



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 Saberi¹, Akram Karimi Asl^{2*}, Hamidreza Norouzi²

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 Zanzan. (ethic code: IR.ZNU.REC.1402.019)

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

hhhhrr'' rrrrr rrrnnn: 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

وبگاه نشریه: <https://spj.ssric.ac.ir>



مقاله 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 استرس اکسیداتیو 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 استرس اکسیداتیو 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 ۶۰-۷۰ درصد VO_2max و مدت زمان ۳۰ 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 ۳۵-۴۵ 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. داده‌ها 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 ($P=0.026$) در 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 درخور توجهی 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 استرس اکسیداتیو دارد و به بهبود عملکرد آنتی‌اکسیدانی بافت رحم و تخمدان منجر می‌شود که در نهایت می‌تواند بر سلامت و بهبود عملکرد این بافت‌ها تأثیر بگذارد.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، بارداری، استرس اکسیداتیو، 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 (۳، ۴). 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 استرس اکسیداتیو در فرایندهای فیزیولوژیک و پاتولوژیک مانند آسیب DNA، تکثیر، چسبندگی سلول و بقا آن دخالت دارد (۷، ۸).

رحم و تخمدان از نظر متابولیک عضوی فعال هستند که شرایط پاتولوژیک مانند استرس اکسیداتیو ممکن است در تغییر ساختار اندومتر رحم و مزانشیم تخمدان نقش مهمی داشته باشد (۹، ۱۰). تحقیقات نشان می‌دهند که استرس اکسیداتیو 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 (۱۳، ۱۴). 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 گلوکاتایون پراکسیداز^۱، سوپراکسید دیسموتاز^۲ و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام^۳ به‌عنوان شاخص آنتی‌اکسیدانی و سطح مالون‌دآلدئید^۴ 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 40 ± 5 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 ۲۴ تایی 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 VO_{2max}) 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 ۱۷-۱۸ متر بر دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه رسید (جدول ۱). برای رسیدن به سازگاری‌های به‌دست‌آمده به حالت یکنواخت، تمامی متغیرهای تمرینی در هفته پایانی (هفته 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	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
1 st kkkk	2 nd kkkk	3 rd kkkk	4 th kkkk	5 th kkkk	6 th kkkk
00	00	00	00	00	00
مدت تمرین (mn)					
Trnmmrg durooon					
00	00	44-55	44-55	77-88	17-88
سرعت تردمیل					
(mnnnn)					
Teadmlll ppeed					

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 دسترسی 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 گرفتند 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 میلی لیتر به آن بافر هموژنیزاسیو بافر فسفات (PH=7.2) اضافه شد و با استفاده از هموژنایزر (۴ دقیقه در دور 10000 rpm) هموژنیزه شد. سوسپانسیون حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در دور 4500 rpm سانتریفیوژ یخچال دار سانتریفیوژ شد تا مواد زائد رسوب کند و محلول هموژن خالص برای اندازه گیری SOD، GPX، MDA و TAC استفاده شود.

جدول ۲- پروتکل فعالیت هوازی در زمان بارداری

Table 2- Protocol of aerobic activity during pregnancy

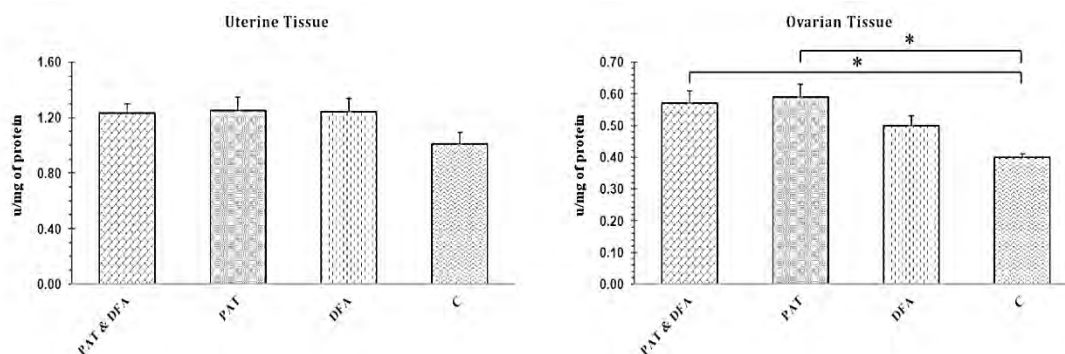
هفته سوم 3 rd kkkk	هفته دوم 2 nd kkkk	هفته اول 1 st kkkk	
00	00	10	مدت تمرین Trnnmrg durooon(mnn)
22	11	10	سرعت تردمیل Teeadmlll ppeed (mnnnn)

