Journal of Sport and Exercise Physiology
Spring 2023/Vol.16/No.1/104-114

Original Article

The effect of jujube extract consumption during two types of high intensity interval training and intensive endurance training on oxidative stress and antioxidant indices of liver tissue in immature male Wistar rats

Leila Youzbashi, Parisa Abdollahi, Ahmad Rahmani, Akram Karimiasl*

Department of Sport Siences, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Abstract

Background and Purpose: One of the appropriate strategies for combating the adverse effects of oxidative stress caused by strenuous activities is consuming a well-balanced diet and taking antioxidant supplements. The purpose of this study was to investigate the effect of jujube extract consumption during two types of intermittent and intense endurance training on antioxidant indices and oxidative stress of the liver tissue of immature male rats.

Materials and Methods: 72 male Wistar rats (aged= 22 days, weight= 60.64 ± 7.475 g) were randomly divided into nine groups after being weighed: control, placebo, jujube, intense endurance training (ICT), ICT + placebo, ICT + jujube gavage, high-intensity interval training (HIT), HIT + placebo gavage, HIT + jujube gavage. After a week of general and specific familiarization, the ICT protocol including running on the treadmill for four weeks (five sessions per week) with progressive duration and intensity and following the principle of exercise overload was implemented on an animal treadmill. So that the speed in the first week was equal to 10-18 meters per minute and its duration was 10-30 minutes, and in the last week the training speed reached 30 meters per minute and its duration was 55-60 minutes. The HIT training protocol was also carried out in the form of training with the pattern of seven-day courses (six days of training and one day of rest to prevent overtraining). Based on the principle of overload, training was applied in such a way that the training speed in the familiarization week was equal to 10-16 meters per minute and its duration was one minute, and in the last week the training speed reached 36-40 meters per minute (equivalent to about 85% of Vo2max). Distilled water was given to the placebo groups, and 600 mg/kg of jujube extract was given daily to the jujube groups after training. The activity of GPX, SOD, CAT enzymes, TAC and MDA was assayed by spectrophotometric method using diagnostic ELISA kit. ANOVA and Tukey's post hoc test were used to analyze the data.

Results: The results showed that ICT and HIT significantly decreased MDA activity ($P < 0.05$). However, ICT and HIT did not affect the activity levels of antioxidant enzymes (SOD, GPX) and TAC ($P > 0.05$). On the other hand, HIT training significantly increased CAT enzyme ($P < 0.05$). The results also showed that groups with jujube gavage did not have a significant effect on the activity levels of antioxidant enzymes (SOD, GPX, CAT), TAC and MDA ($P > 0.05$).

Conclusion: it seems that ICT, HIT moderates oxidative indices, and HIT training improves the antioxidant index CAT in immature rats.

Keywords: Intensive Endurance Training, High Intensity interval training, Antioxidant, Malondialdehyde, Total antioxidant capacity, Jujube extract.

How to cite this article: Youzbashi L, Abdollahi P, Rahmani A, Karimiasl A. The effect of jujube extract consumption during two types of high intensity interval training and intensive endurance training on oxidative stress and antioxidant indices of liver tissue in immature male Wistar rats. Journal of Sport and Exercise Physiology 2023;16(1):104-114.

*Corresponding Author; E-mail: karimiasl@znu.ac.ir
https://doi.org/10.52547/joeppa.16.1.104

Received: 17/10/2022 Revised: 06/01/2023 Accepted: 15/02/2023

Copyright: © 2023 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/).

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
بهار ۱۴۰۲/ دوره ۱۶/ شماره ۱/ صفحه‌های ۱۰۴-۱۱۴

مقاله پژوهشی

تأثیر مصرف عصارۀ عناب طی دو نوع تمرین تناوبی و استقامتی شدید بر فشار اکسایشی و شاخص‌های ضداکسایشی بافت کبد موش‌های صحرایی نرویستار نابالغ

لیلا یوزباشی، پریسا عبدالهی، احمد رحمانی، اکرم کریمی اصل *

گروه علوم ورزشی، دانشکدۀ علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: یکی از راهکارهای مناسب برای محافظت در برابر تأثیرات نامطلوب فشار اکسایشی ناشی از تمرینات ورزشی طولانی‌مدت و شدید، به‌کارگیری تدابیر تغذیه‌ای سالم و استفاده از مکمل‌های ضداکسایشی است. هدف این پژوهش بررسی اثر مصرف عصارۀ عناب طی دو نوع تمرین تناوبی و استقامتی شدید بر شاخص‌های ضداکسایشی و فشار اکسایشی بافت کبد موش‌های صحرایی نابالغ نر بود.

مواد و روش‌ها: ۷۲ سر موش نابالغ صحرایی نژاد ویستار با سن ۲۲ روز و میانگین وزنی ۷/۴۷۵ ± ۶۰/۶۴ گرم پس از وزن‌کشی به‌صورت تصادفی به نه گروه کنترل، تمرین تناوبی شدید (HIT)، تمرین استقامتی شدید (ICT)، عناب، ICT + عناب، ICT + دارونما، HIT + دارونما، HIT + عناب و دارونما تقسیم شدند. پس از یک هفته آشناسازی عمومی و اختصاصی، برنامۀ تمرین استقامتی شدید شامل دویدن روی نوار گردان به مدت چهار هفته (پنج جلسه در هفته) با مدت و شدت پیش‌رونده و با رعایت اصل اضافه‌بار تمرین اجرا شد. به‌طوری‌که سرعت در هفتۀ اول برابر ۱۰ تا ۱۸ متر در دقیقه و مدت آن ۱۰-۳۰ دقیقه بود و در هفتۀ آخر سرعت تمرین به ۳۰ متر بر دقیقه و مدت آن ۵۵-۶۰ رسید. برنامۀ تمرینی HIT نیز در قالب تمرین با الگوی دوره‌های هفت‌روزه (شش روز تمرین و یک روز استراحت به‌منظور جلوگیری از بیش‌تمرینی) انجام گرفت. بر اساس اصل اضافه‌بار تمرین به‌گونه‌ای اعمال شد که سرعت تمرین در هفتۀ آشناسازی برابر با ۱۰-۱۶ متر در دقیقه و مدت آن یک دقیقه بود و در هفتۀ آخر سرعت تمرین ۳۶-۴۰ متر در دقیقه (معادل حدود ۸۵٪ Vo_{2max}) رسید. به گروه‌های دارونما، گاواژ آب مقطر و به گروه‌های دارای عناب، گاواژ عصارۀ عناب با دوز ۶۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن هر موش، روزانه پس از تمرین ارائه شد. اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX و CAT و سطوح MDA و TAC بافت کبد به روش اسپکتروفتومتری و کیت الایزا انجام گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آماری آنوا و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد که فعالیت استقامتی شدید و HIT موجب کاهش معنادار میزان MDA شد ($P<0/05$). هرچند بر میزان فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی SOD، GPX و سطوح TAC تأثیر معناداری نداشت ($P<0/05$). از سویی، تمرین HIT موجب افزایش معنادار آنزیم CAT شد ($P<0/05$). در گروه‌های دارای گاواژ عناب، تأثیر معناداری بر میزان آنزیم‌های ضداکسایشی SOD، GPX، CAT، TAC و MDA نداشتند ($P>0/05$).

