Journal of Sport and Exercise Physiology
2025, 18(3): 130-147

Orginal Article

The effect of resistance training combined with cucumber juice on oxidative markers in women with type 2 diabetes

Maryam Lotfi[1], Nasser Behpoor [1*], Mehrali Rahimi[2], Afshar Jafari[3]

[1] Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran
[2] Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran
[3] Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract

Background and Purpose: Type 2 diabetes is a metabolic disease that, if not treated properly, reduces the quality of life and increases the risk of other heart diseases, retinopathy, nephropathy, etc. The aim of this study was to investigate the effect of resistance training combined with cucumber juice on oxidative markers in women with type 2 diabetes.

Materials and Methods: Forty women with type 2 diabetes participated in a double-blind experimental study and were divided into four groups: Training + placebo, Training + supplement, supplement, and control. The subjects in the Training groups performed resistance training for 8 weeks. For eight weeks, the subjects in the supplement and Training + supplement groups were given 240 ml of cucumber juice by a research assistant in a double-blind manner. The Training + placebo and control groups were also given 240 ml of placebo. Blood samples were taken 48 hours before and after the study. Fasting blood sugar (FBS) and glycosylated hemoglobin (HbA1c) were measured using blood plasma. After separating the serum samples from the plasma, oxidative markers were evaluated using special kits and changes in oxidative markers were examined. After collecting the data, they were analyzed using SPSS version 22 statistical analysis software. Paired t-tests and one-way ANOVA were used to analyze the data. Tukey's post hoc test was used to determine the significant difference between the groups. All statistical analyses were considered at a significance level of α equal to 5%.

Results: The greatest reductions in FBS and HbA1c were observed in the training+supplement group compared with the other groups. Additionally, FBS decreased significantly more in the training-placebo group than the supplement group ($p<0.05$), whereas, the difference in HbA1c between these two groups was not significant ($p>0.05$). Antioxidant capacity also increased significantly more in the training+supplement group compared the other groups ($p<0.05$). A significant decrease in antioxidant enzyme activities (superoxide dismutase, catalase, and glutathione peroxidase) was found in both supplement-receiving groups compared with the control ($p<0.05$), while a significant increase in these enzymes was observed only in the training+placebo group ($p<0.05$). Moreover, the difference in the

* Corresponding Author's E-mail: n.behpoor@razi.ac.ir
https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.241001.1387
Received: 06/08/2025 Revised: 04/09/2025 Accepted: 07/09/2025

Copyright: © 2025 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/).

magnitude of glutathione peroxidase changes between the training+supplement and supplement groups was not significant ($p>0.05$).

Conclusions: Resistance training and intake of some antioxidants have attracted special attention as two non-pharmacological methods in the management of type 2 diabetes. In the present study, considering the effect of eight weeks of resistance training and cucumber juice intake on the levels of diabetic markers and total antioxidant capacity in women with type 2 diabetes, it can be concluded that these two methods can be used to control type 2 diabetes and increase the body's antioxidant capacity in women with type 2 diabetes.

Keywords: Resistance training; Supplement; Oxidative indices

How to cite this article: Lotfi M, Behpoor N, Rahimi M, Jafari A. The effect of resistance training combined with cucumber juice on oxidative markers in women with type 2 diabetes. J Sport Exerc Physiol. 2025;18(3):130-147.

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۴، دوره ۱۸، شماره ۳، صفحه‌های ۱۳۰-۱۴۷

مقاله پژوهشی

اثر تمرین مقاومتی همراه با دریافت آب خیار بر وضعیت نشانگرهای اکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو

مریم لطفی[۱]، ناصر بهپور[۱ *]، مهرعلی رحیمی[۲]، افشارجعفری[۳]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکدهٔ علوم ورزشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
[۲] گروه داخلی، دانشکدهٔ علوم پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[۳] دانشکدهٔ علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: بیماری دیابت نوع دو از جمله بیماری‌های سوخت‌وسازی است که در صورت نبود درمان مناسب سبب کاهش کیفیت زندگی و افزایش خطر ابتلا به سایر بیماری‌های قلبی، رتینوپاتی، نفروپاتی و غیره می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی اثر تمرین مقاومتی همراه با دریافت آب خیار بر نشانگرهای اکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو بود.

مواد و روش‌ها: ۴۰ زن مبتلا به دیابت نوع دو، در یک مطالعهٔ تجربی دوسوکور شرکت کردند و در چهار گروه تمرین + دارونما، تمرین + مکمل، مکمل و کنترل قرار گرفتند. آزمودنی‌های گروه‌های تمرین به مدت هشت هفته تمرین مقاومتی را اجرا کردند. به مدت هشت هفته، توسط دستیار پژوهشی به روش دوسوکور، به آزمودنی‌های گروه‌های مکمل و تمرین+ مکمل، مقدار ۲۴۰ میلی‌لیتر آب خیار داده شد. همچنین به گروه تمرین+ دارونما و کنترل، مقدار ۲۴۰ میلی‌لیتر دارونما داده شد. ۴۸ ساعت پیش و پس از اجرای پژوهش خون‌گیری انجام شد. اندازه‌گیری قندخون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله‌شده با بررسی پلاسمای خون انجام شد. با استفاده از سرم نمونه‌ها و کیت‌های ویژه، نشانگرهای اکسایشی ارزیابی و تغییرات نشانگرهای اکسایشی بررسی شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری با استفاده از نرم‌افزار تجزیه‌وتحلیل آماری SPSS ویراست ۲۲ تجزیه‌وتحلیل شد. از آزمون‌های تی همبسته و آنوا یکراهه برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. برای تعیین تفاوت معناداری بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همهٔ تحلیل‌های آماری در سطح معناداری α برابر با ۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج: بیشترین کاهش قند خون و HbA1c در گروه تمرین+مکمل نسبت به سایر گروه‌ها دیده شد. البته، کاهش قند خون گروه تمرین+دارونما نسبت به مکمل‌دهی تنها بیشتر بود ($p<۰/۰۵$)؛ در حالی که تفاوت HbA1c میان این دو گروه معنادار نبود ($p>۰/۰۵$). افزایش توان ضداکسایشی گروه تمرین + مکمل نیز به‌طور معنادار بیشتر از سایر گروه‌ها بود ($p<۰/۰۵$). کاهش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی دو گروه دریافت‌کننده مکمل نسبت به گروه کنترل نیز معنادار بود ($p<۰/۰۵$)؛ در حالی‌که فعالیت این آنزیم‌ها تنها در گروه تمرین + دارونما به طور معنادار افزایش یافت ($p<۰/۰۵$)؛ البته، تفاوت دامنه تغییرات گلوتاتیون پراکسیداز بین گروه تمرین + مکمل و مکمل‌دهی تنها، معنادار نبود ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: تمرین مقاومتی و دریافت برخی ضداکسایندهها به‌عنوان دو روش غیردارویی در مدیریت درمان دیابت نوع ۲ توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند. در پژوهش حاضر با توجه به تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و دریافت آب خیار بر سطوح نشانگرهای دیابتی و ظرفیت ضداکسایشی کل در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲، می‌توان نتیجه گرفت که می‌توان از این دو روش برای کنترل دیابت نوع ۲ و افزایش ظرفیت ضداکسایشی بدن در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ استفاده کرد.

* رایانامه نویسنده مسئول: n.behpoor@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۶

واژه‌های کلیدی: تمرین مقاومتی، مکمل، نشانگرهای اکسایشی.

نحوه استناد به این مقاله: لطفی م، بهپور ن، رحیمی م، جعفری ا. اثر تمرین مقاومتی همراه با دریافت آب خیار بر وضعیت نشانگرهای اکسایشی زنان مبتلا به دیابت نوع دو. نشریهٔ فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی.۱۴۰۴؛۱۸(۳):۱۳۰-۱۴۷.