اساس روش اندازه گیری MDA بافتی با استفاده از کیت RANSOD (Radox Laboratories Ltd, Crumlin, UK) بر پایه واکنش با تیوباربیتوریک اسید (TBA)، استخراج با بوتانول نرمال، اندازه گیری جذب با روش اسپکتروفتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد است (۲۳). فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی نیز با استفاده از کیت RANSOD انجام شد. فعالیت آنزیم SOD در طول موج تجزیه پراکسید ۵۰۵ نانومتر از طریق طیفسنجی محلول رویی تهیه شده از هموژن بافت رحم و تخمدان اندازه گیری شد (۲۴). نحوه اندازه گیری فعالیت آنزیم GPX به این شکل بود که در ابتدا گلوتاتیون احیا توسط گلوتاتیون پراکسیداز اکسید می شود. در مرحله بعد، گلوتاتیون اکسید شده در حضور گلوتاتیون ردوکتاز و NADPH به گلوتاتیون احیا تبدیل می شود. 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 آنزیم های آنتی اکسیدانی نیز برحسب واحد بر میلی گرم 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 (۲۷).

پس از جمع آوری داده ها، اطلاعات به کمک نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شد. برای اطمینان از طبیعی بودن داده ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. با توجه به طبیعی بودن داده ها، برای مقایسه متغیرهای مدنظر بین گروه های مطالعه شده از آزمون آنوای یک طرفه و در صورت معناداری آزمون، برای مقایسه دو به دو گروه ها، با توجه به مساوی نبودن تعداد آزمودنی های گروه ها، از آزمون تعقیبی گابریل استفاده شد. تمامی آزمون ها 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 رت های مادر پس از زایمان تأثیرگذار بود ($F_{3,24}=6.842$, $P=0.002$, $\eta^2=0.679$). مقایسه دو به دو گروه ها 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 گروه ها اختلاف معناداری مشاهده نشد. در بافت رحم نیز تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر سطوح TAC رت های مادر پس از زایمان معنادار نبود ($F_{3,24}=1.859$, $P=0.164$, $\eta^2=0.434$) (شکل ۱).



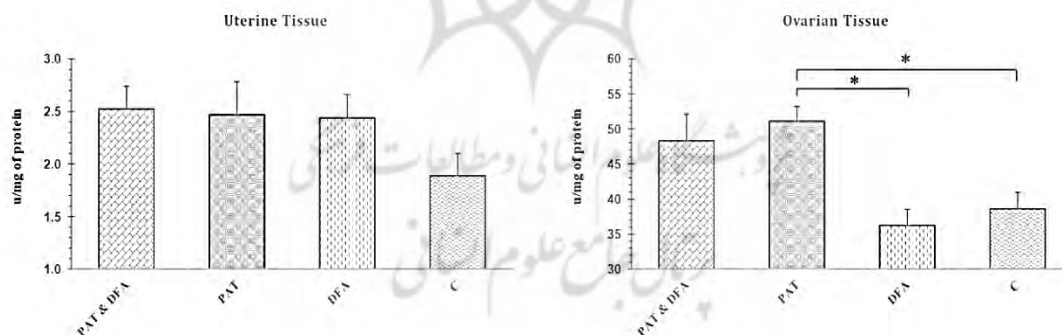
شکل ۱- سطوح TAC در بافت های رحم و تخمدان گروه های چهارگانه

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 رت های مادر پس از زایمان تأثیرگذار بود ($F_{3,24}=5.534$, $P=0.005$, $\eta^2=0.639$). مقایسه دو به دو گروه ها 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 گروه ها اختلاف معناداری مشاهده نشد. در بافت رحم نیز تأثیر تمرینات هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بر سطوح SOD رت های مادر پس از زایمان معنادار نبود ($F_{3,24}=1.649$, $P=0.206$, $\eta^2=0.413$) (شکل ۲).



