

## The Effect of a period of high intensive interval training on total antioxidant capacity and level of liver tissue malondialdehyde in male Wistar rats

Usefpor M., BS<sup>1</sup>, Ghasemnian A.A., PhD<sup>2</sup>, Rahmani A., PhD<sup>3</sup>

1. Master student in Applied Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2. Assistant Professor, department of sport science, faculty of humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran (Corresponding Author), Tel:+98-34-33052778, ghasemnian@znu.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of sport science, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

### ABSTRACT

**Background and Aim:** The results of many studies have shown that free radicals are cause of more than 60 diseases and antioxidant system (antioxidant) can stop the damaging process induced by free radicals in the body. One of the most important factors which can increase the production of free radicals is heavy breathing during physical activity. The aim of this study was to investigate the effect of a period of high intensive interval training on plasma total antioxidant capacity and malondealdehyde level in liver tissue of male Wistar rats.

**Materials and Methods:** In this study, 16 adult male Wistar rats (195-220 g) were randomly divided into control (n = 8) and training (n=8) groups. The training protocol consisted of running on treadmill 5 days a week, for 8 weeks. Standard meal and water were provided and the subjects were allowed to choose their food freely. 48 hours after the last session of training and 8 hours of overnight fasting, blood and tissue samples were collected to measure the total antioxidant capacity and MDA level by using colorimetric method. We used independent T test for data analysis.

**Results:** The results showed that 8 weeks of intensive interval exercise had no significant effect on the plasma antioxidant activity and capacity and also tissue level of MDA ( $p>0.05$ ).

**Conclusion:** Since 8 weeks of high intensive interval training had no effect on the total antioxidant capacity and malondialdehyde level, it can be said cautiously that exercise at regular intervals can induce useful adaptation in antioxidant system which can lead to resistance against oxidative stress.

**Keywords:** Intensive interval training, Total antioxidant capacity, Lipid peroxidation.

**Received:** Apr 8, 2017    **Accepted:** Aug 12, 2017

## تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدهید بافت کبدی موش‌های صحرائی نر ویستار

مژگان یوسف پور<sup>۱</sup>، آقاعلی قاسم نیان<sup>۲</sup>، احمد رحمانی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی کاربردی، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (مؤلف مسؤل)، تلفن ثابت: ۰۲۴-۳۳۰۵۲۷۷۸، ghasemnian@znu.ac.ir

۳. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رادیکال‌های آزاد باعث ایجاد بیش از ۶۰ نوع بیماری می‌شوند و عاملی که ممکن است باعث توقف روند تخریبی رادیکال‌های آزاد در بدن شود، سیستم آنتی اکسیدانی (ضد اکسایشی) است. همچنین یکی از مهمترین عواملی که موجب افزایش شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد در بدن می‌شود تنفس شدید حین فعالیت بدنی است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما و مالون دی آلدهید بافت کبدی موش‌های صحرائی نر ویستار بود.

**روش بررسی:** در این مطالعه ۱۶ سر موش صحرائی نر بالغ نژاد ویستار با میانگین وزن ۲۰۰ گرم به صورت تصادفی به ۲ گروه کنترل (۸ سر) و تناوبی شدید (۸ سر) تقسیم شدند. تمرینات تناوبی شدید به مدت ۸ هفته و هر هفته به مدت پنج روز انجام شد. آب و غذای استاندارد به صورت آزاد در اختیار همه حیوانات قرار گرفت. ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین و پس از ۸ ساعت ناشتایی شبانه، پس از بیهوشی حیوانات نمونه‌های خونی و بافتی جمع‌آوری شد و با استفاده از روش رنگ سنجی فعالیت ظرفیت تام آنتی اکسیدانی پلاسما و غلظت مالون دی آلدهید بافت کبد اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از آزمون تی تست مستقل استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان داد ۸ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیری بر میزان فعالیت ظرفیت آنتی اکسیدانی تام پلاسما و همچنین غلظت مالون دی آلدهید بافتی نداشت ( $P > 0/05$ ).

