض جانبی مورد توجه قرار گرفته است (۳)؛ به‌عنوان مثال مشخص شده، فعالیت‌های بدنی باعث کنترل وضعیت گلیسمیک افراد دیابتی می‌شود (۴) در یک مطالعه، Sigal و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند افزایش زمان فعالیت بدنی به مدت ۱۵۰ دقیقه در هفته، میزان ابتلا به دیابت را ۷-۵٪ کاهش می‌دهد (۵). همچنین مطالعات نشان داده‌اند کنترل رژیم غذایی و میزان فعالیت بدنی در بیماران دیابتی، نقشی مساوی و مکمل در کنترل دیابت دارد (۶). از طرف دیگر، زندگی کم‌تحرک یکی از عوامل خطر ساز ابتلا به دیابت نوع ۲ محسوب شده و فعالیت بدنی منظم علاوه بر ایفای نقش مؤثر در پیشگیری اولیه، از اقدامات سودمند در مدیریت درمان این بیماری به شمار می‌رود. بیماران دیابتی جهت کنترل بهتر گلوکز خون، میزان

## روش بررسی

جامعه آماری این پژوهش نیمه تجربی را تمامی بیماران زنان میانسال (با میانگین سن ۴۴/۹) دیابتی شهرستان خرم‌آباد تشکیل می‌دادند. نمونه‌گیری به صورت داوطلبانه انجام شد و ۱۶ نفر از مراجعه‌کنندگان به مراکز درمانی در سطح شهر خرم‌آباد، اعلام همکاری کردند (انتخاب این تعداد به‌عنوان آزمودنی‌های این پژوهش براساس امکانات تیم تحقیق، همچنین عدم همکاری سایر افراد دیابتی صورت گرفت).

برای شروع مطالعه ابتدا درباره روش تحقیق، برای آزمودنی‌ها توضیحات لازم ارائه گردید و از آنان خواسته شد در صورت رضایت، فرم رضایت‌نامه و مشخصات فردی را تکمیل کنند، سپس اندازه‌گیری و ثبت شاخص‌های قد (متر نواری)، وزن (ترازوی Camry مدل EB 9003) و چربی زیرپوستی (کالیپر لافایت) صورت گرفت. براساس روش سه‌نقطه‌ای (Jakson and Polak (سه سربازو، تحت کتفی و فوق‌خاصره‌ایی) و با استفاده از فرمول زیر (۱۶) چگالی بدن و درصد چربی محاسبه گردید.

$$BD = \frac{1/0994921 - 1/0009929}{(سن)^{0.7392} - 0.0001392} \quad (مجموع چربی زیرپوست سه ناحیه)$$

$$+ 0/0000023 * (مجموع چربی زیرپوست سه ناحیه) * 100$$

$$\%BF = \{(4/95/BD) - 4/5\} * 100$$

در دو نوبت (قبل و بعد از دوره فعالیت مقاومتی)، به صورت ناشتا (حداقل ۱۰ ساعت) از ورید Median Cubital سمت راست تمام آزمودنی‌ها، خونگیری به عمل آمد. در هر نوبت ۵ سی‌سی خون گرفته شد که به دو لوله (۲/۵ سی‌سی برای هر لوله، جهت ارزیابی AIC و FBS) انتقال یافت. نمونه‌ها بین ساعت ۸-۱۰ صبح جمع‌آوری شدند و بعد از جمع‌آوری نمونه‌های اولیه، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم شدند. آزمودنی‌ها گروه تجربی با چگونگی فعالیت مقاومتی (۸ هفته، ۳ جلسه در هفته، ۸ ایستگاه فعالیت مقاومتی و هر جلسه حدوداً ۸۰ دقیقه) آشنا شدند و تمام مراحل اجرای این نوع فعالیت‌ها برای آنها تشریح گردید. شرکت‌کنندگان در جلسات ابتدایی نیز با ایستگاه‌ها و اجرای حرکات در هر ایستگاه آشنا شدند. بعد از اطمینان از آشنایی با نحوه اجرای حرکت و کار با وسایل فعالیت مقاومتی، برنامه اصلی اجرا گردید.

