

A Comparison of the Effect of Eight Weeks Aerobic Training and Vitamin C Supplements Consumption on Antioxidant Enzymes in Men With Type 2 Diabetes

Shirebrahimi E.¹ *MSc*, Ramezanpour MR.* *PhD*, Hejazi SM.¹ *PhD*

*Exercise Physiology Department, Physical Education & Sport Sciences Faculty, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

¹Exercise Physiology Department, Physical Education & Sport Sciences Faculty, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

Abstract

Aims: Type 2 diabetes is increasing as a common global health issue. The aim of this study was to investigate the comparison of the effect of eight weeks aerobic training and vitamin C supplements on antioxidant enzymes in men with type 2 diabetes.

Materials & Methods: In this semi-experimental study, 45 men with type 2 diabetes were selected by convenience sampling method. Were divided randomly into 3 equal groups: aerobic training with supplement, aerobic training with placebo and control groups. Aerobic training program included aerobic trainings up to 50-60 minutes at 65%-75% maximum reserve heart rate, three sessions per week which lasted for 8 weeks. Meanwhile, the supplement group took 100 mg of vitamin C before each training session. In this period, the control group did not take part in any physical activity. To make intra and between groups comparison, repeated measure (ANOVA) was used. For all statistical comparisons, the level of significance was set at $p < 0.05$.

Findings: Eight weeks aerobic training with placebo and vitamin C supplements lead to a significant reduction in MDA and increase of SOD and CAT in men with Type 2 Diabetes. The average differences in the MDA, SOD and CAT levels have a statistically significant difference between the three groups.

Conclusion: Eight weeks of aerobic training, vitamin C supplements consumption and especially mix of them with together have similar affected on increase of antioxidant enzymes, prevents exercise-induced oxidative stress and thus type 2 diabetes. Therefore, it is recommended to use this method as an effective non-pharmacologic treatment method for prevention of adverse effects of an increased incidence of diabetes mellitus.

Keywords:

Aerobic Exercise [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=aerobic+exercise>];

Vitamin C [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68001205>];

Antioxidants [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68000975>];

* Corresponding Author

Tel: 051-35251317

Fax: 051-35251317

Address: Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Mashhad branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

ramezanpour@mshdiau.ac.ir

Received: 25 Nov 2017

Accepted: 02 May 2018

ePublished: May 16, 2018

مقایسه اثر هشت هفته تمرین هوازی و مصرف ویتامین C بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مردان دیابتی نوع ۲

الیاس شیر ابراهیمی MSc

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد مشهد، مشهد، ایران.

محمدرضا رمضان پور PhD

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد مشهد، مشهد، ایران.

محمود حجازی PhD

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

اهداف: دیابت نوع ۲ به‌عنوان یک مسئله بهداشت جهانی شایع بوده و رو به افزایش می‌باشد. هدف از این پژوهش مقایسه تأثیر اثر هشت هفته تمرین هوازی و مصرف ویتامین C بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مردان دیابتی نوع ۲ بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه تجربی، ۴۵ مرد دیابتی نوع ۲ به روش نمونه‌گیری در دسترس و هدفمند انتخاب شدند. به‌طور تصادفی در سه گروه مساوی ۱۵ نفری، تمرین+مکمل، تمرین+شبه دارو و کنترل؛ تقسیم شدند. گروه تمرین هوازی به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه به مدت ۵۰ تا ۶۰ دقیقه با شدت معادل ۷۵-۶۵٪ حداکثر ضربان قلب بود. گروه مصرف مکمل در همین زمان، ویتامین C به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم قبل از هر جلسه تمرین مصرف می‌کردند و در این مدت آزمودنی‌های گروه کنترل در هیچ فعالیت ورزشی شرکت نداشتند. برای مقایسه میانگین‌های درون و بین گروهی از روش تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری استفاده شد و نتایج در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ آزمایش شدند. **یافته‌ها:** هشت هفته برنامه تمرین هوازی همراه با مصرف دارونما و تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل ویتامین C منجر به کاهش معنی‌داری در مقادیر مالون دی‌آلدئید، افزایش معنی‌دار سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز مردان دیابتی نوع ۲ شد. تغییرات میانگین‌های بین گروهی در متغیرهای مالون دی‌آلدئید، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز در بین سه گروه تفاوت معنی‌دار وجود داشت.

نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرین هوازی، مصرف ویتامین C و خصوصاً ترکیب این دو با یکدیگر نسبتاً اثرات یکسانی بر افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بیماران دیابتی شده و از استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش و همچنین بیماری دیابت جلوگیری کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود از این روش به‌عنوان یک روش درمانی غیردارویی موثر برای پیشگیری از اثرات سوء ناشی از افزایش بروز بیماری دیابت استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: تمرین هوازی، ویتامین C، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۲

*نویسنده مسئول: ramezanpour@mshdiau.ac.ir

مقدمه

دیابت نوع ۲ به‌عنوان یک مسئله بهداشت جهانی شایع بوده و رو به افزایش می‌باشد. براساس آمار انجمن دیابت آمریکا، در جهان حدود ۴۰۰ میلیون نفر به دیابت مبتلا هستند که پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال ۲۰۳۵ به بیش از ۶۰۰ میلیون نفر افزایش یابد. در ایران نیز بیش از ۱۰ درصد جمعیت بالغ را دیابتی‌ها تشکیل می‌دهند که نیمی از آن‌ها از دیابت خود هنوز بی‌اطلاع‌اند^[1]. دیابت

