Original Article

Impact of aerobic and resistance training supplemented with the consumption of *saffron* on glutathione peroxidase and malondialdehyde in men with type 2 diabetes

Vahid Aghajani, M.A in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Rasht Branch, Islamic Azad University, Guilan, Rasht, Iran. ORCID ID: 0000-0002-3964-3770

Marzieh Nazari, Ph.D Candidate in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Guilan, Rasht, Iran. ORCID ID: 0000-0001-6273-0031

***Ramin Shabani (Ph.D)**, **Corresponding Author**, Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Rasht Branch, Islamic Azad University, Guilan, Rasht, Iran. **shabani_msn@yahoo.com** ORCID ID: 0000-0002-2681-3814

Abstract

Background and Objective: Type 2 diabetes is a chronic disease that associated with increased serum glucose and insulin function impairment. Exercise training and *saffron* supplement are known as two effective factors in the prevention of the complications of type 2 diabetes. The present study aimed to evaluate the impact of eight weeks of aerobic and resistance training with the consumption of *saffron* aqueous extract on malondialdehyde and glutathione peroxidase in men with type 2 diabetes.

Methods: In this clinical trial study, 36 men suffering from type 2 diabetes were randomly assigned into six groups: placebo, aerobic training, aerobic training with supplement consumption, resistance training, and resistance training with supplement consumption. Aerobic training was performed at 50-70% of maximal heart rate, and the resistance training was performed at 65-70% of the maximum replication for eight weeks. The *saffron* supplement was consumed at the dosage of 3 mg day-1. The concentration of malondialdehyde and glutathione peroxidase was measured before and after the trial after the 12-hour fasting period.

Results: Level of malondialdehyde significantly reduced in placebo and aerobic training with supplement prior to intervention ($P<0.05$). Level of glutathione peroxidase were significantly increased in aerobic training with supplement ($P<0.05$), resistance training ($P<0.05$) and resistance training with supplement ($P<0.05$) groups after intervention.

Conclusion: Aerobic and resistance training and their supplementation with *saffron* consumption can be regarded as an effective method to improve the peroxidase and antioxidant balance.

Keywords: Diabetes mellitus, Oxidative stress, Strength training, Antioxidants, *Saffron* supplement

Received 15 Jul 2018 **Revised** 15 Oct 2018 **Accepted** 26 Nov 2018

Cite this article as: Vahid Aghajani, Marzieh Nazari, Ramin Shabani. [Impact of aerobic and resistance training supplemented with the consumption of *saffron* on glutathione peroxidase and malondialdehyde in men with type 2 diabetes]. J Gorgan Univ Med Sci. 2019 Autumn; 21(3): 24-33. [Article in Persian]

تحقیقی

اثر تمرینات هوازی و مقاومتی به همراه مصرف مکمل زعفران برگلوتاتیون پراکسیداز و مالون دی آلدهید مردان مبتلا به دیابت نوع دو

وحید آقاجانی، کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. ORCID ID: 0000-0002-3964-3770

مرضیه نظری، دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، گروه فیزیولوژی ورزش، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. ORCID ID: 0000-0001-6273-0031

*** دکتر رامین شعبانی**، دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. ORCID ID: 0000-0002-2681-3814

چکیده

زمینه و هدف: *دیابت نوع دو بیماری مزمنی است که با افزایش گلوکز سرم و اختلال در عملکرد انسولین همراه است. تمرینات ورزشی و مکمل زعفران به عنوان دو عامل موثر در پیشگیری از عوارض دیابت نوع دو شناخته شده اند. این مطالعه به منظور تعیین اثر ۸ هفته تمرینات هوازی و مقاومتی به همراه مصرف مکمل زعفران برگلوتاتیون پراکسیداز و مالون دی آلدهید مردان مبتلا به دیابت نوع دو انجام شد.*

روش بررسی: *در این کارآزمایی بالینی ۳۶ مرد مبتلا به دیابت نوع دو به صورت تصادفی در شش گروه شاهد، دارونما، تمرین هوازی، تمرین هوازی با مصرف مکمل، تمرین مقاومتی، تمرین مقاومتی با مصرف مکمل قرار گرفتند. تمرین هوازی با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه و تمرین مقاومتی با شدت ۶۵ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه به مدت هشت هفته انجام شد. مقدار مکمل زعفران روزانه ۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بود. غلظت مالون دی آلدهید و گلوتاتیون پراکسیداز در پیش و پس از ناشتایی ۱۲ ساعته اندازه‌گیری شد.*

یافته‌ها: *کاهش آماری معنی‌داری در سطح استراحتی مالون دی آلدهید در گروه‌های دارونما و تمرینات هوازی با مکمل قبل از مداخله مشاهده شد ($P<0/05$). پس از مداخله، سطح گلوتاتیون پراکسیداز در گروه‌های تمرینات هوازی با مکمل، تمرینات مقاومتی و تمرینات مقاومتی با مکمل افزایش آماری معنی‌داری مشاهده شد ($P<0/05$).*

نتیجه‌گیری: *به‌نظر می‌رسد تمرین هوازی و مقاومتی و ترکیب آن با مصرف زعفران در کاهش تعادل پراکسیدانی و افزایش آنتی‌اکسیدانی روش موثری باشد.*

کلید واژه‌ها: *دیابت نوع دو ، استرس اکسیداتیو ، تمرینات قدرتی ، آنتی‌اکسیدان ، مکمل زعفران*

* نویسنده مسؤول : دکتر رامین شعبانی ، پست الکترونیکی shabani_msn@yahoo.com

نشانی: رشت، بلوار لاکان، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، کد پستی ۴۱۴۷۶۵۴۹۱۹، تلفن ۳۳۳۷۵۴۷-۰۱۳، نمابر ۳۳۴۷۷۰۶۰

وصول مقاله: ۱۳۹۷/٤/۲٤ ، اصلاح نهایی: ۱۳۹۷/۷/۲۳ ، پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۹/۵

