Sport. Physiol, 2024, 16 (63): 124-137, DOI: 10.22089/spj.2025.17531.2343

Sport Physiology

Journal hompage: https://spj.ssrc.ac.ir

Original Article

The Effect of Aerobic Training Before Pregnancy and Physical Activity During Pregnancy on Oxidative Stress of Uterine and Ovarian Tissues of Maternal Rats After Childbirth

Nasim Saberi[1], Akram Karimi Asl[2*], Hamidreza Norouzi[2]

1. Master of Sport Physiology, Department of Sports Science, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Sports Science, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

Received: 10/12/2024, Revised: 15/03/2025, Accepted: 16/03/2025

* Corresponding Author: Akram Karimi Asl, E-mail: karimiasl@znu.ac.ir

How to Cite: Saberi, N; Karimi Asl, A; Norouzi, HR. (2024) The effect of aerobic training before pregnancy and physical activity during pregnancy on oxidative stress of uterine and ovarian tissues of maternal rats after childbirth. *Sport Physiology*, 16(63): 124-137. (In Persian).

Extended Abstract

Background and Purpose

Antioxidants play an important role in the functioning of the immune system and prevention of some physiological and pathological processes in the body. Studies show that pregnancy and childbirth can lead to some functional disorders in uterine and ovarian tissue with decreasing the activity of antioxidants, changing the level of estrogen and progesterone, and increasing the oxidative stress. At the same time, research shows that physical activity and exercise can affect the function of antioxidants and the occurrence of oxidative stress. The aim of this study is the effect of aerobic exercise before pregnancy and physical activity during pregnancy on oxidative stress of uterine and ovarian tissues of maternal rats after childbirth.

Materials and Methods

for this study, 48 female rats aged 8 weeks were purchased from Karaj Razi Institute. Then the rats were randomly divided into two groups of 24 rats based on their weight. Each of the female groups was a training group and a control group. After familiarization and division, the female exercise groups did aerobic training on the animal treadmill for 6 weeks. In the present study, a training speed of 18-10 meters per minute, equivalent to 60-70% of VO2max, was used. The female rats of the training group performed aerobic training on a treadmill for 6 weeks and 5 days a week. Before starting the main exercises and for the purpose of familiarization, the rats ran on the treadmill for 10-15 minutes at a speed of 5-8 meters per minute with a zero-degree slope for two consecutive days. 2 days after the familiarization training, the main exercises started and the rats performed activities on the treadmill for 6 weeks. The training protocol started in the first week with a speed of 10 meters per minute for 10 minutes at zero slope and in the fifth week it reached a speed of 17-18 meters per minute for 30 minutes. In order to reach the obtained

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC- ND: No Derivatives) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

adaptations to a uniform state, all training items were kept constant in the final week (sixth week). After the rats became pregnant, the training groups during pregnancy performed physical activity for approximately 21 days, 5 days a week and one round a day. After finishing of pregnancy period and also three weeks after giving birth, uterine and ovaries tissues of rats were removed and analyzed in the laboratory.

Findings

According to the results obtained through Gabriel's post hoc test, there were significant changes in the levels of TAC (P=0.003), GPX (P=0.015) and SOD (P=0.026) in the ovarian tissue of maternal rats in the aerobic exercise before pregnancy group compared with control group and also in the TAC levels of aerobic exercise before pregnancy and physical activity during pregnancy group compared with control group (P=0.008). Also, the results indicated a significant difference in SOD levels between the aerobic exercise before pregnancy group and the physical activity during pregnancy group(P=0.022). In uterine tissue, significant changes in the level of GPX enzyme (P=0.05) were observed in the pre-pregnancy aerobic exercise group compared with control group, as well as a significant difference between the pre-pregnancy aerobic group and the physical activity during pregnancy group (P=0.037).

Conclusion

Results show that aerobic exercise before pregnancy has a significant effect on improving the levels of antioxidants in the ovarian and uterine tissues of maternal rats after delivery. But it does not cause significant changes in the levels of oxidants in these two tissues. Also, physical activity only during pregnancy in mothers without a history of exercise and sufficient physical fitness not only has no positive effect on the oxidant and antioxidant levels of the uterine and ovarian tissue of mothers, but can even cause a decrease in the levels of antioxidants. Therefore, it seems that long-term aerobic exercise has more effects on the adaptation of the oxidative stress system, so that it has led to the improvement of the antioxidant function in the tissue of the uterus and ovary, which can ultimately affect the health and function of these tissues.

Keywords: aerobic exercise, pregnancy, oxidative stress, uterus, ovary, antioxidant

Article Message: According to the findings of the present study, it can be said that moderate-intensity aerobic exercise during pre-pregnancy and continuing physical activity during pregnancy can reduce oxidant markers, improve antioxidant indices, and increase uterine and ovarian tissue adaptation in maternal rats after delivery, which can lead to improved reproductive health and the health of the next generation.

Ethical Considerations: Compliance with ethical guidelines the animal study protocol was approved by the Ethics Committee of University of Zanjan. (ethic code: IR.ZNU.REC.1402.019)

Funding: This study received no funding from public, commercial or nonprofit organizations.

Authors' Contributions: All authors contributed to the design, implementation, and writing of all parts of the present study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement: We thank all those who helped us in this study.

فیزیولوژی ورزشی، پاییز ۱۴۰۳، دوره ۱۶، شماره ۶۳، صص ۱۲۴-۱۳۷. DOI: 10.22089/spj.2025.17531.2343

فیزیولوژی ورزشی
وبگاه نشریه: https://spj.ssrc.ac.ir

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر استرس اکسیداتیو در بافت‌های رحم و تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان

نسیم صابری[۱]، اکرم کریمی اصل*[۲]، حمیدرضا نوروزی[۲]

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

*نویسنده مسئول: اکرم کریمی اصل، ایمیل: akramkarimiasl@gmail.com

نحوه ارجاع‌دهی: صابری، نسیم، کریمی اصل، اکرم و نوروزی، حمیدرضا. (۱۴۰۳). تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر استرس اکسیداتیو در بافت‌های رحم و تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان. فیزیولوژی ورزشی، ۱۶(۶۳): ۱۲۴-۱۳۷.

