



تأثیر شش هفته تمرین هوازی به همراه مکمل یاری کیوتن بر میزان مالون دی آلدئید و کاتالاز بافت قلب رت‌های نر سالمند نژاد ویستار

مریم پورارشد: دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (✉ نویسنده مسئول)
pourarshadmaryam@gmail.com
مجید کاشف: استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
فرشته شهیدی: دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

کلیدواژه‌ها

سالمندی،
استرس اکسیداتیو،

MDA

CAT

Q10

زمینه و هدف: بافت قلب مخصوصاً در افراد سالمند مستعد آسیب اکسیداتیو است. ورزش و مکمل Q10، بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و رادیکال‌های آزاد موثر هستند. بنابراین در مطالعه حاضر تأثیر شش هفته تمرین هوازی به همراه مکمل Q10 بر میزان مالون‌دی‌آلدئید و کاتالاز بافت قلب رت‌های سالمند را مورد بررسی قرار داده است.

روش کار: روش پژوهش حاضر از نوع تجربی و با هدف توسعه‌ای می‌باشد. ۱۷ سر موش سالمند نر نژاد ویستار به صورت تصادفی ساده در پنج گروه: کنترل، شش تمرین، شش مکمل (n=۳)، و تمرین هوازی، گروه تمرین هوازی+مکمل (n=۴) تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی به مدت ۶ هفته و ۵ روز در هفته، با شدت $V_{peak} - 70\% - 65\%$ و با مدت زمان ۱۵ تا ۳۰ دقیقه به طور فزاینده، تمرین کردند. گروه مکمل+تمرین، همزمان با تمرین، از مکمل کوآنزیم کیوتن محلول در روغن کنجد روزانه میزان 20 mg/kg با توجه به میانگین وزن موش‌های تحقیق به صورت گاواژ دریافت کردند. ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، تشریح شدند و عضله قلب برای اندازه‌گیری ژن‌های MDA، CAT به ترتیب روش اسپکتروفتومتری و الایزا و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی شفه، و برای شاخص لی، سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه از آزمون تی همبسته استفاده گردید ($P \leq 0.05$).

یافته‌ها: براساس نتایج بدست آمده، پس از شش هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل Q10 بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز ($P=0.0001$) و سطح مالون دی آلدئید ($P=0.0001$)، شاخص لی، سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه در بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود داشت ($P \leq 0.05$).

نتیجه‌گیری: به طور کلی پژوهش حاضر نشان داد تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل Q10 در بهبود عملکرد آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب‌های استرس اکسیداتیو موثر است. بنابراین، احتمالاً با احتیاط می‌توان تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل Q10 را برای افراد سالمند پیشنهاد داد.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Pourarashed M, Kashef M, Shahidi F. The Effect of Six Weeks of Aerobic Training with Q10 Supplement on Malondialdehyde and Catalase Levels in Heart Tissue of Aged Male Wistar Rats. Razi J Med Sci. 2025(25 May);32.28.

Copyright: ©2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en>).

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 4.0 صورت گرفته است.

The Effect of Six Weeks of Aerobic Training with Q10 Supplement on Malondialdehyde and Catalase Levels in Heart Tissue of Aged Male Wistar Rats

Maryam Pourarashed: Master's student in Exercise Physiology, Sports Nutrition, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran (*Corresponding Author) pourarashdmaryam@gmail.com

Majid Kashef: Professor of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Fereshteh Shahidi: Associate Professor of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Abstract

Background & Aims: Aging population and cardiovascular diseases are the main causes of death in the world. Heart tissue is an oxidative tissue and prone to oxidative damage. Exercise increases the activity of antioxidant enzymes and prevents the activity of free radicals. Also, coenzyme Q10 is a fat-soluble vitamin that improves cardiovascular function. The purpose of this study was the effect of six weeks of aerobic exercise with Q10 supplementation on malondialdehyde (MDA) and catalase (CAT) levels in the heart tissue of aged male Wistar rats.

Methods: The current study was a developmental study and its method was an experimental one. the present research is based on an animal model and in a five-group design with post-test of independent groups to measure MDA and CAT and a pre-test-post-test design for Vpeak and Lee's index have been measured. In this research, we tried to control all research variables. These variables include the same water and food, the same temperature and humidity (22 ± 3) degrees Celsius and relative humidity ($55 \pm 5\%$), the same sleep and light cycle (12:12 hours), the same gender and health status (all). (male and healthy), the training time was the same in the morning (9 to 12) and the place of keeping was the same (the animal house of the Faculty of Sports Sciences of Tarbiat Dehir Shahid Rajaei University). For this purpose, 17 elderly male laboratory mice with an average weight of 422 grams and an age of 88-96 weeks were obtained from Razi Vaccine and Serum Research Company and randomly divided into five groups including three groups of three (exercise sham-supplemented sham-control) and two Four groups were divided (aerobic exercise-aerobic exercise and supplement). The number of samples in the control and sham groups was less than of the training groups, so that a smaller number of animal samples were killed due to ethical issues. At the beginning of the study, the animals were familiarized with the environment and trained on a treadmill for two weeks. 48 hours after the last familiarization session, the animals performed an increasing exercise test up to the limit of exhaustion to determine the maximum running speed on the treadmill. The increasing test started with a speed of ten meters per minute and every three minutes, a speed equal to three meters per minute was added to it (12). Based on the Vpeak (the highest velocity in an incremental exercise test) obtained, the training protocol was designed for six weeks and five sessions per week for the training groups, and then the training protocols were started. Vpeak was measured every two weeks to determine training intensity. The program of moderate intensity continuous training (MICT) was performed on the treadmill with an intensity of 65% of Vpeak for 15 minutes in the first week, in the second week with an intensity of 65% of Vpeak for 20 minutes, in the week The third was performed with an intensity of 70% of Vpeak for 25 minutes, and from the fourth week to the end of the sixth week, it reached an intensity of 70% of Vpeak in 30 minutes: the subjects warmed up with an intensity of 40-50% of Vpeak for 5 minutes before starting the protocol and after finishing the protocol, they cooled in the same way (13). The mice of the control group passed 6 weeks without any training or supplementation. During this period, the control rats received the stress of the training hand to be the same as the other groups. The supplemental sham group received sesame oil by gavage every day for six weeks, the training sham group was put on a silent treadmill for 6 weeks with a frequency of 5 days per week equal to the training time of the