مقدمه

دیابت نوع دو بیماری مزمنی است که با افزایش گلوکز سرم و اختلال در عملکرد انسولین همراه است (۱). طبق بررسی‌های موجود، شیوع آن در ایران حدود ۷ تا ۷/۷ درصد گزارش شده است (۱و۲). میزان مرگ و میر بیماران دیابتی نسبت به افراد سالم به خصوص در رابطه با بیماری های قلبی - عروقی افزایش نشان داده است که از دلایل آن می‌توان به وجود استرس اکسیداتیو (Oxidative Stress) در این بیماران اشاره نمود (۳). افزایش مزمن گلوکز سرم به علت پراکسیداسیون لیپیدی منجر به افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش همزمان مکانیسم‌های دفاعی می گردد (۴). استرس اکسیداتیو به‌عنوان عدم تعادل بین تأثیر دفاعی آنتی‌اکسیدان‌ها و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد شناخته شده است. رادیکال های آزاد، بسیار واکنش‌پذیر بوده و ممکن است باعث آسیب سلولی شده و در بروز بعضی از بیماری‌ها به‌خصوص بیماری‌های قلبی - عروقی نقش داشته باشد (۵). حاصل عمل این مواد محصولات متنوعی است که از جمله آنها می‌توان به مالون‌دی‌آلدهید (MDA) اشاره نمود (۵). در واقع MDA شاخص مهم اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپید است. از سوی دیگر، نشان داده شده سلول‌ها در مقابل رادیکال‌های آزاد مکانیسم دفاعی دارند. رادیکال‌های تولید شده در جریان بیماری‌هایی مانند دیابت، می‌توانند از طریق ترکیب با آنتی‌اکسیدان‌ها از بدن حذف شوند. از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مهم شناخته شده می‌توان گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) را نام برد (۶). از جمله عواملی که می‌تواند در پاسخ استرس اکسایشی تاثیر داشته باشند؛ می‌توان به سن، جنسیت،

نوع، شدت فعالیت بدنی، میزان آمادگی افراد و سازگاری آنان به تمرینات ورزشی اشاره کرد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات هوازی به‌ویژه زمانی که با شدت بالا انجام شوند؛ به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد منجر شده و با سرکوب سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، موجب ایجاد استرس اکسایشی می‌شود (۷). در این میان می‌توان با تغییر نوع، شدت تمرینات ورزشی و تغذیه افراد بر میزان عوامل آنتی‌اکسیدانی و اکسیدانی تاثیر گذاشت. مطالعات موجود حاکی از آن است که تمرینات ورزشی هوازی و مقاومتی به‌طور منظم با تقویت دفاع ضداکسایشی سبب بهبود حساسیت سلول‌ها به انسولین و کنترل بهتر گلوکز سرم شده (۸) و بدن را بعد از مدتی در مقابل استرس اکسیداتیو مقاوم می کند (۶و۸). همچنین انتظار می‌رود، این تمرینات با تاثیر بر بیان ژن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش تراکم مویرگی و ایجاد سازگاری‌های حفاظتی و در نهایت باعث محافظت سلول‌ها در مقابل اثرات مضر استرس اکسایشی شود (۸). با این حال، گزارش‌هایی مبنی بر عدم تاثیر تمرینات ورزشی بر پراکسیداسیون لیپیدی بیماران دیابتی از طریق سیستم آنتی اکسیدانی گزارش شده است (۹). از سوی دیگر، استفاده از گیاهان دارویی جز اولین درمان‌های دیابت است. شواهد نشان می‌دهند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی حین ورزش شدید نمی‌توانند به‌طور کامل از آسیب اکسایشی جلوگیری کنند و در چنین مواقعی نقش مواد آنتی‌اکسیدانی رژیم غذایی اهمیت می‌یابد (۷). از جمله این آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توان به مکمل زعفران اشاره کرد. گیاه زعفران با نام عمومی سافرون اثرات دارویی مختلفی دارد و خواص آنتی‌اکسیدانی و پاکسازی رادیکال‌های آن به دلیل وجود کاروتینوئیدهایی نظیر بتاکاروتن و لیکوپن به اثبات رسیده است (۱۰). در این خصوص، مطالعه‌ای با بررسی اثر ترکیب عصاره آبی زعفران و تمرین هوازی بر غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در کبد موش‌های صحرایی دیابتی شده، نشان داد با تمرین هوازی و مصرف همزمان زعفران سطح GPX و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) افزایش می‌یابد (۸). همچنین فکوری و همکاران، اثر برنامه‌های تمرینی کم شدت با زمان طولانی‌تر را مورد مطالعه قرار دادند که نتایج حاکی از افزایش آنتی اکسیدان ها در افراد دیابتی بود (۷). با این حال، با توجه به اهمیت آنتی‌اکسیدان‌ها در کاهش عواقب ناشی از دیابت، این احتمال وجود دارد که به‌واسطه مکمل‌سازی آنتی‌اکسیدان‌ها به همراه ورزش بتوان از افزایش استرس اکسیداتیو و پیشرفت دیابت نوع دو پیشگیری کرد. از آنجا که تاکنون در پژوهشی به بررسی دو شیوه تمرینات هوازی و مقاومتی به همراه مصرف مکمل زعفران بر میزان MDA و GPX در مردان مبتلا به دیابت نوع دو پرداخته نشده است؛ لذا این مطالعه به منظور تعیین اثر ۸ هفته تمرینات هوازی و مقاومتی به همراه مصرف مکمل زعفران برگلوتاتیون پراکسیداز و مالون دی آلدهید مردان مبتلا به دیابت نوع دو انجام شد.

روش بررسی

این کارآزمایی بالینی روی ۳۶ مرد مبتلا به دیابت نوع دو مراجعه کننده به بیمارستان فوق تخصصی ولیعصر رشت طی سال ۱۳۹۵ انجام شد. از بین ۱۲۴ بیماری که در ۵ سال گذشته برای درمان و تشخیص در آن مرکز پرونده پزشکی داشتند؛ تعداد ۳۶ آزمودنی (۱۰و۱۱) با میانگین سنی ۳/۵۷±۴۳/۷۵ سال به صورت داوطلبانه وارد مطالعه شدند (نمودار یک).