چکیده

بارداری و زایمان با افزایش استرس‌اکسیداتیو و تغییرات سطح استروژن و پروژسترون و کاهش سطح آنتی‌اکسیدان‌ها به بروز برخی اختلالات در بافت رحم و تخمدان منجر می‌شود. هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر استرس‌اکسیداتیو در بافت‌های رحم و تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان بود. تعداد ۴۸ سر رت ماده هشت‌هفته‌ای به طور تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند و گروه تجربی به مدت شش هفته با ۷۰-۶۰ درصد VO_2max و مدت زمان۳۰ دقیقه به انجام تمرینات هوازی روی تردمیل پرداختند. پس از جفت‌گیری و احراز بارداری از طریق مشاهده اولین پلاک واژینال، رت‌های دو گروه مجدد به دو گروه تمرینی و غیرتمرینی تقسیم شدند و گروه تمرینی به مدت سه هفته با ۴۵-۳۵ درصد VO_2max و مدت زمان ۳۰ دقیقه تمرین هوازی انجام دادند. سه هفته پس از زایمان، نمونه‌برداری برای سنجش شاخص‌های استرس اکسایشی انجام شد. داده ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی گابریل در نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ تحلیل شد. نتایج نشانگر افزایش معنادار سطوح TAC(P=0.003)، GPX (P=0.015) و SOD (P=0.026) بافت تخمدان گروه تمرین هوازی قبل از بارداری و همچنین سطح TAC گروه تمرین هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری در مقایسه با گروه کنترل بود (P=0.008). در بافت رحم نیز افزایش درخورتوجهی در سطح آنزیم GPX گروه تمرین هوازی قبل از بارداری در مقایسه با گروه کنترل (P=0.05) و گروه فعالیت بدنی حین بارداری(P=0.037) مشاهده شد. به نظر می‌رسد، تمرین هوازی قبل از بارداری تأثیر بیشتری بر سازگاری سیستم استرس‌اکسیداتیو دارد و به بهبود عملکرد آنتی‌اکسیدانی بافت رحم و تخمدان منجر می‌شود که درنهایت می‌تواند بر سلامت و بهبود عملکرد این بافت‌ها تأثیر بگذارد.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، بارداری، استرس‌اکسیداتیو، رحم، تخمدان.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC- ND: No Derivatives) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

در دوران بارداری تغییرات آناتومیک، فیزیولوژیک و متابولیک متعددی در بدن مادر رخ می‌دهد که به گفته محققان، این فرایندها از تولید رادیکال‌های آزاد به‌خصوص در نیمه دوم بارداری حمایت می‌کنند (۱)؛ به‌طوری‌که طبق مطالعات، سطوح نشانگرهای پراکسیداسیون مانند هیدروپراکسید لیپید و مالون دی آلدئید در زنان باردار بیشتر از زنان غیرباردار است (۲). رادیکال‌های آزاد در طی روند طبیعی تنفس تولید می‌شوند. رادیکال‌های آزاد در خارجی‌ترین لایه خود دارای الکترون جفت‌نشده و به‌شدت واکنشگر هستند که می‌توانند واکنش‌های زنجیری را با برداشت یک الکترون از مولکول دیگر به‌منظور تکمیل لایه خارجی خود آغاز کنند و با مولکول‌ها و اتم‌های مجاور برای رسیدن به حالت پایدار واکنش دهند (۴، ۳). زمانی که نبود تعادل بین تشکیل رادیکال‌های آزاد و پاسخ سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی رخ دهد، استرس اکسیداتیو اتفاق می‌افتد (۵).

بدن انسان به هر دو نوع اکسیدان و آنتی‌اکسیدان برای متابولیسم نرمال، انتقالات سیگنالی و نظم فعالیت‌های سلولی احتیاج دارد. هنگامی که تعادل بین این دو فاکتور با افزایش مواد اکسیدکننده آزاد به هم می‌خورد، استرس اکسیداتیو رخ می‌دهد و این رویداد بر کل بدن تأثیر می‌گذارد (۶). استرس اکسیداتیو ممکن است با آسیب زدن به اجزای مهم سلولی مانند پروتئین‌ها، DNA و لیپیدهای غشایی باعث مرگ سلولی شود. همچنین استرس‌اکسیداتیو در فرایندهای فیزیولوژیک و پاتولوژیک مانند آسیب DNA، تکثیر، چسبندگی سلول و بقا آن دخالت دارد (۸، ۷).

رحم و تخمدان از نظر متابولیک عضوی فعال هستند که شرایط پاتولوژیک مانند استرس‌اکسیداتیو ممکن است در تغییر ساختار اندومتر رحم و مزانشیم تخمدان نقش مهمی داشته باشد (۱۰، ۹). تحقیقات نشان می‌دهند که استرس‌اکسیداتیو بر سلامت باروری و به‌ویژه در پاتوژنز ناباروری تأثیر می‌گذارد (۱۱). درمقابل آنتی‌اکسیدان‌هایی که اثر منفی رادیکال‌های آزاد را خنثی می‌کنند، تأثیر بسزایی بر باروری زنان و پیشگیری از بیماری‌ها دارند (۱۲). برخی مطالعات گزارش کردند که ورزش منظم و مناسب با شدت کم تا متوسط، عملکرد سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن را افزایش می‌دهد و مقاومت زیادی در بدن برای مقابله با بیماری ایجاد می‌کند (۱۴، ۱۳). از طرفی مطالعات بیان کرده‌اند که تمرینات هوازی منظم ممکن است با کاهش برخی از نشانگرهای اکسیدانی (۱۵) و افزایش سطوح نشانگرهای آنتی‌اکسیدانی، تأثیر مثبت بر کاهش استرس اکسیداتیو داشته باشد (۱۶). با توجه به موارد عنوان‌شده، نقش ورزش در افزایش ترشح استروژن (۱۷)، کاهش اختلالات عملکرد اندوتلیال (۱۸)، و همچنین استفاده روبه‌گسترش ورزش، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر تمرین هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر فاکتورهای استرس اکسیداتیو بافت رحم و تخمدان رت مادر پس از زایمان پرداخت. در این پژوهش، سطوح آنزیم‌های گلوتاتیون‌پراکسیداز[1]، سوپراکسیددیسموتاز[2] و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام[3] به‌عنوان شاخص آنتی‌اکسیدانی و سطح مالون‌دآلدهید[4] به‌عنوان شاخص استرس اکسیداتیو بررسی شده است.

