Journal of Sport and Exercise Physiology
2023,16(3):66-75

Original Article

Comparison of the effects of eight weeks of traditional resistance training and TRX on oxidative and antioxidant indicators in women with type 2 diabetes

Mohsen Akbarpour Beni[1*], Safoora Sabagheyan Rad[1], Narjes Chamani[2]

1. Department of Physical Education and Sports Sciences, University of Qom, Qom, Iran
2. Expert Physical Education and Sports Sciences, University of Toloe Mehr, Qom, Iran

Abstract

Background and Purpose: Type 2 diabetes is one of the most common metabolic diseases known in the world and is the main cause of death in many countries, affecting many people every year. Chronic hyperglycemia caused by type 2 diabetes causes oxidative stress, therefore this study compared the effect of eight weeks of traditional resistance training and Total Body Resistance Exercise (TRX) on some oxidative and anti-oxidative indicators in women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: Thirty women with type 2 diabetes (age, 40-55 years) participated in the study and randomly were divided into three groups of resistance training (n=10), TRX group (n=10), control group (n=10). The experimental groups performed traditional resistance training and TRX three times a week for eight weeks at an intensity corresponding to 80-65% of a maximum repetition, while the control group did not participate in any training program during this period. Blood samples were taken from all subjects before training and 48 hours after the last training session and were used to determine the serum level of superoxide dismutase (SOD), Glutathione Peroxidase (GPx) and malondialdehyde (MDA). Paired t-test was used to investigate the within-groups differences, and the analysis of covariance using Bonferroni's post-hoc test was used to investigate the differences between groups.

Results: Present study showed that after eight weeks of traditional resistance training and TRX, significant increases in SOD and GPX levels were observed in the two experimental groups ($P< 0.05$). However, no significant difference was observed in the control group. MDA levels decreased in both traditional and TRX resistance training groups. The results of between-group analysis showed that there is no significant difference between the two groups of resistance training and TRX for SOD, GPX and MDA indices ($P>0.05$).

Conclusion: Based on said the findings of present study it could be concluded that both training methods can improve oxidative (SOD and GPX) and anti-oxidative (MDA) indices in women with type 2 diabetes.

Keywords: Traditional Resistance Training, TRX Training, Oxidant, Anti-Oxidant, Type 2 Diabetes

How to cite this article: Akbarpour Beni M, Sabagheyan Rad S, Chamani N. Comparison of the effects of eight weeks of traditional resistance training and TRX on some oxidative and antioxidant indicators in women with type 2 diabetes. J Sport Exerc Physiol. 2023;16(3):66-75.

*Corresponding Author's E-mail: m.akbarpoor@qom.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2023.103908

Received: 12/02/2023 Revised: 28/05/2023 Accepted: 29/07/2023

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۲/ دوره ۱۶/ شماره ۳/ صفحه‌های ۶۶-۷۵

مقاله پژوهشی

مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو

محسن اکبرپور بنی[1*]، صفورا صباغیان راد[1]، نرگس چمنی[2]

۱. گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی،دانشگاه قم، قم، ایران
۲. گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، مؤسسهٔ آموزشی عالی طلوع مهر، قم، ایران

چکیده

زمینه و هدف: بیماری دیابت نوع دو از شایع‌ترین بیماری‌های سوخت‌وساز شناخته‌شده در جهان و علت اصلی مرگ‌ومیر در بسیاری از کشورهاست که هر ساله افراد زیادی را درگیر می‌کند. هیپرگلیسمی مزمن ناشی از دیابت نوع دو موجب ایجاد فشار اکسایشی در مسیرهای مختلف بدن می‌شود، ازاین‌رو هدف از این پژوهش مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و تمرین مقاومتی با وزن بدن (TRX) بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

مواد و روش‌ها: نمونهٔ آماری پژوهش ۳۰ زن مبتلا به دیابت نوع دو با ردهٔ سنی ۴۰-۵۵ سال بودند که به صورت هدفمند انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در سه گروه، تمرین مقاومتی (ده نفر)، گروه TRX(ده نفر)، گروه کنترل (ده نفر) قرار گرفتند. گروه‌های تجربی، تمرین مقاومتی سنتی و TRX را سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته با شدت ۶۵-۸۰ یک تکرار بیشینه اجرا کردند، درحالی‌که گروه کنترل در هیچ برنامهٔ تمرینی در مدت زمان اجرای پژوهش شرکت نکرد. نمونه‌های خون سیاهرگ محیطی پیش از شروع تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین از همهٔ آزمودنی‌ها گرفته شد و برای بررسی سطح سرمی شاخص‌های SOD, GPX وMDA استفاده شد. در این پژوهش از آزمون t همبسته برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و از تحلیل کوواریانس با استفاده از آزمون تعقیبی بنفرونی برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد پس از هشت هفته تمرینات مقاومتی سنتی و TRX افزایش معناداری در سطوح SOD و GPX در دو گروه تجربی مشاهده شد (P< ۰/۰۵). با این همه در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد، همچنین مقدار MDA پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در هر دو گروه تمرینی مقاومتی سنتی و TRX کاهش معناداری نشان داد. نتایج تحلیل بین‌گروهی نشان داد که بین دو گروه تمرین مقاومتی و TRX بر شاخص‌های SOD, GPX وMDA تفاوت معناداری وجود ندارد (P> ۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که احتمالاً هر دو روش تمرینی می‌توانند در بهبود شاخص‌های اکسایشی (SOD و GPX) و ضداکسایشی (MDA) زنان مبتلا به دیابت نوع دو مؤثر باشند.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی سنتی، تمرین TRX ،اکساینده، ضداکساینده ، دیابت نوع دو

نحوه استناد به این مقاله: اکبرپور بنی م، صباغیان راد ص، چمنی ن. مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو.نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۲؛۱۶(۳):۶۶-۷۵.