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد که تمرینات استقامتی شدید و HIT موجب تعدیل شاخص‌های اکسایشی و همچنین تمرین HIT، سبب بهبود نشانگر ضداکسایشی CAT در موش‌های نابالغ می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تمرین استقامتی شدید، تمرین تناوبی شدید، ضداکسایش، مالون دی‌آلدئید، ضداکسایش تام، عصارۀ عناب.

* نویسنده مسئول: رایانامه: karimiasl@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶

مقدمه

پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که تمرین و فعالیت بدنی تأثیرات سلامتی شناخته‌شده‌ای به‌همراه دارد و در پیشگیری و درمان برخی بیماری‌ها مؤثر است (۱)، در مقابل تحقیقات زیادی نیز گزارش کرده‌اند که فعالیت بدنی شدید و طولانی‌مدت می‌تواند موجب تولید بنیان‌های آزاد، بروز صدمات سلولی و متعاقب آن آسیب ناشی از فشار اکسایشی شود (۲، ۳). فشار اکسایشی شرایطی است که در آن میزان گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) در بدن افزایش می‌یابد و بر ظرفیت ضداکسایشی غلبه می‌کند و موجب صدمه به اجزای سلولی از جمله دزوکسی ریبونکلئیک اسید (DNA) پروتئین و ساختار لیپیدی می‌شود که در نهایت به اختلالات پاتوفیزیولوژیک منجر می‌شوند (۴). آسیب غشای لیپیدی سلول موجب پراکسیداسیون لیپیدی غشا و سخت شدن دیوارهٔ سلول می‌شود و در نتیجه بسیاری از اعمال حیاتی سلول تحت تأثیر قرار می‌گیرد و زمینهٔ ظهور بسیاری از بیماری‌ها از راه تولید محصولات پراکسیداسیون لیپیدی از جمله مالون دی‌آلدئید (MDA) فراهم می‌شود (۵). این در حالی است که آنزیم‌های ضداکسایشی سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و کاتالاز (CAT) به‌عنوان عوامل مقابله‌کننده، برای جلوگیری از بروز واکنش‌های زنجیره‌ای بنیان‌های آزاد، وارد عمل می‌شوند و در تعدیل فشار اکسایشی نقش مؤثری ایفا می‌کنند (۶). دستگاه ضداکسایشی بدن افزون‌بر آنزیم‌های ضداکسایشی، شامل ترکیبات غیرآنزیمی مانند ویتامین‌های ضداکسایشی و کارتنئویدهاست. هر یک از این ترکیبات ضداکسایشی نقش منحصربه‌فردی دارند که عمل همدیگر را کامل می‌کنند و برایند آن‌ها با عنوان ظرفیت ضداکسایشی تام (TAC) بدن تلقی می‌شود (۷). پژوهش‌های زیادی آثار انجام فعالیت‌های بدنی گوناگون را بر سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بافت‌های گوناگون بررسی کرده‌اند، با این حال نتایج پژوهش‌ها در این زمینه با توجه به مدت، نوع و شدت تمرین‌ها، متناقض است (۷، ۸). برخی تحقیقات تولید نشانگرهای زیستی فشار اکسایشی را به‌علت پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، پس از فعالیت‌های طولانی‌مدت استقامتی و شدید به اثبات رسانیده‌اند (۷). برخی پژوهش‌ها نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی بر اثر تمرینات تناوبی شدید یک‌جلسه‌ای را در پلاسمای خون ورزشکاران نشان داده‌اند (۹). افزایش سطوح اکسیداسیون لیپید و کاهش سطوح آنزیم‌های ضداکسایشی در پلاسمای خون و عضلهٔ ورزشکاران نخبه بر اثر اجرای ۱۱ روز تمرینات شدید نیز در برخی تحقیقات گزارش شده است (۱۰). تمرین تناوبی با شدت بالا شکل منحصربه‌فردی از فعالیت ورزشی و متشکل از دو جزء هوازی و بی‌هوازی است. در این سری از فعالیت‌ها نیاز به انرژی به‌مراتب بیشتر است، افزون بر اینکه در فواصل استراحت بین تکرارها نیز افزایش مصرف اکسیژن مشاهده می‌شود. از سوی دیگر فرایندهای کم‌خونی - تزریق مجدد خون، اتو اکسیداسیون کاتکولامین‌ها، القای فعالیت سلول‌های التهابی مانند نوتروفیل‌ها بر اثر آسیب‌های بافتی در این فعالیت‌ها، میزان تولید بیشتر گونه‌های فعال اکسیژن را تشدید می‌کند (۹). از جمله بافت‌های در معرض فشار اکسایشی، بافت کبد است. هایپوکسی ناشی از ورزش در بافت کبد و سوخت‌وساز زیاد طی انجام دادن فعالیت‌های ورزشی شدید مقادیر زیادی ROS و بنیان‌های آزاد را تولید می‌کند که حتی ممکن است میزان تولید آن‌ها از توانایی دستگاه ضداکسایشی ورزشکاران پیشی بگیرد (۱۱). تجمع گونه‌های فعال اکسیژن موجب فعال شدن نوتروفیل‌ها و در نتیجه انفیلتراسیون آن‌ها به داخل بافت کبد می‌شود. نوتروفیل‌های انفیلتره‌شده با تولید فراوان ROS و چندین آنزیم پروتئاز مانند میلوپراکسیداز، الاستاز و کلاژناز، موجب آسیب‌های شدید بافت کبد می‌شوند (۱۲). هوانلو و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر دویدن با سرعت ۱۰ تا ۶۰ متر در دقیقه را در دوره‌های مختلف زمانی بر تغییر فعالیت آنزیمی کبد موش صحرایی بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که تمرین استقامتی تا نه هفته نمی‌تواند سبب بروز سازگاری دستگاه ضداکسایشی شود، اما هفته‌های بیشتر تمرینی کاهش میزان فعالیت آنزیم‌ها را در پی دارد (۶). بنابراین به‌نظر می‌رسد شدت، مدت، نوع فعالیت ورزشی و نوع آزمودنی‌ها تأثیرات متفاوتی در بروز آسیب‌های اکسایشی و در پی آن دستگاه ضداکسایشی داشته باشد (۷، ۱۳). از طرف دیگر، افزایش مشارکت‌کنندگان در ورزش، فشار بیشتر برای اجرای مطلوب‌تر و ورزش تخصصی در سنین پایه از جمله مواردی است که شناخت تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از انجام فعالیت‌های جسمانی در ورزشکاران نوجوان و جوان را ضروری می‌سازد (۱۴). طی مراحل رشد، کودکان تغییرات کوچک‌تری را در pH عضلانی و نسبت فسفات معدنی به

