

The Effect of High Intensity Interval Training and Endurance Training Along With Jujube Supplement Consumption on the State of Oxidative Stress and Antioxidant Capacities of Testicular Tissue of Immature Male Wistar Rats

Akram Karimi Asl^{1*}, Farideh Ghasemikalateh², Ahmad Rahmani³, Hamid Reza Norouzi⁴

Receive 2022 September 14; Accepted 2022 December 28

Abstract

Aim: The aim of this study was to investigating the effect of high intensity interval training and endurance training along with jujube supplement consumption on the state of oxidative stress and antioxidant capacity of testicular tissue of immature rats. **Methods:** 72 immature wistar rats with age of 22 days and weight of 60.64 ± 7.475 grams were randomly divided into 9 groups: control, intense interval training (HIT), intense endurance training (ICT), jujube, ICT + jujube, ICT + placebo, HIT training + placebo, HIT training + jujube and placebo. After a week of familiarization, the ICT protocol including running on a rodent treadmill for 4 weeks (5 sessions/week) and the HIT protocol including 4 weeks (6 sessions/week) were performed. Distilled water gavage was given to the placebo groups, and jujube extract gavage was given to the jujube groups at a dose of 600 mg/kg of body weight, daily after training. The activities of SOD, GPX and CAT enzymes and MDA and TAC levels were measured by spectrophotometry and ELISA kit. **Results:** In the HIT group, a significant increase in SOD, GPX and TAC was observed after 4 weeks ($P=0.001$); In the ICT group, the amount of MDA decreased significantly after 4 weeks ($P=0.022$), while SOD ($P=0.006$) and TAC ($P=0.001$) had a significant increase. The amount of antioxidant activity and the level of MDA and TAC did not change significantly in the group of HIT + jujube extract, on the other hand, in the ICT + jujube extract group, only CAT had a significant decrease ($P = 0.012$). **Conclusions:** The results of the present study showed that intense interval and endurance training has reduced oxidative stress and significantly increased antioxidant enzymes in testicular tissue and immature rats. However, due to the few studies done in this field, more research is needed.

Keywords: Malondialdehyde (MDA), Superoxide dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GPX), Catalase (CAT), Total antioxidant capacity (TAC)



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Assistant Professor of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanity, University of Znujan, Znujan, Iran.
***(corresponding author)**
(karimiasl@znu.ac.ir)
2. Master of Sports Physiology, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, University of Znujan, Znujan, Iran.
3. Associate Professor of motor behavior, Department of Sports Sciences, Faculty of Humanities, University of Znujan, Znujan, Iran.
4. Assistant Professor of Sports Biomechanics, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanity, University of Znujan, Znujan, Iran.

Cite as: Akram Karimi Asl, Farideh Ghasemikalateh, Ahmad Rahmani, Hamid Reza Norouzi. The Effect of High Intensity Interval Training and Endurance Training Along With Jujube Supplement Consumption on the State of Oxidative Stress and Antioxidant Capacities of Testicular Tissue of Immature Male Wistar Rats. *Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023; 10(1): 67-82.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.28004.1498

DOR:



Extended abstract

Background

Although exercise and physical activity have well-known health effects, many studies have reported that intense and long-term physical activity can cause the production of free radicals, cell damage, and subsequent damage caused by oxidative stress, which provides the basis for the emergence of many diseases. Because the sperm membrane contains a large amount of unsaturated fatty acids, its vulnerability to oxidative stress is high. According to this, fatty acids are an essential cell for male sex cells to maintain sperm function; therefore, oxidative stress in a tissue such as the testis, with a high rate of metabolism and cell proliferation, can be particularly damaging and lead to sperm infertility due to sperm dysfunction. Also, the process of oxidative stress through free bases can cause the reactions of the apoptotic process. Creating such damage in DNA can accelerate the process of apoptosis, which ultimately leads to a decrease in the number of sperm, a decrease in the ability to conceive, disturbance in the development of the fetus, lack of pregnancy and birth defects. The greater reliance on mitochondrial metabolism for energy production during exercise, combined with the greater energy cost of exercise in children compared to adults, may raise the possibility of greater ROS production during exercise than in adults. In addition, the lower production of growth hormone (GH) and testosterone during preadolescence and childhood may make children prone to reduce the antioxidant capacity of the testicular tissue, and for this reason, it is less resistant to the production of free radicals in response to exercise. One of the appropriate strategies to protect against the adverse effects of oxidative stress caused by intense aerobic sports activities is to use healthy nutritional measures and use of antioxidant supplements. One of these herbal supplements is jujube fruit, which has anti-inflammatory and antioxidant properties due to its gallic acid. Therefore, it seems that in order to improve the health of athletes in the future and to solve the concerns of their sexual function and reproductive system problems, awareness of the responses of oxidative stress caused by exercise, for children and adolescents who are engaged in an intense and regular exercise, along with a supplement that It has antioxidant effects, it will be valuable. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of high intensity interval training and endurance training along with jujube supplement consumption on the state of oxidative stress and antioxidant capacity of testicular tissue of immature rats.

Methodology

The present research was conducted experimentally in the animal laboratory of the Department of Physiology of Zanjan University. 72 male Wistar rats (aged= 22 days, weight= 60.64 ± 7.475 gr) were divided randomly 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 4 weeks (5 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. 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 1 minute, and in the last week the training speed reached 36-40 meters per minute (equivalent to about 85% of Vo_{2max}). 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.

Statistical methods:

In inferential statistics, the Shapiro-Wilk test was used to determine the normality of data distribution. One-way analysis of variance and Tukey post hoc test was used to determine the significance of the differences between the research groups.

Results:



In the HIT group, a significant increase in SOD, GPX and TAC was observed after 4 weeks ($P=0.001$); In the ICT group, the amount of MDA decreased significantly after 4 weeks ($P=0.022$), while SOD ($P=0.006$) and TAC ($P=0.001$) had a significant increase. The amount of antioxidant activity and the level of MDA and TAC did not change significantly in the group of HIT + jujube extract, on the other hand, in the ICT + jujube extract group, only CAT had a significant decrease ($P = 0.012$).

Discussion and conclusion:

SOD, GPX, and TAC enzymes increased significantly in the intense interval training group compared to the control group. On the other hand, 4 weeks of intense endurance training has caused a significant decrease in MDA enzyme levels and a significant increase in SOD and TAC enzyme levels in testicular tissue compared to the control group. These results indicate the positive effect of sports activity on strengthening the antioxidant defense. It seems that regular exercise affects the processes of oxidative stress and lipid peroxidation by increasing hormones such as catecholamines, prostanoid metabolism, xanthine oxidase, NADPH oxidase and macrophage activity. As a result, the cell begins to strengthen its defense function and strengthen the antioxidant defense system to reduce oxidative stress and its complications. Also, consumption of jujube extract during both types of training did not have a significant effect on the desired oxidative stress indices. It seems that supplements and herbal medicines can have desirable and expected effects on different tissues when changes or damage have been created as a result of interventional actions, and their use can modify or improve it .

Conclusion:

The results of the present study showed that intense interval and endurance training has reduced oxidative stress and significantly increased antioxidant enzymes in testicular tissue and immature rats. However, due to the few studies done in this field, more research is needed.