مراحل اجرای هر جلسه به شرح زیر بود:

ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه به صورت عمومی با حرکات سبک، مرحله گرم کردن را انجام دادند، سپس همه آزمودنی در هر ایستگاه قبل از اجرای حرکت اصلی با وزنه‌ایی سبک، عضله درگیر همان ایستگاه را به‌طور اختصاصی گرم کردند. در جلسه چهارم نیز برنامه یک تکرار بیشینه برای هر آزمودنی در هر ایستگاه مشخص و مقدار وزنه براساس آن تنظیم گردید. حرکت ایستگاه‌ها طوری طراحی شده بود که فعالیت مقاومتی، عضلات بزرگ بدن را درگیر می‌کرد.

ایستگاه‌ها به ترتیب شامل: ۱- حرکت نشر از جانب با وزنه؛ ۲- حرکت اسکوات؛ ۳- حرکت پرس سینه؛ ۴- حرکت جلو بازو؛ ۵- حرکت پرس سر شانه؛ ۶- حرکت همسترینگ؛ ۷- حرکت پشت بازو و ۸- حرکت نشر خمیده بود. برنامه تمرین در هر جلسه شامل ۳-۴ دور و هر دور ۱۰-۱۲ تکرار بود. شروع با ۵۰٪ یک تکرار بیشینه تا به ۸۰٪ یک تکرار بیشینه برای هر فرد می‌رسید. آزمودنی‌ها ۲ دقیقه بین هر حرکت و ۳ دقیقه بین هر دوره استراحت می‌کردند.

هر ۲ هفته یک‌بار آزمون یک تکرار بیشینه اجرا می‌شد و از این طریق اصل اضافه‌بار در طول ۸ هفته رعایت گردید و از هفته چهارم به بعد، با توجه به پیشرفت آزمودنی‌ها، تمامی حرکات در چهار دور اجرا می‌شد. مرحله سرد کردن نیز به مدت ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامید. در این مدت، آزمودنی‌های گروه کنترل در هیچ فعالیت بدنی شرکت نکرده و فعالیت‌های روزمره خود را انجام می‌دادند. ۴۸ ساعت پس از پایان دوره تمرینی، تمام شاخص‌های ارزیابی شده در پیش‌آزمون مجدداً با همان شرایط اندازه‌گیری می‌شد. همه نمونه‌های خونی (قبل و بعد از اجرای دوره فعالیت بدنی) در یک آزمایشگاه ارزیابی شدند. برای بررسی نمونه‌های خونی، صرفاً از کیت‌های شرکت پارس آزمون استفاده گردید که به روش کالریمتریک آنزیماتیک (به‌وسیله دستگاه هیتاچی، مدل ۹۰۲) و مقدار AIC با افزودن EDTA (محلول ضدانعقاد) به خون و استفاده از دستگاه DS5 به روش ستون کروماتوگرافی انجام شد. تمامی این مراحل، همچنین تجزیه بیوشیمیایی نمونه‌ها توسط تکنسین آزمایشگاه صورت گرفت.

## یافته‌ها

با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار در سن (جدول شماره ۱)، شاخص توده‌بدنی و وزن اولیه در دو گروه تجربی و کنترل (جدول شماره ۲)، وزن آزمودنی‌های گروه تجربی نسبت به گروه کنترل، به‌طور معنی‌داری ( $p=0/001$ ) کاهش نشان داد که این موضوع با کاهش معنی‌دار ( $p=0/001$ ) درصد چربی بدن، دور کمر ( $p=0/003$ ) و کاهش غیرمعنی‌دار شاخص توده‌بدنی همزمان بود.

بعد از جمع‌آوری اطلاعات پیش‌آزمون - پس‌آزمون، از اطلاعات به دست آمده تفاضل گرفته شد (پس‌آزمون منهای پیش‌آزمون). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Spss نسخه ۲۲ و Excel، آزمون تی مستقل (جهت ارزیابی تفاوت بین گروه‌های کنترل و تجربی) تجزیه و تحلیل شدند.