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: m.akbarpoor@qom.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

مقدمه

بیماری دیابت نوع دو از شایع‌ترین بیماری‌های سوخت‌وساز شناخته‌شده در جهان و علت اصلی مرگ‌ومیر در بسیاری از کشورهاست که هر ساله افراد زیادی را درگیر می‌کند. از بین انواع مختلف این بیماری، دیابت نوع دو شایع‌تر است و بیش از ۹۰ درصد موارد را شامل می‌شود (۱). بین سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۰۴، افزایش جهانی چاقی، شیوهٔ زندگی بدون تحرک و جمعیت سالمندان، میزان وقوع و شیوع دیابت نوع دو را چهار برابر کرده است (۲). ناتوانی در کنترل قند خون و مقاومت به انسولین به‌همراه فشار خون بالا، چربی خون و در نهایت تصلب شرایین، از نشانه‌های اصلی پاتوفیزیولوژیک دیابت نوع دو بوده و در نتیجه مبتلایان دیابت نوع دو در معرض بیماری‌های عروق کرونری قلب، بیماری‌های عروق محیطی‌اند (۳).

مقاومت به انسولین اصلی‌ترین عامل ایجاد دیابت نوع دو به‌دلیل نقص در پیام‌رسانی انسولین و تغییر در بیان ژن‌های انسولین به‌وجود می‌آید. در افراد مبتلا به دیابت و مقاوم به انسولین، میزان بیان حامل‌های گلوکز در سطح نرمال است اما میزان انتقال آنها به سطح سلول کاهش می‌یابد که به هیپرانسولینمی و هیپرگلیسمی منجر می‌شود (۴). هیپرگلیسمی با تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و کاهش ظرفیت ضداکسایشی همراه است (۵). اگرچه گونه‌های مختلف بنیان‌های آزاد می‌توانند با تولید و توزیع در بدن سبب عدم تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و ظرفیت دفاع ضداکسایشی شوند، ولی دستگاه‌های دفاع ضداکسایشی بدن در مقابل تأثیرات این گونه‌ها به مقابله برمی‌خیزد (۶). برای مقابله با فشار اکسایشی تولیدشده، بدن به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی مجهز است. سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن شامل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی است که می‌توانند از ورزش، تمرینات، تغذیه و روند پیری تأثیر بگیرند (۷). سوپراکسیددیسموتاز ((SOD کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اصلی است و اولین خطوط دفاعی بدن در برابر حملهٔ انواع رادیکال‌های آزاد را تشکیل می‌دهند (۸). فشار اکسایشی می‌تواند از طریق افزایش پراکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها و نیز فعال کردن مسیرهایی که به آپوپتوزیس ختم می‌شوند، سبب آسیب بافتی و توسعهٔ بیماری‌های قلبی و عروقی و مقاومت به انسولین شود (۹). مشخص شده است که تولید رادیکال‌های آزاد به افزایش شاخص‌هایی چون مالون دی‌آلدئید (MDA) در سرم خون منجر می‌شود. مالون دی‌آلدئید محصول کوچک، اما پایدار پراکسیداسیون لیپیدی است که از تجزیه پراکسیدهای ناپایدار اسیدهای چرب غیراشباع ایجاد شده است (۹). به‌منظور نشان دادن مقدار ظرفیت ضداکسایشی و آسیب اکسایشی، ارزیابی ظرفیت ضد اکسایشی تام و مالون‌دی‌آلدئید رایج است (۱۰). هیپرگلیسمی مزمن ناشی از دیابت نوع دو موجب ایجاد فشار اکسایشی در مسیرهای مختلف از جمله اکسایش خودکار گلوکز، گلیکوزیلاسیون پروتئین‌ها، جفت نشدن نیتریک اکساید سنتاز اندوتلیالی (eNOS) و فسفوریلاسیون اکسایش می‌شود (۱۱). استرس اکسیداتیو نقش مهمی در درازمدت و کوتاه مدت در بیماران دیابتی ایفا می‌کند نشان داده شده است که هیپرگلایسمی و هیپرانسولینمی و مقاومت به انسولین سبب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و استرس در دیابت نوع دو می‌شود (۱۲). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تأثیرگذار در تعدیل فشار اکسایشی (گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز (و ورزش می‌تواند تعادل شاخص‌های اکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی را در انسان تغییر دهد. اخیراً برخی تحقیقات نشان داده‌اند که ROS در فرایندهای فیزیولوژیکی بسیاری در ارتباط با ورزش و سالمندی نقش دارد. برای مثال نشان داده شده است که تمرین منظم، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD و GPXرا افزایش می‌دهد و فعالیت جسمانی منظم به کاهش فشار اکسایشی منجر می‌شود (۱۳). پژوهش‌های بسیاری به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی بر تغییرات عوامل آنتی‌اکسیدانی و فشار اکسیداتیو پرداخته و کم و بیش تأثیرات مثبتی را گزارش داده‌اند (۱۴).