هر سال سبب مرگ بیش از ۵ میلیون نفر می‌شود و هزینه درمان دیابت و عوارض آن بیش از ۵۰۰ میلیارد دلار در سال است^[2]. بیماری دیابت یک نوع اختلال متابولیکی است که منجر به نقص در ترشح انسولین، عمل آن و یا هر دو شده و نتیجه آن هیپرگلیسمی همراه با اختلال در متابولیسم کربوهیدرات، چربی و پروتئین می‌باشد. عواقب طولانی‌مدت دیابت شامل رتینوپاتی، نفروپاتی، نوروپاتی و افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی می‌باشد^[3].

برخی از مطالعات نشان می‌دهد که استرس اکسیداتیو می‌تواند در ایجاد و پیشرفت عوارض بیماری‌های مختلف از جمله دیابت مؤثر باشد^[4]. تولید گونه‌های اکسیژن فعال، سبب بروز استرس اکسایشی شده و با ایجاد اختلال در موازنه اکسیدانت‌ها و آنتی‌اکسیدانت‌ها، اثرات مخربی را در سلول‌ها به وجود می‌آورد و این در حالی است که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) به‌عنوان عوامل مداخله‌گر، برای جلوگیری از بروز واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد، وارد عمل شده و در تعدیل فشار اکسایشی نقش مؤثری ایفا می‌کنند^[5-6].

اگرچه، فعالیت‌های ورزشی از یک‌سو با افزایش فشار اکسایشی، احتمال تشکیل رادیکال‌های آزاد مضر را افزایش می‌دهند، اما از طرف دیگر با القای آنزیم‌های ضد اکسایشی، سبب کاهش رادیکال‌های آزاد نیز می‌شوند^[7]. سوپر اکسید دیسموتاز، از خانواده آنزیم‌های فلزی است که بسته به یون فلزی پیوند خورده با جایگاه فعال، سه نوع آنزیم Mn-SOD (مس و روی)، CuZn-SOD (منیزیم) و Fe-SOD (آهن) وجود دارد. بالاترین فعالیت SOD در کبد است و فعالیت آن در عضله اسکلتی مشابه قلب است ولی توزیع آن در بافت‌ها متفاوت است. SOD اولین خط دفاع آنزیمی در برابر رادیکال‌های آزاد است و باعث تبدیل سوپر اکسید به پراکسید هیدروژن می‌شود^[8]. کاتالاز، آنزیمی وابسته به آهن است. به‌طور عمده در اندام‌هایی به نام پراکسی زوم‌ها واقع شده است. H₂O₂ را به H₂O تبدیل می‌کند و فعالیت مشابه SOD دارد و بالاترین فعالیت آن در کبد و پایین‌ترین فعالیت در عضله اسکلتی برقرار می‌باشد. در عضله اسکلتی، فعالیت آن برحسب نوع تار متفاوت است بیشتر فعالیت آن در تارهای نوع اول (I) و کمترین فعالیت آن در تارهای نوع دوم (IIa) می‌باشد^[9].

همچنین، از جمله مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های محلول در آب ویتامین C است که در بخش سیتوزول و مایع خارج سلولی قرار دارد. این ویتامین تمیزکننده قوی رادیکال‌های سوپر اکسید و هیدروکسیل تشکیل شده در محیط‌های آبی مانند پلاسما است؛ همچنین توانایی بازیافت ویتامین E را داراست و با دادن یک الکترون به رادیکال ویتامین E، آن را بازیافت می‌کند^[10]. ویتامین C با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و محلول بودن در آب از نظر ساختاری شبیه گلوکز است. این ویتامین در آزادسازی انسولین و در بهبود هیپرگلیسمی نقش دارد^[11-12]. با توجه به عوارض متعدد، این بیماری

آن‌ها در ارتباط با تمرینات شدید و کوتاه‌مدت بوده است و تحقیقاتی که منحصراً ارتباط بین تمرینات هوازی و مصرف مکمل ویتامین C و تغییرات میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را بررسی کرده باشند، اندک و درعین حال متناقض هستند. بنابراین هدف تحقیق حاضر، مقایسه اثر هشت هفته تمرین هوازی و مصرف ویتامین C بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مردان دیابتی نوع دو بود.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها: این تحقیق از نوع نیمه تجربی است که با طرح دو گروه تجربی و کنترل با پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. نمونه آماری این تحقیق را بیماران مرد دیابتی نوع دو ساکن شهرستان مشهد با دامنه سنی بین ۴۰ تا ۵۰ سال تشکیل دادند. بیماران مرد دیابتی نوع دو از کلیه شرکت‌کنندگانی که عضویت در انجمن بین‌المللی دیابت واقع در پایگاه میلاد شهرستان مشهد بودند. از میان افراد واجد معیارهای انتخاب ۴۵ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس و هدف‌دار گزینش و به‌طور تصادفی به سه گروه تمرین+مکمل (۱۵ نفر)، تمرین+شبه دارو (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه همکاری برای اجرای پژوهش آشنا شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: عدم مصرف دارو و عدم استعمال دخانیات، دارای سابقه ۴ تا ۶ سال بیماری دیابت نوع ۲ بود. آزمودنی‌ها بر اساس شرایط تحقیق به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایت‌نامه را امضا نمودند. جهت تعیین حجم نمونه در این تحقیق از معادله برآورد حجم نمونه فلیس^[22] استفاده شد:

$$n = \frac{2\sigma^2(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{d^2} = \frac{2(2.5)^2(2 + 1.28)^2}{3.5^2} = 10.97 \approx 11$$