جدول شماره ۱: مشخصات آزمودنی‌ها دو گروه کنترل و تجربی

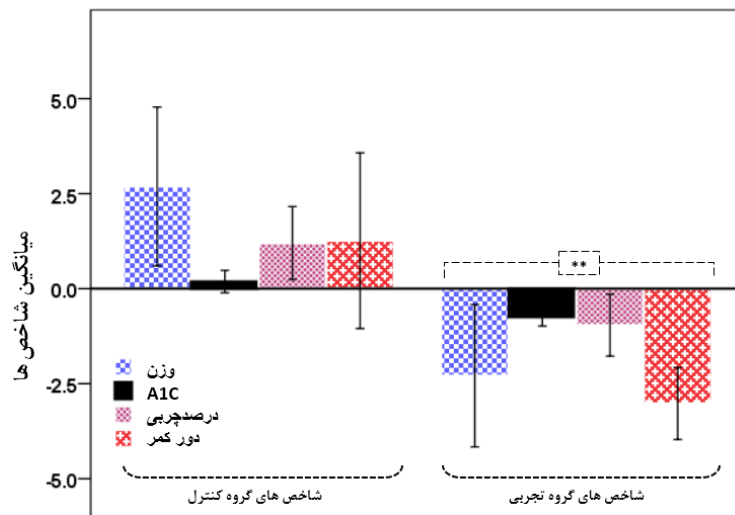
| شاخص‌ها | آماره | گروه  | تعداد | میانگین پیش‌آزمون | میانگین پس‌آزمون | تفاضل پیش و پس‌آزمون | انحراف استاندارد |
|---------|-------|-------|-------|-------------------|------------------|----------------------|------------------|
| سن      |       | تجربی | ۸     | -                 | -                | ۴۳/۵                 | ۳/۲              |
|         |       | کنترل | ۸     | -                 | -                | ۴۶/۳                 | ۲/۶              |
| قد      |       | تجربی | ۸     | -                 | -                | ۱/۶                  | ۰/۰۶             |
|         |       | کنترل | ۸     | -                 | -                | ۱/۶                  | ۰/۰۳             |

جدول شماره ۲: میانگین تفاضل‌های پیش و پس‌آزمون و انحراف استاندارد دو گروه کنترل و تجربی

| شاخص‌ها             | آماره | گروه  | تعداد | میانگین پیش‌آزمون | میانگین پس‌آزمون | تفاضل پیش و پس‌آزمون | انحراف استاندارد |
|---------------------|-------|-------|-------|-------------------|------------------|----------------------|------------------|
| قند خون             |       | تجربی | ۸     | ۱۹۱               | ۱۵۸              | -۳۳                  | ۱                |
|                     |       | کنترل | ۸     | ۱۵۷               | ۱۶۱              | ۴                    | ۱۹               |
| هموگلوبین گلیکوزیله |       | تجربی | ۸     | ۸/۱               | ۷/۲              | -۰/۷                 | ۰/۲              |
|                     |       | کنترل | ۸     | ۸/۵               | ۸/۸              | ۰/۳                  | ۰/۲۳             |
| شاخص توده‌بدنی      |       | تجربی | ۸     | ۲۲/۹              | ۲۲/۲             | -۰/۷                 | ۰/۷              |
|                     |       | کنترل | ۸     | ۲۳/۱              | ۲۳/۳             | ۰/۱                  | ۰/۸              |
| درصد چربی بدن       |       | تجربی | ۸     | ۳۷/۸              | ۳۶/۱             | -۰/۷                 | ۰/۹              |
|                     |       | کنترل | ۸     | ۳۷/۳              | ۳۹/۲             | ۲/۱                  | ۱/۱              |
| دور کمر             |       | تجربی | ۸     | ۹۷                | ۹۴/۸             | -۳                   | ۱/۱              |
|                     |       | کنترل | ۸     | ۹۶/۸              | ۹۷/۱             | ۲/۱                  | ۲/۷              |
| وزن                 |       | تجربی | ۸     | ۷۳/۴              | ۷۱/۱             | ۲/۳                  | ۲/۴              |
|                     |       | کنترل | ۸     | ۷۳/۸              | ۷۶/۱             | ۲/۳                  | ۲/۴              |