روش پژوهش

این پژوهش به لحاظ روش از نوع نیمه‌تجربی و از نظر طیف پژوهش از نوع بنیادی-کاربردی بود. برای اجرای پژوهش حاضر، ۴۸ سر رت ماده با سن هشت هفته از مؤسسه انستیتو پاستور کرج خریداری شدند. همه حیوانات در قفس‌های پلی‌کربنات چرخه نور(۱۲:۰۰)/ تاریکی (۱۲:۰۰)، در دمای حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ ± ۴۰ درصد نگهداری

1. Glutathione Peroxidase
2. Superoxide Dismutase
3. Total Antioxidant Capacity
4. Malondialdehyde

شدند. در تمام مدت انجام پژوهش، نمونه‌ها دسترسی آزادانه به آب و غذا داشتند. ابتدا یک هفته آشناسازی رت‌ها با نحوه انجام فعالیت روی دستگاه تردمیل صورت گرفت (۵-۱۰ دقیقه با سرعت ۵-۸ متر بر دقیقه و پنج روز در هفته). سپس رت‌ها به صورت تصادفی به دو گروه ۲۴تایی تمرین هوازی و بدون تمرین تقسیم شدند. رت‌های گروه تمرین هوازی به مدت ۶ هفته و ۵ روز در هفته روی تردمیل حیوانی به تمرین هوازی فزاینده پرداختند. در ابتدای هر جلسه رت‌ها به مدت ۳ دقیقه با سرعت ۸ متر بر دقیقه به منظور گرم کردن، و در انتهای هر جلسه نیز به مدت ۱ دقیقه و با سرعت ۸ متر بر دقیقه به منظور سرد کردن روی تردمیل دویدند. پروتکل تمرینی در هفته اول با سرعت ۱۰ متر بر دقیقه (معادل ۷۰-۶۰ درصد VO2max) به مدت ۱۰ دقیقه در شیب صفر درجه اجرا شد. در هفته‌های بعد، سرعت و مدت زمان دویدن روی تردمیل افزایش یافت و به سرعت ۱۸-۱۷متر بر دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه رسید (جدول ۱). برای رسیدن به سازگاری‌های به‌دست‌آمده به حالت یکنواخت، تمامی متغیرهای تمرینی در هفتهٔ پایانی (هفتهٔ ششم) ثابت نگه داشته شدند (۲۰، ۱۹). سپس رت‌های هر دو گروه برای جفت‌گیری در کنار رت‌های نر که همه در شرایط یکسان و به دور از عوامل مداخله‌گر نگهداری شده بودند، یک به یک در قفسه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند.

جدول ۱- پروتکل برنامه تمرینی هوازی فزاینده

Table 1-Incremental aerobic training program protocol

	هفته اول 1st week	هفته دوم 2nd week	هفته سوم 3rd week	هفته چهارم 4th week	هفته پنجم 5th week	هفته ششم 6th week
مدت تمرین (min) Training duration	10	20	20	30	30	30
سرعت تردمیل (m/min) Treadmill speed	10	10	14-15	14-15	17-18	17-18

روز مشاهده پلاک واژینالی به‌عنوان روز اول بارداری در نظر گرفته شد. بلافاصله رت‌های باردار از رت‌های نر جدا شده و رت‌های هر دو گروه مجدد به دو گروه فعالیت هوازی و بی‌تمرین تقسیم شده و گروه‌های تمرینی وارد پروتکل فعالیت هوازی به مدت حدود ۲۱ روز شدند. برنامه فعالیت هوازی حین بارداری، روی تردمیل با شیب صفر درجه و شدت فعالیت متوسط (۳۵-۴۵ درصد VO_{2max}) به مدت تقریبی ۲۱ روز، ۵ روز در هفته و روزانه یک جلسه اجرا شد (۲۱). پروتکل اصلی تمرین هفته اول با سرعت ۱۰ متر بر دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه شروع شد و در هفته سوم به ۱۲ متر بر دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه رسید (جدول ۲). در تمام دوران تمرین سعی بر این بود که هیچ استرسی به رت‌های باردار وارد نشود و حیوانات تنها از طریق تحریک دم تشویق به دویدن شدند. رت‌های گروه بی‌تمرین هم مشابه گروه فعالیت هوازی، در طول مدت بارداری هر هفته ۵ جلسه روی تردمیل خاموش در ساعت‌های مشخص قرار گرفتنئ تا در شرایط مشابه گروه تمرینی قرار گیرند و اثر متغیرهای مداخله‌گر محیطی کاهش یابد. در انتها با توجه به شرایط ظاهری، رت‌ها دو روز قبل از زایمان از پروتکل خارج شدند تا آماده زایمان شوند.

۲۱ روز پس از زایمان، رت‌های مادر برای تهیه نمونه بافتی، با استفاده از اتر بی‌هوش شدند و بافت رحم و تخمدان پس از ایجاد برش در ناحیه شکمی در شرایط استریل جدا شد. بافت مدنظر پس از شستشو با سرم فیزیولوژیک بلافاصله در نیتروژن مایع (دمای ۱۸۰– درجه) منجمد شد. سپس برای اجرای کارهای آزمایشگاهی در یخچال با دمای ۸۰ – نگهداری شد (۲۲). در زمان آنالیز آزمایشگاهی، بافت‌های رحم و تخمدان رت‌ها، قطعه‌قطعه و در یک لوله ریخته شد. سپس به

میزان ۱۰ میلی‌لیتر به آن بافر هموژنیزاسیو بافر فسفات (PH=7.2) اضافه شد و با استفاده از هموژنایزر(۴ دقیقه در دور10000 rpm) هموژنیزه شد. سوسپانسیون حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دور 4500 rpm سانتریفیوژ یخچال‌دار سانتریفیوژ شد تا مواد زائد رسوب کند و محلول هموژن خالص برای اندازه‌گیری SOD، GPX، MDA و TAC استفاده شود.

جدول ۲- پروتکل فعالیت هوازی در زمان بارداری

Table2- Protocol of aerobic activity during pregnancy

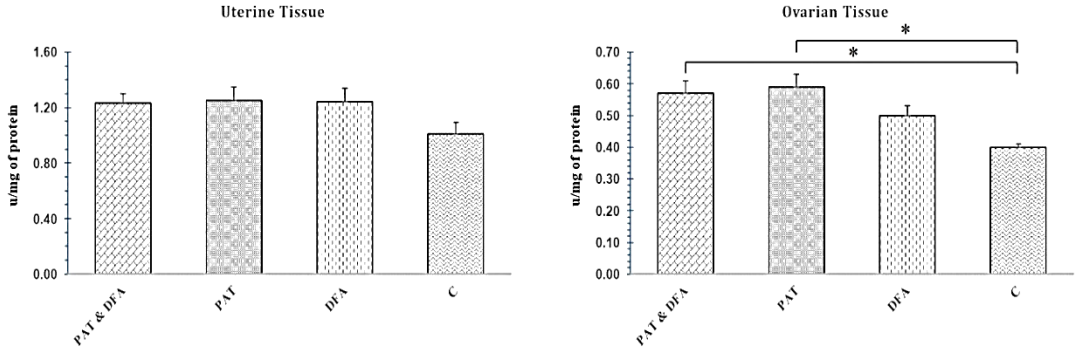
هفته سوم 3rd week	هفته دوم 2nd week	هفته اول 1st week	
30	20	10	مدت تمرین (min)Training duration
12	11	10	سرعت تردمیل (m/min) Treadmill speed