در دههٔ گذشته، تمرین مقاومتی به‌صورت رایج برای بهبود آمادگی جسمانی استفاده شده است. کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM) توصیه می‌کند که تمرینات مقاومتی حداقل سه بار در هفته انجام گیرند، زیرا تمرینات ورزشی مقاومتی جذب گلوکز را با افزایش اندازهٔ تار عضلانی بهبود می‌بخشند (۱۵). تمرینات مقاومتی با افزایش حجم تودهٔ عضلانی، موجب افزایش پاسخ‌ها به گلوکز و انسولین در برابر گلوکز خون می‌شود. همچنین در زمینهٔ تمرینات مقاومتی، امروزه از تمرین

مقاومتی با وزن بدن (TRX) استفاده می‌شود که موجب هماهنگی عصب و عضله و افزایش قدرت می‌شود. این تمرینات به‌علت بی‌ثبات کردن ساختار بدنی و به چالش کشیدن تعادل در حین اجرای حرکات تمرینی فشار مضاعفی به عضلات وارد می‌کنند و این عامل سبب فعال شدن بیشتر در عضلات و به‌کارگیری تارهای عضلانی بیشتر و در نتیجه تقویت مؤثر تر عضلات می‌شود (۱۶). تمرینات مقاومتی کل بدن با استفاده از طناب یا بند انجام می‌گیرد و در آن انقباض عضلات از طریق فاصلهٔ بین محور مرکزی طناب رخ می‌دهد و از دو دستگیره و بدنه تشکیل شده است. همچنین تمرینات TRX حرکات را از طریق زوایا و دامنهٔ حرکت بیشتر در مقایسه با تمرینات مقاومتی دمبل یا هالتر ممکن می‌سازد. بنابر گزارش‌ها، TRX از نظر سنگینی بار تمرین، به‌دلیل اینکه عضلات را از طریق استفاده از وزن بدن تحریک می‌کند، خطر آسیب کمتری دارد (۱۷). طبق تحقیقات انجام‌گرفته، یک جلسهٔ تمرینی توسط سیستم تعلیق تمرین مقاومتی کل بدن بر روی شاخص‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی تأثیر بسیار چشمگیری دارد (۱۸). در این زمینه حسینی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد تمرینات TRX به کاهش معنادار در شاخص‌های آنتروپومتریکی و افزایش معنادار گلوتاتیون پراکسیداز منجر می‌شود (۱۹). همچنین مرادپوریان و همکاران (۱۳۹۶) به این نتیجه رسیدند که تمرینات مقاومتی می‌تواند تأثیرات پیشگیرانه‌ای در برخی شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی زنان میانسال مبتلا به دیابت داشته باشد (۱۰). ساموئل آگیار و همکاران (۲۰۲۱) در یک پژوهش به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر وضعیت اکسیدان/آنتی‌اکسیدانی پسران چاق پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که سطوح سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز در گروه تمرین افزایش و میزان مالون دی‌آلدئید، اکسید نیتریک و کربونیل به میزان چشمگیری کاهش یافته است (۲۰). در تحقیقی نشان داده شد تمرین مقاومتی به‌طور قابل مشاهده‌ای مالون دی‌آلدئید پلاسما را کاهش می‌دهد و برنامه‌های مقاومتی و تمرین با شدت زیاد سبب بهبود آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود و عملکرد بدنی در ورزشکاران ورزشی را بهبود می‌بخشد (۲۱). درحالی‌که عزیزبیگی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که هشت هفته تمرین مقاومتی فزاینده بر فعالیت SOD،Px-GSH و فشار اکسایشی در گلبول‌های قرمز مردان سالم اثر معناداری ندارد.

با این همه طبق پژوهش‌های صورت‌گرفته تمرینات مقاومتی سبب بهبود شرایط بیماران دیابتی و همچنین بهبود سطح اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌شود. با توجه به اینکه رادیکال‌های آزاد سبب تخریب سلولی, خستگی عضلانی و آسیب به عضلات اسکلتی می‌شوند، ازاین‌رو برطرف کردن این عوامل می‌تواند در جلوگیری از وقوع شرایط اکسایشی، آسیب سلولی و در نتیجه اافت عملکرد بدن مفید واقع شود. از طرفی با در نظر گرفتن اصل ویژگی تمرین و اثر متفاوت انواع تمرینات مقاومتی با شدت و مدت‌های مختلف و تحقیقات محدود در ارتباط با تأثیر تمرینات مقاومتی کل بدن و بیماری دیابت و مقایسهٔ دو روش تمرینی مقاومتی سنتی وTRX بر شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی در بیماران دیابتی، محقق بر آن شد که به مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بپردازد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش با طرح نیمه‌تجربی تصادفی و سه‌گروهی با اندازه‌گیری دومرحله‌ای پیش و پس‌آزمون انجام گرفت. جامعهٔ آماری پژوهش زنان دیابتی نوع دو شهر قم بودند که از بین این افراد، افرادی که ابتلا به دیابت نوع دو بیش از دو سال، سن بین ۴۰ تا ۵۰ سال، محدودهٔ قند خون ناشتا بین ۱۶۰ تا ۲۵۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، نداشتن فعالیت منظم ورزشی طی ۳-۵ سال گذشته و در دو ماه اخیر بیش از یک جلسه در هفته به ورزش نپرداخته بودند، انتخاب شدند. پس از توزیع برگهٔ همکاری شرکت در طرح تحقیقاتی با حضور داوطلبانی که به‌منظور شرکت در طرح پژوهش اعلام آمادگی کرده بودند، در جلسهٔ هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری توسط پژوهشگر، با تکمیل برگهٔ رضایت آگاهانه و پرسشنامه‌های سابقهٔ پزشکی مورد معاینهٔ پزشکی قرار گرفتند که از میان داوطلبان واجد شرایط ۳۰ نفر به‌عنوان نمونهٔ تحقیق بر اساس شاخص تودهٔ بدن (body mass index) (طوری که هر گروه دارای میانگین BMI یکسان باشد) به‌صورت تصادفی انتخاب و در سه گروه ده نفر (تمرین مقاومتی، تمرین TRX و کنترل) تقسیم شدند. در این زمینه