مقدمه

بیماری دیابت نوع دو، ناشی از تعامل بین عوامل خطرزای ژنتیکی، محیطی و رفتاری است. افراد مبتلا به این بیماری در برابر انواع عوارض کوتاه‌مدت و بلندمدت بیماری آسیب‌پذیرند که اغلب به مرگ زودرس آن‌ها منجر می‌شود (۱).

در دیابت نوع دو، انسولین به اندازهٔ کافی برای تأمین نیازهای بدن تولید نمی‌شود و به نقص ترشح انسولین می‌انجامد یا انسولین تولیدشده به اندازهٔ کافی کار نمی‌کند و سبب ایجاد مقاومت به انسولین می‌شود. این بیماری بیشتر در افراد بالای ۳۰ سال رخ می‌دهد (۲). در بیماری دیابت نوع دو، بالا رفتن قند خون به‌طور معمول با تولید بیش از اندازهٔ گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن و گونه‌های واکنش‌پذیر کربونیل و با سازوکارهای دفاعی ضداکسایندهٔ معیوب همراه است که این نقش اصلی بنیان‌های آزاد در ایجاد و پیشرفت دیابت و پیامدهای آسیب شناختی آن را نشان می‌دهد. تولید بیش از اندازهٔ گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن و سایر بنیان‌های آزاد همراه با کاهش دستگاه‌های دفاعی ضداکساینده به فشار اکسایشی منجر می‌شود که عوارض وابسته به دیابت نوع دو را تقویت می‌کند. فشار اکسایشی فرایندی است که از طریق بنیان‌های آزاد در سطح غشای سلول ایجاد می‌شود و به غشای سلول و غشای اندامک‌های داخل‌سلولی به‌ویژه میتوکندری آسیب می‌رساند. در نتیجه نشانگرهای فشار اکسایشی، مانند پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در بیماران دیابتی افزایش می‌یابد. هایپرگلیسمی همچنین سبب اکسیداسیون خودکار گلوکز شده و همهٔ این عوامل به شکل‌گیری بنیان‌های آزاد منجر می‌شود (۳). برای مقابله با تأثیرات بنیان‌های آزاد، بدن به دستگاه دفاعی ضداکساینده مجهز است. آنزیم‌هایی مانند گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در دستگاه دفاعی بدن وجود دارند که به‌طور فعال در از بین بردن بنیان‌های آزاد درگیرند (۴). افزایش شکل‌گیری بنیان‌های آزاد در بیماری دیابت نوع دو به‌دلیل فعالیت کمتر برخی از آنزیم‌های ضداکساینده مانند گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز رخ می‌دهد (۵). گلوتاتیون پراکسیداز آنزیمی در خط مقدم حفاظت از جاندار در برابر آسیب اکسایشی ایجادشده توسط بنیان‌های آزاد است و در واقع یک نشانگر کلیدی فشار اکسایشی در بدن است (۶). حدس زده می‌شود که افزایش سطوح گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در بیماران مبتلا به دیابت تا اندازه‌ای ناشی از کاهش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایندهٔ گلوتاتیون پراکسیداز شاید ناشی از سازوکارهایی مانند گلیکوزیله شدن پروتئین است که می‌تواند بر فعالیت آن تأثیر بگذارد (۷). یکی دیگر از آنزیم‌های خط مقدم دستگاه دفاعی ضداکسایندهٔ بدن، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز است. این آنزیم به‌عنوان یک کوفاکتور ضدالتهاب در بدن عمل می‌کند. سطوح طبیعی سوپراکسید دیسموتاز در بدن با افزایش سن کاهش می‌یابد و از این‌رو با افزایش سن فرد مستعد بیماری‌هایی همچون دیابت که به‌دلیل فشار اکسایشی ایجاد می‌شوند، قرار می‌گیرد. یافته‌های پیشین نشان داده‌اند که همبستگی معکوسی بین سطح هموگلوبین گلیکوزیله و سطح آنزیم سوپراکسید دیسموتاز وجود دارد. هرچه شدت دیابت زیادتر می‌شود، مقدار هموگلوبین گلیکوزیله افزایش و در پی آن میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز کاهش می‌یابد (۴). یکی دیگر از آنزیم‌های درگیر در دستگاه دفاعی ضداکسایندهٔ بدن، آنزیم کاتالاز است. این آنزیم نقش مهمی در تنظیم سطح سلولی H_2O_2 به‌عهده دارد و در نتیجه کاتالاز از سلول‌های پانکراسی در برابر H_2O_2 محافظت می‌کند. سطوح پایین فعالیت

کاتالاز در بیماران مبتلا به اسکیزوفرنی و تصلب شرایین گزارش شده است که این موضوع با این فرضیه که فشار اکسایشی بلندمدت شاید در توسعهٔ اختلالاتی همچون دیابت نوع دو نقش داشته باشد، همسوست (۸).

در افراد دیابتی به‌ویژه نوع ۲، به‌طور معمول تعادل بین دستگاه اکسایشی و ضداکسایشی به‌هم می‌خورد. این وضعیت می‌تواند هم نقش عامل اولیه و هم پیامد ثانویه در شکل‌گیری دیابت نوع دو داشته باشد. نقش اولیه به این صورت که افزایش گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن سبب آسیب به سلول‌های بتای پانکراس می‌شود، در نتیجه ترشح انسولین کاهش می‌یابد. گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن سبب اختلال در پیام‌رسانی انسولین در بافت‌های محیطی (عضله، کبد، بافت چربی) می‌شود، در نتیجه مقاومت به انسولین افزایش می‌یابد. برخی یافته‌های پیشین نشان داده‌اند که پیش از بروز آشکار دیابت، سطح ضداکسایندهای درون‌زا پایین‌تر و نشانگرهای فشار اکسایشی بالاتر است. نقش ثانویه به این صورت که هایپرگلیسمی و مقاومت انسولینی، با مسیرهایی مانند گلیکاسیون پروتئین‌ها و افزایش لیپولیز، تولید گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن را بیشتر می‌کنند. به این ترتیب، فشار اکسایشی می‌تواند نتیجهٔ مستقیم وضعیت دیابتی نیز باشد. اجرای فعالیت‌های ورزشی نیز به‌عنوان راهبردی‌هایی در جهت اصلاح سبک زندگی برای مدیریت درمان بیماری دیابت نوع دو توصیه شده است. اجرای تمرینات منظم از طریق کاهش سطح بنیان‌های آزاد در بدن و تقویت دستگاه ضداکسایندهٔ موجب افزایش مقاومت در برابر فشار اکسایشی می‌شود و میزان صدمات سلولی را کنترل می‌کند (۹). در پژوهشی نشان داده شد که ۱۲ هفته تمرین مقاومتی سبب افزایش سطوح آنزیم‌های ضداکسایندهٔ در مردان مسن می‌شود (۱۰). کاکاوندی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی فزاینده در زنان مسن غیرفعال به کاهش غلظت آنزیم مالون دی آلدهید و افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز منجر می‌شود که عامل مهمی در کاهش روند پیری در زنان مسن غیرفعال است. بنابراین گمان می‌رود که تمرین مقاومتی منظم موجب تقویت دستگاه ضداکسایندهٔ در بدن می‌شود و می‌تواند در پیشگیری از آسیب‌های جدی ناشی از فشار اکسایشی به‌ویژه در سنین پیری نقش بسزایی داشته باشد (۱۱). ۸۰ درصد افراد مبتلا به دیابت نوع دو با اضافه وزن و چاقی روبه‌رو هستند و بسیاری از آن‌ها از مشکلاتی مانند نوروپاتی، بیماری‌های حرکتی، اختلال بینایی و بیماری‌های قلبی- عروقی رنج می‌برند. برای این جمعیت دستیابی به حجم و شدت مورد نیاز ورزش هوازی شاید میسر نباشد و تمرین مقاومتی برای این افراد کارامدتر است (۱۲). پژوهشگران پیشنهاد می‌کنند که افراد مبتلا به دیابت، ۲-۳ روز در هفته در روزهای غیر متوالی تمرین مقاومتی را انجام دهند (۱۳). کسانی که قصد شرکت در فعالیت‌های ورزشی را دارند، نمی‌توانند خستگی برای پرداختن به فعالیت مقاومتی را در این‌گونه تمرینات بهانه کنند، زیرا تمرین مقاومتی نسبت به تمرینات استقامتی دارای وهله‌های استراحت است و زمان بازیافت را در بین نوبت‌ها و حرکات فراهم می‌کند. افزون بر این، تمرین مقاومتی تنوع بیشتری نسبت به تمرینات استقامتی دارد. پزشکان طب سنتی شماری از گیاهان را به‌عنوان داروهای مکمل گیاهی ضددیابت توصیه کرده‌اند که بیشتر دارای عوارض جانبی نبوده و ارزان هستند (۱۴). یکی از گیاهانی که توجه بسیاری را به خود جلب کرده است، خیار است. خیار یکی از گیاهانی است که متعلق به خانوادهٔ کدوسانان است و به‌طور گسترده در سراسر دنیا کشت می‌شود (۳). تجزیه‌وتحلیل فیتوشیمیایی وجود مواد شیمیایی

