

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

Mohsen Akbarpour¹, Safoora Sabagheyran Rad¹, Narjes Chamani²

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 in different pathways of the body, so this study compared the effect of eight weeks of traditional resistance training and TRX on some oxidative and anti-oxidative indicators of women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: The statistical sample of the research consisted of 30 women with type 2 diabetes aged 40-55 years who were purposefully selected and randomly divided into three groups: resistance training (10 people), TRX group (10 people), control group (10 people) were placed. The experimental groups performed traditional resistance training and TRX three times a week for eight weeks with an intensity of 80-65% of a maximum repetition, while the control group did not participate in any training program during the research period. He did not participate. Blood samples were taken from all subjects before the start of training and 48 hours after the last training session and were used to check the serum level of SOD, GPX and MDA indicators. In this research, the correlated T-test was used to investigate the differences between groups, and the analysis of covariance using Bonferroni's post hoc test was used to investigate the differences between groups.

Results: The results of the research showed that after eight weeks of traditional resistance training and TRX, a significant increase in SOD and GPX levels was observed in the two experimental groups ($p < 0.05$). However, no significant difference was observed in the control group, and the amount of MDA after the test compared to the pre-test showed a significant decrease in both traditional and TRX resistance training groups. The results of intergroup analysis showed that there is no significant difference between the two groups of resistance training and TRX on SOD, GPX and MDA indices ($P > 0.05$), while these two experimental groups were significant with the control group in the post-test phase.

Conclusion: Based on the obtained results, it can be said that; Both training methods can have effects in improving oxidative (SOD and GPX) and anti-oxidative (MDA) indices of women with type 2 diabetes.

Keywords: traditional resistance training, TRX training, Oxidant, anti-oxidant, type 2 diabetes.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی

پاییز ۱۴۰۲ / دوره ۱۶ / شماره ۳

مقایسه تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضد

اکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو

محسن اکبرپوربنی*^۱، صفورا صباغیان راد^۱، نرگس چمنی^۲

^۱گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه قم، قم، ایران.

^۲گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، موسسه آموزشی عالی طلوع مهر، قم

* نویسنده مسئول: رایانامه: m.akbarpoor@qom.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: بیماری دیابت نوع ۲ از شایع‌ترین بیماری‌های متابولیک شناخته شده در جهان و علت اصلی مرگ و میر 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 لذا از این پژوهش مقایسه تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضد اکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

مواد و روش‌ها: نمونه آماری پژوهش ۳۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ با رده سنی ۴۰-۵۵ سال تشکیل دادند که به صورت هدفمند انتخاب و به‌طور تصادفی در سه گروه، تمرین مقاومتی (۱۰ نفر)، گروه TRX (۱۰ نفر)، گروه کنترل (۱۰ نفر) قرار گرفتند. گروه‌های تجربی، تمرین مقاومتی سنتی و TRX را سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته با شدت 65-80 درصد یک تکرار بیشینه اجرا کردند، در حالیکه گروه کنترل در هیچ برنامه تمرینی در مدت زمان اجرای پژوهش شرکت نکرد. نمونه‌های خونی قبل از شروع تمرین و 48 ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین از تمام آزمودنیها گرفته شد و برای بررسی سطح سرمی شاخص‌های SOD, GPX و MDA مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از آزمون T همبسته برای بررسی تفاوت‌های دوره گروهی و از تحلیل کواریانس با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد.

نتایج: نتایج حاصل از پژوهش نشان داد پس از هشت هفته تمرینات مقاومتی سنتی و TRX افزایش معناداری در سطوح SOD و GPX در دو گروه تجربی مشاهده شد ($p < 0.05$). با این حال در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد، همچنین میزان MDA پس از آزمون در مقایسه با پیش آزمون در هر دو گروه تمرینی مقاومتی سنتی و TRX کاهش معناداری نشان داد. نتایج تحلیل بین گروهی نشان داد که بین دو گروه تمرین مقاومتی و TRX بر شاخص‌های SOD, GPX و MDA تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$)، در حالی این دو گروه تجربی با گروه کنترل در مرحله پس آزمون معنی دار بود.