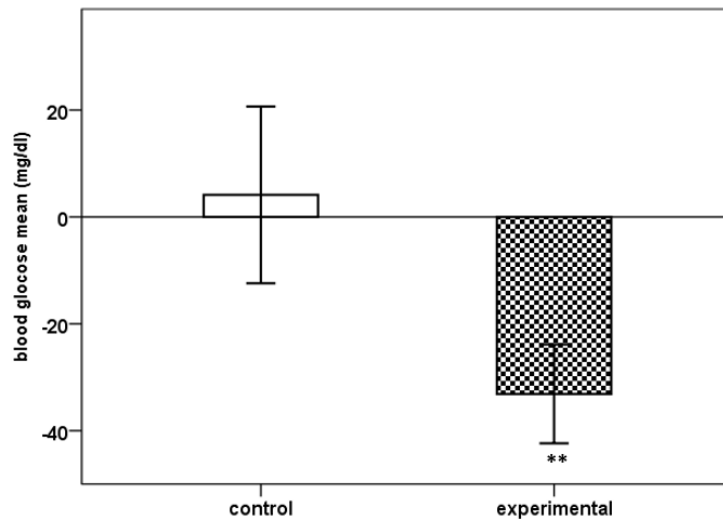
میانگین شاخص توده‌بدنی گروه کنترل و تجربی دیده نشد (شکل شماره ۱ و ۲).

یک دوره فعالیت مقاومتی موجب کاهش معنی‌داری در میزان گلوکز خون ناشتا ( $p=0/0001$ ) و هموگلوبین گلیکوزیله ( $p=0/004$ ) شد؛ در صورتی که تفاوت معنی‌داری ( $p=0/63$ ) در



شکل شماره ۱: مقایسه میانگین تغییرات شاخص‌های وزن (کیلوگرم)، A1C، درصد چربی بدن و دور کمر (سانتی‌متر) در گروه کنترل و تجربی، پس از ۸ هفته فعالیت مقاومتی.

\*\* سطح معنی‌داری،  $p=0/01$  نسبت به گروه کنترل.



شکل شماره ۲: مقایسه میانگین تغییرات گلوکز خون ناشتا گروه کنترل (نمودار سفید) و تجربی (نمودار شطرنجی)، پس از ۸ هفته فعالیت مقاومتی. \*\* سطح معنی‌داری،  $p=0/01$ .

## بحث

مطالعه مروری سیستماتیک با عنوان «تعدیل سبک زندگی و عدم تحمل گلوکز در پیشگیری از دیابت نوع ۲» بود، همخوانی داشت (۱۷). از آنجا که چاقی و اضافه‌وزن از فاکتورهای خطرزا ابتلا به دیابت نوع ۲ محسوب می‌شوند و بر پیشرفت (۱۸، ۱۹) و درمان دیابت نیز تأثیر منفی دارند؛ بنابراین تأثیر فعالیت بدنی بر کاهش اضافه‌وزن به‌عنوان نشانه مثبت قلمداد می‌شود. در تأیید این موضوع، شواهد اخیر نشان داده‌اند کاهش وزن بر بهبود علائم دیابت تأثیر مثبتی دارد (۲۰، ۲۱) و مشخص شده ارتباط مستقیم معنی‌داری بین شاخص توده‌بدن با سندرم دیابت وجود دارد

نتایج این پژوهش نشان داد علاوه بر کاهش میزان قند ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله‌شده در آزمودنی‌های گروه تجربی، متغیرهایی مانند وزن، میزان چربی، همچنین دور کمر در اثر ۸ هفته فعالیت مقاومتی کاهش می‌یابد. عوامل متعددی می‌توانند این تأثیرات را توجیه کنند؛ بدین صورت که فعالیت‌های بدنی موجب تغییرات ترکیب بدن شده که بخشی از این تغییرات به کاهش درصد چربی و افزایش حجم توده عضلانی برمی‌گردد. نتایج این پژوهش با بیشتر یافته‌های مطالعه Thomas در سال ۲۰۱۰ که یک

افزایش فراوانی GLUT-4 و جذب گلوکز حتی در بیماران دیابتی نوع ۲ می‌شود (۲۹).