اساس روش اندازه‌گیری MDA بافتی با استفاده از کیت RANSOD (Randox Laboratories Ltd, Crumlin, UK) بر پایه واکنش با تیوباربیتوریک اسید (TBA)، استخراج با بوتانول نرمال، اندازه‌گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد است (۲۳). فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز با استفاده از کیت RANSOD انجام شد. فعالیت آنزیم SOD در طول‌موج تجزیه پراکسید ۵۰۵ نانومتر از طریق طیف‌سنجی محلول رویی تهیه‌شده از هموژن بافت رحم و تخمدان اندازه‌گیری شد (۲۴). نحوه اندازه‌گیری فعالیت آنزیم GPX به این شکل بود که در ابتدا گلوتاتیون احیا توسط گلوتاتیون پراکسیداز اکسید می‌شود. در مرحله بعد، گلوتاتیون اکسیدشده در حضور گلوتاتیون ردوکتاز و NADPHبه گلوتاتیون احیا تبدیل می‌شود. کاهش جذب به علت تبدیل NADPH به +NADP با غلظت GPX متناسب است (۲۵). فعالیت آنزیم CAT با روش هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر محاسبه شد (۲۶). نتایج فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز برحسب واحد بر میلی‌گرم پروتئین(u/mg of protein) گزارش شد. فعالیت TAC به روش اسپکتروفتومتری‌میلر و در طول موج ۶۰۰ نانومتر در دستگاه Alcyon 300 انجام شد (۲۷).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شد. برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. با توجه به طبیعی بودن داده‌ها، برای مقایسه متغیرهای مدنظر بین گروه‌های مطالعه‌شده از آزمون آنوای یک‌طرفه و در صورت معناداری آزمون، برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها، با توجه به مساوی نبودن تعداد آزمودنی‌های گروه‌ها، از آزمون تعقیبی گابریل استفاده شد. تمامی آزمون‌ها در سطح معناداری $\alpha=0.05$ اجرا شد.

نتایج

TAC بافت رحم و تخمدان: نتایج آزمون آنوا نشان داد، تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری به طور معناداری بر سطوح TAC بافت تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان تأثیرگذار بود ($F_{3,24}=6.842$, $P=0.002$, $\eta^2=0.679$). مقایسه دو به دوی گروه‌ها با آزمون گابریل، نشانگر اختلاف معنادار بین گروه تمرین هوازی قبل بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری با گروه کنترل ($P=0.008$) و همچنین گروه تمرین هوازی قبل بارداری با گروه کنترل ($P=0.003$) بود، اما بین سایر گروه‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد. در بافت رحم نیز تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر سطوح TAC رت‌های مادر پس از زایمان معنادار نبود ($F_{3,24}=1.859$, $P=0.164$, $\eta^2=0.434$) (شکل ۱).

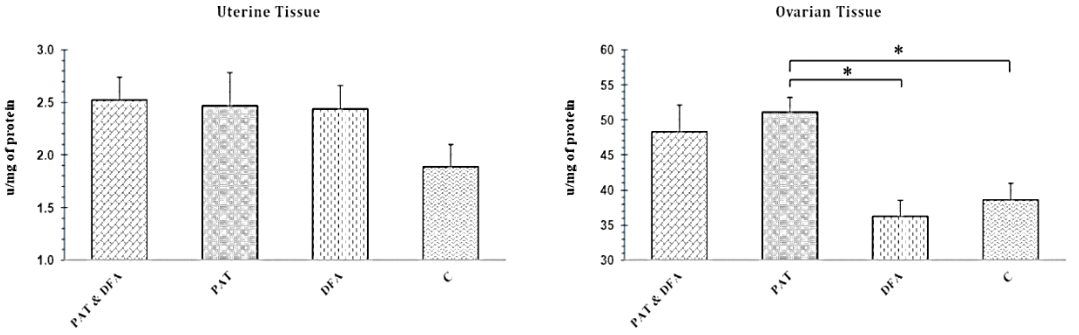


شکل ۱- سطوح TAC در بافت های رحم و تخمدان گروه‌های چهارگانه

PAT: تمرین هوازی قبل بارداری؛ **DFA:** فعالیت بدنی حین بارداری؛ **C:** کنترل؛ *: تفاوت معنی دار

Figure 1- TAC levels in uterine and ovarian tissues of the four groups
PAT: Prepregnancy Aerobic Training, DFA: During pregnancy Physical Activity, C: Control, *:Significant difference

SOD بافت رحم و تخمدان: نتایج آزمون آنوا نشان داد، تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری به طور معناداری بر سطوح SOD بافت تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان تأثیرگذار بود ($F_{3,24}$=5.534, P=0.005, η^2=0.639). مقایسه دو به دوی گروه‌ها با آزمون گابریل نشانگر اختلاف معنادار بین گروه تمرین هوازی قبل بارداری با گروه فعالیت بدنی حین بارداری (P=0.022) و همچنین گروه تمرین هوازی قبل بارداری با گروه کنترل (P=0.026) بود، اما بین سایر گروه‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد. در بافت رحم نیز تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر سطوح SOD رت‌های مادر پس از زایمان معنادار نبود ($F_{3,24}$=1.649, P=0.206, ŋ2=0.413) (شکل ۲).



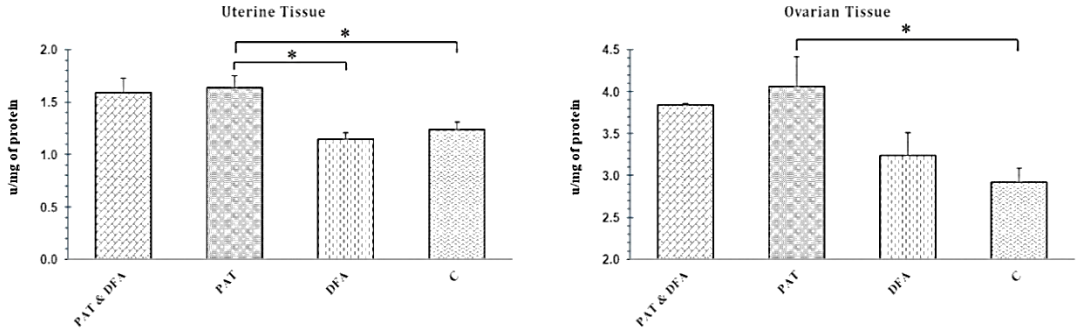
شکل ۲- سطوح SOD در بافت های رحم و تخمدان گروه‌های چهارگانه

PAT: تمرین هوازی قبل بارداری؛ **DFA:** فعالیت بدنی حین بارداری؛ **C:** کنترل؛ *: تفاوت معنادار

Figure 1- SOD levels in uterine and ovarian tissues of the four groups
PAT: Prepregnancy Aerobic Training, DFA: During pregnancy Physical Activity, C: Control, *:Significant difference