Keywords

Aging,
Oxidative stress,
MDA,
CAT,
Q10 Supplement

Received: 06/04/2025

Published: 25/05/2025

training groups in order to understand the stress of the machine. In this research, at the same time as performing the exercise protocol to the group of aerobic exercise + supplement, 20 mg of Q10 supplement (Salamat Nano Chemistry Company) dissolved in fat per kilogram of body weight combined with 0.5 cc of sesame oil during 42 days to Gavage was given (the dose of Q10 supplement, 20 mg per kilogram of body weight was given to the aerobic exercise-supplement group) (14, 15). To prove the adequacy of training and its effect, stabilizing variables including: Lee's index and maximum rate of oxygen consumption were measured at the beginning and end of 6 weeks for the studied groups. (The following formula was used to measure the Lee index. 48 hours after the last training session, mice were sampled to eliminate the response of the last training session. in such a way that the mice are anesthetized by intraperitoneal injection of ketamine (50-100 mg/kg) and xylazine (5-10 mg/kg) and after ensuring complete anesthesia by pain test, under sterile conditions by making an incision in The anterior part of the chest was surgically performed and normal saline was connected with serum to the right ventricle of the rat's heart and instead of blood, it flowed inside the body, and when the blood was completely removed from all the organs of the body, PBS replaced normal saline to fix the organs, and when the organs were completely fixed and prevented the organs from completely rotting, the heart muscle was removed with appropriate surgical instruments (scissors and forceps) and then Remove surgical instruments. It was placed in liquid nitrogen (with a temperature of -196°C) with PBS, and after being transferred to the laboratory, it was kept at a temperature of -80°C to measure the amount of MDA and CAT. To measure CAT activity, it was centrifuged for 5 minutes at 1400 xg at 5°C and for MDA measurement at 1600 xg for 10 minutes at 4°C, and the obtained supernatant was used for analysis. ELISA method was used to measure CAT activity and spectrophotometric method was used to measure MDA using plate reader device, Synergy HT, biotek company. During the reaction of catalase in the sample with methanol in the presence of hydrogen peroxide, formaldehyde is produced, which after the reaction with a dye compound produced a purple color and its absorption intensity was measured at 540 nm, which is proportional to the concentration of formaldehyde. MDA present in the sample with thiobaric acid (TBA) produces a pink complex, whose absorption intensity was measured at 530-540 nm wavelength, which is proportional to the concentration of the complex. Rat CAT ELISA Kit, TPR (Iran), CAT.No:TPR9806B was used to measure CAT, and Rat MDA ELISA Kit, TPR (Iran), CAT.No:TPR-MDA-48T was used to measure MDA.

After collecting the raw data, the Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data distribution. Then, in order to statistically analyze the data and compare between the groups one-way ANOVA test was used, and because the groups were unequal, the Scheffe test was used. Correlated T-test was used to check the changes of stabilizing variables. All statistical calculations were done using SPSS26 software at a significant level of $P \leq 0.05$.

Results: Based on the obtained results, there was a significant difference between the groups after six weeks of aerobic training along with Q10 supplementation on activity of the catalase enzyme and level of malondialdehyde in the heart tissue of male rats. ($P \leq 0.05$)

Conclusion: In general, the present study showed that aerobic exercise along with Q10 supplementation is effective in improving antioxidant function and reducing oxidative stress damage. Therefore, according to the above result, it is possible to cautiously recommend aerobic exercise along with Q10 supplementation for the elderly.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Cite this article as:

Pourarashed M, Kashef M, Shahidi F. The Effect of Six Weeks of Aerobic Training with Q10 Supplement on Malondialdehyde and Catalase Levels in Heart Tissue of Aged Male Wistar Rats. *Razi J Med Sci.* 2025(25 May);32:28.

Copyright: ©2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en>).

***This work is published under CC BY-NC-SA 4.0 licence.**

مقدمه

سالمنندی جمعیت و افزایش افراد سالخورده در جمعیت، یکی از مهم ترین تحولات اجتماعی قرن بیست و یکم است (۱). همچنین بیماری های قلبی عروقی، یکی از شایع ترین دلایل مرگ و میر در جهان است، که عوامل متعددی در آن مشارکت دارند (۲). یکی از عوامل، استرس اکسیداتیو فرآیندی است که تغییرات وابسته به سن موجب افزایش رادیکال های آزاد، کاهش کارایی سیستم دفاعی و افزایش فشار اکسایشی و در نتیجه بیماری های قلبی در سالمنندی می شود (۳)، که از طریق ROS تولید شده در سطح غشاء سلول، سبب آسیب های داخل سلولی به خصوص میتوکندریایی و آسیب غشاء لیپیدی سلول و پراکسیداسیون لیپیدی غشاء و سخت شدن دیواره سلول ها می شود و نمونه هایی از ROS، مانند MDA تولید می شود (۴). MDA ناشی از پراکسیداسیون لیپیدی می تواند با سایر اجزای سلولی مانند پروتئین های ساختارهای ژنومی وارد واکنش شده و ضایعات متنوعی ایجاد کند که در نهایت باعث مرگ سلولی همراه با علائم گسترده بیماری شود (۵).

از سوی دیگر کاتالاز آنزیمی بسیار مهم در محافظت از سلول در برابر آسیب اکسیداتیو توسط گونه های واکنش پذیر اکسیژن است (۶). کاتالاز آنزیمی رایج است که تقریباً در تمام موجودات زنده در معرض اکسیژن وجود دارد و تجزیه پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن را کاتالیز می کند و برای تعیین فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی استفاده می شود (۷). میوسیت های قلبی همانند سلول های دیگر در بدن حاوی یک شبکه پیچیده از مکانیسم های دفاع ضد اکسایشی برای کاهش خطر آسیب سلولی است که در طول دوره تولید ROS افزایش می یابد (۸). سلول های قلبی دارای دو مکانیسم دفاعی آنزیمی و غیر آنزیمی برای به تعادل کشاندن فشار اکسایشی می باشند. سوپراکسید یکی از مهمترین علل استرس اکسیداتیو است و سه آنتی اکسیدان آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز، CAT و گلوکاتایون پراکسیداز عمده ترین آنزیم های آنتی اکسیدانی هستند (۹).

عوامل خارجی و داخلی متعددی وجود دارند که بر کاهش استرس اکسیداتیو موثراند، مانند برخی کوآنزیم

ها، مکمل ها و انواع فعالیت های بدنی. کوآنزیم Q10 یک مولکول اساسی تولید درون زاست که به علت قرارگیری در غشای داخلی میتوکندری و ظرفیت ردوکس، مسیرهای متابولیکی مختلف را به تولید انرژی میتوکندری پیوند می دهد، و فعالیت به عنوان یک آنتی اکسیدان را برای آن فراهم می کند (۱۰). کوآنزیم Q10 در تثبیت کانال های یونی وابسته به کلسیم در قلب و جلوگیری از مصرف متابولیت های ضروری برای سنتز ATP نقش دارد، و دارای مزایای درمانی در اختلالات مربوط به سالمنندی، به ویژه در بیماری های قلبی عروقی است (۱۱). کمبود کوآنزیم Q10 ممکن است موجب بسیاری از بیماری ها از جمله نارسایی قلبی شود. مصرف مکمل Q10 منجر به کاهش میزان MDA و افزایش فعالیت آنزیم CAT می شود (۱۲). از سوی دیگر Q10 از طریق افزایش ذخایر ATP و کاهش رادیکال های آزاد می تواند به رفع خستگی و بازیابی قدرت و استقامت در ورزشکاران کمک کند (۱۳).