Keywords:

Malondialdehyde (MDA), Superoxide dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GPX), Catalase (CAT), Total antioxidant capacity (TAC)

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال دهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۲؛ صفحات ۸۲-۶۷

Open Access

مقاله پژوهشی

تأثیر دو نوع تمرین تناوبی و استقامتی شدید به همراه مصرف مکمل عنباب بر وضعیت استرس

اکسایشی و ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه رت‌های نر ویستار نابالغ

اکرم کریمی اصل^{۱*}، فریده قاسمی کلاته^۲، احمد رحمانی^۳، حمیدرضا نوروزی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳

چکیده

هدف: مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تمرینات تناوبی و استقامتی شدید به همراه مصرف مکمل عنباب بر وضعیت استرس اکسایشی و ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه موش‌های نابالغ انجام شد. **روش شناسی:** ۷۲ سر موش نابالغ صحرایی نژاد ویستار با سن ۲۲ روز و وزن $60/64 \pm 7/475$ گرم به صورت تصادفی به ۹ گروه: کنترل، تمرین تناوبی شدید (HIT)، تمرین استقامتی شدید (ICT)، عنباب، تمرین استقامتی شدید + عنباب، تمرین استقامتی شدید + دارونما، تمرین HIT + دارونما، تمرین HIT + عنباب و دارونما تقسیم شدند. بعد از یک هفته آشناسازی، پروتکل ICT شامل دویدن بر روی نوار گردان به مدت ۴ هفته (۵ جلسه در هفته) و پروتکل HIT شامل ۴ هفته (۶ جلسه در هفته) بر روی نوار گردان چونندگان انجام شد. به گروه‌های دارونما، گاوژ آب مقطر و به گروه‌های دارای عنباب، گاوژ عصاره عنباب با دوز ۶۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، روزانه بعد از تمرین ارائه شد. اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX و CAT و سطوح MDA و TAC به روش اسپکتروفتومتری و کیت الایزا انجام شد. **یافته‌ها:** در گروه HIT افزایش معنی‌دار SOD، GPX و TAC پس از ۴ هفته مشاهده شد ($P=0/001$)؛ در گروه ICT، میزان MDA پس از ۴ هفته به‌طور معنی‌داری کاهش داشت ($P=0/022$)، در حالی که SOD ($P=0/006$) و TAC ($P=0/001$) افزایش معنی‌داری داشتند. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و سطح MDA و TAC در گروه HIT + عصاره عنباب تغییر معناداری نیافت، از طرفی در گروه ICT + عصاره عنباب، تنها CAT کاهش معناداری داشت ($P=0/012$). **نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات تناوبی و استقامتی شدید موجب کاهش فشار اکسایشی و افزایش معنی‌دار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت بیضه و موش‌های صحرایی نابالغ شده است. با این وجود با توجه به مطالعات اندک صورت گرفته در این زمینه، نیاز به تحقیقات بیشتری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مالون دی آلدئید، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام

نحوه ارجاع: اکرم کریمی اصل، فریده قاسمی کلاته، احمد رحمانی، حمیدرضا نوروزی. تأثیر دو نوع تمرین تناوبی و استقامتی شدید به همراه مصرف مکمل عنباب بر وضعیت استرس اکسایشی و ظرفیت‌های آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه رت‌های نر ویستار نابالغ. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۲؛ ۱۰ (۱): ۶۷-۸۲.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.28004.1498

DOR: 20.1001.



مقدمه

طی سال‌های اخیر، شاهد رشد روزافزون تعداد کودکان و نوجوانان شرکت‌کننده در تیم‌های ورزشی و ورزش‌های انفرادی بوده‌ایم. این روند رو به رشد باعث شده است فعالیت ورزشی در دوران کودکی علاوه بر لذت بردن، سلامتی، رشد و تکامل فردی، با مداخله عناصر رقابتی همراه باشد (۱). 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 (۲). با وجود اینکه ورزش و فعالیت بدنی اثرات سلامتی شناخته شده‌ای به همراه دارد ولی مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند که فعالیت بدنی شدید و طولانی مدت می‌تواند باعث تولید رادیکال‌های آزاد، بروز صدمات سلولی و متعاقب آن آسیب ناشی از استرس اکسایشی شود (۳) که زمینه ظهور بسیار از بیماری‌ها از راه تولید محصولات پراکسیداسیون لیپیدی از جمله مالون دی آلدئید (MDA) فراهم می‌شود (۴). البته همه انواع ارگانسیم‌های هوازی دارای سیستم آنتی‌اکسیدانی علیه گونه‌های فعال اکسیژن هستند. این سیستم به دو گروه آنزیم‌های ضد اکسایشی شامل سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، گلوکاتایون پر اکسیداز (GPX) و کاتالاز (CAT) و ترکیبات غیر آنزیمی همچون ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی و کارتنوئیدها تقسیم می‌شود (۵، ۶). هر یک از این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نقش منحصر به فردی دارند که عمل همدیگر را کامل می‌کنند و برآیند آن‌ها تحت عنوان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام^۵ (TAC) بدن تلقی می‌گردد (۷). مطالعات زیادی تولید بیومارکرهای فشار اکسایشی را به علت افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، پس از فعالیت‌های طولانی مدت استقامتی و شدید به اثبات رسانیده است (۸، ۹). در این میان، برخی مطالعات گزارش کردند که ورزش شدید می‌تواند منجر به افزایش فشار اکسایشی و هم‌زمان کاهش هورمون‌های جنسی و کیفیت اسپرماتوزن شود (۱۰). واموند^۶ اثرات تمرین شدید را بر روی پارامترهای اسپرم ورزشکاران سه‌گانه اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که تمرینات استقامتی بالا به دلیل سوخت و ساز هوازی بیشتر عضله و افزایش تولید ROS، ممکن است اسپرماتوزن را که غنی از اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد را مورد حمله قرار داده و به دنبال آن وضعیت فشار اکسایشی به عنوان یک عامل مداخله‌گر در تخریب DNA اسپرم ورزشکاران، اثر منفی بر باروری آنان داشته باشد (۱۱). همچنین، صارمی و همکاران^۷ اثر شدت‌های مختلف تمرینی را بر کیفیت اسپرماتوزن و هورمون‌های جنسی موش‌های چاق آزمایش کردند و دریافتند که تمرین شدید اثر منفی بر کیفیت اسپرماتوزن داشت که می‌تواند به دلیل افزایش فشار اکسایشی و

پراکسیداسیون چربی و در پی آن آسیب DNA اسپرم و افزایش دمای اختلالات هورمونی باشد (۱۲). فعالیت بدنی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای سطح اکسیژن مصرفی را نسبت به زمان استراحت تا ۱۰ برابر افزایش می‌دهد. در نتیجه توان مقدار ROS بالا می‌رود که می‌تواند اسیدهای چرب غیراشباع را در غشاهای سلولی، آسیب پروتئینی و DNA در طول فرآیند فشار اکسایشی اکسید کند (۱۳). به علت اینکه غشاء اسپرم حاوی مقدار زیادی اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد، آسیب‌پذیری آن در برابر وضعیت فشار اکسایشی زیاد است (۱۴). با توجه به این، اسیدهای چرب برای حفظ عملکرد اسپرم یک سلول ضروری برای سلول‌های جنسی مرد است (۱۵)؛ بنابراین، فشار اکسایشی در بافتی مانند بیضه، با میزان بالای متابولیسم و تکثیر سلول، می‌تواند به‌ویژه آسیب‌رسان باشد و به دلیل نقص عملکرد اسپرم، اسپرم‌ها را به ناباروری سوق می‌دهد (۱۶). همچنین فرآیند فشار اکسایشی از طریق بنیان‌های آزاد می‌تواند موجب واکنش‌های فرآیند آپوپتوز^۸ شود. ایجاد چنین آسیبی در DNA می‌تواند باعث تسریع فرآیند آپوپتوز شود که در نهایت منجر به کاهش تعداد اسپرم، کاهش توانایی لقاح، اختلال در رشد نمو جنین، عدم بارداری و نقص در هنگام تولد می‌شود (۱۷). با توجه به اینکه، تأثیر فشار اکسایشی ناشی از تمرینات ورزشی طولانی مدت بر روی بافت‌های مختلف بدن از جمله سیستم تولیدمثلی در مردان ورزشکار تا حدودی مورد مطالعه قرار گرفته است، اما اطلاعات محدودی در مورد تأثیر تمرینات ورزشی شدید بر وضعیت استرس اکسایشی و ذخایر آنتی‌اکسیدانی در کودکان و نوجوانان طی مراحل مختلف رشد وجود دارد (۱۸، ۱۹). در 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 متابولیسم میتوکندریایی می‌باشد (۲۰). وابستگی بیشتر به متابولیسم میتوکندری برای تولید انرژی در حین ورزش در ترکیب با هزینه انرژی بیشتر ورزش در کودکان در مقایسه با بزرگسالان، ممکن است امکان تولید ROS بیشتر در حین ورزش را نسبت به بزرگسالان افزایش دهد. علاوه بر این، تولید کمتری از هورمون رشد (GH) و تستوسترون در دوران پیش از نوجوانی و کودکی ممکن است کودکان را مستعد کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه کند و به همین دلیل در پاسخ به ورزش نسبت به تولید بنیان-های آزاد مقاومت کمتری داشته باشد (۱۹)، (۱۶). یکی از راهکارهای مناسب برای محافظت در برابر اثرات نامطلوب فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزشی شدید، به‌کارگیری تدابیر تغذیه‌ای سالم و استفاده از مکمل‌های ضد اکسایشی است (۲۱). یکی از این مکمل‌های گیاهی که دارای خواص ضد اکسایشی می‌باشد، میوه عناب است. در مطالعات

