

Comparing the effects of intense sprint and combined aerobic-strength training on serum adiponectin level and insulin resistance among the women with type 2 diabetes

Abedi B^{1*}, Okhovat E², Banitalebi E³

1- Department of Physical Education, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, I. R. Iran.
2-, Department of Physical Education and Sport Sciences, Mahallat Branch, Islamic Azad University, Mahallat, I. R. Iran.
3- Department of Sports Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord, I. R. Iran.

Received February 1, 2016; Accepted September 4, 2016

Abstract:

Background: Regular physical exercise is a well-established therapeutic option to prevent the diabetes mellitus. The purpose of this study was to examine the effects of intense interval training (SIT) and combined aerobic-strength training on serum adiponectin level and insulin resistance in women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: Female patients with type 2 diabetic (n=52, age: 45-60 years, BMI=25-30 kg/m² and FBS≥126 mg/dl) were assessed for eligibility. Participants were assigned to SIT group (N=17), Combined training group (N=17) and Control group (N=18) according to their HbA1c levels. The exercises were included 8 weeks of combined (resistance plus aerobic) training and SIT. The FBS, serum insulin and adiponectin levels were also measured.

Results: There were a significant difference between the pre-/post-test in serum adiponectin in SIT group ($P=0.01$). However, there was no significant difference between the pre-/post-test in serum adiponectin level in Combined training group ($P=0.939$). The insulin resistance in SIT and the Combined training groups were significantly reduced after the exercise program ($P<0.001$ and $P<0.001$, respectively). Differences for the FBS was significant in the SIT group ($P<0.001$). The results of the comparison between groups showed a significant difference between the training groups in the adiponectin level ($P=0.037$). and insulin resistance ($P=0.008$).

Conclusions: Training exercise, independent of the type and method, can have positive effects on insulin resistance and serum adiponectin level in women with typeII two diabetes.

Keywords: Type 2 diabetes, Adiponectin, Exercise

*** Corresponding Author.**

Email: abedi@iaumahallat.ac.ir

Tel: 0098 918 866 7662

Fax: 0098 864 325 7555

Conflict of Interests: No

Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences, October, 2016; Vol. 20, No 4, Pages 352-360

Please cite this article as: Abedi B, Okhovat E, Banitalebi E. Comparing the effects of intense sprint and combined aerobic-strength training on serum adiponectin level and insulin resistance among the women with type 2 diabetes. *Feyz* 2016; 20(4): 352-60.

مقایسه تاثیر تمرينات سرعتی شدید و هوازی- قدرتی بر سطح آدیپونکتین سرمی و مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو

بهرام عابدی^{۱*}، الهام اخوت^۲، ابراهیم بنی طالبی^۳

خلاصه:

سابقه و هدف: فعالیت ورزشی ابزار درمانی مؤثری برای پیشگیری و بهبود دیابت نوع دو است. هدف از این پژوهش مقایسه تاثیر تمرينات سرعتی شدید (SIT) و ترکیبی (هوازی- قدرتی) بر سطح آدیپونکتین سرمی و مقاومت به انسولین در زنان دیابتی نوع دو است.

مواد و روش‌ها: تعداد ۵۲ نفر از زنان دیابتی نوع دو دارای اضافه وزن (BMI بین ۳۰-۲۵ کیلوگرم بر مترمربع با دامنه سنی ۴۵ تا ۶۰ سال و قند خون ناشتا ای بالاتر از ۱۲۶ میلی گرم بر دسی لیتر) به طور داوطلبانه در تحقیق حاضر شدند و بر اساس مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) در سه گروه تمرين ترکیبی (n=۱۷)، SIT (n=۱۷) و کنترل (n=۱۸) قرار گرفتند. گروه‌های ترکیبی و SIT به مدت ۸ هفته تمرينات را انجام دادند. گلوکز، انسولین سرم و سطوح آدیپونکتین اندازه‌گیری شد.

نتایج: بین میانگین داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون سطح آدیپونکتین سرمی گروه SIT ($P=0.01$) تغییر معنی دار مشاهده شد، در حالی که در پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه تمرين ترکیبی ($P=0.939$) اختلاف معنی داری وجود نداشت. مقاومت به انسولین در گروه‌های تمرينی SIT ($P<0.001$) و تمرين ترکیبی ($P<0.001$) پس از مداخله کاهش معنی دار داشت. هم‌چنین، تفاوت در میزان گلوکز ناشتا خون گروه SIT معنی دار بود ($P=0.001$). نتایج مقایسه بین گروهی تفاوت معنی داری بین گروه‌های تمرينی در میزان آدیپونکتین سطوح پلاسمایی آدیپوکاین‌ها با افزایش حجم بافت چرب و مقاومت به دیابت نوع دو داشته باشد.

وازگان کلیدی: دیابت نوع دو، آدیپونکتین، تمرينات ورزشی

دو ماهنامه علمی- پژوهشی فیض، دوره بیستم، شماره ۴، مهر و آبان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶۰-۳۵۲ و $P=0.037$ و $F=5/511$ و $P=0.012$ و مقاومت به انسولین ($F=3/612$ و $P=0.008$) و نشان داد.