فعالیت بدنی و ورزش برای کاهش عوارض بسیاری از بیماری های قلبی-عروقی و سالمند، افزایش عملکرد بدنی توصیه شده است. تمرینات ورزشی منظم و مستمر سبب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی و جلوگیری از فعالیت رادیکال های آزاد می شود. مصرف اکسیژن در تمرینات هوازی نسبت به تمرینات بی هوازی ۱۰ الی ۲۰۰ برابر بیشتر از زمان استراحت بوده و متابولیسم سلولی افزایش می یابد (۴). تحقیقات پیشین نشان داده اند که تمرینات شدید، فشار اکسایشی را افزایش می دهد، در حالی که تمرینات سبک و هوازی، باعث کاهش معناداری در فشار اکسایشی عضلات اسکلتی می شود و میزان آنزیم های آنتی اکسیدانی را بالا می برد (۱۴). از سوی دیگر فعالیت بدنی خطر تحلیل عضلانی و محدودیت های عملکردی را در افراد سالمند کاهش می دهد (۱۵). حال اگر تمرینات هوازی به صورت فزاینده انجام شود، موجب کاهش اکسایش لیپیدی و افزایش آنتی اکسیدانی و در نتیجه کاهش فشار اکسایشی قلب می شود (۱۶). پژوهشی در سال (۲۰۱۸) نشان داد ۸ هفته تمرین هوازی سطح MDA افزایش معناداری داشت (۱۷). به طور کلی ورزش هوازی با شدت متوسط موجب افزایش فعالیت آنزیم CAT می شود (۱۷)، که

در نهایت موجب بهبود ترکیب بدنی و حداکثر توان هوازی می‌شود (۱۸).

پالا و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثرات Q۱۰ به همراه ورزش هوازی مزمن و حاد بر پراکسیداسیون لیپیدی و بیان HSP در کبد و عضلات موش‌ها پرداختند که نتایج نشان داد، مکمل Q10 می‌تواند سطوح MDA را کاهش دهد، و ورزش و Q10 به طور هم افزایی استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهند (۱۹). در تحقیقی دیگر هشت هفته تمرین هوازی موجب افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی و بهبود فشار اکسایشی در بافت قلب رت های دیابتی شد (۲۰). اما در برخی مقالات تمرینات ورزشی شدید چون میزان استرس اکسیداتیو را بالا می برد، باعث افزایش رادیکال های آزاد می شود (۲۱). تناقض موجود در تحقیقات پیشین که علت آن می تواند تفاوت در شدت تمرینات انجام شده باشد، و همچنین افزایش روز افزون سالمندی و بیماری های قلبی عروقی و با توجه به اینکه مطالعات کمتری بر روی تاثیر هم زمان مکمل آنتی اکسیدانی و تمرینات بر بافت قلب انجام شده است. بنابراین بررسی این سوالات که، آیا تمرین هوازی و مصرف مکمل Q۱۰ می تواند آثار مطلوبی بر میزان نشانگر اکسایشی MDA و آنزیم آنتی اکسیدانی CAT به عنوان اولین خط دفاعی بدن در مقابل فشار اکسایشی داشته باشد؟ و آیا این دو شاخص می توانند آثار محافظتی بر بافت قلب رت های نر سالمند داشته و مکانیسم دفاع آنتی اکسیدانی بافت قلب را تقویت نمایند؟ ضروری به نظر می‌رسد.

روش کار

تحقیق حاضر از نوع تجربی و با هدف توسعه‌ای، با مدل حیوانی بوده. پژوهش به صورت طرح پس آزمون برای اندازه گیری میزان MDA و CAT و طرح پیش آزمون- پس آزمون برای اندازه گیری Vpeak و شاخص لی انجام شده است. در این تحقیق سعی شد تا تمامی متغیرهای تحقیق کنترل شود. این متغیرها شامل آب و غذای یکسان و در دسترس، دما (22 ± 3) درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی (55 ± 5)، چرخه تاریکی

و روشنایی (۱۲:۱۲ ساعت) و نیز محل نگهداری یکسان (حیوان خانه دانشکده علوم ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی) بودند (۲۲). همچنین زمان تمرین یکسان صبح (ساعت ۹ تا ۱۲) نیز رعایت شد. برای این هدف تعداد ۱۷ سر موش سالمند آزمایشگاهی نر با میانگین وزن ۴۲۲ گرم و سن ۸۸ تا ۹۶ هفته که نشان دهنده سالمندی در موش های ویستار است، از شرکت تحقیقاتی واکسن و سرم رازی تهیه شد (۲۳). موش‌ها به طور تصادفی ساده در پنج گروه: کنترل ($n=3$)، شم تمرین ($n=3$)، شم مکمل ($n=3$)، تمرین هوازی ($n=4$)، گروه تمرین هوازی+ مکمل ($n=4$) تقسیم شدند. تعداد نمونه ها در گروه های کنترل و شم کمتر از گروه های تمرین بود تا به علت مسائل اخلاقی تعداد کمتری نمونه ی حیوانی کشته شود. در این مطالعه، تمامی قوانین راهنمای انستیتوی ملی سلامت مربوط به نگهداری حیوانات آزمایشگاهی رعایت گردید و تمامی آزمایش ها بر روی حیوانات طبق دستورالعمل کمیته اخلاق کار با حیوانات آزمایشگاهی مورد تأیید پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی (با کد اخلاق IR.SSRC.REC.1401.008 مرکز علوم تحقیقات) صورت گرفت.

از معیارهای ورود پژوهش، محدودیت سنی و وزنی بود که نشان دهنده سالمندی در موش‌ها بود و جنسیت نر موش های نژاد ویستار بوده است. معیارهای خروج در پژوهش حاضر، آسیب دیدن نمونه‌ها و عدم تمرین بود که هیچ کدام از نمونه‌ها از پژوهش خارج نشدند.