- 5- Total Antioxidant Capacity
- 6- Vamond
- 7- Saremi & et al
- 8- Apoptosis

- 1- Malon dialdehyde
- 2- Superoxide dismutase
- 3- Glutathione peroxidase
- 4- catalase

انستیتو پاستور خریداری و با رعایت کلیه اصول نگهداری حیوانات به آزمایشگاه منتقل شدند. کلیه موش‌های صحرایی در شرایط کنترل شده محیطی در قفس‌های پلی کربنات، با میانگین دمایی 22 ± 1 درجه سانتی گراد، رطوبت 45 ± 5 درصد، چرخه روشنایی-تاریکی ۱۲:۱۲ ساعت و با دسترسی آزاد به آب و غذای ویژه موش نگهداری گردیدند. قبل از اجرای برنامه تمرینی، موش‌های صحرایی به مدت یک هفته، ۳ روز آماده‌سازی عمومی و ۳ روز آماده‌سازی اختصاصی که جزئیات تمرین در جداول یک و دو ذکر شده است، تمرین کردند و با محیط آزمایشگاه و تمرین روی دستگاه نوار گردان مخصوص جوندگان (ساخت صنعت پیشرو اندیشه صنعت ایران) آشنا شدند. پس از پایان دوره آشناسازی عمومی، وزن کشی موش‌ها انجام گرفت و بر اساس وزن و به طور تصادفی به ۹ گروه تقسیم شدند: کنترل، تمرین تناوبی شدید (HIT)، تمرین استقامتی شدید (ICT)، عنب، تمرین استقامتی شدید + عنب، تمرین استقامتی شدید + دارونما، تمرین HIIT + دارونما، تمرین HIIT + عنب و دارونما.

لازم به ذکر است به منظور 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 ایجاد شده توسط محقق بر روی درب نوار گردان از شوک الکتریکی خودداری شود و در صورت امتناع با تحریک دستی (گذاشتن استپ در انتهای نوار گردان) وادار به تمرین می‌شدند.

برنامه تمرینی تناوبی شدید

برنامه تمرینی تناوبی شدید، در قالب تمرین با الگوی دوره‌های هفت روزه (شش روز تمرین و یک روز استراحت) انجام شد. بر این اساس، اصل اضافه‌بار به‌گونه‌ای اعمال شد که سرعت تمرین در هفته آشناسازی برابر با ۱۰-۱۶ متر در دقیقه و مدت آن ۱ دقیقه بود که به تدریج سرعت تمرین در هفته‌های بعد بالا رفت تا زمانی که در هفته آخر سرعت تمرین ۳۶-۴۰ متر در دقیقه (متوسط ۳۷ تا ۳۸ متر در دقیقه) (معادل حدود ۸۵٪ Vo2max) رسید (۲۷) و مدت تمرین همان ۱ دقیقه در یک دوره تمرینی بود. همچنین، جهت جلوگیری از بیش تمرینی یک روز در هفته کاهش بار در نظر گرفته شد (۲۸) (جدول ۳).

جدول ۳. برنامه باردهی تمرین تناوبی شدید

پارامترهای تمرین	آشناسازی (یک هفته)	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
سرعت (متر/دقیقه)	۱۶ - ۴	۱۶	۲۳	۲۹	۳۵ - ۴۰

مختلف وجود ترکیبات شیمیایی بسیار متنوع در عنب مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است (۲۲). مطالعه شریف و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز تأکید کرد که احتمالاً عنب دارای اثرات آنتی اکسیدانی است و استرس‌های اکسیداتیو را می‌تواند کاهش دهد (۲۳). از طرفی با تخلیص هشت نوع فلاونوئید از عنب، بخشی از ویژگی‌های دارویی آن را به خواص آنتی اکسیدانی این ترکیبات نسبت داده‌اند (۲۱، ۲۴). همچنین عنب یکی از گیاهان سرشار از اسیدگالیک بوده که محصول طبیعی هیدرولیزتان‌ها^۲ است. اسیدگالیک آنتی اکسیدان قوی بوده که به دلیل نفوذ از سد خونی- مغزی از طریق مهار فعالیت تیروزین^۳، فعالیت ضدالتهابی و آنتی اکسیدانی خود را اعمال می‌نماید (۲۵) (۲۹). طاعتی و همکاران طی تحقیقی به بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره عنب بر استرس اکسایشی ناشی از اتانول در بافت بیضه پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که عنب فعالیت گلوکاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز بافت بیضه و متعاقباً تحرک اسپرم و یکپارچگی غشای پلاسمایی را افزایش می‌دهد (۲۱). در پژوهشی توسط عباس زاده و همکارانش گزارش شده است که بولدنون موجب آسیب به ساختار بافت بیضه و تغییرات دژنراتیو می‌شود و احتمالاً مصرف هم‌زمان عنب و تمرین مقاومتی باعث کاهش آسیب‌های بافت بیضه ناشی از تزریق بولدنون نسبت به تمرینات استقامتی می‌شود (۲۶). بررسی تحقیقات پیشین نشان داد تأثیرات آنتی اکسیدانی عصاره عنب روی بافت بیضه طی تمرینات استقامتی و تناوبی شدید مخصوصاً روی ورزشکاران نوجوان تاکنون صورت نگرفته است.

بنابراین، به نظر می‌رسد در جهت ارتقاء سلامتی ورزشکاران در آینده و رفع نگرانی‌های مشکلات عملکرد جنسی و سیستم تولیدمثل آن‌ها، آگاهی از پاسخ‌های فشار اکسایشی ناشی از ورزش، برای کودکان و نوجوانانی که مشغول یک تمرین شدید و منظم هستند به همراه مکملی که اثرات ضد اکسایشی دارد، ارزشمند خواهد بود.

بنابراین، هدف از این مطالعه، بررسی میزان آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و اکسایشی بافت بیضه متعاقب ۴ هفته تمرین تناوبی شدید و استقامتی شدید در موش‌های صحرایی نابالغ نر است.

روش 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 $7/475 \pm 60/64$ گرم از

- 2- Hydroxybenzoic acid
- 3- Tyrosin

- 1- Gallic acid

پس از اعمال متغیر مستقل، تمام گروه‌ها با شرایط کاملاً مشابه و در شرایط پایه و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی و چهار ساعت ناشتایی، با داروی بی‌هوشی دی اتیل اتر^۱ به‌طور سبک بی‌هوش شدند. سپس، بعد از تشریح، با ایجاد برش در ناحیه شکم، بیضه‌ها از بدن حیوان تحت شرایط استریل خارج و با محلول نرمال سالین شستشو داده شد، سپس بافت بیضه سمت راست موش‌ها در میکروتیوپ قرار داده شده و در ازلت مایع فریز شدند و جهت اندازه‌گیری شاخص‌های موردنظر، در یخچال با دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

روش آزمایشگاهی

بعد از انتقال بافت به آزمایشگاه، یک گرم از بافت بیضه قطعه‌قطعه و در یک لوله ریخته شد و به میزان ۱۰ میلی‌لیتر، به آن بافر هموژنیزاسیون^۲ (بافر فسفات ۷/۲، PH) اضافه و با استفاده از هموژنایزر (۴ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ rpm) هموژنیزه گشت. سوسپانسیون^۳ حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۵۰۰ rpm سانتریفیوژ^۵ یخچال‌دار سانتریفیوژ شد تا مواد زائد رسوب کنند و محلول هموژن خالص برای اندازه‌گیری مالون دی آلدئید، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوکاتایون پراکسیداز، کاتالاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام مورد بررسی قرار گرفت.