تأثیر تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر شاخص‌های اکسایشی و ضد اکسایشی

اکبرپوربنی و همکاران

نتیجه گیری: بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان داشت که؛ هر دو روش تمرینی می‌توانند تأثیرات در بهبود شاخص‌های اکسایشی (SOD و GPX) و ضد اکسایشی (MDA) زنان مبتلا به دیابت نوع دو داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی سنتی، تمرین TRX، اکسیدان، آنتی اکسیدان، دیابت نوع دو

نسخه پیش انتشار

مقدمه

بیماری دیابت نوع ۲ از شایع‌ترین بیماری‌های متابولیک شناخته شده در جهان و علت اصلی مرگ و میر در بسیاری از کشورهاست که هر ساله افراد زیادی را درگیر می‌کند. از بین انواع مختلف این بیماری، دیابت نوع ۲ شایع‌تر و بیش از ۹۰ درصد موارد را شامل می‌شود (۱). بین سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۰۴، افزایش جهانی چاقی، شیوه زندگی بدون تحرک و جمعیت سالمندان، میزان وقوع و شیوع دیابت نوع دو را چهار برابر کرده است (۲). عدم توانایی در کنترل قند خون و مقاومت به انسولین به همراه 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 محیطی می‌باشند (۳).

مقاومت به انسولین اصلی‌ترین عامل ایجاد دیابت نوع دو به دلیل نقص در پیام‌رسانی انسولین و تغییر در بیان ژن‌های انسولین به وجود 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 منجر به هیپرانسولینمی و هیپرگلیسمی می‌شود (۴). هیپرگلیسمی با تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی همراه است (۵). اگرچه گونه‌های مختلف رادیکال آزاد می‌توانند با تولید و توزیع در بدن باعث عدم تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی شوند، ولی سیستم‌های دفاع ضد اکسایشی بدن در مقابل اثرات این گونه‌ها به مقابله برمی‌خیزد (۶). برای مقابله با استرس اکسیداتیو تولید شده، بدن به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی مجهز است. سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن شامل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی است که می‌توانند از ورزش، تمرینات، تغذیه و روند پیری تأثیر بگیرند (۷). سوپراکسید دیسموتاز (SOD) کاتالاز (CAT) و گلوکاتایون پراکسیداز (GPX) آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اصلی بوده و اولین خطوط دفاعی بدن در برابر حمله 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، باعث آسیب بافتی و توسعه بیماری‌های قلبی و عروقی و مقاومت به انسولین شود (۹). مشخص شده است که تولید رادیکال‌های آزاد منجر به افزایش شاخص‌هایی چون مالون دی‌آلدئید (MDA) در سرم خون می‌شود. مالون دی‌آلدئید محصول کوچک، اما پایدار پراکسیداسیون لیپیدی است که از تجزیه پراکسیدهای ناپایدار اسیدهای چرب غیراشباع ایجاد شده است (۹). به منظور نشان دادن مقدار ظرفیت ضد اکسایشی و آسیب اکسایشی، ارزیابی ظرفیت ضد اکسایشی تام و مالون دی‌آلدئید رایج می‌باشد (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 دراز مدت و کوتاه مدت در بیماران دیابتی ایفا می‌کند نشان داده شده است که هیپرگلیسمی و هیپرانسولینمی و مقاومت به انسولین باعث افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و استرس در دیابت نوع ۲ می‌شود (۱۲). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تأثیرگذار در تعدیل فشار اکسایشی (گلوکاتایون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز) و ورزش می‌تواند تعادل شاخص‌های اکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی را در انسان تغییر دهد. اخیراً برخی مطالعات نشان داده است که ROS در فرآیندهای فیزیولوژیکی بسیاری در ارتباط با ورزش و سالمندی نقش دارد. به عنوان مثال، نشان داده شده است که تمرین منظم، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل SOD و GPX را افزایش می‌دهد و فعالیت جسمانی منظم منجر به کاهش فشار اکسایشی می‌شود (۱۳). تحقیقات بسیاری به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی بر تغییرات عوامل آنتی‌اکسیدانی و فشار اکسیداتیو پرداخته و کم و بیش اثرات مثبتی را گزارش داده‌اند (۱۴).