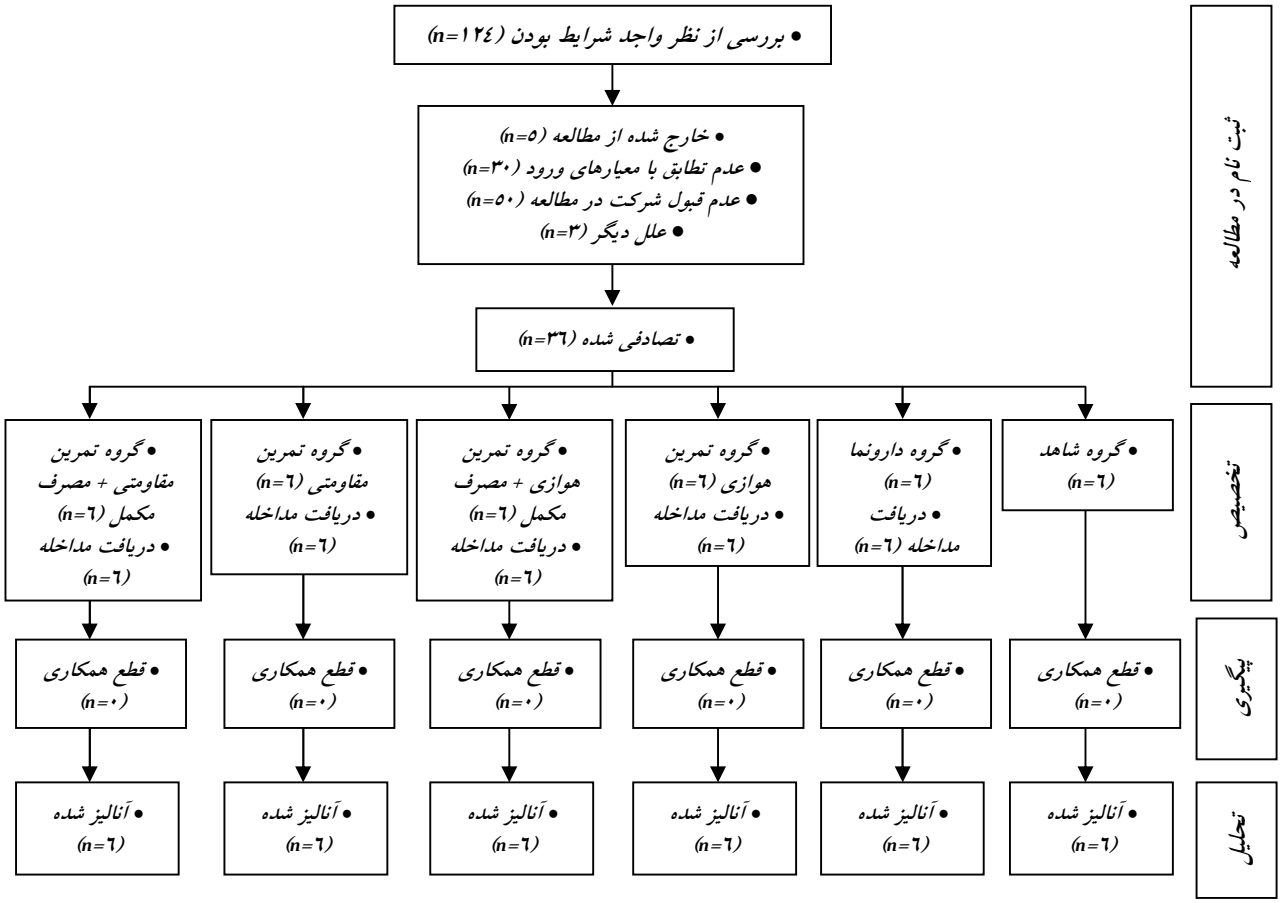
مطالعه مورد تایید کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت (IR.IAU.RASHT.REC.1396.58) قرار گرفت. همچنین در مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران به شماره IRCT20150531022498N21 ثبت شده است.

معیارهای ورود به مطالعه شامل مردان با سابقه حداقل سه سال ابتلا به بیماری دیابت نوع دو، میزان گلوکز سرم بیش از ۱۲۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر و عدم شرکت در فعالیت‌های ورزشی منظم برای حداقل ۶ ماه قبل بودند. معیارهای عدم ورود به مطالعه شامل عدم فشار خون بالا، نداشتن بیماری‌های قلبی - عروقی، التهابی و مفصلی، عدم حضور نمونه‌ها در سه جلسه تمرین و یا آسیب دیدگی حین انجام تمرین و یا تمام نکردن برنامه تحقیق بر اساس اهداف تحقیق بودند.

قبل از ورود به مطالعه همه گروه ها تحت نظر پزشک از داروی متفورمین با دوز تجویزی استفاده کردند و از نظر برنامه غذایی تحت کنترل بودند. طی یک جلسه توجیهی، اطلاعات جامع و کاملی در مورد تحقیق، اهداف و مدت زمان تحقیق و روش‌های انجام تمرینات ورزشی در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت و نیز آزمودنی‌ها از نحوه و زمان خونگیری مطلع شدند. آزمودنی ها با آگاهی کامل و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه مبنی بر شرکت داوطلبانه در این پژوهش شرکت نمودند.

همه گروه‌ها از داروهای کاهنده گلوکز سرم (نظیر گلی بنگلامید و متفورمین)، کاهنده چربی خون (نظیر آتورواستاتین) و کاهنده فشارخون (نظیر لوزارتان) استفاده می کردند.

در این مطالعه از زعفران نگین (شناسه شرکت کشاورزی نگین نوین زعفران خراسان، زعف ۹۸۰۸ پ ۰۹) روستای تروسک شهرستان تربیت حیدریه واقع در جنوب خراسان رضوی استفاده گردید. زعفران خشک شده در سایه با استفاده از هاون به‌صورت پودر درآورده شد و پس از حل کردن در آب مقطر با کمک دستگاه تقطیر، عصاره آبی آن به‌دست آمد. برای این منظور ۱۰۰ گرم از پودر کلاله خشک شده در یک مخزن شیشه ای ریخته شد و پس از افزودن ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن، برای مدت ۱۰ دقیقه



شکل ۱ : نمودار کارآزمایی بالینی

در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جوشانده شد. سپس محلول رویی از یک صافی عبور داده شد و به مدت یک هفته در دستگاه بن ماری با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا آب عصاره به آرامی تبخیر و پودر عصاره به‌دست آمد. با این روش از هر ۱۰۰ گرم پودر کلاله، ۲۵ گرم عصاره حاصل شد. مقدار مصرفی عصاره زعفران در بین آزمودنی ها ۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلو گرم وزن بدن بود. به‌عنوان مثال فردی با وزن ۷۰ کیلوگرم مقدار ۲۱۰ میلی‌گرم مصرف نمود (۱۲). این مقدار سه بار در روز به صورت محلول و به مدت هشت هفته داده شد. در خصوص گروه دارونما، به صورت یک سویه‌کور نمونه‌ها در جریان نبودند. همچنین در ظروف گروه دارونما، به جای زعفران از رنگ و طعم دهنده طبیعی به همراه آب استفاده شد.

در خصوص رژیم غذایی شرکت کنندگان، در طول دوره تمرینی یادآمد غذایی سه روزه (دو روز هفته و یک روز تعطیل) به بیماران ارایه شد و اطلاعات بررسی شد و با توصیه کتبی و ارایه بروشور در مورد مصرف نوع و مقدار غذا از تک تک آنها درخواست گردید از یادآمد استفاده کنند. در برنامه غذایی، عمدتاً بر مصرف بیشتر سبزی و میوه، غلات سبوس‌دار، مصرف لبنیات و گوشت‌های کم‌چرب و نیز کاهش مصرف غذاهای قندی و پرچرب، سرخ کردنی‌ها، کنسروها و فست فودها تأکید شد. همچنین گروه شاهد علاوه بر زندگی روزمره از رژیم غذایی استفاده کردند.