در این معادله؛ توان آزمون ۰/۸ و آلفای معادل ۰/۰۵ و تغییرات میانگین ۵ واحد در نظر گرفته شد، و براساس برآورد صورت‌گرفته، حجم نمونه، ۱۰/۹۷ نفر به دست آمد که با احتیاط بیشتر از میان مردان میان‌سال داوطلب، تعداد ۱۵ مرد مبتلابه دیابت نوع دو به‌عنوان گروه‌های تجربی انتخاب شدند.

ترکیب بدنی: برای ارزیابی ترکیب بدنی به ترتیب طول قد آزمودنی‌ها با قد سنج سکا (ساخت کشور آلمان) با حساسیت ۵ میلی‌متر، استفاده شد. بدین منظور فرد بدون کفش روی زمین به‌صورت صاف و کشیده ایستاد به‌طوری که وزن به‌طور مساوی روی هر دو پا تقسیم‌شده، سر و دید چشم‌ها موازی سطح افق باشد. سپس در انتهای بازدم معمولی، خط‌کش افقی طوری روی سر قرار گرفت که مماس بر کاسه سر بوده و با خط‌کش عمودی زاویه قائمه بسازد. وزن آزمودنی‌های واجد شرایط به‌وسیله ترازوی دیجیتالی کمپانی Beurer آلمان (مدل PS07-PS06) اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که فرد بدون کفش و با یک دست لباس تمرینی سبک روی ترازو قرار

درمان مناسبی را می‌طلبد. در حقیقت درمان دیابت نوع دو یک چالش است^[13]. درمان‌های قابل دسترس برای دیابت نوع دو شامل تغییر سبک زندگی با ورزش، تغذیه، داروهای خوراکی و انسولین می‌باشند^[14]. در این زمینه، اجرای تمرینات استقامتی متداول و منظم با شدت متوسط باعث افزایش حساسیت به انسولین می‌شود^[15] و می‌تواند میزان مقاومت بافت‌ها را در برابر پراکسیداسیون لیپید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها را افزایش دهد^[16]. هر چقدر مدت و شدت تمرین استقامتی افزایش یابد، تولید رادیکال‌ها افزایش یافته و تارهای عضلانی صدمه بیشتری می‌یابند. شواهد نشان می‌دهند که چاقی و عدم تحرک با افزایش خطر ابتلا به بیماری دیابت نوع ۲ ارتباط دارد^[17]. فعالیت‌های منظم بدنی، احتمال ابتلا به بیماری دیابت نوع ۲ را کاهش می‌دهد و کنترل قند خون را در این افراد بهبود می‌بخشد^[18]. در این زمینه اجرای تمرینات بدنی همچون تمرینات هوازی با شدت ۵۰ الی ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در هر جلسه می‌تواند در جهت بهبود این بیماری مؤثر واقع شود^[19]. در این زمینه، سیلوا و همکاران با بررسی اثر تمرین هوازی با دو شدت کم (۱۵ دقیقه در روز به مدت ۵ روز در هفته به مدت ۸ هفته) و متوسط (۴۵ دقیقه در هر جلسه، ۵ روز در هفته برای مدت ۸ هفته با سرعتی معادل ۱۳ دور بر دقیقه در ۴ هفته اول و سپس ۱۶ دور در دقیقه در ۴ هفته دوم) روی شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی روی موش‌های ویستار انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در گروه تمرین متوسط سوکسینات دهیدروژناز (SDH)، کمپلکس ۱ و ۲ نسبت به گروه تمرین با شدت پایین بالاتر بود. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی SOD و CAT به ترتیب ۷۱ و ۷۳ درصد در هر دو گروه افزایش یافت^[20]. پابلت و همکاران با بررسی اثر متقابل تمرین هوازی (با شدتی معادل بین ۴۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب برای مدت ۳۰ دقیقه) در مقابل تمرین تناوبی (۴ تمرین اینتروال، ۱ دقیقه‌ای با ۸۰ درصد +Vo2max دقیقه با ۵۰ درصد Vo2max) بر میزان کاهش یافتن استرس اکسیداتیو در مردان دیابتی نوع ۲ به این نتیجه رسیدند که SOD در هر دو گروه تغییر معنی‌داری پیدا نکرد اما مقادیر ملون دی آلدئید در هر دو گروه کاهش معنی‌دار یافت^[8]. طاهری و همکاران با بررسی اثر شش هفته تمرین تناوبی شدید (۴ ست تست RAST، ۳۵ متر مسافت) به سه دقیقه استراحت بین ست‌ها در هفته‌های اول و دوم که یک ست در هفته تا پایان هفته ششم اضافه می‌شد به این نتیجه رسیدند که تغییر معنی‌داری در سطح مالون دی آلدئید در گروه تمرین دیده نشد در صورتی که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در پایان دوره افزایش معنی‌داری یافت^[21]. در نتیجه، اگرچه تحقیقات متعددی در خصوص تمرینات ورزشی و تولید رادیکال‌های آزاد صورت پذیرفته است، اما اکثر

