

Research Paper

The Effect of Q<sub>10</sub> Supplementation on Lipid and DNA Degradation Indices Following an Acute Physical Activity



Babak Bazei<sup>1</sup>, \*Afshar Jafari<sup>2</sup>, Aliakbar Malekiran<sup>3</sup>

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Islamic Azad University, Karaj Branch, Alborz, Iran.
2. Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Department of Biology, Faculty of Basic Science, Payame Noor University, Tehran, Iran.



**Citation** Bazei B, Jafari A, Malekiran A. [The Effect of Q<sub>10</sub> Supplementation on Lipid and DNA Degradation Indices Following an Acute Physical Activity (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2021; 20(5):474-485. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.20.5.2508>

**doi** <https://doi.org/10.32598/JSMJ.20.5.2508>



Received: 20 Aug 2021

Accepted: 15 Sep 2021

Available Online: 01 Dec 2021

**Keywords:**

Aerobics exercise, Coenzyme Q<sub>10</sub>, Lipid peroxidation, DNA damage

**ABSTRACT**

**Background and Objectives** The use of antioxidant supplements improves and reduces oxidative stress factors following intense exercise. Exhaustion was performed in female athletes.

**Subjects and Methods** 14 female athletes with an age range of 20 to 28 years and a maximum oxygen consumption of 42-52 ml/kg/min in a quasi-experimental design randomly divided into two groups receiving coenzyme Q<sub>10</sub> supplementation and placebo (5 mg/kg body weight). After 14 days of coenzyme Q<sub>10</sub> supplementation, the subjects performed an intense, debilitating activity. Urine samples were collected in three stages (baseline, before and 24 hours after exhaustive activity) to determine the concentration of 8-OHdG and MDA.

**Results** There was a significant difference of 62% in the increasing response of urinary 8-OHdG to an exhausting aerobic exercise session (P=0.003). However, the 2% difference in the increasing urinary MDA response of the supplement and placebo groups was not significant after the last quasi-competitive aerobic training session (P=0.7).

**Conclusion** According to the results of the study, two weeks of high-pressure aerobic training causes DNA damage and lipid peroxidation in female athletes, and supplementation with Q<sub>10</sub> helps prevent the 8-OHdG response of female athletes after a strenuous high-pressure aerobic training session and reduces DNA damage. Become athlete

**\* Corresponding Author:**

Afshar Jafari, PhD.

**Address:** Department of Biological Sciences in Sport, Faculty of Sports Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

**Tel:** +98 (914) 1168561

**E-Mail:** af\_jafari@sbu.ac.ir

## مقاله پژوهشی

اثر مکمل‌یاری  $Q_{10}$  بر شاخص‌های تخریب لیپیدی و DNA متعاقب یک جلسه فعالیت بدنی وامانده‌سازبابک بازه<sup>۱</sup>، \* افشار جعفری<sup>۲</sup>، علی‌اکبر ملکی‌راد<sup>۳</sup>

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز، ایران.

۲. گروه علوم زیستی در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و بهداشت، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران.

## چکیده

تاریخ دریافت: ۲۹ مرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۴ شهریور ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۰ آذر ۱۴۰۰

**زمینه و هدف:** استفاده از مکمل‌های ضد اکسایشی سبب بهبود و کاهش عوامل فشار اکسایشی به دنبال فعالیت ورزشی شدید حاد می‌شود؛ بنابراین هدف تحقیق حاضر بررسی اثر تمرین ایروبیک پرفشار همراه با مکمل‌یاری  $Q_{10}$  بر شاخص‌های تخریب لیپیدی و DNA متعاقب یک جلسه تمرین وامانده‌ساز در زنان ورزشکار انجام شد.

**روش بررسی:** چهارده زن ورزشکار با دامنه سنی ۲۰ الی ۲۸ سال و اکسیژن مصرفی بیشینه ۵۲-۴۲ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه در قالب یک طرح نیمه‌تجربی به صورت تصادفی در دو گروه دریافت‌کننده مکمل کوانزیم  $Q_{10}$  و دارونما جایگزین شدند. آزمودنی‌ها پس از چهارده روز تحت مکمل‌یاری کوانزیم  $Q_{10}$ ، یک فعالیت شدید وامانده‌ساز انجام دادند. نمونه‌های ادرار طی سه مرحله (پایه، قبل و ۲۴ ساعت بعد فعالیت وامانده‌ساز) جهت تعیین غلظت 8-OHdG و MDA جمع‌آوری شد.

**یافته‌ها:** تفاوت ۶۲ درصدی پاسخ فزاینده 8-OHdG ادراری به یک جلسه تمرین ایروبیک وامانده‌ساز معنادار بود ( $P=0/003$ )، ولی تفاوت ۲ درصدی پاسخ فزاینده MDA ادراری گروه‌های دریافت‌کننده مکمل و دارونما پس از آخرین جلسه تمرین ایروبیک شبه‌رقابتی معنادار نبود ( $P=0/7$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج تحقیق، دو هفته تمرین ایروبیک پرفشار باعث آسیب DNA و پراکسیداسیون لیپیدی زنان ورزشکار می‌شود و مکمل‌یاری  $Q_{10}$  از پاسخ فزاینده 8-OHdG ادرار زنان ورزشکار متعاقب یک جلسه تمرین ایروبیک پرفشار وامانده‌ساز جلوگیری کرده و سبب کاهش آسیب DNA در ورزشکاران می‌شود.

## کلیدواژه‌ها:

ورزش ایروبیک، کوانزیم

 $Q_{10}$ ، پراکسیداسیون

لیپیدی، آسیب DNA

## مقدمه

و به دو دسته حرکات پرفشار با جهش و کم‌فشار بدون جهش تقسیم می‌شود. طبق آمار، این ورزش به عنوان ورزشی پرجاذبه و طرفدار و جزو ششمین فعالیت ورزشی مورد پسند جهان به شمار می‌رود [۱].

فعالیت‌های ورزشی وامانده‌ساز مانند تمرینات ایروبیک پرفشار با افزایش مصرف اکسیژن در عضلات فعال و بیشتر شدن انتقال الکترون در زنجیره تنفسی و در نتیجه نشت الکترون از میتوکندری منجر به افزایش تولید بنیان‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن و در نتیجه بروز فشار اکسایشی در بدن می‌شوند [۲].

در این راستا، آرچف و همکاران گزارش کردند که اکسیژن

امروزه شرکت در برنامه‌های ورزشی منظم، به‌ویژه تمرینات هوازی، یک ضرورت انکارناپذیر برای پیشگیری از بروز بیماری‌ها و بهبود کیفیت زندگی به شمار می‌رود. بیش از چهل سال است که نوعی تمرین هوازی به نام ایروبیک با حرکات موزون به شکل فزاینده در بیشتر جوامع، به‌ویژه در میان بانوان رواج پیدا کرده است.

ورزش ایروبیک، ترکیبی از گام‌های ریتمیک هوازی همراه با حرکات موزون است که با ضرب‌آهنگ موسیقی انجام می‌شود

## \* نویسنده مسئول:

دکتر افشار جعفری

نشانی: تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، گروه علوم زیستی ورزش.