شرکت کنندگان در مطالعه پس از اندازه‌گیری برخی شاخص های جسمی، به‌صورت تصادفی در شش گروه به شرح زیر قرار گرفتند.

۱)گروه شاهد: در طول دوره مطالعه، مصرف مکمل و تمرینات ورزشی نداشت.

۲) گروه دارونما

۳) گروه تمرین هوازی

۴) گروه تمرین هوازی توام با مصرف مکمل زعفران به میزان ۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن.

۵) گروه تمرین مقاومتی

۶) گروه تمرین مقاومتی توام با مصرف مکمل زعفران به میزان ۳ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن.

برنامه تمرین گروه هوازی شامل هشت هفته و سه جلسه در هفته بود. یک جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن با انواع دوها، حرکات کششی و نرمشی بود. در جلسات اول تمرین با شدت و مدت کم آغاز و به تدریج بر شدت و مدت آن افزوده شد.

جدول ۱ : میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک، میزان گلوتاتیون پراکسیداز و مالون دی آلدهید آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه‌ها	میانگین و انحراف معیار		P-value
		پیش آزمون	پس آزمون	
سن (سال)	شاهد	۴۰/۳۳±۴/۹۶	–	۰/۲۱۳
	دارونما	۴۳/۶۶±۱/۷۵	–	
	تمرینات هوازی	۴۶/۵۰±۱/۶۴	–	
	تمرینات هوازی با مکمل	۴۳/۸۳±۱/۷۲	–	
	تمرینات مقاومتی	۴۲/۳۳±۴/۰۸	–	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۴۵/۸۳±۲/۹۲	–	
وزن (کیلوگرم)	شاهد	۸۸/۶۶±۱۱/۷۲	۸۶/۸۳±۱۱/۵۳	۰/۳۴۸
	دارونما	۷۵/۰±۱۶/۱۶	۷۵/۱۶±۱۵/۸۷	
	تمرینات هوازی	۸۱/۵۰±۴/۱۳	۸۰/۶۶±۴/۰۸	
	تمرینات هوازی با مکمل	۷۹/۵۰±۶/۲۸	۷۷/۶۶±۵/۸۵	
	تمرینات مقاومتی	۷۹/۵۰±۶/۲۵	۷۹/۰۰±۶/۹۶	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۸۸/۱۶±۱۵/۸۹	۸۷/۲۸±۱۳/۳۵	
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	شاهد	۲۷/۸۰±۳/۱۱	۲۷/۸۵±۳/۰۸	۰/۳۱۰
	دارونما	۲۴/۰۵±۳/۸۸	۲۴/۰۸±۳/۷۹	
	تمرینات هوازی	۲۶/۷۰±۰/۴۲	۲۶/۴۳±۰/۴۸	
	تمرینات هوازی با مکمل	۲۷/۵۶±۳/۹۴	۲۵/۸۵±۲/۳۵	
	تمرینات مقاومتی	۲۵/۶۸±۲/۷۹	۲۶/۰۰±۳/۱۰	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۲۷/۵۶±۳/۹۴	۲۶/۹۸±۳/۲۶	
گلوتاتیون پراکسیداز (U/grHb)	شاهد	۲۱۷/۵۰±۱۸۴/۷۷	۱۶۷/۳۳±۸۷/۶۷	۰/۳۲۱
	دارونما	۳۵۲/۳۳±۱۹۹/۰۹	۴۱۵/۸۳±۱۸۸/۹۴	
	تمرینات هوازی	۲۹۵/۸۳±۱۰۷/۲۳	۳۱۳/۱۶±۱۵۷/۶۳	
	تمرینات هوازی با مکمل	۲۶۳/۶۶±۱۳۶/۰۹	۳۱۱/۳۳±۱۱۴/۰۹	
	تمرینات مقاومتی	۲۲۴/۸۳±۱۵۲/۳۴	۲۴۰/۸۰±۱۷۵/۱۸	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۱۶۱/۶۶±۵۷/۳۰	۲۰۹/۱۴±۶۳/۲۰	
مالون دی آلدهید (nmol/grHb)	شاهد	۵۶/۱۶±۲۶/۲۷	۲۹/۸۳±۱۵/۱۱	۰/۱۴۶
	دارونما	۸۹/۱۶±۱۲/۲۶	۲۹/۳۳±۲۰/۲۰	
	تمرینات هوازی	۲/۳۳±۳۱/۹۹	۴۰/۰۰±۲۰/۲۰	
	تمرینات هوازی با مکمل	۷۸/۵۰±۱۸/۶۲	۴۰/۵۰±۲۶/۶۱	
	تمرینات مقاومتی	۵۷/۵۰±۱۸/۶۸	۵۰/۲۰±۲۷/۳۹	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۷۲/۰±۲۳/۹۵	۴۳/۲۸±۲۵/۱۶	

تمرینات به این صورت بود که در هفته اول با شدت ۵۰ تا ۵۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه و به مدت ۶۰ دقیقه شروع، در هفته سوم ۶۰-۵۵ درصد به مدت ۶۵ دقیقه، هفته پنجم ۶۵-۶۰ درصد به مدت ۷۰ دقیقه و در نهایت هفته آخر با شدت ۷۰-۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه به مدت ۷۵ دقیقه اجرا شد. ضربان قلب بیشینه (از فرمول سن منهای عدد ۲۲۰) محاسبه و شدت تمرین با استفاده از ضربان سنج پولار کنترل شد (۷).

شدت برنامه تمرین مقاومتی ۶۵ تا ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه بود. هر جلسه تمرین شامل سه نوبت و هر نوبت نیز شامل ۱۰ ایستگاه بود. زمان فعالیت در هر ایستگاه ۴۰-۲۰ ثانیه و زمان استراحت بین ایستگاه‌ها ۴۵-۳۰ ثانیه و زمان استراحت بین دو نوبت ۱۷۰-۱۲۰ ثانیه در نظر گرفته شده بود. ایستگاه‌ها به ترتیب شامل پرس سینه، باز شدن زانو (جلو ران)، خم‌شدن زانو (پشت پا)، خم‌شدن بازو (جلو بازو)، پرس پا، باز شدن بازو (پشت بازو) و دراز و نشست بودند. این حرکات به‌صورت ایستگاهی طراحی و اجرا شد (۱۳). مقدار بار به‌گونه‌ای طراحی شد که آزمون یک تکرار بیشینه برای هر فرد در هر ایستگاه انجام و مقدار وزنه بر اساس آن تنظیم شد و برای رعایت اصل اضافه بار و افزایش شدت، هر دو هفته یک‌بار یک تکرار بیشینه دوباره اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها جابه‌جایی یک وزنه زیر بیشینه را تا حد خستگی به‌گونه‌ای که تکرار حرکت کمتر از ۱۰ شود را انجام دادند. سپس با توجه به معادله زیر، حداکثر قدرت (یک تکرار بیشینه) فرد برای آن حرکت برآورد گردید (۱۴).