استفاده شد؛ همچنین به منظور مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون تعقیبی LSD مورد استفاده قرار گرفت. و برای تعیین معنی‌داری نتایج، سطح $p < 0.05$ به عنوان ضابطه تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های آزمودنی‌های شرکت‌کننده در مطالعه به تفکیک سه گروه تمرین+مکمل، تمرین+دارونما و کنترل در جدول یک نشان داده شده است. این سه گروه پیش از مداخله به لحاظ سن، قد، وزن و نمایه توده بدن تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p > 0.05$).

جدول ۱) میانگین، انحراف معیار و همچنین نتایج آزمون T مستقل برای بررسی فرض همگن بودن واریانس‌ها در شروع دوره تمرین

اندازه‌های تن سنجی	گروه‌ها	میانگین± انحراف معیار		آزمون لون برای تعیین برابری واریانس‌ها	
		P	F	P	F
سن (سال)	تمرین+مکمل	۴۴/۵±۲/۷۶			
	تمرین+دارونما	۴۵/۰±۴/۰۴			
	کنترل	۴۶/۳±۳/۶۳			
قد (سانتی متر)	تمرین+مکمل	۱۷۲/۱۴±۸/۳۸			
	تمرین+دارونما	۱۷۳/۰۸±۸/۲۷			
	کنترل	۱۶۵/۶۱±۸/۸۴			
وزن (کیلوگرم)	تمرین+مکمل	۷۵/۹۰±۶/۸۵			
	تمرین+دارونما	۷۷/۲±۱۰/۳۹		۰/۶۳	۰/۸۰
	کنترل	۸۰/۴±۸/۵			
نمایه توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	تمرین+مکمل	۲۵/۷۳±۲/۹۵			
	تمرین+دارونما	۲۵/۶۲±۳/۵۳		۰/۳۸	۰/۳۲
	کنترل	۲۷/۷۹±۱/۹۲			

بر اساس جدول دو، هشت هفته برنامه تمرین هوازی و تمرین به همراه مکمل منجر به کاهش معنی‌داری در مقادیر مالون دی آلدهید، افزایش معنی‌دار سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز مردان دیابتی نوع ۲ شد. همچنین بر اساس نتایج این جدول، تغییرات میانگین‌های بین گروهی در متغیرهای مالون دی آلدهید، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز در بین سه گروه تمرین+مکمل، تمرین+دارونما و کنترل تفاوت معنی‌دار وجود داشت.

بحث

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق هشت هفته برنامه تمرین هوازی و تمرین به همراه مکمل منجر به کاهش معنی‌داری در مقادیر مالون دی آلدهید، مردان دیابتی نوع ۲ شد. نتایج این پژوهش با یافته‌های والانگو و همکاران

گرفته و وزن وی برحسب کیلوگرم اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری نمایه توده بدن آزمودنی‌ها، قبل از شروع تمرینات بدنی ابتدا قد و وزن آن‌ها گرفته شد و سپس با استفاده از تقسیم وزن به مجذور قد به متر، نمایه توده بدن آزمودنی‌ها به دست آمد. در این فرمول، وزن برحسب کیلوگرم و قد برحسب متر و واحد نمایه توده بدن کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد.

نمونه‌گیری خونی: همچنین، در این تحقیق نمونه‌های خونی در ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت بعد از جلسه تمرین جمع‌آوری شد. نمونه‌گیری در بین ساعات ۸-۹ صبح در آزمایشگاه از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت انجام شد. برای تعیین میزان اندازه‌گیری مقدار سرمی مالون دی آلدهید، آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به روش الایزا و با استفاده از کیت زلبایو، کشور آلمان تعیین شد.

مصرف مکمل ویتامین C: آزمودنی‌های گروه مصرف مکمل ویتامین C به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم قبل از هر جلسه تمرین به مدت هشت هفته از قرص ویتامین C استفاده می‌نمودند. برای آزمودنی‌های گروه شبه دارو نیز در این مدت از دارو نما استفاده شد. جهت یکسان بودن مصرف ویتامین C، محصولات یک شرکت تولیدی به گروه آزمون داده می‌شد. همچنین ویزیت هفتگی نیز جهت اطمینان از ادامه مصرف ویتامین C صورت می‌گرفت.