هیچ‌یک از افراد تحت انسولین درمانی نبودند و بیماران هر سه گروه در طول دورهٔ تحقیق از داروهای متفورمین، گلی‌بن‌کلامید به‌صورت خوراکی استفاده می‌کردند. پیش از شروع تمرینات، برای سنجش قدرت عضلات در حرکات مقاومتی در هر دو گروه مقاومتی وTRX از فرمول برزیسکی (۲۰۰۰) استفاده شد. فرد در این آزمون ابتدا بدن خود را گرم کرده، سپس باید با وزنهٔ تخمینی حداکثر تا هشت تکرار حرکت موردنظر را انجام دهند؛ سپس با قرار دادن تعداد تکرار در فرمول زیر، مقدار یک تکرار بیشینه به‌دست آمد:

(۰/۰۲۷۸× تعداد تکرار تا خستگی − ۱/۰۲۷۸)÷ وزنهٔ جابه‌جاشده (کیلوگرم)= یک تکرار بیشینه

برای رعایت اصل اضافه بار و پیشرفت تدریجی در هفته‌های دوم، چهارم و ششم مجدداً 1RM این حرکات اندازه‌گیری شد.

روش اجرای پژوهش: برنامهٔ تمرینی مشتمل بر هشت هفته اجرای دو روش تمرینی مقاومتی در دو گروه تجربی بود. تمرینات هر هفته شامل سه جلسه با فاصلهٔ حداقل یک روز بین جلسات اجرا شد. هر جلسهٔ تمرین شامل ۱۵دقیقه گرم کردن، انجام تمرینات اختصاصی به مدت ۶۵ دقیقه و ده دقیقه انجام حرکات کششی به‌منظور سرد کردن بود. برای گرم کردن از حرکات کششی، راه رفتن و دویدن نرم استفاده شد. برنامهٔ تمرینی گروه مقاومتی سنتی شامل هشت حرکت (پرس سینه با هالتر، لانگز با دمبل، زیر بغل سیم‌کش قایقی با دستگاه، پلانک روی زمین بدون وزنه، پشت‌ران با دستگاه، اسکات، جلوبازو با سیم‌کش، پشت‌بازو با سیم‌کش) و حرکات موجود در پروتکل تمرین TRX مشابه هر کدام در پروتکل تمرین مقاومتی سنتی بود. پروتکل تمرینی در هر دو گروه در سه نوبت انجام گرفت و تعداد تکرار در هر حرکت ثابت و به میزان ۸ تا ۱۲ تکرار بود. استراحت بین هر نوبت یک دقیقه و استراحت بین حرکات سه دقیقه بود. تمرینات در هر دو گروه مقاومتی و TRX با رعایت اصل اضافه بار انجام گرفت؛ به این ترتیب که تمرینات مقاومتی سنتی در دو هفتهٔ اول تمرین با شدت ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه انجام گرفت، در ادامه هر دو هفته ۵ درصد یک تکرار بیشینه به شدت تمرین افزوده شد، به‌صورتی که شدت تمرین در هفتهٔ هشتم به ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه رسید. گروه TRX هم با شدتی معادل ۶۵ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه در مقیاس بورگ ده‌رتبه‌ای یعنی در دامنهٔ درک فشار پنج تا هشت بود که هر دو هفته یک واحد افزایش برای اعمال اضافه بار در نظر گرفته شد. با توجه به ایجاد سازگاری عصبی عضلانی و افزایش قدرت عضلانی، هر دو هفته یک بار، یک تکرار بیشینهٔ آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و شدت برنامهٔ تمرینی دوباره بر اساس یک تکرار بیشینه جدید بازنویسی شد (۲۲).