گیاهی مختلف مانند تانن‌ها، ترپنویدها، کربوهیدرات‌ها، رزین‌ها، ساپونین‌ها و فیتواسترول‌ها را در گیاه خیار تأیید می‌کند. درحالی‌که سایر مواد شیمیایی فتوشیمیایی مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، ترپن‌های استروئیدی و فیلوباتامین‌ها در میوهٔ خیار یافت می‌شوند. خیار دارای فعالیت‌های دارویی مختلفی از جمله فعالیت ضدباکتریایی، فعالیت ضدقارچی، فعالیت سیتوتوکسیک، فعالیت ضداسید و ضدنفخ، فعالیت محافظ کبدی، فعالیت کاهش‌دهندهٔ قند خون و کاهش چربی خون، فعالیت ترمیم زخم و غیره را نشان می‌دهد (۱۵). فلاونوئیدهای موجود در خیار می‌توانند بنیان‌های آزاد را از بین ببرند، زیرا آن‌ها منابع اصلی ضداکساینده در گیاهانی هستند که نقشی در مهار بنیان‌های آزاد دارند (۱۶). افزون بر این، پلی‌فنول‌ها با اهدای الکترون و واکنش با بنیان‌های آزاد و تبدیل آن‌ها به ترکیبات باثبات‌تر می‌توانند به واکنش‌های زنجیره‌ای بنیان‌های آزاد خاتمه دهند (۱۷).در الگوهای انسانی چالش‌ها و محدودیت‌های پژوهش‌های زیادی وجود دارد که از جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: کنترل رژیم غذایی و سبک زندگی، متغیرهای فردی و ژنتیکی، محدودیت‌های اخلاقی و ایمنی و اندازهٔ نمونه و مدت زمان پژوهش. به همین دلیل یافته‌هایی در این زمینه در دست نیست. مطالعاتی در الگوهای انسانی در خصوص تأثیرات دریافت آب خیار بر وضعیت آنزیم‌های ضداکساینده وجود ندارد، اما پژوهشی در الگوهای حیوانی انجام شده است. ظرفیت ضداکساینده میوهٔ خیار در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است (۱۸). حضور پلی‌فنول‌ها در خیار به آن خاصیت ضداکساینده می‌بخشد و سبب می‌شود که از خیار به‌عنوان ضداکساینده خوب یاد شود. آب خیار شاید با بالا بردن ظرفیت ضداکسایندگی بدن به مقابله با گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن و فشار اکسایشی که هر دو از عوامل مؤثر در پاتوژنز بروز دیابت نوع دو هستند، بپردازد. آب خیار به‌هیچ‌وجه نمی‌تواند جایگزین داروهای استاندارد کنترل دیابت در بیماران شود و هدف این پژوهش هم این نبوده است. آنچه بررسی شده، آثار کمکی و حمایتی آب خیار در کنار سبک زندگی سالم و تمرین مقاومتی بر وضعیت نشانگرهای اکسایشی است. بسیاری از پژوهش‌های پیشین بر روی الگوهای حیوانی انجام شده است. این پژوهش برای نخستین بار در قالب پژوهشی با نمونه‌های انسانی انجام شده است. بررسی هم‌افزایی این دو مداخله در کنار هم، دریچهٔ نو را در درک سازوکارهای مؤثر بر بهبود همزمان نشانگرهای گلایسمیک و وضعیت اکسایشی در بیماران دیابت نوع ۲ می‌گشاید؛ مسیری که تاکنون به‌طور یکپارچه کمتر بررسی شده است. دریچهٔ اصلی که در این پژوهش مدنظر قرار گرفته، نقش هم‌افزای تمرین مقاومتی و آب خیار در تنظیم فشار اکسایشی است. با مراجعه به پژوهش‌های پیشین و مرور ادبیات گذشته در زمینهٔ اجرای تمرین مقاومتی و دریافت آب خیار و با توجه به نبود پژوهشی که همزمان تأثیر اجرای تمرین مقاومتی و دریافت آب خیار را در زنان مبتلا به دیابت نوع دو بررسی کند، ضرورت ایجاب کرد تا برای نخستین بار پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر همزمان و جداگانهٔ تمرین مقاومتی و دریافت آب خیار در کنترل دیابت نوع دو و وضعیت نشانگرهای اکسایشی در زنان مبتلا به دیابت نوع دو به‌منظور دستیابی به یک راهکار درمانی غیردارویی مناسب انجام گیرد.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر با طرح پژوهش پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه‌بندی تصادفی پس از دریافت شناسهٔ اخلاق از کمیتهٔ اخلاق دانشگاه رازی (IR.RAZI.REC.1400.092) انجام شد. این پژوهش از

نوع تجربی دوسوکور با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و انتساب تصادفی گروه‌های پژوهش (سه گروه آزمایشی و یک گروه گواه) بود. از بین زنان (۳۵-۷۰ سال) مبتلا به دیابت نوع دو که به مرکز پژوهشی درمانی دیابت استان کرمانشاه مراجعه کرده بودند، ۴۰ نفر انتخاب شدند و به‌طور تصادفی ساده در چهار گروه ۱۰ نفره شامل گروه تمرین + دارونما، گروه تمرین+ مکمل، گروه مکمل، گروه کنترل (دارونما) قرار گرفتند. همگن بودن آزمودنی‌ها از لحاظ پیشینهٔ ورزشی و یکسان بودن شرایط محل اجرای آزمون جزو مسائل کنترل‌شدهٔ پژوهش بود.

از جمله محدودیت‌های کنترل‌شدنی پژوهش می‌توان به این موارد اشاره کرد: جنسیت آزمودنی‌ها (زنان)، دامنهٔ سنی آزمودنی‌ها (۳۵-۷۰ سال)، استفاده نکردن آزمودنی‌ها از هر نوع مادهٔ دخانیات و مواد محرک و منع دریافت نوشیدنی‌های انرژی‌زا، نوشابه‌ها و سایر مواد غذایی که قند بالایی دارند. محدودیت‌های کنترل‌نشدنی این پژوهش شامل نبود کنترل میزان خواب و استراحت آزمودنی‌ها، شرایط روحی و روانی آزمودنی‌ها و میزان انگیزهٔ آزمودنی‌ها برای اجرای تمرین ورزشی بود.