تلفن: ۱۱۶۸۵۶۱ (۹۱۴) ۹۸+

رایانامه: af\_jafari@sbu.ac.ir

اکسایشی بنیان‌های آزاد محسوب می‌شود. از بین بازهای پورینی و پیریمیدینی، گوانین استعداد بیشتری به اکسایش دارد، به طوری که در نتیجه حمله بنیان هیدروکسیل به موقعیت هشتم مولکول گوانین، ترکیبی به نام 8-OHdG تولید می‌شود.

این ترکیب، در نتیجه فرایندهای ترمیم DNA آزاد شده و بدون متابولیزه شدن در ادرار دفع می‌شود. خاصیت موتازنیک 8-OHdG کاملاً شناخته شده است؛ بنابراین ترکیب مذکور به عنوان نشانگرهای زیستی مهم فشار اکسایشی سلولی و محصول ترمیم DNA مد نظر است. از آنجا که 8-OHdG تعادل دینامیکی بین آسیب اکسایشی DNA و سرعت ترمیم آن را نشان می‌دهد اندازه‌گیری این ترکیب در ادرار در ارزیابی آسیب DNA در کل بدن حائز اهمیت است [۱۰].

به هر حال، محققین قصد دارند تا با روش‌های مختلف از بروز فشار اکسایشی و تخریب DNA ناشی از فعالیت‌های سنگین هوازی جلوگیری کنند. در این راستا، می‌توان به اثرات مفید کوآنزیم Q<sub>10</sub> یا یوبی‌کینون به عنوان یک ضد اکساینده قوی محلول در چربی اشاره داشت که جزئی از زنجیره انتقال الکترون درون غشای میتوکندری است و در تمام سلول‌های بدن، از جمله قلب، کبد، کلیه و لوزالمعده از اسید آمینه تیروزین، طی هفته مرحله ساخته شده و به عنوان یک لاشه‌خوار بنیان‌های آزاد، موجب حذف بنیان‌های آزاد می‌شود که در نتیجه می‌تواند از بروز پاسخ‌های ورزشی نامطلوب ناشی از فشار اکسایشی و تخریب DNA جلوگیری کند [۶].

چنانکه آرمان‌فر و همکاران با بررسی اثر مکمل یاری کوتاه‌مدت کوآنزیم Q<sub>10</sub> بر شاخص‌های فشار اکسایشی و آسیب عضلانی دوندگان نیمه استقامت نخبه، پیشنهاد دادند که استفاده از مکمل‌های طبیعی ضد اکسیدانی می‌تواند باعث افزایش توان ضد اکسایشی؛ بنابراین کاهش مالون دی‌آلدئید و فشار اکسایشی ناشی از فعالیت‌های ورزشی شدید در ورزشکاران شود [۱۱].

در تضاد با این مطالعه، کان و همکاران در تحقیقی عنوان کردند که مصرف سیصد میلی‌گرم مکمل کوآنزیم Q<sub>10</sub> به مدت چهار هفته نمی‌تواند بر مالون دی‌آلدئید تام سرمی پس از فعالیت ورزشی در عضلات اسکلتی و کبد تأثیر بگذارد [۱۲]. علاوه بر این، سامیدا و همکاران تأثیر یک جلسه دویدن وامانده‌ساز روی نوار گردان را بر دفع ادراری 8-OHdG مطالعه کردند و به دلیل عدم مشاهده تغییرات معنادار در مقدار آن، نشان دادند آسیب چندانی به DNA وارد نمی‌شود.

محققان گزارش کردند هرچند فعالیت ورزشی وامانده‌ساز، میزان 8-OHdG را افزایش نمی‌دهد، ولی مکمل یاری بتاکاروتن موجب شده تا میزان آسیب وارده بر DNA کاهش یابد. از سوی دیگر، آسیب به DNA سلول‌های سفید خون پس از یک جلسه فعالیت ورزشی گزارش شده است [۱۳].

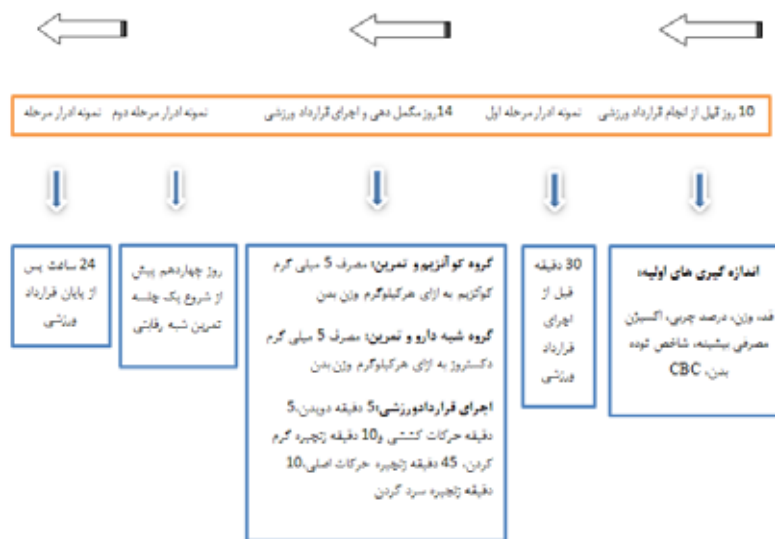
مصرفی بیشینه در جلسات پرفشار نسبت به جلسات کم‌فشار ۱۲ الی ۱۴ درصد بیشتر بود [۲]؛ بنابراین عدم تعادل بین تولید بنیان‌های آزاد اکسیژن و ظرفیت دفاع ضد اکسایشی بدن که فشار اکسایشی نام دارد، به دنبال ورزش ایجاد شده و طی فرایند لیپید پراکسیداسیون بنیان‌های آزاد به اجزای سلولی، به‌ویژه اسیده‌های چرب غیر اشباع در غشای سلولی حمله می‌کنند و به تولید بنیان‌های آزاد بیشتری منجر می‌شوند. به این ترتیب که اسیده‌های چرب شکسته شده و گازهای هیدروکربنی و آلدئیدها تشکیل می‌شوند که در بیشتر تحقیقات آلدئیدها، به‌ویژه مالون دی‌آلدئید به عنوان شاخصی جهت ارزیابی فشار اکسایشی استفاده می‌شود [۴].

در این راستا، بگ و همکاران در مطالعات خود عنوان کردند که یک جلسه ورزش وامانده‌ساز (دوچرخه‌سواری با شدت ۷۵ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه) باعث افزایش مالون دی‌آلدئید در ادرار مردان ورزشکار شد [۵]. همان‌طور که ذکر شد بروز فشار اکسایشی ممکن است علاوه بر بروز آسیب‌های وارده به فسفولیپیدهای غشایی منجر به آسیب پروتئین‌ها و اسیده‌های نوکلئیک به شکل افزایش پروتئین کربونیل و ۸-هیدروکسی-۲-دزوکسی‌گونوزین (8-OHdG) شود [۶، ۷]. محمدیاری و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز سبب افزایش معنادار 8-OHdG می‌شود [۸].

بر پایه مطالعات، سازوکارهایی که هنگام فعالیت‌های ورزشی می‌توانند موجب تولید بنیان‌های آزاد شوند، عبارت‌اند از: افزایش رهایش هورمون‌های کاتکولامینی هنگام فعالیت ورزشی که با اکسایش خودکار می‌توانند موجب تولید بنیان‌های آزاد و آسیب‌های عضلانی بعدی هنگام فعالیت ورزشی به لحاظ التهاب و آزاد شدن سوپراکسیداز نوتروفیل NADH اکسیداز شوند.