در دهه گذشته، تمرین مقاومتی به صورت رایج برای بهبود آمادگی جسمانی استفاده شده است. کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM) توصیه می‌کند که تمرینات مقاومتی حداقل سه بار در هفته انجام شوند، زیرا تمرینات ورزشی مقاومتی جذب گلوکز را با افزایش اندازه تار عضلانی بهبود می‌بخشند (۱۵). تمرینات مقاومتی با افزایش حجم توده عضلانی، موجب افزایش پاسخ‌ها به گلوکز و

انسولین در برابر گلوکز خون می‌شود. همچنین در زمینه تمرینات مقاومتی، امروزه از تمرین مقاومتی با وزن بدن (TRX) استفاده می‌شود که موجب هماهنگی عصب و عضله و موجب افزایش قدرت می‌گردد. این تمرینات به علت بی ثبات کردن ساختار بدنی و به چالش کشیدن تعادل در حین اجرای حرکات تمرینی فشار مضاعفی به عضلات وارد می‌کنند و این عامل باعث فعال شدن بیشتر در عضلات و به کارگیری تارهای عضلانی بیشتر و در نتیجه تقویت موثر تر عضلات می‌شود (۱۶). تمرینات مقاومتی کل بدن با استفاده از طناب یا بند انجام می‌شود و در آن انقباض عضلات از طریق فاصله بین محور مرکزی طناب رخ می‌دهد و از دو دستگیره و بدنه تشکیل شده است. همچنین تمرینات TRX حرکات را از طریق زوایا و دامنه حرکت بیشتر در مقایسه با تمرینات مقاومتی دمبل یا هالتر ممکن می‌سازد. بنابر گزارش‌ها، TRX از نظر سنگینی بار تمرین، به دلیل اینکه عضلات را از طریق استفاده از وزن بدن تحریک می‌کند، خطر آسیب کمتری دارد (۱۷). طبق مطالعات انجام شده، ۱ جلسه 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 منجر به کاهش معنی دار در شاخص‌های آنروپومتریکی و افزایش معنی دار گلوکوتایون پراکسیداز می‌شود. (۱۹). همچنین مرادپوریان و همکاران ۱۳۹۶ به این نتیجه رسیدند که تمرینات مقاومتی می‌توانند تأثیرات پیشگیرانه‌ای در برخی شاخص‌های اکسایشی و ضد اکسایشی زنان میانسال مبتلا به دیابت داشته باشد (۱۰). ساموئل آگیار و همکاران ۲۰۲۱ در یک تحقیق به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی بر وضعیت اکسیدان/آنتی اکسیدانی پسران چاق پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که سطوح سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکوتایون پراکسیداز در گروه تمرین افزایش و میزان مالون دی آلدئید، اکسید نیتریک و کربونیل به میزان قابل توجهی کاهش یافته است (۲۰). در یک تحقیق نشان داده شده است تمرین مقاومتی به طور قابل مشاهده‌ای مالون-دی آلدئید پلاسما را کاهش می‌دهد و برنامه های مقاومتی و تمرین با شدت زیاد باعث بهبود آنتی اکسیدان‌ها شده و عملکرد بدنی در ورزشکاران ورزشی را بهبود می‌بخشد (۲۱). در حالی که عزیز بیگی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که ۸ هفته تمرین مقاومتی فزاینده بر فعالیت Px-GSH، SOD و فشار اکسایشی در گلبولهای قرمز مردان سالم اثر معناداری ندارد.