**نتیجه گیری:** با توجه به این که ۸ هفته تمرین تناوبی شدید تأثیری بر تغییرات ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و غلظت مالون دی آلدهید نداشته است، شاید بتوان با احتیاط عنوان کرد که تمرینات ورزشی منظم تناوبی، با ایجاد سازگاری مفید در سیستم آنتی اکسیدانی، بدن را در مقابل تولیدات استرس اکسیداتیو مقاوم‌تر ساخته است.

**کلمات کلیدی:** تمرینات تناوبی شدید، ظرفیت آنتی اکسیدانی تام، مالون دی آلدهید

وصول مقاله: ۹۶/۱/۱۹ اصلاحیه نهایی: ۹۶/۵/۴ پذیرش: ۹۶/۵/۲۱

## مقدمه

پژوهشگران، گزارش کرده‌اند که بعد از ورزش، میزان تولید گونه‌های اکسیژن فعال در عضلات به دو برابر می‌رسد (۱) و فعالیت بدنی شدید تولید گونه‌های اکسیژن فعال را افزایش داده و موجب آسیب اکسایشی و عضلانی در عضلات فعال می‌شود (۲). همچنین عنوان شده است که به هنگام فعالیت ورزشی، مقدار پنتان بازدمی انسان افزایش می‌یابد که این موضوع نشانگر پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از رادیکال‌های آزاد است (۲). بیش‌ترین اثر تخریبی رادیکال‌های آزاد متوجه غشای سلولی و غشای اندامک‌های داخل سلولی نظیر غشای میتوکندری‌ها است (۲). آسیب به غشای فسفو لیپیدی سلول موجب پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و سخت شدن دیواره‌ی سلول‌ها می‌شود و بدین ترتیب بسیاری از فعالیت‌های سلول تحت تاثیر قرار می‌گیرد و زمینه بروز بسیاری از بیماری‌های قلبی-عروقی از راه تولید محصولات پراکسیداسیون لیپیدی نظیر مالون دی آلدهید و کراتین کیناز (CK،MDA) فراهم می‌شود (۳). البته همه انواع ارگانسیم‌های هوازی دارای سیستم دفاعی علیه گونه‌های فعال اکسیژن هستند (۳). آنزیم‌های ضد اکسایشی اولین خط دفاعی در برابر حمله انواع رادیکال‌های فعال اکسیژن هستند (۳). هر یک از ترکیبات آنتی اکسیدانی نقش منحصر به فردی دارند که عمل یکدیگر را کامل می‌کنند و برآیند آن‌ها تحت عنوان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام (TAC) بدن تلقی می‌گردد (۴). عنوان شده است فعالیت‌های ورزشی از یک سو با افزایش فشار اکسایشی، احتمال تشکیل رادیکال‌های آزاد مضر را افزایش می‌دهند و از طرف دیگر با القای آنزیم‌های ضد اکسایشی سبب کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شوند (۵). با این حال به نظر می‌رسد، شدت، مدت، نوع فعالیت ورزشی، جنسیت و نژاد اثرات متفاوتی را در بروز

آسیب‌های اکسایشی و به دنبال آن سیستم ضد اکسایشی داشته باشد (۶). در بین شاخص‌های ضد اکسایشی، اندازه‌گیری ظرفیت ضد اکسایشی تام (TAC) که نشان دهنده ظرفیت ضد اکسایشی در برابر اثر رادیکال‌های آزاد است، اهمیت دارد. با ارزیابی این متغیر می‌توان آثار ورزش و توانایی ضد اکسایشی را در رویارویی با آثار رادیکال‌های آزاد اکسیژن بررسی کرد (۸). البته فاکتورهای دیگری نظیر مالون دی آلدهید (MDA) شاخصی مناسب برای تعیین مقدار آسیب غشای سلول و فشار اکسایشی است (۹).