سازوکار دیگری که شاید در دوره‌های فعالیت ورزشی شدید موجب افزایش فشار اکسایشی شود، ریشه در هیپوکسی و اکسیژن‌گیری مجدد دارد و در عضلات فعال رخ می‌دهد که در چارچوب یک چرخه انقباضی و استراحتی عمل می‌کنند. هنگام انقباض، رگ‌ها فشرده می‌شوند و شرایط ایسکمی رخ می‌دهد که همان هیپوکسی است. هنگام استراحت، انتشار دوباره و اکسیژن‌گیری مجدد پس از هیپوکسی احتمالاً موجب کاهش معادل انباشت آن در زنجیره الکترونی میتوکندریایی شود و در نتیجه پدیده معروف به کاهش فشار رخ می‌دهد. در اکسیژن‌گیری دوباره احیای پی‌درپی مونوالکترونیک شاید موجب تبدیل مولکول اکسیژن به بنیان سوپراکسید شود [۹].

بنیان‌های آزاد به واسطه واکنش‌گری بالا مستعد ایجاد آسیب به ماکرومولکول‌ها هستند؛ بنابراین به‌طور بالقوه سمی، موتازن یا کارسینوزن هستند. افزایش فشار اکسایشی و محصول‌های فرعی ناشی از آن به DNA آسیب می‌زند. به نظر می‌رسد DNA هسته و میتوکندری از لحاظ زیستی، یکی از اهداف مهم حمله



### مجله علمی پزشکی جندی شاپور

### تصویر ۱. مراحل شماتیکی اجرای تحقیق

از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری توسط محقق، با تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسش‌نامه‌های سلامت، مورد معاینات پزشکی قرار گرفتند. آزمودنی‌ها نمی‌بایست طی یک ماه قبل از شروع تحقیق به‌طور سرخود یا به دلیل بیماری و تحت نظر کادر تیم پزشکی از دارو و مکمل‌های ضدالتهابی و ضداکسایشی مانند ایبوپروفن، زنجبیل، کافئین و به‌ویژه مکمل کوآنزیم  $Q_{10}$  استفاده کرده باشند.

پس از معرفی کامل موضوع، توضیح اهداف و روش اجرای تحقیق، آزمودنی‌ها با در نظر گرفتن سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی، اکسیژن مصرفی بیشینه، درصد توده چربی بدن با استفاده از دستگاه ضخامت‌سنج پوستی (Skinfold Calipers، مدل Mikosha)، ساخت ژاپن و فرمول چهار نقطه‌ای دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا (چین‌های پوستی سه سر بازویی، فوق خاصره، شکمی و رانی سمت راست)، شاخص‌های فیزیولوژیایی، نداشتن بیماری و آسیب دیدگی و با داشتن حداقل دو سال سابقه شرکت در مسابقات استانی و کشوری بیست نفر آزمودنی انتخاب شدند.

در نهایت، چهارده نفر آزمودنی با در نظر گرفتن شاخص اکسیژن مصرفی بیشینه و تعداد لکوسیت‌های خون محیطی به روش هم‌تاسازی در دو گروه هفت نفری همگن انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه مکمل کوآنزیم  $Q_{10}$  و دارونما (روزانه پنج میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به مدت چهارده روز) جایگزین شدند. در تصویر شماره ۱، مراحل اجرای تحقیق نشان داده شده است.

### اندازه‌گیری توان هوازی

توان هوازی یا اکسیژن مصرفی بیشینه به وسیله آزمون

براون و همکاران نیز نشان دادند که مصرف پنج کپسول سی میلی‌گرمی از کوآنزیم  $Q_{10}$  به صورت مصرف یک کپسول دو روز قبل از اجرای آزمون همراه با شام، سه کپسول روز قبل از آزمون، یک کپسول روز آزمون دوییدن، موجب کاهش فشار اکسایشی (کاهش هیدروپراکسیداز غشایی، 8-OHdG و تولید ایروپروستان)، همچنین افزایش کاتالاز و ظرفیت ضداکسایشی تام می‌شود [۱۴].

مطالعات بسیاری محدودی تاکنون به بررسی اثربخشی مکمل یاری کوآنزیم بر رادیکال‌های آزاد و فشار اکسایشی تولیدشده به دنبال فعالیت ورزشی شدید و حاد پرداختند؛ بنابراین با توجه به مطالعات متناقض و محدود در این زمینه و عدم بررسی جامع اثرات این مکمل بر شاخص‌های 8-OHdG و مالون دی‌آلدئید ادراری زنان ورزشکار، مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر تمرین ایروبیک پرفشار همراه با مکمل یاری  $Q_{10}$  بر شاخص‌های تخریب لیپیدی و DNA متعاقب یک جلسه تمرین وامانده‌ساز در زنان ورزشکار انجام شد.

### روش بررسی

تحقیق حاضر در قالب طرح‌های نیمه‌تجربی دو گروهی (دریافت‌کننده مکمل و دارونما) با اندازه‌گیری‌های مکرر (سه مرحله نمونه‌گیری ادرار) به صورت دوسوکور انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر، ورزشکاران زن سالم ایروبیکی کار و غیرسیگاری شرکت‌کننده در مسابقات ملی استان آذربایجان شرقی (با دامنه سنی ۲۰ الی ۲۸ سال، اکسیژن مصرفی بیشینه ۴۲-۵۲ میلی‌لیتر / کیلوگرم / دقیقه و با شاخص توده بدنی ۲۱-۲۰ کیلوگرم بر مترمربع) بود.

همه ورزشکاران داوطلب با حضور در جلسه هماهنگی و پس

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فیزیولوژیکی و آنترپومتریکی زنان ایروبیکی کار

میانگین ± انحراف معیار						گروه
VO2max	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	درصد چربی	قد (cm)	وزن (kg)	سن (سال)	
۴۲/۶۰ ± ۵/۵۰	۲۱/۵۶ ± ۲/۰۸	۲۲/۲۹ ± ۲/۳۵	۱۶۳ ± ۱/۰۵	۵۷/۷۱ ± ۶/۴۷	۲۲/۱۴ ± ۱/۷۷	مکمل کوآنزیم Q <sub>10</sub>
۴۲/۶۱ ± ۳/۷۶	۲۰/۷۲ ± ۳/۴۰	۲۰/۹۸ ± ۳/۳۲	۱۶۲ ± ۰/۵۳	۵۴/۸۷ ± ۹/۶۷	۲۲/۷۵ ± ۲/۶	دارونما

مجله علمی پزشکی

## جندی شاپور

نیز مشابه کپسول‌های مکمل کوآنزیم Q<sub>10</sub> قرار داده شد که هیچ‌یک از آزمودنی‌ها و محقق با توجه به هدف تحقیق، از ماهیت کپسول‌های مصرفی اطلاعی نداشته باشند.