در هفته‌ی اول پژوهش، حیوانات به مدت یک هفته برای آشناسازی با محیط در آزمایشگاه قرار گرفتند و در هفته‌ی دوم موش‌ها جهت آشنایی با تمرین روی تردمیل قرار گرفتند. براساس سرعت حداکثر بدست آمده پروتکل تمرینی به مدت شش هفته و پنج جلسه در هفته برای گروه های تمرینی طراحی شد و سپس پروتکل های تمرینی آغاز شد (۲۴، ۲۵). هر دو هفته یکبار Vpeak اندازه گیری می شود تا شدت تمرین مشخص شود (۲۶). برنامه تمرین هوازی با شدت متوسط (Moderate intensity continuous training)

جدول ۱- پروتکل تمرین هوازی فزاینده

هفته	میانگین شدت فعالیت در هر جلسه (درصد) طبق Vvo2peak	مدت زمان هر جلسه (دقیقه)
اول	۶۵	۱۵
دوم	۶۵	۲۰
سوم	۷۰	۲۵
چهارم	۷۰	۳۰
پنجم	۷۰	۳۰
ششم	۷۰	۳۰

برای اثبات کفایت تمرین و تاثیر آن، متغیرهای تثبیت کننده شامل: شاخص لی و سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی در ابتدا و انتهای ۶ هفته برای گروه‌های مورد مطالعه اندازه گیری شد. برای اندازه گیری شاخص لی از فرمول زیر استفاده شد.

$$Lee\ index = \sqrt[3]{body\ weight\ (g) \times Nasoanal\ length\ (cm) \times 1000}$$

۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، برای از بین رفتن پاسخ آخرین جلسه تمرین موش‌ها نمونه گیری شدند. به این صورت که موش‌ها با استفاده از تزریق درون صفاقی کتامین (۵۰ تا ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) و زایلازین (۵ تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) بیهوش و پس از اطمینان از بیهوشی کامل با آزمون درد، تحت شرایط استریل با ایجاد برش در قسمت قدامی سینه جراحی انجام شد و نرمال سالین با سرم به بطن راست قلب رت وصل شد و به جای خون درون بدن جریان پیدا کرد و وقتی خون به طور کامل از تمامی اندام‌های بدن خارج شد، PBS جای نرمال سالین را گرفت تا اندام‌ها را فیکس کند و وقتی به طور کامل تمام اندام‌های بدن فیکس شدند و از فاسد شدن کامل اندام‌ها جلوگیری شد، عضله قلب با لوازیم جراحی مناسب (قیچی و پنس) برداشته شد و پس از شستشو با PBS بلافاصله در نیتروژن مایع (با دمای ۱۹۶- درجه سانتی گراد) قرار گرفت و بعد از منتقل شدن به آزمایشگاه در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد برای اندازه گیری میزان MDA و CAT نگهداری گردید.

جهت سنجش فعالیت CAT به مدت ۵ دقیقه در ۱۴۰۰ xg در دمای ۵ درجه سانتی گراد و جهت

(MICT) به این صورت است که در هفته اول با شدت ۶۵ درصد Vpeak به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد و در هفته ششم به شدت ۷۰ درصد Vpeak در ۳۰ دقیقه رسید: آزمودنی‌ها قبل از شروع پروتکل با شدت ۴۰-۵۰ درصد Vpeak به مدت ۵ دقیقه گرم می کردند و بعد از اتمام پروتکل سرد می کردند. موش‌های گروه کنترل بدون هیچ تمرین و مکملی ۶ هفته را پشت سر گذاشتند. در طول این مدت، موش‌های کنترل، استرس دست تمرین دهنده را برای یکسان شدن با دیگر گروه‌ها دریافت می کردند.

به گروه ششم مکمل برای دادن استرس، روغن کنجد بصورت گاوآذ داده شد. به گروه تمرین هوازی-مکمل، ۲۰ میلی گرم مکمل Q10 محلول در چربی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن با ترکیب در ۰/۵ سی سی روغن کنجد در طی ۴۲ روز بصورت گاوآذ داده شد (میزان دوز مصرفی مکمل Q10، ۲۰ میلی گرم به ازای هر کیلو گرم وزن بدن به گروه تمرین هوازی-مکمل داده شد. مکمل از شرکت سازنده اش به نام شرکت نانو کیمیا سلامت تهیه شد (۲۷، ۲۸).

در نهایت بعد از آخرین جلسه آشنا سازی و بعد از ۴۸ ساعت استراحت، Vpeak (بیشترین میزان VO_2 اکسیژن مصرفی) هنگام یک آزمون ورزشی فزاینده است که در آن همه ی معیارهای VO_{2max} تحقق نیافته باشند (۲۹)) و شاخص لی همه آزمودنی‌ها اندازه گیری شد. آزمون فزاینده با سرعت ۵ متر بر دقیقه شروع و هر سه دقیقه یکبار سرعتی معادل با ۵ متر بر دقیقه به آن افزوده شد. زمان رسیدن به خستگی با عدم توانایی موش‌ها در دویدن روی تردمیل مشخص شد.

آزمون شاپیروویلک استفاده گردید. پس از تعیین طبیعی بودن توزیع داده ها برای بررسی اختلاف معناداری سطوح MDA و CAT در پنج گروه از آزمون تحلیل واریانس یک راهه و برای تعیین تفاوت بین گروه ها از آزمون تعقیبی شفه در سطح ($P \leq 0.05$) با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۲ انجام شد. همچنین پس از مشخص شدن توزیع طبیعی داده برای متغیرهای تثبیت کننده شامل شاخص لی، سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه برای تعیین تفاوت درون گروهی از آزمون تی همبسته استفاده گردید.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار وزن، قد و همچنین تغییرات متغیرهای تثبیت کننده شامل: شاخص لی و v_{peak} بعد از شش هفته به تفکیک در گروه های تحقیق در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد میانگین تغییرات وزن رت ها در گروه های تمرین هوازی و تمرین هوازی-مکمل کاهش و در مابقی گروه ها افزایش پیدا کرد. همچنین میانگین تغییرات قد رت ها در پایان پژوهش در تمامی گروه ها افزایش پیدا کرد. درصد تغییرات شاخص لی در گروه تمرین هوازی ۷/۶۷- و در گروه تمرین هوازی-مکمل ۱۰/۶۱- بوده است که

سنجش MDA در مدت ۱۰ دقیقه در $1600 \times \text{g}$ در دمای ۴ سانتی گراد سانترفیوژ شد و از سوپرناتانت بدست آمده جهت آنالیز استفاده شد. برای اندازه گیری فعالیت CAT از روش الایزا و برای اندازه گیری میزان MDA از روش اسپکتروفوتومتری با استفاده از دستگاه پلیت ریدر، شرکت biotek مدل synergy HT استفاده شد. طی واکنش کاتالاز موجود در نمونه با متانول در حضور هیدروژن پراکسید فرمالدهید تولید می شود که پس از واکنش با یک ترکیب رنگ دهنده رنگ بنفش تولید کرده و در 540 nm شدت جذب آن که متناسب با غلظت فرمالدهید است اندازه گیری شد. MDA موجود در نمونه با تیوبار باریک اسید (TBA) یک کمپلکس صورتی رنگ تولید می کند که در طول موج $530-540$ نانومتر شدت جذب آن که متناسب با غلظت کمپلکس است اندازه گیری شد. برای سنجش CAT از کیت TPR, Rat CAT ELISA Kit, CAT.No:TPR9806B (Iran) و برای سنجش MDA از کیت TPR, Rat MDA ELISA Kit, TPR-MDA-48T (Iran) استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای توصیف داده‌ها در آمار توصیفی از میانگین، انحراف معیار استفاده شد. همچنین برای مشخص شدن توزیع طبیعی داده ها از

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار قد و وزن موش‌ها و متغیرهای تثبیت کننده

