

The effect of eight weeks of Pilates or Traband training on serum glucose levels, markers of insulin resistance, neuropathic pain and some functional indices of women with type 2 diabetes

Azizeh Toghdori¹, Keyvan Hejazi^{1*}, Roya Askari¹, Najmeh Rahimi²

1. Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2. Department of Internal Medicine, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran

* Corresponding author e-mail: k.hejazi@hsu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Physical inactivity leads to insulin resistance and diabetes. Insulin resistance is a hallmark feature of type 2 diabetes. The purpose of this study was to investigate the effect of eight weeks of Pilates or Traband training on serum glucose levels, markers of insulin resistance, neuropathic pain and some functional indices of women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: In this semi-experimental study, 34 women with type 2 diabetes were randomly divided into three groups: Pilates training (n=12), Traband training (n=11) and control (n=11). The exercise program consisted of eight weeks, three sessions per week, and each session lasted 45-60 minutes. To investigate the changes in the pain index, repeated measurement and Bonferroni's post hoc test were used. The paired sample t-test method and analysis of covariance (ANCOVA) were used to compare within and between groups, respectively.

Results: Findings showed that fasting glucose concentration, insulin, and insulin resistance index significantly decreases only in the Traband training group; However, there was no significant change in the Pilates and control groups. The pain index during the time series was significant ($p = 0.01$). In both Pilates and Traband groups, there was a significant increase in the variables of muscle endurance, flexibility and maximal oxygen consumption ($p = 0.01$).

Conclusion: Exercise training in accordance with the Traband model causes statistically and clinically more significant changes in fasting glucose concentration, insulin, insulin resistance index than Pilates intervention. Therefore, it is possible to use Traband exercise to improve type 2 diabetic patients and prevent the harmful effects of diabetes for women with type 2 diabetes.

Keywords: Pilates exercise, Insulin resistance, Neuropathic pain, Type 2 diabetes

Received: Nov 06, 2022

Revised: Jan 07, 2024

Accepted: Jan 22, 2024

How to cite this article Toghdori A, Hejazi K, Askari R, Rahimi N. The effect of eight weeks of Pilates or Traband training on serum glucose levels, markers of insulin resistance, neuropathic pain and some functional indices of women with type 2 diabetes. Daneshvar Medicine 2024; 31(1): 46-59. doi: 10.22070/DANESHMED.2024.18440.1422

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal.

تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس یا تراباند بر سطح سرمی گلوکز، نشانگرهای مقاومت به انسولین، درد نوروپاتی و برخی شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به دیابت نوع دو

عزیزه توغدردی^۱، کیوان حجازی^{۱*}، رویا عسگری^۱، نجمه رحیمی^۲

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲. گروه متابولیسم و غدد بزرگسالان، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

Email: k.hejazi@hsu.ac.ir

*نویسنده مسئول: کیوان حجازی

چکیده

مقدمه و هدف: کم‌تحركی باعث بروز مقاومت به انسولین و دیابت است. مقاومت به انسولین یکی از ویژگی‌های بارز دیابت نوع ۲ است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس یا تراباند بر سطح سرمی گلوکز، نشانگرهای مقاومت به انسولین، درد نوروپاتی و برخی شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۴ زن مبتلا به بیماری دیابت نوع دو به‌صورت تصادفی در سه گروه پیلاتس (۱۲ نفر)، گروه تراباند (۱۱ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) تقسیم شدند. برنامه تمرینی شامل هشت هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه انجام شد. برای بررسی تغییرات شاخص درد از روش آماری آنالیز واریانس اندازه‌گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. از روش تی زوجی و آنالیز کوواریانس دوطرفه به ترتیب برای تغییرات درون و بین‌گروهی استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد غلظت گلوکز ناشتا، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین، تنها در گروه تمرین تراباند کاهش معنی‌داری یافت؛ در صورتی‌که تغییر معنی‌داری در گروه‌های پیلاتس و کنترل دیده نشد. شاخص درد معنی‌دار بود ($p=0/01$)، میزان استقامت عضلانی، انعطاف‌پذیری و حداکثر اکسیژن مصرفی در هر دو گروه پیلاتس و تراباند افزایش معنی‌داری یافت ($p=0/01$).

نتیجه‌گیری: تمرینات ورزشی از نوع تراباند نسبت به پیلاتس باعث تغییرات آماری و بالینی بیشتر در غلظت گلوکز ناشتا، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین می‌شود. بنابراین می‌توان از تمرین تراباند برای بهبود بیماران دیابتی نوع دو و جلوگیری از تأثیر مخرب دیابت برای زنان مبتلا به دیابت نوع دو استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تمرین پیلاتس، مقاومت به انسولین، درد نوروپاتی، دیابت نوع دو

وصول مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۱۵

اصلاحیه نهایی: ۱۴۰۲/۱۰/۱۷

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲

مقدمه

دیابت یکی از رایج‌ترین اختلالات متابولیک در سراسر جهان است و تخمین زده می‌شود تعداد افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ (*T2DM*) تا سال ۲۰۳۰ بیش از دو برابر خواهد شد (۱). دیابت یک بیماری متابولیک مزمن است که در آن به دلیل کمبود انسولین یا نقص در اثر انسولین نمی‌تواند از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها بهره‌مند شد (۲). شایع‌ترین نوع دیابت، دیابت نوع ۲ است که بیشتر در بزرگسالان دیده می‌شود و با مقاومت یا نارسایی به انسولین مشخص می‌شود. شیوع *T2DM* در ۳۰ سال گذشته به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. سازمان بهداشت جهانی (*WHO*) یک برنامه عملیاتی برای جلوگیری از افزایش تعداد مبتلایان به دیابت و چاقی تا سال ۲۰۲۵ تهیه کرده است (۳). دیابت نوع ۲ با متابولیسم تغییر یافته تمام بدن و بافت خاص، هیپرگلیسمی، هیپرانسولینمی، و مقاومت به انسولین محیطی مشخص می‌شود (۴). مقاومت به انسولین نقص اصلی در دیابت نوع دوم و عامل اصلی در عدم تعادل گلوکز در عضلات اسکلتی، کبد و بافت چربی است (۵).