با این حال طبق پژوهش‌های صورت گرفته تمرینات مقاومتی باعث بهبود شرایط بیماران دیابتی و همچنین بهبود سطح اکسیدان‌ها و آنتی اکسیدان‌ها می‌شود. با توجه به این که رادیکال‌های آزاد باعث تخریب سلولی، خستگی عضلانی و آسیب به عضلات اسکلتی می‌شوند، لذا برطرف کردن این عوامل می‌تواند در جلوگیری از وقوع شرایط اکسایشی، آسیب سلولی و در نتیجه جلوگیری از آفت عملکرد بدن مفید واقع گردد. 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 مقایسه دو روش تمرینی مقاومتی سنتی و TRX بر شاخص‌های اکسایشی و ضد اکسایشی در بیماران دیابتی، محقق بر آن شد که به مقایسه تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر برخی شاخص‌های اکسایشی و ضد اکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بپردازد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: این پژوهش با طرح نیمه تجربی تصادفی و سه گروهی با اندازه گیری دو مرحله ای پیش و پس آزمون انجام گرفت. جامعه آماری در این مطالعه را زنان دیابتی نوع ۲ شهر قم تشکیل دادند که از بین این افراد، افرادی که ابتلا به دیابت نوع دو بیش از ۲ سال، سن ما بین ۴۰ تا ۵۰ سال، محدوده قند خون ناشتا بین ۱۶۰ تا ۲۵۰ میلی گرم در دسی لیتر، عدم 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 فرم همکاری شرکت در طرح تحقیقاتی با حضور داوطلبانی که جهت شرکت در طرح پژوهش اعلام آمادگی کرده بودند در جلسه هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه گیری توسط محقق، با تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسش نامه‌های سابقه پزشکی مورد معاینه پزشکی قرار گرفتند که از میان داوطلبین واجد شرایط تعداد ۳۰ نفر به عنوان نمونه تحقیق براساس شاخص توده بدن (body mass index) (طوری که هر گروه دارای میانگین BMI یکسان باشد) به صورت تصادفی انتخاب و در ۳ گروه ۱۰

نفر (تمرین مقاومتی، تمرین TRX و کنترل) تقسیم شدند. در این زمینه هیچ یک از افراد تحت انسولین درمانی نبودند و بیماران هر ۳ گروه در طول دوره تحقیق از داروهای متفورمین، گلی بن کلامید به صورت خوراکی استفاده می کردند. قبل از شروع تمرینات، برای سنجش قدرت عضلات در حرکات مقاومتی در هر دو گروه مقاومتی و TRX از فرمول برزیسکی (برزیسکی ۲۰۰۰) استفاده شد. فرد در این آزمون ابتدا بدن خود را گرم کرده، سپس باید با وزنه تخمینی حداکثر تا ۸ تکرار حرکت مورد نظر را انجام دهند؛ سپس با قرار دادن تعداد تکرار در فرمول زیر، مقدار یک تکرار بیشینه به دست آمد:

$$(۱/۰۲۷۸ - \text{تعداد تکرار تا خستگی}) \div \text{وزنه جابه جا شده (کیلوگرم)} = \text{یک تکرار بیشینه}$$

برای رعایت اصل اضافه بار و پیشرفت تدریجی در هفته‌های ۲، ۴ و ۶ مجدداً ۱RM این حرکات اندازه‌گیری شد.