فسفوکراتین در حین ورزش نشان می‌دهند که حاکی از وابستگی بیشتر آن‌ها به سوخت‌وساز میتوکندریایی است (۱۵). وابستگی بیشتر به سوخت‌وساز میتوکندری برای تولید انرژی در حین ورزش در ترکیب با هزینهٔ انرژی بیشتر ورزش در کودکان در مقایسه با بزرگسالان، ممکن است امکان تولید ROS بیشتر در حین ورزش را نسبت به بزرگسالان افزایش دهد. افزون‌بر این تولید کمتری از هورمون رشد و تستوسترون در دوران پیش از نوجوانی و کودکی ممکن است کودکان را مستعد کاهش ظرفیت ضداکسایشی کند و به همین دلیل در پاسخ به ورزش نسبت به تولید بنیان‌های آزاد مقاومت کمتری داشته باشد (۱۶، ۱۷). براساس شواهد موجود فشار اکسایشی ممکن است بخشی از رشد و تکامل کلی کودکان باشد، به‌ویژه در دوران بلوغ و تمرینات ورزشی ممکن است سازگاری‌های مثبتی را با دستگاه دفاعی ضداکسایشی در این دوره گذرا ایجاد کند (۲۲، ۲۳). این در حالی است که اطلاعات محدودی در مورد تأثیر تمرینات ورزشی شدید بر وضعیت فشار اکسایشی و ذخایر ضداکسایشی در کودکان و نوجوانان طی مراحل مختلف رشد وجود دارد.

یکی از راهکارهای مناسب برای محافظت در برابر تأثیرات نامطلوب فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های شدید، به‌کارگیری تدابیر تغذیه‌ای سالم و استفاده از مکمل‌های ضداکسایشی است. عصارهٔ میوهٔ عناب یکی از مکمل‌های گیاهی است و خواص ضداکسایشی دارد. در تحقیقات مختلف وجود ترکیبات شیمیایی بسیار متنوع در عناب بررسی و تأیید شده است. در پژوهشی مشخص شده است که میوهٔ عناب غنی از کربوهیدرات‌ها، فیبر، پروتئین، چربی، ویتامین‌های ضروری و مواد معدنی است (۱۸). از طرفی با تخلیص هشت نوع فلاونوئید از عناب، بخشی از ویژگی‌های دارویی آن را به خواص ضداکسایشی این ترکیبات نسبت داده‌اند (۱۹). همچنین عناب از گیاهان سرشار از اسید گالیک است، اسید گالیک ضداکسایش قوی است که به‌دلیل نفوذ از سد خونی - مغزی از طریق مهار فعالیت تیروزین، فعالیت ضدالتهابی و ضداکسایشی خود را اعمال می‌کند. بنابراین باید به‌عنوان یک ضداکسایش مورد توجه قرار گیرد (۲۰، ۲۱). با توجه به اینکه کودکان و نوجوان زیادی در تمرینات شدید ورزشی شرکت می‌کنند که در مورد اثر حاد و مزمن تمرینات ورزشی بر روی واکنش‌های اکسایشی و ضداکسایشی بافت‌های مختلف این جمعیت، اطلاعات کمی در دست است، از طرفی استفاده از دانش حاصل از مطالعات بزرگسالان در برنامه‌های ورزشی برای کودکان و نوجوانان درست نیست، به‌نظر می‌رسد به‌منظور ارتقای سلامت ورزشکاران در آینده، آگاهی از پاسخ‌های فشار اکسایشی ناشی از ورزش، برای کودکان و نوجوانانی که مشغول تمرین شدید و منظم‌اند، به‌همراه مکملی که تأثیرات ضداکسایشی دارد، ارزشمند خواهد بود. ازاین‌رو پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان آنزیم‌های ضداکسایشی و اکسایشی بافت کبد متعاقب چهار هفته تمرین تناوبی شدید و استقامتی شدید در موش‌های صحرایی نابالغ نر صورت پذیرفت.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر به روش تجربی و در آزمایشگاه حیوانی گروه فیزیولوژی دانشگاه زنجان انجام گرفت. در این پژوهش ۷۲ سر موش صحرایی نابالغ نر نژاد ویستار با سن ۲۲ روز و میانگین وزنی ۷/۴۷۵ ± ۶۰/۶۴ گرم از انستیتو پاستور خریداری و با رعایت تمامی اصول نگهداری حیوانات به آزمایشگاه منتقل شدند. تمامی موش‌های صحرایی در شرایط کنترل‌شدهٔ محیطی در قفس‌های پلی‌کربنات، با میانگین دمایی ۱±۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت ۵±۴۵ درصد، چرخهٔ روشنایی-تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و با دسترسی آزاد به آب و غذای ویژهٔ موش نگهداری شدند. پیش از اجرای برنامهٔ تمرینی، به مدت یک هفته، سه روز آماده‌سازی عمومی و سه روز آماده‌سازی اختصاصی، اجرا شد و موش‌های صحرایی با محیط آزمایشگاه و تمرین روی دستگاه نوار گردان مخصوص جوندگان (ساخت صنعت پیشرو اندیشهٔ صنعت ایران) آشنا شدند. پس از پایان دورهٔ آشناسازی عمومی، وزن‌کشی موش‌ها انجام گرفت و بر اساس وزن و به‌طور تصادفی به نه گروه تقسیم شدند: کنترل، تمرین تناوبی شدید (HIT)، تمرین استقامتی شدید (ICT)، عناب، ICT + عناب، ICT + دارونما، HIT + دارونما، HIT + عناب و دارونما. شایان ذکر است به‌منظور تحریک موش‌ها برای دویدن و برای جلوگیری از آثار سوء شوک الکتریکی بر آزمودنی‌ها و رعایت نکات اخلاقی کار با حیوانات آزمایشگاهی سعی شد تا با آموزش آن‌ها از طریق شرطی‌سازی صوتی با صدای ایجادشده توسط محقق روی در نوار گردان از شوک الکتریکی خودداری شود و در صورت امتناع با تحریک دستی (گذاشتن استپ در انتهای نوار گردان) وادار به

تمرین شوند.