امروزه متخصصان عقیده دارند که رژیم غذایی و داروهای به‌تنهایی در درمان و کنترل قند خون بیماران کافی نیستند بلکه انجام فعالیت‌های بدنی نیز باید به برنامه روزانه افراد دیابتی اضافه شود (۶). فعالیت‌های بدنی باعث افزایش مصرف قند کلی بدن از راه سلول‌های عضلانی شده و از این طریق غلظت گلوکز خون را کاهش می‌دهند (۷). از جمله تمرینات ورزشی که برای افراد دیابتی نوع دو توصیه می‌شود؛ تمرینات مقاومتی، هوازی و پیلاتس است، که باعث کاهش میزان گلیسمی و بهبود ظرفیت عملکردی و کنترل قند خون می‌شوند (۸، ۹). در سال‌های اخیر، اجرای تمرینات پیلاتس به‌طور فزاینده‌ای برای کنترل چربی خون و کنترل گلوکز مورد استفاده قرار گرفته است (۱۰). اجرای تمرینات پیلاتس با هدف تقویت عضلات مرکزی بدن (۱۱)، بهبود آمادگی قلبی تنفسی (۱۲)، کاهش درد و ناتوانی در افراد مبتلا به کمردرد مزمن مفید است (۱۳)، علاوه‌براین، مزایای پیلاتس نه‌تنها در افراد مبتلا به اختلالات خاص، بلکه در جمعیت سالم نیز مشاهده می‌شود (۱۴). چنانچه، اجرای دو الی سه جلسه تمرین

پیلاتس و هر جلسه در حدود ۱۵۰ دقیقه می‌تواند در بزرگسالان مبتلا به دیابت نوع ۲ نقش مهمی در پیشگیری از دیابت داشته باشد (۳). گزارش‌ها نشان از این دارند در ارتباط با تأثیر برنامه تمرین ورزشی بر کنترل عوامل خطر ساز قلبی عروقی، اختلالات متابولیکی، افزایش شیوع اختلال تحمل گلوکز، دیابت و نیز اختلالات چربی خون و تنظیم وضعیت اندوکرینی نتایج متناقضی وجود دارد (۱۵)، (۱۶). در این زمینه، باتر و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین پیلاتس بر ترکیب بدن و برخی پارامترهای بیوشیمیایی در ۱۲۰ زن مبتلا به دیابت نوع دوم به این نتیجه رسیدند که بهبود قابل توجهی در شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن، توده عضلانی، گلوکز خون ناشتا، انسولین، هموگلوبین *A1c*، کلسترول تام، لیپوپروتئین با چگالی بالا دیده شد (۱۷). دوناسکرامیتو و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر ۱۲ هفته تمرین پیلاتس بر نشانگرهای قندی در ۲۵ زن مبتلا به دیابت بارداری به این نتیجه رسیدند سطح گلوکز ناشتا کاهش معنی‌داری یافت (۱۸). در مقابل، عزیزلی و همکاران (۲۰۱۶) تغییر معنی‌داری در سطوح انسولین و آدیپسین در زنان چاق دارای دیابت نوع ۲ به‌واسطه انجام دادن هشت هفته تمرین هوازی مشاهده نکردند (۱۹). هانگر و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به مقایسه ۱۰ هفته تمرینات پیاده‌روی نوردیک و پیلاتس بر قند خون و پروفایل لیپیدی در زنان پرداختند به این نتیجه رسیدند در گروه تمرینات پیاده‌روی نوردیک باعث کاهش وزن بدن، شاخص توده بدن، گلوکز خون، کلسترول تام شد، در صورتی‌که در گروه تمرینات پیلاتس تغییر معنی‌داری در گلوکز و کلسترول لیپوپروتئین پرچگال، دیده نشد (۲۰).

به‌طور خلاصه، بر اساس مطالعات انجام‌شده نتایج متناقضی در ارتباط با اثرات تمرین پیلاتس بر گلوکز و چربی وجود دارد (۱۸، ۲۰، ۲۱) و شواهد قطعی مبنی بر اینکه آیا تمرین پیلاتس بر کاهش سطح گلوکز و چربی خون نقش دارد، وجود ندارد. همچنین، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مطالعات اندکی بر نشانگرهای مقاومت به انسولین و برخی شاخص‌های آمادگی جسمانی در افراد مبتلا به دیابت نوع دو صورت پذیرفته است و تاکنون درخصوص تأثیر

پژوهش حاضر شرکت کردند. قابل ذکر است که طی مراحل پژوهش ۳ نفر از گروه پیلاتس، ۴ نفر از گروه تراباند و ۴ نفر از افراد گروه کنترل از پژوهش خارج شدند. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد و دارای کد اخلاق IR.HSU.REC.1402.002 است. برای این منظور در سال ۱۴۰۲ با مراجعه به انجمن بیماران دیابت شهرستان سبزوار و کلینیک‌های تخصصی غدد درون‌ریز، از داوطلبان زن جهت شرکت در مطالعه دعوت و ثبت‌نام به عمل آمد.

در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه همکاری با اجرای پژوهش آشنا شدند. بر اساس تشخیص پزشک متخصص معیارهای ورود به تحقیق شامل نداشتن قطعی عضو، زخم کف پای، نوروپاتی بالاتنه یا وجود آرتیتری محدودکننده درد، نوروپاتی غیردیابتی، شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، داشتن سابقه حداقل یک سال از بیماری، ورزشکار نبوده و عدم فعالیت منظم ورزشی در شش ماه قبل از اجرای برنامه تمرینی، عدم ابتلا به بیماری‌های مزمن (قلبی-عروقی، کلیوی و دیابت) و استفاده یکسان از داروهای کاهنده قندخون، تحت نظرات پزشک متخصص غدد بود. همچنین، در غربالگری اولیه برای تشخیص وجود یا عدم وجود نوروپاتی از پرسشنامه نوروپاتی میشیگان (MNSI) استفاده شد. وجود نوروپاتی یعنی کسب امتیاز بالاتر از ۲ در بخش معاینه بالینی پرسش‌نامه نوروپاتی میشیگان به‌عنوان خط برش در نظر گرفته شد. معیارهای خروج از تحقیق عبارت‌اند از عدم شرکت دو جلسه‌ای در تمرینات، مبتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، کلیوی، کبدی، ناتوانی عصبی عضلانی در اجرای تمرینات ورزشی، درد قفسه سینه به‌هنگام انجام تمرینات ورزشی و سابقه استعمال دخانیات، بود. نمونه‌ها بر اساس شرایط تحقیق به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایت‌نامه را آگاهانه امضا کردند.

معیارهای تشخیص نوروپاتی

همان‌طور که بیان شد برای تشخیص نوروپاتی محیطی از پرسشنامه نوروپاتی میشیگان استفاده شد. این پرسشنامه به‌طور گسترده‌ای برای تشخیص نوروپاتی دیابتی محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پرسشنامه نوروپاتی میشیگان

هم‌زمان تمرینات پیلاتس و تراباند بر این شاخص‌ها بررسی نشده است. بنابراین این سؤال در ذهن محققین شکل گرفت که آیا تمرینات پیلاتس و تراباند بر تغییرات نشانگرهای مقاومت به انسولین و برخی شاخص‌های آمادگی جسمانی در زنان مبتلا به دیابت نوع دو اثر دارد؟ و آیا بین این دو نوع تمرین به لحاظ اثرگذاری تفاوتی وجود دارد؟ بنابراین هدف از بررسی مطالعه حاضر مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس یا تراباند بر سطح سرمی گلوکز، نشانگرهای مقاومت به انسولین، درد نوروپاتی و برخی شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