## پروتکل تمرینی

پروتکل تمرینی مطالعه حاضر، شامل شرکت آزمودنی‌ها در یک برنامه تمرینی دو هفته‌ای (مشمول بر یازده جلسه تمرین تقریباً یک الی ۱/۵ ساعته ایروبیکی با شدت ۶۵ الی ۸۵ درصد توان هوازی بیشینه (ضربان قلب ذخیره) با درک شدت بین (سیزده الی نوزده) بود. همچنین به منظور بررسی پاسخ ناشی از یک جلسه تمرین ایروبیکی پرفشار، آخرین قرارداد ورزشی به صورت شبه‌رقابتی و وامانده‌ساز برگزار شد، در حالی که مابقی جلسات تمرینی عمدتاً به شکل برنامه‌های تمرینی رایج ایروبیکی کاران انجام گرفت.

به علاوه، ۲۴ ساعت قبل اولین و آخرین روز قرارداد مکمل‌یاری ورزشکاران به‌طور کامل استراحت کردند. به منظور برآورد توان هوازی از طریق فرمول کارونن، ضربان قلب استراحتی آزمودنی‌ها پس از ده دقیقه استراحت به صورت درازکش با ضربان‌سنج پولار به مدت یک دقیقه ثبت شد، در حالی که ضربان بیشینه آزمودنی‌ها، هنگام اجرای آزمون بروس و از طریق صفحه نمایشگر دستگاه نوار گردان ثبت شد. سپس برای هر یک از آزمودنی‌ها ۸۵ درصد ضربان قلب کارونن با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

ضربان قلب استراحتی + (ضربان قلب استراحتی ضربان قلب

وامانده‌ساز بروس روی نوار گردان (ساخت ایتالیا با مارک Tech-nogym) و فرمول شماره ۱ تعیین شد.

$$VO2 \max = [14/76] - [1/379 (T)] + [0/451 (T^2)] - [0/012 (T^3)]$$

نخستین مرحله این آزمون با سرعت ۱/۷ مایل در ساعت (۲/۷۴ کیلومتر در ساعت) و شیب ۱۰ درصد آغاز شد. سپس، در هر مرحله، ۱/۳ کیلومتر در ساعت به سرعت و ۲ درصد به شیب دستگاه اضافه شد. زمان واماندگی، هنگامی بود که آزمودنی‌ها قادر به ادامه فعالیت دویدن نبودند. همچنین، آزمودنی‌ها قبل از شرکت در قرارداد ورزشی با استفاده از حرکات کششی و نرمشی طی مدت پانزده دقیقه بدن خود را گرم کردند.

قرارداد مکمل‌یاری کوآنزیم Q<sub>10</sub>

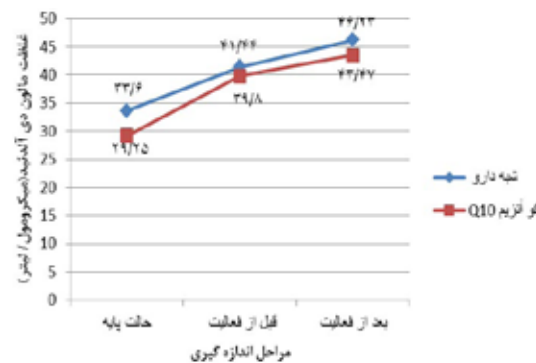
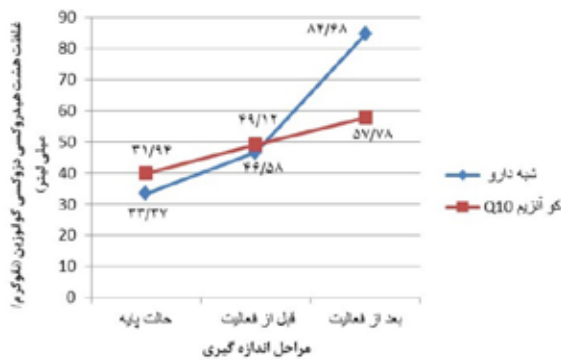
کپسول‌های کوآنزیم Q<sub>10</sub> از شرکت Nature Made آمریکا با مجوز بهداشتی IRC302030121086 از اداره کل نظارت بر مواد غذایی وزارت بهداشت تهیه شد. همچنین، جهت کنترل تغذیه آزمودنی‌ها در طول طرح تحقیق از پرسش‌نامه یادآمد ۲۴ ساعته رژیم غذایی استفاده شد. سپس، هر یک از آزمودنی‌ها به مدت چهارده روز بر اساس وزن بدن، روزانه دو عدد کپسول تهیه شده (گروه مکمل‌یاری: پنج میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز کوآنزیم Q<sub>10</sub> و گروه دارونما: به همان میزان دکستروز) به صورت دو وعده صبح و شب مصرف می‌کردند. دارونما (دکستروز)

جدول ۲. تغییرات مالون دی‌آلدئید (میکرومول / میلی‌لیتر) و ۸-هیدروکسی-۲-دزوکسی گوانوزین (نانوگرم / میلی‌لیتر) در ادرار زنان ورزشکار متعاقب دو هفته تمرین ایروبیکی پرفشار همراه با مکمل‌یاری کوآنزیم Q<sub>10</sub> (طی مراحل سه‌گانه قبل و بعد از دوره مکمل‌یاری و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین وامانده‌ساز)

میانگین ± انحراف معیار			گروه	شاخص
۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین شبه‌رقابتی	۳۰ دقیقه قبل از آخرین جلسه تمرین شبه‌رقابتی	مرحله پایه		
۵۸/۷۸ ± ۲۷/۱۹	۴۹/۲۱ ± ۱۶/۱۳	۳۱/۹۴ ± ۱۵/۶۶	مکمل Q <sub>10</sub>	8-OHdG
۸۴/۶۸ ± ۲۱/۸۷	۴۶/۵۸ ± ۲۲/۹۳	۳۳/۳۷ ± ۱۵/۵۷	دارونما	
۴۳/۴۷ ± ۱۳/۳۳	۳۹/۸۰ ± ۱۱/۹۶	۲۹/۲۵ ± ۵/۷۵	مکمل Q <sub>10</sub>	MDA
۴۶/۲۳ ± ۷/۹۳	۴۱/۴۴ ± ۱۵/۷۸	۳۳/۶۸ ± ۷/۲۱	دارونما	

مجله علمی پزشکی

## جندی شاپور



### جندی شاپور

تصویر ۲. تغییرات 8-OHdG (نانوگرم / میلی لیتر) (سمت چپ) و مالون دی آلدئید (میکرومول / میلی لیتر) (سمت راست) ادرار زنان ورزشکار متعاقب دو هفته

طول موج ۵۳۲ نانومتر تعیین شد. آسیب اکسایشی DNA نیز توسط 8-OHdG نمونه‌های ادرار که یکی از شاخص‌های DNA اکسید شده است، به روش ELISA با استفاده از کیت (Bioassay Technology, Catalog No. E1436Hu, China) با حساسیت بالای ۰/۲۵ نانوگرم / میلی لیتر و دامنه سنجش ۰/۵ الی ۱۰۰ نانوگرم / میلی لیتر اندازه‌گیری شد.

### روش‌های آماری

داده‌های مطالعه حاضر به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شد. پس از تأیید توزیع طبیعی (با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک) و همگنی داده‌های حاصله در مرحله اول (با استفاده از آزمون تی مستقل)، فرضیه‌های تحقیق با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس یا اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون‌های تعقیبی بونفرونی با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS نسخه ۱۹، در سطح معناداری ۰/۰۵ بررسی شد.

### یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها (سن، وزن، قد، شاخص توده بدن، درصد چربی و اکسیژن مصرفی بیشینه) و تغییرات شاخص‌های مورد مطالعه طی مراحل مختلف به ترتیب در جداول شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است.

افزایش 8-OHdG ادراری زنان ورزشکار دریافت‌کننده مکمل و دارونما پس از دوره چهارده روزه تمرین ایروبیک پرفشار معنادار نبود ( $P > 0.05$ ). از طرفی، پاسخ فزاینده 8-OHdG ادراری (با افزایش ۸۲ درصدی) پس از آخرین جلسه تمرین ایروبیک شبه‌رقابتی تنها در گروه دریافت‌کننده دارونما معنادار بود ( $P > 0.05$ ), در حالی که پاسخ فزاینده ۲۰ درصدی این شاخص در گروه مکمل پس از آخرین جلسه تمرین ایروبیک شبه‌رقابتی معنادار نبود ( $P > 0.05$ ).

به عبارتی، تفاوت ۶۲ درصدی پاسخ فزاینده 8-OHdG ادراری به یک جلسه تمرین ایروبیک وامانده‌ساز معنادار بود ( $P > 0.05$ ).

بیشینه) ۸۵ درصد ضربان قلب کارونن ضربان قلب هنگام فعالیت ورزشی.

قبل و بعد از هر جلسه تمرینی هریک از ورزشکاران به مدت ۲۰-۱۰ دقیقه با استفاده از حرکات کششی، نرمشی و اجرای زنجیره حرکات سبک به ترتیب گرم و سرد کردند. در مرحله بعد، شروع اجرای زنجیره حرکات ایروبیک با ضربان قلب ۱۴۰ بار در دقیقه آغاز شد. زمان استراحت بین هر دور از اجرا در آخرین جلسه دست کم پنج دقیقه به طول انجامید که در زمان استراحت بین دوره‌ها برگشت به حالت اولیه فعال انجام گرفت.

ضربان قلب ایروبیک‌کاران در تمام طول اجرا پس از اتمام زنجیره توسط خود آزمودنی‌ها از نبض مچ دست کنترل شد. زنجیره حرکات شامل ۳۲۰ ضرب از حرکات ایروبیک پرفشار بود که از ده زنجیره ۳۲ ضرب تشکیل شده بود که این زنجیره با درک شدت ۱۵-۱۳ در دقیقه در طول یازده جلسه تمرین به صورت مکرر اجرا شد و جلسه دوازدهم با شدت مسابقه‌ای و با ضرب‌آهنگ ۱۶۰ ضربه در دقیقه انجام یافت.

### نمونه‌گیری‌های ادراری و روش‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های ادرار در سه مرحله (مرحله اول: قبل از شروع دوره چهارده روزه مکمل‌یاری و سی دقیقه قبل از اجرای پروتکل تمرینی؛ مرحله دوم: پس از تکمیل دوره چهارده روزه مکمل‌یاری و سی دقیقه قبل از شروع جلسه تمرین شبه‌رقابتی و مرحله سوم: ۲۴ ساعت پس از پایان پروتکل تمرینی) به میزان دو میلی لیتر جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌های ادراری با استفاده از سانتریفیوژ (a32 Rotofix ساخت شرکت Hettich آلمان) تهیه و نمونه‌ها تا زمان تجزیه و تحلیل در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

مقادیر مالون دی آلدئید بر پایه واکنش با تیوباربیتوریک اسید (Thiobarbituric Acid) و با استفاده از روش اسپکتروفتومتری (مدل UV-visible Jasco ساخت شرکت shimadzu ژاپن) در

ضداکسایشی، این توانایی را دارد که سلول‌ها را از آسیب وارده توسط تولید بنیان‌های آزاد و ROS محافظت کند [۲۰].

با این حال، بخشی از نتیجه تحقیق حاضر، در تأیید برخی نتایج مطالعات قبلی مبنی بر افزایش میزان آسیب وارده به DNA طی انجام فعالیت‌های ورزشی نسبتاً شدید با مدت زمان کمتر از دو ساعت حاکی از این است که یک جلسه تمرین ایروبیک پرفشار و امانده‌ساز باعث افزایش معنادار شاخص تخریب DNA در زنان ورزشکار می‌شود [۸، ۵].

از طرفی، نتایج مطالعه حاضر که نشان‌دهنده افزایش معنادار 8-OHdG ادرار زنان ورزشکار پس از آخرین جلسه تمرین ایروبیک و امانده‌ساز در گروه دریافت‌کننده دارونما بود، با نتایج بیشتر مطالعات قبلی همسواست [۲۲، ۲۱، ۸]. در حالی که پاسخ فزاینده این شاخص در گروه مکمل پس از آخرین جلسه تمرین ایروبیک و امانده‌ساز معنادار نبود؛ بنابراین تمرین ایروبیک هم‌زمان با مکمل‌یاری باعث افت پاسخ فزاینده 8-OHdG ادراری پس از یک جلسه تمرین و امانده‌ساز شبه رقابتی می‌شود. این یافته همسو با برخی یافته‌های قبلی مانند امامی و همکاران [۲۳] و الساندرو و همکاران [۲۴] به اثرات ضداکسایشی مکمل‌یاری  $Q_{10}$  می‌تواند اشاره داشته باشد (تصویر شماره ۲).

سازوکار اثرگذاری احتمالی در رابطه با مکمل کوآنزیم  $Q_{10}$  بر پاسخ کاهنده 8-OHdG ممکن است ناشی از افزایش توان ضداکسایشی و حذف بنیان‌های آزاد به صورت مستقیم (واکنش با بنیان پروکسیل) یا ممکن است به دلیل احیای ویتامین‌های C و E به صورت غیرمستقیم، موجب آفت تولید بیش از حد بنیان هیدروکسیل و کاهش 8-OHdG شده باشد [۲۵].

علاوه بر این، احتمال می‌رود که کوآنزیم  $Q_{10}$  با تشکیل یوبی سمی کینون و پراکسید هیدروژن از تشکیل بنیان پروفیریل جلوگیری کند [۲۱] و از طرفی، ممکن است این نوع مکمل‌یاری با افزایش برخی از آنزیم‌های درگیر در فرایند ترمیم DNA باعث بهبود آسیب‌های اکسایشی ناشی از انجام تمرینات بدنی سنگین شود [۲۶].

نتایج برخی تحقیقات نیز به قابل توجه نبودن اثرات مکمل‌یاری  $Q_{10}$  اشاره دارند [۲۷] که این تناقضات ممکن است ناشی از عوامل مختلفی، از جمله نوع آزمودنی، بافت مورد مطالعه و قراردادهای تمرینی باشد [۲۸]. همچنین برخی از محققین به این نکته اشاره دارند که اثرگذاری مکمل‌یاری  $Q_{10}$  بر پاسخ اکسایشی آسیب وارده به DNA به شدت فعالیت انجام‌شده و به‌ویژه فشار اکسایشی ناشی از انجام آن وابسته است [۲۹].