GPX بافت رحم و تخمدان: نتایج آزمون آنوا نشان داد، تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری به طور معناداری بر سطوح GPX بافت تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان تأثیرگذار است ($F_{3,24}$=4.694, P=0.010, η^2=0.603). مقایسه دو به دوی گروه‌ها با آزمون گابریل نشانگر اختلاف معنادار بین گروه تمرین هوازی قبل از بارداری

با گروه کنترل بود (P=0.015)، اما اختلاف بین سایر گروه‌ها معنادار نبود. تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر سطوح GPX بافت رحم رت‌های مادر پس از زایمان نیز معنادار بود ($F_{3,24}$=4.941, P=0.008, η^2=0.618). در مقایسه دو به دوی گروه‌ها با آزمون گابریل اختلاف معناداری بین گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با گروه کنترل (P=0.005) و همچنین گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با گروه فعالیت بدنی حین بارداری (P=0.037) مشاهده شد؛ درحالی‌که اختلاف بین سایر گروه‌ها معنادار نبود (شکل ۳).

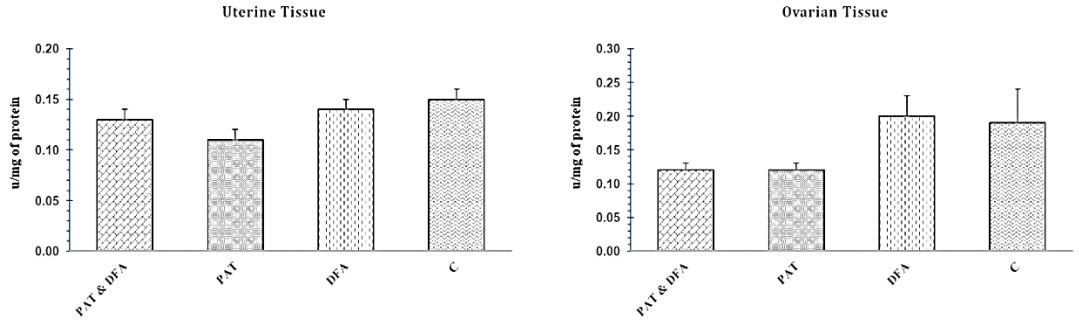


شکل ۳- سطوح GPX در بافت‌های رحم و تخمدان گروه‌های چهارگانه

PAT: تمرین هوازی قبل بارداری؛ **DFA:** فعالیت بدنی حین بارداری؛ **C:** کنترل؛ *: تفاوت معنادار

Figure 1- GPX levels in uterine and ovarian tissues of the four groups
PAT: Prepregnancy Aerobic Training, DFA: During pregnancy Physical Activity, C: Control, *: Significant difference

MDA بافت رحم و تخمدان: نتایج آزمون آنوا نشان داد، تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر سطوح MDA بافت تخمدان ($F_{3,24}$=2.535, P=0.081, η^2=0.491) و بافت رحم ($F_{3,24}$=2.272, P=0.106, η^2=0.47) رت‌های مادر پس از زایمان، تأثیر معناداری ندارد (شکل ۴).



شکل ۴- سطوح MDA در بافت‌های رحم و تخمدان گروه‌های چهارگانه

PAT: تمرین هوازی قبل بارداری؛ **DFA:** فعالیت بدنی حین بارداری؛ **C:** کنترل

Figure 1- MDA levels in uterine and ovarian tissues of the four groups
PAT: Prepregnancy Aerobic Training, DFA: During pregnancy Physical Activity, C: Control

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، اندازه‌گیری سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و فاکتورهای اکسایشی به دنبال تمرین هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری، در بافت رحم و تخمدان رت‌های مادر پس از زایمان بود. براساس نتایج پژوهش حاضر، بیشترین میزان TAC بافت تخمدان در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با میانگین ۰/۵۹ و کمترین میزان TAC بافت تخمدان در گروه کنترل با میانگین ۰/۴۰ بود، که نشان‌دهنده بهبود وضعیت سیستم آنتی‌اکسیدانی بافت تخمدان بعد از یک دوره تمرین هوازی قبل از بارداری و انجام فعالیت بدنی حین بارداری در رت‌های مادر است. در مقایسه سطوح TAC بافت رحم بعد از اعمال تمرین نیز شاهد افزایش سطح این فاکتور در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری بودیم، اما با وجود معنادار نبودن اختلاف میانگین‌های حاصل از این پژوهش در بافت رحم، سطح TAC بعد از یک دوره تمرین هوازی قبل از بارداری روند افزایشی داشت که همسو با نتایج برخی مطالعات پیشین است؛ ازجمله مطالعات یویی و همکاران که بیان کردند تمرینات هوازی منظم ممکن است با کاهش برخی از نشانگرهای اکسیدانی و افزایش سطوح نشانگرهای آنتی‌اکسیدانی، تأثیر مثبت بر سیستم اکسایشی بدن داشته باشد (۱۲). همچنین نتایج این پژوهش با مطالعات پینتو سوارز و همکاران همسوست که پس از ۱۶ هفته تمرینات ترکیبی، افزایش سطح ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب اکسایشی را در مردان سالم مشاهده کردند (۲۸). TAC شاخص مناسبی برای بیان پاسخ کلی سیستم آنتی‌اکسیدانی به شرایط اکسیداتیو در بدن است. فعالیت ورزشی منظم با افزایش اکسیژن مصرفی تا ۱۰ برابر حالت استراحت و فعال‌کردن هورمون‌های کاتکولامینی، مسیرهای پیام‌رسانی مهم ازجمله میتوژن محرک پروتئین کیناز را فعال می‌کند که منجر به رونویسی عوامل مختلف ضداکسایشی شده و باعث بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی پلاسما می‌شود (۲۹). این نتایج می‌تواند به علت بهبود ناشی از سیستم آنتی‌اکسیدانی یا کاهش تولید رادیکال‌های آزاد باشد که به یک نوع سازگاری سلولی منجر شده که باعث تغییر نکردم ظرفیت آنتی اکسیدانی تام می‌شود (۳۰). این موضوع می‌تواند معنادار نشدن تغییرات TAC در بافت رحم را نیز تبیین کند.