روش اجرای پژوهش: پیش از اجرای پژوهش، قد، وزن و شاخص ترکیب بدنی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. پس از ارائهٔ توصیه‌ها و انجام هماهنگی‌های لازم مقرر شد که آزمودنی‌های گروه تمرین+ دارونما و تمرین + مکمل در زمان تعیین‌شده رأس ساعت مقرر در محل اجرای تمرینات خود حاضر باشند. همچنین با آزمودنی‌های گروه تمرین + مکمل، مکمل و کنترل هماهنگ شد که رأس ساعت مقرر مکمل و دارونما را دریافت کنند. آزمودنی‌های گروه تمرین+ دارونما و تمرین+ مکمل در هر جلسه به مدت ۱۰ دقیقه در ابتدا و ۱۰ دقیقه در انتها به‌ترتیب به گرم کردن و سرد کردن پرداختند. آزمودنی‌ها به مدت هشت هفته (سه جلسه در هفته) تمرین مقاومتی را اجرا کردند (۱۹). در طول پژوهش تلاش شد عوامل مداخله‌گر مهم پیش و پس از مداخله کنترل شود؛ مانند رژیم غذایی، دریافت انرژی، مکمل‌های احتمالی و فعالیت بدنی. در طول مداخله، از آزمودنی‌ها خواسته شد از غذاهای پرچرب و پرکربوهیدرات بپرهیزند و از دریافت مکمل‌های دارویی و قرص‌های استروئیدی خودداری ورزد.

برنامه‌های ورزشی در سالن بدنسازی دانشکدهٔ تربیت بدنی دانشگاه رازی اجرا شد. پیش از اجرای برنامه‌های ورزشی نحوهٔ اجرای حرکات ورزشی به آزمودنی‌ها آموزش داده شد. از آزمودنی‌ها آزمون یک تکرار بیشینه برای تعیین قدرت ماهیچه‌ای گرفته شد. بدنهٔ اصلی برنامهٔ تمرین مقاومتی شامل جلسات ۴۰ دقیقه‌ای است که سه بار در هفته (روزهای فرد) به مدت هشت هفته اجرا شد. عملکرد آزمودنی‌ها تحت نظارت مربی بدنسازی در جلسات تمرینی قرار گرفت. حرکات مختلف تمرینی شامل پرس سینه، حرکت پارویی با سیم‌کش، پرس شانه، لت سیم‌کش، کرانچ شکم، پرس پا، جلو پا، پشت‌بازو با سیم‌کش، جلوبازو با سیم‌کش بود. طوری‌که در هر جلسه کم‌وبیش ماهیچه‌های پایین‌تنه، مرکزی و بالاتنه تحت اجرای تمرین مقاومتی قرار گرفتند. هر حرکت تمرینی شامل ۸-۱۰ تکرار و دو نوبت (دور) تمرینی بود. مدت زمان استراحت بین دورهای تمرینی، دو دقیقه بود. برای دو هفتهٔ اول شدت تمرین مقاومتی ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه بود (۲۰). برای رعایت اصل اضافه بار و پیشرفت تدریجی در هفته‌های دوم، چهارم و ششم مجدداً 1 RM حرکات اندازه‌گیری شد (۲۱). شدت تمرینات بین ۶۰ تا ۷۵ درصد 1RM بود (جدول ۱).

فرمول اندازه‌گیری قدرت بیشینه (۲۰):

قدرت بیشینه =

(تعداد تکرار *۰/۰۲۷۸) – ۱/۰۲۷۸ / (کیلوگرم) وزنه

جدول ۱. شدت و مدت زمان اجرای تمرین مقاومتی

هفته	شدت تمرین (1 RM %)	مدت تمرین (دقیقه)
اول	۶۰	۴۰
دوم	۶۰	۴۰
سوم	۶۵	۴۰
چهارم	۶۵	۴۰
پنجم	۷۰	۴۰
ششم	۷۰	۴۰
هفتم	۷۵	۴۰
هشتم	۷۵	۴۰

آزمودنی‌های گروه‌های مکمل تنها و تمرین + مکمل نزدیک به ۲۴۰ میلی‌لیتر آب خیار دریافت کردند. گروه تمرین + دارونما و گروه کنترل به مدت هشت هفته (۲۴ جلسه) به مقدار مساوی دارونما (۲۴۰ میلی‌لیتر) حاوی (آب + رنگ خوراکی خیار) دریافت کردند. دارونما به‌گونه‌ای تهیه شد که از نظر رنگ و طعم مشابه آب خیار باشد. آزمودنی‌ها نمی‌دانستند چه چیزی دریافت می‌کنند (آب خیار یا دارونما). افزون بر این، پژوهشگر از این فرایند اطلاعی نداشت. آب خیار و دارونما توسط دستیار پژوهشی به روش دوسوکور به آزمودنی‌ها داده شد. توسط دستیار پژوهش اطمینان حاصل شد که کل حجم تعیین‌شده (۲۴۰ میلی‌لیتر) برای هر فرد دریافت شده است (جدول ۲). در شروع و پایان هر جلسه از گلوکومتر برای ارزیابی سطح قند خون آزمودنی‌ها استفاده شد. شایان ذکر است که هیچ‌کدام از افراد تحت انسولین درمانی قرار نداشتند.

جدول ۲. مقدار و زمان دریافت مکمل توسط آزمودنی‌ها

گروه	مقدار دریافت مکمل (۲۲)	زمان دریافت مکمل
تمرین+ دارونما	۲۴۰ میلی‌لیتر دارونما	سه روز در هفته (روزهای فرد) عصرها نیم ساعت پیش از اجرای تمرین مقاومتی*
تمرین+ مکمل	۲۴۰ میلی‌لیتر آب خیار	سه روز در هفته (روزهای فرد) عصرها نیم ساعت پیش از اجرای تمرین مقاومتی
مکمل	۲۴۰ میلی‌لیتر آب خیار	سه روز در هفته (روزهای فرد) عصرها رأس ساعت پنج عصر
کنترل	۲۴۰ میلی‌لیتر دارونما	سه روز در هفته (روزهای فرد) عصرها رأس ساعت پنج عصر

*زمان اجرای تمرین مقاومتی: رأس ساعت پنج عصر (سه روز در هفته به مدت هشت هفته)

ساعت پیش و پس از آغاز تمرین مقاومتی در حالت ناشتا یک نمونهٔ خونی (۱۰میلی‌لیتر) از آزمودنی‌ها گرفته شد. با استفاده از پلاسمای خون، سطوح قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله‌شده ارزیابی شد. پس از جداسازی سرم نمونه‌ها از پلاسما، سرم‌ها فریز شده و در داخل فریزر قرار داده شد. در پایان پژوهش، با استفاده از سرم نمونه‌ها و کیت‌های ویژه، نشانگرهای اکسایشی (آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، آنزیم کاتالاز و توان ضداکسایشی تام) در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون در آزمایشگاه بیوشیمی اندازه‌گیری و مقایسه شد. برای اندازه‌گیری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز از کیت NagPix™، برای اندازه‌گیری آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز از کیت Nasdox™، برای اندازه‌گیری سطح آنزیم کاتالاز از کیت Nactaz™ و برای اندازه‌گیری توان ضداکسایشی تام از کیت Naxifer™ استفاده شد.

تحلیل آماری: داده‌ها پس از جمع‌آوری با استفاده از نرم‌افزار تجزیه‌وتحلیل آماری SPSS ویراست۲۲ تجزیه‌وتحلیل شدند. از آمار توصیفی برای محاسبهٔ میانگین و انحراف استاندارد داده‌ها استفاده شد. ابتدا توزیع طبیعی داده‌ها، با استفاده از آزمون شاپیروویلک بررسی شد. همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین ارزیابی شد. از آزمون تی همبسته به‌منظور مقایسهٔ تفاوت درون‌گروهی استفاده شد. تفاوت داده‌ها از حالت پس‌آزمون به حالت پیش‌آزمون محاسبه و در قالب دلتا بیان شد. سپس دلتا داده‌ها با استفاده از آزمون آماری آنوای یکراهه بررسی شد. به‌منظور تعیین تفاوت معنادار بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همهٔ تحلیل‌های آماری در سطح معناداری α برابر با ۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج

داده‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها در جدول ۳ خلاصه شده است.