روش اجرای پژوهش: برنامه تمرینی مشتمل بر هشت هفته اجرای دو پروتکل تمرینی مقاومتی در دو گروه تجربی بود. تمرینات هر هفته شامل سه جلسه با فاصله حداقل یک روز بین جلسات اجرا گردید. هر جلسه تمرین شامل: ۱۵ دقیقه گرم کردن، انجام تمرینات اختصاصی به مدت ۶۵ دقیقه و ۱۰ دقیقه انجام حرکات کششی به منظور سرد کردن بود. جهت گرم کردن از حرکات کششی، راه رفتن، جاکینگ و دویدن نرم استفاده شد. برنامه تمرینی گروه مقاومتی سنتی شامل ۸ حرکت (پرس سینه با هالتر، لانگز با دمبل، زیر بغل سیم کش قایقی با دستگاه، پلانک روی زمین بدون وزنه، پشت ران با دستگاه، اسکات، جلو بازو با سیم کش، پشت بازو با سیم کش) و حرکات موجود در پروتکل تمرین TRX مشابه هر کدام در پروتکل تمرین مقاومتی سنتی بود. پروتکل تمرینی در هر دو گروه در ۳ ست انجام و تعداد تکرار در هر حرکت ثابت و به میزان ۸ تا ۱۲ تکرار بود. استراحت بین هر ست یک دقیقه و استراحت بین حرکات ۳ دقیقه بود. تمرینات در هر دو گروه مقاومتی و TRX با رعایت اصل اضافه بار انجام شد؛ به این ترتیب که تمرینات مقاومتی سنتی در دو هفته اول تمرین با شدت ۶۵٪ یک تکرار بیشینه انجام گرفت، در ادامه هر دو هفته ۵٪ یک تکرار بیشینه به شدت تمرین افزوده شد، به صورتی که شدت تمرین در هفته هشتم به ۸۰٪ یک تکرار بیشینه رسید، گروه TRX هم با شدتی معادل ۶۵ تا ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه در مقیاس بورگ ۱۰ رتبه‌ای یعنی در دامنه 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 بیشینه آزمودنی‌ها اندازه‌گیری و شدت برنامه تمرینی دوباره بر اساس یک تکرار بیشینه جدید بازنویسی شد (۲۲).

روش‌های آزمایشگاهی: جهت اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی آزمودنی‌ها رأس ساعت ۸ صبح پس از ۱۰-۱۲ ساعت ناشتایی شبانه، در محل خون‌گیری حاضر شدند و نمونه خون اولیه به میزان ۵ سی‌سی از ورید قدامی بازویی توسط متخصصین خون‌گیری آزمایشگاه از آزمودنی‌ها دریافت گردید. پس از آن که نمونه خون سانتریفوژ شد، نمونه سرمی آن را جدا و اندازه‌گیری سطح گلوکز ناشتا، در همان روز نمونه‌گیری انجام شد و بقیه سرم جهت اندازه‌گیری سایر فاکتورها در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد فریز شد. پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، برنامه تمرین از ۴۸ ساعت بعد به مدت ۸ هفته آغاز گردید. بعد از اتمام دوره تمرین، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین مجدداً اندازه‌گیری آنترپومتریک و آزمایشگاهی در شرایط و زمان مشابه آزمون‌های اولیه و با همان ابزار توسط محقق و متخصص آزمایشگاه انجام شد. برای اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی دستگاه الایزا STAT FAX 2100 ساخت کشور ژاپن مورد استفاده قرار گرفت.

تحلیل آماری: در این پژوهش از روش‌های آمار توصیفی و آمار استنباطی جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شد. برای توصیف داده‌های تحقیق از شاخص‌های آماری میانگین و انحراف استاندارد استفاده گردید. همچنین برای بررسی توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک و جهت بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون (Leven) استفاده شد. در این پژوهش جهت ارزیابی درون گروهی از آزمون T همبسته و برای تحلیل بین گروهی از تحلیل کواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. نتایج آزمون با سطح معناداری ($P \leq 0.05$) 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 توده بدن بین گروه‌های تحقیق وجود نداشت ($P > 0.05$). نتایج آزمون T همبسته نشان داد که پس از ۸ هفته تمرینی در گروه تمرین مقاومتی سنتی و TRX تغییرات معنی داری در عوامل اکسایشی و ضد کسایشی مشاهده شد.