سطح پلاسمایی آدیپوکاین‌ها با افزایش حجم بافت چرب و آدیپوسیت افزایش می‌یابد؛ البته میزان آدیپونکتین در چاقی پایین‌تر است [۳]. آدیپونکتین اثرات آنتی‌آترواسکلروتیک دارد و حساسیت انسولینی را از طریق مهار تولید گلوکز کبدی، افزایش جذب گلوکز در عضله، افزایش اکسیداسیون اسید چرب در کبد و عضله، و هم‌چنین بالا بردن هزینه کرد اثری در شرایط خارج از بدن، احتمالاً به‌وسیله افزایش جفت نشدن ATP در میتوکندری افزایش می‌دهد [۳]. در مousه‌های دارای مقاومت انسولینی تجویز آدیپونکتین باعث کاهش هایپرگلیسمی و هایپرانسولینی شده است [۴]. ورزش و فعالیت بدنه مؤثرترین راه درمان برای بیماران مبتلا به دیابت نوع دو شناخته شده است. فعالیت بدنه نقش کاملاً مستقلی در پیشگیری و بهت‌آخیر انداختن زمان شروع دیابت نوع دو دارد [۵]. انجمن دیابت آمریکا به افراد مبتلا به دیابت نوع دو پیشنهاد می‌کند که در هفته تمرينات هوازی را حداقل ۱۵۰ دقیقه با شدت متوسط یا حداقل ۹۰ دقیقه با شدت سخت انجام دهند [۵]. Polak و همکاران در سال ۲۰۰۶ اثر یک برنامه تمرين هوازی را بر غلظت پلاسمایی آدیپونکتین و mRNA TNFα و بیان هردو آدیپوکاین در زنان چاق بررسی کرده و نشان دادند که برنامه

مقدمه

تصور کلاسیک از بافت چربی به عنوان جایگاهی برای ذخیره اسیدهای چرب در سالهای اخیر با این عقیده جایگزین شده است که این بافت نقش اساسی در متابولیسم لیپید و گلوکز داشته و تعداد زیادی از هورمون‌ها و سایتوکاین‌ها مانند α-TNF، IL-6، آدیپونکتین، لپین و PAI-1 را تولید می‌کند [۱]. از آن زمان تاکنون ترجیح بیش از ۵۰ ماده مختلف از بافت چربی شناسایی شده است. سایتوکاین‌های ترجیح شده از بافت چربی را آدیپوکاین می‌نامند. آدیپوکاین‌ها از طریق مکانیسم‌های اندوکرین، پاراکرین، اتوکرین در گستره وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیک یا پاتولوژیک مانند دیابت، ایمنی و التهاب شرکت دارند [۲].

دانشیار، گروه تربیت بدنی، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران
۲- دانش آموزخانه کارشناسی ارشد، واحد محلات، دانشگاه آزاد اسلامی، محلات، ایران
۳- استاد دیار، گروه تربیت بدنی، دانشگاه شهرکرد

***نشان نویسنده مسئول:**
بلوار آیت‌الله خامنه‌ایی، خیابان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد محلات
تلفن: ۰۹۱۸ ۸۶۶۷۶۶۲ - ۰۸۶۴۳۲۵۷۵۵۵
پست الکترونیک: abedi@iaumahallat.ac.ir
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۶/۱۴
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۲

هم‌چنین نقش این تمرینات در بهبود آمادگی هوایی نیز نشان داده شده است [۱۸]. نشان داده شده است که تمرینات HIIT برای بیماران دیابتی مفید بوده و آن‌ها می‌توانند با صرفه‌جویی در زمان و هزینه از فواید این نوع تمرینات بهره‌مند گردند [۱۹]. بنابراین با توجه به نتایج متناقض مطالعات موجود می‌توان گفت تأثیر فعالیت ورزشی بر مقادیر آدیپونکتین هنوز آشکار نیست و بیشتر مطالعات در زمینه تأثیر فعالیت ورزشی بر مقادیر آدیپونکتین از فعالیت ورزشی استقامتی سنتی که نیازمند صرف زمان زیادی هست یا یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده ساز به عنوان مداخله تمرینی استفاده کرده‌اند و هم‌چنین در مطالعات بسیار اندکی، از تمرین تناوبی باشد بالا به عنوان یک روش مداخله‌ای استفاده شده است. با وجود فواید سلامتی بالقوه زیاد تمرین استقامتی، بسیاری از بزرگ‌سالان به علت نداشتن زمان کافی به عنوان یک مانع مهم در این تمرینات شرکت نمی‌کنند [۲۰، ۲۱]. بسیاری از پژوهشگران، شدت تمرین را یکی از متغیرهای مهم در افزایش مقادیر آدیپونکتین در پاسخ به تمرین ورزشی ذکر کرده‌اند [۲۲]. لذا، با توجه به موارد توضیح داده شده و نیز خلاء‌های علمی هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه تأثیر تمرینات سرعتی تناوبی شدید و ترکیبی (هوایی-قدرتی) بر سطح آدیپونکتین سرمی و مقاومت به انسولین زنان دیابتی نوع دو است.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها: این تحقیق به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ شیوه گردآوری داده‌ها نیمه تجربی است. پس از هماهنگی-های اولیه با مرکز انجمن دیابت برای اجرای کار پژوهش و هم‌چنین اطلاع‌هایی که در سطح شهر برای اطلاع‌رسانی پخش گردید، از افراد واحد شرایط برای شرکت در تحقیق دعوت به عمل آمد که از بین افراد مراجعه‌کننده به کلینیک توان پخشی ورزشی (جامعه‌آماری ۲۶۰ نفر)، تعداد ۵۲ زن دیابتی نوع دو به روش نمونه‌گیری تصادفی سیستماتیک انتخاب شدند؛ این افراد دامنه سنی ۴۵ تا ۶۰ سال، شاخص توده بدنی ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، قند خون ناشتاً بالاتر از ۱۲۶ میلی‌گرم بر دسی لیتر و HbA1c مساوی یا بیشتر از ۶/۵ درصد (طبق شاخص‌های انجمن دیابت آمریکا) با اندازه‌گیری آن براساس استاندارد National glycated hemoglobin standardization program (NGSP) (داشتند؛ یادآور می‌شود این معیار قبل از فقط برای پایش درمان استفاده می‌شد، ولی در حال حاضر معیار تشخیصی نیز تلقی می‌شود. تعداد ۲۷ نفر از آزمودنی‌ها قرص مصرف می‌کردند، ۲۰ نفر انسولین تزریق می‌کردند و ۵ نفر آن‌ها انسولین و قرص