مواد و روش‌ها

جامعه و نمونه آماری

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش نیمه‌تجربی با طرح پیش و پس‌آزمون با سه گروه مورد مقایسه قرار گرفتند. جامعه آماری این تحقیق زنان دارای بیماری دیابت نوع ۲ شهرستان سبزوار تشکیل می‌دادند. نمونه‌های تحقیق حاضر ۳۴ نفر از زنان دارای بیماری دیابت نوع ۲ شهر سبزوار بود که به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی ساده از طریق قرعه‌کشی در سه گروه تقسیم شدند. گروه‌های موجود در این تحقیق شامل گروه پیلاتس (۱۲ نفر)، گروه تراباند (۱۱ نفر) و کنترل (۱۱ نفر) بود. بدین صورت که بعد از تعیین حجم نمونه، روی ۴۵ کاغذ مجزا کوچک عدد یک تا سه نوشته (برای هر عدد ۱۵ ورق کاغذ) و در یک ظرف قرار داده شد. عدد یک برای گروه تمرین پیلاتس، عدد دو برای گروه تمرین تراباند و عدد سه برای گروه کنترل بود. سپس هر برگه کاغذ توسط نمونه‌ها به‌صورت تصادفی بیرون آورده شد و به ترتیب در گروه‌های مداخله یا کنترل قرار گرفتند. تعداد نمونه‌ها با نرم‌افزار *G.POWER 3.1* و علی‌رغم وجود محدودیت و اینکه از همه حجم نمونه برای پژوهش استفاده شد. حجم نمونه بر اساس مطالعه کیتینگ و همکاران (۲۰۱۵) تعیین شد (۲۲). بر این اساس سطح آلفا ۰/۰۵ و توان آماری ۰/۸۰ و اندازه اثر ۰/۳۱ در نظر گرفته شده و بر این اساس تعداد نمونه توصیه‌شده توسط نرم‌افزار، ۳۳ نفر برآورد شد، که با در نظر گرفتن احتمال ریزش تعداد نمونه‌ها طی پژوهش، تعداد ۳۴ نفر به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند و در

$$BD = 1.0994291 - 0.0009929 (Z) + 0.0000023 (Z2) - 0.0001392 (\text{سن})$$

$$= 100 \times [(4.95/BD) - 4.5] = \text{درصد چربی بدن}$$

شاخص‌های عملکردی

آزمون خمش جزئی تنه برای اندازه‌گیری استقامت عضلات شکم؛ بدین صورت انجام گرفت که نمونه در حالت درازکش با زانوهایی خم شده با زاویه ۹۰ درجه، صاف روی زمین، دست‌ها پشت سر قلاب شده، تنه تا جایی که شانه‌ها بلند می‌شوند و از تشک بالا می‌آیند در حداکثر تعداد تکرار در یک دقیقه ثبت شد.

انعطاف‌پذیری (آزمون نشست و رسیدن)، همچنین از آزمون نشست و رسیدن برای اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری استفاده شد. در این آزمون انعطاف‌پذیری نمونه‌ها به آرامی تا جایی که می‌تواند به سمت جلو خم می‌شود تا انگشتانش در امتداد خط کش به قسمت بالایی جعبه چسبانده شده و فاصله برحسب سانتی‌متر ثبت شد.

حداکثر اکسیژن مصرفی، برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی از شرکت‌کنندگان درخواست شد، پس از گرم کردن بدن، مسافت ۱۶۰۹ متر را با سرعت ممکن راه بروند. ضربان قلب شرکت‌کنندگان قبل، بی‌فاصله، یک و سه دقیقه پس از اتمام یک مایل راه رفتن ثبت شد. سپس برای محاسبه اوج اکسیژن مصرفی از فرمول کلاین و همکاران استفاده شد. در این فرمول وزن بدن فرد برحسب پوند، سن برحسب سال، فاکتور جنسیت (مردان = ۱ و زنان = ۰)، زمان کامل کردن یک مایل برحسب دقیقه، ضربان قلب پس از انجام این تست برحسب ضربه بر دقیقه به معادله ۳ وارد شد (۲۶).

$$VO_{2peak} (Ml.kg^{-1}.min^{-1}) = 132/853$$

$$- 0/0769/(\text{وزن}) - 0/3877 (\text{سن}) - 3/2649$$

$$+ 6/315 (\text{قلب ضربان}) - 0/1565 (\text{فاکتور جنسیت})$$

پارامترهای بیوشیمیایی

نمونه خون در ابتدا (۲۴ ساعت قبل از نخستین جلسه تمرینی) و هشت هفته (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین) بعد از ۱۰ الی ۱۲ ساعت ناشتایی جمع‌آوری شد. شرکت در فعالیت بدنی شدید یا استفاده از هر دارویی

دارای یک بخش مصاحبه شفاهی و یک بخش معاینه بالینی است. بخش مصاحبه شفاهی دارای ۱۵ پرسش است که به منظور ارزیابی حس پا، حس درد، کرختی و حساسیت به دما انجام می‌شود. بخش معاینه بالینی پرسشنامه در ارزیابی پلی‌نوروپاتی قرینه دیستال دارای ویژگی ۹۵ درصد و حساسیت بالای ۸۰ درصد است. این بخش شکل ظاهری پوست پا را از نظر خشکی، ترک پوست، پینه، عفونت و تغییر شکل و وجود زخم مورد بررسی قرار می‌دهد. کسب امتیاز بیشتر از ۲ در بخش معاینه بالینی از مجموع ۱۰ امتیاز، به عنوان نوروپاتی دیابتی محیطی در نظر گرفته می‌شود (۲۳) که روایی آن در مطالعه مقتدری و همکاران (۲۰۰۶) ۹۰ درصد اعلام و مورد تأیید قرار گرفته است (۲۴).

شاخص‌های تن‌سنجی

در ابتدا و بعد از مداخله هشت هفته‌ای، شرکت‌کنندگان مورد ارزیابی قرار گرفتند. وزن بدن (کیلوگرم) و قد (سانتی‌متر) به ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال و قدسنج با مارک سکا ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی از طریق تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) برحسب کیلوگرم بر متر مربع با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد. اندازه‌گیری دور کمر: دور کمر در باریک‌ترین ناحیه کمر و دور لگن در بزرگ‌ترین محیط لگن به کمک متر نواری غیرقابل ارتجاع و بدون هرگونه فشاری به متر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری نسبت دور کمر به لگن، از تقسیم حداقل دور کمر و حداکثر دور لگن، نسبت دور کمر به دور لگن تعیین شد.

$$= \text{شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع): معادله ۱}$$

$$\text{قد (متر)} / ۲ \text{ وزن (کیلوگرم)}$$

برای اندازه‌گیری درصد چربی بدن و چگالی استخوان به وسیله کالیپر اسلیم گاید (ساخت کشور آمریکا) به ترتیب از معادله سیری و معادله چین‌خوردگی پوست جکسون و پولاک سه نقطه‌ای (سه سر بازو، فوق خاصره و ران پا) به شرح زیر از معادله ۲ محاسبه شد که منظور از Z مجموع چین‌های پوستی سه سر، ران و فوق ایلیاک برحسب میلی‌متر است (۲۵). توده بدون چربی نیز از حاصل ضرب درصد چربی در جرم کل تقسیم بر ۱۰۰ به دست می‌آید.