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

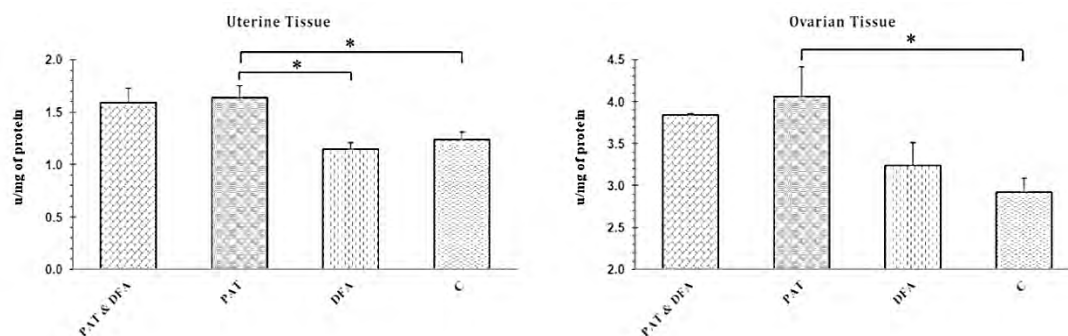
PAT: تمرین هوازی قبل بارداری؛ DFA: فعالیت بدنی حین بارداری؛ C: کنترل؛ *: تفاوت معنادار

Figure 2- 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 رت های مادر پس از زایمان تأثیرگذار است ($F_{3,24}=4.694$, $P=0.010$, $\eta^2=0.603$). مقایسه دو به دو گروه ها 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 ($F_{3,24}=4.941$, $P=0.008$, $\eta^2=0.618$) 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).



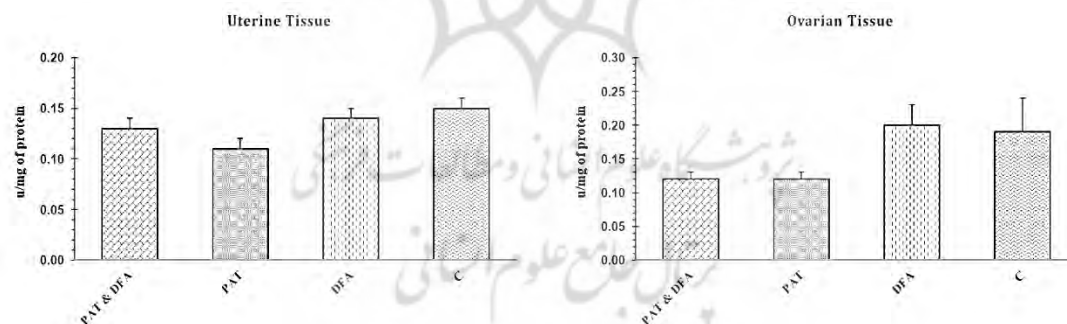
شکل ۳- سطوح GPX در بافت‌های رحم و تخمدان گروه‌های چهارگانه

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 ($F_{3,24}=2.535$, $P=0.081$, $\eta^2=0.491$) و بافت رحم ($F_{3,24}=2.272$, $P=0.106$, $\eta^2=0.47$) 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 $0/59$ و کمترین میزان TAC بافت تخمدان در گروه کنترل با میانگین $0/40$ 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؛ از جمله 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 فعال کردن هورمون‌های کاتکولامینی، مسیرهای پیام‌رسانی مهم از جمله میتوژن محرک پروتئین کیناز را فعال می‌کند که منجر به رونویسی عوامل مختلف ضد اکسایشی شده و باعث بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی 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 نکردن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام می‌شود (۳۰). این موضوع می‌تواند معنادار نشدن تغییرات TAC در بافت رحم را نیز تبیین کند.