به طوری که در هر دو گروه تمرینی شاخص‌های (GPX, SOD) از مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش معنی دار ($P < 0.05$) و شاخص (MDA) در هر دو گروه تمرین مقاومتی و TRX کاهش معنی دار را نشان داد ($P < 0.05$). در واقع نتایج آماری حاصل از تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر میزان مالون‌دی‌آلدهید زنان مبتلا به دیابت نوع دو نشان می‌دهد که میزان این آنزیم در این افراد بعد 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 مقایسه میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون افزایش معناداری داشته است. مقایسه مقادیر میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در دو گروه تجربی مشخص گردید که میزان آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز افراد بعد از انجام تمرین مقاومتی سنتی و TRX افزایش معناداری داشته است. در ادامه براساس نتایج تحلیل کواریانس با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی 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 مرحله پس‌آزمون تفاوت معنی‌دار نشاد داد. در واقع بین دو گروه تمرین مقاومتی سنتی و TRX در میزان اثر گذاری بر روی متغیرهای تحقیق تفاوتی مشاهده نشد.

جدول ۱. تغییرات وزن، قد و BMI گروه‌های مختلف تحقیق قبل و پس از هشت هفته تمرین مقاومتی و TRX

کنترل	وزن (kg)		قد (cm)	BMI (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 ± ۲/۴۶
تمرین TRX	۶۶/۳۵ ± ۲/۴۴	۶۸/۹۸ ± ۲/۱۱	۱۶۹/۲۲ ± ۲/۵۵	۲۳/۲۳ ± ۲/۳۵	۲۵/۱۵ ± ۲/۹

جدول ۲. مقایسه تغییرات درون گروهی متغیرهای تحقیق

بین گروهی	سطح معناداری درون گروهی	گروه		SOD (U/g Hb)
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	* ۱۶۵۰ ± ۱۰۲	۱۴۴۰ ± ۱۴۲	تمرین TRX
	۰/۰۰۱	* ۱۶۰۸ ± ۹۴	۱۴۲۵ ± ۱۵۱	تمرین مقاومتی
	۰/۶۵۵	۱۴۰۸ ± ۱۱۴	۱۴۱۰ ± ۱۳۰	کنترل
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	* ۳۸/۵ ± ۷/۹	۳۰/۳ ± ۳/۷۹	تمرین TRX
	۰/۰۰۰۲	* ۳۷/۲ ± ۶/۶	۳۱/۲ ± ۷/۱۶	تمرین مقاومتی
	۰/۶۸۵	۳۰/۱۵ ± ۳/۱۰	۳۱/۹ ± ۳/۱۰	کنترل
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	* ۲/۶ ± ۰/۹	۳/۳ ± ۳۰/۷۹	تمرین TRX
	۰/۰۰۰۱	* ۲/۲ ± ۰/۶۲	۳/۲ ± ۰/۸۷	تمرین مقاومتی

کنترل	۳/۱±۰/۷۵	۳/۰±۰/۹۱	۰/۶۲۲
-------	----------	----------	-------

*علامت تفاوت معنی دار با گروه کنترل در مرحله پس آزمون

بحث و نتیجه گیری

افزایش قند خون در دیابت که ناشی از کاهش انسولین است، همراه با افزایش اسیدهای چرب از یک سو و کاهش دفاع آنتی-اکسیدانی، 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 دام اندازی آن‌ها می‌باشد.