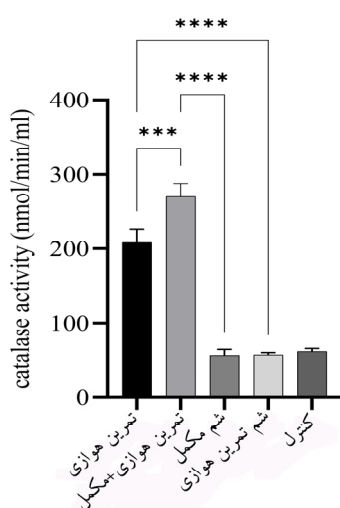
متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون
وزن (گرم)	هوازی	$23/04 \pm 440/5$	$19/89 \pm 418/82$
	هوازی-مکمل	$22/96 \pm 438/5$	$14/14 \pm 413/25$
	شم تمرین	$41/06 \pm 405/33$	$2/02 \pm 419/26$
	شم مکمل	$55/5 \pm 404$	$55/16 \pm 466/5$
قد (سانتی متر)	کنترل	$33/56 \pm 417/66$	$33/73 \pm 446$
	هوازی	$1/12 \pm 24/7$	$1/41 \pm 26/3$
	هوازی-مکمل	$1/45 \pm 23/4$	$1/36 \pm 25/7$
	شم تمرین	$72/0 \pm 23/8$	$52/0 \pm 25/1$
شاخص لی (گرم/سانتی متر)	شم مکمل	$1/15 \pm 23/3$	$1/32 \pm 24/9$
	کنترل	$5/0 \pm 22/5$	$85/0 \pm 24/4$
	هوازی	$14/2 \pm 308/4$	$3/14 \pm 284/71$
	هوازی-مکمل	$6/15 \pm 324/47$	$9/14 \pm 290/05$
V_{peak} (متر/دقیقه)	هوازی	$16/3 \pm 19$	$5/2 \pm 33/75$
	هوازی-مکمل	$64/2 \pm 22/5$	$8/07 \pm 42/25$

هفته تمرین هوازی و مکمل یاری Q10 بر شاخص های یاد شده استفاده شد. شش هفته تمرین هوازی و مکمل یاری Q10 تاثیر معناداری را بر میزان فعالیت کاتالاز بافت قلب ($p=0/001$) و میزان مالون دی آلدئید بافت قلب ($p=0/001$) رت های نر سالمند نژاد ویستار نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی شفه در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است.

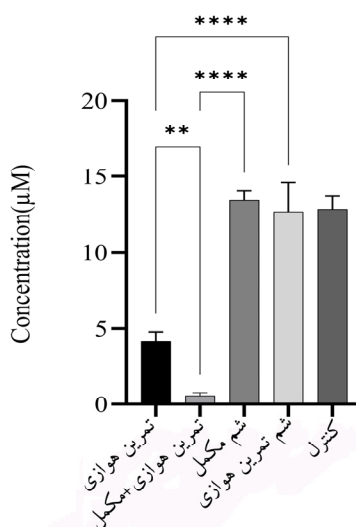
نمودار ۱ نشان می دهد که بین گروه های تمرین هوازی و تمرین هوازی+ مکمل تفاوت معنادار وجود دارد ($P\leq 0/05$)، در حالی که بین گروه های شم

میزان شاخص لی در بعد از تمرین کاهش یافته ولی این اختلاف معنی دار نیست ($P\geq 0/05$). در گروه های تمرین هوازی و تمرین هوازی-مکمل میزان Vpeak نسبت به قبل از شروع تمرین افزایش یافته است که نشان دهنده تاثیر تمرین هوازی بر متغیر تثبیت کننده و کفایت تمرین است.

پس از تعیین توزیع طبیعی داده ها با استفاده از آزمون شاپیرووویلک برای میزان فعالیت کاتالاز و میزان مالون دی آلدئید بافت قلب، در گروه های مستقل از آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای تعیین تاثیر شش



نمودار ۱- میانگین و انحراف استاندارد فعالیت آنزیم کاتالاز در گروه های مورد مطالعه (****= $0/0001$, ***= $0/0002$)



نمودار ۲- میانگین و انحراف استاندارد میزان مالون دی آلدئید در گروه های مورد مطالعه (****= $0/0001$, ***= $0/001$)

تمرین، شم مکمل و کنترل تفاوت معناداری وجود ندارد ($P > 0.05$). به عبارت دیگر هم تمرین هوازی ($P = 0.001$) و هم تمرین هوازی-مکمل ($P = 0.001$) بر فعالیت کاتالاز تاثیر دارد.

با توجه به نمودار ۲ این موضوع مشخص می گردد که بین تمامی گروه تفاوت معناداری وجود دارد ($P \leq 0.05$) بجز گروه شم تمرین و شم مکمل و گروه کنترل که بین آنها تفاوت معناداری وجود ندارد. ($P > 0.05$) و این امر نشان می دهد که هم تمرین هوازی ($P = 0.001$) و هم تمرین هوازی به همراه مکمل Q10 ($P = 0.001$) بر میزان مالون دی آلدئید تاثیر دارد.

بحث

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که پس از شش هفته تمرین هوازی همراه با مصرف روزانه 20 mg/kg مکمل کوآنزیم Q10 باعث افزایش فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان CAT و کاهش MDA در بافت قلب گروه های تمرین هوازی و تمرین هوازی همراه با مکمل Q10 نسبت به گروه های کنترل می شود، که حاکی از افزایش آنزیم های آنتی اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی است.

نتایج مطالعه شکریز و همکاران (۲۰۲۰) با این پژوهش همسو بود. این محققین گزارش کردند هشت هفته تمرین هوازی سطوح MDA موش های تحت درمان با دوکسوروبیسین را بطور معنی داری کاهش و فعالیت آنزیم های کاتالاز بافت قلب را بطور معنی داری افزایش داد (۳۰). فعالیت بدنی با چندین سازوکار از جمله نشست اکسیژن از زنجیره انتقال الکترونی، سوخت و ساز پرو ستانوییدی، فعالیت گزانتین اکسیدازها و ماکروفاژها و افزایش فعالیت کاتکولامین ها ممکن است بر فرآیندهای بروز فشار اکسایشی اثر بگذارد. اینگونه به نظر می رسد که فعالیت بدنی مانع از افزایش سطح پراکسیداسیون لیپیدی در بافت قلب گروه های تمرین و تمرین همراه با مکمل یاری رت های سالمند شده است. این عدم افزایش می تواند به علت بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی بافت قلبی رت های

سالمند در اثر ورزش باشد. در پژوهش شون و همکاران (۲۰۱۶) تمرینات بدنی تا حدی عملکرد قلب را حفظ کرده و پاسخ آنتی اکسیدانی را در بافت قلب موش ها پس از انفارکتوس افزایش داد (۳۱). همسو با تحقیق حاضر محمدی و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند تمرین استقامتی فزاینده موجب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی و در نتیجه کاهش استرس اکسیداتیو بافت قلبی موش های دیابتی می شود (۳۲). از این یافته ها می توان نتیجه گرفت که وجود متغیرهایی چون تمرین و مکمل، احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی بدن موجب کاهش استرس اکسیداتیو و در نتیجه MDA می شود.