در تأیید این موضوع، بخشی از نتایج تحقیق حاضر به عدم تفاوت معنادار بین مقادیر پایه 8-OHdG ادرار زنان ورزشکار دریافت‌کننده مکمل کوآنزیم  $Q_{10}$  و گروه دارونما اشاره دارد [۳۰]. البته نباید فراموش کرد که محدودیت نمونه‌گیری ادراری ممکن

همچنین، افزایش شاخص مالون دی‌آلدئید ادراری زنان ورزشکار دریافت‌کننده مکمل و دارونما پس از دوره چهارده روزه تمرین ایروبیک پرفشار معنادار نبود ( $P > 0.05$ ).

به علاوه، تفاوت ۲ درصدی پاسخ فزاینده مالون دی‌آلدئید ادراری گروه‌های دریافت‌کننده مکمل و دارونما پس از آخرین جلسه تمرین ایروبیک شبه‌رقابتی معنادار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول شماره ۲، تصویر شماره ۱).

## بحث

در پژوهش حاضر، تأثیر تمرین ایروبیک پرفشار همراه با مکمل‌یاری  $Q_{10}$  بر شاخص‌های تخریب لیپیدی و DNA متعاقب یک جلسه تمرین و امانده‌ساز در زنان ورزشکار بررسی شد. یافته تحقیق حاضر مبنی بر افزایش غیرمعنادار میزان 8-OHdG ادرار زنان ورزشکار متعاقب دو هفته تمرین ایروبیک پرفشار با شدت ۶۵ الی ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره، همسو با نتایج برخی مطالعات قبلی کاسترو و همکاران و فرانز و همکاران حاکی از این است که تمرینات بدنی نسبتاً سنگین ممکن است باعث بروز آسیب وارده به DNA سلول شود [۱۶، ۱۵، ۷].

کاسترو و همکاران در مطالعه‌ای با بررسی تأثیر هشت هفته بیش‌تمرینی (دویدن در شیب منفی) به افزایش معنادار آسیب وارده به DNA در موش‌های صحرایی اشاره کردند [۷]. این آسیب به شکل افزایش شاخص 8-OHdG در مایعات خارج سلولی مانند خون و ادرار قابل اندازه‌گیری است که نقطه قوت کار ما اندازه‌گیری تغییرات این شاخص در ادرار بود که می‌تواند از اعتبار بیشتری برخوردار باشد [۱۷]، چراکه با جمع‌آوری ادرار ۲۴ ساعته کل آسیب وارده به DNA را می‌توان طی دوره ۲۴ ساعته اندازه‌گیری کرد.

در صورتی که در مطالعات استفاده‌شده از سرم و پلاسما برای اندازه‌گیری تغییرات ناشی از انجام تمرین و فعالیت ورزشی، ممکن است دچار نوسانات ناشی از شست‌وشوی کلیوی قرار بگیرد [۱۸]. دلایل احتمالی افزایش تخریب DNA در پی فعالیت ورزشی و امانده‌ساز، واکنش ضد اکساینده‌های درون‌زا و بنیان‌های آزاد تولیدشده در اثر فعالیت ورزشی و امانده‌ساز است که در نهایت به کاهش مواد ضداکسایشی درون‌زا و افزایش تخریب DNA منجر می‌شود.

با این حال، یافته حاضر با نتایج برخی از تحقیقات قبلی در تضاد است. به طوری که برخی از محققین معتقدند میزان آسیب اکسایشی وارده به DNA، نه تنها افزایش نمی‌یابد، بلکه به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد [۱۹]. درباره تناقضات بین نتیجه تحقیق حاضر و یافته‌های مطالعات قبلی باید اذعان داشت که هرچند فعالیت ورزشی شدید می‌تواند به افزایش فشار اکسایشی منجر شود، ولی تمرینات ورزشی منظم با تقویت دستگاه دفاع

است بر نتایج به دست آمده تأثیر گذاشته باشد.

از طرفی، یافته تحقیق حاضر مبنی بر افزایش غیرمعنادار میزان مالون دی آلدئید ادرار زنان ورزشکار متعاقب دو هفته تمرین ایروبیک پرفشار همسو با نتایج برخی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که تمرینات نسبتاً سنگین ورزشی ممکن است باعث بروز آسیب وارده به غشای فسفولیپیدی سلول شود. هرچند، در برخی از مطالعات دامنه تغییرات فزاینده این شاخص را پس از انجام یک دوره تمرینات بدنی معنادار گزارش کرده‌اند [۳۱].

بنابراین با وجود اینکه روند تغییرات فزاینده این شاخص متعاقب انجام تمرینات ایروبیک پرفشار غیرمعنادار بود، اما نباید فراموش کرد که نوع تمرینات بدنی تحقیق حاضر و نیز ماهیت تمرین برخلاف تمرینات استفاده شده در مطالعات قبلی (مانند دوچرخه‌سواری جاده و دویدن‌های طولانی مسافت به شکل منقطع و غیر چرخه‌ای) بسیار متفاوت است [۲۸]؛ بنابراین شدت تمرینات بدنی ایروبیک که به صورت تدریجی بیشتر می‌شد و وجود زمان‌های بازیافت بین دوره‌های اجرا می‌تواند در رابطه با عدم تأثیر قابل توجه این نوع تمرینات بر آسیب وارده به غشای لیپید دخالت اساسی داشته باشد [۳۲].

همچنین، یافته تحقیق حاضر مبنی بر افزایش غیرمعنادار میزان مالون دی آلدئید ادرار متعاقب یک جلسه تمرین ایروبیک پرفشار وامانده‌ساز، همسو با نتایج برخی مطالعات قبلی حاکی از این است که یک جلسه تمرین ایروبیک پرفشار وامانده‌ساز ممکن است باعث بروز آسیب وارده به غشاهای فسفولیپیدی شود که این یافته همسو با بسیاری از مطالعات پیشین بوده است [۳۳].

ماتسون و همکاران در مطالعات خود عنوان کردند که یک جلسه ورزش وامانده‌ساز باعث افزایش معنادار مالون دی آلدئید ادراری شد. در این رابطه باید ادغان داشت که تولید بیش از حد بنیان‌های آزاد همراه با تخلیه ضد اکساینده درون‌زاد مانند گلوکاتانین هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی نسبتاً شدید ممکن است با ایجاد فشار اکسایشی باعث پراکسیداسیون غشاهای لیپیدی و افزایش مالون دی آلدئید ادراری شود [۳۵].

البته نتایج تحقیق حاضر برخلاف برخی از مطالعات قبلی به افزایش غیرمعنادار شاخص مالون دی آلدئید متعاقب انجام دو هفته تمرین ایروبیک پرفشار و یک جلسه تمرین وامانده‌ساز اشاره دارد. به طور کلی، درباره تناقضات بین نتیجه تحقیق حاضر و یافته‌های مطالعات قبلی باید ادغان داشت که عوامل مختلفی، از جمله ویژگی‌های آزمودنی‌ها (نوع، نژاد، جنس، سن، میزان سلامت، آمادگی قبلی و ترکیب بدنی)، نوع قراردادهای ورزشی (شدت، مدت، زمان بازیافت و تکرار)، انقباضات عضلانی (ایستا در مقایسه با سایر انقباضات)، بافت‌های مورد مطالعه (کبد، عضله، قلب، خون و ادرار)، زمان نمونه‌گیری، روش‌های ابزار اندازه‌گیری

(کیت، مواد و دستگاه‌های آزمایشگاهی)، دسترسی به رژیم غذایی هنگام تمرین، مصرف انواع مکمل‌های ورزشی و ضد اکسایشی می‌تواند بر تغییرات این شاخص تأثیر بگذارد [۲۸].