در بسیاری از پژوهش‌ها در زمینه استرس اکسایشی، از تمرینات هوازی بر روی تردمیل یا چرخ کارسنج استفاده شده است (۷). گزارش شده است که به دنبال فعالیت‌های بدنی شدید با افزایش گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و شاخص پراکسیداسیون لیپیدی از جمله MDA، عدم تعادل بین فشار اکسایشی و دفاع ضد اکسایشی منجر به کاهش TAC می‌شود (۸). در مطالعه‌ای نشان داده شده است که بعد از تمرینات کوتاه مدت و شدید میزان مالون دی آلدهید پلاسما و اریتروسیت‌ها به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدی غشاء گلبول‌های قرمز خون افزایش یافته‌اند (۹). در پژوهش فراک و همکاران (۲۰۱۳)، بر روی ورزشکاران حرفه‌ای، بعد از ۱۰ روز پروتکل تمرینی تناوبی شدید، افزایش معنی‌داری در سطح مالون دی آلدهید مشاهده شد، ولی تفاوت معنی‌داری در میزان آنتی‌اکسیدان‌های بدن (SOD, CAT, GPX) مشاهده نشد (۱۰)، همچنین، در پژوهش نیلس توماس و همکاران (۲۰۱۵)، بعد از ۶ هفته تمرینات اینتروال شدید تفاوت معنی‌داری در میزان ظرفیت تام آنتی اکسیدانی و مالون دی آلدهید بافت کبد و قلب مشاهده نشده است (۱۱). از طرفی دیگر، باگدانیس و همکاران (۲۰۱۳) بعد از انجام ۳ هفته تمرین تناوبی شدید بر روی ۸ مردی که از لحاظ فیزیکی سالم بودند تفاوت معنی‌داری در میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام مشاهده کردند (۱۲). هر چند پروتکل‌های با مدت زمان کوتاه یک جلسه‌ای مقاومتی (۱۳) یا متوسط و طولانی مدت هوازی

<sup>1</sup>. creatine kinase and Malondialdehyde

<sup>2</sup>. Total antioxidant capacity

در آن‌ها می‌شود، حیوانات پس از انتقال از مرکز پرورش و تکثیر به محیط پژوهش، به مدت ۲ هفته تحت شرایط جدید نگهداری شدند. در هفته دوم، همه‌ی حیوانات با نحوه‌ی فعالیت روی نوارگردان آشنا شدند (۱۸). بعد از آشنایی با محیط جدید و چگونگی فعالیت روی نوارگردان به طور تصادفی به دو گروه کنترل (۸ سر) و تمرین (۸ سر) تقسیم شدند. حیوانات در دمای ۲۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و چرخه‌ی محیطی روشنایی به تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و رطوبت ۵۰٪ نگهداری شدند. غذای آزمودنی‌ها، تولید شرکت خوراک دام پارس بود که به صورت آزاد در اختیار آن‌ها قرار داده شد. نوار گردان ویژه‌ی موش‌های صحرایی، ساخت ایران دارای ۱۰ محفظه‌ی فلزی و به ابعاد ۱۵\*۱۰\*۹۰ سانتی‌متر و دارای شوکر دستی، صفحه‌ی نمایشگر سرعت، زمان و مسافت بود. برنامه‌ی آشنایی شامل ۵ جلسه در هفته و به مدت دوهفته بود که در جلسات اولیه، راه رفتن و دویدن با سرعت ۵ تا ۸ متر در دقیقه، شیب صفر درجه به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه اجرا شد. رفته رفته در انتهای هفته‌ی دوم سرعت به ۳۰ متر بر دقیقه در زمان‌های کوتاه ۱ دقیقه‌ای رسید. در تمام جلسات تمرینی ۵ دقیقه برای گرم کردن و ۵ دقیقه برای سرد کردن موش‌ها در نظر گرفته شد. تمرینات اصلی بعد از دوهفته با سرعت ۳۵ متر بر دقیقه شروع شده و هر هفته ۵ متر بر دقیقه به میزان سرعت تردمیل اضافه می‌شد تا اینکه در هفته‌ی هشتم سرعت تمرین به ۷۵ تا ۸۰ متر بر دقیقه رسید (جدول ۱). ساعت اجرای تمرینات برای گروه تمرین ثابت بود و پروتکل ورزشی روزهای شنبه، یکشنبه، دوشنبه، چهارشنبه، پنجشنبه ساعت ۳ تا ۵ عصر انجام شد. پس از اتمام دوره‌ی تمرین، پس از یک شب ناشتایی (۱۲ ساعت) و ۴۸ ساعت پس از آخرین نوبت تمرینی حیوانات با اتر بیهوش شدند. سپس خون موش‌ها در لوله‌های فالتکون جمع‌آوری شده و در دستگاه سانتریفوژ (۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰) قرار گرفته و جداسازی سرم صورت گرفت و همچنین بافت کبد جداسازی شده در لوله‌های میکروتیوب قرار گرفته و برای