همچنین لی و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که مکمل کوآنزیم Q10 در مقایسه با تمرینات هوازی، تاثیر بیشتری در افزایش میزان فعالیت CAT در جلوگیری از استرس اکسایشی و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی در بیماران مبتلا به بیماری عروق کرونر داشته است (۳۳). همسو با تحقیق حاضر جورات و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که مکمل Q10 باعث افزایش SOD و CAT و کاهش سطح MDA در بیماران مبتلا به بیماری عروق کرونر می شود (۳۴). با توجه به نتایج پژوهش همسو، مکمل کوآنزیم Q10 با تقویت فعالیت آنزیم کاتالاز، به طور معنی داری سبب مهار پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش MDA می شود؛ از این رو، کوآنزیم Q10 اثری محافظتی داشته که با مهار رادیکال های آزاد حاصل از القای پراکسید هیدروژن باعث افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی اکسیدانی می شود.

ناهمسو با تحقیق حاضر جهانی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیق خود بر بازیکنان جوان فوتبال به این نتیجه رسیدند MDA پس از هشت هفته تمرین افزایش معنادار یافت (۴). قرار گیری مداوم و مکرر در معرض فشارهای تمرینی و انجام تمرینات پرفشار به طور مستمر می تولد از دلایل افزایش میزان MDA باشد. در توجیه عدم همخوانی نتایج مطالعات مختلف در زمینه تاثیر تمرین ورزشی بر استرس اکسیداتیو می توان بیان نمود که فعالیت آنتی اکسیدانی در بافت های

آسیب‌های جدی ناشی از استرس اکسیداتیو به خصوص در سنین پیری نقش بسزایی داشته باشد. (۴۱).

گرچه فعالیت ورزشی تولید ROS را در طول ورزش افزایش می‌دهد. ولی ورزش منظم با کاهش بیماری‌های وابسته به فشار اکسایشی همراه بوده که دلیل این مزیت، سازگاری ورزش با افزایش تولید رادیکال آزاد در حین ورزش است که این سازگاری افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی و افزایش بیان ژن مربوط به اکسایشی احیاء و فعال شدن سیستم ترمیم/حذف آسیب را در برمی‌گیرد (۴۲). مصرف مکمل خوراکی Q10 به صورت روزانه (۱۰ mg/kg) به طور قابل توجهی پراکسیداسیون چربی ناشی از ورزش را در قلب سرکوب می‌کند (۴۳). آنتی اکسیدان‌هایی مانند کوآنزیم ۱۰، با خنثی کردن اثر رادیکال‌های آزاد، به رفع خستگی و بازیابی قدرت و استقامت در ورزشکاران کمک می‌کنند. انجام فعالیت‌های منظم استقامتی، مصرف مکمل آنتی اکسیدانی کوآنزیم Q10 و ترکیبی از این دو، کفایت سیستم آنتی اکسیدانی بدن را جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد بهبود می‌بخشد. آنتی اکسیدان‌های نفوذپذیر از طریق میتوکندری، مانند کوآنزیم Q10 بهترین آنتی اکسیدان برای بیماری‌های حاد ناشی از ROS می‌باشند (۴۴). مکمل آنتی اکسیدانی Q10، توانایی فیبرهای عضلانی را برای از بین بردن ROS بهبود می‌بخشد و از عضله تمرین کننده در برابر آسیب اکسیداتیو و خستگی ناشی از ورزش محافظت کند (۴۳). در بیماران مبتلا به بیماری عروق کرونر مکمل Q10 منجر به افزایش میزان CAT می‌شود (۴۵).

پژوهش حاضر نشان داد انجام تمرین هوازی به همراه مکمل Q10 در دوران سالمنندی موجب بهبود در عملکرد بدن و کاهش عوامل اکسایشی از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌شود که بیان کننده‌ی موثر بودن ورزش برای سلامت سالمندان در زندگی است. البته مصرف هم‌زمان مکمل و انجام ورزش هوازی موجب هم‌افزایی می‌شود که نتایج بهتری به همراه دارد. لازم به ذکر است، محدودیت‌های پژوهش

مختلف در پاسخ به الگوهای مختلف متفاوت است. مدیر و همکاران (۱۳۹۳) به این نتیجه رسیدند که استفاده از کوآنزیم Q10 همراه با چهار هفته تمرین استقامتی شدید در رت‌های ماده اسپراگوداولی، بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از پایان تمرینات می‌تواند در بهبود عملکرد سیستم آنتی اکسیدانی موثر باشد، اگر چه که فعالیت CAT کاهش داشت (۳۵). ناهمسو با مطالعه حاضر ابراهیمی لوشاب و همکاران (۱۳۹۸) اشاره کردند انجام تمرینات ترکیبی با شدت متوسط همراه با مصرف مکمل کوآنزیم Q10، نتوانست تاثیر معنی داری بر بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی و MDA در زنان مبتلا به MS شود (۳۶). تناقض در نتیجه مطالعه انجام شده در مقایسه با پژوهش حاضر می‌تواند به دلیل سن، جنس و نژاد موش، روش‌های متفاوت در ارزیابی، نوع، شدت و مدت فعالیت باشد. همچنین زمان انجام تمرین ۴ هفته بوده است و می‌توان گفت عدم سازگاری سیستم آنتی اکسیدانی به دلیل کوتاه بود تمرین و شدت بالای تمرین است. تمرینات ورزشی شدید با افزایش سطح رادیکال‌های آزاد و ایجاد شرایط فشار اکسایشی همراه است (۳۷). هنگام فعالیت بدنی به علت مصرف اکسیژن بیشتر، افزایش دمای بدن و بالا رفتن سطوح هورمون‌های استرس تولید رادیکال‌های آزاد افزایش یافته که می‌تواند آسیب‌های سلولی را افزایش دهد (۳۸).

طبق تحقیقات صورت گرفته، مصرف مکمل‌های آنتی اکسیدانی ممکن است از طریق کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، بلوکه کردن پراکسیداسیون لیپیدی، تقویت سیستم آنتی اکسیدانی، مداخله در متابولیسم گلیکوژن جهت تأمین انرژی مورد نیاز سلول‌های فعال و حفظ پایداری ساختار میتوکندری در جلوگیری از اختلالات ناشی از آسیب‌های اکسایشی مفید باشند (۳۹). تمرین مقاومتی فزاینده، موجب کاهش غلظت MDA و افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز می‌شود که عامل مهمی در کاهش روند پیری می‌باشد (۴۰). به نظر می‌رسد که تمرینات مقاومتی منظم موجب تعادل و تقویت سیستم آنتی اکسیدانی در بدن می‌گردد و می‌تواند در پیشگیری از

ملی سلامت مربوط به نگهداری حیوانات آزمایشگاهی رعایت گردید و تمامی آزمایش ها بر روی حیوانات طبق دستورالعمل کمیته اخلاق کار با حیوانات آزمایشگاهی مورد تأیید پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی (با کد اخلاق IR.SSRC.REC.1401.008 مرکز علوم تحقیقات) صورت گرفت.