اساس روش اندازه‌گیری MDA بافتی هم با استفاده از کیت RANSOD (Randox Laboratories Ltd, Crumlin, UK) بر پایه واکنش با تیوباربتوریک اسید^۶ (TBA)، استخراج با بوتانول نرمال^۷، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری^۸ و مقایسه جذب با منحنی استاندارد می‌باشد (۳۲). فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی با استفاده از کیت RANSOD (Randox Laboratories Ltd, Crumlin, UK) انجام گردید. فعالیت آنزیم SOD در طول موج تجزیه پراکسید ۵۰۵ نانومتر از طریق طیف‌سنجی محلول رویی تهیه شده از هموژن بافت بیضه اندازه‌گیری گردید (۳۳). نحوه اندازه‌گیری فعالیت آنزیم GPX به این شکل بود که در ابتدا گلوکاتایون احیا توسط گلوکاتایون پراکسیداز اکسید می‌شود. سپس در مرحله‌ی بعد گلوکاتایون اکسید شده در حضور گلوکاتایون ردوکتاز و NADPH به گلوکاتایون احیا تبدیل می‌شود. کاهش جذب به علت تبدیل NADPH به NADP⁺ با غلظت GPX متناسب است (۳۴). فعالیت آنزیم CAT با روش هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر محاسبه گردید (۳۵). نتایج فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی 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 شد (۳۶).

مدت تمرین (دقیقه)	۱	۱	۱	۱	۱
مدت استراحت (دقیقه)	۲	۲	۲	۲	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

برنامه تمرین استقامتی شدید

برنامه تمرین استقامتی شدید، گروه‌های تمرین هفته‌ای ۵ جلسه در هفته و ۲ روز استراحت، با مدت و شدت پیش‌رونده و با رعایت اصل اضافه‌بار تمرین داده شدند که جزئیات تمرین در جدول ۴ ذکر شده است (۲۹) (جدول ۴).

جدول ۴: برنامه باردهی تمرین استقامتی شدید

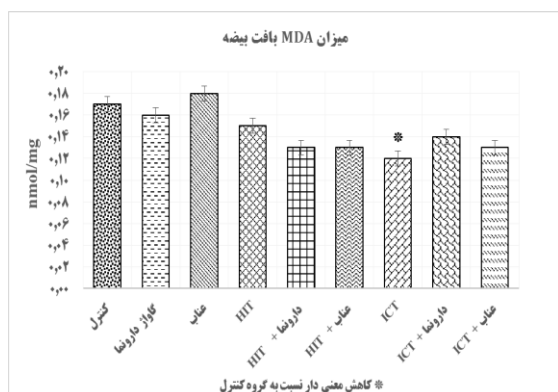
پارامترهای تمرین	آشناسازی (یک هفته)	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
سرعت (متر/دقیقه)	۱۰ - ۴	۱۰ - ۱۸	۲۰ - ۲۸	۲۸ - ۳۰	۳۰
مدت تمرین (دقیقه)	۱۰ - ۴	۱۰ - ۳۰	۳۰ - ۵۰	۵۰ - ۵۴	۵۵ - ۶۰

تهیه عصاره عناب

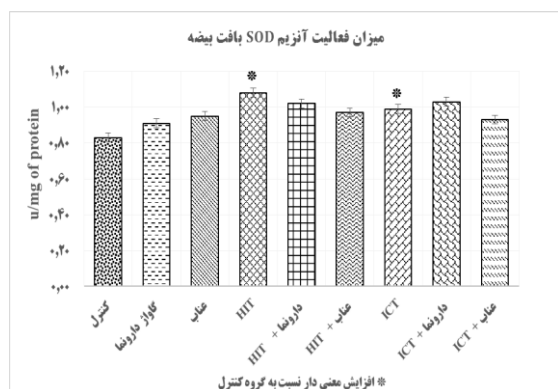
برای استخراج عصاره در آغاز ۵۰ گرم میوه عناب پودر شده را در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۸٪ حل و در مدت‌زمان ۲۴ ساعت بر روی شیکر قرار داده شد؛ سپس به مدت ۲۴ ساعت فیلتر شد و برای از بین بردن حلال نمونه‌هایی که فیلتر شدند بر صفحه‌های شیشه‌های ریخته شد و در یک درجه حرارت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک تا دو روز قرار داده شدند. پس از تبخیر حلال (نسبت اتانول به آب ۸۰ به ۲۰ است)، در یک فریزر ۲۰ درجه سانتی‌گراد نمونه‌ها تا زمانی که مورد استفاده قرار بگیرند ذخیره شدند (۳۰). حجم عناب مورد نظر برای گاوآژ به هر موش، بر اساس مقدار تعیین‌شده، ۶۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن موش بود. برای گروه دارونما نیز به میزان عناب مورد نظر برای موش، آب مقطر گاوآژ شد (۳۱).

- 5- Centrifuge
6. Thiobarbituric acid
7. n-Butanol
8. Spectrophotometry

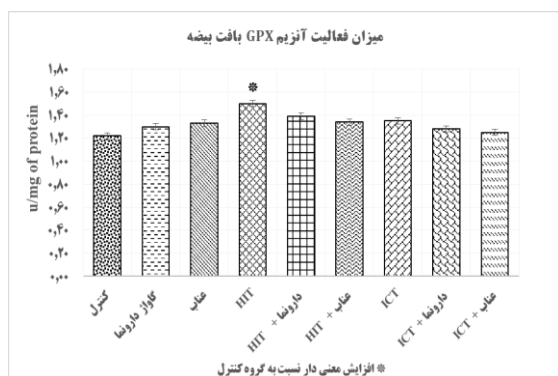
- 1- Diethyl ether
- 2- Homogénéisation
- 3- Phosphate buffered saline
- 4- Suspension



شکل ۱: میزان MDA بافت بیضه



شکل ۲: میزان فعالیت آنزیم SOD بافت بیضه



شکل ۳: میزان فعالیت آنزیم GPX بافت بیضه

کلیه موازین اخلاقی کار با نمونه‌های حیوانی آزمایشگاهی مطابق با راهنمای نگهداری و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی (NIH)^۱ هنگام کار با آن‌ها رعایت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات توسط نرم‌افزار SPSS ۲۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ابتدا با آزمون شاپیرو-ویلک، طبیعی بودن توزیع داده‌ها و با آزمون لون همگنی واریانس‌ها بررسی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه ANOVA استفاده شد، در صورت معنی‌داری از آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

ملاحظات اخلاقی

این تحقیق پس از اخذ مجوز کمیته اخلاق از کار گروه اخلاق در پژوهش دانشگاه زنجان به شماره IR.ZNU.REC.1400.020 انجام شد.

یافته‌ها

میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX، CAT و MDA و TAC بافت بیضه در شکل ۱ تا ۵ آمده است. نتایج نشان داد که اجرای تمرین تناوبی شدید به همراه مصرف عصاره عناَب نسبت به گروه دارونما - تمرین تناوبی بر میزان فعالیت آنزیم‌های بافت بیضه تأثیر نداشته است، در حالی که تمرین تناوبی شدید سبب افزایش معنی‌دار در میزان فعالیت آنزیم‌های SOD ($P=0.001$)، GPX ($P=0.001$) و TAC ($P=0.001$) بافت بیضه موش‌های صحرایی نر شده است ولی بر میزان فعالیت آنزیم‌های MDA ($P=0.879$) و CAT ($P=0.970$) تأثیری نداشته است. همچنین اجرای تمرین استقامتی شدید همراه با مصرف عصاره عناَب نسبت به گروه دارونما- تمرین استقامتی شدید باعث کاهش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم CAT ($P=0.012$) بافت بیضه شده است، در صورتی که تمرین استقامتی شدید نسبت به گروه کنترل سبب کاهش معنی‌دار در میزان فعالیت MDA ($P=0.022$) و افزایش معنی‌دار در میزان فعالیت SOD ($P=0.006$) و TAC ($P=0.001$) شده است و بر میزان فعالیت آنزیم‌های GPX ($P=0.121$) و CAT ($P=0.970$) تأثیر نداشته است.