۶۳- گلوکز ناشتا $36.0 \times HOMA-beta =$ معادله ۵
(میلی گرم/دسی لیتر) / (انسولین ناشتا
(میکروواحد/میلی لیتر))

تمرینات پیلاتس و تراباند

شرکت کنندگان به مدت هشت هفته و سه روز در هفته، به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه در جلسات تمرینی شرکت داشت. تمرینات پیلاتس روی تشک به صورت ایستاده، نشسته، چهار دست و پا و دراز کشیده انجام گرفت. تنفس صحیح و طریقه انجام صحیح حرکات به شرکت کنندگان آموزش داده و قبل از شروع حرکات اصلی به مدت ۱۰ دقیقه حرکات گرم کردن و در آخر ۱۰ دقیقه حرکات سرد کردن انجام شد. مطابق جداول ۱ پروتکل تمرینی انجام شد.

برای شرکت کنندگان در ۴۸ ساعت قبل از آزمایش ممنوع بود. نمونه های خونی قبل از تجزیه و تحلیل به مدت ۱۵ دقیقه بدون حرکت نگهداری شدند. سرم با سانتریفیوژ در ۳۰۰۰ RPM به مدت ۱۰ دقیقه جدا شد و سپس تا زمان سنجش در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. گلوکز خون با استفاده از کیت پارس آزمون (ایران) با روش آنزیمی برآورد شد. میزان حساسیت کمتر از ۲ میلی گرم بر میلی لیتر و تغییرات درون سنجش کمتر از ۱/۸۲ درصد بود. سطوح انسولین با استفاده از روش الایزا و کیت سامان تجهیز نور (شماره CAT: 58K2B1، تهران، ایران) اندازه گیری شد.

اندازه گیری شاخص مقاومت به انسولین از معادله $HOMA-IR$ ، $HOMA-beta$ استفاده شد (معادلات ۴ و ۵) (۲۷-۲۹).

(\times گلوکز ناشتا (میلی مول/لیتر)) $HOMA-IR =$ معادله ۴
۲۲,۵ / (انسولین ناشتا (میکرو یونیت/لیتر))

جدول ۱. برنامه تمرین پیلاتس در زنان مبتلا به دیابت نوع دو

متغیرها	هفته ها							
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
تعداد جلسه در هفته	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
تعداد حرکات تمرینی	۸	۸	۱۰	۱۰	۱۰	۱۲	۱۲	۱۲
تکرار	۶	۶	۸	۸	۸	۱۰	۱۰	۱۰
تعداد ست	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
مدت زمان کل (دقیقه)	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵	۶۰-۴۵
گرم کردن (دقیقه)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
سرد کردن (دقیقه)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

درک فشار مقاومت مورد استفاده برای تمرین هر فرد مشخص شد، سپس به مقاومت کش الاستیک اضافه شد (جدول ۲).

در گروه تمرین تراباند از کش الاستیک استفاده شد. تعداد ست انجام حرکات ثابت، تعداد حرکات دو هفته اول هشت تکرار و سه هفته دوم و آخر ابتدا هشت تکرار و سپس به تعداد حرکات اضافه شد. ابتدا با استفاده از مقیاس

جدول ۲. برنامه تمرین تراباند در زنان مبتلا به دیابت نوع دو

	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
تعداد جلسات در هفته	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
تعداد تکرار حرکات	۸	۸	۸	۱۰	۱۲	۸	۱۰	۱۲
تعداد ست	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
تعداد حرکات	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
زمان استراحت بین حرکات (ثانیه)	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰	۹۰-۶۰
استراحت بین ست (دقیقه)	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱
زمان گرم کردن (دقیقه)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
زمان سرد کردن (دقیقه)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پس از جمع‌آوری و واردکردن اطلاعات حاصله در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶، داده‌های خام مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تأیید فرض نرمال بودن داده توسط تست شاپیروویلک و برابری واریانس‌ها توسط تست لون استفاده شد. تجزیه و تحلیل به قصد درمان (ITT) با میانگین نمرات استفاده شد (۳۰). برای بررسی تغییرات شاخص درد از روش آماری آنالیز واریانس اندازه‌گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی به کار رفت. برای مقایسه میانگین‌های بین سه گروه در دو مرحله اندازه‌گیری (پیش و پس‌آزمون) از روش تی زوجی و آنالیز کوواریانس دوطرفه (Two-way ANCOVA) به ترتیب برای تغییرات درون و بین گروهی استفاده شد. سطح معنی‌داری

$p < 0/05$ به‌عنوان ضابطه تصمیم‌گیری برای تعیین معنی‌داری تفاوت‌ها در نظر گرفته شد.

نتایج

ویژگی‌های فردی نمونه‌ها برگرفته از نتایج پیش‌آزمون در جدول سه نشان داده شده است. نتایج جدول سه و چهار نشان می‌دهد، تمامی متغیرها در دو مرحله پیش و پس‌آزمون نرمال هستند. همچنین، در جدول سه، تغییرات میانگین‌های درون‌گروهی، در متغیر وزن بدن، نمایه توده بدن، و درصد چربی بدن در هر دو گروه تمرین پیلاتس و تراباند کاهش معنی‌دار یافت، اما در گروه کنترل این تغییرات افزایش معنی‌دار یافت. نتایج تغییرات بین‌گروهی نشان می‌دهد درصد چربی بدن ($F = 24/653$, $p = 0/001$) به لحاظ آماری معنی‌دار است.

جدول ۳. مقایسه تغییرات میانگین درون‌گروهی و بین‌گروهی بر برخی شاخص‌های تن‌سنجی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

متغیر	گروه	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	ارزش P*	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	ارزش P*	نتایج حاصل از مقایسه درون‌گروهی
وزن (کیلوگرم)	پیلاتس	68/94 ± 6/19	0/118	67/30 ± 7/26	0/189	0/01†
	تراباند	70/03 ± 5/06	0/274	68/29 ± 5/72	0/379	0/01†
	کنترل	67/49 ± 4/24	0/072	68/38 ± 4/15	0/152	0/02†
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F = 0/137 P = 0/872						
نمایه توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	پیلاتس	28/05 ± 1/81	0/131	27/38 ± 1/84	0/253	0/01†
	تراباند	27/22 ± 2/07	0/246	27/54 ± 2/35	0/317	0/01†
	کنترل	27/76 ± 1/80	0/566	27/12 ± 1/90	0/774	0/02†
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F = 0/496 P = 0/614						
نسبت دور کمر به لگن (سانتی‌متر)	پیلاتس	0/94 ± 0/06	0/289	0/94 ± 0/06	0/790	0/93
	تراباند	0/95 ± 0/09	0/122	0/94 ± 0/08	0/723	0/60
	کنترل	0/97 ± 0/04	0/182	0/99 ± 0/02	0/762	0/19
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F = 2/046 P = 0/146						
درصد چربی بدن (درصد)	پیلاتس	27/64 ± 3/49	0/785	22/85 ± 2/81	0/844	0/01†
	تراباند	25/04 ± 3/24	0/174	19/12 ± 3/16	0/371	0/01†
	کنترل	25/70 ± 3/21	0/700	27/95 ± 2/90	0/217	0/01†
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F = 24/653 P = 0/001						

داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است؛ * : ارزش P مربوط به آزمون شاپیروویلک

مقاومت به انسولین همچون غلظت گلوکز ناشتا ($1/458$)، شاخص مقاومت به انسولین ($F=0/083$)، انسولین ($F=0/248$)، ($p=$)، شاخص مقاومت به انسولین ($F=0/516$)، ($p=$) و همای بتا ($F=0/018$)، ($p=$)، به لحاظ آماری معنی دار نیست.