دررابطه با آنزیم SOD، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ورزش هوازی قبل از بارداری تأثیر مثبت و معناداری بر میزانSOD بافت تخمدان در مقایسه با گروه کنترل داشت. طبق نتایج، بیشترین میزان SOD در گروه تمرین هوازی قبل بارداری با میانگین ۵۱/۰۹ بود و کمترین میزان این آنزیم در گروه فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین۳۶/۲۶ مشاهده شد، اما نتایج حاصل از این تحقیق تأثیر معناداری را در سطوح فاکتور SOD در بافت رحم گروه‌های مختلف آزمایش‌شده نشان نداد. در اندازه‌گیری سطح آنزیم SOD در بافت رحم، بیشترین میانگین در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین ۲/۵۲ و کمترین میانگین در گروه کنترل با میانگین ۱/۸۹ بود که با وجود معنادار نبودن اختلاف میانگین‌ها، شاهد افزایش سطح این آنزیم در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری در مقایسه با سایر گروه‌های پژوهش بودیم. به‌طورکلی، درمورد SOD که در تحقیق حاضر شاهد افزایش معنادار آن در بافت تخمدان بودیم، نتایج متناقضی در پژوهش‌های قبلی ارائه شده است. برخی مطالعات افزایش معنادار در میزان فعالیت آن را پس از تمرینات کوتاه‌مدت یک‌جلسه‌ای (۳۱) و تمرینات هوازی بلندمدت (۳۲) گزارش کردند. برخی مطالعات تغییر معنادار نکردن (۳۳) و برخی پژوهش‌ها کاهش مقادیر سوپراکسید دیسموتاز را نشان دادند. به نظر می‌رسد در این پژوهش، افزایش سطح آنزیم سوپراکسید دیسموتاز می‌تواند نشان‌دهنده پاسخ جبرانی بدن به شرایط اکسیداتیو باشد. همچنین تغییرات مثبت سطوح این آنزیم بر اثر تمرینات هوازی ممکن است به دلیل بهبود عملکرد میتوکندری‌ها در مقابله با نشت رادیکال سوپراکسید از چرخه انتقال الکترون در سلول باشد. همچنین در رابطه با نتیجه داده‌ها در بافت تخمدان گروه فعالیت بدنی حین بارداری، باید گفت که طبق مطالعات پیشین در زنان باردار علاوه‌بر ایجاد استرس

اکسیداتیو، دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن نیز دچار اختلال می‌شود. ازآنجاکه آنزیم سوپراکسید دیسموتاز یکی از اولین سدهای دفاعی بدن در مقابل استرس اکسیداتیو است، می‌توان انتظار داشت که فعالیت این آنزیم بیش از سایر آنزیم‌ها دچار اختلال شود (۳۴). این کاهش در سطح SOD در گروه فعالیت بدنی حین بارداری می‌تواند به دلیل آمادگی جسمانی نداشتن مادران باردار بی‌تمرین برای تغییرات حاصل از ورزش در بدنشان در دوره بارداری یا به دلیل کوتاه بودن زمان ورزش باشد که توانایی خنثی‌سازی اثر افزایشی بارداری بر اکسیدان‌های بافت‌های مادران را نداشته است. همان‌طورکه اکودان و همکاران بیان کردند، افرادی که به طور منظم ورزش نمی‌کنند و به آن عادت ندارند، به دلیل نداشتن آمادگی بدنی در مقابله با رادیکال‌های آزاد، ورزش شدید می‌تواند موجب آسیب بیشتری به بافت‌های درگیر تمرین، در آن‌ها شود (۳۵).

درباره آنزیم GPX نتایج حاصل پژوهش حاضر نشان داد، تمرین هوازی قبل از بارداری نقش مثبتی در سطح آنزیم GPX بافت رحم و تخمدان رت‌های مادر دارد؛ به‌طوری‌که در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری افزایش معناداری در سطح آنزیم GPX هردو بافت رحم و تخمدان رت‌ها در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. در بافت تخمدان تمرین هوازی قبل از بارداری با میانگین۴/۰۶، بیشترین و گروه کنترل با میانگین ۲/۹۲، کمترین میزان GPX را نشان داد. همچنین در بافت رحم بین گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با گروه فعالیت بدنی حین بارداری اختلاف معناداری مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در این بافت بیشترین میانگین مربوط به گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با میانگین۱/۶۳ و کمترین میانگین این آنزیم در گروه فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین ۱/۱۵ بود. این نتایج با مطالعه محمدی و همکاران همسوست که در پژوهش خود نشان دادند، گلوتاتیون پراکسیداز پس از هشت هفته تمرین استقامتی فزاینده در موش‌های نر ویستار، افزایش معناداری پیدا کرد (۳۶). در مطالعه نقی‌زاده و همکاران نیز نتایج نشان داد که مقادیر گلوتاتیون پراکسیداز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام شناگران مرد در مقایسه با مردان غیرورزشکار، به طور معناداری بیشتر بود (۳۷). در پژوهش رمی و همکاران نیز پس از اجرای یک دوره تمرین استقامتی افزایش معناداری در میزان میانگین غلظت آنتی‌اکسیدان‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در گروه‌های تمرینی گزارش شد (۳۸). درمقابل گو و همکاران نشان دادند، پس از هشت هفته تمرین تناوبی شدید، تفاوت معناداری در سطوح GPX موش‌های نر ایجاد نشد (۳۹). علت این ناهمسویی درنتایج می‌تواند تفاوت در نوع و مدت زمان تمرین باشد.

درباره افزایش GPX به دنبال ورزش هوازی می‌توان گفت، این آنزیم به مقدار ROS بسیار حساس است؛ بنابراین به نظر می‌رسد بتواند بهترین سازگاری را با استرس اکسیداتیو داشته باشد. با توجه به اینکه فعالیت‌های ورزشی موجب افزایش اکسیژن مصرفی تا ۱۰ برابر حالت استراحت در عضلات فعال می‌شوند، هنگام فعالیت ورزشی، اکسیژن بیشتری به رادیکال‌های آزاد تبدیل می‌شود؛ درنتیجه مقادیر سلولی، گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد (۴۰)؛ این امر سازگاری-هایی را به وجود می آورد که مقدار و عملکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ازجمله آنزیم‌های میتوکندریایی GPX و SOD را افزایش می‌دهد (۴۱).