[(۰/۰۲۷۸ ضرب در تعداد تکرار تا خستگی) منهای عدد ۱/۲۷۸]. وزنه جابه‌جا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه

نمونه خون افراد ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینات و مصرف مکمل‌ها، در حالت ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی بین ساعت ۸ تا ۹:۳۰ صبح گرفته شد. نمونه خون به میزان ۱۰ میلی لیتر از ورید بازویی گرفته شد و به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ، سرم آن جدا شد و تا زمان اندازه‌گیری در

جدول ۲ : تغییرات درون گروهی میزان گلوتاتیون پراکسیداز و مالون دی آلدهید

متغیرها	گروه‌ها	اختلاف میانگین	t	P-value
گلوتاتیون پراکسیداز (U/grHb)	شاهد	۵۱/۱۷	۱/۰	۰/۳۵۲
	دارونما	-۶۳/۵۰	-۱/۶۹	۰/۱۵۲
	تمرینات هوازی	۵۳/۳۳	-۰/۸۱	۰/۴۵۰
	تمرینات هوازی با مکمل	-۳۷/۶۷	-۲/۷۳	۰/۰۴۱ *
	تمرینات مقاومتی	-۱۶/۶۷	-۲/۸	۰/۰۳۴ *
	تمرینات مقاومتی با مکمل	-۱۳۹/۶۷	-۳/۲۵	۰/۰۲۳ *
مالون دی آلدهید (nmol/grHb)	شاهد	۲۶/۳۳	۲/۶۷	۰/۰۴۴ *
	دارونما	۵۹/۸۳	۶/۳۲	۰/۰۰۱ *
	تمرینات هوازی	۲۰/۳۳	۱/۹۴	۰/۱۱۰
	تمرینات هوازی با مکمل	۳۸/۰۰	۳/۱۳	۰/۰۲۶ *
	تمرینات مقاومتی	۱۰/۳۴	۰/۷	۰/۴۷۰
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۲۶/۸۴	-۱/۷۸	۰/۱۳۴

* P< ۰/۰۵ اختلاف آماری معنی‌دار در پیش آزمون و پس آزمون گروه‌ها

جدول ۳ : نتایج آنالیز واریانس یک طرفه به منظور تغییرات بین گروهی متغیرها در پس آزمون

متغیرها	گروه‌ها	میانگین و انحراف معیار	P-value
گلوتاتیون پراکسیداز (U/grHb)	شاهد	۲۰۹/۱۴± ۶۳/۲۰	۰/۰۲۵ *
	دارونما	۱۶۷/۳۳±۸۷/۶۷	
	تمرینات هوازی	۳۱۳/۱۶± ۱۵۷/۶۳	
	تمرینات هوازی با مکمل	۳۱۱/۳۳± ۱۱۴/۰۹	
	تمرینات مقاومتی	۲۴۰/۸۰± ۱۷۵/۱۸	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۲۰۹/۱۴± ۶۳/۲۰	
مالون دی آلدهید (nmol/grHb)	شاهد	۲۹/۸۳± ۱۵/۱۱	۰/۰۴۳ *
	دارونما	۲۹/۳۳± ۲۰/۲۰	
	تمرینات هوازی	۴۶/۰۰± ۲۰/۲۱	
	تمرینات هوازی با مکمل	۴۰/۵۰± ۲۶/۶۱	
	تمرینات مقاومتی	۵۰/۲۰± ۲۷/۳۹	
	تمرینات مقاومتی با مکمل	۴۳/۲۸± ۲۵/۶	

P< ۰/۰۵ *

فریزر با دمای ۲۸- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان پلاسمایی مالون دی الدهید و گلوتایتون پراکسیداز به روش الایزا (با کیت الایزا شرکت استابیوفارم ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد.

در بخش آمار توصیفی از شاخص‌های میانگین و انحراف معیار استفاده گردید. به علاوه از جداول آماری برای توصیف و نمایش بهتر داده‌ها بهره گرفته شد. در بخش آمار استنباطی، برای نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف - اسمیرونف و بعد از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، از آزمون پارامتریک به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. به همین منظور از روش آماری t همبسته برای تعیین تفاوت درون گروهی و از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای بررسی تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد. سپس در صورت مشاهده اختلاف آماری معنی‌دار برای شناسایی و مقدار آن از آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-22 در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

در پیش‌آزمون تفاوت آماری معنی‌داری در هیچیک از متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل سن، قد، وزن، BMI ، گلوتاتیون پراکسیداز و سطح مالون دی آلدئید وجود نداشت (جدول یک) و توزیع داده‌ها نرمال بودند.

در بررسی درون گروهی گروه های تمرینات مقاومتی، تمرینات مقاومتی به همراه مکمل و تمرینات هوازی به همراه مکمل افزایش سطح متغیر گلوتاتیون پراکسیداز مشاهده شد (P<۰/۰۵). در گروه‌های شاهد، دارونما و گروه هوازی، هیچگونه تغییری مشاهده نشد. همچنین میزان مالون دی آلدئید در گروه‌های تمرینات هوازی با مکمل، دارونما و شاهد کاهش غیرمعنی دار و در گروه مقاومتی، مقاومتی به همراه مکمل و گروه هوازی تغییری مشاهده نشد (جدول ۲).