روش اجرای پژوهش: برنامهٔ تمرینی تناوبی شدید: برنامهٔ تمرینی تناوبی شدید، در قالب تمرین با الگوی دوره‌های هفت‌روزه (شش روز تمرین و یک روز استراحت) انجام گرفت. بر این اساس، اصل اضافه‌بار به‌گونه‌ای اعمال شد که سرعت تمرین در هفته آشناسازی برابر با ۱۰-۱۶ متر در دقیقه و مدت آن یک دقیقه بود که به‌تدریج سرعت تمرین در هفته‌های بعد بالا رفت تا زمانی‌که در هفتهٔ آخر سرعت تمرین ۳۶-۴۰ متر در دقیقه (متوسط ۳۷ تا ۳۸ متر در دقیقه) (معادل حدود ۸۵ درصد Vo2max) رسید (۲۲) و مدت تمرین همان یک دقیقه در یک دورهٔ تمرینی بود. همچنین به‌منظور جلوگیری از بیش تمرینی یک روز در هفته کاهش بار در نظر گرفته شد (۲۳) (جدول ۱).

جدول ۱. برنامهٔ باردهی تمرین تناوبی شدید

شاخص‌های تمرین	آشناسازی (یک هفته)	هفتهٔ اول	هفتهٔ دوم	هفتهٔ سوم	هفتهٔ چهارم
سرعت (متر/دقیقه)	۴ - ۱۶	۱۶ - ۲۲	۲۳ - ۲۸	۲۹ - ۳۴	۳۵ - ۴۰
مدت تمرین (دقیقه)	۱	۱	۱	۱	۱
مدت استراحت (دقیقه)	۲	۲	۲	۳	۳
تعداد تکرارها در روز	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
تعداد جلسات تمرین در هفته	۶	۶	۶	۶	۶
تعداد جلسات استراحت در هفته	۱	۱	۱	۱	۱

برنامهٔ تمرین استقامتی شدید: برنامهٔ تمرین استقامتی شدید گروه‌های تمرین هفته‌ای پنج جلسه در هفته و دو روز استراحت، با مدت و شدت پیش‌رونده و با رعایت اصل اضافه‌بار بود که جزئیات تمرین در جدول ۲ ذکر شده است (۲۴).

جدول ۲. برنامهٔ باردهی تمرین استقامتی شدید

شاخص‌های تمرین	آشناسازی (یک هفته)	هفتهٔ اول	هفتهٔ دوم	هفتهٔ سوم	هفتهٔ چهارم
سرعت (متر/دقیقه)	۴ - ۱۰	۱۰ - ۱۸	۲۰ - ۲۸	۲۸ - ۳۰	۳۰
مدت تمرین (دقیقه)	۴ - ۱۰	۱۰-۳۰	۳۰ - ۵۰	۵۰ - ۵۴	۵۵ - ۶۰

تهیهٔ عصارهٔ عناب: برای استخراج عصاره، ۵۰ گرم میوهٔ عناب پودرشده در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۸ درصد حل و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد؛ سپس به مدت ۲۴ ساعت فیلتر شد و برای از بین بردن حلال نمونه‌هایی که فیلتر شدند، روی صفحه‌های شیشه‌های ریخته شد و در یک درجه حرارت در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت یک تا دو روز قرار داده شدند. پس از تبخیر حلال (نسبت اتانول به آب ۸۰ به ۲۰ است)، نمونه‌ها تا زمانی‌که استفاده شوند در فریزر با دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد ذخیره شدند (۲۵). حجم عناب موردنظر برای گاواژ به هر موش، بر اساس مقدار تعیین‌شده، ۶۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن موش بود. برای گروه دارونما نیز به میزان عناب موردنظر برای موش، آب مقطر گاواژ شد (۲۶).

نمونه‌گیری: پس از اعمال متغیر مستقل، تمام گروه‌ها با شرایط کاملاً مشابه و در شرایط پایه و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرینی و چهار ساعت ناشتایی، با داروی بی‌هوشی دی اتیل اتر به‌طور سبک بی‌هوش شدند. پس از تشریح، بافت کبد در شرایط استریل از بدن حیوان خارج و با محلول نرمال‌سالین شست‌وشو داده شد و در ازت مایع فریز شدند و به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های موردنظر، در یخچال با دمای منفی ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند.

روش‌های آزمایشگاهی: پس از انتقال بافت به آزمایشگاه، یک گرم از بافت کبد قطعه‌قطعه و در یک لوله ریخته شد و به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر، به آن بافر هموژنیزاسیون (بافر فسفات،PH=۷/۲) اضافه و با استفاده از هموژنایزر (چهار دقیقه در دور ۱۰۰۰۰rpm)

هموژنیزه شد. سوسپانسیون حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۵۰۰ rpm سانتریفیوژ یخچال‌دار سانتریفیوژ شد تا مواد زائد رسوب کنند و محلول هموژن خالص برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز و ظرفیت ضداکسایشی تام بررسی شد.

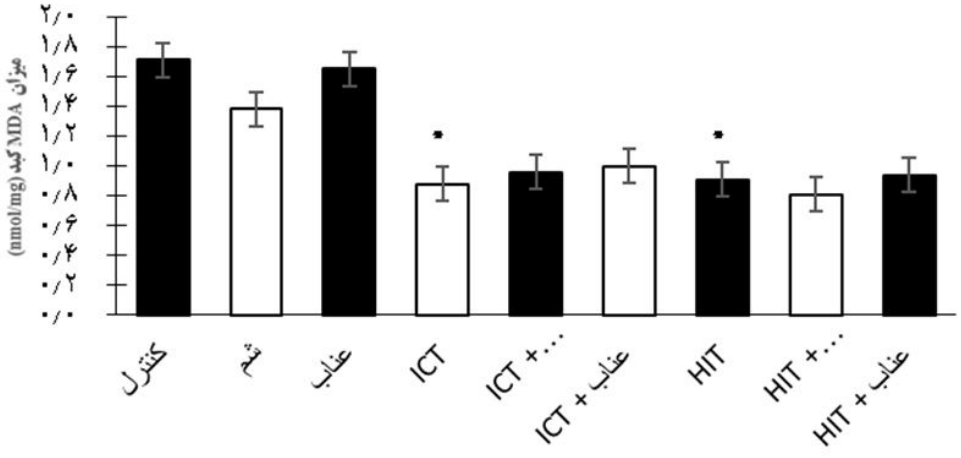
اساس روش اندازه‌گیری MDA بافتی هم با استفاده از کیت RANSOD (RandoxLaboratoriesLtd,Crumlin,UK) بر پایهٔ واکنش با تیوباربیتوریک اسید (TBA)، استخراج با بوتانول نرمال، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسهٔ جذب با منحنی استاندارد است (۲۷). فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی با استفاده از کیت RANSOD (RandoxLaboratoriesLtd,Crumlin,UK) انجام گرفت. فعالیت آنزیم SOD در طول موج تجزیهٔ پراکسید ۵۰۵ نانومتر از طریق طیف‌سنجی محلول رویی تهیه‌شده از هموژن بافت کبد اندازه‌گیری شد (۲۸). نحوهٔ اندازه‌گیری فعالیت آنزیم GPX به این شکل بود که در ابتدا گلوتاتیون احیا توسط گلوتاتیون پراکسیداز اکسید می‌شود. در مرحلهٔ بعد گلوتاتیون اکسیدشده در حضور گلوتاتیون ردوکتاز و NADPH به گلوتاتیون احیا تبدیل می‌شود. کاهش جذب به‌علت تبدیل NADPH به NADP+ با غلظت GPX متناسب است (۲۹). فعالیت آنزیم CAT با روش هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر محاسبه شد (۳۰). نتایج فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی نیز بر حسب واحد بر میلی‌گرم پروتئین (u /mg of protein) گزارش شد. فعالیت TAC به روش اسپکتروفتومتری میلر و در طول موج ۶۰۰ نانومتر در دستگاه Alcyon 300 انجام گرفت (۳۱).