تمرینی این پژوهش کاهش وزن چشمگیری را به دنبال نداشت، بنابراین در افزایش مقدار آدیپونکتین مؤثر نبوده است [۶]. به نظر می‌رسد علت عدم تغییر غلظت آدیپونکتین در اثر فعالیت ورزش‌نایشی از عدم کاهش چشم‌گیر وزن و یا بهبود ترکیب بدنی است، اما O'Leary و همکاران گزارش نموده‌اند که پس از یک برنامه ورزشی هوایی، ترکیب بدنی به ویژه چربی احشایی ناچیه شکم بهبودیافته، درحالی که تغییری در غلظت آدیپونکتین پلاسمای ملاحظه نگردید. این محققان در سال ۲۰۰۵ اثر ۱۲ هفته تمرین هوایی را بر متابولیسم گلوکز، ترکیب بدنی و مقدار آدیپونکتین پلاسمای بررسی کرده و نشان دادند که فعالیت ورزشی موجب بهبود مقاومت انسولینی و کاهش وزن بدن، توده چربی، چربی احشایی و زیر جلدی و چربی احشایی ناچیه شکم شده، اما تغییری در مقدار آدیپونکتین و TNF α پلاسمای ایجاد نمی‌کند. هم‌چنین، در این مطالعه بین تغییرات چربی احشایی ناچیه شکم و آدیپونکتین هیچ‌گونه همبستگی وجود نداشت [۷]. مطالعات زیادی نشان می‌دهند که مقدار آدیپونکتین در افراد چاق و یا دارای اضافه‌وزن در اثر فعالیت ورزشی هوایی و یا مقاومت افزایش می‌یابد [۸-۱۰]. در ارتباط با اثر فعالیت ورزشی بر مقدار آدیپونکتین پلاسمایی در آزمودنی‌های مبتلا به مقاومت انسولینی و دیابت نوع دوم نیز مطالعات متعددی وجود دارد؛ از یک طرف گزارش شده است که مقدار آدیپونکتین پلاسمای و بیان mRNA این پیتید در بافت چربی پس از فعالیت ورزشی افزایش یافته [۱۱]، از طرف دیگر، در برخی پژوهش‌ها هیچ‌گونه تغییری مشاهده نشده است [۱۲]. بیان شده است که تمرین بلندمدت (۷ ماه) درشت و تکرار بالاتر، وزن بدن، چربی بدن، CRP و TNF- α را کاهش داده و سطوح آدیپونکتین را در زنان چاق جوان افزایش می‌دهد [۱۳]. به نظر می‌رسد شدت و تواتر تمرین پارامترهای مهمی در افزایش سطح آدیپونکتین در پاسخ به تمرینات ورزشی باشد [۱۴]. واژه تمرینات تناوبی خیلی شدید (High intensity interval training; HIIT) و تمرینات سرعتی تناوبی (Sprint interval training; SIT) به عنوان تمرینات تناوبی خیلی شدید در بین افراد از عمومیت برخوردار نیست، اما متخصصین علوم ورزشی و هم‌چنین متخصصین علوم بالینی به این نکته توجه دارند که استفاده از تمرینات سرعتی تناوبی (انفجاری) در مقایسه با تمرینات طولانی مدت با شدت متوسط می‌تواند از اثرات مفیدتری برای بهبود عملکرد ورزشکاران، بالا بردن آمادگی جسمانی افراد سالم، زمان اجرای فعالیت و هم‌چنین درمان و باز توانی برخی از بیماری‌ها برخوردار باشد [۱۵، ۱۶]. از سوی دیگر نشان داده شده است که هزینه انرژی در تمرینات با شدت بالا (HIIT) بیشتر است [۱۷] و

آزمایشگاه به میزان ۱۰ سی سی از ورید آنتی کوپیتال از هر آزمودنی گرفته شد. سطح آدیپونکتین سرمی به روش ELISA با استفاده از کیت Eastbiopharm ساخت آمریکا اندازه گیری شد. سطح گلوكز سرمی به روش ELISA با استفاده از کیت Pars ساخت ایران اندازه گیری شد. سطح انسولین سرمی نیز به روش ELISA با استفاده از کیت Diaplus ساخت آمریکا اندازه گیری شد. برای محاسبه مقاومت به انسولین از فرمول HOMA-IR استفاده گردید:

$$\text{HOMA-IR} = \frac{[\text{گلوكز ناشتا سرم (میلی واحد بر میلی لیتر)} \times [22/5 \times 18]}{\text{انسولین ناشتا سرم (میلی گرم بر دسی لیتر)}}$$

برنامه تمرین: دوره تمرینی هشت هفته و هر هفته سه جلسه به طول انجامید. گروه تمرینی ترکیبی برای سه جلسه در هفته تمرین استقامتی و دو جلسه در هفته تمرین قدرتی انجام دادند. گروه تمرینی ترکیبی در ابتدا برنامه تمرین استقامتی را انجام می دادند و پس از پنج دقیقه استراحت برنامه تمرین قدرتی را انجام می دادند. به منظور شخصی سازی تمرین، چنانچه شخص می توانست در یک جلسه، سه ست مورد نظر را با هشت تکرار بیشتر، یعنی ۲۰ تکرار تمام کند، به اندازه ۲/۵ تا ۵ کیلوگرم به وزنه مورد نظر اضافه می شد [۲۴]. در گروه SIT تمرین اصلی شامل ۱۰ تکرار آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه ای روی ارگومتر با تلاش حداقل بود. تعداد اجراهای تست وینگیت در طی هر هفته تمرینی افزایش پیدا می کرد [۲۵]. چنانچه آزمودنی می توانست در دو جلسه متوالی سه تکرار را با سرعت و بار تعیین شده انجام دهد، ۱۰ درصد به مقدار بار اضافه می شد. زمان ریکاوری بین هر تکرار، چهار دقیقه استراحت غیرفعال در نظر گرفته شد. زمان کل فعالیت برای این شیوه تمرینی ۲۰ تا ۴۰ دقیقه در نظر گرفته شد. افراد در این گروه یک فعالیت رکابزنی در آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه ای با مقاومت معادل ۷/۵ درصد وزن بدن خود را انجام دادند. در این روش تمرینی شدید از آزمودنی ها خواسته شد تا با حداکثر تلاش رکاب بزنند. در پایان هر جلسه تمرین از افراد خواسته شد تا به مدت ۵ دقیقه با انجام حرکات کششی و راه رفتن بدن خود را سرد کنند [۲۶]. از شرکت کنندگان گروه تمرین خواسته شد که در طول دوره تحقیق از انجام هرگونه فعالیت بدنه به جز تمرینات تجویزی اجتناب کنند. شرکت کنندگان گروه کنترل نیز در طول دوره تحقیق از انجام هرگونه فعالیت بدنه مازاد بر فعالیت های زندگی روزمره خودداری نمودند. طبق رژیم غذایی آزمودنی ها با نظارت پزشک معالج کنترل می شد.