روش‌های آزمایشگاهی: به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی آزمودنی‌ها رأس ساعت هشت صبح پس از ۱۰-۱۲ساعت ناشتایی شبانه، در محل خون‌گیری حاضر شدند و نمونهٔ خون اولیه به مقدار پنج سی‌سی از ورید قدامی بازویی توسط متخصصان خون‌گیری آزمایشگاه از آزمودنی‌ها دریافت شد. پس از آنکه نمونهٔ خون سانتریفیوژ شد، نمونهٔ سرمی آن جدا و سطح گلوکز ناشتا اندازه‌گیری شد. در همان روز نمونه‌گیری انجام گرفت و بقیهٔ سرم به‌منظور اندازه‌گیری سایر عوامل در دمای ۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد فریز شد. پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، برنامهٔ تمرین از ۴۸ساعت بعد به مدت هشت هفته آغاز شد. پس از اتمام دورهٔ تمرین، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین مجدداً اندازه‌گیری آنتروپومتریک و آزمایشگاهی در شرایط و زمان مشابه آزمون‌های اولیه و با همان ابزار توسط محقق و متخصص آزمایشگاه انجام گرفت. برای اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی از دستگاه الایزا STAT FAX ۲۱۰۰ ساخت ژاپن استفاده شد.

تحلیل آماری: در این پژوهش از روش‌های آمار توصیفی و آمار استنباطی برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. برای توصیف داده‌های تحقیق از شاخص‌های آماری میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد. همچنین برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و به‌منظور بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون (leven) استفاده شد. همچنین به‌منظور ارزیابی درون‌گروهی از آزمون T همبسته و برای تحلیل بین‌گروهی از تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد. نتایج آزمون با سطح معناداری P≤ ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

مشخصات آزمودنی‌های گروه‌های تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج جدول ۱،

تفاوت معناداری بین شاخص‌های قد، وزن، درصد چربی و شاخص تودهٔ بدن بین گروه‌های تحقیق وجود نداشت (P<۰/۰۵). نتایج آزمون T همبسته نشان داد که پس از هشت هفته تمرینی در گروه تمرین مقاومتی سنتی و TRX تغییرات معناداری در عوامل اکسایشی و ضداکسایشی مشاهده شد.

به‌طوری‌که در هر دو گروه تمرینی شاخص‌های (GPX,SOD) از مرحلهٔ پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش معنادار (P<۰/۰۵) و شاخص (MDA) در هر دو گروه تمرین مقاومتی و TRX کاهش معناداری را نشان داد (P<۰/۰۵). در واقع نتایج آماری حاصل از تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر میزان مالون دی‌آلدهید زنان مبتلا به دیابت نوع دو نشان می‌دهد که میزان این آنزیم در این افراد پس از انجام تمرینات هر دو پروتکل تمرینی مقاومتی سنتی و TRX کاهش معناداری داشته است. همچنین میزان سوپراکسید دیسموتاز در هر دو گروه تجربی در مقایسهٔ میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون افزایش معناداری داشته است. مقایسهٔ مقادیر میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه تجربی مشخص شد که میزان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز افراد پس از انجام تمرین مقاومتی سنتی و TRX افزایش معناداری داشته است. در ادامه بر اساس نتایج تحلیل کوواریانس با استفاده از آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که بین دو گروه تمرینی مقاومتی سنتی و TRX در شاخص‌های (GPX, SOD, MDA) هیچ تفاوت معناداری وجود ندارد، درحالی‌که این شاخص‌ها در گروه‌های تجربی با گروه کنترل در مرحلهٔ پس‌آزمون تفاوت معنادار نشان داد. در واقع بین دو گروه تمرین مقاومتی سنتی و TRX در میزان اثرگذاری بر روی متغیرهای تحقیق تفاوتی مشاهده نشد.

جدول ۱. تغییرات وزن، قد و تودهٔ بدنی گروه‌های مختلف تحقیق پیش و پس از هشت هفته تمرین مقاومتی و TRX

	وزن (kg)		قد (cm)	تودهٔ بدنی (kg/m^2)	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
کنترل	۶۸/۱۴ ±۳/۱۲	۶۸/۹۶ ±۳/۲۱	۱۶۸/۱۷ ±۲/۱۷	۲۴/۱۴ ±۳/۲۲	۲۴/۴۳ ±۳/۳
تمرین مقاومتی	۶۵/۱۷ ±۴/۷۷	۶۷/۱۱ ±۳/۱۸	۱۶۵/۵۷ ±۳/۱۱	۲۳/۹۴ ±۳/۷۷	۲۴/۶۵ ±۳/۴۶
تمرین TRX	۶۶/۳۵ ±۳/۴۴	۶۸/۹۸ ±۲/۱۱	۱۶۹/۲۲ ±۲/۵۵	۲۳/۲۳ ±۲/۳۵	۲۵/۱۵ ±۲/۹

جدول ۲. مقایسهٔ تغییرات درون‌گروهی متغیرهای تحقیق

	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	سطح معناداری درون‌گروهی	بین‌گروهی
SOD (U/g Hb)	تمرین TRX	۱۴۴۰±۱۴۲	۱۶۵۰±۱۰۲ *	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
	تمرین مقاومتی	۱۴۲۵±۱۵۱	۱۶۰۸±۹۴ *	۰/۰۰۱	
	کنترل	۱۴۱۰±۱۳۰	۱۴۰۸±۱۱۴	۰/۶۵۵	
GPX (U/g Hb)	تمرین TRX	۳۰/۳±۳/۷۹	۳۸ /۵±۷/۹*	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
	تمرین مقاومتی	۳۱/۲±۷/۱۶	۳۷/۲±۶/۶ *	۰/۰۰۲	
	کنترل	۳۱/۹±۳/۱۰	۳۰/۱۵±۳/۱۰	۰/۶۸۵	
MDA (U/g Hb)	تمرین TRX	۳/۳±۳۰/۷۹	۲/۶±۰/۹ *	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
	تمرین مقاومتی	۳/۲±۰/۸۷	۲/۲±۰/۶۲ *	۰/۰۰۰۱	
	کنترل	۳/۱±۰/۷۵	۳/۰±۰/۹۱	۰/۶۲۲	

***علامت تفاوت معنادار با گروه کنترل در مرحلهٔ پس‌آزمون**

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش قند خون در دیابت که ناشی از کاهش انسولین است، همراه با افزایش اسیدهای چرب از یک سو و کاهش دفاع آنتی‌اکسیدانی، زمینه را برای افزایش استرس اکسایشی و عوارض بیماری دیابت، آماده می‌سازد که این حالت ناشی از عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و سیستم‌های به دام‌اندازی آن‌هاست.