ملاحظات اخلاقی: این تحقیق پس از اخذ مجوز کمیتهٔ اخلاق از کارگروه اخلاق در پژوهش دانشگاه زنجان به شمارهٔ IR.ZNU.REC.1400.020 انجام گرفت. تمامی موازین اخلاقی کار با نمونه‌های حیوانی آزمایشگاهی مطابق با راهنمای نگهداری و استفاده از حیوان‌های آزمایشگاهی (NIH) هنگام کار با آن‌ها رعایت شد.

تحلیل آماری: پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات به‌وسیلهٔ نرم‌افزار SPSS ۲۶ تجزیه‌وتحلیل شد. ابتدا با آزمون شاپیرو-ویلک، طبیعی بودن توزیع داده‌ها و با آزمون لون همگنی واریانس‌ها بررسی شد. برای مقایسهٔ بین گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری P ≤ ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

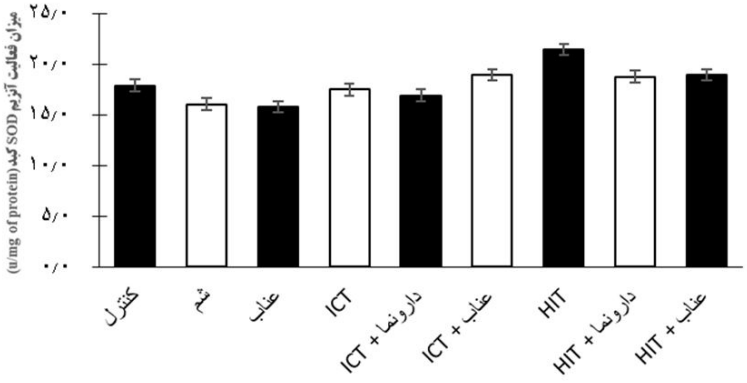
تحلیل آماری آزمون آنوا نشان داد که در میزان MDA بافت کبد نه گروه تفاوت معناداری وجود دارد (η^2 = ۰/۳۶۱، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۸،۶۳)}$ = ۴/۴۵۸). نتایج آزمون تعقیبی توکی بیانگر وجود تفاوت معنادار بین گروه ICT (۰/۲۳ ± ۰/۸۸) و کنترل (۱/۰۷ ± ۱/۷۱) (P=۰/۰۱۹). همچنین بین گروه HIT (۰/۲۰ ± ۰/۹۱) و کنترل (۱/۰۷ ± ۱/۷۱) (P = ۰/۰۲۹) بود، به‌طوری‌که تمرین HIT و ICT به کاهش MDA بافت کبد موش‌های صحرایی نابالغ نر ویستار منجر شده بود (شکل ۱).



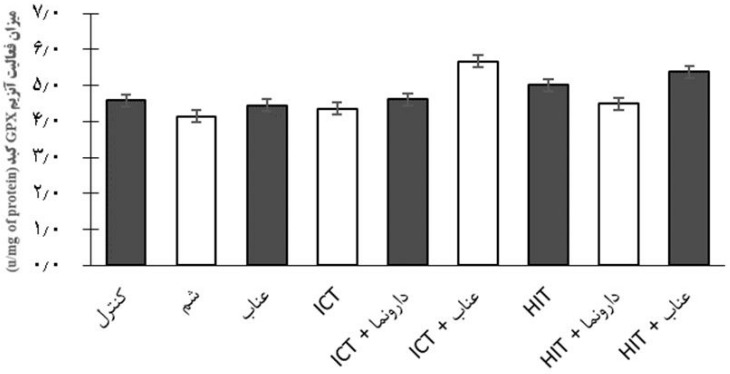
شکل ۱. میزان MDA بافت کبد.

*** تفاوت معنادار با گروه کنترل**

تحلیل آماری آزمون آنوا نشان داد که در میزان فعالیت SOD بافت کبد نه گروه تفاوت معناداری وجود دارد ($F_{(۸،۶۳)}$ = ۲/۵۴۹ ،P= ۰/۰۱۸ ،η^2 = ۰/۲۴۵)، اما نتایج آزمون تعقیبی توکی تغییرات معناداری را در بین گروه‌های مقایسه‌ای نشان نداد (شکل ۲). با این حال میزان فعالیت این آنزیم در گروه HIT (۳/۱۷ ± ۲۱/۴۴) افزایش حدود ۲۰ درصدی را نسبت به گروه کنترل (۱/۹۳ ± ۱۷/۹۳) نشان داد. از طرف دیگر در میزان فعالیت آنزیم GPX بافت کبد نه گروه تفاوت معناداری وجود نداشت (η^2=۰/۱۵۷، $F_{(۸،۶۳)}$ = ۱/۴۶۲ ،P= ۰/۱۸۹) (شکل ۳).