(۱۴) از عمومی‌ترین روش‌های به کار برده شده برای ارزیابی شاخص‌های استرس اکسایشی است (۷)، اما اکثر آنها در ارتباط با یک نوع تمرین خاص (بدون اصل اضافه بار)، به صورت حاد یا طولانی مدت بوده است. از این رو به نظر می‌رسد که نتایج پژوهش‌ها در مورد تاثیر تمرینات ورزشی بویژه تمرینات تناوبی شدید طولانی مدت با اصل اضافه بار، متناقض است. همچنین تغییرات این متغیرها پس از تمرینات تناوبی بی‌هوای در طولانی مدت نیز با پرسش‌هایی همراه است. از طرفی تجویز برنامه‌های ورزشی عموماً به گونه‌ای است که تمرینات پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد، حال آن‌که اجرای تمرینات به شکل تناوبی علاوه بر آن که موجب افزایش شدت اجرای تمرینات می‌شود، تنوع پذیری بیشتری نیز دارد. از طرفی پژوهش‌های انجام گرفته عمدتاً تاثیر پروتکل‌های تمرینی سرعتی یک مرحله‌ای (۱۵)، مقاومتی شدید (۱۶)، اینتروال هوای (۱۷) را بر سطوح ظرفیت تام اکسیدانی و پراکسیداسیون لیپیدی مورد مطالعه قرار داده‌اند. بنابراین با توجه به اهمیت چگونگی طراحی برنامه‌های تمرینی برای حصول نتایج بهتر و جلوگیری از اتلاف هزینه و ناکافی بودن مطالعات درباره اثر تمرینات تناوبی شدید در طولانی مدت بر دفاع ضد-اکسایشی و هم چنین وجود تناقض در رابطه با اثر فعالیت ورزشی بر تقابل‌های اکسایشی-ضد اکسایشی، پژوهش حاضر آثار ۸ هفته تمرین تناوبی شدید را بر میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام پلازما و مالون دی آلدئید بافت کبدی موش‌های صحرایی نر ویستار مورد بررسی قرار می‌دهد.

### روش بررسی

پژوهش به روش تجربی، در سال ۱۳۹۵ و در آزمایشگاه حیوانات گروه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه زنجان انجام گرفت. در پژوهش حاضر ۱۶ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار (با سن ۸ هفته و میانگین وزن ۲۰۰ گرم) از موسسه سرم سازی رازی کرج خریداری شد. از آنجایی که انتقال حیوانات باعث استرس و در نتیجه تغییر شرایط فیزیولوژیکی

اندازه‌گیری بعدی در فریزر ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

جدول ۱- پروتکل تمرین تناوبی شدید

| هفته هشتم | هفته هفتم | هفته ششم | هفته پنجم | هفته چهارم | هفته سوم | هفته دوم | هفته اول | آشنایی |                     |
|-----------|-----------|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|--------|---------------------|
| ۸۰-۷۵     | ۸۰-۷۵     | ۸۰-۷۰    | ۶۵-۵۵     | ۷۰-۶۵      | ۶۵-۵۵    | ۵۵-۴۵    | ۴۵-۳۰    | ۳۰-۱۰  | سرعت (متر بر دقیقه) |
| ۱         | ۱         | ۱        | ۱         | ۱          | ۱        | ۱        | ۱        | ۱      | مدت دوره (دقیقه)    |
| ۳         | ۳         | ۴        | ۴         | ۲          | ۲        | ۲        | ۲        | ۲      | مدت استراحت (دقیقه) |
| ۷         | ۷         | ۶        | ۵         | ۱۰         | ۱۰       | ۱۰       | ۱۰       | ۱۰     | تعداد دوره در روز   |
| ۵         | ۵         | ۵        | ۳         | ۵          | ۵        | ۵        | ۵        | ۶      | تعداد جلسات در هفته |

کاهندگی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی پلاسما یا هر نمونه‌ی دیگر است که به روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۹۳ نانومتر سنجیده می‌شود. تحلیل آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۳ انجام شد. از آمار توصیفی برای دسته بندی داده‌ها و بعد از تایید طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک، جهت مقایسه شاخص‌ها از آزمون تی تست مستقل استفاده شد. سطح معنی داری نیز ۰/۰۵ p در نظر گرفته شد.