جدول ۳. داده‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها (میانگین ± انحراف معیار)

متغیر	گروه (تمرین + دارونما)	گروه (تمرین + مکمل)	گروه مکمل	گروه کنترل
سن (سال)	۴۹/۳۰±۴/۶۴	۴۸/۹۰±۴/۳۰	۴۹/۵۰±۴/۳۰	۴۹/۴۰±۴/۳۵
وزن (کیلوگرم)	۷۶±۱۲/۸۲	۷۷/۰۸±۹/۹۴	۸۰/۱۲±۱۰/۴۸	۸۲/۶۷±۱۰/۵۳
قد (متر)	۱/۵۸±۰/۰۴	۱/۵۶±۰/۰۴	۱/۵۵±۰/۰۴	۱/۵۷±۰/۰۴
نمایهٔ تودهٔ بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۳۰/۵۰±۵/۶۶	۳۱/۶۹±۳/۷۶	۳۳/۲۳±۵/۷۳	۳۳/۳۵±۴/۸۶

افت قند خون گروه تمرین+مکمل پس از هشت هفته تمرین مقاومتی و مکمل‌دهی آب خیار نسبت به گروه کنترل و دو گروه دیگر (تمرین+دارونما و مکمل‌دهی به تنهایی) به طور معناداری بیشتر بود ($P \leq ۰/۰۵$)؛ همچنین، کاهش سطح قند خون ناشتای گروه تمرین+دارونما به طور معنادار بیشتر از گروه مکمل‌دهی به تنهایی بود ($P \leq ۰/۰۵$). افت هموگلوبین گلیکوزیله‌شده گروه تمرین+مکمل نیز نسبت به گروه کنترل و دو گروه دیگر (تمرین+دارونما و مکمل‌دهی به تنهایی) به طور معناداری بیشتر بود ($P \leq ۰/۰۵$)؛ با این همه، تفاوت بین افت هموگلوبین گلیکوزیله‌شده گروه تمرین+دارونما و گروه مکمل‌دهی تنها معنادار نبود ($P > ۰/۰۵$) (جدول۴ و ۵).

از طرفی، افزایش توان ضداکسایشی گروه تمرین+مکمل پس از هشت هفته تمرین مقاومتی و مکمل‌دهی آب خیار نسبت به گروه کنترل و دو گروه دیگر (تمرین+دارونما و مکمل‌دهی به تنهایی) به طور معناداری بیشتر بود ($P \leq ۰/۰۵$)؛ همچنین، تفاوت بین گروهی این شاخص در گروه تمرین+دارونما و گروه مکمل‌دهی به تنهایی معنادار بود (جدول۴ و ۵).

افزون بر این، افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز) گروه تمرین+دارونما به طور معناداری بیشتر از گروه کنترل و دو گروه مداخله تمرین+مکمل و مکمل‌دهی به تنهایی بود ($P \leq ۰/۰۵$)؛ در حالی که فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی گروه‌های دریافت‌کننده مکمل آب خیار (تمرین+مکمل و مکمل‌دهی به تنهایی) به طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود؛ هر چند، تفاوت افت فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز گروه تمرین+مکمل و مکمل‌دهی به تنهایی معنادار نبود ($P > ۰/۰۵$) (جدول۴ و ۵).

جدول ۴. نتایج آزمون تی وابسته و درصد تغییرات سطوح نشانگرهای اکسایشی در چهار گروه (تمرین + دارونما، تمرین + مکمل، مکمل و کنترل) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیر	گروه	زمان اندازه‌گیری		t	df	P	درصد تغییر (درصد)
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون				
قند خون ناشتا (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	تمرین + دارونما	۱۴۰/۲۰±۱۴/۱۴	۱۲۹/۸۰±۱۴/۱۶	۴۷/۰۳	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۷/۴۱
	تمرین + مکمل	۲۸۰/۱۰±۶۵/۸۵	۲۱۵/۵۰±۶۶/۴۹	۲۶/۸۱	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۲۳/۰۶
	مکمل	۱۵۴/۴۰±۱۸/۵۶	۱۲۷/۴۰±۱۹/۱۱	۱۲/۶۵	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۱۷/۴۸
	کنترل	۱۴۵/۱۰±۱۲/۸۵	۱۴۵/۶۰±۱۲/۴۵	-۱/۸۶	۹	۰/۰۹	۰/۳۴
هموگلوبین گلیکوزیله (درصد)	تمرین + دارونما	۶/۷۵±۰/۸۰	۵/۹۹±۰/۸۱	۱۶/۸۰	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۱۱/۲۵
	تمرین + مکمل	۹/۷۶±۱/۶۰	۷/۶۱±۱/۳۸	۱۴/۲۶	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۲۲/۰۲
	مکمل	۹/۹۷±۲/۰۹	۸/۹۷±۲/۰۵	۲۳/۷۱	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۱۰/۰۳
	کنترل	۶/۹۱±۰/۴۲	۶/۹۳±۰/۴۲	-۱/۵	۹	۰/۱۶	۰/۲۸
آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (mU/mL)	تمرین+ دارونما	۴۳/۲۶±۲/۶۳	۴۸/۱۰±۲/۸۸	-۱۶/۴۳	۹	٭۰/۰۰۰۱	۱۱/۱۸
	تمرین + مکمل	۴۲/۱۰±۱/۲۲	۲۳/۱۵±۱/۸۲	۲۸/۷۰	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۴۵/۰۱
	مکمل	۳۴/۹۰±۳/۷۸	۱۵/۱۰±۳/۱۴	۱۶/۰۱	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۵۶/۷۳
	کنترل	۳۴/۷۱±۳/۰۷	۳۴/۸۰±۳/۰۹	۸	۹	۰/۳۹	۰/۲۵
آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (U/mL)	تمرین+ دارونما	۴۳۵/۵۰±۶۰/۶۹	۵۱۲/۷۰±۵۸/۸۹	-۷۲/۶۵	۹	٭۰/۰۰۰۱	۱۷/۷۲
	تمرین + مکمل	۴۶۸/۶۰±۲۸/۴۲	۴۱۵/۸۰±۳۵/۶۵	۸/۶۱	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۱۱/۲۶
	مکمل	۳۵۶/۵۰±۴۶/۸۲	۲۶۷/۲۰±۵۳/۶۶	۱۴/۹۱	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۲۵/۰۴
	کنترل	۳۳۲/۸۰±۴۵/۲۷	۳۳۳/۲۰±۴۵/۱۸	-۱/۵	۹	۰/۱۶	۰/۱۲
آنزیم کاتالاز (nmol/min/mlit)	تمرین+ دارونما	۷۶/۳۷±۵/۹۰	۹۲/۲۳±۶	-۱۱۲/۸۶	۹	٭۰/۰۰۰۱	۲۰/۷۶
	تمرین + مکمل	۸۱/۶۷±۴/۱۲	۷۰/۲۱±۴/۱۵	۳۸۳/۶۷	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۱۴/۰۳
	مکمل	۷۳/۹۶±۶/۲۵	۴۷/۴۳±۶/۳۵	۲۸۵/۴۴	۹	٭۰/۰۰۰۱	-۳۵/۸۷
	کنترل	۷۵/۲۹±۲/۸۳	۷۵/۳۹±۲/۷۷	-۱/۰۵	۹	۰/۳۱	۰/۱۳
توان ضداکسایشی تام ($mmolFe^{2+}$ /ml)	تمرین+ دارونما	۱۳۱/۴۰±۶/۳۲	۱۳۶/۸۰±۶/۰۹	-۴۳/۲۹	۹	٭۰/۰۰۰۱	۴/۱۰
	تمرین + مکمل	۱۲۸/۶۰±۵/۳۱	۱۳۷/۸۵±۵/۵۷	-۴۹/۶۴	۹	٭۰/۰۰۰۱	۷/۱۹
	مکمل	۱۲۶/۹۰±۳/۴۴	۱۳۱/۳۰±۳/۲۹	-۲۳/۰۶	۹	٭۰/۰۰۰۱	۳/۴۶
	کنترل	۱۲۵±۴/۵۲	۱۲۵/۳۰±۴/۸۰	-۱/۴۰	۹	۰/۱۹	۰/۲۴

٭ سطح معناداری ≥ ۰/۰۵ در نظر گرفته شد ٭ که نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار است.