در بررسی بین گروهی، تفاوت آماری معنی‌داری در میزان گلوتاتیون پراکسیداز (P=۰/۰۲۵، F=۲/۶۱) و مالون دی آلدئید (P=۰/۰۴۳، F=۰/۸۱۴) بین شش گروه مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ٤ : نتایج آزمون تعقیبی توکی به منظور ارزیابی دو به دو گروه‌ها در متغیر گلوتاتیون پراکسیداز

متغیرها	۱ گروه	۲ گروه	میانگین اختلافات	p-value
گلوتاتیون پراکسیداز (U/grHb)	شاهد	دارونما	-۲٤۸/۵۰	۰/۰۳۷ *
		مقاومتی	-۷٤/۱٦	۰/۰۲۹ *
		هوازی	-۱٤۵/۸۳	۰/٤٤۳
		هوازی با مکمل	-۱٤٤/۰	۰/٤۵۷
		مقاومتی با مکمل	-۳۵/۸۳	۰/۰٤۹ *
	مقاومتی	دارونما	۱۷٤/۳۳	۰/۲۵٦
		هوازی	۷۱/٦٦	۰/۹۳۹
		هوازی با مکمل	٦۹/۸۳	۰/۹٤۵
		مقاومتی با مکمل	۳۸/۳۳	۰/۹۹٦
	هوازی	دارونما	-۱۱۰/٦٦	۰/۷۷٦
		هوازی با مکمل	۱/۸۳	۱/۰
		مقاومتی با مکمل	۱۱۰/۰	۰/۷۲٤
	هوازی با مکمل	دارونما	-۱۰٤/۵۰	۰/۷٦٤
		هوازی	-۱/۸۳	۱/۰
		مقاومتی با مکمل	۱۰۸/۱٦	۰/۷۳۷
	مقاومتی با مکمل	دارونما	-۲۱۲/٦٦	۰/۷۳٤
مالون دی آلدهید (nmol/grHb)	شاهد	دارونما	-۱۰/۵۰	۱/۰
		مقاومتی	-۱۷/۳۳	۰/۷۷۸
		هوازی	۰/۸	۰/۸۲۲
		هوازی با مکمل	-۱۰/٦٦	۰/۹٦٤
		مقاومتی با مکمل	-۱۵/۳۳	۰/۸۵۱
	مقاومتی	دارونما	-۱۷/۸۳	۰/۰۲۱ *
		هوازی	۱/۱٦	۱/۰
		هوازی با مکمل	٦/٦٦	۰/۹۹٦
		مقاومتی با مکمل	۲/۰	۱/۰
	هوازی	دارونما	۱٦/٦٦	۰/۰۰٦ *
		هوازی با مکمل	۵/۵۰	۰/۹۹۸
		مقاومتی با مکمل	۰/۸۳	۱/۰
	هوازی با مکمل	دارونما	۱۱/۱٦	۰/۹۵٦
		مقاومتی	-٦/٦٦	۰/۹۹٦
		مقاومتی با مکمل	-٤/٦٦	۰/۹۹۹
	مقاومتی با مکمل	دارونما	۱۵/۸۳	۰/۸۳٤

P< ۰/۰۵ *

میزان گلوتاتیون پراکسیداز در گروه شاهد، اختلاف آماری معنی‌داری با گروه‌های دارونما، تمرینات مقاومتی و تمرینات مقاومتی به همراه مکمل نشان داد (P<۰/۰۵). با این حال تغییری در دیگر گروه‌ها دیده نشد. همچنین، میزان مالون دی آلدهید در گروه دارونما، اختلاف آماری معنی‌داری با گروه‌های هوازی و تمرینات مقاومتی نشان داد (P<۰/۰۵)؛ اما در دیگر گروه‌ها تغییری مشاهده نگردید (جدول ۴).

بحث

با توجه به نتایج این مطالعه افزایش آماری معنی‌دار میزان GPX و کاهش MDA در تغییرات بین‌گروهی پس آزمون مردان مبتلا به دیابت نوع دو مشاهده شد. افزایش GPX بین گروهی را می‌توان ناشی از افزایش در گروه‌های دارونما، مقاومتی و مقاومتی به همراه مکمل دانست. همچنین تمرین در گروه هوازی بر کاهش میزان MDA موثر بود. در تغییرات درون گروهی، میزان GPX در گروه‌های هوازی به همراه مکمل، مقاومتی به همراه مکمل و مقاومتی افزایش آماری معنی‌داری نشان داد. از طرفی، میزان MDA در گروه دارونما و هوازی به همراه مکمل کاهش نشان داد.

افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش آنتی‌اکسیدان‌ها از علل اصلی مشکلات افراد مبتلا به دیابت است. رادیکال‌های آزاد که در پی اکسیداسیون گلوکز در این بیماران ایجاد می‌شود؛ سبب افزایش پر اکسیداسیون لیپیدی و مقاومت به انسولین می‌شود (۴). تمرینات هوازی به ویژه زمانی که با شدت بالا انجام شوند؛ به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد منجر شده و با سرکوب سیستم دفاع آنتی اکسیدانی، موجب ایجاد استرس اکسایشی می شود. واکنش رادیکال های آزاد با غشای سلول‌ها منجر به تولید MDA می‌شود که امکان اندازه‌گیری غیرمستقیم استرس اکسایشی را فراهم می کند. از