نتایج جدول چهار نشان داد، غلظت گلوکز ناشتا، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین، تنها در گروه تمرین تراباند کاهش معنی داری یافت، در صورتی که تغییر معنی داری در گروه‌های پیلاتس و کنترل دیده نشد. نتایج تغییرات بین‌گروهی نشان می‌دهد در هیچ‌کدام از نشانگرهای

جدول ۴: مقایسه تغییرات میانگین درون‌گروهی و بین‌گروهی بر نشانگرهای مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

متغیر	گروه	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	ارزش P*	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	ارزش P*	نتایج حاصل از مقایسه درون‌گروهی
گلوکز (میلی مول بر لیتر)	پیلاتس	7/73±1/68	0/492	7/41±1/83	0/993	0/108
	تراباند	7/49±1/36	0/646	7/79±1/36	0/135	0/01†
	کنترل	8/20±0/13	0/914	8/36±3/02	0/064	0/88
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F= 1/458						
P=0/248						
انسولین (میکرو یونیت/لیتر)	پیلاتس	8/14±4/31	0/240	7/50±3/41	0/121	0/09
	تراباند	10/65±7/44	0/113	7/22±3/34	0/146	0/02†
	کنترل	8/98±4/24	0/451	7/95±5/52	0/123	0/41
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F= 0/613						
P=0/548						
HOMA-IR	پیلاتس	2/78±1/64	0/120	2/44±1/29	0/110	0/05
	تراباند	3/40±2/31	0/151	2/11±0/93	0/117	0/01†
	کنترل	3/45±2/21	0/091	2/68±1/64	0/115	0/22
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F= 0/374						
P=0/691						
HOMA-beta	پیلاتس	18/58±12/19	0/217	17/99±10/20	0/447	0/47
	تراباند	26/78±22/57	0/113	18/99±11/52	0/180	0/06
	کنترل	18/70±9/75	0/525	18/82±18/42	0/071	0/97
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون						
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA						
F= 0/018						
P=0/982						

داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است؛ * ارزش P مربوط به آزمون شاپیروویلک

($p=0/029$)، و پیش‌آزمون و هفته هشتم ($p=0/035$) بود. تغییرات بین‌گروهی شاخص درد در دو گروه تجربی و کنترل (تعامل گروه × مراحل) معنادار بود ($p=0/01$). بر اساس نتایج آنالیز کوواریانس دوطرفه تفاوت میانگین شاخص درد بین دو گروه در هفته‌های چهارم ($p=0/021$)، و هشتم ($p=0/01$) معنی دار بود.

میانگین و انحراف استاندارد شاخص درد در دو گروه تجربی و کنترل در جدول پنج نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس اندازه‌گیری تکراری، تغییرات درون‌گروهی شاخص درد معنی دار بود ($p=0/01$)، بر اساس نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی، این تغییرات مربوط به مراحل پیش‌آزمون و هفته چهارم

جدول ۵. مقایسه تغییرات میانگین درون‌گروهی و بین‌گروهی شاخص درد در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

متغیرها	گروه‌ها	تغییرات		
		پیش‌آزمون		هفته هشتم
		(میانگین و انحراف استاندارد)	(میانگین و انحراف استاندارد)	(میانگین و انحراف استاندارد)
شاخص درد (نمره)	پیلاتس	۴/۵۸±۱/۸۳	۳/۸۳±۱/۵۸	۲/۲۵±۱/۴۸
	تراباند	۵/۱۸±۱/۲۵	۳/۷۲±۱/۵۵	۲/۴۵±۱/۲۸
	کنترل	۵/۶۳±۱/۳۶	۵/۶۳±۱/۹۶	۶/۰۰±۱/۰۹

* معنی‌داری در سطح $P < 0/05$

تفاوت بین‌گروهی میانگین‌های درصد چربی بدن در بین دو گروه تمرین پیلاتس با کنترل ($p=0/001$)، تمرین پیلاتس با تراباند ($p=0/001$)، و تراباند با کنترل ($p=0/001$)، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در شاخص‌های عملکردی همچون استقامت عضلانی و حداکثر اکسیژن مصرفی در بین دو گروه تمرین پیلاتس با کنترل ($p=0/001$)، و تمرین تراباند با کنترل ($p=0/001$) تفاوت وجود دارد.

لازم به ذکر است بر اساس نتایج جدول شش، نتایج تغییرات درون‌گروهی نشان می‌دهد، در هر دو گروه پیلاتس و تراباند در متغیرهای استقامت عضلانی، انعطاف‌پذیری و حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش معنی‌داری دیده شد ($p=0/001$). نتایج تغییرات بین‌گروهی نشان می‌دهد استقامت عضلانی ($F=19/598$ ، $p=0/001$)، و حداکثر اکسیژن مصرفی ($F=14/890$ ، $p=0/001$)، به لحاظ آماری معنی‌دار است. نتایج آزمون تعقیبی توکی

جدول ۶. مقایسه تغییرات میانگین درون‌گروهی و بین‌گروهی بر شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		ارزش P*	(میانگین و انحراف استاندارد)	ارزش P*	(میانگین و انحراف استاندارد)
استقامت عضلانی (تعداد)	پیلاتس	۰/۰۸۴	۲۴/۹۱±۱۰/۵۱	۰/۰۸۴	۴۳/۸۳±۸/۵۸
	تراباند	۰/۳۰۹	۳۳/۰۹±۱۳/۶۳	۰/۳۰۹	۴۴/۰۹±۷/۹۹
	کنترل	۰/۱۱۸	۲۵/۰۹±۹/۶۱	۰/۱۱۸	۲۵/۲۷±۷/۷۷
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون					
		$P=0/168$		$F=1/888$	
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA					
		$P=0/001$		$F=19/598$	
انعطاف‌پذیری (سانتی‌متر)	پیلاتس	۰/۶۱۸	۱۲/۱۶±۷/۴۲	۰/۶۱۸	۱۶/۷۵±۷/۴۸
	تراباند	۰/۲۶۸	۷/۹۰±۱۰/۹۰	۰/۲۶۸	۱۲/۷۲±۷/۹۱
	کنترل	۰/۴۵۹	۱۵/۰۹±۵/۶۸	۰/۴۵۹	۱۵/۳۶±۵/۹۵
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون					
		$P=0/139$		$F=2/102$	
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA					
		$P=0/408$		$F=0/922$	
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر.کیلوگرم.دقیقه)	پیلاتس	۰/۵۷۴	۴۳/۵۶±۵/۳۶	۰/۵۷۴	۵۳/۱۴±۴/۴۹
	تراباند	۰/۲۸۴	۴۶/۲۲±۲/۰۹	۰/۲۸۴	۵۶/۱۲±۴/۳۵
	کنترل	۰/۰۵۱	۴۴/۱۵±۸/۱۰	۰/۰۵۱	۴۳/۸۵±۷/۲۸
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پیش‌آزمون					
		$P=0/518$		$F=0/771$	
نتایج حاصل از مقایسه بین‌گروهی در پس‌آزمون با استفاده از روش آماری ANCOVA					
		$P=0/001$		$F=14/890$	