جدول ۵. نتایج آزمون آنوای یکراهه در خصوص متغیرهای نشانگرهای اکسایشی

متغیر	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	sig
قند خون ناشتا (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۲۴۳۵۰/۰۷۵	۸۱۱۶/۶۹	۳۰۹/۷۶۵	٭۰/۰۰۰۱
هموگلوبین گلیکوزیله‌شده (درصد)	۲۴/۱۷	۸/۰۵	۱۲۰/۶۲	٭۰/۰۰۰۱
آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (mU/mL)	۴۸۸۶/۲۸	۱۶۲۸/۷۶	۳۱۵/۹۹	٭۰/۰۰۰۱
آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (U/mL)	۱۵۶۸۲۲/۶۷	۵۲۲۷۴/۲۲	۲۸۰/۳۰	٭۰/۰۰۰۱
آنزیم کاتالاز (nmol/min/mlit)	۹۶۵۴/۰۱	۳۲۱۸/۰۰۱	۳۲۸۴۲/۲۸	٭۰/۰۰۰۱
توان ضداکسایشی تام ($mmolFe^{2+}$ /ml)	۴۰۵/۶۶	۱۳۵/۲۲	۴۰۹/۰۷	٭۰/۰۰۰۱

٭ سطح معناداری ≥ ۰/۰۵ در نظر گرفته شد ٭ که نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی به افزایش معنادار سطوح آنزیم‌های ضداکساینده (گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز) و توان ضداکسایشی تام در زنان مبتلا به دیابت نوع دو منجر می‌شود. اعظمیان جزی (۱۳۹۵)، در پژوهشی تأثیر هشت هفته تمرینات ترکیبی بر فشار اکسایشی در زنان یائسهٔ مبتلا به دیابت نوع دو را بررسی کرد. نتایج پژوهش‌های پیشین آن‌ها نشان داد که پس از اعمال هشت هفته تمرینات ترکیبی (تمرینات هوازی و مقاومتی) در زنان یائسهٔ مبتلا به دیابت نوع دو، سطوح سرمی آنزیم‌های ضداکساینده سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز به‌طور معناداری افزایش یافت و وضعیت فشار اکسایشی در زنان مبتلا به دیابت نوع دو که هشت هفته تمرینات ترکیبی را انجام داده بودند، بهبود پیدا کرد (۲۳). نتایج پژوهش‌های پیشین آن‌ها با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد.

در پژوهش ریبیرو[1] و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر دو دستگاه تمرین مقاومتی متفاوت بر نشانگرهای زیستی فشار اکسایشی در زنان مسن بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی پیشرونده سبب بهبود نشانگرهای فشار اکسایشی در زنان مسن شد (۲۴). نتایج آن‌ها با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد. مرادپوریان (۱۳۹۶) در پژوهشی اثر هشت هفته تمرین مقاومتی بر برخی نشانگرهای اکسایشی/ ضداکسایشی زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع دو را بررسی کرد. پس از هشت هفته تمرین مقاومتی افزایش معناداری در سطوح آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در گروه تجربی دیده شد. با این همه، در گروه کنترل تفاوت معناداری دیده نشد. بر پایهٔ یافته‌های به‌دست‌آمده می‌توان گفت که تمرین مقاومتی می‌تواند تأثیرات پیشگیرانه‌ای در برخی نشانگرهای اکسایشی/ ضداکسایشی زنان مبتلا به دیابت داشته باشد (۲۵). نتایج پژوهش آن‌ها با یافته‌های پژوهش حاضر همسوست. اکبرپور و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی را بر سطوح آنزیم‌های ضداکسایندهٔ زنان مبتلا به دیابت نوع دو بررسی کردند. نتایج پژوهش‌های پیشین آن‌ها نشان داد که اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی به افزایش سطوح آنزیم‌های ضداکسایندهٔ سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز منجر می‌شود (۲۶). نتایج آن‌ها با یافته‌های پژوهش حاضر همسوست. تمرین مقاومتی از طریق سازوکارهایی به افزایش سطوح آنزیم‌های ضداکساینده منجر می‌شود.

اکبرپوربنی و همکاران (۱۴۰۲) تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی بر برخی نشانگرهای اکسایشی و ضداکسایشی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ را بررسی کردند. می‌توان نتیجه گرفت که اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی می‌تواند نشانگرهای اکسایشی (SOD و GPX) و ضداکسایشی (MDA) را در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بهبود بخشد (۲۷). نتایج پژوهش آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه حاکی از آن است که اجرای تمرین مقاومتی به‌صورت منظم شاید، دستگاه دفاعی آنزیمی را در مقابل فعالیت بنیان‌های آزاد تقویت کند. برای نمونه آنزیم‌های میتوکندریایی سوپراکسید دیسموتاز وگلوتاتیون پراکسیداز که نقش مهمی در کاهش بنیان‌های آزاد بازی می‌کنند، به‌وسیلهٔ تمرینات ورزشی مداوم تنظیم می‌شوند. تولید بنیان‌های آزاد طی تمرین به مقدار زیادی در ماهیچه‌های قلب و اسکلتی رخ می‌دهد؛ با وجود این، به‌دلیل تهاجمی بودن، نمونه‌گیری از این بخش‌ها در انسان غیرقابل دسترس بوده است. از این‌رو برخی گزارش‌ها بیان کرده‌اند که تجمع نشانگرهای مختلف فشار اکسایشی، پس از ورزش حاد به‌سرعت در پلاسما افزایش می‌یابد. شاید افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن طی جلسات فعالیت مقاومتی، میزان مقاومت غشای سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع سلول‌ها را نسبت به واکنش‌های پراکسیداسیون چربی افزایش دهد (۲۵). افزایش معنادار در سطوح سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز وکاتالاز به‌دلیل افزایش بیشتر پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش تولید بنیان‌های آزاد طی تمرین مقاومتی است. همچنین پژوهش‌ها نشان می‌دهند که فعالیت‌های ورزشی مستمر موجب تغییراتی در رونویسی ژن آنزیم سوپراکسید دیسموتاز می‌شود که آستانهٔ مورد نیاز و دورهٔ زمانی تمرینات می‌تواند به افزایش یا کاهش میزان این آنزیم ضداکسایشده منجر شود (۲۸).