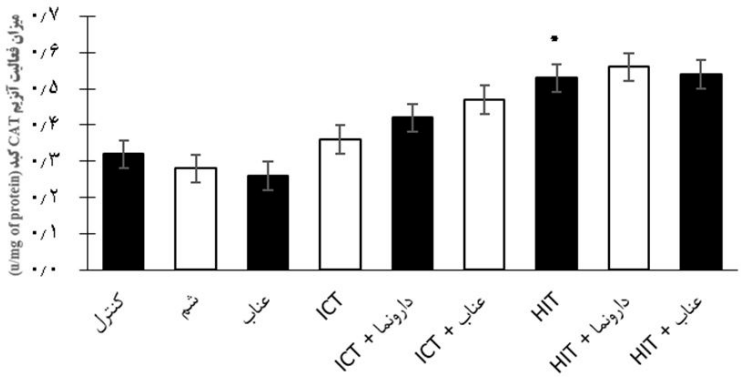


شکل ۲. میزان فعالیت SOD بافت کبد

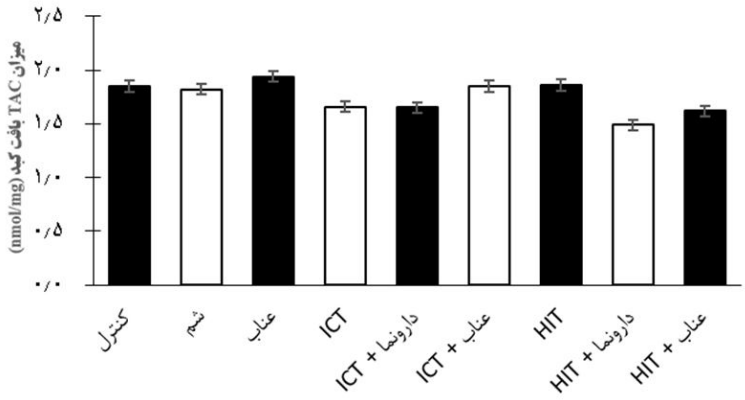


شکل ۳. میزان فعالیت GPX بافت کبد

نتایج نشان داد که در میزان فعالیت آنزیم CAT ($F_{(۸،۶۳)}$=۹/۶۷۳،P=۰/۰۰۱،η^2=۰/۵۵۱) و TAC(η^2=۰/۲۵۶، P= ۰/۰۱۲ ،$F_{(۸،۶۳)}$ = ۲/۷۱۲) بافت کبد نه گروه تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد فعالیت آنزیم CAT بین گروه HIT (۰/۱۲ ± ۰/۵۳) و کنترل (۰/۱۰ ± ۰/۳۲) افزایش معناداری در گروه تمرینی وجود دارد (P= ۰/۰۰۴) (شکل ۴)، اما میزان فعالیت TAC تغییرات معناداری را در بین گروه‌های مقایسه‌ای نشان نداد (شکل ۵).



شکل ۴. میزان فعالیت CAT بافت کبد.
*** تفاوت معنادار با گروه کنترل**



شکل ۵. میزان فعالیت TAC بافت کبد

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با مقایسهٔ میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX، CAT و TAC بافت کبد موش‌های نابالغ گروه تمرین تناوبی شدید و استقامتی شدید با گروه کنترل، کاهش میزان MDA در هر دو گروه تمرینی و نیز افزایش فعالیت آنزیم CAT و افزایش ۲۰ درصدی SOD در گروه تمرینی HIT مشاهده شد. با توجه به نتایج می‌توان گفت HIT در دوران بلوغ، در دورهٔ تمرینی کوتاه‌تری (چهار هفته) سبب تنظیم کاهشی در میزان MDA و بهبود فعالیت ضداکسایش‌ها شده است. در این زمینه در تحقیقات حیوانی پیشین روی بزرگسالان، طول دورهٔ تمرینی ویژه و تثبیت‌شده‌ای برای معنادار بودن تغییرات ضداکسایش‌ها در یک دورهٔ تمرینی یافت نشده است؛ اما این موضوع مشخص شده که اجرای دست‌کم هشت هفته تمرین هوازی برای تنظیم کاهشی مقادیر MDA و دست‌کم شش هفته تمرین برای تنظیم افزایشی در میزان فعالیت ضداکسایش‌ها مورد نیاز است و این تغییر با توجه به نوع بافت متفاوت است. همچنین با توجه به شدت، بار و تکرار تمرین، این مدت زمان فرض شده می‌تواند طولانی‌تر باشد (۵). اما با توجه به نتایج پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد این مطلب در سنین پایین‌تر متفاوت است. در خصوص تمرینات استقامتی شدید با وجود کاهش میزان MDA، به‌نظر می‌رسد با توجه به اثربخشی بیشتر تمرین HIT نسبت به گروه تمرینی استقامتی شدید در تعدیل فشار اکسایشی با اثرگذاری مثبت بر عوامل پیش‌اکسایشی و ضداکسایش‌ها، دورهٔ تمرینی طولانی‌تری برای مشاهدهٔ بهبود فعالیت ضداکسایش‌ها در تمرینات استقامتی شدید مورد نیاز است (۳۲). هنگام تمرین‌های تناوبی شدید سوخت‌وساز پورین با افزایش سطح گزانتین اکسیداز همراه می‌شود که به بالا رفتن فشار اکسایشی و در زمان ریکاوری با فعالیت سوخت‌وساز هوازی به افزایش دفاع ضداکسایشی منجر می‌شود (۴). افزون بر این علت افزایش آنزیم CAT و افزایش ۲۰ درصدی SOD در پی تمرینات HIT نسبت به بقیهٔ ضداکسایش‌ها را می‌توان به این مسئله ربط داد که این آنزیم‌ها در بافت‌های پستانداران از اولین آنزیم‌هایی هستند که وارد واکنش‌های اکسایشی می‌شوند (۳۳). روند کاهش جریان خون بافت‌های فعال در شروع فعالیت در اندام‌هایی مانند عضلات فعال، کبد، کلیه‌ها و طحال موجب افزایش روند پراکسیداسیون لیپید و آسیب بافتی می‌شود (۴۴). در نتیجه سلول شروع به تقویت عملکرد دفاعی خود و تقویت دستگاه دفاع ضداکسایشی می‌کند تا فشار اکسیداتیو و عوارض ناشی از آن را کاهش دهد. در خصوص TAC بافت و عدم تغییر معنادار آن، این نکته وجود دارد که برخلاف TAC پلاسما که برایند آنزیم‌های ضداکسایشی بدن است، TAC بافت اندکسی و بیان‌کنندهٔ خاصیت ضداکسایشی مجموعه‌ای از ترکیبات موجود در بافت است و این ترکیبات ضداکسایشی داخل‌سلولی متفاوت از ترکیبات خارج‌سلولی و پلاسما هستند. فعالیت TAC کبد هنگامی‌که عامل اکسایشی OH^- است، بیشتر می‌شود (۳۴) و با توجه به اینکه تمرینات پژوهش حاضر سبب ایجاد فشار اکسایشی در بافت کبد نشدند، می‌توان نتیجه گرفت که میزان عامل اکسایشی OH^- در کبد نیز بیش‌ازحد معمول تولید نشده است تا فعالیت TAC در کبد را افزایش دهد. در راستای این مطالب، هوانلو و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که از بین سه برنامهٔ تمرین استقامتی متوسط با دوره‌های مختلف شش، نه و ۱۲هفته تمرین، تنها برنامهٔ تمرینی ۱۲ هفته‌ای میزان