یافته‌های پژوهش حاضر در مورد تأثیر فعالیت بدنی مقاومتی بر کاهش قند ناشتا و مقدار هموگلوبین گلیکوزیله با نتایج بیشتر مطالعات همخوانی داشت (۳۵-۳۰). احتمالاً در این پژوهش، بخشی از تأثیر مطلوب فعالیت‌های بدنی بر کاهش گلوکز خون در افراد دیابتی از طریق افزایش انتقال پروتئین‌های ناقل قندی GLUT-4 از سیتوپلاسم به سطح غشای سلول) قابل توجیه است (۳۶)، که این تغییر منجر به افزایش حساسیت انسولین و انتقال گلوکز خون به داخل سلول‌های عضلانی می‌شود (۳۷، ۳۸). بنابراین، همان‌طور که بسیاری از پژوهش‌ها گزارش کرده‌اند می‌توان گفت بین فعالیت بدنی و حساسیت به انسولین، رابطه معنی‌داری وجود دارد (۳۹). براساس نتایج مطالعات، فعالیت‌های بدنی نه تنها از طریق افزایش حساسیت به انسولین (۴۲-۴۰)، بلکه از طریق افزایش فعالیت آنزیم گلیکوزن سنتتاز (۴۳) موجب افزایش برداشت گلوکز خون می‌شود (۳۷). به نظر می‌رسد برخلاف نظرات قبلی در مورد اثربخش‌تر بودن فعالیت‌های هوازی، فعالیت‌های مقاومتی، نتایج مشابه و حتی بهتری را در افراد دیابتی داشته باشند؛ زیرا نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند فعالیت استقامتی موجب کاهش HbA1c در دامنه‌ایی از ۱/۳۸-۰/۴٪ و فعالیت‌های مقاومتی سبب کاهش HbA1c از ۱/۳۳-۰/۱٪ می‌شود؛ پس می‌توان گفت تأثیر فعالیت استقامتی و مقاومتی بر کاهش HbA1c تقریباً یکسان است. اما در مورد قند ناشتا مشخص شده است در گروه‌های دارای فعالیت هوازی، میزان کاهش گلوکز پلازما در حدود ۰/۷۸- میلی‌مول برلیتر و همین شاخص برای افرادی که فعالیت مقاومتی داشته‌اند ۰/۹ میلی‌مول برلیتر بوده که این نشان می‌دهد فعالیت‌های مقاومتی در کاهش گلوکز خون ناشتا کارآمدتر است (۴۴)؛ لذا با توجه به مجموعه این عوامل، می‌توان گفت کاهش میزان قند خون هنگام ناشتایی و میزان هموگلوبین گلیکوزیله در آزمودنی‌های این پژوهش، ناشی از مواردی بوده که در بالا شرح داده شد، همچنین شدت و حجم فعالیت‌های مقاومتی در پروتکل این پژوهش به گونه‌ایی بوده که بر عوامل مورد بحث تأثیر داشته است؛ البته در مورد افراد دیابتی باید گفت فعالیت‌های بدنی منظم همراه با تغذیه مناسب، یک ابزار

(۲۲)؛ بنابراین فعالیت بدنی از طریق کاهش وزن افراد دیابتی می‌تواند نقش کنترلی مهمی در برابر دیابت داشته باشد. مطالعات نشان داده‌اند همراه با فعالیت بدنی، پیروی از یک دستورالعمل غذایی مناسب در کاهش وزن افراد دیابتی مؤثرتر بوده و این برنامه را کارآمدتر می‌کند؛ زیرا مداخلات ورزشی که صرفاً برای کنترل گلوکز خون و کاهش خطر امراض قلبی توصیه می‌شوند (یعنی ۱۵۰ دقیقه در هفته راه رفتن تند) ممکن است برای کاهش وزن کافی نباشند؛ چراکه میزان بهینه فعالیت بدنی برای کاهش وزن و حفظ آن در دامنه مناسب، بیشتر از مقدار پیشنهادی برای بهبود گلوکز خون و سلامت قلب و عروق است (۲۳). همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند کاهش وزن، زمانی معنی‌دار می‌شود که تقریباً ۷ ساعت در هفته فعالیت بدنی متوسط تا شدید انجام گیرد (۲۴)، و هزینه انرژی فعالیت بدنی در دامنه ۲۵۰۰-۲۰۰۰ کیلوکالری در هفته باشد؛ در صورتی که هزینه انرژی به میزان ۱۰۰۰ کیلوکالری در هفته منجر به کاهش وزن چشمگیر نمی‌شود (۲۵). با توجه به کاهش وزن آزمودنی‌ها گروه تجربی در این پژوهش، به نظر می‌رسد فعالیت مقاومتی در این پژوهش به اندازه‌ای بالا بوده که منجر به کاهش وزن آنان شده است.