درباره MDA نتایج حاصل این پژوهش تأثیر معناداری را در بافت رحم و تخمدان بین گروه‌های مختلف پژوهش نشان نداد. در پژوهش حاضر، بیشترین میزان MDA در بافت تخمدان در گروه فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین ۰/۲۰۳ و کمترین میزان آن در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین ۰/۱۱۸ بود. با وجود معنادار نبودن اختلاف میانگین‌ها، شاهد کاهش میزان این آنزیم در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بودیم که نشان‌دهنده کاهش نسبی فشار اکسایشی بافت تخمدان در این گروه بود. در بافت رحم، بیشترین میزان MDA در گروه کنترل با میانگین ۰/۱۵۵ و کمترین میزان آن در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری با

میانگین۰/۱۱۲ بود، که با وجود معناداری نبودن تغییرات، کاهش این فاکتور در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری مشاهده شد. مالون‌دی‌آلدهید از پراکسیداسیون لیپیدها تولید می‌شود و میزان تولید آن با شکست و تفکیک اسیدهای چرب غیراشباع همراه است؛ ازاین‌رو اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید نشانگر و شاخص مناسبی برای پراکسیداسیون لیپیدها است. در بررسی پژوهش‌های انجام‌شده درباره تأثیر تمرینات هوازی بر میزان MDA برخی افـزایش (۴۳، ۴۲) و برخی کـاهش میزان آن را (۴۵، ۴۴) گزارش کردند؛ برای مثال می‌توان به مطالعه فتاحی و همکاران اشاره کرد که تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید بر MDA و GPX میوکاردی موش‌های نر سالمند را بررسی کردند . آن‌ها گزارش کردند که میزان MDA در گروه تمرین در مقایسه با گروه کنترل تغییر معناداری پیدا نکرد (۴۶). همچنین بلومر و همکاران پس از بررسی میزان MDA روی مردان ورزشکار اعلام کردند که هیچ تغییری در غلظت مالون‌دی‌آلدهید متعاقب ۳۰ دقیقه فعالیت دوچرخه‌سواری با شدت ۷۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه مشاهده نشد (۴۷). درمقابل در مطالعه چویی و همکاران، کاهش میزان MDA پس از چهار هفته تمرین شدید تردمیل گزارش شد (۴۸). همچنین کاراندیش و همکاران، کاهش شاخص MDA را بعد از یک جلسه ورزش هوازی در زنان دانشجو نشان دادند (۴۹). به‌طورکلی، علت این مغایرت در یافته‌ها را می‌توان ناشی از عوامل تأثیرگذار و مداخله‌هایی مانند تفاوت در شدت، مدت، پروتکل ورزشی استفاده‌شده، سن، جنس و سطح آمادگی آزمودنی‌ها و نوع بافت دانست (۵۰).

در این راستا، در مطالعات حیوانی پیشین این موضوع مشخص شد که اجرای حداقل هشت هفته تمرین هوازی برای تنظیم کاهشی مقادیر مالون‌دی‌آلدئید و حداقل شش هفته تمرین برای تنظیم افزایشی در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها موردنیاز است و این تغییر با توجه به نوع بافت متفاوت است. همچنین می‌توان گفت، با توجه به شدت، بار و تکرار تمرین می‌تواند در این مدت زمان فرض‌شده طولانی‌تر نیز باشد (۵۱). نکته اصلی که باید به آن اشاره کرد، این است که در پژوهش حاضر آزمودنی‌ها رت‌های ماده‌ای بودند که طی دوره پژوهش یک دوره بارداری و زایمان را سپری کردند و بارداری به‌عنوان یک عامل مداخله‌گر منجر به نتایج متفاوت این پژوهش با سایر پژوهش‌های پیشین شد؛ مبنی بر اینکه به‌رغم کاهش میزان آنزیم MDA در بافت رحم و تخمدان رت‌های مادر گروه‌های تمرینی، این تغییرات معنادار نبود.

پیام مقاله

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت که تمرینات هوازی با شدت متوسط در دوران قبل از بارداری و ادامه دادن فعالیت بدنی در دوران بارداری، می‌تواند باعث کاهش نشانگرهای اکسیدانی، بهبود نسبی شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش سازگاری بافت رحم و تخمدان در رت‌های مادر بعد از زایمان شود؛ درنتیجه ممکن است بهبود سلامت باروری و سلامت نسل بعد را به همراه داشته باشد.

ملاحظات اخلاقی

همه آزمایش‌ها براساس اصول نگهداری و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی و مطابق با قوانین کمیته اخلاقی دانشگاه زنجان به شماره IR.ZNU.REC.1402.019 انجام شد.

منابع

1. Duhig K, Chappell LC, Shennan AH. Oxidative stress in pregnancy and reproduction. Obstetric Medicine. 2016;9(3):113-6.
2. Luo ZC, Fraser WD, Julien P, Deal CL, Audibert F, Smith GN, et al. Tracing the origins of “fetal origins” of adult diseases: programming by oxidative stress? Medical Hypotheses, 2006;66(1):38-44.
3. Aghadavod E, Nasri H. What are the molecular mechanisms of oxidant and antioxidant compounds? Annals of Research in Antioxidants. 2016;1(1):e10.

4. Poljsak B, Šuput D, Milisav I. Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2013;2013:1-11.
5. Nocella C, Cammisotto V, Fianchini L, D'Amico A, Novo M, Castellani V, et al. Extra virgin olive oil and cardiovascular diseases: benefits for human health. Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets. 2018;18(1):4-13.
6. Michailidis Y, Karagounis LG, Terzis G, Jamurtas Az, Spengos K, Tsoukas D, et al. Thiol-based antioxidant supplementation alters human skeletal muscle signaling and attenuates its inflammatory response and recovery after intense eccentric exercise. The American Journal of Clinical Nutrition. 2013;98(1):233-45.
7. Ono H, Sakamoto A, Sakura N. Plasma total glutathione concentrations in healthy pediatric and adult subjects. Clinica Chimica Acta. 2001;312(1-2):227-9.
8. Harman D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. Science of Aging Knowledge Environment. 2002;2002(37)cp14.
9. Abuelghar WM, Elkady OS, Khamees AA. Clomiphene citrate alone, in combination with metformin or in combination with pioglitazone as first line therapy in induction of ovulation in infertile women with polycystic ovary syndrome, a randomized controlled trial. Middle East Fertility Society Journal. 2013;18(3):135-41.
10. Johnson DA. Gastroenterologic issues in the obese patient. In: An issue of gastroenterology clinics. Edinburge: Elsevier Health Sciences; 2010, pp. 1-7.
11. Agarwal A, Gupta S, Sharma RK. Role of oxidative stress in female reproduction. Reproductive Biology and Endocrinology. 2005;3:1-21.
12. Barik G, Chaturvedula L, Bobby Z. Role of oxidative stress and antioxidants in male infertility: An interventional study. Journal of Human Reproductive Sciences. 2019;12(3):204-9.
13. Shephard RJ, Verde TJ, Thomas SG, Shek P. Physical activity and the immune system. Canadian Journal of Sport Sciences= Journal Canadien des Sciences du Sport. 1991;16(3):169-85.
14. Dos Santos Cunha WD, Giampietro MV, De Souza DF, Vaisberg M, Seelaender MC, Rosa LF. Exercise restores immune cell function in energy-restricted rats. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2004;36(12):2059-64.
15. Padilha CS, Ribeiro AS, Fleck SJ, Nascimento MA, Pina FL, Okino AM, Venturini D, Barbosa DS, Mayhew JL, Cyrino ES. Effect of resistance training with different frequencies and detraining on muscular strength and oxidative stress biomarkers in older women. Age. 2015;37:1-9.
16. Ye Y, Lin H, Wan M, Qiu P, Xia R, He J, et al. The effects of aerobic exercise on oxidative stress in older adults: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in Physiology. 2021;12:701151.
17. Ketabipoor SM, Koushkie Jahromi M. Effect of aerobic exercise in water on serum estrogen and C-Reactive protein and body mass index level in obese and normal weight postmenopausal women. Women's Health Bulletin. 2015;2(3):1-6.
18. Jarrete AP, Novais IP, Nunes HA, Puga GM, Delbin MA, Zanesco A. Influence of aerobic exercise training on cardiovascular and endocrine-inflammatory biomarkers in hypertensive postmenopausal women. Journal of Clinical & Translational Endocrinology. 2014;1(3):108-14.
19. Chae CH, Jung SL, An SH, Jung CK, Nam SN, Kim HT. Treadmill exercise suppresses muscle cell apoptosis by increasing nerve growth factor levels and stimulating p-phosphatidylinositol 3-kinase activation in the soleus of diabetic rats. Journal of Physiology and Biochemistry. 2011;67:235-41.
20. Chae CH, et al. Treadmill exercise improves cognitive function and facilitates nerve growth factor signaling by activating mitogen-activated protein kinase/extracellular signal-regulated kinase1/2 in the streptozotocin-induced diabetic rat hippocampus. Neuroscience. 2013;231:445.
21. Høydal MA, Wisløff U, Kemi OJ, Ellingsen Ø. Running speed and maximal oxygen uptake in rats and mice: practical implications for exercise training. European Journal of Preventive Cardiology. 2007;14(6):753-60.
22. Ezmerli NM. Exercise in pregnancy. Primary Care Update for Ob/Gyns. 2000;7(6):260-5.
23. 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.
24. 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