گزارش‌های موجود چنین استنباط می‌شود که بر حسب نوع و شدت فعالیت بدنی، میزان آمادگی افراد و سازگاری آنان به تمرینات ورزشی، می‌توان افزایش، کاهش یا عدم تغییر مقدار MDA را پس از تمرین انتظار داشت (۵). از مطالعات پژوهش حاضر چنین استنباط شد که تمرین هوازی با شدت متوسط به همراه مکمل زعفران می‌تواند سبب کاهش استرس اکسایشی و افزایش آنتی‌اکسیدانی در بیماران دیابتی شود. در خصوص سازوکارهایی که از طریق آن ورزش سبب کاهش استرس اکسیداتیو می‌شود؛ می‌توان گفت که ورزش دفاع آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشیده و پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش می‌دهد که آن سبب افزایش حساسیت به انسولین و کاهش هموگلوبین گلیکوزیله و استرس اکسیداتیو در این بیماران می‌شود (۱۵). از طرفی دیگر ممکن است به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی مکمل زعفران و وجود کاروتینوئید، از تولید MDA جلوگیری شده و باعث مهار پراکسیداسیون لیپیدی شود (۱۲). مشابه با پژوهش حاضر، در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی میزان GPX و MDA در بیماران دیابتی نوع دو مشخص شد که میزان GPX در بین بیماران دیابت نوع دو با مشکل در قیاس با آنها که بدون مشکل بودند؛ کاهش یافته است. میزان MDA به‌طور مشخص در آنانی که با مشکل روبرو بودند در مقایسه با افراد بدون مشکل و کسانی که تحت کنترل بودند؛ افزایش داشت. آن مطالعه نشان داد که ارتباط بین GPX و هموگلوبین گلیکوزیله (HbAlc) و ارتباط مثبت بین MDA و HbAlc وجود دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بیماران دیابتی در معرض بیماری استرس‌های اکسیداتیو بوده و کنترل هایپرگلیسمی ارتباط مستقیم با پراکسیداسیون لیپید و رادیکال‌های آزاد دارد (۱۶). مطالعه‌ای دیگر توسط پیری با عنوان اثر عصاره زعفران و تمرین هوازی بر غلظت آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی کبدی در موش‌های صحرایی دیابتی شده با استر پتوتوزوسین انجام شد که نتایج حاکی از کاهش مالون دی آلدهید در گروه زعفران به همراه فعالیت هوازی، فعالیت هوازی و گروه مکمل زعفران بود (۱۷). همچنین مطالعه‌ای به بررسی تمرین هوازی با شدت متوسط به مدت هشت هفته در بیماران دیابتی نوع یک پرداخت که نتایج حاکی از کاهش MDA در این بیماران بود (۱۸). در مقابل، ناظم و همکاران با عنوان تاثیر تمرینات استقامتی و مکمل رز ماری بر مقدار MDA سرمی که بر روی موش‌های دیابتی انجام شد؛ مشخص نمودند که مقدار MDA در گروه تمرینات استقامتی موش‌های دیابتی نسبت به گروه بی‌تحرک دیابتی و شاهد سالم به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده است (۱۹). نتایج این مطالعه با پژوهش حاضر همخوانی ندارد و اختلاف آن را می‌توان ناشی از نوع نمونه‌ها (موش در مقابل بیماران دیابتی) و پروتکل تمرینی متفاوت اشاره کرد. در تحقیق فوق، هشت هفته تمرین استقامتی بر روی موش‌ها به مدت ۵۰ دقیقه بر روی تردمیل انجام شد که این تمرینات باعث افزایش مالون دی آلدهید شد (۱۹)؛ ولی در تحقیق حاضر، تمرینات دویدن به مدت ۷۵ دقیقه با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد بود که در گروه های تمرینات هوازی با مصرف مکمل و دارونما که فقط مکمل زعفران استفاده نمودند؛ سبب کاهش MDA گردید. در مجموع، تمرینات منظم موجب سازگاری‌هایی در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود و سلول‌ها را در معرض تاثیرات مضر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کند و در نتیجه از تخریب سلول پیشگیری می‌کند (۷و۲۰). از سویی، آنزیم های ضداکسایشی شامل SOD و GPX اولین خط دفاعی در برابر حمله انواع رادیکال‌های فعال اکسیژن هستند و مواد ضداکسایشی مثل مکمل خرفه، ویتامین E و ویتامین C خط دفاعی بعدی را تشکیل می‌دهند. شواهد فراوانی نشان می‌دهند تحت شرایط فیزیولوژیک از جمله ورزش شدید، عدم تحرک و بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نمی‌توانند به‌طور کامل از آسیب اکسایشی جلوگیری کنند. چنین مواقعی نقش مواد آنتی‌اکسیدانی رژیم غذایی از قبیل مکمل خرفه و ویتامین E و ویتامین C اهمیت می‌یابند (۷). در این خصوص، پژوهشی که توسط مصلحی و همکاران با عنوان تاثیر مکمل‌گیری کوتاه مدت ویتامین E بر پاسخ MDA مردان سالم به دنبال یک جلسه تمرین درمانده ساز انجام شد؛ افزایش مقادیر MDA مشاهده گردید (۲۱). علت تناقض‌های موجود را می‌توان به نوع پروتکل تمرینی، مدت و شدت تمرین به همراه زمان اندازه‌گیری تعمیم داد. از دیگر دلایل احتمالی این تناقض می‌توان به ویژگی‌های متفاوت ترکیبات مکمل‌های مورد استفاده بالاخص ویتامین های E و C اشاره کرد که جزو مکمل‌های مصنوعی هستند.

نتایج پژوهش در خصوص میزان غلظت گلوتاتیون نشان‌دهنده افزایش آن بود. در این راستا، در مطالعه پیری غلظت گلوتاتیون در گروه زعفران به همراه فعالیت هوازی بیشترین افزایش و گروه کنترل دیابتی کمترین افزایش را نشان داد (۱۷). از سویی، یافته‌های مطالعه حاضر با مطالعه Hellsten و همکاران (۲۲) و Marzatico و همکاران (۲۳) همخوانی داشت. در خصوص اثر تمرینات ورزشی بر افزایش میزان گلوتایتون پراکسیداز می‌توان گفت که تمرینات ورزشی بر بیان ژن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تاثیرگذار است و باعث افزایش تنظیم سیستم آنتی‌اکسیدانی و ایجاد سازگاری‌های حفاظتی و در نهایت باعث محافظت سلول ها در مقابل اثرات مضر استرس اکسایشی می شود (۲۴). در خصوص تمرینات هوازی به‌نظر می‌رسد گلوتاتیون پراکسیداز در بین آنزیم‌های اکسایشی دیگر دارای تغییرات پایدارتری است و نسبت به تمرینات طولانی سبب تغییرات افزایشی می‌شود. با این حال، در بعضی از مطالعات کاهش میزان GPX مشاهده شده است (۲۴و۲۵). در مقایسه تحقیقات موافق و

مخالف، به نظر می‌رسد ویژگی‌های شرکت کنندگان (بیمار در مقابل ورزشکار سالم)، تفاوت در شدت تمرین (شدت زیاد تمرین در مطالعه فوق در مقابل شدت متوسط در مطالعه حاضر) و طول مدت تمرین اثرگذار هستند.

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم گزارش دقیق از رژیم غذایی و تعداد کم نمونه‌ها اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به این موارد توجه شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرینات هوازی و مقاومتی منظم به همراه مصرف مکمل زعفران می‌تواند باعث تاثیر بیشتری در بهبود تعادل پراکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی در افراد مبتلا به دیابت نوع دو گردد و نیز از استرس اکسایشی ناشی از ورزش و بیماری دیابت، جلوگیری کند. لذا پیشنهاد می‌شود از این نوع تمرینات به همراه مکمل به عنوان یک روش موثر در بهبود تعادل پراکسیدانی و آنتی اکسیدانی در افراد مبتلا به دیابت نوع دو استفاده شود. همچنین استفاده از سایر روش‌های تمرینی به خصوص تمرینات همزمان می‌تواند موثر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه (شماره ۲۳۵۳۶۶۱) آقای وحید آقاجانی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیولوژی ورزشی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت بود. بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت و نیز از تمامی کارکنان بیمارستان فوق تخصصی ولیعصر رشت و نیز همه بیماران شرکت کننده در مطالعه صمیمانه قدردانی می‌گردد.