در این مطالعه از روش تیوباریتوریک اسید جهت اندازه‌گیری مالون دی‌آلدهید (MDA) بافت کبد استفاده شد (۱۹). ۵۰ میلی‌گرم از بافت کبد را در ۲ سی سی محلول بافر فسفات هموزن قرار داده، آن را با دور کم و به مدت ۴ دقیقه در دستگاه هموژنایزر قرار دادیم. بعد لوله حاوی سوسپانسیون را در دستگاه سانتریفیوژ قرار داده و به مدت ده دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در مرحله بعد سوپرناتانت را جدا نموده و به آن محلول تری کلرواستیک اسید اضافه نمودیم، سپس محلول را ۲ بار متوالی فریز و گرم نموده سوپرناتانت آن جدا شده و به آن یک سی سی محلول تری باریتوریک اسید با غلظت ۶/۷ گرم در لیتر اضافه نمودیم. بعد از آن لوله را به مدت ۱۵ دقیقه در آب جوش قرار داده، پس از سرد شدن در طول موج ۵۳۲ نانومتر غلظت مالون دی‌آلدهید به کمک دستگاه اسپکترومتری و به وسیله ضریب جذب کمپلکس مالون دی‌آلدهید تری باریتوریک اسید سنجیده شد.

ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی پلاسما با استفاده از روش FRAP<sup>۱</sup> مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (۲۰). اساس سنجش FRAP بر کاهش یون‌های فریک به فرو و به وسیله‌ی قدرت

1- ferric reducing-antioxidant power

## یافته‌ها

همچنین نتایج بررسی نشان داد سطح ظرفیت تام آنتی اکسیدانی پلاسمایی گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی داری ندارد ( $p = 0/37$ ) (نمودار ۱).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که میزان شاخص مالون دی آلدئید بافت کبد گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی داری ندارد ( $p = 0/14$ ).



نمودار ۱: میانگین شاخص های آنتی اکسیدانی و استرس اکسایشی در گروه های پژوهش

## بحث

پروتکل تمرینی بی‌هوازی شدید را اجرا کرده بودند ، تفاوت معنی داری در میزان TAC و MDA مشاهده نکردند (۲۱). به نظر می‌رسد که این عدم تغییر، ناشی از دفاع اکسایشی در اثر اجرای فعالیت اینتروال بی‌هوازی منظم باشد. اگرچه نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که فعالیت بدنی شدید و نامنظم از طریق افزایش هورمون هایی مانند کاتکولامین ها، پروستاگلانندین ها و فعالیت ماکروفاژها بر عملکرد اکسایشی سلول ها و ساختمان غشاء سلولی اثرگذار است و موجب افزایش استرس اکسایشی و پراکسیداسیون لیپیدی شده (۲۲) و کاهش جریان خون موضعی در ابتدای فعالیت های بدنی در اندام هایی همانند عضلات فعال، کلیه ها و کبد، به عنوان عامل دیگری در روند افزایش پراکسیداسیون لیپید محسوب می‌شود (۲۳) اما، این در حالی است که تمرینات ورزشی منظم و مستمر، با افزایش دفاع ضد اکسایشی، موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و پروتئینی می‌شود (۲۴). از طرفی با گدائیس و همکاران در سال ۲۰۱۳ پس از انجام ۳ هفته تمرین تناوبی شدید بر روی مردانی که از لحاظ فیزیکی سالم بودند تفاوت معنی داری در میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام مشاهده کردند که