نتایج پژوهش نشان داد که آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در گروه‌های تمرین+ دارونما و تمرین+ مکمل افزایش معناداری یافت. یافته‌های پیشین نشان داده‌اند که تمرین مقاومتی سنتی با وزنه (۲۹) تأثیری بر تغییرات آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در گلبول‌های قرمز ندارد؛ درحالی‌که در پژوهشی دیگر (۳۰) گزارش شد که تمرین مقاومتی سنتی با وزنه به‌طور معناداری آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را افزایش می‌دهد. در مورد افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز می‌توان گفت که تأثیر تمرین مقاومتی در افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشده بیشتر است (۳۱). در پژوهش حاضر، از شدت ۶۰-۷۵ درصد 1 RM استفاده شد. بیشتر پژوهش‌ها تأثیرات تمرین مقاومتی با شدت متوسط تا زیاد را بررسی کرده‌اند (۳۰). همچنین غلظت آنزیم کاتالاز و توان ضداکسایشی تام پس از اعمال هشت هفته تمرین مقاومتی افزایش یافت. گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز عمل مشابهی روی پراکسید هیدروژن انجام می‌دهند، اما گلوتاتیون پراکسیداز با تجمع بالایی از گونه‌های فعال اکسیژن کارایی دارد و اهمیت عمل کاتالاز با تجمع پایین گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن انجام می‌گیرد. تمرین مقاومتی موجب افزایش فعالیت این آنزیم شد و نشان می‌دهد که غلظت پراکسید هیدروژن در محیط سلول‌ها زیاد بود و محرک مناسبی برای افزایش فعالیت این آنزیم بوده است (۳۲). در واقع انقباض‌های ماهیچه‌ای در اثر تمرین مقاومتی به فراتنظیمی آنزیم‌های ضداکسایندده (سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز) و توان ضداکسایشی تام منجر شد و این از جمله سازوکارهای مؤثر در کاهش فشار اکسایشی است (۳۳). نتایج این پژوهش و پژوهش‌های پیشین مشابه نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی از جمله تمرین مقاومتی به کمک

افزایش آنزیم‌های ضداکساینده و کاهش بنیان‌های آزاد می‌تواند مانع از التهاب و در نتیجه کاهش عوارض ناشی از بیماری دیابت نوع دو شود. از این‌رو از تمرین مقاومتی می‌توان به‌عنوان یک روش درمانی به‌منظور مدیریت درمان بیماران مبتلا به دیابت نوع دو استفاده کرد (۲۵).

درحالی‌که پژوهش‌های پیشین محدودی به‌طور خاص در خصوص تأثیر آب خیار بر سطوح آنزیم‌های (سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز و کاتالاز) وجود دارد، برخی یافته‌ها نشان می‌دهند که فلانوئیدهای موجود در خیار با از بین بردن بنیان‌های آزاد به کاهش فشار اکسایشی منجر می‌شوند و به تقویت دستگاه ایمنی بدن کمک می‌کنند. آب خیار حاوی ضداکساینده‌های مختلفی از جمله فلاونوئیدها، ویتامین C و بتاکاروتن است. این ضداکساینده‌ها نقش حیاتی در کاهش فشار اکسایشی در بدن دارند. ضداکساینده‌های موجود در آب خیار شاید به حذف بنیان‌های آزاد و جلوگیری از آسیب سلولی ناشی از فشار اکسایشی و در نتیجه بهبود ظرفیت کل ضداکسایندهٔ بدن کمک کند. با این همه، سازوکارهای دقیق سلولی و مولکولی که از طریق آن آب خیار ظرفیت ضداکسایشی را افزایش می‌دهد، به‌خوبی شناخته نشده است و به پژوهش‌های بیشتری نیاز است. در بررسی‌های انجام‌شده پژوهشی که تأثیر دریافت آب خیار را بر سطوح آنزیم‌های ضداکساینده در زنان مبتلا به دیابت نوع دو بررسی کرده باشد، یافت نشد، ولی در تحقیقات محدودی تأثیر دریافت خیار بر فشار اکسایشی نمونه‌های حیوانی بررسی شده است.

حیدری و همکاران (۲۰۱۶) تأثیرات محافظتی دریافت ۴۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر عصارهٔ خیار را در الگوهای فشار اکسایشی و پروتئین کربونیله بررسی کردند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که دریافت ۴۰ میکروگرم/ میلی‌لیتر عصارهٔ خیار در موش‌های نر نژاد Sprague-Dawley، تأثیرات محافظتی در عوارض دیابت دارد و قادر به جلوگیری از ایجاد فشار اکسایشی و پروتئین کربونیله در سلول‌های کبدی جداشده است و می‌تواند نمایندهٔ مناسبی برای کاهش فشار اکسایشی و استرس کربونیل که به‌طور معمول در دیابت دیده می‌شود، باشد (۳).

در آزمایشی که با استفاده از عصارهٔ آب خیار در دوزهای ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر در شرایط آزمایشگاهی انجام شد، عصارهٔ میوهٔ خیار بیشترین اثر ضداکسایندگی را در ۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر نشان داد که به مهار بنیان‌های آزاد منجر شد. وجود فلاونوئیدها و تانن‌ها در عصاره، همان‌طورکه توسط غربالگری فیتوشیمیایی مشهود است، نشان می‌دهد که این ترکیبات مسئول اثر مهار بنیان‌های آزادند (۳۴). افزون بر این، اثر ضداکسایندهٔ خیار را نیز می‌توان به محتوای کوئرستین موجود در آن نسبت داد. گزارش شده است که کوئرستین اکسیداسیون مولکول‌های دیگر را مهار می‌کند و به‌عنوان یک ضداکسایندهٔ طبقه‌بندی می‌شود. کوئرستین با سازوکارهای مختلفی از جمله فعالیت آن روی گلوتاتیون (GSH)، فعالیت آنزیمی، مسیرهای انتقال پیام‌ها و گونه‌های فعال اکسیژن (گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن) و همچنین تشکیل کمپلکس‌های یون فلزی، دارای تأثیرات ضداکسایشی قوی است (۳۵). در پژوهش حاضر بر اثر دریافت هشت هفته آب خیار سطوح آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز کاهش یافت. شاید بتوان کاهش در سطوح این آنزیم‌ها را به دستگاه دفاعی ضداکسایندهٔ ضعیف آزمودنی‌ها نسبت داد. با توجه به اینکه آزمودنی‌ها به دیابت نوع دو مبتلا بودند و سطوح قند خون آن‌ها در حد بالایی قرار داشت، شاید بتوان گفت که دریافت هشت هفته آب خیار برای بالا بردن سطوح آنزیم‌های ضداکسایندهٔ آن‌ها کافی نبوده است و

پژوهش‌های پیشین آتی باید بر مدت زمان پژوهشی بیشتری تمرکز داشته باشد. از طرف دیگر پس از هشت هفته دریافت آب خیار، افزایش در توان ضداکسایشی تام را می‌توان به وجود فلانوئیدها، ترکیبات فنولی، تانن‌ها و کوئرستین موجود در خیار نسبت داد (۱۶، ۳۴). ضداکسایندەهای موجود در آب خیار شاید با بالا بردن توان ضداکسایشی تام، بنیان‌های آزاد را از بین ببرند و تأثیرات مضر آن‌ها را بر اجزای سلولی از جمله آنزیم‌ها کاهش دهند. با این همه، به پژوهش‌های بیشتری برای درک کامل سازوکارهای سلولی و مولکولی خاص درگیر در این فرایند نیاز است. در نهایت، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی و دریافت آب خیار به کاهش معنادار سطوح آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز منجر شد، درحالی‌که توان ضداکسایشی تام به‌صورت معناداری افزایش یافت. در پژوهش حاضر با توجه به اثرگذاری اجرای هشت هفته تمرین مقاومتی و دریافت آب خیار بر توان ضداکسایشی تام در زنان مبتلا به دیابت نوع دو، می‌توان نتیجه گرفت که می‌توان از این دو روش برای کنترل بیماری دیابت نوع دو و بالا بردن ظرفیت ضداکسایندگی بدن در زنان مبتلا به دیابت نوع دو استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

از همۀ آزمودنی‌هایی که مارا در اجرای این پژوهش یاری کردند، قدردانی می‌شود.

حمایت مالی

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامۀ دکتری رشتۀ علوم ورزشی، گرایش فیزیولوژی ورزشی است و بدون هیچ‌گونه حمایت مالی انجام گرفته است. مقاله پس از انجام دورۀ فرصت مطالعاتی در دانشگاه شهید بهشتی تهیه شده و بخشی از تحقیق در دانشگاه شهید بهشتی در دورۀ فرصت مطالعاتی انجام شده است.