میزان مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد است و نویسندگان به ترتیب دانشجو، استاد راهنما و استاد مشاور پایان نامه هستند.

References

1. Safarkhanlou H RGas e. Issues of the elderly in Iran. Social Science Quarterly. 2017;1992;1(1.2):113-28 (in persian).
2. Wong LS, van der Harst P, de Boer RA, Huzen J, van Gilst WH, van Veldhuisen DJ. Aging, telomeres and heart failure. Heart Fail Rev. 2010;15(5):479-86.
3. Naghmeh JJ, Mojtaba P. Biochemical and genetic theories of the aging process.
4. Jahani GH FM, Matinhomayi H, Tarveryzadeh B, Azarbayjani M, Moaseghi GH. The effect of regular and continuous sports training on the activity of erythrocyte antioxidant enzymes and oxidative stress in young football players. Razi Journal of Medical Sciences. 2010;17(74):22-32(in persian).
5. fravandeh R kM, Mohammadi R. Comparison of the effect of 6 weeks of aerobic training on catalase enzyme activity and malondialdehyde heart tissue of healthy and diabetic male Wistar rats treated with streptozotocin: an experimental intervention. Journal of Medical Sciences Studies. 2019;30(5):337-46(in persian).
6. Shaeer A, Aslam M, Rashid N. Structural and functional analyses of a novel manganese-catalase from Bacillus subtilis R5. Int J Biol Macromol. 2021;180:222-33.
7. Shvets V, Shkuropat A. Effect of interleukin-2 on antioxidant system and lipid peroxidation during physical activity. Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series. 2020(2):107-15.
8. Powers S, Sollanek K, Wiggs M, Demirel H, Smuder A. Exercise-induced improvements in myocardial antioxidant capacity: the antioxidant players and cardioprotection. Free Rad Res. 2014;48(1):43-51.
9. Evran B, Karpuzoğlu H, Develi S, Kalaz EB, Soluk-Tekkeşin M, Olgaç V, et al. Effects of

حاضر، عدم کنترل تغذیه متفاوت بین گروه های ورزشی و سالم، و میزان استرس ناشی از پژوهش بود.

نتیجه گیری

بررسی تاثیر ورزش و مکمل Q10 بر عملکرد آنزیم های آنتی اکسیدانی بحث بر انگیز است چرا که اکثر مطالعات انجام گرفته در نوع، شدت، آزمودنی های پژوهش، مدت تمرین و دوز مکمل مصرفی به طور معناداری متفاوت هستند. به طور کلی، نتیجه ی مطالعه حاضر نشان داد که شش هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل Q10 بر میزان فعالیت CAT و MDA بافت قلب موش های نر سالمند تاثیر معناداری دارد. این یافته ها نشان می دهد که ترکیب تمرین با و بدون مکمل می تواند باعث کاهش میزان MDA و تحریک تولید CAT شود. البته مصرف مکمل، کاهش بیشتر MDA و افزایش بیشتر فعالیت CAT را نشان داد، که می تواند ناشی از نقش آنتی اکسیدانی Q10 در بالا بردن ظرفیت آنتی اکسیدانی بدن باشد. همچنین باید این موضوع را نیز در نظر گرفت، که میزان Vpeak به عنوان متغیر تثبیت کننده در بعد از تمرین افزایش یافته، از طرفی میزان شاخص لی در بعد از تمرین کاهش یافته است. در نتیجه، به نظر می رسد انجام فعالیت های منظم هوازی، مصرف مکمل آنتی اکسیدانی کوآنزیم Q10 و ترکیبی از این دو، احتمالاً سیستم آنتی اکسیدانی بدن را جهت مقابله با رادیکال های آزاد بهبود می بخشد، که یکی از عوامل اصلی در پیشگیری از بیماری های قلبی و عروقی در افراد سالمند است.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل نتایج پایان نامه دانشجویی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی استان تهران می باشد که از دانشگاه مذکور و تمامی عوامل دخیل و همکار تشکر می شود.

ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه، تمامی قوانین راهنمای انستیتوی

carnosine on prooxidant-antioxidant status in heart tissue, plasma and erythrocytes of rats with isoproterenol-induced myocardial infarction. *Pharmacol Rep*. 2014;66(1):81-6.

10. Díaz-Casado ME, Quiles JL, Barriocanal-Casado E, González-García P, Battino M, López LC, et al. The paradox of coenzyme Q10 in aging. *Nutrients*. 2019;11(9):2221.

11. Madmani ME, Yusuf Solaiman A, Tamr Agha K, Madmani Y, Shahrour Y, Essali A, et al. Coenzyme Q10 for heart failure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014(6):Cd008684.

12. Sangsefidi ZS, Yaghoubi F, Hajiahmadi S, Hosseinzadeh M. The effect of coenzyme Q10 supplementation on oxidative stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Food Sci Nutr*. 2020;8(4):1766-76.

13. Modir M DF TN, Mohammadi M, Firoozmand H. The effects of four weeks of intense endurance training with coenzyme Q10 supplementation on the activity of antioxidant enzymes in female Sprague-Dawley rats. *Journal of the Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences* 2014;57(3):587-95 (in Persian). 2014;57(3):587-95.

14. Vincent HK, Bourguignon CM, Vincent KR, Weltman AL, Bryant M, Taylor AG. Antioxidant supplementation lowers exercise-induced oxidative stress in young overweight adults. *Obesity*. 2006;14(12):2224-35.

15. Freiburger E, Sieber C, Pfeifer K. Physical activity, exercise, and sarcopenia—future challenges. *Wiener Medizinische Wochenschrift*. 2011;161(17):416-25.

16. Mohamadi, Eftekhari, Seresht N. The effect of 8 weeks of increasing endurance training on superoxide dismutase activity and malondialdehyde levels in the heart tissue of rats with type 2 diabetes. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. 2020;19(5):261-8 (in Persian).

17. Parsa Shkooch H, Saghebjoor M, Nazemi S, Hedayati M. The effect of continuous and interval endurance training on superoxide dismutase and catalase activity in sensory roots of spinal cord in diabetic neuropathic rats. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2018;25(5):669-77.

18. Ghasemi E AM, Zarban A. The effects of 10 weeks of high intensity interval training and green tea supplementation on serum levels of sirtuin 1 and catalase in overweight women. *Sport Physiology (research on sport science)*. 2017;8(32 #M0099).