برنامه تمرینی: پروتکل تمرینی شامل ۸ هفته تمرینات هوازی بود که در هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه به مدت ۵۰ تا ۶۰ دقیقه اجرا شد. برنامه تمرینی شامل گرم کردن عمومی به مدت ۱۰ دقیقه (راه رفتن، دویدن نرم، حرکات کششی و جنبش‌پذیری)؛ اجرای تمرینات هوازی شامل ۱۵ دقیقه راه رفتن روی تردمیل و بعد از آن بین ۱۲ تا ۲۷ دقیقه دویدن با شدت فزاینده صورت پذیرفت. شدت تمرین به وسیله ضربان سنج (POLAR / فنلاند) کنترل شد. در پایان هر جلسه تمرین ورزشی به مدت ۱۰ دقیقه بازگشت بدن به حالت اولیه و سرد کردن (دویدن آهسته، راه رفتن و حرکات کششی) انجام می‌شد [23]. در پایان طرح (پس از هشت هفته) مشابه شرایط پیش‌آزمون دوباره تمام اندازه‌گیری‌ها انجام و داده‌ها جمع‌آوری شد. همچنین، گروه شاهد هیچ فعالیتی در طول دوره تحقیق نداشتند و غیرفعال بودند (همچون قبل از مطالعه حاضر، شیوه زندگی غیرفعال داشتند).

روش آماری: در پایان مرحله اجرایی پژوهش، داده‌های جمع‌آوری شده با کمک نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند. پس از تأیید نرمال بودن توزیع نظری داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگوروف اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون، برای مقایسه میانگین‌های درون گروهی و بین گروهی از آمار استنباطی (تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری)

متغیرها	گروه‌ها	مراحل نمونه‌گیری		تغییرات	
		پیش‌آزمون (M±SD)	پس‌آزمون (M±SD)	درون گروه P-Value	بین گروه P-Value
مالون دی آلدئید (میکرومول بر میلی لیتر)	تمرین+مکمل	۵۹/۲۵±۵/۶۵	۵۵/۱۶±۵/۳۲	۰/۰۰۱+	۰/۰۰۱+
	تمرین+دارونما	۵۸/۷۴±۵/۶۷	۵۳/۱۸±۳/۷۷	۰/۰۰۱+	
	کنترل	۵۸/۱۵±۷/۰۳	۶۲/۱۹±۵/۸۳	۰/۰۰۱+	
سوپر اکسید دیسموتاز (واحد بر میلی متر)	تمرین+مکمل	۲۰/۹۶±۴/۱۲	۳۹/۲۲±۱۷/۷	۰/۰۰۳+	۰/۰۰۱+
	تمرین+دارونما	۲۵/۴۵±۶/۷۳	۳۷/۷۸±۸/۲۶	۰/۰۰۱+	
	کنترل	۳۲/۲۷±۱۲/۵۱	۳۱/۱۱±۱۰/۵۳	۰/۵۸۵	
کاتالاز (واحد بر میلی متر)	تمرین+مکمل	۴/۷۹±۲/۳۳	۱۰/۹۵±۲/۹۵	۰/۰۰۱+	۰/۰۰۱+
	تمرین+دارونما	۴/۳۴±۳/۰۴	۶/۰۵±۳/۲۱	۰/۰۴۴+	
	کنترل	۵/۵۴±۵/۹۲	۵/۷۵±۵/۵۱	۰/۸۲۹	

* معنی داری در سطح $p < 0.05$ † معنی دار بودن

می‌رسد، کاهش MDA ناشی از دفاع ضد اکسایشی در اجرای فعالیت‌های هوازی منظم باشد. چنانچه، اجرای تمرینات نامنظم از طریق افزایش هورمون‌هایی همچون اپینفرین نوراپینفرین، پروستاگلندین‌ها و فعالیت ماکروفاژها بر عملکرد اکسایشی سلول‌ها و ساختمان غشاء سلولی اثرگذار است و موجب افزایش فشار اکسایشی و پراکسیداسیون لیپیدی می‌شود^[30]. اجرای تمرینات منظم هوازی منجر به افزایش دفاع ضد اکسایشی، و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی می‌شود^[31] در واقع، تقویت دفاع ضد اکسایشی سبب خنثی شدن بیشتر رادیکال‌های آزاد می‌گردد، با این سازگاری‌ها این انتظار وجود دارد که فشار اکسایشی پس از تمرین‌های هوازی کاهش یابد. تمرین منظم توانایی سیستم‌های ضد اکسایشی بدن را افزایش می‌دهد و بدن را در مقابل خاصیت تخریب‌کنندگی فشار اکسایشی که در اثر ورزش افزایش می‌یابد، محافظت می‌کند^[32]. به نظر می‌رسد، شدت و مدت فعالیت‌های ورزشی در این مطالعه، موجب آثار مفید دفاع ضد اکسایشی شده و میزان پراکسیداسیون لیپید را کاهش داده است. با توجه به کاهش معنادار شاخص پراکسیداسیون لیپید، به نظری رسد سازگاری لازم جهت بهینه‌تر شدن اکسیداسیون چربی برای تأمین انرژی موردنیاز، بوجود آمده و از عوارض ناشی از اکسیژن اضافی در مسیر اکسیداسیون جلوگیری شده باشد. در زمینه اثر تمرین‌های هوازی بر شاخص‌های پراکسیداسیون لیپید، نتایج متفاوتی گزارش شده است. در این زمینه، وجود چنین تفاوت‌هایی می‌تواند با وضعیت تغذیه، شدت تمرین‌ها، سطح تمرین، آمادگی بدنی افراد و روش‌های اندازه‌گیری استرس‌های اکسیداتیو مرتبط باشد^[33]. چنانچه، کاهش یافتن سطوح MDA در یافته‌های این پژوهش احتمالاً می‌تواند برگرفته از کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و یا افزایش کارایی سیستم آنتی‌اکسیدانی در آزمودنی‌ها باشد.