References

1. Esteghamati A, Gouya MM, Abbasi M, Delavari A, Alikhani S, Alaedini F, et al. Prevalence of diabetes and impaired fasting glucose in the adult population of Iran: National Survey of Risk Factors for Non-Communicable Diseases of Iran. Diabetes Care. 2008 Jan; 31(1): 96-98. doi: 10.2337/dc07-0959

2. Chatterjee S, Khunti K, Davies MJ. Type 2 diabetes. Lancet. 2017 Jun; 389(10085): 2239-51. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30058-2

3. Aslam F, Iqbal S, Nasir M, Anjum AA. White Sesame Seed Oil Mitigates Blood Glucose Level, Reduces Oxidative Stress, and Improves Biomarkers of Hepatic and Renal Function in Participants with Type 2 Diabetes Mellitus. J Am Coll Nutr. 2019 Mar-Apr; 38(3): 235-46. doi: 10.1080/07315724.2018.1500183

4. Huang JQ, Zhou JC, Wu YY, Ren FZ, Lei XG. Role of glutathione peroxidase 1 in glucose and lipid metabolism-related diseases. Free Radical Biology and Medicine. 2018; 127: 108-15. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.05.077

5. Yasrebi S, Zolfaghari H, Ajabi Farshbaf J, Zolfaghari MR. [The Effects of Sprint Training and Vitamins E and C Supplementation on Plasma GPX, LDL-ox and MDA]. Journal of Cell & Tissue. 2012; 3(3): 221-30. [Article in Persian]

6. Vincent KR, Vincent HK, Braith RW, Lennon SL, Lowenthal DT. Resistance exercise training attenuates exercise-induced lipid peroxidation in the elderly. Eur J Appl Physiol. 2002 Aug; 87(4-5): 416-23. doi: 10.1007/s00421-002-0640-2

7. 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]. J Shahid Sadoughi Uni Med Sci. 2014; 22(1): 928-39. [Article in Persian]

8. Iborra RT, Ribeiro IC, Neves MQ, Charf AM, Lottenberg SA, Negrão CE, et al. Aerobic exercise training improves the role of high-density lipoprotein antioxidant and reduces plasma lipid peroxidation in type 2 diabetes mellitus. Scand J Med Sci Sports. 2008 Dec; 18(6): 742-50. doi: 10.1111/j.1600-0838.2007.00748.x

9. Arslan M, Ipekci SH, Kebapcilar L, Dogan Dede N, Kurban S, Erbay E, et al. Effect of Aerobic Exercise Training on MDA and TNF- α Levels in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. International Scholarly Research Notices. Volume 2014, Article ID 820387. http://dx.doi.org/10.1155/2014/820387

10. Hosseini S, Nik bakht H, Azarbayjani M. [The Effect of Aqua Extract of Saffron with Resistance Training on Glycemic Indexes of Streptozotocin Induced Diabetic Rats]. Armaghane Danesh. 2013; 18(4): 284-94. [Article in Persian]

11. Dogan Dede N, Ipekci S, Kebapcilar L, Arslan M, Kurban S, Yildiz M, Gonen MS. Effect of aerobic exercise training on serum malondialdehyde level and quality of life in type 2 diabetes. 20th European Congress of Endocrinology, Barcelona, Spain, 19-22 May 2018. Endocrine Abstracts. 2018; 56: GP100. doi: 10.1530/endoabs.56.GP100

12. Barari A, Shirali S, Amini S, Nazeri-Manzari H. Interactive effect of Saffron extracts and aerobic training on Glutathione Peroxidase (GPX) and Malondialdehyde (MDA) in men with type2 diabetes. J Nutr Sci & Diet. 2017; 3(1): 1-7.

13. Shahrjerd S, Shavandi N, Sheikh-Hoseini R, Shahrjerd S. [The effect of strengthening and endurance training on metabolic factors, quality of life and mental health in women with type Π diabetes]. J Shahrekord Univ Med Sci. 2010; 12(3): 85-93. [Article in Persian]

14. National Strength & Conditioning Association (NSCA). NSCA's essentials of personal training. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics. 2012.

15. Coskun O, Ocakci A, Bayraktaroglu T, Kanter M. Exercise training prevents and protects streptozotocin-induced oxidative stress and beta-cell damage in rat pancreas. Tohoku J Exp Med. 2004 Jul; 203(3): 145-54.

16. Hijam D, Rajen S, Premchand Th, Gyaneshwar W. A study on glutathione peroxidase and malondialdehyde in type 2 diabetes. 3rd World Congress on Diabetes & Metabolism. September 24-26, 2012 Marriott Convention Center, Hyderabad, India. J Diabetes Metab. 2012; 3:8. doi: 10.4172/2155-6156.S1.018

17. Piri M. [The Effect of Combination of Saffron Aqueous Extract and Aerobic Exercise on the Concentration of Non-Enzyme Antioxidants in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats]. Dissertation. Tehran: Islamic Azad University, Central Tehran Branch. 2012. [Persian]

18. Mohamed Elbalshy M, Elsayed Mohamed M, Fouad Rahma A. Effect of Aerobic Exercise on Serum Adiponectin and Serum Malondialdehyde (MDA) In Type 1 Diabetic Patients. European Journal of Preventive Medicine. 2017; 5(5): 71-76. doi: 10.11648/j.ejpm.20170505.14

19. Nazem F, Farhangi N, Neshat-Gharamaleki M. Beneficial Effects of Endurance Exercise with Rosmarinus officinalis Labiatae Leaves Extract on Blood Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. Can J Diabetes. 2015 Jun; 39(3): 229-34. doi: 10.1016/j.jcjd.2014.11.003

20. Teixeira-Lemos E, Nunes S, Teixeira F, Reis F. Regular

physical exercise training assists in preventing type 2 diabetes development: focus on its antioxidant and anti-inflammatory properties. Cardiovasc Diabetol. 2011; 10: 12. doi: 10.1186/1475-2840-10-12

21. Moslehi Najafabadi E, Dabidi Roushan VA, Falah Mohammadi Z, Pouramir M. [Effect of Short term vitamin E supplementaion on lipid peroxidation of healthy man after exhaustive exercise in the sea level and moderate altitude]. Olympic. 2008; 16(1): 47-57. [Article in Persian]

22. Hellsten Y, Apple FS, Sjödin B. Effect of sprint cycle training on activities of antioxidant enzymes in human skeletal muscle. J Appl Physiol (1985). 1996 Oct; 81(4): 1484-87.

23. Marzatico F, Pansarasa O, Bertorelli L, Somenzini L, Della Valle G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. J Sports Med Phys Fitness. 1997 Dec; 37(4): 235-39.

24. Kayatekin BM, Gönenç S, Açikgöz O, Uysal N, Dayi A. Effects of sprint exercise on oxidative stress in skeletal muscle and liver. Eur J Appl Physiol. 2002 Jun; 87(2): 141-44. doi: 10.1007/s00421-002-0607-3

25. Liu JF, Chang WY, Chan KH, Tsai WY, Lin CL, Hsu MC. Blood lipid peroxides and muscle damage increased following intensive resistance training of female weightlifters. Ann N Y Acad Sci. 2005 May; 1042:255-61. dDoi: 10.1196/annals.1338.029