در رابطه با آنزیم SOD، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ورزش هوازی قبل از بارداری تأثیر مثبت و معناداری بر میزان SOD بافت تخمدان در مقایسه با گروه کنترل داشت. طبق نتایج، بیشترین میزان SOD در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با میانگین $51/09$ بود و کمترین میزان این آنزیم در گروه فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین $36/26$ مشاهده شد، اما نتایج حاصل از این تحقیق تأثیر معناداری را در سطوح فاکتور SOD در بافت رحم گروه‌های مختلف آزمایش شده 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 $2/52$ و کمترین میانگین در گروه کنترل با میانگین $1/89$ 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. به‌طور کلی، در مورد 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 یک جلسه‌ای (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 علاوه بر ایجاد استرس

اکسیداتیو، دفاع آنتی اکسیدانی بدن نیز دچار اختلال می شود. از آنجاکه آنزیم سوپراکسید دیسموتاز یکی از اولین سدهای دفاعی بدن در مقابل استرس اکسیداتیو است، می توان انتظار داشت که فعالیت این آنزیم بیش از سایر آنزیم ها دچار اختلال شود (۳۴). این کاهش در سطح SOD در گروه فعالیت بدنی حین بارداری می تواند به دلیل آمادگی جسمانی نداشتن مادران باردار بی تمرین برای تغییرات حاصل از ورزش در بدنشان در دوره بارداری یا به دلیل کوتاه بودن زمان ورزش باشد که توانایی خنثی سازی اثر افزایشی بارداری بر اکسیدان های بافت های مادران را نداشته است. همان طور که اکودان و همکاران بیان کردند، افرادی که به طور منظم ورزش نمی کنند و به آن عادت ندارند، به دلیل نداشتن آمادگی بدنی در مقابله با رادیکال های آزاد، ورزش شدید می تواند موجب آسیب بیشتری به بافت های درگیر تمرین، در آن ها 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 رت های مادر دارد؛ به طوری که در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری افزایش معناداری در سطح آنزیم GPX هردو بافت رحم و تخمدان رت ها در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. در بافت تخمدان تمرین هوازی قبل از بارداری با میانگین $4/06$ ، بیشترین و گروه کنترل با میانگین $2/92$ ، 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؛ به طوری که در این بافت بیشترین میانگین مربوط به گروه تمرین هوازی قبل از بارداری با میانگین $1/63$ و کمترین میانگین این آنزیم در گروه فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین $1/15$ بود. این نتایج با مطالعه محمدی و همکاران همسوست که در پژوهش خود نشان دادند، گلووتاتیون پراکسیداز پس از هشت هفته تمرین استقامتی فزاینده در موش های نر و بیستار، افزایش معناداری پیدا کرد (۳۶). در مطالعه نقی زاده و همکاران نیز نتایج نشان داد که مقادیر گلووتاتیون پراکسیداز و ظرفیت آنتی اکسیدانی 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 آنتی اکسیدان های سوپراکسید دیسموتاز و گلووتاتیون پراکسیداز در گروه های تمرینی گزارش شد (۳۸). در مقابل گو و همکاران نشان دادند، پس از هشت هفته تمرین تناوبی شدید، تفاوت معناداری در سطوح GPX موش های نر ایجاد نشد (۳۹). علت این ناهمسویی در نتایج می تواند تفاوت در نوع و مدت زمان تمرین باشد.

درباره افزایش GPX به دنبال ورزش هوازی می توان گفت، این آنزیم به مقدار ROS بسیار حساس است؛ بنابراین به نظر می رسد بتواند بهترین سازگاری را با استرس اکسیداتیو داشته باشد. با توجه به اینکه فعالیت های ورزشی موجب افزایش اکسیژن مصرفی تا ۱۰ برابر حالت استراحت در عضلات فعال می شوند، هنگام فعالیت ورزشی، اکسیژن بیشتری به رادیکال های آزاد تبدیل می شود؛ در نتیجه مقادیر سلولی، گونه های فعال اکسیژن افزایش می یابد (۴۰)؛ این امر سازگاری هایی را به وجود می آورد که مقدار و عملکرد آنزیم های آنتی اکسیدانی از جمله آنزیم های میتوکندریایی GPX و SOD را افزایش می دهد (۴۱).