امروزه انجام تمرینات بدنی به‌دلیل مزایای متعدد آن برای سلامتی به‌ویژه در افراد دیابتی توصیه شده است، به‌طوری‌که نتایج بررسی‌های گوناگون نظام‌مند نشان داده است که مداخلات ورزشی به لحاظ آماری و بالینی سطح هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c) را در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو کاهش می‌دهد. نتایج برخی گزارش‌ها نشان داده است که مداخلات ورزشی سبب ایجاد پاسخ تطبیقی می‌شود که این امر می‌تواند با کاهش نشانگرهای آسیب استرس اکسیداتیو و همچنین افزایش پاسخ آنتی‌اکسیدانی بدن همراه باشد. نتایج این تحقیق در خصوص تأثیر دو نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر شاخص‌های اکسیدان و آنتی‌اکسیدان نشان داد که اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX، سطوح MDA را کاهش و سطوح آنتی‌اکسیدان‌ها (SOD,GPX) را افزایش داده است و بین دو روش تمرینی مقاومتی سنتی و TRX در کاهش سطوح عوامل اکسایشی و ضداکسایشی تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیق مردانی و همکاران (۱۴۰۰)، حسینی و همکاران (۱۳۹۹) و کاکاوندی و همکاران (۱۳۹۸) که به‌ترتیب به بررسی تأثیر توالی تمرینات مقاومتی، تمرین TRX و تمرین مقاومتی فزاینده بر برخی از شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و مالون‌دی‌آلدئید پلاسما پرداختند، همسوست (۹،۱۲،۱۵). بنابراین از جمله روش‌های درمانی دیابت که به بیماران دیابتی توصیه می‌شود، درمان به کمک فعالیت ورزشی است، زیرا تمرین ورزشی منظم سبب بهبود سوخت‌وساز چربی و مقاومت به انسولین می‌شود و عوارض مرتبط با دیابت را به حداقل می‌رساند. همچنین نتایج تحقیقات بیانگر آن است که تمرینات ورزشی به‌دلیل کاهش گونه‌های واکنشی، به بهبود دفاع آنتی‌اکسیدانی و فعالیت میتوکندریایی منجر می‌شوند. سازوکار تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در اثر فعالیت بدنی سبب افزایش پاسخ‌های درون‌سلولی و واکنش بافت‌های مختلف بدن در برابر استرس اکسایشی تولیدشده در جریان تمرینات می‌شود و این فرایند به کاتابولیسم اجزای سنتزی پروتئین‌ها و ساختمان دفاعی سلول‌ها می‌انجامد (۲۲). نتایج تحقیقات نشان داده است که تمرین ورزشی با کاهش فشار اکسیداتیو و حفظ یکپارچگی سلول‌های بتای پانکراس، در درمان دیابت نقش دارد. در طول فعالیت بدنی، انتشار اکسیژن به عضلات فعال افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه به بالا رفتن تولید رادیکال آزاد منجر می‌شود. بیشتر رادیکال‌های آزاد در سلول‌هایی تولید می‌شود که واکنش انتقال الکترون در آنها صورت گیرد. الکترون از چرخهٔ انتقال الکترون جدا می‌شود و با مولکول‌های اکسیژن واکنش می‌دهد و در نتیجه احتمالاً به‌منظور کاهش یا حذف فعالیت این رادیکال‌های آزاد برخی آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز فعالیت خود را افزایش می‌دهند (۲۴). همان‌طورکه نتایج نشان داد تمرین مقاومتی سنتی و TRX سبب کاهش MDA در سطوح پلاسمایی شد. مالون دی‌آلدئید ترکیبی آلدهیدی، فعال و بسیار واکنش‌پذیر است و در بدن انسان از پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع تولید می‌شود. بنابراین با اندازه‌گیری میزان MDA در نمونه‌های زیستی مختلف می‌توان به میزان پراکسیداسیون چربی‌ها پی برد و از آن به‌عنوان یک نشانگر برای اندازه‌گیری سطح استرس اکسیداتیو در یک موجود زنده استفاده کرد (۱۵). آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز به‌عنوان عوامل آنزیمی آنتی‌اکسیدانی در کنار ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی پلاسما برای خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و فشار اکسیداتیو به‌کار می‌روند (۱۲).