19. Pala R, Beyaz F, Tuzcu M, Er B, Şahin N, Cinar V, et al. The effects of coenzyme Q10 on oxidative stress and heat shock proteins in rats subjected to acute and chronic exercise. *J Exerc Nutr Biochem*. 2018;22:14-20.

20. Rezaei S, Abbassi DA, Barari A, Ahmadi M. Effect of Eight Weeks Aerobic Training on The Levels of Antioxidant Enzymes in The Heart Tissue

of Type 2 Diabetic Rats. *Journal of Animal Physiology and Development (Quarterly Journal of Biological Sciences)* 2020.

21. Mohammadi F, Nikseresht F. The effect of 8 weeks of increasing endurance training on superoxide dismutase enzyme activity and malondialdehyde levels in the heart tissue of type 2 diabetic rats. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. 2020.

22. Abbasi S, Khaledi N, Askari H. High intensity interval training increases the expression of hippocampus BDNF gene and decreases the serum $\text{tnf-}\alpha$ in Diabetic Rat. *Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services*. 2020;42(5):591-600.

23. Ghasemi A, Jeddi S, Kashfi K. The laboratory rat: Age and body weight matter. *EXCLI journal*. 2021;20:1431-45.

24. Rezaei R, Nourshahi M, Khodaghali F, Haghparsat A, Nasoohi S, Bigdeli M, et al. Differential impact of treadmill training on stroke-induced neurological disorders. *Brain Injury*. 2017;31(13-14):1910-7.

25. Eskandari A, Fashi M, Dakhili AB. Effect of high intensity interval and continuous endurance training on TRF2 and TERT gene expression in heart tissue of aging male rats. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2019;21(2):43-9.

26. Bedford TG, Tipton CM, Wilson NC, Oppliger RA, Gisolfi CV. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures. *J Appl Physiol*. 1979;47(6):1278-83.

27. Samimi F BM, Eftekhari E, Jalali Mashayekh F. Effect of Coenzyme Q10 Supplementation on Liver Total Oxidant/Antioxidant Status in Streptozotocin-induced Diabetic Rats. *J Arak Uni Med Sci* 2019;22(4):28-39.

28. Mahdi Modir FD, Nader Tanideh, Mahdi Mohamadi, Hengameh Firoozmand. The effects of short and middle times aerobic exercise with high intensities on ingredients antioxidant in female Sprague Dawley rats *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*. 2014.

29. Høydal MA, Wisløff U, Kemi OJ, Ellingsen Ø. Running speed and maximal oxygen uptake in rats and mice: practical implications for exercise training. *Eur J Prev Cardiol*. 2007;14(6):753-60.

30. Shekarri H, Galehdari, Khorsandi. Protective effects of aerobic exercise and crocin consumption on doxorubicin-induced oxidative stress in heart tissue of male rats. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2020;15(2):11-20 (in Persian).

31. Schaun MI, Motta LL, Teixeira R, Klamt F, Rossato J, Lehn AM, et al. Preventive physical training partially preserves heart function and improves cardiac antioxidant responses in rats after myocardial infarction preventive physical training and myocardial infarction in rats. *In J Sport Nutr Exerc Metab*. 2017;27(3):197-203.

32. Mohammadi E, Nikseresh F. The effect of 8

- weeks of increasing endurance training on superoxide dismutase enzyme activity and malondialdehyde levels in heart tissue of type 2 diabetic rats. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. 2020;(in persian)
33. Lee BJ, Tseng YF, Yen CH, Lin PT. Effects of coenzyme Q10 supplementation (300 mg/day) on antioxidation and anti-inflammation in coronary artery disease patients during statins therapy: a randomized, placebo-controlled trial. *Nutr J*. 2013;12(1):1-9.
34. Jorat MV, Tabrizi R, Kolaheido F, Akbari M, Salami M, Heydari ST, et al. The effects of coenzyme Q10 supplementation on biomarkers of inflammation and oxidative stress in among coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Inflammopharmacology*. 2019;27(2):233-48.
35. Modir M DF, Tanide N, Mohammadi M, Firoozmand H. The effects of four weeks of intense endurance training with coenzyme Q10 supplementation on the activity of antioxidant enzymes in female Sprague-Dawley rats. *Journal of the Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences*. 2014;57(3):587-95(in persian).
36. Ebrahimi S, Haghighi AM, Hosseini A, Nikkha K. The effect of eight weeks of combined training (aerobic-resistance) on the activity of antioxidant enzymes in women with multiple sclerosis with sexual cycle. *Daneshvar Medicine: Basic and Clinical Research Journal*. 2018;25(135):19-26.(in persian).
37. Marius-Daniel R, Stelian S, Dragomir C. The effect of acute physical exercise on the antioxidant status of the skeletal and cardiac muscle in the Wistar rat. *Romanian Biotechnol Lett*. 2010;15(3):56-61.
38. Ristow M, Zarse K, Oberbach A, Klötting N, Birringer M, Kiehnopf M, et al. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proceed Natl Acad Sci*. 2009;106(21):8665-70.
39. Seyfi S, Salehpour. Effect of crocin supplementation on the changes of malondialdehyde and catalase in cardiomyocytes of male rats poisoned with hydrogen peroxide. *Qom Univ Med Sci J*. 2019;13(8):5-13(in persian).
40. Ahmadi-kavandi M AK, Gheysari S. The effect of increasing resistance training on malondialdehyde concentration and superoxide dismutase enzyme activity in inactive elderly women. *Journal of Paramedical Faculty of Tehran University of Medical Sciences (Pyavard Salmat)*. 2019;(in persian).
41. Xue R, Wang J, Yang L, Liu X, Gao Y, Pang Y, et al. Coenzyme Q10 ameliorates pancreatic fibrosis via the ROS-triggered mTOR signaling pathway. *Oxid Med Cell Long*. 2019;2019.
42. Abbasi delooyi A RS, Barari A, Ahmadi M. The effect of eight weeks of aerobic training on the levels of antioxidant enzymes in the heart tissue of type 2 diabetic rats. *Animal physiology and development*. 2020;13(4):49-60(in persian).
43. Belviranli M, Okudan N. Well-Known Antioxidants and Newcomers in Sport Nutrition: Coenzyme Q10, Quercetin, Resveratrol, Pterostilbene, Pycnogenol and Astaxanthin. In: Lamprecht M, editor. *Antioxidants in Sport Nutrition*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis 2015 by Taylor & Francis Group, LLC.; 2015.
44. Zhang ZW, Xu XC, Liu T, Yuan S. Mitochondrion-Permeable Antioxidants to Treat ROS-Burst-Mediated Acute Diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2016;2016:6859523.
45. Zarei P, Rezvanfar MR, Ansarihadipour H, Delavar M, Abdollahi M, Khosrowbeygi A. Effects of coenzyme Q10 supplementation on the serum levels of amylase, adenosine deaminase, catalase, and total antioxidant capacity in women with type 2 diabetes mellitus: A randomized, double-blind placebo-controlled trial. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 2018;23.