نتایج این پژوهش نشان داد که ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید تاثیر معنی داری بر میزان TAC پلاسمایی و MDA بافت کبدی ندارد. اگرچه باعث افزایش غیر معنی دار ۱۹/۸ درصدی میانگین در مقدار MDA و افزایش غیر معنی دار ۷/۵۲ درصدی میانگین در میزان TAC شده است. به نظر می‌رسد که با تمرینات اینتروال شدید و منظم تا حدودی پراکسیداسیون لیپیدی اتفاق افتاده اما مقدار آن در حدی نبوده که باعث افزایش معنی دار در ظرفیت تام آنتی-اکسیدانی شود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج چندی از مقالات همسو می‌باشد، از جمله نیلس توماس و همکاران (۲۰۱۵)، بعد از ۶ هفته تمرینات اینتروال شدید در میزان ظرفیت تام آنتی اکسیدانی و مالون دی آلدئید در بافت قلب و کبد تفاوت معنی دار مشاهده نکرده اند (۱۲). در پژوهشی مشابه با پژوهش حاضر گائینی و همکاران نشان دادند ۳۶ هفته تمرینات اینتروال تاثیری بر میزان مالون دی آلدئید ندارد (۱۴). از طرفی معمار مقدم و همکاران در پژوهشی با عنوان مقایسه ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید در دوندگان سرعت با غیر ورزشکاران که

احتمال دارد افزایش ظرفیت تام آنتی اکسیدانی در این مطالعه به دلیل مدت کمتر تمرینات به نسبت تمرینات مطالعه حاضر باشد. با این حال نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شاخص استرس اکسایشی و همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی تام با وجود شدت و حجم بالای تمرینات با گروه کنترل غیرورزشکار تفاوت معنی داری ندارد. در همین راستا مطالعاتی وجود دارد که نشان می‌دهد در افرادی که تمرینات بی‌هوایی داشته‌اند، نسبت به آزمودنی‌های غیر تمرین کرده شاخص‌های تخریب عضلانی و استرس اکسایشی در زمان استراحت و یا پس از فعالیت ورزشی سطوح پایین‌تری داشته‌است (۲۵ و ۲۶) در توضیح این یافته‌ها و نتایج مطالعه حاضر شاید بتوان این احتمال را در نظر گرفت، بهبود سیستم آنتی اکسیدانی افراد تمرین کرده به صورت منظم و طولانی مدت، در حفظ و نگهداری سیستم اکسیداسیون و احیای سلولس نقش داشته‌است. چرا که نشان داده شده‌است تمرینات بی‌هوایی در طولانی مدت علاوه بر آن که ظرفیت تولید انرژی بی‌هوایی را در عضله افزایش می‌دهد موجب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی عضله نیز می‌شود (۲۷). از طرفی نشان داده شده‌است که غلظت آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی با تمرینات بی‌هوایی افزایش می‌یابد (۲۸). به نظر می‌رسد تولید مکرر رادیکال‌های آزاد ناشی از ایسکمی و انتشار مجدد خون در سطح عضلانی که در اثر این نوع فعالیت‌های ورزشی روی می‌دهد در بهبود نیم رخ آنتی اکسیدانی نقش داشته باشد (۲۹ و ۲۸)، اگرچه در این پژوهش ظرفیت آنتی اکسیدانی تام در گروه تمرینی بالاتر از گروه کنترل بود، اما این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در این خصوص می‌توان به دو نکته اشاره کرد، اول آن که ظرفیت سیستم آنتی اکسیدانی و کارایی این سیستم دو موضوع متفاوت است. به طور مثال نشان داده شده‌است در افرادی که تمرینات بی‌هوایی داشته‌اند فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در خون، بافت و به ویژه در عضلاتی که به کار گرفته می‌شود بهبود می‌یابد (۳۲-۳۰) و به این طریق یک عامل محافظتی در برابر استرس