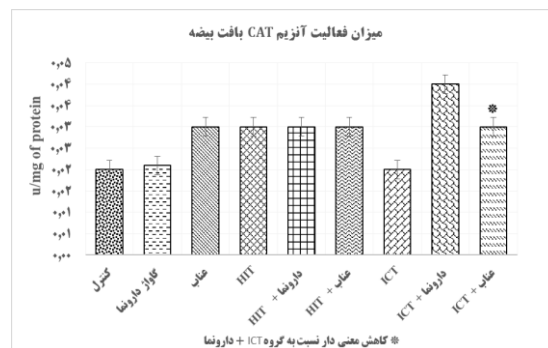
شدید و استقامتی تداومی بر سطوح سرمی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افراد دیابتی نوع دو تفاوت معناداری در سطوح سوپراکسید دیسموتاز در گروه‌های مورد مطالعه مشاهده نکردند (۳۷). کوکس و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که اجرای شش هفته تمرین استقامتی تداومی و تمرین تناوبی سرعتی در مردان غیرفعال اثر بخشی برابری در افزایش تراکم مویرگی و فعالیت آنزیم نیتریک اکساید سنتتاز با وجود تفاوت زیاد در حجم کلی تمرین دارد (۳۸). ماجرک زاک و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که پنج هفته تمرین استقامتی با شدت متوسط موجب بهبود دفاع آنتی‌اکسیدانی سرم مردان جوان می‌شود (۳۹). از طرفی دیگر، باگدانیس و همکاران (۲۰۱۳) بعد از انجام سه هفته تمرین تناوبی شدید بر روی ۸ مردی که از لحاظ فیزیکی سالم بودند تفاوت معنی‌داری در میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام سرم مشاهده کردند (۴۰).

به نظر می‌رسد فعالیت ورزشی منظم با افزایش هورمون‌هایی مانند کاتکولامین‌ها، متابولیسم پروستاگلندین‌ها، گزانتین اکسیداز، NADPH اکسیداز و فعالیت ماکروفاژها بر فرایندهای استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدی تأثیر می‌گذارد و موجب افزایش آن‌ها می‌شود (۴۱). همچنین 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 (۴۲). در نتیجه سلول شروع به تقویت عملکرد دفاعی خود و تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌کند تا استرس اکسیداتیو و عوارض ناشی از آن را کاهش دهد.

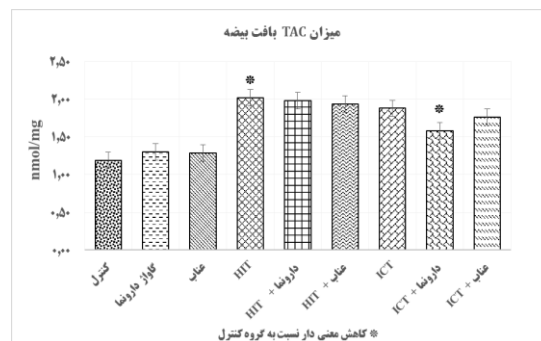
بر اساس تحقیقات پیشین اطلاعات متناقضی در خصوص تأثیرات فعالیت ورزشی شدید بر فشار اکسایشی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه وجود دارد. برخی از تحقیقات نشان دادند که فعالیت بدنی شدید می‌تواند باعث القاء فشار اکسایشی در محیط بیضه‌ها گردد که این امر ناشی از تولید بیش از حد بنیان‌های آزاد به دلیل افزایش سطح اکسیژن مصرفی عضلات می‌باشد (۴۳).

ROSهای تولید شده در سلول باید به صورت پیوسته غیرفعال شوند. عدم تعادل بین تولید و حذف ROSها در اسپرم منجر به ایجاد وضعیت استرس اکسیداتیو می‌شود (۴۴).

مانا و همکاران دریافتند که تمرین شدید شنا در موش‌های نر (۲ گروه ۶ تایی، ۵ روز در هفته به مدت ۴ هفته) هم‌زمان با افزایش شاخص‌های استرس اکسیداتیو، کاهش پارامترهای اسپرم را در پی داشت که این افزایش می‌تواند به دلیل مهار آنزیم‌های استرویدوزنیک بیضه‌ها و افزایش MDA بیضه‌ای و پراکسیداسیون چربی و بالا رفتن رادیکال‌های بیضه-ای باشد (۴۵). حاجی‌زاده و همکاران اثر ۱۶ هفته تمرین دوچرخه سواری شدید را بر ۲۴ نفر در خارج از فصل مسابقه بر استرس اکسیداتیو و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دوچرخه‌سواران مرد جاده آزمایش کردند. نتایج نشان داد که



شکل ۴: میزان فعالیت آنزیم CAT بافت بیضه



شکل ۵: میزان TAC بافت بیضه

بحث

در پژوهش حاضر با مقایسه میزان فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX، CAT و TAC بافت بیضه موش‌های نابالغ گروه تمرین تناوبی شدید و استقامتی شدید با گروه کنترل مشاهده شد که آنزیم‌های SOD، GPX و TAC در گروه تمرین تناوبی شدید نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشته‌اند. از سوی دیگر، میزان فعالیت آنزیم CAT و میزان MDA در گروه تمرین تناوبی شدید در مقایسه با گروه کنترل تغییر معنی‌داری نداشتند. همچنین، ۴ هفته تمرین استقامتی شدید موجب کاهش معنی‌دار میزان سطوح آنزیم MDA و از سوی دیگر، موجب افزایش معنی‌دار میزان سطوح آنزیم SOD و TAC در بافت بیضه نسبت به گروه کنترل شده است. این نتایج بیانگر تأثیر مثبت فعالیت ورزشی بر تقویت دفاع آنتی‌اکسیدانی است.

برخی محققان اعتقاد دارند که تمرینات تناوبی شدید اثر بخشی بیشتری در نرمال‌سازی استرس اکسیداتیو با اثرگذاری مثبت بر عوامل پیش اکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی دارند (۳۷). در حالی که نتایج پژوهش حاضر تأثیر مطلوب هر دو نوع فعالیت تداومی و تناوبی شدید بر دفاع اکسایشی را تأیید می‌کند که نشان می‌دهد احتمالاً این پاسخ ارتباطی با شدت و نوع فعالیت ورزشی ندارد. آروو و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعه اثر تمرین تناوبی

دویدن با شدت متوسط، منجر به بهبود کیفیت شاخص‌های اسپرم (تحریک‌پذیری، تعداد و قدرت) و قدرت باروری می‌گردد (۵۲). حاجی‌زاده و همکاران اثرات مختلف تمرین با شدت‌های شدید، متوسط و کم را بر روی ۳۹۶ فرد به مدت ۲۴ هفته بر روی مارکرهای استرس اکسیداتیو، کیفیت نمایه سمین و DNA اسپرم مورد آزمایش قرار دادند که در این تحقیق، افراد گروه با شدت متوسط (۵۶ تا ۶۹ درصد) VO2MAX منجر به بهبود پارامترهای سمین، وضعیت استرس اکسیداتیو (MDA) و DNA اسپرم شدند (۵۳).