روش های آماری: از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق استفاده شد. همچنین، برای ارزیابی

صرف می کردند. بر اساس نمره HbA1c آزمودنی ها در سه گروه تمرین ترکیبی (۱۷ نفر)، تمرین SIT (۱۷ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) قرار گرفتند. آزمودنی ها فرم رضایت نامه، پرسشنامه سابقه پزشکی، و پرسشنامه آمادگی برای شروع فعالیت بدنه را به منظور بررسی سابقه بیماری و آمادگی افراد برای شرکت در برنامه تمرین پر کردن و سابقه هیچ گونه بیماری قلبی عروقی، مفصلی و عصبی- عضلانی، زخم پای دیابتی و نفropاتی نداشتند. جهت ارزیابی رژیم غذایی و بررسی اثر آن بر شاخص های خونی مورد نظر از پرسشنامه ۲۴ ساعته یاد آمد رژیم غذایی در ۲ روز قبل از اول خون گیری و ۴۸ ساعت پایانی قبل از مرحله دوم خون گیری استفاده شد. تحلیل این پرسشنامه با استفاده از نرم افزار کامپیوتری پردازش غذا و توسط کارشناس تغذیه صورت گرفت [۲۳]. ابتدا طی یک جلسه داوطلبان شرکت در این طرح با نوع طرح، اهداف و روش اجرای آن به طور شفاهی آشنا شدند. به داوطلبان اطمینان داده شد که اطلاعات دریافتی از ایشان کاملاً محترمانه خواهد ماند. در پایان ۴۲ نفر از آزمودنی ها موفق به اتمام دوره تحقیق شدند و ۱۰ نفر به علت بیماری و عدم شرکت در تمرین حذف شدند. ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت بعد از اتمام آخرین جلسه تمرینی نمونه خونی در شرایط یکسان از آن ها گرفته شد.

سنجه های آنتروپومتری: آزمودنی ها در دو مرحله، پیش از شروع پروتکل تمرینی و پس از هشت هفته در محل مرکز توانبخشی ورزشی حاضر شده و بدون کفش و بالباس سبک در حالت ناشتا ویژگی های آنتروپومتری آنها اندازه گیری شد. اندازه گیری قد با قد سنج (دقت ۰/۱ سانتی متر) و وزن با ترازوی سکایالمان (دقت ۰/۱ کیلوگرم) صورت گرفت و سپس شاخص توده بدنه از تقسیم وزن بر حسب کیلوگرم بر مبنی بر مذبور قد بر حسب متر به دست آمد. توزیع چربی با اندازه گیری محیط کمر (در حد واسط حاشیه تحتانی دنده آخر و فاز خاصره قدامی در سطح ناف) و باسن (در بیشترین قطر باسن) و بیان آن به صورت نسبت دور کمر به باسن (WHR) انجام شد. برای محاسبه درصد چربی آزمودنی ها، ابتدا ضخامت چربی زیرپستانی سه نقطه ای (سه سر بازویی، شکم، و فوق خاصره) با استفاده از کالیبر مدل Harpenden ساخت انگلستان اندازه گیری شده و پس از جایگذاری در معادله عمومی جکسون و پولاک محاسبه شد [۲۳]. برای برآورد $\text{VO}_{2\text{max}}$ آزمودنی ها، از آزمون اصلاح شده بروس بر روی نوار گردان طبق فرمول $[(\text{کل زمان طی شده}) + 8/545] / \text{ VO}_{2\text{max}} = ۷/۲۸۲$ استفاده شد [۲۳]. برای اندازه گیری سطوح استراحتی متغیرهای بیوشیمیابی، خون گیری در صبح و بعد از ۱۲ ساعت استراحتی صورت گرفت. نمونه خونی توسط متخصص

شده است. مقایسه متغیرهای درون‌گروهی نشان می‌دهد که پس از مداخله هشت هفته‌ای درصد چربی، دور باسن، نسبت دور کمر به باسن، شاخص توده بدن و میانگین فشارخون در هر دو گروه تمرینی کاهش معنی‌داری مشاهده نشد، در صورتی که توده بدن در گروه ترکیبی کاهش معنی‌داری نشان داد. بین میانگین داده‌های SIT پیش‌آزمون و پس‌آزمون سطوح آدیپونکتین سرمی گروه SIT ($P=0.01$) تغییر معنی‌داری مشاهده شد، در حالی که در گروه تمرین ترکیبی ($P=0.939$) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقاومت به انسولین در گروه تمرینی SIT ($P<0.001$) و گروه تمرین ترکیبی ($P<0.001$) پس از مداخله تمرینی کاهش معنی‌داری داشت.

تفاوت در میزان گلوكز ناشتا خون گروه SIT معنی‌دار بود ($P<0.001$). هم‌چنان، نتایج مقایسه بین گروهی تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تمرینی در میزان آدیپونکتین ($P=0.037$) و ($F=3.612$) و مقاومت به انسولین ($P=0.008$ و $F=5.011$) نشان داد.

طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و جهت تعیین تفاوت‌های درون‌گروهی از آزمون t واپسی و جهت تعیین تفاوت‌های میان گروه‌ها از روش آماری تحلیل کوواریانس و در صورت معنی‌داری از آزمون LSD برای تعیین اختلاف بین گروه‌ها استفاده گردید. تمامی محاسبات آماری با نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱ و سطح معنی‌داری 0.05 انجام گرفت.

نتایج

ویژگی‌های آنتروپومتریک، ترکیب بدنی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و هم‌چنین برنامه رژیم غذایی آزمودنی‌ها نشان داد که داده‌های تحقیق در همه مراحل آزمون از توزیع نرمال برخوردار هستند ($P>0.05$). داده‌های آدیپونکتین، گلوكز، انسولین سرم و شاخص مقاومت به انسولین در جدول شماره ۲ نشان داده

جدول شماره ۱- تغییرات ویژگی‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در سه گروه مطالعه در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

P	F	کنترل	تمرین ترکیبی		SIT	گروه	آماره مقایسه
			بین گروهی	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
۰/۱۹۷	۰/۶۹	۷۱/۴۴±۱۳/۲۰	۷۶/۳۰±۹/۵۸	۷۳/۰۶±۲۱/۶۲	پیش‌آزمون	توده بدن (کیلوگرم)	توده بدن
		۷۱/۲۶±۱۳/۰۶	*۷۵/۵۵±۹/۲۳	۷۷/۰۰±۱۲/۳۴	پس‌آزمون		
		۰/۴۸۱	۲/۴۰۷	-۰/۹۱۴	ادرون‌گروهی		
۰/۶۰۳	۰/۵۱	۲۹/۷۰±۴/۱۷	۲۹/۸۵±۲/۹۷	۲۹/۵۷±۲/۷۷	پیش‌آزمون	شاخص توده بدن (BMI) (کیلوگرم/متربع)	شاخص توده بدن
		۲۹/۱۳±۴/۴۱	۲۹/۹۹±۸/۶۱	۲۸/۹۷±۳/۳۹	پس‌آزمون		
		۱/۳۸۶	-۰/۴۲۱	۱/۲۱۱	ادرون‌گروهی		
۰/۵۵۰	۰/۶۰	۴۳/۹۲±۲/۴۹	۳۱/۱۲±۲/۶۳	۴۲/۶۴±۲/۲۳	پیش‌آزمون	درصد چربی (BF%)	درصد چربی
		۴۲/۶۷±۴/۹۵	۲۷/۹۹±۲/۳۶	۴۱/۱۴±۴/۳۴	پس‌آزمون		
		۰/۹۱۱	-۰/۹۷۶	۱/۰۴۲	ادرون‌گروهی		
۰/۸۳۸	۰/۱۷	۱/۰۱±۰/۰۱۸	۱/۰۱±۰/۰۲۵	۱/۰۱±۰/۰۱۳	پیش‌آزمون	محیط دور کمر به (WHR) باسن	محیط دور کمر به (WHR) باسن
		۰/۹۸±۰/۰۷۰	۰/۹۷±۰/۰۷	۰/۹۳±۰/۰۶	پس‌آزمون		
		۱/۱۰۷	۰/۶۵۳	۱/۴۵۵	ادرون‌گروهی		

جدول شماره ۲- مقایسه متغیرهای درون‌گروهی و میان گروهی در سه گروه تمرینی مورد مطالعه

P	F	کنترل	تمرین ترکیبی		SIT	گروه	آماره مقایسه
			بین گروهی	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
۰/۰۳۶	۳/۶۱۲	۱۶/۰±۶/۰۱	۱۷/۴۸±۹/۱۶	۲۰/۲۷±۵/۴۶	پیش‌آزمون	آدیپونکتین (نانوگرمبر میلی‌لیتر)	آدیپونکتین (نانوگرمبر میلی‌لیتر)
		۱۶/۶۷±۵/۶۰	۲۷/۳۰±۱۷/۰۸	*۲۸/۸۰±۸/۷۲	پس‌آزمون		
		۰/۹۸۶	-۲/۱۸	-۳	ادرون‌گروهی		
۰/۱۷۱	۱/۸۵۳/۵	۱۷/۷۲±۴/۷۹	۲۱/۶۴±۳/۰۸	۲۱/۰۷±۳/۹۰	پیش‌آزمون	گلوكز ناشتا (ملی‌گرم در دسی لیتر)	گلوكز ناشتا (ملی‌گرم در دسی لیتر)
		۱۸/۳۷±۴/۷۰	۱۶/۳۰±۷/۱۷	*۱۴/۷۹۲±۴/۱۷	پس‌آزمون		
		-۰/۴۰۸	۲/۰۴	۵/۳۴	ادرون‌گروهی		
۰/۰۳۶	۳/۶۲۲	۶/۵۸±۱/۶۱	۹/۱۰±۲/۶۲	۷/۷۷±۲/۶۳	پیش‌آزمون	انسولین ناشتا (میلی واحد بر میلی‌لیتر)	انسولین ناشتا (میلی واحد بر میلی‌لیتر)
		۶/۲۱±۲/۰۶	*۵/۹۳±۲/۲۴	*۴/۴۹±۱/۳۰	پس‌آزمون		
		۰/۹۱۲	۴/۳۱	۴/۹۵	ادرون‌گروهی		
۰/۰۰۸	۰/۵۱۱	۲/۸۸±۱/۰۳	۴/۸۸±۱/۶۱	۳/۸۷±۱/۲۵	پیش‌آزمون	مقاومت انسولین	مقاومت انسولین
		۲/۷۷±۱/۱۸	*۲/۳۶±۱/۱۳	*۱/۶۳±۰/۴۳	پس‌آزمون		
		۰/۳۵۰	۴/۶۵	۷/۳۱	ادرون‌گروهی		