دیابت از طریق چندین سازوکار سبب تشدید استرس اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود که این ROSها در پروسهٔ استرس اکسیداتیو به‌طور عمده در میتوکندری تولید می‌شوند که سبب آسیب زدن به سلول و آپوپتوز سلولی می‌شود و همچنین ترشح انسولین را کاهش می‌دهد. همچنین ROS سبب فعال شدن مسیر پیام‌رسانی (JNK) پروتئین کیناز C (KC) و NFkb می‌شود که این امر به اختلال در مسیر سیگنالینگ انسولین می‌انجامد و مقاومت به انسولین را ایجاد می‌کند. همچنین استرس اکسیداتیو با بیماری‌های حاد مربوط به دیابت همکاری دارد و سبب

ایجاد نفروپاتی دیابتی، رتینوپاتی، نوروپاتی می‌شود (۲۵، ۲۶). انقباضات مکرر عضلات در فعالیت‌های ورزشی در بلندمدت سبب افزایش تعداد GLUT4 و افزایش نفوذپذیری غشا نسبت به گلوکز می‌شود. همچنین به تارهای عضلانی اجازه می‌دهد تا برای یک دورهٔ نسبتاً طولانی، غلظت گلیکوژنی پایینی داشته باشند. از طرفی با اتمام فعالیت‌های ورزشی سلول‌های عضلانی درصدد بازسازی ذخایر گلیکوژنی خود برمی‌آیند و به همین دلیل پس از فعالیت‌های ورزشی، غلظت گلوکز خون تا چند ساعت در سطح پایین قرار می‌گیرد. تمرینات مقاومتی فراوانی GLUT4 و جذب گلوکز را حتی در بیماران دیابتی نوع دو افزایش می‌دهد (۲۷).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در زمان انجام تمرینات ورزشی عدم تعادل میان اکسیژن مصرفی و مورد نیاز بافت‌های درگیر و ایجاد فرایندی به نام ایسکمی ،سبب آسیب‌رسانی به لیپیدهای غیراشباع غشاهای بافتی و تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌شود که این امر خود پراکسیداسیون لیپیدی را بیشتر تحریک می‌کند و در نهایت موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود (۸). می‌توان گفت که افزایش معنادار در سطوح SOD و GPX در گروه‌های تجربی به‌دلیل افزایش بیشتر پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد طی تمرینات مقاومتی سنتی و TRX است (۲). تمرینات مقاومتی می‌تواند از عوامل کمک‌کننده در کنترل عوارض متابولیکی دیابت نوع دو باشد. ازاین‌رو انجام تمرین مقاومتی برای افراد دیابتی، می‌تواند به‌عنوان یک روش کمک‌درمانی مؤثر در جهت کاهش آسیب‌های استرس اکسیداتیو باشد (۱). نتایج این پژوهش نشان داد که تمرینات ورزشی از جمله تمرینات مقاومتی سنتی و تمرینات TRXسبب افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شود و می‌تواند مانع از استرس اکسیداتیو شود و در نتیجه به کاهش عوارض دیابت نوع دو بینجامد. بنابراین از تمرینات مقاومتی سنتی و تمرینات TRXمی‌توان به‌عنوان یک مکمل درمانی برای بهبود این بیماران استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران بر خود لازم می‌دانند مراتب قدردانی و سپاس خود را از تمامی شرکت‌کنندگان در پژوهش به‌سبب کمک در دستیابی به نتایج کاربردی بیان کنند.

حامی/حامیان مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ مقطع کارشناسی ارشد با عنوان مقایسهٔ تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضداکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو است که تحت حمایت مالی ادارهٔ کل ورزش و جوانان استان قم قرار گرفت.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Sefal Manesh S, Khaledi N, Rajabi H, Askari H. The comparison of the effect of high Intensity interval and progressive resistance training on activated transcription factor 3 myocardial gene expression in male diabetic rats. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2021;14(2):67-76.[In Persian]
2. Haghgoo H, Choobineh S, Pournemati P. The effect of six weeks of combined training on the resting plasma level of Pentraxin-3 and Serum amyloid A in men with type-2 diabetes. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2010(1/4)15;23. [In Persian]
3. Parastesh M, Zohrevandian K, Saremi A, Bahramsari A. Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Hypoxia-Inducible Factor-1 Alpha (HIF-1α,) Gene Expression in Heart Tissue and Insulin Resistance Index in Type 2 Diabetic Rats.2022; 10 (1) :14-27
4. Naderi L, Banaie J, Kargarfard M,¬¬ Keshavarz S. Comparison of Interval and Continuous Training on Growth Differentiation Factor 15, Pancreatic beta cell function and insulin resistance in Women with Type 2 Diabetes. medical journal of mashhad university of medical sciences. 2021;64(2). [In Persian]
5. Parsa SH, Saghebjoo M, Nazemi S, Hedayati M. The Effect of Continuous and Interval Endurance Training on Superoxide Dismutase and Catalase activity in sensory roots of spinal cord in Diabetic Neuropathic Rats. 2018.25(5):669-677
6. Naghizadeh H, Heydari F. The effect of 12 weeks of HIIT and curcumin consumption on oxidative indices in obese men with type-2 diabetes mellitus. Journal of Sport