داده‌ها بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است؛ * ارزش P مربوط به آزمون شاپیروویلیک

بحث

هفته، سه جلسه در هفته به تمرین پیلاتس با درک فشار ۱۴ تا ۱۶ بر سطح سرمی آیریزین و شاخص مقاومت به انسولین زنان چاق به این نتیجه رسیدند سطوح سرمی گلوکز، انسولین، مقاومت به انسولین و آیریزین در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تغییر معنی‌داری پیدا نکرد (۳۴). نتایج متناقض ممکن است به این دلیل توضیح داده شود که تأثیر ورزش بر عملکرد نشانگرهای قندی بحث‌برانگیز است. شدت، مدت و نوع ورزش ممکن است الگوهای متفاوتی از پاسخ را ایجاد کند (۳۵). همچنین، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان مانند سن و سطح آمادگی جسمانی می‌تواند بر سطوح نشانگرهای قندی تأثیر بگذارد. چندین مطالعه بهبود قابل توجهی را در تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین در پاسخ به تمرین ورزشی مشاهده کردند (۳۶) که اندازه‌گیری‌های پس از تمرین را در ۱۲ تا ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین به دست آوردند. این امر با این واقعیت تأیید می‌شود که توقف ورزش در افراد آموزش‌دیده با کاهش قابل توجه و سریع حساسیت به انسولین همراه است (۳۷). علاوه‌براین، ورزش باعث کاهش وزن می‌شود که مقاومت به انسولین را که مشخصه چاقی است کاهش می‌دهد. بنابراین تأثیر مفید ورزش روزانه بر مقاومت به انسولین اگر با کاهش چربی بدن همراه باشد، بیشتر خواهد شد. در واقع، همراه با این واقعیت که ورزش متوسط، عوارض و مرگ و میر مرتبط با بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت را کاهش می‌دهد، یک استراتژی درمانی مؤثر برای کاهش مقاومت به انسولین و مهم‌تر از آن، بهبود کیفیت کلی زندگی و رفاه بیماران است (۳۸). جذب گلوکز تا ۱۲۰ دقیقه پس از فعالیت بدنی بالا باقی می‌ماند که دلیل آن افزایش حضور ناقل گلوکز نوع ۴ (GLUT4) در غشاهای پلازما و لوله‌های T است. حساسیت به انسولین حداقل ۱۶ ساعت پس از ورزش افزایش می‌یابد. این در افراد سالم و همچنین افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ مشاهده می‌شود (۳۹).

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر هشت هفته تمرین پیلاتس و تراباند بر نشانگرهای مقاومت به انسولین، درد نوروپاتی و برخی شاخص‌های عملکردی زنان مبتلا به دیابت نوع دو است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد غلظت گلوکز ناشتا، انسولین، و شاخص مقاومت به انسولین، تنها در گروه تمرین تراباند کاهش معنی‌داری یافت در صورتی‌که تغییر معنی‌داری در گروه‌های پیلاتس و کنترل دیده نشد. نتایج این پژوهش با یافته‌های محمدی و همکاران (۲۰۲۲) و رحیمی و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی دارد (۳۱، ۳۲). اما با یافته‌های گووریا و همکاران (۲۰۲۱) و خیراندیش و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی ندارد (۳۳، ۳۴). محمدی و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی مقایسه اثرات ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی و هوازی بر سطوح اسپکسین، اشتها، محصول تجمع چربی، شاخص چربی احشایی و ترکیب بدن در ۳۶ مرد بیمار دیابتی نوع ۲ به این نتیجه رسیدند سطوح اسپکسین پس از تمرینات مقاومتی و هوازی به ترتیب ۶۶/۲ و ۴۶/۵ درصد افزایش معنی‌دار یافت. محصول تجمع چربی، شاخص چربی احشایی، مقاومت به انسولین در هر دو گروه کاهش یافت (۳۱). رحیمی و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر هشت هفته برنامه تمرینی پیلاتس و TRX بر غلظت آیریزین و مقاومت به انسولین در ۳۰ زن با شاخص توده بدنی ۲۵ تا ۲۹/۹ کیلوگرم بر متر مربع پرداختند گزارش کردند که غلظت آیریزین در پاسخ به برنامه‌های تمرینی پیلاتس و TRX نسبت به گروه کنترل افزایش یافت؛ همچنین انسولین ناشتا، گلوکز و مقاومت به انسولین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۳۲). درمقابل، گووریا و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر برنامه هشت هفته، هر هفته دو جلسه تمرینات پیلاتس در ۴۴ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام دادند به این نتیجه رسیدند تغییر معنی‌داری در گلوکز ناشتا، کلتروال تام، لیپوپروتئین با چگالیم بالا و پایین و تری‌گلیسیرید دیده نشد (۳۳). خیراندیش و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی تأثیر تمرین پیلاتس بلندمدت هشت

عملکرد میتوکندری در بیماران دیابتی نوع ۲ با بهبود حساسیت به انسولین عضله اسکلتی همراه است (۴۴). مکانیسم‌های دخیل در افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی ناشی از تمرین می‌تواند شامل افزایش برون ده قلبی و اختلاف بیشتر اکسیژن شریانی و رییدی دارد (۴۵). همچنین افزایش نیاز به اکسیژن عضلات و قلب به دلیل افزایش فعالیت آنها در طول ورزش طولانی مدت می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی باشد. تمرینات ورزشی منجر به سازگاری در سیستم‌های قلبی تنفسی و عصبی عضلانی می‌شود که تحویل اکسیژن از محیط به میتوکندری را افزایش می‌دهد و سطح آنزیم‌های میتوکندری را امکان‌پذیر می‌سازد (۴۶). فعالیت‌های سیترات سنتاز، بتا هیدروکسی اسیل کوآ دهیدروژناز، تیولاز میتوکندری و کارنیتین استیل ترانسفراز تقریباً ۳۰ درصد در پاسخ به تمرین افزایش می‌یابد (۴۶). سازگاری با تمرینات که حداکثر مصرف اکسیژن را افزایش می‌دهد را می‌توان به سازگاری با تمرین که باعث افزایش میزان اکسیژن‌رسانی به عضلات و افزایش استفاده از اکسیژن توسط عضله می‌شود. از جمله سازگاری‌های فیزیولوژیکی موجود در اثر اجرای تمرینات ورزشی می‌توان به افزایش مقدار اکسیژن منتقل شده از ریه‌ها به جریان خون، مقدار کل خون در بدن، تعداد گلبول‌های قرمز خون، برون‌ده قلبی، تعداد مویرگ‌ها در اطراف فیبرهای عضلانی و بهبود جریان خون به عضلات در زمان اجرای تمرینات ورزشی باشد. و در سازگاری ناشی از افزایش استفاده از اکسیژن توسط عضله می‌توان به افزایش میزان میوگلوبین در عضله، اندازه و تعداد میتوکندری‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌هایی که متابولیسم هوازی را تنظیم می‌کنند اشاره کرد (۴۷). با توجه به اینکه این مطالعه با محدودیت‌های زیادی از جمله رژیم غذایی متنوع، پاسخ‌های سازگاری گوناگون به فعالیت بدنی، تعداد کم نمونه به دلیل انصراف بعضی از آنها از شرکت در تحقیق حاضر و تفاوت‌های فردی

بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، در هر دو گروه پیلاتس و تراباند در متغیرهای استقامت عضلانی، انعطاف‌پذیری و حداکثر اکسیژن مصرفی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری دیده شد. نتایج این پژوهش با یافته‌های موسوی و همکاران (۲۰۲۲) و مککویی و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد (۴۰، ۴۱). موسوی و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی مقایسه تأثیر هشت هفته تمرینات منتخب پیلاتس، تراباند و تمرین مقاومتی بر قدرت و انعطاف‌پذیری اندام تحتانی در زنان انجام دادند. نتایج نشان داد در هر سه گروه تمرینی بهبودی معنی‌داری در قدرت و انعطاف‌پذیری اندام تحتانی در زنان شد (۴۰). مککویی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند اجرای تمرینات پیلاتس-ایروبیکی در ۶۴ زن بالغ غیرفعال منجر به بهبود معنی‌داری در سیستم قلبی عروقی همچون حداکثر مصرف اکسیژن نسبی، مطلق، حداکثر حجم دقیقه و ظرفیت حیاتی اجباری می‌شود (۴۱). نتایج اندازه‌گیری نهایی از مطالعه مداخله حاضر نشان داد که مدل ایجاد شده تمرینات پیلاتس و تراباند اثرات مثبتی بر پارامترهای فیزیولوژیکی در شرکت‌کنندگان گروه فعال دارد. گزارش شده است که افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ دارای میتوکندری‌های کوچک‌تر، آسیب‌دیده یا ناکارآمد هستند (۴۲) و کاهش نشانگر بیوژنز میتوکندریایی بیان $PGC1\alpha$ دیده می‌شود (۴۳). اختلال در عملکرد میتوکندری عضله اسکلتی نیز با مقاومت به انسولین و دیابت نوع ۲ مرتبط است (۴۲). اگرچه مطالعات بیشتری برای ارتباط مستقیم نقص میتوکندری با متابولیسم گلوکز عضلانی مورد نیاز است. همچنین مشخص نیست که آیا نقص میتوکندری قبل از ایجاد دیابت نوع ۲ است یا بالعکس. نشان داده شده است که تمرینات ورزشی محتوای و فعالیت میتوکندری را افزایش می‌دهد (۴۴). در این زمینه، مکس و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای اثرات تمرین ورزشی بر محتوای میتوکندری و حساسیت به انسولین را در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ بررسی کردند. نتایج نشان داد که بازیابی

روبه‌رو بود، در نتیجه جانب احتیاط را بیشتر باید رعایت کرد.

نتیجه‌گیری

داده‌های ما نشان می‌دهند تمرینات تراباند در کاهش غلظت گلوکز ناشتا، انسولین، و شاخص مقاومت به انسولین نسبت به تمرینات پیلاتس اثر بیشتر و مشخص‌تری دارند. همچنین در هر دو گروه پیلاتس و تراباند در متغیرهای استقامت عضلانی، انعطاف‌پذیری و حداکثر اکسیژن مصرفی نسبت به گروه کنترل در زنان مبتلا به بیماری دیابت نوع ۲ افزایش معنی‌داری دیده شد. باین‌حال، نظر به اهمیت نقش فعالیت جسمانی در پیشگیری و درمان بیماری دیابت نوع ۲، متخصصان برای درمان این بیماری مشاوره تمرینی را پیشنهاد می‌کنند. از این‌رو استفاده از این مداخلات، روش درمانی مناسبی برای مقابله با بیماری دیابت نوع ۲ است.

منابع

1. Aylin K, Arzu D, Sabri S, Handan TE, Ridvan A. The effect of combined resistance and home-based walking exercise in type 2 diabetes patients. *International journal of diabetes in developing countries*. 2009;29(4):159.
2. Sanz C, Gautier J-F, Hanaire H. Physical exercise for the prevention and treatment of type 2 diabetes. *Diabetes Metab*. 2010;36(5):346-51.
3. Roglic G. WHO Global report on diabetes: A summary. *International Journal of Noncommunicable Diseases*. 2016;1(1):3-8.
4. Stocks B, Zierath JR. Post-translational Modifications: The Signals at the Intersection of Exercise, Glucose Uptake, and Insulin Sensitivity. *Endocrine Reviews*. 2022;43(4):654-77.
5. Bugianesi E, McCullough AJ, Marchesini G. Insulin resistance: a metabolic pathway to chronic liver disease. *Hepatology*. 2005;42(5):987-1000.
6. Ogando PH, Silveira-Rodrigues JG, Melo BP, Campos BT, Silva AD, Barbosa EG, et al. Effects of high-and moderate-intensity resistance training sessions on glycemia of insulin-treated and non-insulin-treated type 2 diabetes mellitus individuals. *Sport Sciences for Health*. 2022;1-12.
7. Lee JW, Kim SB, Kim SW. Effects of elastic band exercises on physical ability and muscular topography of elderly females. *Journal of physical therapy science*. 2018;30(2):248-51.
8. da Cruz LC, Teixeira-Araujo AA, Andrade KTP, Rocha TCOG, Puga GM, Moreira SR. Low-intensity resistance exercise reduces hyperglycemia and enhances glucose control over a 24-hour period in women with type 2 diabetes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(10):2826-35.
9. Melo KCB, Dos Santos GA, de Souza Araujo F, Moreira SR. Detraining period of the PILATES method on functional capacity of elderly women with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2022;31:77-83.
10. Chen Z, Ye X, Xia Y, Song H, Wang Y, Guan Y, et al. Effect of pilates on glucose and lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Physiol*. 2021;12.
11. Panhan AC, Gonçalves M, Eltz GD, Villalba MM, Cardozo AC, Bérzin F. Co-contraction of the core muscles during Pilates exercise on the Wunda Chair. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2020;33(5):719-25.
12. Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Ferri-Morales A, Torres-Costoso AI, Cavero-Redondo I, Martínez-Vizcaíno V. Pilates method improves cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2019;8(11):1761.
13. Miyamoto GC, Costa LO, Cabral C. Efficacy of the Pilates method for pain and disability in patients with chronic nonspecific

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این تحقیق در کمیته اخلاق دانشگاه حکیم سبزواری با شماره مجوز تصویب: IR.HSU.REC.1402.002 به تأیید رسیده است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات بی‌دریغ نمونه‌های شرکت‌کننده که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تعارض و منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضادی در منافع وجود ندارد.