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$

بحث

همان طور که در بخش یافته‌ها بیان شد کاهش گلوکز ناشتا در گروه SIT معنی دار بود. همچنین، انسولین و مقاومت به انسولین در هر دو گروه تمرینی کاهش معنی داری داشت. به علاوه، نتایج بین گروهی تفاوت معنی داری را در گروه‌های تمرینی نشان نداد، اما در میزان انسولین و مقاومت به انسولین تفاوت معنی داری مشاهده شد. این نتایج با نتایج برخی از تحقیق‌ها هم خوانی و با برخی ناهم خوانی دارد. نتایج پژوهش حاضر در رابطه با افزایش معنی دار غلظت آدیپونکتین با وجود عدم کاهش معنی داری وزن و BMI با نتایج بسیاری از تحقیقات که نشان می‌دهند فعالیت ورزشی بر مقادیر استراحتی آدیپونکتین اثری ندارد [۲۷] یا زمانی مؤثر است که موجب کاهش وزن یا توده چربی در سطح وسیعی شود [۲۸] متناقض است. Buchan و همکاران گزارش کردند اجرای هفت هفته HIT در نوجوانان منجر به کاهش معنی دار آدیپونکتین می‌شود [۲۹]. در همین راستا، گزارش شده است که افزایش فعالیت بدنی می‌تواند منجر به افزایش گیرنده‌های آدیپونکتین شود، که در نتیجه نیاز به مقادیر بالای آدیپونکتین پلاسمایی با توجه به رابطه معکوس بین آنها کاهش می‌باید [۳۰]. به نظر می‌رسد نوع و حجم تمرین و همچنین اختلاف در گونه‌های آزمودنی‌ها از دلایل عمدۀ تفاوت در یافته‌های مطالعه حاضر با دیگران در رابطه با تغییرات غلظت آدیپونکتین باشد. از طرف دیگر، پروتکل‌های تمرینی مطالعه حاضر از شدت‌های متفاوت و بالایی برخوردارند و همچنین مطابق با اطلاعات موجود اجرای SIT و HIT مؤثرترین شیوه‌های تمرینی برای اکسایش چربی هستند [۳۱]. این یافته‌ها با توجه به نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش معنی داری درصد چربی بدن مورد تأکید قرار گرفته است. به نظر می‌رسد شدت تمرین عامل بسیار مؤثری در آزادسازی آدیپونکتین از بافت چربی به جریان خون باشد. با توجه به کاهش معنی دار محیط دور کمر به عنوان یک شاخص چاقی احساسی و کاهش بافت چربی احساسی به عنوان منبع آدیپوسایتوکین‌ها در مطالعه حاضر و رابطه معکوس آن با مقادیر در گردش آدیپونکتین می‌توان اظهار داشت که احتمالاً یکی از دلایل اصلی افزایش معنی دار آدیپونکتین در این مطالعه کاهش چربی احساسی شکمی بدن باشد. در همین راستا Kraemer و همکاران به حجم تمرین ورزشی به عنوان یک عامل مؤثر در مقادیر آدیپونکتین اشاره نموده‌اند؛ به گونه‌ای که فعالیت ورزشی طولانی مدت (دوره تمرینی) با حجم تمرینی مناسب بر غلظت آدیپونکتین مؤثر است [۳۲]. هم‌چنین، در مطالعات مختلف به شدت برنامه تمرینی به عنوان یک عامل بسیار مهم در تحت تأثیر قرار دادن غلظت آدیپونکتین

پلاسمایی اشاره شده است [۳۳،۳۲]. به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز یکی دیگر از دلایل احتمالی افزایش معنی دار مقادیر آدیپونکتین شدت بالای پروتکل تمرینی مورد استفاده باشد. همان‌طور که در بخش یافته‌ها مشاهده شد در این پژوهش باوجود افزایش معنی دار سطح آدیپونکتین در گروه SIT، کاهش میزان مقامت انسولین معنی دار نبود. با وجود مطالعات اندک درخصوص تأثیر اجرای HIT بر مقادیر استراحتی آدیپونکتین، یافته‌های متفاوت این مطالعه‌ها و عدم ارایه پیشنهاد سازوکار مشخص از سوی پژوهشگران، می‌توان به مطالعاتی اشاره کرد که نشان داده‌اند مقاومت انسولینی با وجود عدم تغییر غلظت آدیپونکتین در پاسخ به فعالیت ورزشی طولانی مدت بهبود می‌باید [۳۴] Alizadeh و همکاران با انجام مطالعه روی ۲۷ زن دارای اضافه‌وزن یا چاق به این نتیجه رسیدند که از نظر آماری تفاوت معنی داری در قند خون ناشتا و چربی خون در بین سه گروه وجود ندارد [۳۵]. تحقیق انجام شده نشان می‌دهد به دلیل انقباضات عضلانی، کاهش سطوح گلوکز در خون رخداده و چندین عامل بر استفاده از منابع سوختی طی فعالیت ورزشی مؤثر هستند، که مهم ترین آنها شدت و مدت فعالیت ورزشی است. به نظر می‌رسد عوامل دیگری به جز نوع تمرینات همانند حجم تمرین، و شدت و زمان کل مداخله بر تغییرات گلوکز تأثیرگذار باشد. از آنجایی که تحقیقات انجام شده در مدت زمان طولانی تر (۳-۶ ماه) انجام شده است، به نظر می‌رسد عدم معنی داری مشاهده شده در تحقیق ما به دلیل کوتاه بودن طول دوره یا کافی نبودن شدت تمرین باشد. انسولین به عنوان مهم‌ترین تنظیم‌کننده سطح گلوکز خون، سنتز لپید، پروتئین و گلیکوژن در بافت چربی، عضلانی و کبدی را تحريك کرده و روند تجزیه گلیکوژن، لپید و پروتئین را مهار می‌کند [۳۶]. از آنجایی که کاهش ظرفیت میتوکندری در عضلات اسکلتی در مقامت به انسولین و ظرفیت اکسیداتیو عضله را به عنوان یک پیش‌بینی کننده معنی دار حساسیت به انسولین نشان می‌دهد، افزایش سریع در عملکرد میتوکندری‌ای عضله اسکلتی به دنبال تمرین تناوبی با حجم کم ممکن است فاکتور مؤثر در کاهش مقامت به انسولین و بهبود کنترل قند خون باشد [۳۷]. McCormack و همکاران نشان دادند همه گروه‌های فعال به طور قابل توجهی بهبود قند خون، انسولین، حساسیت به انسولین و سطح تری گلیسیرید را در مقایسه با گروه کنترل تجربه می‌کنند. با توجه به اینکه چاقی مهم‌ترین عامل پیشرفت مقامت به انسولین است، کاهش درصد چربی می‌تواند سبب بهبود در حساسیت انسولین شود که از اهداف آغازین فرآیند درمان است [۳۶]. چاقی با تجمع اضافی چربی احساسی پرامون و درون اندام‌های شکمی و افزایش جریان اسیدهای چرب به سوی