به طوری که در این تحقیق که زنان ۲۸-۲۰ ساله حاضر بودند، می‌توان ادغان داشت به دلیل بالاتر بودن شدت پاسخ اکسایشی در افراد مسن و دخالت بیشتر مکمل‌یاری  $Q_{10}$  در چنین شرایطی ممکن است سهم اثرگذاری در آزمودنی‌های جوان تحقیق حاضر کمتر باشد. علاوه بر این، این احتمال وجود دارد که پایین بودن تغییرات شاخص مالون دی آلدئید زنان متعاقب تمرینات ایروبیک ناشی از دخالت جنسیت و اثرات ضد اکسایشی هورمون استروژن باشد، چراکه بر پایه مطالعات قبلی، زنان به دلیل داشتن هورمون استروژن که نوعی ضد اکساینده تلقی می‌شود از آسیب اکسایشی کمتری نسبت به مردان برخوردار هستند [۳۶].

به علاوه، تأثیر مکمل‌یاری بر مقادیر پایه شاخص‌های ادراری 8-OHdG و مالون دی آلدئید زنان ورزشکار متعاقب دو هفته تمرین ایروبیک پرفشار معنادار نبود. این موضوع ممکن است ناشی از افزایش تدریجی شدت تمرینات بدنی طی دو هفته دوره آماده‌سازی (افزایش احتمالی توان ضد اکسایشی یا پایین بودن فشار اکسایشی اعمال شده) باشد. البته محدودیت‌های موجود در تحقیق حاضر، از جمله عدم اندازه‌گیری ادرار ۲۴ ساعته را نباید از نظر دور داشت.

### نتیجه‌گیری

می‌توان نتیجه گرفت که تمرین ایروبیک هم‌زمان با مکمل‌یاری باعث آفت پاسخ فزاینده 8-OHdG ادراری پس از یک جلسه تمرین وامانده‌ساز می‌شود. با توجه به ارتباط عوامل فشار اکسایشی با شیوع عوامل التهابی به مریدان و دست‌اندرکاران تیم‌های ورزشی توصیه می‌شود که جهت مقابله با کاهش آسیب اکسایشی ناشی از یک جلسه تمرین ایروبیک پرفشار وامانده‌ساز و با در نظر گرفتن جوانب احتیاط، مصرف مکمل‌های ضد اکسایشی را چه از طریق رژیم غذایی یا به صورت مکمل برای ورزشکاران، به عنوان روشی مؤثر جهت پیشگیری از آسیب اکسایشی به دلیل تولید بنیان‌های آزاد و ROS ناشی از فعالیت ورزشی تجویز کنند.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمام مراحل مطالعه به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تبریز با کد اخلاق IR.TBZMED.REC1391.193 رسیده است.

#### حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی،



دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز است. به عبارتی، بخش از یک کار پژوهشی است که در قالب سه پایان نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه‌های تبریز و دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج با کد کارآزمایی بالینی IRCT201206204663N10 انجام شده است.

#### مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان به یک اندازه در نگارش مقاله مشارکت داشته‌اند.

#### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

### References

- [1] Urasanit M, Khonchoom J. The balance effect of the leg muscles plyometric training in aerobics dance. International Academic Multidisciplinary Research Conference in Amsterdam. 2019;57-61. [http://www.ijbts-journal.com/images/main\\_1366796758/AM%2019-13\\_%20Melanie%20Urasanit\\_ICBTS\\_Amsterdam\\_2019.pdf](http://www.ijbts-journal.com/images/main_1366796758/AM%2019-13_%20Melanie%20Urasanit_ICBTS_Amsterdam_2019.pdf)
- [2] Ghorbani R, Tofghi A, Babaei S. [Copper supplementation response to lipid peroxidation and total antioxidant capacity in passive girls following exhaustive activity (Persian)]. *J Appl Health Stud Sport Physiol*. 2017; 4(1):74-81. [DOI:10.22049/JASSP.2019.26562.1227]
- [3] Ammar A, Trabelsi K, Boukhris O, Glenn JM, Bott N, Masmoudi L, et al. Effects of aerobic-, anaerobic-and combined-based exercises on plasma oxidative stress biomarkers in healthy untrained young adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(7):2601. [DOI:10.3390/ijerph17072601] [PMID] [PMCID]
- [4] Amirsasan R, khodaei O, Vakili J. [Effect of High Intensity Interval Training (HIIT) and aerobic continuous training on lipid profile, physiological indicators and aerobic and anaerobic performance in sedentary male (Persian)]. *J Appl Health Stud Sport Physiol*. 2017; 4(1):28-36. [DOI:10.22049/jassp.2019.26482.1193]
- [5] Beg S, Javed S, Kohli K. Bioavailability enhancement of coenzyme Q10: An extensive review of patents. *Recent Pat Drug Deliv Formul*. 2010; 4(3):245-55. [DOI:10.2174/187221110793237565] [PMID]
- [6] Leelarungrayub D, Sawattikanon N, Klaphajone J, Pothongsunan P, Bloomer RJ. Coenzyme Q10 supplementation decreases oxidative stress and improves physical performance in young swimmers: A pilot study. *Open Sports Med J*. 2010; 4:1-8. [DOI:10.2174/1874387001004010001]
- [7] Díaz-Castro J, Guisado R, Kajarabille N, García C, Guisado IM, de Teresa C, et al. Coenzyme Q(10) supplementation ameliorates inflammatory signaling and oxidative stress associated with strenuous exercise. *Eur J Nutr*. 2012; 51(7):791-9. [DOI:10.1007/s00394-011-0257-5] [PMID]
- [8] Mohammadyari S, Gaeini AA, Choobineh S, Hadi H. [The effect of two types of garlic supplementation on DNA damage resulting from exhaustive exercise in non-athlete men (Persian)]. *J Sport Biosci*. 2016; 8(3):323-39. [DOI:10.22059/JSB.2016.59915]
- [9] Sjödin B, Westing YH, Apple FS. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. *Sports Med*. 1990; 10(4):236-54. [DOI:10.2165/00007256-199010040-00003] [PMID]
- [10] Kimoto R, Kambayashi I, Ishimura N. Effect of aged garlic extract supplementation on the change of urinary 8-OHdG content during daily regular and temporary intense exercise. *Sports Med Sci*. 2005; 10:17-26. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=494751>
- [11] Armanfar M, Jafari A, Dehghan GR. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced response of oxidative stress and muscle damage indicators in male runners. *Zahedan J Res Med Sci*. 2015; 17(8):e1023. [DOI:10.17795/zjrms1023]
- [12] Kon M, Kimura F, Akimoto T, Tanabe K, Murase Y, Ikemune S, et al. Effect of Coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats. *Exerc Immunol Rev*. 2007; 13:76-88. <http://eir-isei.de/2007/eir-2007-076-article.pdf>
- [13] Sumida S, Doi T, Sakurai M, Yoshioka Y, Okamura K. Effect of a single bout of exercise and  $\beta$ -carotene supplementation on the urinary excretion of 8-hydroxy-deoxyguanosine in humans. *Free Radic Res*. 1997; 27(6):607-18. [DOI:10.3109/10715769709097864] [PMID]
- [14] Braun B, Clarkson PM, Freedson PS, Kohl RL. Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance, VO<sub>2</sub>max, and lipid peroxidation in trained cyclists. *Int J Sport Nutr*. 1991; 1(4):353-65. [DOI:10.1123/ijns.1.4.353] [PMID]
- [15] Hejazi K, Ghahremani Moghaddam M, Darzabi T. [Effects of an 8-week aerobic exercise program on some indicators of oxidative stress in elderly women (Persian)]. *Iran J Ageing*. 2019; 13(4):506-17. [DOI:10.32598/SJIA.13.4.506]
- [16] Franz A, Joseph L, Mayer C, Harmsen JF, Schruppf H, Fröbel J, et al. The role of oxidative and nitrosative stress in the pathology of osteoarthritis: Novel candidate biomarkers for quantification of degenerative changes in the knee joint. *Orthop Rev*. 2018; 10(2):7460. [DOI:10.4081/or.2018.7460] [PMID] [PMCID]
- [17] Karakükçü Ç, Polat Y, Torun YA, Ortaköylüoğlu Aİ, Katircilar Y. Effects of exogenous coenzyme Q 10 and zinc supplementation on performance and muscular injury in young amateur boxers. *J Anatol Med Res*. 2019; 4(2):37-46. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jamer/issue/47517/545294>
- [18] Tryfidou DV, McClean C, Nikolaidis MG, Davison GW. DNA damage following acute aerobic exercise: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2020; 50(1):103-27. [DOI:10.1007/s40279-019-01181-y] [PMID] [PMCID]
- [19] Fouad AA, Al-Sultan AI, Yacoubi MT. Coenzyme Q10 counteracts testicular injury induced by sodium arsenite in rats. *Eur J Pharmacol*. 2011; 655(1-3):91-8. [DOI:10.1016/j.ejphar.2010.12.045] [PMID]
- [20] Parise G, Brose AN, Tarnopolsky MA. Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults. *Exp Gerontol*. 2005; 40(3):173-80. [DOI:10.1016/j.exger.2004.09.002] [PMID]
- [21] Harty PS, Cottet ML, Malloy JK, Kerksick CM. Nutritional and supplementation strategies to prevent and attenuate exercise-induced muscle damage: A brief review. *Sports Med Open*. 2019; 5(1):1. [DOI:10.1186/s40798-018-0176-6] [PMID] [PMCID]
- [22] Çetin O, Yaşar MN, Demirtaş B, Beyleroğlu M, Eker S, Gürkan AC. Acute effects of pre-workout supplement on aerobic and anaerobic performance in basketball players. *Phys Educ Stud*. 2019; 23(1):16-22. [DOI:10.15561/20755279.2019.0103]
- [23] Emami A, Tofghi A, Asri-Rezaei S, Bazargani-Gilani B. The effect of short-term coenzyme Q10 supplementation and pre-cooling strategy on cardiac damage markers in elite swimmers. *Br J Nutr*. 2018; 119(4):381-90. [DOI:10.1017/S0007114517003774] [PMID]