- low back pain: a systematic review with meta-analysis. *Brazilian journal of physical therapy*. 2013;17:517-32.
14. Campos RR, Dias JM, Pereira LM, Obara K, Barreto MS, Silva MF, et al. Effect of the Pilates method on physical conditioning of healthy subjects: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2015;56(7-8):864-73.
 15. Gray S, Baker G, Wright A, Fitzsimons C, Mutrie N, Nimmo M. The effect of a 12 week walking intervention on markers of insulin resistance and systemic inflammation. *Prev Med*. 2009;48(1):39-44.
 16. Carrel AL, McVean JJ, Clark RR, Peterson SE, Eickhoff JC, Allen DB. School-based exercise improves fitness, body composition, insulin sensitivity, and markers of inflammation in non-obese children. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2009;22(5):409-15.
 17. Batar N, Kermen S, Sevdim S, Ersin A, San S, Erdem MG, et al. Effect of Pilates on body composition and some biochemical parameters of women with type 2 diabetes on a low-carbohydrate or high-complex-carbohydrate diabetic diet. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. 2020.
 18. Do Nascimento GRS, Ferraz VDS, De PDMVW, Ayach W, Christofoletti G, Pegorare ABGDS. Effect of Pilates exercises on blood glucose, urinary problems, sexual symptoms, pain and anxiety in women with gestational diabetes mellitus. *Human Movement*. 2021;22(4):36-45.
 19. Azizi M, Tadib V, Behpoor N. The Effect of Aerobic Exercise Training on Circulating Levels of Adipsin and Insulin Resistance among Obese Type-2 Diabetic Females. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2016;15(4):433-42.
 20. Hagner-Derengowska M, Kaluzny K, Kochanski B, Hagner W, Borkowska A, Czamara A, et al. Effects of Nordic Walking and Pilates exercise programs on blood glucose and lipid profile in overweight and obese postmenopausal women in an experimental, nonrandomized, open-label, prospective controlled trial. *Menopause*. 2015;22(11):1215-23.
 21. Suna G, Isildak K. Investigation of the Effect of 8-Week Reformer Pilates Exercise on Flexibility, Heart Rate and Glucose Levels in Sedentary Women. *Asian Journal of Education and Training*. 2020;6(2):226-30.
 22. Keating SE, Hackett DA, Parker HM, O'Connor HT, Gerofi JA, Sainsbury A, et al. Effect of aerobic exercise training dose on liver fat and visceral adiposity. *J Hepatol*. 2015;63(1):174-82.
 23. Amiri Parsa T, Attarzadeh Hosseini SR, Bijeh N, Hamedi Nia MR. The effect of combined exercise (resistance-aerobic) valume on neurotrophic changes, neuropathic pain and some performance indicators in postmenopausal women with diabetic peripheral neuropathy. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2020;22(12):24-37.
 24. Moghtaderi A, Bakhshipour A, Rashidi H. Validation of Michigan neuropathy screening instrument for diabetic peripheral neuropathy. *Clin Neurol Neurosurg*. 2006;108(5):477-81.
 25. body-fat-using-the-jackson-pollock-3-body-fat-formula. 2023.
 26. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Current sports medicine reports*. 2013;12(4):215-7.
 27. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor B, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412-9.
 28. Katz A, Nambi SS, Mather K, Baron AD, Follmann DA, Sullivan G, et al. Quantitative insulin sensitivity check index: a simple, accurate method for assessing insulin sensitivity in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2000;85(7):2402-10.
 29. McAuley KA, Williams SM, Mann JI, Walker RJ, Lewis-Barned NJ, Temple LA, et al. Diagnosing insulin resistance in the general population. *Diabetes Care*. 2001;24(3):460-4.
 30. Armijo-Olivo S, Warren S, Magee D. Intention to treat analysis, compliance, drop-outs and how to deal with missing data in clinical research: a review. *Phys Ther Rev*. 2009;14(1):36-49.
 31. Mohammadi A, Bijeh N, Moazzami M, khodaei K, Rahimi N. Effect of exercise training on spexin level, appetite, lipid accumulation product, visceral adiposity index, and body composition in adults with type 2 diabetes. *Biol Res Nurs*. 2022;24(2):152-62.
 32. Rahimi M, Nazarali P, Alizadeh R. Pilates and TRX training methods can improve insulin resistance in overweight women by increasing an exercise-hormone, Irisin. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2021;20(2):1455-60.
 33. Gouveia SSV, de Moraes Gouveia GP, Souza LM, da Costa BC, Iles B, Pinho VA, et al. The effect of pilates on metabolic control and oxidative stress of diabetics type 2-A randomized controlled clinical trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2021;27:60-6.
 34. Khairandish R, Ranjbar R, Habibi A. The Effect of Eight Weeks Pilates Training On Irisin Serum Levels and Insulin Resistance Index in Obese Women. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2018;10(2):79-88.
 35. Hawamdeh Z, Baniata A, Mansi K, Nasr H, Aburjai T. Thyroid hormones levels in Jordanian athletes participating in aerobic and anaerobic activities. *Scientific research and essays*. 2012;7(19):1840-5.
 36. Holloszy JO, Schultz J, Kusnierkiewicz J, Hagberg JM, Ehsani AA. Effects of exercise on glucose tolerance and insulin resistance: brief review and some preliminary results. *Acta Med Scand*. 1986;220(S711):55-65.

37. Goodyear LJ, Kahn BB. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. *Annu Rev Med.* 1998;49(1):235-61.
38. Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, Paffenbarger RS, Gibbons LW, Macera CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA.* 1995;273(14):1093-8.
39. Borghouts L, Keizer H. Exercise and insulin sensitivity: a review. *Int J Sports Med.* 2000;21(01):1-12.
40. Mousavi Sadati SK, Behdari R. Comparison of the effect of selected Pilates exercises, Trabant training and weight training on strength and flexibility in elderly women. *Journal of Sports Physiology and Athletic Conditioning.* 2022;4(4):35.
41. Mikalački M, Čokorilo N, Ruiz-Montero PJ. The effects of a pilates-aerobic program on maximum exercise capacity of adult women. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2017;23:246-9.
42. Patti ME, Butte AJ, Crunkhorn S, Cusi K, Berria R, Kashyap S, et al. Coordinated reduction of genes of oxidative metabolism in humans with insulin resistance and diabetes: Potential role of PGC1 and NRF1. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2003;100(14):8466-71.
43. Mu J, Brozinick JT, Valladares O, Bucan M, Birnbaum MJ. A role for AMP-activated protein kinase in contraction-and hypoxia-regulated glucose transport in skeletal muscle. *Mol Cell.* 2001;7(5):1085-94.
44. Meex RC, Schrauwen-Hinderling VB, Moonen-Kornips E, Schaart G, Mensink M, Phielix E, et al. Restoration of muscle mitochondrial function and metabolic flexibility in type 2 diabetes by exercise training is paralleled by increased myocellular fat storage and improved insulin sensitivity. *Diabetes.* 2010;59(3):572-9.
45. Spina R. Cardiovascular adaptations to endurance exercise training in older men and women. *Exerc Sport Sci Rev.* 1999;27:317-32.
46. Spina RJ, Chi M, Hopkins MG, Nemeth P, Lowry O, Holloszy J. Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7-10 days of cycle exercise. *J Appl Physiol.* 1996;80(6):2250-4.
47. Jorgić B, Puletić M, Okičić T, Meškowska N. Importance of maximal oxygen consumption during swimming. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport.* 2011;9(2).