اکسایشی فراهم می‌آورد (۳۳)، دوم آن که امکان دارد که غلظت برخی از آنتی اکسیدان‌ها (آنزیمی و غیر آنزیمی) تغییر نماید بدون آن که بر ظرفیت آنتی اکسیدانی تام اثر بگذارد (۳۴). بنابراین ممکن است در این پژوهش سازگاری سودمندی در سیستم اکسیداسیون و احیای ورزشکاران روی داده باشد که توانسته‌است از افزایش رادیکال‌های آزاد و استرس اکسایشی متعاقب آن در طولانی مدت جلوگیری به عمل آورد. با توجه به نتایج به دست آمده احتمالاً می‌توان گفت تمرینات اینتراوال حتی در شدت‌های بالا به صورت منظم می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کارایی سیستم ضد اکسایشی بدن گذاشته و اثرات مضر رادیکال‌های آزاد را خنثی نماید، لذا به نظر می‌رسد نتیجه پژوهش حاضر از این نظر دارای اهمیت است که احتمالاً ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید تأثیری در ایجاد و افزایش استرس اکسایشی نداشته و یا احتمالاً تمرینات تناوبی در طولانی مدت باعث بروز سازگاری‌های مفید در دستگاه آنتی اکسیدانی شده که مانع بروز استرس اکسایشی و آسیب‌های حاصل از آن می‌شود. اما نظر به این که یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم در نظر گرفتن مکانیسم‌های پاسخی متفاوت بافت‌های مختلف بدن (عضلات اسکلتی، قلب، کلیه، مغز و غیره) به نوع ورزشی که تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند و همچنین فعال شدن هورمون‌هایی نظیر کاتکولامین‌ها و کورتیزول در طول تمرین که می‌تواند از دیگر عوامل تأثیرگذار بر نتایج تحقیق حاضر باشد، بوده‌است، و از طرفی سنجش آنزیم‌های ضد اکسایشی از جمله SOD، GPX، CAT، پیشنهاد می‌شود تا پژوهشگران در پژوهش‌های آتی این موارد را کنترل کرده، تا نتایج قابل استنادتری ارائه شود.

### نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید تأثیری در ایجاد و افزایش استرس اکسایشی نداشت. به نظر می‌رسد که احتمالاً تمرینات تناوبی در طولانی مدت باعث بروز سازگاری‌های مفید در دستگاه

### تشکر و قدردانی

این مقاله بر گرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی کاربردی خانم مژگان یوسف پور در دانشگاه زنجان است لذا از زحمات تمامی کسانی که در پژوهش حاضر یاری رساندند نهایت تشکر و سپاسگزاری به عمل می آید.

آنتی اکسیدانی می شوند و مانع بروز استرس اکسایشی و آسیب های حاصل از آن شده و بدن را در مقابل تولیدات استرس اکسیداتیوها مقاوم تر می سازد.

### Reference

1. Sadeqi S, Rahimi R. GH and IGF-1 hormone response to resistance two different high volume of rest between sets. *Olympic* 2009;1:57-68.
2. Dabidiroshan V, Mahmoudi, AA, Joulazadeh T. Comparison of the Effects of aerobic interval training sessions 3 and 5 of on HS-CRP Wistar rats. *J Olympic* 2008;17:105-19.
3. Gharakhanlou R, Afzalpour ME, Gaeini, AA, Rahnama, N. Effects of aerobic exercises on the serum Paraoxonase 1/Arylesterase activity and lipid profile in non active healthy men. *J Sports Sci Engin* 2007;2:105-12.
4. Afzalpour m, Gharakhanlou r, Gaeini a. Effects of moderate and vigorous aerobic training on enzyme activity arylesterase (ARE) and total anti-oxidation capacity (TAC) in healthy sedentary men. *Res Exer Sci* 2005;3:105-23.
5. Modir M, Daryanoosh F, Firouzmand H, Jaffari H, Khanzade M. Effect of short and medium periods of high intensities aerobic training on serum level of superoxide dismutase and Catalase enzymes in rats. *J Gorgan Uni Med Sci* 2014; 16:24-30.
6. Sen C, Packer L, Hänninen O. *Handbook of oxidants and antioxidants in exercise*. Elsevier; 2000.
7. Ohno H, Yahata T, Sato Y, Yamamura K, Taniguchi N. Physical training and fasting erythrocyte activities of free radical scavenging enzyme systems in sedentary men. *Eur J Appl Physiol* 1988;57:173-6.
8. Hakkakdokht E, Salami F, Rajabi H, Hedayati M. The effect of aerobic exercise and vitamin E and C supplementation on GSH and antioxidative enzymes (GPX and SOD) in pregnant rats. *Olympic* 2011,19:47-56.
9. Dekany M, Nemeskeri V, Gyore I, Harbula I, Malomsoki J, Pucsock J. Antioxidant status of interval-trained athletes in various sports. *Int J Sports Med* 2006;27:112-6.
10. Ugras AF. Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. *Sci Sport* 2013;28:253-9.
11. Thomas Songstad N, Frostmo Kaspersen KH, Dragøy Hafstad A, Basnet P, Ytrehus K, Acharya G. Effects of High Intensity Interval Training on Pregnant Rats, and the Placenta, Heart and Liver of Their Fetuses. *PLoS One*. 2015;13:10:e0143095.
12. Bogdanis GC, Stavrinou P, Fatouros IG, Philippou A, Chatzinikolaou A, Draganidis D, et al. Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans. *Food Chem Toxicol* 2013;61:171-7.
13. Atashak C, Sharafi H, Azarbayjani M. Effect of omega-3 fatty acids on lipid peroxidation and plasma total antioxidant capacity after acute resistance exercise in young male athletes. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2012; 17: 51-9. [In Persian]
14. Gaeini e, Vatani sh. The Short-Term and Long-Term Effects of Sprint, Endurance and Concurrent Exercise Training on Plasmatic Lactate Dehydrogenase, Creatine Kinase, and Malondialdehyde in Rats. *J Sport Sci* 2011;6:95-104.