و گپت و همکاران همخوانی دارد^[24-25]. اما با یافته‌های قهرمانی مقدم و همکاران و جارت و همکاران همخوانی ندارد^[26-27]. والاندو و همکاران با بررسی اثر تمرینات شدید بر سطوح نیتریک اکساید و مالون دی آلدئید ۱۶ مرد انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که سطوح نیتریک اکساید و مالون دی آلدئید به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد^[25]. گپت و همکاران با بررسی اثر تمرین هوازی متوسط بر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی ۳۰ مرد سالم با دامنه سنی ۱۸ الی ۲۲ سال به این نتیجه رسیدند که مقادیر پلاسمایی مالون دی آلدئید در پایان دوره تمرین هوازی کاهش معنی‌داری یافت^[24]. قهرمانی مقدم و همکاران با بررسی اثر هشت هفته تمرینات هوازی (هر هفته سه جلسه به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه با شدتی معادل ۵۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره) بر سطوح مالون دی آلدئید زنان غیرفعال انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تغییر معنی‌داری در سطوح مالون دی آلدئید در پایان دوره مشاهده نشد^[27]. جارت و همکاران با بررسی تأثیر ۲۴ جلسه تمرین هوازی، هر جلسه ۳۰ تا ۴۰ دقیقه برای مدت ۸ هفته با شدت معادل ۱۰۰ درصد MLSS به صورت فزاینده بر پارامترهای استرس اکسیداتیو زنان یائسه پرداختند به این نتیجه رسیدند که تغییری در سطوح مالون دی آلدئید (MDA) و کاتالاز در پایان دوره دیده نشد اما افزایش معنی‌داری را در سوپراکسیداتیو دیس موتاز مشاهده کردند^[28]. این می‌تواند موجب افزایش گونه‌های واکنشی اکسیژن (ROS) شود که خود ناشی از افزایش مصرف اکسیژن حین فعالیت بدنی می‌باشد. از بین گونه‌های واکنشی اکسیژن، گروه رادیکال هیدروکسیل موجب پراکسیداسیون چربی‌ها می‌شود که از محصولات آن می‌توان مالون دی آلدئید را نام برد و به‌عنوان شاخص فشار اکسایشی در نظر گرفت^[29]. به نظر

تارهای عضلانی دارد^[39]. پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی نیز بود که از آن جمله می‌توان به عدم کنترل فعالیت بدنی گروه‌های تحقیق در خارج از زمان مطالعه، عدم کنترل ویژگی‌های ژنتیک که روی دیابت اثر می‌گذراند و عدم کنترل کامل شرایط روحی- روانی آزمودنی‌ها در طول تحقیق اشاره نمود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی این موارد مورد توجه محققان قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی می‌توان گفت که هشت هفته تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل ویتامین C و تمرین هوازی همراه دارونما از طریق کاهش معنی‌دار مالون دی‌آلدئید و افزایش معنی‌داری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز منجر به بهبود سلامت افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ شده و از استرس اکسایشی ناشی از ورزش و همچنین بیماری دیابت، جلوگیری نماید.

تشکر و قدردانی: این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد آقای ابراهیم شیرابراهیمی می‌باشد که در جلسه گروه دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد واحد مشهد تحت کد ۱۰۸-۵۲۱ ثبت شده است.

تأییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: الیاس شیرابراهیمی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۴۵٪)؛ دکتر محمدرضا رمضان پور (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی / تحلیلگر آماری (۴۵٪)؛ دکتر سید محمود حجازی (نویسنده سوم)، روش شناس / نگارنده بحث (۱۰٪).

منابع مالی: مطالعه حاضر بدون حمایت مالی انجام شده است.

منابع:

- 1- Association AD. Standards of medical care in diabetes-2012. *Diabetes Care*. 2012;35:S11.
- 2- Azimi-Nezhad M, Ghayour-Mobarhan M, Parizadeh M, Safarian M, Esmaeili H, Parizadeh S, et al. Prevalence of type 2 diabetes mellitus in Iran and its relationship with gender, urbanisation, education, marital status and occupation. *Singapore Medical Journal*. 2008;49(7):571.
- 3- Ghalavand A, Shakeryan S, Nikbakht A, Mehdipour A, Monazamnezhad A, Delaramnasab M. Effects of aerobic training on cardiorespiratory factors in men with type 2 diabetes. *Journal of Diabetes Nursing*. 2014;2(2):8-17.
- 4- Haliwell B. Free radicals antioxidants and human disease: curiosity, cause or consequence. *Lancet*. 1994;344(7):721-724.
- 5- Kabel AM. Free radicals and antioxidants: role of

براساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق هشت هفته برنامه تمرین هوازی و تمرین به همراه مکمل منجر به افزایش معنی‌دار سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز در مردان دیابتی نوع ۲ شد. نتایج این پژوهش با یافته‌های فکوری جویباری و علیپور و همکاران همخوانی دارد^[35-34]. اما با یافته‌های کورب و همکاران و پری‌یرا و همکاران همخوانی ندارد^[37-36]. فکوری جویباری با بررسی اثر هشت هفته تمرین هوازی (سه جلسه در هر هفته، با شدتی معادل ۷۰-۵۰ درصد حداکثر ضربان قلب و به مدت ۷۵-۶۰ دقیقه در هر جلسه) به همراه مصرف خرفه بر شاخص‌های پراکسیداسیونی (MDA, SOD) و CAT در ۲۸ زن کم تحرک مبتلا به بیماری دیابت نوع ۲ به این نتیجه رسیدند که پس از هشت هفته میزان MDA در گروه تمرین، مکمل و تمرین همراه با مکمل کاهش و سطح SOD و CAT افزایش معنی‌دار یافت. همچنین بین مقادیر MDA در گروه تمرین و تمرین همراه با مکمل، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد^[35]. علیپور و همکاران با بررسی اثر هشت هفته تمرین هوازی، هفت روز در هفته، به مدت ۴۰ دقیقه با سرعت ۱۷ متر بر دقیقه روی رت‌های دیابتی انجام دادند. به این نتیجه رسیدند که میزان آنزیم‌های CAT و SOD در بین رت‌های دیابتی افزایش معنی‌داری یافت^[34]. کورب و همکاران با بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین حاد و مزمن تمرین در آب و خشکی روی پارامترهای استرس اکسیداتیو در ۲۱ مرد دیابتی نوع ۲ به این نتیجه رسیدند که اجرای تمرینات منجر به کاهش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، CAT، SOD و GPX در پایان دوره شد^[37]. پری‌یرا و همکاران با بررسی اثر هشت هفته تمرین شنای یک‌ساعته روی ۴۰ سر موش دیابتی به این نتیجه رسیدند که تمرین بدنی منجر به کاهش گلوکز خون، و کلسترول می‌شود. سطح SOD در موش‌های دیابتی نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین بدنی پایین‌تر بود. تفاوت معنی‌داری بین متغیرهای مالون دی‌آلدئید و پروتئین واکنشگر C در بین گروه‌ها دیده نشد^[36]. سوپراکسید دیسموتاز، یک آنزیم میتوکندریایی است که همراه با آنزیم گلوکاتاتیون پراکسیداز نقشی اساسی را در پیشگیری از اکسایش و تخریب غشاء میتوکندری‌ها ایفا می‌کنند. ساخت و فعالیت این آنزیم منوط به وجود فلز منگنز است. افزایش مصرف اکسیژن به بیش از بیست برابر حالت استراحت و بالا رفتن جریان اکسیژن به داخل زنجیره انتقال الکترون در زمان ورزش^[38]، مطالعات انجام شده در این زمینه حاکی از آن که ورزش منظم ممکن است سیستم دفاعی آنزیمی را در مقابل فعالیت رادیکال‌های آزاد تقویت کند. برای مثال که SOD و GPX آنزیم‌های میتوکندریایی نقش مهمی در کاهش رادیکال‌های آزاد بازی می‌کنند، دائماً به‌وسیله تمرینات ورزشی مداوم تنظیم می‌شوند. تحقیقات انجام گرفته بر روی حیوانات نیز نشان داده‌اند که ورزش آنی فعالیت‌های آنزیم‌های ضد اکسایشی را در عضلات اسکلتی و با شدت کمتر در بافت قلبی و کبد تحریک می‌کند. میزان این تحریک و تغییر نیز بستگی به شرایط تمرینی و نیز نوع