در پژوهش حاضر تمرینات تناوبی تأثیر معنی‌داری بر MDA، به عنوان شاخص فشار اکسایشی، نداشت در صورتی که در فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX و TAC افزایش معنی‌داری مشاهده شد. با توجه به این نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد کاهش MDA و افزایش فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX و TAC در پی تمرینات استقامتی را به سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بیضه علیه بنیان‌های آزاد ارتباط داد که یک عامل مهم در حذف وضعیت فشار اکسایشی باشد. علاوه بر این نتیجه حاضر می‌تواند به دلیل شدت و مدت و سازگاری با این تمرینات و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی باشد. با توجه به اینکه این پژوهش بر روی موش‌های نابالغ صورت گرفته، بنابراین برخی از نتایج متناقض با تحقیقات دیگر را می‌توان به عدم تکوین کامل بافت بیضه و اسپرماتوژنز ارتباط داد (۵۴).

هرچند مطالعات دقیقی بر روی دفاع اکسیدانی بافت بیضه در سنین پایین صورت نگرفته است اما به طور کلی مطالعات نشان می‌دهد که در سنین پایین ورزش اثر بهتری روی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها دارد (۵۵). شاید التیام سریع‌تر ورزشکاران جوان نسبت به افراد مسن تا اندازه‌ای مربوط به افزایش عوامل آنتی‌اکسیدان در ورزشکاران جوان باشد (۵۶) که با نتایج این تحقیق در جوانان همخوانی دارد. بررسی بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه، احتمالاً در ارزیابی وضعیت باروری و سلامتی افرادی که ورزش‌های شدید می‌کنند، می‌تواند برای آینده آن‌ها مفید باشد.

تاکنون مطالعات متعددی مداخلات تغذیه‌ای را در کاهش پاسخ‌های اکسایشی پس از فعالیت ورزشی بررسی کرده‌اند. در این راستا نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف میوه عناب به مدت ۴ هفته همراه با تمرینات تناوبی شدید تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های SOD، GPX، CAT و سطوح MDA و TAC بافت بیضه نداشته است. همچنین مصرف عناب طی تمرین استقامتی شدید هم تغییر معنی‌داری در SOD، GPX، MDA و TAC ایجاد نکرد اما در آنزیم CAT کاهش معنی‌داری نسبت به گروه دارونما - تمرین استقامتی مشاهده شد در حالی که نسبت به گروه تمرین استقامتی افزایش داشت. این آنزیم در بافت‌های پستانداران از اولین آنزیم‌هایی هست که وارد واکنش‌های اکسایشی می‌شوند (۵۷). بنابراین با توجه

افزایش MDA و ROS و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پی این نوع از ورزش به وجود می‌آید. ممکن است به دلیل افزایش مصرف اکسیژن، هاپیوکسی بافت موضعی و بالا رفتن دمای بافت بیضه باعث افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر در پلاسمای سمین ورزشکاران شود (۴۶). صفری نژاد و همکاران گزارش کردند که به دنبال یک سال تمرین دویدن بر روی تردمیل با شدت متوسط و شدید، مقادیر شاخص‌های اسپرماتوژنز (شکل، تعداد، مورفولوژی و کیفیت سمین) و هورمون‌های جنسی تنها در گروه تمرین شدید کاهش یافت (۴۷). همچنین در مردان گزارش شده است ورزش شدید موجب کاهش پارامترهای اسپرم و هورمون‌های جنسی می‌شود (۴۸). چند مطالعه حیوانی نیز تأثیرات منفی تمرین شدید بر باروری را تأیید کردند. ساکی و همکاران گزارش دادند که ۵۰ روز تمرین شنا با شدت زیاد موجب کاهش تعداد و تحریک‌پذیری و قدرت باروری اسپرم در موش‌های صحرایی نر می‌شود. نیروپاما و همکاران نشان دادند که استرس ناشی از تمرین شنا با کاهش وزن بیضه، تعداد اسپرم، اسپرماتوسیت‌ها و اسپرماتوئیدها همراه است و این آثار تا ۴ ماه نیز ماندگار بوده است (۴۹). صارمی و همکاران اثر شدت‌های مختلف تمرینی را بر کیفیت اسپرماتوژنز آزمایش کردند و دریافتند که تمرین شدید اثر منفی بر کیفیت اسپرماتوژنز داشت که می‌تواند ناشی از افزایش فشار اکسایشی و پر اکسیداسیون چربی و در پی آن آسیب DNA اسپرم باشد (۵۰). علت ناهم‌سویی نتایج MDA پژوهش‌های ذکر شده با پژوهش حاضر، می‌تواند مربوط به فشار تمرینی بالاتر، طول دوره تمرین، نبود کاهش بار در طول برنامه تمرینی و عدم رعایت اصل اضافه‌بار باشد. افزایش تدریجی بار تمرینی، باعث ایجاد استرس کمتر در هر مرحله از افزایش بار می‌شود و همچنین وجود کاهش بار در برنامه تمرینی، فرصت ایجاد سازگاری‌های اکسایشی در عضلات و بافت‌ها را ایجاد می‌کند. بنابراین، یکی از علت‌های کاهش MDA در پژوهش حاضر، به غیر از تأثیر نوع و روش تمرینی بر تغییرات شاخص‌های اکسایشی در دستگاه‌های مختلف بدن، مدت و دفعات قرارگیری در معرض استرس نیز از عوامل اثربخش می‌باشند و می‌توان گفت که در این پژوهش با وجود مدت تمرینی کمتر (۴ هفته)، به دلیل رعایت اصل افزایش بار تدریجی کاهش معنادار در میزان MDA در گروه‌های تمرینی در پایان دوره تمرینی رخ داده است. همراستا با پژوهش حاضر، نتایج برخی از تحقیقات نشان دادند که تمرینات ورزشی می‌توانند باعث بهبود سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش فشار اکسایشی در بافت بیضه شوند. در یک تحقیق، تمرین استقامتی از طریق افزایش ظرفیت ضد اکسایشی و افزایش مقدار SOD در بیضه موش‌های سالمند دچار آتروفی بیضه، در نهایت سبب این بهبود آتروفی شد. بنابراین به نظر می‌رسد که حتی آغاز ورزش در سنین بالا هم می‌تواند از طریق خنثی کردن آثار گونه‌های فعال اکسیژن بر آتروفی ناشی از سالمندی در بیضه‌ها اثرگذار باشد (۵۱). همچنین در مردان با وزن طبیعی نشان داده شد که فعالیت بدنی استقامتی مانند شنا و

عنان، نوع بافت و نوع آزمودنی‌ها نسبت داد. شاید در صورت تغییر میزان دوز مصرفی عناب، یا نوع و شدت تمرین و مدت زمان مصرف آن، نتایج دیگری حاصل می‌شد. در تحقیقات ذکر شده در مورد اثر گذاری عناب بر شاخص‌های استرس اکسایشی که ناهمسو با نتایج تحقیق حاضر بود، ایجاد فشار اکسایشی از طریق مصرف موادی همچون اتانول و بولدون یا انجام تمرینات مقاومتی شدید بود که طی اعمال این متغیرها، فشار اکسایشی در بافت بیضه ایجاد شده است که در نهایت مصرف عصاره عناب نیز اثر گذاری لازم در جهت کاهش فشار اکسایشی داشته است. اما در تحقیق حاضر مداخله تمرینی اعمال شده نه تنها فشار اکسایشی اعمال نکرده بلکه باعث بهبود آن نیز شده است. بنابراین مصرف عصاره عناب همچون تحقیقات قبلی اثر گذاری کافی بر شاخص‌های استرس اکسایشی نداشته است.