می تواند باعث افزایش گیرنده انسولین، افزایش سطح پروتئین انتقال دهنده گلوکز، فعال سازی سنتز گلیکوژن و هگزو کیناز و یا افزایش برگشت گلوکز عضلانی و تغییر در ترکیب عضلات شود [۳۸]. طول دوره تمرینی در این تحقیق دو برابر تحقیق ما بوده و شاید عدم معنی داری شاخص توده بدن را بتوان به کوتاه بودن دوره تمرین نسبت داد؛ بهر حال، گویا این مقدار کاهش شاخص توده بدن بر بھبود مقاومت به انسولین و انسولین تأثیرگذار بوده است.

نتیجه گیری

در مجموع می توان گفت که تمرینات ورزشی مستقل از نوع و روش انجام می توانند اثرات مثبتی بر مقاومت به انسولین و میزان آدیپونکتین زنان مبتلا به دیابت نوع دو داشته باشند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی در مقطع کارشناسی ارشد با کد ۲۰۰۲۱۴۰۴۹۲۲۰۲۷ و کد اخلاق IR.ARAKMU.REC.1395.245 وسیله، نویسنده گان مراتب قدردانی خود را از کلیه آزمودنی ها و همکاران محترم اعلام می دارند.

کبد، موجب اختلال در ترشح انسولین و افزایش مقاومت به انسولین و افزایش تولید گلوکز کبدی می شود [۳۶]. در تحقیق حاضر درصد چربی آزمودنی ها در هر دو گروه تمرینی کاهش داشت، اما معنی دار نبود. کاهش درصد چربی با کم کردن تولید گلوکز کبدی، افزایش ترشح انسولین از پانکراسو کاهش مقاومت به انسولین را منجر می شود که شاید بتوان گفت که در هر دو نوع تمرین کاهش درصد چربی آزمودنی ها منجر به تغییرات معنی دار انسولین و بھبود مقاومت به انسولین شده است. Cuff و همکاران در مطالعه ای به بررسی اثر فعالیت ورزشی چند مداخله ای بر کاهش مقاومت به انسولین در زنان دیابتی نوع دو پرداختند؛ در مجموع ۲۸ زن یا نسخه چاق مبتلا به دیابت نوع دو به طور تصادفی در یکی از سه گروه کنترل، تمرینات هوایی و تمرینات هوایی به همراه مقاومتی قرار گرفته و به شدت ۱۶ هفته تمرینات ورزشی را انجام دادند؛ فقط گروه ترکیبی بھبود در حساسیت به انسولین، انسولین و افزایش قابل ملاحظه ای در تراکم عضلانی داشتند [۳۸]. در مطالعه مذکور بھبود مقاومت به انسولین به بھبود در شاخص توده بدن نسبت داده شده است؛ این در حالی که است که شاخص توده بدن در تحقیق ما در هر دو گروه تمرینی کاهش داشت، اما معنی دار نبود. بین طول دوره تمرین و شاخص توده بدن رابطه وجود دارد. مدت تمرین حساسیت به انسولین را افزایش می دهد و

References:

- [1] Engeli S, Gorzelnik K, Kreutz R, Runkel N, Distler A, Sharma AM. Co-expression of renin-angiotensin system genes in human adipose tissue. *J Hypertens* 1999; 17(4): 555-60.
- [2] Ohashi K, Shibata R, Murohara T, Ouchi N. Role of anti-inflammatory adipokines in obesity-related diseases. *Trends Endocrinol Metab* 2014; 25(7): 348-55.
- [3] Wannamethee SG, Lowe GD, Rumley A, Cherry L, Whincup PH, Sattar N. Adipokines and risk of type 2 diabetes in older men. *Diabetes Care* 2007; 30(5): 1200-5.
- [4] Jorsal A, Tarnow L, Frystyk J, Lajer M, Flyvbjerg A, Parving HH, et al. Serum adiponectin predicts all-cause mortality and end stage renal disease in patients with type I diabetes and diabetic nephropathy. *Kidney Int* 2008; 74(5): 649-54.
- [5] Chen L, Pei JH, Kuang J, Chen HM, Chen Z, Li ZW, et al. Effect of lifestyle intervention in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *Metabolism* 2015; 64(2): 338-47.
- [6] Polak J, Klimcakova E, Moro C, Viguerie N, Berlan M, Hejnova J, et al. Effect of aerobic training on plasma levels and subcutaneous abdominal adipose tissue gene expression of adiponectin, leptin, interleukin 6, and tumor necrosis factor α in obese women. *Metabolism* 2006; 55(10): 1375-81.
- [7] O'Leary VB, Jorett AE, Marchetti CM, Gonzalez F, Phillips SA, Ciaraldi TP, et al. Enhanced adiponectin multimer ratio and skeletal muscle adiponectin receptor expression following exercise training and diet in older insulin-resistant adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2007; 293(1): 421-7.
- [8] Attarzade Hosseini SR, Sardar MA, Nematy M, Farahati S. The Effects of Aerobic Exercise during Ramadan on the Levels of Leptin and Adiponectin in Overweight Women. *J Fasting Health* 2015; 3(1): 35-42. [in Persian]
- [9] Sukala WR, Page R, Rowlands DS, Krebs J, Lys I, Leikis M, et al. South Pacific Islanders resist type 2 diabetes: comparison of aerobic and resistance training. *Eur J Appl Physiol* 2012; 112(1): 317-25.
- [10] Bacchi E, Negri C, Zanolini ME, Milanese C, Faccioli N, Trombetta M, et al. Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects: a randomized controlled trial (the RAED2 study). *Diabetes Care* 2012; 35(4): 676-82.
- [11] Lee SH, Hong HR, Han TK, Kang HS. Aerobic training increases the expression of adiponectin