امروزه انجام تمرینات بدنی به دلیل مزایای متعدد آن برای سلامتی بویژه در افراد دیابتی توصیه شده است به طوری که نتایج بدست آمده از بررسی‌های مختلف سیستماتیک 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 حاصل از برخی گزارشات نشان داده است که ورزشی باعث ایجاد پاسخ تطبیقی می‌شود که این امر با کاهش نشانگرهای آسیب استرس اکسیداتیو و همچنین افزایش پاسخ آنتی اکسیدانی بدن می‌تواند همراه باشد. نتایج حاصل از این تحقیق در خصوص تاثیر دو نوع برنامه تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر شاخص‌های اکسیدان و آنتی اکسیدان نشان داد که اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX، سطوح MDA را کاهش و سطوح آنتی اکسیدان‌ها (SOD, GPX) را افزایش داده است و بین دو روش تمرینی مقاومتی سنتی و TRX در کاهش سطوح عوامل اکسایشی و ضد اکسایشی تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج این پژوهش با تحقیق مردانی و همکاران (۱۴۰۰)، حسینی و همکاران (۱۳۹۹)، کاکاوندی و همکاران (۱۳۹۸) که به ترتیب به بررسی تاثیر توالی تمرینات مقاومتی، تمرین TRX و تمرین مقاومتی فزاینده بر برخی از شاخص‌های آنتی اکسیدانی و مالون دی آلدئید پلاسما پرداختند همسو است (۹، ۱۵، ۱۲). بنابراین از جمله روش‌های درمانی دیابت که به بیماران با دیابت توصیه می‌شود، درمان به کمک فعالیت ورزشی است زیرا تمرین ورزشی منظم سبب بهبود متابولیسم چربی و مقاومت به انسولین می‌شود که عوارض مرتبط با دیابت را به حداقل می‌رساند. همچنین نتایج حاصل از تحقیقات بیانگر آن است که تمرینات ورزشی به دلیل کاهش گونه‌های واکنشی، منجر به بهبود دفاع آنتی اکسیدانی و فعالیت میتوکندریایی می‌شوند. سازوکار تغییرات آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در اثر فعالیت بدنی باعث افزایش پاسخ‌های درون سلولی و واکنش بافت‌های مختلف بدن در برابر استرس اکسایشی تولید شده در جریان تمرینات می‌شود و این فرایند منجر به کاتابولیسم اجزاء سنتزی پروتئین‌ها و ساختمان دفاعی سلول‌ها می‌شود (۲۲). نتایج حاصل از 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 منجر به بالا رفتن تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود. اکثر رادیکال‌های آزاد در سلول‌هایی تولید می‌شود که واکنش انتقال الکترون در آنها صورت گیرد. الکترون از چرخه انتقال الکترون جدا و با مولکول‌های اکسیژن واکنش می‌دهد و در نتیجه احتمالاً به منظور کاهش و یا حذف فعالیت این رادیکال‌های آزاد برخی آنتی اکسیدان‌ها از جمله سوپراکسید دیسموتاز و گلوکوتاتیون پراکسیداز فعالیت خود را افزایش می‌دهند (۲۴). همانطور که نتایج نشان داد تمرین مقاومتی سنتی و TRX باعث کاهش MDA در سطوح پلاسمایی شد. مالون دی آلدئید ترکیبی آلدئیدی، فعال و بسیار واکنش پذیر است و در بدن انسان از پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع تولید می‌شود. بنابراین با اندازه گیری میزان MDA در نمونه‌های بیولوژیک مختلف می‌توان به میزان پراکسیداسیون چربی‌ها پی برد و از آن به عنوان یک نشانگر برای اندازه گیری سطح استرس اکسیداتیو در یک موجود زنده استفاده نمود (۱۵). آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوکوتاتیون پراکسیداز به عنوان عوامل آنزیمی آنتی اکسیدانی در کنار ظرفیت تام آنتی اکسیدانی پلاسما برای خنثی سازی رادیکال‌های آزاد و فشار اکسیداتیو به کار گرفته می‌شوند (۱۲).

دیابت از طریق چندین مکانیسم باعث تشدید استرس اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود که این ROS ها در پروسه استرس اکسیداتیو به طور عمده در میتوکندری تولید می‌شوند که باعث آسیب زدن به سلول و آپوپتوز سلولی شده و همچنین ترشح انسولین را کاهش می‌دهد.