با توجه به نتایج تحقیقات پیشین در مورد اثرگذاری مکمل عناب بر عوامل فشار اکسایشی (۶۲)، به نظر می‌رسد که احتمالاً اثرات مصرف عناب همراه با تمرین بر فشار اکسایشی، وابسته به شدت و مدت تمرین باشد. به عبارتی مکمل‌ها و داروهای گیاهی زمانی می‌توانند اثرات مطلوب و مورد انتظار بر بافت‌های مختلف داشته باشند که در نتیجه اعمال مداخله‌ای، تغییرات یا آسیبی ایجاد شده باشد که مصرف آن‌ها باعث تعدیل یا بهبود آن شود (۶۳). با توجه به این که در تحقیق حاضر تمرین تناوبی و استقامتی نه تنها فشار اکسایشی در بافت بیضه ایجاد نکرد بلکه حتی باعث بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی در بافت بیضه هم شد. بنابراین به نظر می‌رسد که شاید بتوانیم عدم مشاهده تأثیر معنی‌دار مکمل عناب بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی یا عوامل فشار اکسایشی طی تمرینات را به این امر نسبت دهیم که اصولاً در تمرینات حاضر، فشار اکسایشی در بافت بیضه رت‌های نر نابالغ صورت نگرفته و مقدار رادیکال‌های آزاد در حد طبیعی بوده و در نتیجه نیازی به کاهش آن هم وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات تناوبی و استقامتی شدید موجب کاهش فشار اکسایشی و افزایش معنی‌دار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت بیضه شده است. احتمالاً بتوان گفت این دو نوع پروتکل تمرینی در مدت ۴ هفته در بدن به نوعی باعث سازگاری و افزایش کارایی دستگاه آنتی‌اکسیدانی بافت بیضه شده است و فشار اکسایشی مورد انتظار را ایجاد نکرده است. از طرفی با توجه به تفاوت‌هایی که در ماهیت انواع فعالیت‌های ورزشی، میزان آمادگی آزمودنی‌ها، نوع بافت مورد بررسی، مدت و شدت فعالیت همراه با مصرف انواع مکمل‌های

به عدم معنی‌داری آنتی‌اکسیدان‌های دیگر و کاهش CAT در بافت بیضه، به نظر می‌رسد ۴ هفته تمرین فزاینده استقامتی همراه با مصرف عصاره عناب نسبت به گروه دارونما - تمرین استقامتی اثرات منفی بر وضعیت استرس اکسایشی داشته است و احتمالاً اگر مدت زمان تمرین بیشتر بود در سایر شاخص‌ها نیز تغییراتی ایجاد می‌شد.

احتمال دارد دلیل این تناقض‌ها، به تأثیرات تطابقی تمرین هوازی و مصرف عصاره عناب در افزایش مقاومت در برابر استرس اکسیداتیو و کاهش نیاز به آنزیم CAT به منظور دفاع آنتی‌اکسیدانی و فعال شدن دیگر مسیرهای آنتی‌اکسیدانی ارتباط داشته باشد.

به‌طور کلی ترکیبات پلی‌فنول‌ها همچون عناب به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل، توانایی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را دارند و می‌توانند به‌عنوان دهنده الکترون یا هیدروژن عمل نمایند و از این طریق باعث تأخیر در پراکسیداسیون لیپیدی شوند (۵۸). در برخی از تحقیقات با توجه به نوع مداخله‌ای که انجام گرفته، عناب اثرات مطلوبی بر شاخص‌های مورد نظر داشته است. طاعتی و همکارانش تأثیر میوه عناب را بر فشار اکسایشی ناشی از مصرف اتانول در بیضه‌های موش بررسی کرده و گزارش کرده‌اند که عصاره میوه عناب باعث افزایش فعالیت آنزیم گلوکاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز و کاهش مقادیر MDA می‌شود (۲۱) که با پژوهش حاضر ناهمسو است. طول دوره و دوز مصرفی عصاره عناب همچنین نوع مداخله می‌تواند در نتایج تحقیق حاضر نقش داشته باشد. در پژوهشی عصاره هیدرو الکلی عناب همراه با تمرین استقامتی به‌طور هم‌زمان قادر به بهبود تقریباً تمام تغییرات و صدمات ناشی از استروئید آنابولیک بولدون بر روی بافت بیضه بوده است (۳۱). در پژوهشی توسط عباس‌زاده و همکارانش گزارش شده است که بولدون موجب آسیب به ساختار بافت بیضه و تغییرات دژنراتیو می‌شود و احتمالاً مصرف هم‌زمان عناب و تمرین مقاومتی باعث کاهش آسیب‌های بافت بیضه ناشی از تزریق بولدون نسبت به تمرینات استقامتی می‌شود (۲۶). لیانگ و جوآن (۲۰۱۱) هم طی تحقیقات خود با بررسی اثر عصاره عناب بر آسیب اکسیداتیو در بافت قلب موش‌های تمرین کرده به این نتیجه رسیدند که عصاره عناب، سطح پراکسیداسیون چربی قلب را کاهش و باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در قلب شده و عملکرد قلب را بهبود می‌بخشد (۵۹). فنگلینگ و کایلین دریافتند که عناب می‌تواند فعالیت GPX سرم را افزایش دهد و خستگی ورزشی را کاهش دهد (۶۰). افضل‌پور و همکاران دریافتند که احتمالاً مصرف میوه عناب با دوز ۰/۴ گرم بر کیلوگرم وزن بدن از طریق افزایش میزان آنزیم ضد اکسایشی GPX، از تغییرات نامطلوب شاخص‌های فشار اکسایشی پس از فعالیت مقاومتی شدید جلوگیری می‌کند (۶۱). به نظر می‌رسد دلیل ناهم‌سویی نتایج این تحقیقات با پژوهش حاضر را می‌توان به میزان دوز مصرفی

vigorous aerobic training on enzyme activity arylesterase (ARE) and total anti-oxidation capacity (TAC) in healthy sedentary men. J of Research in exercise science. 2005;3(9):105-23. [In Persian]

8. Poblete Aro CE, Russell Guzmán JA, Soto Muñoz ME, Villegas González BEJM. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on the reduction of oxidative stress in type 2 diabetic adult patients: CAT. 2015;15(7): e6212.

9. Ugras AFJS, sports. Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. 2013;28(5):253-9.

10. Manna I, Jana K, Samanta P. Effect of different intensities of swimming exercise on testicular oxidative stress and reproductive dysfunction in mature male albino Wistar rats. 2004.

11. Fanaei H, Azizi Y, Khayat S. A Review: Role of oxidative stress in male infertility %J Journal of Fasa University of Medical Sciences. 2013;3(2):93-103.

12. Saremi A, Changizi Ashtiani S, Shavandi N, Mombeini Ajsb. The Effect of Different Training Intensities On Spermatogenesis And Reproductive Hormones In Obese Rats. 2013;5(17): 81-94. [In Persian]

13. Józków P, Rossato MJAjomsh. The impact of intense exercise on semen quality. 2017;11(3):654-62.

14. Ribeiro AS, Deminice R, Schoenfeld BJ, Tomeleri CM, Padilha CS, Venturini D, et al. Effect of resistance training systems on oxidative stress in older women. 2017;27(5):439-47.

15. Henkel RJA. The impact of oxidants on sperm function. 2005;37(6):205-6.

16. Turner TT, Lysiak JJJJoa. Oxidative stress: a common factor in testicular dysfunction. 2008;29(5):488-98.

17. Buzadzic B, Vucetic M, Jankovic A, Stancic A, Korac A, Korac B, et al. New insights into male (in) fertility: the importance of NO. British journal of pharmacology. 2015;172(6):1455-67.

18. Cooper DM, Nemet D, Galassetti PJCoip. Exercise, stress, and inflammation in the growing

آنتی اکسیدانی برونزا وجود دارد، نمی توان به یک نتیجه گیری قاطع درباره نحوه تأثیرگذاری مصرف مکمل ها همراه با فعالیت های ورزشی دست یافت. لذا این نکته قابل توجه است که جهت بررسی دقیق این موضوع نیاز به مطالعات بیشتر در دوزهای مختلف مکمل غناب همراه با انواع فعالیت های ورزشی است.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

References

1. Maffulli NJBmb. The growing child in sport. 1992;48(3):561-8.

2. 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.

3. Çakir-Atabek H, Demir S ,PinarbaSili RD, Gündüz NJTJoS, Research C. Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. 2010;24(9):2491-7.