15. Memarmoghadam m, Gorgani a. Compare total antioxidant capacity, oxidative stress and lipoprotein profile sprinters with nonathletes. *Sport Sci Res* 2010;6:95-104.
16. Ghasemi A, Zarban A. The impact of short-term supplementation of green tea on antioxidant capacity and lipid peroxidation young women after a strenuous resistance training session. *Journal of Medical School* 2012; 202:30
17. Mehraban j, Ramezani n, iranshahi f , The effect of interval aerobic training on malondialdehyde and total capacity antioxidant in sedentary women. *Sport Physiol* 2014; 6: 81-94.
18. Alaei H, Moloudi R, Sarkaki AR, Azizi-Malekabadi H, Hanninen O. Daily running promotes spatial learning and memory in rats. *J Sport Sci Med* 2007; 6: 429-33.
19. Hassanzadeh A, Shahvaisi K, Hassanzadeh K, Izadpanah E, Amini A, Moloudi MR. Effects of rebamipide and encapsulating rebamipide with chitosan capsule on inflammatory mediators in rat experimental colitis. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2015;20:94-104. [In Persian]
20. Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 1996;239:70-6.
21. Memarmoghadam m, Gorgani a. Compare total antioxidant capacity, oxidative stress and lipoprotein profile sprinters with non-athletes. *Sport Sci Res* 2010;6:95-104
22. Fusco D, Colloca G, Monaco MRL, Cesari M. Effects of antioxidant supplementation on the aging process. *Clin Interv Aging* 2007; 2: 377-87.
23. Rahnama N, Gaeini AA, and Hamedinia MR. Oxidative stress responses in physical education students during 8 weeks aerobic training. *Sports Med Phys Fit* 2007;47:23-119.
24. Robertson JD, Maughan RJ, Duthie GG, Morrice PC. Increased blood antioxidant systems of runners in response to training load. *Clin Sci* 1991;80:611-8.
25. Turgay F, Kayatekin BM, Gonenc S, Yslegen C. Aerobic and anaerobic training effects on the antioxidant enzymes of the blood. *Acta Physiol Hungarica* 2000;87:267-73.
26. Ortenblad N, Madsen K, Djurhuus MS. Antioxidant status and lipid peroxidation after short-term maximal exercise in trained and untrained humans. *Am J Physiol Renal Physiol* 1997;272: 1258-63.
27. Hellsten Y, Apple FS, Sjodin B. Effect of sprint cycle training on activities of antioxidant enzymes in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1996;81:1484-7.
28. Cazzola R. Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. *Clin Invest* 2003;33: 924-30.
29. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radic Biol Med* 2008;44:153-9.
30. Hellsten Y, Apple FS, Sjodin B. Effect of sprint cycle training on activities of antioxidant enzymes in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1996;81:1484-7.
31. Escobar M, William M. Oxidative Stress in Young Football (Soccer) Players in Intermittent High Intensity Exercise Protocol. *Exerc Physiol* 2009;12:1-10.
32. Somenzini L, Marzatico F. 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;37: 235-9.
33. Teixeira V, Valente H, Casal S, Marques F, Moreira P. Antioxidant status, oxidative stress, and damage in elite trained kayakers and canoeists and sedentary controls. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2009;19:443-56.
34. Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2006;36:327-58.