- with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women: a prospective study. *Jama*. 1999;282(15):1433-9.
- 19- Peirce N. Diabetes and exercise. *British Journal of Sports Medicine*. 1999;33(3):161-72.
- 20- Silva LA, Scheffer DL, Alves A, Pereira LT, Moneretto DB, Tromm C. Effect of aerobic training of moderate and low volume on electron transport Chain activity and oxidative stress markers in skeletal muscle. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2015;18(6):81-93.
- 21- Taheri B, Rezaeshirazi R. Effect of a six-week high-intensity interval training on antioxidant capacity and lipid peroxidation in inactive men. *Acta Medica*. 2016;32(2):1055-60.
- 22- Kotrlik J, Higgins C. Organizational research: determining appropriate sample size in survey research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*. 2001;19(1):43.
- 23- Aghapour A, Farzanegi P. Effect of six-week aerobic exercise on chemerin and resistin concentration in hypertensive postmenopausal women. *Electronic Physician*. 2013; 5(1):623-30.
- 24- Gupt AM, Kumar M, Sharma RK, Misra R, Gup A. Effect of moderate aerobic exercise training on pulmonary functions and Its correlation with the antioxidant status. *National Journal of Medical Research*. 2015;5(2):136-9.
- 25- Valadoa A, Tavaresb P, Pereirac L, Ribeiroa F. Anaerobic exercise and oxidative stress effect of the intense exercise on nitric oxide and malondialdehyde. *Int Conference on Cellular & Molecular Biology-Biophysics & Bioengineering; Greece*. 2007. p: 26-8.
- 26- Jarrete AP, Novais IP, Nunes HA, Puga GM, Delbin MA, Zanesco A. Influence of aerobic exercise training on cardiovascular and endocrine-inflammatory biomarkers in hypertensive postmenopausal women. *Journal of Clinical & Translational Endocrinology*. 2014;1(3):108-14.
- 27- Ghahremani Moghaddam M, Hejazi K. Effect of aerobic training on Endothelin-1 and Malondialdehyde in inactive elderly women. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2016;18(3):52-7.
- 28- Jarrete A. Influence of aerobic exercise training on cardiovascular and endocrine-inflammatory biomarkers in hypertensive postmenopausal women. *Journal of Clinical & Translational Endocrinology*. 2014;1:108e-14.
- 29- Goldfarb AH, Bloomer RJ, McKenzie MJ. Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005;37(2):234-9.
- enzymes and nutrition. *World Journal of Nutrition and Health*. 2014;2(3):35-8.
- 6- Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*. 2010;4(8):118.
- 7- Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. 2008;44(2):153-9.
- 8- Poblete Aro CE, Guzmán R, Antonio J, Soto Muñoz ME, Villegas González BE. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on the reduction of oxidative stress in type 2 diabetic adult patients: CAT. *Medwave*. 2015;15(07):1-10.
- 9- Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 2002;7(9):405-10.
- 10- Padayatty SJ, Katz A, Wang Y, Eck P, Kwon O, Lee J-H, et al. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*. 2003;22(1):18-35.
- 11- Jesudason DR, Dunstan K, Leong D, Wittert GA. Macrovascular risk and diagnostic criteria for type 2 diabetes implications for the use of FPG and HbA1c for cost-effective screening. *Diabetes Care*. 2003;26(2):485-90.
- 12- Perry RC, Shankar RR, Fineberg N, McGill J, Baron AD. HbA1c measurement improves the detection of type 2 diabetes in high-risk individuals with nondiagnostic levels of fasting plasma glucose the early diabetes intervention program (EDIP). *Diabetes Care*. 2001;24(3):465-71.
- 13- Xie W, Zhao Y, Zhang Y. Traditional Chinese medicines in treatment of patients with type 2 diabetes mellitus. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2011;2011:1-13.
- 14- Chao M, Zou D, Zhang Y, Chen Y, Wang M, Wu H, et al. Improving insulin resistance with traditional Chinese medicine in type 2 diabetic patients. *Endocrine*. 2009;36(2):268-74.
- 15- Suh S, Jeong I-K, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, et al. Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight korean adolescents: a controlled randomized trial. *Diabetes & Metabolism Journal*. 2011;35(4):418-26.
- 16- Deng H, Wen Q, Luo Y, Huang Y, Huang R. Influence of different extracts from persimmon leaves on the antioxidant activity in diabetic mice. *Journal of Central South University Medical Sciences*. 2012;37(5):469-73.
- 17- Carcary KD. Comparison of an aquatic exercise program and a land-based exercise program for persons with multiple sclerosis. 2004.
- 18- Hu FB, Sigal RJ, Rich-Edwards JW, Colditz GA, Solomon CG, Willett WC, et al. Walking compared

- 2012;2012(4, Apr):222-8.
- 35- Fakoori Jouibari M, Farzanegi P, Barari A. The effect of 8-week aerobic exercise with purslane supplementation consumption on peroxidant and antioxidants indicators in women with type 2 diabetes. *SSU_Journals*. 2014;22(1):928-39.
- 36- Pereira AdS, Spagnol AR, Luciano E, Leme JACdA. Influence of aerobic exercise training on serum markers of oxidative stress in diabetic rats. *Journal of Physical Education*. 2016;27(3):20-9.
- 37- Korb A, Cechinel LR, Bertoldi K, Delevatti RS, Meireles LCFd, Moysés FdS, et al. Effects of acute exercise and periodised training performed in different environments on oxidative status parameters in patients with type 2 diabetes. *Anais*. 2015;1(12):1-10.
- 38- Alessio HM. Exercise-induced oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1993;25(2):218-24.
- 39- Adams AK, Best TM. The role of antioxidants in exercise and disease prevention. *The Physician and Sportsmedicine*. 2002;30(5):37-44.
- 30- Polidori M, Mecocci P, Cherubini A, Senin U. Physical activity and oxidative stress during aging. *International Journal of Sports Medicine*. 2000;21(3):154-7.
- 31- Robertson J, Maughan R, Duthie G, Morrice P. Increased blood antioxidant systems of runners in response to training load. *Clin Sci*. 1991;80(6):611-8.
- 32- Vincent H, Powers S, Stewart D, Shanely R, Demirel H, Naito H. Obesity is associated with increased myocardial oxidative stress. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of The International Association for the Study of Obesity*. 1999;23(1):67-74.
- 33- Radák Z, Naito H, Kaneko T, Tahara S, Nakamoto H, Takahashi R, et al. Exercise training decreases DNA damage and increases DNA repair and resistance against oxidative stress of proteins in aged rat skeletal muscle. *Pflügers Archiv*. 2002;445(2):273-8.
- 34- Alipour M, Salehi I. Effect of exercise on diabetes-induced oxidative stress in the rat hippocampus. *Iranian Red Crescent Medical Journal*.