4. Gharakhanlou R, Afzalpour ME, Gaeini AA, Rahnema N. Effects of aerobic exercises on the serum paraoxonase arylesterase activity and lipid profile in non-active healthy men. International Journal of Sports Science and Engineering. 2007;1:105-12. [In Persian]

5. MR YA, V DR. 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. Shamsi B, Abedi B, Ramezani S. The effect of eight weeks of resistance training with consumption of Tribulus terrestris extract on antioxidant indices of hippocampal tissue in male rats exposed to stanazol. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022;9(1):48-60. [In Persian]

7. Afzalpour M, Gharakhanlou R, Gaeini A, Mohebbi H, Hedayati M. Effects of moderate and

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. [In Persian]

29. 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): 485-493.

30. 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. [In Persian]

31. 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. [In Persian]

32. 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): 1461-1465.

33. 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.

34. 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.

35. Aebi H. [13] Catalase in vitro. *Methods in enzymology*. 1984;105:121-6.

36. 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.

37. Poblete Aro CE, Russell Guzmán JA, Soto Munoz ME, Villegas Gonzalez BE. Effects of high intensity interval training versus moderate

child: from the bench to the playground. *2004;16(3):286-92.*

19. 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.*

20. Eriksson BO, Gollnick PD, Saltin BJAPS. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11–13 years old. *1973;87(4):485-97.*

21. Taati M, Alirezaei M, Meshkatsadat M, Rasoulzadeh B, Kheradmand A, Neamati S. Antioxidant effects of aqueous fruit extract of *Ziziphus jujuba* on ethanol-induced oxidative stress in the rat testes. *2011. 12(1): 39-45.* [In Persian]

22. 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.*

23. 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.

24. Ebrahimi S, Sadeghi H, Pourmahmoudi A, Askariyan S, Askari SJAd. Protective effect of *Ziziphus Vulgaris* extract, on liver toxicity in laboratory rats. *2011;16(2):172-80.* [In Persian]

25. Rafiei S, Bazayr Y, Edalatmanesh MA. Effect of Gallic Acid and Endurance Exercise Training on BDNF in a Model of Hippocampal Degeneration. *The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam*. 2016;4(1):1-6. [In Persian]

26. Abbaszadeh M, Matinhomae H, Farzanegi P. The Effect of Anabolic Steroid Boldenone, *zizyphus jujube* and training on testicular tissue damage in Wistar rats. *Journal of Neyshabur University of Medical Sciences*. 2019;7(22):144-56. [In Persian]

27. 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.* [In Persian]

28. Rahmani A, Gorzi A, Mohammadi Z. The Effects of Two Models of Training with Different

approach to oxidative stress. *Acta Physiologica Scandinavica*. 2003;178(1):33-40.

46. Maleki BH, Tartibian B, Mooren FC, Nezhad FY, Yaseri M. Saffron supplementation ameliorates oxidative damage to sperm DNA following a 16-week low-to-intensive cycling training in male road cyclists. *Journal of functional foods*. 2016;21:153-66. [In Persian]

47. Safarinejad MR, Azma K, Kolahi AA. The effects of intensive, long-term treadmill running on reproductive hormones, hypothalamus-pituitary-testis axis, and semen quality: a randomized controlled study. *The Journal of endocrinology*. 2009;200(3):259-71. [In Persian]

48. Safarinejad MR, Azma K, Kolahi AA. The effects of intensive, long-term treadmill running on reproductive hormones, hypothalamus-pituitary-testis axis, and semen quality: a randomized controlled study. *Journal of Endocrinology*. 2009;200(3):259. [In Persian]

49. Nirupama M, Devaki M, Nirupama R, Yajurvedi HJJop, biochemistry. Chronic intermittent stress-induced alterations in the spermatogenesis and antioxidant status of the testis are irreversible in albino rat. 2013;69(1):59-68.

50. Mombeyni A, Bahmanzade M, Sarami A, Changizi-Ashtiyani S, Parastesh MJJoAUOMS. The Effect of Increasing Resistance Training on Testicular Oxidative Stress and Quality of Spermatogenesis in Male Rats. 2018;21(4):86-97. [In Persian]

51. Joseph A-M, Nguyen L-D, Welter A, Dominguez J, Behnke B, Adhihetty P. Mitochondrial adaptations evoked with exercise are associated with a reduction in age-induced testicular atrophy in Fischer-344 rats. *Biogerontology*. 2014;15(5):517-34.

52. Gebreegziabher Y, Marcos E, McKinon W, Rogers G. Sperm characteristics of endurance trained cyclists. *International journal of sports medicine*. 2004;25(04):247-51.

53. Hajizadeh Maleki B, Tartibian B, Eghbali M, Asri-Rezaei S. Comparison of seminal oxidants and antioxidants in subjects with different levels of physical fitness. *Andrology*. 2013;1(4):607-14.

intensity continuous training on the reduction of oxidative stress in type 2 diabetic adult patients: CAT. *Medwave*. 2015;15(7):e6212.

38. Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe AM, Barker TA, et al. Sprint interval and endurance training are equally effective in increasing muscle microvascular density and eNOS content in sedentary males. *The Journal of physiology*. 2013;591(3):641-56.

39. Majerczak J, Rychlik B, Grzelak A, Grzmil P, Karasinski J, Pierzchalski P, et al. Effect of 5-week moderate intensity endurance training on the oxidative stress, muscle specific uncoupling protein (UPC3) and superoxide dismutase (SOD2) contents in vastus lateralis of young healthy men. *Journal of physiology and pharmacology*. 2010., 61(6):743-751.

40. 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. 2013., 61: 171-177.

41. Cunningham P, Geary M, Harper R, Pendleton A, Stover S. High Intensity Sprint Training Reduces Lipid Peroxidation In Fast-Twitch Skeletal Muscle. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2005;8(6): 150-158.

42. Chevion S, Moran DS, Heled Y, Shani Y, Regev G, Abbou B, et al. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2003;100(9):5119-23.

43. Arbabian M, Amirzadegan M, Tavalaei M, Nasr-Esfahani M. Oxidative Stress and Its Effects on Male Infertility: A Review Study. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2018;17(3): 253-274. [In Persian]

44. Fanaei H, Azizi Y, Khayat S. A review: role of oxidative stress in male infertility. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*. 2013;2:93-103. [In Persian]

45. Manna I, Jana K, Samanta P. Effect of intensive exercise-induced testicular gametogenic and steroidogenic disorders in mature male Wistar strain rats: a correlative

54. Arbabian M, Amirzadegan M, Tavalaei M, Nasr-Esfahani M. Oxidative Stress and Its Effects on Male Infertility: A Review Study. JRUMS 2018; 17 (3) :253-274. [In Persian]
55. Duarte J, Magalhaes J, Monteiro L, Almeida-Dias A, Soares J, Appell HJIJoSM. Exercise-induced signs of muscle overuse in children. 1999;20(2):103-8.
56. Demirbağ R, Yilmaz R, Güzel S, Çelik H, Koçyigit A, Özcan EJAkdAtAjoc. Effects of treadmill exercise test on oxidative/antioxidative parameters and DNA damage. 2006;6(2):135-40.
57. 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.
58. Shahidi F, Shakeri C, Delfani Z. The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls. Razi Journal of Medical Sciences. 2019;25(11):72-84. [In Persian]
59. Liang S, Juan JJAJoMR. Effect of jujube extract on oxidative injury in heart muscles of exhausted training rats. 2011;5(14):1896-9.
60. Du Fangling LCJJoJIoPE. Effect of Jujube polysaccharide on some biochemical indicators of mouse's blood. 2008:06.
61. Afzalpour ME, Abtahi Eivari H, Rezaeadeh A, Soluki AJTHoMS. Effect of Ziziphus jujuba supplementation before One Session of Acute Resistance Exercise on the Serum Glutathione Peroxidase and Superoxide Dismutase Activity. 2015;21(2):97-104. [In Persian]
62. Taati M, Alirezaei M, Meshkatalasadat M, Rasoulzadeh 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(34):39-45. [In Persian]
63. Afzalpour M, Rezaeadeh A, Abtahi H. Effects of Ziziphus Jujube on Total Antioxidant Capacity and Lipid Peroxidation in Young Women after an Intensive Resistance Exercise Session Journal of Sport in Biomotor Sciences. 2014;11(1):16-26. [In Persian]