- [24] Pingitore A, Lima GP, Mastorci F, Quinones A, Iervasi G, Vassalle C. Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*. 2015; 31(7-8):916-22. [DOI:10.1016/j.nut.2015.02.005] [PMID]
- [25] Navas P, Villalba JM, de Cabo R. The importance of plasma membrane coenzyme Q in aging and stress responses. *Mitochondrion*. 2007; 7:S34-40. [DOI:10.1016/j.mito.2007.02.010] [PMID]
- [26] Gül I, Gökbel H, Belviranlı M, Okudan N, Büyükbaş S, Başaralı K. Oxidative stress and antioxidant defense in plasma after repeated bouts of supramaximal exercise: The effect of coenzyme Q10. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011; 51(2):305-12. <https://europepmc.org/article/med/21681167>
- [27] Cooke M, Iosia M, Buford T, Shelmadine B, Hudson G, Kerksick C, et al. Effects of acute and 14-day coenzyme Q10 supplementation on exercise performance in both trained and untrained individuals. *J Int Soc Sports Nutr*. 2008; 5:8. [DOI:10.1186/1550-2783-5-8] [PMID] [PMCID]
- [28] Fauzi F, Budin SB, Azwan S, Yuen LK. The effect of 5-week exercise program on oxidative stress and response to acute exercise among sedentary subjects. *Malaysian J Health Sci*. 2007; 5(2):39-52. <https://ejournal.ukm.my/jskm/article/view-file/34998/9776>
- [29] Moflehi D, Kok LY, Tengku-Fadilah TK, Amri S. Effect of single-session aerobic exercise with varying intensities on lipid peroxidation and muscle-damage markers in sedentary males. *Glob J Health Sci*. 2012; 4(4):48-54. [DOI:10.5539/gjhs.v4n4p48] [PMID] [PMCID]
- [30] Liu M, Zhu H, Hu X, Zhu Y, Chen H. Efficacy of coenzyme Q10 supplementation on glucose metabolism, lipid profiles, and biomarkers of inflammation in women with polycystic ovary syndrome: A protocol for a systematic review and meta-analysis. *Medicine*. 2020; 99(46):e23130. [DOI:10.37766/inplasy2020.10.0013]
- [31] Okudan N, Revan S, Balci SS, Belviranlı M, Pepe H, Gökbel H. Effects of CoQ10 supplementation and swimming training on exhaustive exercise-induced oxidative stress in rat heart. *Bratisl Lek Listy*. 2012; 113(7):393-9. [DOI:10.4149/BLL\_2012\_089] [PMID]
- [32] Wilber RL, Holm PL, Morris DM, Dallam GM, Subudhi AW, Murray DM, et al. Effect of FIO2 on oxidative stress during interval training at moderate altitude. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(11):1888-94. [DOI:10.1249/01.MSS.0000145442.25016.DD] [PMID]
- [33] Stough C, Nankivell M, Camfield DA, Perry NL, Pipingas A, Macpherson H, et al. CoQ10 and cognition a review and study protocol for a 90-day randomized controlled trial investigating the cognitive effects of ubiquinol in the healthy elderly. *Front Aging Neurosci*. 2019; 11:103. [DOI:10.3389/fnagi.2019.00103] [PMID] [PMCID]
- [34] Revan S, Okudan N, Balci SS, Belviranlı M, Pepe H, Gökbel H. [Coenzyme Q10 supplementation and regular physical exercise affect the level of glutathione and superoxide dismutase in the brain (Turkish)]. *Erciyes Med J*. 2013; 35(3):142-7. [DOI:10.5152/etd.2013.43]
- [35] Subudhi AW, Mattson JP. Effects of antioxidant supplementation on oxidative stress in trained cyclists. *USANA Health Sci*. 2000. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1071.2803&rep=rep1&type=pdf>
- [36] Orhan H, van Holland B, Krab B, Moeken J, Vermeulen NP, Hollander P, et al. Evaluation of a multi-parameter biomarker set for oxidative damage in man: Increased urinary excretion of lipid, protein and DNA oxidation products after one hour of exercise. *Free Radic Res*. 2004; 38(12):1269-79. [DOI:10.1080/10715760400013763] [PMID]

This Page Intentionally Left Blank