همچنین ROS باعث فعال شدن مسیر سیگنالینگ (JNK) پروتئین کیناز C (PKC) و NFκB می‌شود که این امر منجر به اختلال در مسیر سیگنالینگ انسولین شده و مقاومت به انسولین را ایجاد می‌کند. همچنین استرس اکسیداتیو با بیماری‌های حاد مربوط به دیابت همکاری داشته و باعث ایجاد نوروپاتی دیابتی، رتینوپاتی، نوروپاتی می‌شود (۲۵، ۲۶). انقباضات مکرر عضلات در فعالیت‌های ورزشی در بلند مدت باعث افزایش تعداد GLUT4 و افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به گلوکز می‌گردد. همچنین به تارهای عضلانی اجازه می‌دهد تا برای یک دوره نسبتاً طولانی، غلظت گلیکوژنی پایینی داشته باشند. از طرفی با اتمام فعالیت‌های ورزشی سلول‌های عضلانی در صدد بازسازی ذخایر گلیکوژنی خود برمی‌آیند و به همین دلیل بعد 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 به دلیل عدم تعادل میان اکسیژن مصرفی و اکسیژن مورد نیاز بافت‌های درگیر و ایجاد فرآیندی به نام ایسکمی سبب آسیب‌رسانی به لیپیدهای غیراشباع غشاهای بافتی و تولید گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردد که این امر خود پراکسیداسیون لیپیدی را بیشتر تحریک می‌کند و در نهایت موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد (۸). بنابراین می‌توان چنین بیان داشت که افزایش معنادار در سطوح SOD و GPX در گروه‌های تجربی به دلیل افزایش بیشتر پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد طی تمرینات مقاومتی سنتی و TRX می‌باشد (۲). تمرینات مقاومتی می‌تواند از عوامل کمک‌کننده در کنترل عوارض متابولیکی دیابت نوع ۲ باشد. لذا انجام تمرین مقاومتی برای افراد دیابتی، می‌تواند به عنوان یک روش کمک‌درمانی موثر در جهت کاهش آسیب‌های استرس اکسیداتیو باشد (۱). طبق نتایج به دست آمده از این پژوهش مشخص گردید که تمرینات ورزشی از جمله تمرینات مقاومتی سنتی و تمرینات TRX باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شود و می‌تواند مانع از استرس اکسیداتیو شده و در نتیجه منجر به کاهش عوارض دیابت نوع دو شود. بنابراین از تمرینات مقاومتی سنتی و تمرینات TRX می‌توان به عنوان یک مکمل درمانی جهت بهبود این بیماران استفاده نمود.

حامی/حامیان مالی

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

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت یکسان داشته‌اند.

تعارض منافع

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

تشکر و قدردانی

پژوهشگران بر خود لازم می‌دانند مراتب قدردانی و سپاس خود را از تمامی شرکت کنندگان این پژوهش به سبب کمک در دستیابی به نتایج کاربردی بیان کنند.

منابع

۱. 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]
۲. 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*. 20.۱۰:(۱/۴)۱۵;۲۳. [In Persian]
۳. Parastesh M, Zohrevandian K, Saremi A, Bahramsari A. Effect of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Hypoxia-Inducible Factor-1 Alpha (HIF-1 α) Gene Expression in Heart Tissue and Insulin Resistance Index in Type 2 Diabetic Rats. 2۰۲۲; 10 (1) :14-27
۴. 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]
۵. Parsa SH, Saghebjo 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
۶. 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]
۷. 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).
۸. 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.
۹. 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]
۱۰. 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
۱۱. 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.
۱۲. 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.
۱۳. 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.

۱۴. 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.
۱۵. 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.
۱۶. 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.
۱۷. 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.
۱۸. 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]
۱۹. 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]
۲۰. 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.
۲۱. 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.
۲۲. 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.
۲۳. 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.
۲۴. 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 Actiuty*. 2017;4(7):1-8. [In Persian]
۲۵. 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.
۲۶. 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.
۲۷. 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.