and Exercise Physiology. 2023;15(4/67):81. [In Persian]
7. Akbarpour M, Fathollahi SF, Faraji F. Effect Of Eight Weeks Of Resistance Training With Supplementation Of Pomegranate Juice On Oxidative/Antioxidant Factors And Lipid Profiles In Women With Type 2 Diabetes. 2019:14(3).
8. Heydari B, Ghofrani M, Bahram ME. Effects of three types of massage on serum levels of malondialdehyde, superoxide dismutase and glutathione peroxidase after one session of exhaustive exercise in female futsal players. Complementary Medicine Journal. 2021;10(4):328-39.
9. Azizbeigi K, Qeysari SF. The effects of progressive resistance training on malondialdehyde concentration and superoxide dismutase enzyme activity in inactive elderly women. Payavard Salamat. 2019;13(2):151-9. [In Persian]
10. Rahmani A, Gorzi A, Ghanbari M. The effects of high intensity interval training and strenuous resistance training on hippocampal antioxidant capacity and serum levels of malondialdehyde and total antioxidant capacity in male rats. 2018 ; 23 (6) :47-58
11. Mehri A. Effect of 8 Weeks Aerobic Training and Supplementation of Resveratrol on Oxidative Marker MDA and Antioxidant SOD and GPX Cardiomyocytes Tissue in Streptozotocin-Diabetic Rats. 2020 ; 13(3): 97-108.
12. Mardani A, Abednatanzi H, Gholami M, Ghazalian F, Azizbeigi K. Effect of intensity sequence of resistance training on some antioxidants factors and Malondialdehyde plasma in over weight men. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022;10(6):1258-69.
13. Keihaniyan A, Arazi H, Kargarfard M. The Effect of Eight-Week Resistance and Aerobic Training on Lipid Profile and Serum Levels of Hepatokine HFREP1 in Obese Men with Type 2 Diabetes. Sport Physiology. 2018;10(40):85-98.
14. Amani A, Hassanpour M, AfsharNezhad T. The effect of two training models of trx on anaerobic power and body composition of young and teenager taekwondo athletes. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2020;7(1):82-90.
15. Housini SL, Eizadi M. The effect of 8 weeks TRX training on glutathione peroxidase (GPx) and hydrogen peroxide (H2O2) in sedentary middle-aged obese men. Razi Journal of Medical Sciences. 2020;27(5):210-9.
16. Aguiar SS, Rosa TS, Sousa CV, Santos PA, Barbosa LP, Deus LA, et al. Influence of body fat on oxidative stress and telomere length of master athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2021;35(6):1693-9.
17. Sinaga FA, Purba PH, Sinaga RN. Effects of Red Fruit (Pandanus Conoideus Lam) Oil on Exercise Endurance and Oxidative Stress in Rats at Maximal Physical Activity. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 2020;8(A):164-9.
18. Akbarpour M, Ghanji M, Taperashi G, Hashemi Mad R. compare the effect of eight weeks of traditional resistance training and TRX on muscle injury indices of inactive Women. Razi Journal of Medical Sciences. 2022 ; 29 (2) :91-101. [In Persian]
19. Fathollahi Shoorabeh F, Tarverdyzadeh B, Aminbaksahayesh S. Effect of 8 weeks resistance training on some antioxidant/oxidative indexes in postmenopausal women with breast cancer. The Horizon of Medical Sciences. 2017;23(4):279-83. [In Persian]
20. Bahrami Taghanaki H, Mosa Farkhani E, Eftekhari Gol R, Bahrami Taghanaki P, Bokaei S, Taghipour A, et al. Determinants of Diabetic Complications: A Population-Based Case-Control Study. Iranian Journal of Epidemiology. 2020;16(3):220-9.
21. Froozandeh E, Tofighi A, Tolouei Azar J. The Effect of 8 Weeks of Resistance and Aerobic Interval Training on Levels of GLP-1, NRG-1 and IL-33 in Type 2 Diabetic Women. Sport Physiology. 2020;12(46):117-38.
22. Mir Javadi SR, Rahimi A, Aghaei F, Mohsenzadeh M. The Effect of Resistance Training and Endothelial Stem Cell Injection on Skeletal Muscle Oxidant and Antioxidant Status in STZ-Induced Diabetic Male Rats. Iranian Journal of Diabetes and Metabolism. 2022;21(5):334-44.
23. Anzali I, Talesh I. Effects of hydro-alcoholic leaf extract of Kardeh (Biarum bovei Blume) on the blood glucose and oxidative stress parameters in streptozotocin-induced diabetic rats. Feyz, Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2021;25(2):926-34.
24. Moradpourian MR, Shakarami N. Determine the effect of eight weeks of resistance training on some oxidative/antioxidant indices of middle-aged women with type 2 diabetes. Research on Biosciences and Physical Actiuity. 2017;4(7):1-8. [In Persian]

25. Maxwell SRJ, Thomason H, Sandler D, Leguen C, Baxter M, Thorpe G, et al. Antioxidant status in patients with uncomplicated insulin-dependent and non-insulin-dependent diabetes mellitus. European journal of clinical investigation. 1997;27(6):484-90.
26. Reynolds LR, Kingsley FJ, Karounos DG, Tannock LR. Differential effects of rosiglitazone and insulin glargine on inflammatory markers, glycemic control, and lipids in type 2 diabetes. Diabetes research and clinical practice. 2007;77(2):180-7.
27. Esmaeili M, Bijeh N, Ghahremani Moghadam M. Effect of combined aerobic and resistance training on aerobic fitness, strength, beta-endorphin, blood glucose level, and insulin resistance in women with type II diabetes mellitus. The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility. 2018;21(6):34-46.