انتقال گلوکز به عضله اسکلتی، از طریق پروتئین‌های ناقل گلوکز صورت می‌گیرد و ناقل گلوکز - ۴ (GLUT-4)، مهم‌ترین ایزوفرم در عضله اسکلتی است که فعالیت آن تحت تأثیر روند انقباض و انسولین قرار دارد. انسولین از طریق فعال‌سازی پروتئین‌کیناز فعال‌شده با AMPK (Activated Protein Kinase) باعث جابه‌جایی GLUT-4 از عمق به سطح می‌شود (۲۶). عموماً در افراد دیابتی نوع ۲، جابه‌جایی GLUT-4 از عمق به سطح سلول که توسط انسولین تحریک می‌شود، مختل می‌گردد. در همین راستا، نتایج مطالعات نشان داده‌اند سطوح پروتئین ناقل قند در جوانان ورزشکار در مقایسه با افراد عادی، بیشتر است (۲۷)، همچنین سطوح پروتئین ناقل قند در افراد میانسال دارای فعالیت ورزشی و تحمل قند طبیعی، یا کسانی که تحمل قندشان آسیب‌دیده و یا مبتلا به بیماری دیابت نوع ۲ هستند؛ در مقایسه با افراد عادی افزایش می‌یابد (۲۸). از این رو، در افرادی که فعالیت ورزشی دارند به علت افزایش فعالیت پروتئین ناقل قند، حساسیت به انسولین بهبود یافته و فعالیت‌های هوازی و مقاومتی موجب

بالقوه برای پیشگیری از ابتلا به بیماری دیابت نوع ۲، به‌ویژه در کسانی است که زمینه ابتلا به دیابت را دارند، همچنین ابزار مناسبی برای کنترل دیابت در افراد مبتلا می‌باشد (۴۵). با توجه به حجم بالا و شدت تمرینات مقاومتی این برنامه فعالیت مقاومتی پیشنهاد می‌شود پژوهشی مشابه با حجم و شدت کمتر جهت استفاده افراد مبتلا به دیابت مسن‌تر صورت گیرد.

در پژوهش حاضر تأثیر این نوع فعالیت‌ها بر مردان ارزیابی نشد که با توجه به تفاوت‌های جنسی ممکن است واکنش شاخص‌های مطرح شده متفاوت باشد؛ بنابراین نباید نتایج این پژوهش را به مردان تعمیم داد. از جمله محدودیت‌های دیگر اینکه تغییرات بافت عضله مورد بررسی قرار نگرفت؛ زیرا این بافت در اثر فعالیت‌های مقاومتی دچار هایپرتروفی می‌شود.

### نتیجه‌گیری

با توجه به تأثیر فعالیت‌های مقاومتی بر بهبود شاخص‌های مرتبط با دیابت می‌توان نتیجه گرفت این نوع فعالیت‌ها در کنترل دیابت و شاخص‌های مرتبط با آن، در افراد مبتلا به دیابت، نقش مؤثر و کارآمدی دارد.

### تشکر و قدردانی

این پژوهش نتیجه پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته تربیت‌بدنی و علوم ورزشی (گرایش فیزیولوژی ورزش) دانشگاه لرستان می‌باشد.