- receptor genes in the peripheral blood mononuclear cells of young men. *Biol Sport* 2015; 32(3): 181-6.
- [12] Boudou P, Sobngwi E, Mauvais-Jarvis F, Vexiau P, Gautier JF. Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. *Eur J Endocrinol* 2003; 149(5): 421-4.
- [13] Kondo T, Kobayashi I, Murakami M. Effect of exercise on circulating adipokine levels in obese young women. *Endocr J* 2006; 53(2): 189-95.
- [14] Kraemer RR, Aboudehen KS, Carruth AK, Durand RJ, Acevedo EO, Hebert EP, et al. Adiponectin responses to continuous and progressively intense intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(8): 1320-5.
- [15] Simpson SH, Corabian P, Jacobs P, Johnson JA. The cost of major comorbidity in people with diabetes mellitus. *CMAJ* 2003; 168(13): 1661-7.
- [16] Pavkov ME, Bennett PH, Knowler WC, Krakoff J, Sievers ML, Nelson RG. Effect of youth-onset type 2 diabetes mellitus on incidence of end-stage renal disease and mortality in young and middle-aged Pima Indians. *Jama* 2006; 296(4): 421-6.
- [17] Tofighi A, Samadian Z. Comparison of 12 Weeks Aerobic with Resistance Exercise Training on Serum Levels of Resistin and Glycemic Indices in Obese Postmenopausal Women with Type 2 Diabetes (Comparison of Two Exercise Protocols). *Jundishapur Sci Med J* 2014; 12(6): 665-76.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Adams OP. The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2013; 6: 113-22.
- [21] Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2014; 44(2): 269-79.
- [22] Coker RH, Williams RH, Kortbein PM, Sullivan DH, Evans WJ. Influence of exercise intensity on abdominal fat and adiponectin in elderly adults. *Metab Syndr Relat Disord* 2009; 7(4): 363-8.
- [23] Coburn JW, Malek MH. NSCA's Essentials of Personal Training. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2012.
- [24] Larose J, Sigal RJ, Khandwala F, Kenny GP. Comparison of strength development with resistance training and combined exercise training in type 2 diabetes. *Scand J Med Sci Sports* 2012; 22(4): 45-54.
- [25] Gibala MJ, Little JP, Van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 575(Pt 3): 901-11.
- [26] Hovanloo F, Arefirad T, Ahmadizad S. Effects of sprint interval and continuous endurance training on serum levels of inflammatory biomarkers. *J Diabetes Metab Disord* 2013; 12(1): 22.
- [27] Hulver MW, Zheng D, Tanner CJ, Houmard JA, Kraus WE, Slentz CA, et al. Adiponectin is not altered with exercise training despite enhanced insulin action. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002; 283(4): E861-5.
- [28] Ryan AS, Nicklas BJ, Berman DM, Elahi D. Adiponectin levels do not change with moderate dietary induced weight loss and exercise in obese postmenopausal women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27(9): 1066-71.
- [29] Buchan DS, Ollis S, Young JD, Cooper SM, Shield JP, Baker JS. High intensity interval running enhances measures of physical fitness but not metabolic measures of cardiovascular disease risk in healthy adolescents. *BMC Public Health* 2013; 13(1): 498.
- [30] Huang H, Iida KT, Sone H, Yokoo T, Yamada N, Ajisaka R. The effect of exercise training on adiponectin receptor expression in KKAY obese/diabetic mice. *J Endocrinol* 2006; 189(3): 643-53.
- [31] Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol* 2007; 102(4): 1439-47.
- [32] Kraemer RR, Castracane VD. Exercise and humoral mediators of peripheral energy balance: ghrelin and adiponectin. *Exp Biol Med (Maywood)* 2007; 232(2): 184-94.
- [33] Zhang Y, Zhang Y, Mills PJ, Rehman J. Dynamic Exercise Can Acutely Increase Circulating Adiponectin. *Circulation* 2006; 114(Suppl 18): 881-2.
- [34] Bouassida A, Chamari K, Zaouali M, Feki Y, Zbidi A, Tabka Z. Review on leptin and adiponectin responses and adaptations to acute and chronic exercise. *Br J Sports Med* 2010; 44(9): 620-30.
- [35] Alizadeh Z, Kordi R, Hossein-Zadeh Attar MJ, Mansournia MA. The effects of continuous and intermittent aerobic exercise on lipid profile and fasting blood sugar in women with a body mass index more than 25 kg/m²: a randomized controlled trial. *Tehran Univ Med J* 2011; 69(4): 253-9. [in Persian]
- [36] McCormack SE, McCarthy MA, Harrington SG, Farilla L, Hrovat MI, Systrom DM, et al. Effects of exercise and lifestyle modification on

fitness, insulin resistance, skeletal muscle oxidative phosphorylation and intramyocellular lipid content in obese children and adolescents. *Pediatr Obes* 2014; 9(4): 281-91.

[37] Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes the American College of Sports Medicineand the American Diabetes Association:

joint position statement. *Diabetes Care* 2010; 33(12):147-67.

[38] 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.