آنزیم SOD و CAT را به‌طور معنادار در کبد گروه‌های تجربی کاهش داد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تمرین استقامتی متوسط تا نه هفته نمی‌تواند موجب بروز سازگاری سیستم ضداکسایشی آنزیمی کبدی شود؛ اما میزان بیشتر هفته‌های تمرینی کاهش میزان فعالیت آنزیم‌ها را در پی دارد (۳۵). در تحقیق زالاورس و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده که در پی یک دورهٔ سالانه تمرین استقامتی در ورزشکاران دوومیدانی در دو گروه سنی کودکان و بزرگسالان فعالیت GSH و TAC، پراکسیداسیون لیپید در هر دو رده سنی کاهش یافته است. آن‌ها بیان کردند که احتمال می‌رود تمرین استقامتی فزایندهٔ مداوم، موجب بهبود عملکرد ضداکسایشی و ایجاد سازگاری‌های اکسایشی ناشی از ورزش در طول زمان شود (۳۶). با این حال آن‌ها افزایش فعالیت CAT، TAC، افزایش پر اکسیداسیون لیپید، اسید اوریک، بیلی‌روبین و کاهش GSH را در پاسخ حاد به تمرین وامانده‌ساز پس از یک دوره تمرین استقامتی، در هر دو گروه سنی گزارش کردند. در مقابل، برخی پژوهش‌ها نیز تولید ROSها و در پی آن افزایش چشمگیری در MDA را در پی تمرینات هوازی شدید و متوسط گزارش کردند (۳۷، ۳۸). علت ناهمسویی نتایج MDA پژوهش ذکرشده با پژوهش حاضر، می‌تواند مربوط به فشار تمرینی پایین‌تر، طول دورهٔ تمرین، نبود کاهش بار در طول برنامهٔ تمرینی و عدم رعایت اصل اضافه‌بار باشد. افزایش تدریجی بار تمرینی، موجب ایجاد فشار کمتر در هر مرحله از افزایش بار می‌شود. همچنین وجود کاهش بار در برنامهٔ تمرینی، فرصت ایجاد سازگاری‌های اکسایشی در عضلات و بافت‌ها را ایجاد می‌کند. بنابراین یکی از علت‌های کاهش MDA در پژوهش حاضر، به‌غیر از تأثیر نوع و روش تمرینی بر تغییرات شاخص‌های اکسایشی در دستگاه‌های مختلف بدن، مدت و دفعات قرارگیری در معرض فشار است و می‌توان گفت که در این پژوهش با وجود مدت تمرینی کمتر (چهار هفته)، به‌دلیل رعایت اصل افزایش بار تدریجی کاهش معنادار در میزان MDA در گروه‌های تمرینی در پایان دورهٔ تمرینی رخ داده است. در همین زمینه پژوهشگران بی‌شماری کاهش MDA را متعاقب سازگاری به تمرینات هوازی مزمن گزارش داده‌اند. لیما و همکاران (۲۰۱۳) کاهش معنادار در MDA میتوکندری بافت کبد پس از شش هفته تمرین استقامتی متوسط را در رده‌های سنی پایین گزارش کردند (۳۹). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که مصرف عصارهٔ عناب همراه با تمرینات استقامتی شدید و HIT تغییرات معناداری در میزان ظرفیت آنزیم‌های SOD، CAT، GPX، TAC و MDA بافت کبد نداشت. در تحقیق شریف و همکاران (۲۰۰۹) نشان داده شد عناب دارای تأثیرات ضداکسایشی است و می‌تواند فشار اکسایشی را کاهش دهد (۴۰). بر همین اساس، در پژوهش حاضر نقش عصارهٔ عناب به‌عنوان مکملی برای کاهش عوارض احتمالی فشار اکسایشی ناشی از چهار هفته تمرینات HIT و تمرینات استقامتی شدید در نظر گرفته شده بود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، به‌نظر می‌رسد که تأثیرات مفید ضداکسایشی و درمانی مکمل گیاهی عناب زمانی نمایان می‌شود که بر اثر مداخله‌های مختلف، به میزان کافی به دستگاه‌های اکسایشی و ضداکسایشی بدن فشار وارد شده باشد. بنابراین این احتمال وجود دارد که در پژوهش حاضر به‌دلیل عدم درگیری فراوان دستگاه‌های اکسایشی و ضداکسایشی بافت کبد در پی تمرینات HIT و تمرینات استقامتی شدید، مکمل عناب با دوز مصرفی ۶۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن، تأثیر معناداری بر آنزیم‌های اکسایشی و ضداکسایشی بافت کبد نداشت. از طرف دیگر نبود یک گروه تمرینی با دستگاه بی‌هوازی، ناهمسانی حجم‌های تمرین در گروه تمرین استقامتی شدید و HIT و نبود گروه‌های تمرینی با فشار تمرینی متفاوت از محدودیت‌های پژوهش حاضر در خصوص نتیجه‌گیری تأثیرات انواع مختلف تمرینات شدید بر شاخص‌های اکسایشی و دستگاه ضداکسایشی در بافت کبد بود. در نتیجه می‌توان گفت ورزش شدید با توجه به نوع آن، موجب ایجاد تغییرات متفاوتی در نشانگرهای اکسایشی و ضداکسایشی در کودکان و نوجوانان می‌شود. با این حال به‌نظر می‌رسد این تغییرات تحت تأثیر عواملی مانند مرحلهٔ تمرینی، بار تمرین، سطح آمادگی جسمانی، سبک ورزش و غیره قرار دارند. با توجه به مطالب گفته‌شده، می‌توان گفت که تمرینات استقامتی شدید و به‌ویژه تمرین HIT موجب کاهش نشانگرهای اکسایشی و همچنین تمرین HIT بهبود نسبی شاخص ضداکسایشی CAT در موش‌های نابالغ شده است. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات دیگر به مقایسهٔ فشار اکسایشی ناشی از تمرینات استقامتی و تناوبی شدید و تأثیر مکمل عناب بر آن در بافت‌های مختلف افراد بزرگسال و نوجوانان

پرداخته شود.