### References:

1. National center for chronic disease prevention and health promotion. National diabetes statistics report, 2017: Estimates of diabetes and its burden in the United States. Available From: <https://www.cdc.gov/diabetes/pdfs/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf>. Accessed Jun 5, 2016. Link
2. Centers for disease control. National diabetes fact sheet. 2011; Available From: [https://www.cdc.gov/diabetes/pubs/pdf/ndfs\\_2011.pdf](https://www.cdc.gov/diabetes/pubs/pdf/ndfs_2011.pdf). Accessed Jun 5, 2016. Link
3. Dworkin RH, Backonja M, Rowbotham MC, Allen RR, Argoff CR, Bennett GJ, et al. Advances in neuropathic pain: Diagnosis, mechanisms, and treatment recommendations. *Arch Neurol* 2003;60(11):1524-34. PubMed
4. Boule NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA* 2001;286(10):1218-27. PubMed
5. Sigal RJ, Kenny GP, Wasserman DH, Castaned-Sceppa C, White RD. Physical Activity/Exercise and Type 2 Diabetes. *Diabetes Care* 2006;27(10):2518-39. PubMed
6. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 2002;346(6):393-403. Link
7. Rayburn WF. Diagnosis and classification of diabetes mellitus: Highlights from the American Diabetes Association. *J Reprod Med* 1997;42(9):585-6. PubMed
8. Hill JO, Stult J, Wyatt HR, Regensteiner JG. Physical activity in prevention and management of obesity and type-2 diabetes. *Nestle Nutr Workshop Ser Clin Perform Programme* 2006;11:183-91; discussion 91-6. PubMed
9. King DK, Estabrooks PA, Strycker LA, Toobert DJ, Bull SS, Glasgow RE. Outcomes of a multifaceted physical activity regimen as part of a diabetes self-management intervention. *Ann Behav Med* 2006;31(2):128-37. PubMed
10. Ezenwaka C, Eckel J. Prevention of diabetes complications in developing countries: time to intensify self-management education. *Arch Physiol Biochem* 2011;117(5):251-3. PubMed



11. 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. PubMed
12. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(8):1435-45.
13. Praet SF, Manders RJ, Lieveise AG, Kuipers H, Stehouwer CD, Keizer HA, et al. Influence of acute exercise on hyperglycemia in insulin-treated type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(12):2037-44. PubMed
14. Treserras MA, Balady GJ. Resistance training in the treatment of diabetes and obesity: mechanisms and outcomes. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2009;29(2):67-75. PubMed
15. Flack KD, Davy KP, Hulver MW, Winett RA, Frisard MI, Davy BM. Aging, resistance training, and diabetes prevention. *J Aging Res* 2010;2011:127315. PubMed
16. Durnin JV, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr* 1967;21(3):681-9. PubMed
17. 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. PubMed
18. Yeh F, Dixon AE, Marion S, Schaefer C, Zhang Y, Best LG, et al. Obesity in adults is associated with reduced lung function in metabolic syndrome and diabetes: The Strong Heart Study. *Diabetes Care* 2011;34(10):2306-13. PubMed
19. Eckel RH, Kahn SE, Ferrannini E, Goldfine AB, Nathan DM, Schwartz MW, et al. Obesity and type 2 diabetes: What can be unified and what needs to be individualized? *J Clin Endocrinol Metab* 2011;96(6):1654-63. PubMed
20. Williamson DA, Rejeski J, Lang W, Van Dorsten B, Fabricatore AN, Toledo K, et al. Impact of a weight management program on health-related quality of life in overweight adults with type 2 diabetes. *Arch Intern Med* 2009;169(2):163-71. PubMed
21. Zierath JR, Wallberg-Henriksson H. Exercise training in obese diabetic patients. Special considerations. *Sports Med* 1992;14(3):171-89. PubMed
22. Esteghamati A, Khalilzadeh O, Anvari M, Ahadi MS, Abbasi M, Rashidi A. Metabolic syndrome and insulin resistance significantly correlate with body mass index. *Arch Med Res* 2008;39(8):803-8. PubMed
23. Bahrami A, Saremi A. Effect of caloric restriction with or without aerobic training on body composition, blood lipid profile, insulin resistance, and inflammatory marker in middle-age obese /overweight men. *Arak Univ Med Sc J* 2011;14(3):11-9. Link
24. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(2):459-71. PubMed
25. Jeffery RW, Wing RR, Sherwood NE, Tate DF. Physical activity and weight loss: Does prescribing higher physical activity goals improve outcome? *Am J Clin Nutr* 2003;78(4):684-9. PubMed
26. MacLaren DP, Morton GJ. *Biochemistry for sport and exercise metabolism*. John Wiley; 2012. Linke
27. Lee JS, Bruce CR, Tunstall RJ, Cameron-Smith D, Hugel H, Hawley JA. Interaction of exercise and diet on GLUT-4 protein and gene expression in Type I and Type II rat skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 2002;175(1):37-44. PubMed
28. Hughes VA, Fiatarone MA, Fielding RA, Kahn BB, Ferrara CM, Shepherd P, et al. Exercise increases muscle GLUT-4 levels and insulin action in subjects with impaired glucose tolerance. *Am J Physiol* 1993;264(6 Pt 1):E855-62. PubMed
29. Frosig C, Richter EA. Improved insulin sensitivity after exercise: focus on insulin signaling. *Obesity (Silver Spring)* 2009;17 Suppl 3:S15-20. PubMed