درباره MDA نتایج حاصل این پژوهش تأثیر معناداری را در بافت رحم و تخمدان بین گروه های مختلف پژوهش نشان داد. در پژوهش حاضر، بیشترین میزان MDA در بافت تخمدان در گروه فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین $0/203$ و کمترین میزان آن در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری با میانگین $0/118$ بود. با وجود معنادار نبودن اختلاف میانگین ها، شاهد کاهش میزان این آنزیم در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری و فعالیت بدنی حین بارداری بودیم که نشان دهنده کاهش نسبی فشار اکسایشی بافت تخمدان در این گروه بود. در بافت رحم، بیشترین میزان MDA در گروه کنترل با میانگین $0/155$ و کمترین میزان آن در گروه ورزش هوازی قبل از بارداری با

میانگین ۰/۱۱۲ بود، که با وجود معناداری نبودن تغییرات، کاهش این فاکتور در گروه تمرین هوازی قبل از بارداری مشاهده شد. مالون دی آلدئید از پراکسیداسیون لیپیدها تولید می شود و میزان تولید آن با شکست و تفکیک اسیدهای چرب غیراشباع همراه است؛ از این رو اندازه گیری مالون دی آلدئید نشانگر و شاخص مناسبی برای پراکسیداسیون لیپیدها است. در بررسی پژوهش های انجام شده درباره تأثیر تمرینات هوازی بر میزان MDA برخی افزایش (۴۳، ۴۲) و برخی کاهش میزان آن را (۴۴، ۴۵) گزارش کردند؛ برای مثال می توان به مطالعه فتاحی و همکاران اشاره کرد که تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید بر MDA و GPX میوکاردی موش های نر سالمند را بررسی کردند. آن ها 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 مالون دی آلدئید متعاقب ۳۰ دقیقه فعالیت دوچرخه سواری با شدت ۷۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه مشاهده نشد (۴۷). در مقابل 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). به طور کلی، علت این مغایرت در یافته ها را می توان ناشی از عوامل تأثیرگذار و مداخله هایی مانند تفاوت در شدت، مدت، پروتکل ورزشی استفاده شده، سن، جنس و سطح آمادگی آزمودنی ها 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 مالون دی آلدئید و حداقل شش هفته تمرین برای تنظیم افزایشی در میزان فعالیت آنتی اکسیدان ها مورد نیاز است و این تغییر با توجه به نوع بافت متفاوت است. همچنین می توان گفت، با توجه به شدت، بار و تکرار تمرین می تواند در این مدت زمان فرض شده طولانی تر نیز باشد (۵۱). نکته اصلی که باید به آن اشاره کرد، این است که در پژوهش حاضر آزمودنی ها رت های ماده ای بودند که طی دوره پژوهش یک دوره بارداری و زایمان را سپری کردند و بارداری به عنوان یک عامل مداخله گر منجر به نتایج متفاوت این پژوهش با سایر پژوهش های پیشین شد؛ مبنی بر اینکه به رغم کاهش میزان آنزیم MDA در بافت رحم و تخمدان رت های مادر گروه های تمرینی، این تغییرات معنادار نبود.

پیام مقاله

با توجه به یافته های پژوهش حاضر می توان گفت که تمرینات هوازی با شدت متوسط در دوران قبل از بارداری و ادامه دادن فعالیت بدنی در دوران بارداری، می تواند باعث کاهش نشانگرهای اکسیدانی، بهبود نسبی شاخص های آنتی اکسیدانی و افزایش سازگاری بافت رحم و تخمدان در رت های مادر بعد از زایمان شود؛ در نتیجه ممکن است بهبود سلامت باروری و سلامت نسل بعد را به همراه داشته باشد.

ملاحظات اخلاقی

همه آزمایش ها 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 ffllll orggns of ffllll orggns of adudd dsasppp ppgmmmmng by oxddvvv srsss? ee dllll 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, uuput 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. *Womnn's aaa hhhBunnnnn*. 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 exercise 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. Soyut T, Soyut B, Soyut E, Soyut 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. ... Effect of high intensity interval training on antioxidant status. *Journal of Sports*. 2013;28(5):253-9.
34. Farida S. Inhibition of oxidative stress and glucose metabolism (Master's thesis). Universitas Indonesia, 2016.
35. Okudan N, Belviranlı 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. ... Physical Exercise and oxidative 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.