حامی/ حامیان مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی دانشگاه زنجان است و حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

همهٔ نویسندگان در تمامی مراحل انجام پژوهش به سهم خود مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

منابع

1. Iaccarino G, Franco D, Sorriento D, Strisciuglio T, Barbato E, Morisco C. Modulation of insulin sensitivity by exercise training: implications for cardiovascular prevention. Journal of Cardiovascular Translational Research. 2021;14(2):256-70.
2. Lewis NA, Simpkin AJ, Moseley S, Turner G, Homer M, Redgrave A, et al. Increased oxidative stress in injured and ill elite international olympic rowers. International journal of sports physiology and performance. 2020;15(5):625-31.
3. Sheikholeslami VD, Ahmadi K. The effect of acute consumption of HMB and creatine supplement on oxidative and antioxidant indices after resistance exercise in trained men. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2017;1(10):71-8. (In Persian).
4. Soori R, Gerami M, Pornemati P, Eskandari A. Effect of high intensity interval training and continus training on antioxidant enzymes in the heart of the old rats. Journal of Gorgan University of Medical Sciences. 2019;21(2):26-31.
5. Yeylaghi Ashrafi M, Dabidi Roshan V. Aerobic and anaerobic exercise of the acute and chronic and the selected markers of oxidative stress: A systematic review in human and animal studies. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2016;22(Special Issue):1126-38.
6. Hovanloo F, Hedayati M, Ebrahimi M, Abednazari H. Effect of various time courses of endurance training on alterations of antioxidant enzymes activity in rat liver tissue. Research in Medicine. 2011;35(1):14-9.
7. Kruk J, Aboul-Enein BH, Duchnik E, Marchlewicz M. Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. The Journal of Physiological Sciences. 2022;72(1):1-24.
8. Soori R, Eskandari A, Khani AR. Effect of two protocols of high interval and continuous training on the levels of antioxidant enzymes in the liver of old rats. The Quarterly journal of School of Medicine. 2021;45(1):28-33.
9. Bogdanis G, Stavrinou P, Fatouros I, 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 and Chemical Toxicology. 2013;61:171-7.
10. Ugras AF. Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. Science & Sports. 2013;28(5):253-9.
11. Hoene M, Weigert C. The stress response of the liver to physical exercise. Exercise immunology review. 2010;16.
12. Mansoori Z, SAMADI M, Daryanoosh F, Hadidi V, Haghdel A. The effect of green tea extract on indices of liver damage (ALT and AST) caused by high intensity interval training in professional soccer players. Journal of Sport and Exercise Physiology. 2018;11(1):97-106.(In Persian).
13. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. European journal of applied physiology. 2016;116(1):179-93.
14. Hagmar M, Berglund B, Brismar K, Hirschberg ALJCJoSM. Body composition and endocrine profile of male Olympic athletes striving for leanness. 2013;23(3):197-201.
15. Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin BJAPS. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11–13 years old. 1973;87(4):485-97.
16. Paltoglou G, Fatouros IG, Valsamakis G, Schoina M, Avloniti A, Chatzinikolaou A, et al. Antioxidation improves in puberty in normal weight and obese boys, in positive association with exercise-stimulated growth hormone secretion. 2015;78(2):158-64.
17. Turner TT, Lysiak JJJJoa. Oxidative stress: a common factor in testicular dysfunction. 2008;29(5):488-98.
18. Li J-W, Fan L-P, Ding S-D, Ding X-LJFc. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. 2007;103(2):454-60.
19. Taati M, Alirezaei M, Meshkatalsadat M, Rasoulian B, Kheradmand A, Neamati S. Antioxidant effects of aqueous fruit extract of Ziziphus jujuba on ethanol-induced oxidative stress in the rat testes. Iranian Journal of Veterinary Research. 2011;12(1):39-45.
20. Rafiei S, Bazyar Y, Edalatmanesh MA. Effect of Gallic Acid and Endurance Exercise Training on BDNF in a Model of Hippocampal Degeneration

%J The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam. 2016;4(1):1-6.
21. Cook HC, Stirling R. Manual of histological techniques and their diagnostic application: Churchill Livingstone; 1994.
22. Bijeh N, Hejazi K, Delpasand AJPR. Acute and Chronic Responses of Serum Leptin Hormone to Different Intensities of Exercise in Rats with Polycystic Ovarian Syndrome. 2015;18(1):95-106.
23. Rahmani A, Gorzi A, Mohammadi Z. The Effects of Two Models of Training with Different Days of Rest-to-Training Ratios and Natural Honey Supplementation on Serum Concentration of Interleukin-6 and its Hippocampal Gene Expression in Male Immature Rats. Sport Physiology. 2019;11(42):113-32.
24. Joo Y-I, Sone T, Fukunaga M, Lim S-G, Onodera S. Effects of endurance exercise on three-dimensional trabecular bone microarchitecture in young growing rats. Bone. 2003;33(4):485-93.
25. Tehrani BJ, Arefi RG. The effect of eight weeks of aerobic interval training and jujube extract on vascular endothelial growth factor in heart tissue of male Wistar rats with myocardial infarction. Journal of Motion and Behavioral Sciences. 2020;3(1):1-11.
26. Yahyaei B, Nouri M, Matmir H. Healing effects of Ziziphus jujuba hydroalcoholic extract with exercise training on histopathological changes of male wistar rats testicular tissue in response to Boldenone steroid administration. Jorjani Biomedicine Journal. 2018;6(1):12-21.
27. Zhang H, Jiang L, Ye S, Ye Y, Ren F. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (Ziziphus jujuba Mill.) from China. Food and chemical toxicology. 2010;48(6):1461-5.
28. Arthur J, Boyne R. Superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities in neutrophils from selenium deficient and copper deficient cattle. Life sciences. 1985;36(16):1569-75.
29. Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. The Journal of laboratory and clinical medicine. 1967;70(1):158-69.
30. Aebi H. [13] Catalase in vitro. Methods in enzymology. 1984;105:121-6.
31. Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clinical science. 1993;84(4):407-12.
32. Poblete Aro CE, Russell Guzmán JA, 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).
33. Valko M, Rhodes C, Moncol J, Izakovic M, Mazur M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chemico-biological interactions. 2006;160(1):1-40.
34. Zahradník D, Korvas P. The introduction into sports training. Masaryk University, Brno. 2012.
35. Hovanloo F, Hedayati M, Ebrahimi M, Abednazari H. Effect of various time courses of endurance training on alterations of antioxidant enzymes activity in rat liver tissue. 2011.
36. Zalavras A, Fatouros IG, Deli CK, Draganidis D, Theodorou AA, Soulas D, et al. Age-related responses in circulating markers of redox status in healthy adolescents and adults during the course of a training macrocycle. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2015;2015.
37. Mason SA, Trewin AJ, Parker L, Wadley GD. Antioxidant supplements and endurance exercise: Current evidence and mechanistic insights. Redox biology. 2020;35:101471.
38. Diaba-Nuhoho P, Ofori EK, Asare-Anane H, Oppong SY, Boamah I, Blackhurst D. Impact of exercise intensity on oxidative stress and selected metabolic markers in young adults in Ghana. BMC research notes. 2018;11(1):1-7.
39. Lima FD, Stamm DN, Della-Pace ID, Dobrachinski F, de Carvalho NR, Royes LFF, et al. Swimming training induces liver mitochondrial adaptations to oxidative stress in rats submitted to repeated exhaustive swimming bouts. PloS one. 2013;8(2):e55668.
40. Al-Reza SM, Bajpai VK, Kang SC. Antioxidant and antilisterial effect of seed essential oil and organic extracts from Zizyphus jujuba. Food and chemical toxicology. 2009;47(9):2374-80.