30. Honkola A, Forsen T, Eriksson J. Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. *Acta Diabetol* 1997;34(4):245-8. PubMed
31. Yardley JE, Sigal RJ, Riddell MC, Perkins BA, Kenny GP. Performing resistance exercise before versus after aerobic exercise influences growth hormone secretion in type 1 diabetes. *Appl Physiol Nutr Metab* 2014;39(2):262-5. PubMed
32. Yang Z, Scott CA, Mao C, Tang J, Farmer AJ. Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2014;44(4):487-99. PubMed
33. Balducci S, Zanuso S, Cardelli P, Salvi L, Bazuro A, Pugliese L, et al. Effect of high- versus low-intensity supervised aerobic and resistance training on modifiable cardiovascular risk factors in type 2 diabetes; the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). *PLoS One* 2012;7(11):e49297. PubMed
34. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Balaa N, Malcolm J, et al. Resistance versus aerobic exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes care* 2013;36(3):537-42. PubMed
35. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Malcolm J, Boulay P, et al. Effects of performing resistance exercise before versus after aerobic exercise on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes care* 2012;35(4):669-75. PubMed
36. Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, Dela F. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes* 2004;53(2):294-305. PubMed
37. Colberg SR, Albright AL, Blissmer BJ, Braun B, Chasan-Taber L, Fernhall B, et al. Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Exercise and type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc* 2010;42(12):2282-303. PubMed
38. Brooks N, Layne JE, Gordon PL, Roubenoff R, Nelson ME, Castaneda-Sceppa C. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci* 2007;4(1):19-27. PubMed
39. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: Joint position statement executive summary. *Diabetes care* 2010;33(12):2692-6. PubMed
40. Conn VS, Koopman RJ, Ruppert TM, Phillips LJ, Mehr DR, Hafdahl AR. Insulin sensitivity following exercise interventions: Systematic review and meta-analysis of outcomes among healthy adults. *J Prim Care Commun Health* 2014;5(3):211-22. PMC
41. Mann S, Beedie C, Balducci S, Zanuso S, Allgrove J, Bertiato F, et al. Changes in insulin sensitivity in response to different modalities of exercise: A review of the evidence. *Diabetes Metab Res Rev* 2014;30(4):257-68. PubMed
42. Borghouts LB, Keizer HA. Exercise and insulin sensitivity: A review. *Int J Sports Med* 2000;21(1):1-12. PubMed
43. Jensen J, Lai YC. Regulation of muscle glycogen synthase phosphorylation and kinetic properties by insulin, exercise, adrenaline and role in insulin resistance. *Arch Physiol Biochem* 2009;115(1):13-21. PubMed
44. Church TS, Blair SN, Cocreham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, et al. Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA* 2010;304(20):2253-62. PubMed
45. Yavari A, Hajiyev AM, Naghizadeh F. The effect of aerobic exercise on glycosylated hemoglobin values in type 2 diabetes patients. *J Sports Med Phys Fitness* 2010;50(4):501-5. PubMed