25. 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.
26. Aebi H. Catalase in vitro. In: Methods in enzymology. Vol. 105. Cambridge: Academic Press; 1984, pp. 121-6.
27. 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.
28. Soares JP, Silva AM, Oliveira MM, Peixoto F, Gaivão I, Mota MP. Effects of combined physical exe rcise training on DNA damage and repair capacity: role of oxidative stress changes. Age. 2015;37:1-2
29. Parise G, Phillips SM, Kaczor JJ, Tarnopolsky MA. Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults. Free Radical Biology and Medicine. 2005;39(2):289-95.
30. Aksoy Y, Yapanoğlu T, Aksoy H, Demircan B, Öztaşan N, Canakci E, Malkoc I. Effects of endurance training on antioxidant defense mechanisms and lipid peroxidation in testis of rats. Archives of Andrology. 2006;52(4):319-23.
31. Kadkhodaei Khalafi M, Dabidi Roshan V, Beyranvand MR. Response of the cardiovascular physiological and functional markers following the short term taurine supplementation and burce protocol in patients with cardiac heart failure. Razi Journal of Medical Sciences. 2011;18(84):28-37.
32. Liberali R, Wilhelm Filho D, Petroski EL. Aerobic and anaerobic training sessions promote antioxidant changes in young male soccer players. MedicalExpress. 2016;3:M160107.
33. Ugras AF. Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. Science & Sports. 2013;28(5):253-9.
34. Farida S. Influence de l'environnement (exercice et nutrition) durant la gestation sur l'état de stress oxydant et le métabolisme du glucose de la descendance (Master's thesis). Universitas Indonesia, 2016
35. Okudan N, Belviranli M, Torlak S. Coenzyme Q10 does not prevent exercise-induced muscle damage and oxidative stress in sedentary men. J Sports Med Phys Fitness. 2018;58(6):889-894.
36. Mohammadi E, Nikseresht F. Effect of 8 Weeks of Incremental Endurance Training on Antioxidant Enzymes and Total Antioxidant Status of Cardiac Tissue in Experimental Diabetic Rats. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2020;28(3):2490-2501.
37. Naghizadeh H, Afzalpour ME, Zarban A. The comparison of antioxidant status and lipid profile of karate athletes with non-athletes. Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2009;16(3):54-61.
38. Rami M, Habibi A, Khajehlandi M. The effect of moderate intensity exercise on the activity of catalase enzyme and malondialdehyde in hippocampus area of diabetic male Wistar rats. Feyz Medical Sciences Journal. 2018;22(6):555-63.
39. Guo S, Huang Y, Zhang Y, Huang H, Hong S, Liu T. Impacts of exercise interventions on different diseases and organ functions in mice. Journal of Sport and Health Science. 2020 Jan 1;9(1):53-73.
40. Peeri M, Azarbayjani M, Akbarpour M, Ebrahimi M. The effect of aerobic training on the immune system of aging men. Annals of Biological Research. 2011;2(5):299-304.
41. Qasemnia AA, Zighami Z, Hadi S. The effect of eight weeks of increased aerobic exercise with zinc supplementation on muscle superoxide dismutase activity and serum leptin levels and weight changes in adult wistar rats. Armaghane Danesh. 2019;24(6):1054-72.
42. Sutkowy P, Augustyńska B, Woźniak A, Rakowski A. Physical Exercise combined with whole-body cryotherapy in evaluating the level of lipid peroxidation products and other oxidant stress indicators in kayakers. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2014;2014(1):402631.
43. Watson TA, MacDonald-Wicks LK, Garg ML. Oxidative stress and antioxidants in athletes undertaking regular exercise training. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2005;15(2):131-46.
44. Usefpor M, Ghasemnian AA, Rahmani A. The effect of a period of high intensive interval training on total antioxidant capacity and level of liver tissue malondialdehyde in male Wistar rats. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 2017;22(5):103-10.
45. Speich M, Pineau A, Ballereau F. Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. Clinica Chimica Acta. 2001;312(1-2):1-1.

46. Fatahi A, Azizbiegi K, Ranjbar K, Mohammadzade K. The protective effect of high intensity interval training preconditioning on ischemia reperfusion-injury in ageing rats. Internal Medicine Today. 2019;25(1):22-8.
47. Bloomer RJ, Goldfarb AH, McKenzie MJ. Oxidative stress response to aerobic exercise: comparison of antioxidant supplements. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2006;38(6):1098-105.
48. Choi EY, Cho YO. The effects of physical training on antioxidative status under exercise-induced oxidative stress. Nutrition Research and Practice. 2007;1(1):14-8.
49. Karandish M, Rahideh ST, Zand-Moghaddam A, Haghighizadeh MH. Effect of vitamin c supplementation on oxidative stress markers following 30 minutes moderate intensity exercise in healthy young women. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2008;10(2):127-32.
50. Goldfarb AH, McKenzie MJ, Bloomer RJ. Gender comparisons of exercise-induced oxidative stress: influence of antioxidant supplementation. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2007;32(6):1124-31.
51. 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.