مشارکت نویسندگان

همۀ نویسندگان به‌طور مساوی در طراحی، اجرا، تحلیل داده‌ها و نوشتن مقاله مشارکت داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

پی‌نوشت

[1] Ribeiro

منابع

1. Olokoba AB, Obateru OA, Olokoba LB. Type 2 diabetes mellitus: a review of current trends. Oman medical journal. 2012;27(4):269. doi: 10.5001/omj.2012.68.

2. Cannata F, Vadalà G, Ambrosio L, Papalia R, Napoli N. Nutritional Therapy for Athletes with Diabetes. Journal of functional morphology and kinesiology. 2020;5(4):83. doi: 10.3390/jfmk5040083.

3. Heidari H, Kamalinejad M, Noubarani M, Rahmati M, Jafarian I, Adiban H, et al. Protective mechanisms of Cucumis sativus in diabetes-related modelsof oxidative stress and carbonyl stress. BioImpacts: BI. 2016;6(1):33.

4. Sonawane PK, Gaikwad S. Comparative study of HBA1C & superoxide dismutase in type II diabetes mellitus in Jalgaon district. International journal of advanced biochemistry research. 2021;5(1):39-41. DOI: 10.33545/26174693.2021.v5.i1a.64.

5. Vincent AM, Russell JW, Low P, Feldman EL. Oxidative stress in the pathogenesis of diabetic neuropathy. Endocrine reviews. 2004;25(4):612-28. doi: 10.1210/er.2003-0019.

6. Kabel AM. Free radicals and antioxidants: role of enzymes and nutrition. World Journal of Nutrition and Health. 2014;2(3):35-8. DOI: 10.12691/jnh-2-3-2.

7. de Vega RG, Fernández-Sánchez ML, Fernández JC, Menéndez FVÁ, Sanz-Medel A. Selenium levels and glutathione peroxidase activity in the plasma of patients with type II diabetes mellitus. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2016;37:44-9. doi: 10.1016/j.jtemb.2016.06.007.

8. Góth L. Catalase deficiency and type 2 diabetes. Diabetes care. 2008;31(12):e93-e. doi: 10.2337/dc08-1607.

9. Radak Z, Taylor AW, Ohno H, Goto S. Adaptation to Training-induced oxidative stress: from muscle to brain. Training immunology review. 2001;7:90-107.

10. Parise G PS, Kaczor JJ & Tarnopolsky MA. Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance Training training in older adults. Free Radical Biology and Medicine. 2005;39(2):289-95. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2005.03.024.

11. Mina Ahmadi kakavandi KA, Seyed Fardin, Qeysari. The Effects of Progressive Resistance Training on Malondialdehyde Concentration and Superoxide Dismutase Enzyme Activity in Inactive Elderly Women. Journal of Paramedical School of Tehran University of Medical Sciences. 1398;13(2):151-9. [In Persian].

12. Colberg SR SR, Fernhall B, et al. Training and type 2 diabetes: the American College Of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. Diabetes Care. 2010;33:2692-6.

13. Cannata F, Vadalà G, Russo F, Papalia R, Napoli N, Pozzilli P. Beneficial effects of physical activity in diabetic patients. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2020;5(3):70.

14. Bartimaeus E-AS, Echeonwu JG, Ken-Ezihuo SU. The effect of cucumis sativus (cucumber) on blood glucose concentration and blood pressure of apparently healthy individuals in port harcourt. European Journal of Biomedical. 2016;3(12):108-14.

15. Sahu T, Sahu J. Cucumis sativus (cucumber): A review on its pharmacological activity. Journal of Applied Pharmaceutical Research. 2015;3(1):04-9.

16. Cook NC, Samman S. Flavonoids—chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. The Journal of nutritional biochemistry. 1996;7(2):66-76.

17. Akula US, Odhav B. In vitro 5-lipoxygenase inhibition of polyphenolic antioxidants from undomesticated plants of South Africa. Journal of Medicinal Plants Research. 2013;2(9):207-12.

18. Stratil P, Klejdus B, Kubáň V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. Journal of agricultural and food chemistry. 2006;54(3):607-16. doi: 10.1021/jf052334j.

19. Fathi M, Rahmani M, Rahmati M, Valipour V. The Effect of Resistance Activity on Diabetes Indicators in Women with Type 2 Diabetes. Qom Univ Med Sci J. 2018;12(7):41-50. [In Persian].

20. Dianatinasab A, Koroni R, Bahramian M, Bagheri-Hosseinabadi Z, Vaismoradi M, Fararouei M, et al. The effects of aerobic, resistance, and combined Trainings on the plasma irisin levels, HOMA-IR, and lipid profiles in women with metabolic syndrome: A randomized controlled trial. Journal of Training Science & Fitness. 2020;18(3):168-76. doi: 10.1016/j.jesf.2020.06.004.

21. 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].

22. Ravanshad S, Naserollahzadeh J, Sovaid M, Setoudehmaram E. Effect of sour orange (Citrus Aurantium L.) juice consumption on blood glucose and lipid profile in diabetic patients with dyslipidemia. Journal of Guilan University of Medical Sciences. 2006;15(57):48-53. [In Persian].

23. Azamian Jazi A, Shokouhi R. The effect of an eight week combined Training training on oxidative stress and lipid peroxidation in postmenopausal women with type 2 diabetes. SSU_Journals. 2016;24(8):667-78. [In Persian].

24. Ribeiro AS, Deminice R, Schoenfeld BJ, Tomeleri CM, Padilha CS, Venturini D, et al. Effect of resistance training systems on oxidative stress in older women. International journal of sport nutrition and Training metabolism. 2017;27(5):439-47. doi: 10.1123/ijsnem.2016-0322.

25. 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. DOI: 10.22111/RBPA.2017.5549.[In Persian].

26. 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. Journal of Knowledge & Health.2019;14(3). DOI: 10.22100/jkh.v14i3.2302. [In Persian]

27. Akbarpour M, Sabagheyan Rad S, Chamani N. Comparison of the effects of eight weeks of traditional resistance training and TRX on oxidative and antioxidant indicators in women with type 2 diabetes. Journal of Sport and Training Physiology. 2023;16(3):66-75. [In Persian].

28. Wang C-Q, Yang G-Q. Betacyanins from Portulaca oleracea L. ameliorate cognition deficits and attenuate oxidative damage induced by D-galactose in the brains of senescent mice. Phytomedicine. 2010;17(7):527-32. doi: 10.1016/j.phymed.2009.09.006.

29. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Peeri M, Agha-Alinejad H, Stannard S. The effect of progressive resistance training on oxidative stress and antioxidant enzyme activity in erythrocytes in untrained men. International journal of sport nutrition and Training metabolism. 2013;23(3):230-8. doi: 10.1123/ijsnem.23.3.230.

30. Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Atashak S,

Stannard SR. Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. Research in sports medicine. 2015;23(1):73-87. doi: 10.1080/15438627.2014.975807.

31. Sallam N, Laher I. Training modulates oxidative stress and inflammation in aging and cardiovascular diseases. Oxidative medicine and cellular longevity. 2016:2016:7239639 .doi: 10.1155/2016/7239639.

32. Kalvandi F, Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Branch S. Effects of elastic resistance training and traditional weight training on antioxidant and oxidative stress markers in untrained men. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019;8(3):57-65.

33. Vincent KR, Vincent HK, Braith RW, Lennon SL, Lowenthal DT. Resistance Training training attenuates Training-induced lipid peroxidation in the elderly. European journal of applied physiology. 2002;87:416-23. DOI: 10.1007/s00421-002-0640-2

34. Kumar D, Kumar S, Singh J, Vashistha B, Singh N. Free radical scavenging and analgesic activities of Cucumis sativus L. fruit extract. Journal of young pharmacists. 2010;2(4):365-8.

35. Atta A, Saad S, Atta S, Mouneir S, Nasr S, Desouky H, et al. Cucumis sativus and Cucurbita maxima extract attenuate diabetes-induced hepatic and pancreatic injury in a rat model. Journal of Physiology & Pharmacology. 2020;71(4).