

## *Effects of High Intensity Interval Training and Consumption of Matcha Green Tea on Malondialdehyde and Glutathione Peroxidase Levels in women*

Homa Naderifar<sup>1</sup>,  
Mojgan Mohammad khani Gangeh<sup>2</sup>,  
Fereshteh Mehri<sup>3</sup>,  
Saeid Shamloo Kazemi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD in Sports Pathology, Excellence Centre of Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>2</sup> MSc in Sports Physiology, Alborz Institute of Higher Education, Alborz, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Nutrition Health Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

<sup>4</sup> PhD Candidate in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

(Received February 9, 2022 ; Accepted July 24, 2022)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Increased production of free radicals occurs due to intense and unconventional physical activity. The present study aimed at evaluating the effect of six weeks of high intensity interval training and Matcha green tea on some cellular oxidants (MDA) and glutathione peroxidase (GPX) in women.

**Materials and methods:** A quasi-experimental applied research was performed in 48 untrained women aged 25-35 years in Tehran, Iran. They were randomly divided into four groups, including supplement (n=12), exercise (n=12), supplement + exercise (n=12), and placebo (n=12). High intensity interval training was performed for six weeks at 85% - 95% maximum heart rate. The supplement groups consumed two capsules of Matcha tea (500 mg) orally daily. MDA and GPX measurements were done using 5mL of blood sampling from the brachial vein at pre-test and post-test stages. Data analysis was carried out in SPSS V23.

**Results:** In current study, high intensity interval training had no significant effect on MDA and GPX indices in inactive women ( $P>0.05$ ). But, consumption of Matcha tea alone and with exercise showed significant effects on reducing MDA and increasing GPX in women ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** It seems that consuming Matcha green tea alongside high intensity interval training in short term can have effects on oxidative stress and antioxidant capacity.

**Keywords:** high intensity interval training, Macha green tea, malondialdehyde, glutathione peroxidase

**J Mazandaran Univ Med Sci 2022; 32 (212): 42-53 (Persian).**

**Corresponding Author: Saeid Shamloo Kazemi** - Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. (E-mail: saeidshamlou9092@gmail.com)

# تاثیر تمرینات تناوبی و مصرف چای سبز ماچا بر عوامل ضد اکسایشی سلولی مالون دی آلدهید و گلوکاتیون پراکسیداز در زنان

هما نادری فر<sup>۱</sup>  
مژگان محمد خانی گنجه<sup>۲</sup>  
فرشته مهری<sup>۳</sup>  
سعید شاملو کاظمی<sup>۴</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** افزایش تولید رادیکال‌های آزاد به دلیل انجام فعالیت‌های بدنی شدید و نامتعارف ایجاد می‌گردد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف چای سبز ماچا بر برخی بیومارکرهای استرس اکسیداتیو سلولی شامل مالون دی آلدهید (MDA) و گلوکاتیون پراکسیداز (GPX) در زنان بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش نیمه تجربی و از نوع کاربردی، در مجموع ۴۸ نفر از زنان ۲۵ تا ۳۵ ساله تمرین نکرده در شهر تهران با فراخوان به روش تصادفی هدف‌دار در چهار گروه ۱۲ نفری مکمل، تمرین، مکمل+تمرین و دارونما قرار گرفتند. برای این منظور تمرینات تناوبی شدید به مدت شش هفته با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب ذخیره اجرا گردید. گروه‌های استفاده‌کننده از مکمل نیز روزانه ۲ عدد کپسول ۵۰۰ میلی گرمی چای سبز ماچا را به شکل خوراکی مصرف کردند. اندازه‌گیری شاخص‌های MDA و GPX با استفاده از خونگیری به مقدار ۵ سی‌سی از ورید بازویی در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS۲۳ استفاده شد.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد تمرین تناوبی با شدت بالا بر MDA و GPX در زنان تأثیر معنی‌داری نداشت ( $P>0/05$ ). اما مصرف چای سبز ماچا و تمرین به همراه مصرف چای ماچا بر کاهش MDA و افزایش GPX در زنان تأثیر معنی‌داری داشت ( $P<0/05$ ).

**استنتاج:** به نظر می‌رسد که مصرف چای سبز با انجام تمرین تناوبی با شدت بالا در کوتاه‌مدت می‌تواند اثرات مفیدی بر کاهش فشار اکسیداتیو و بالا بردن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین تناوبی شدید، چای سبز ماچا، مالون دی آلدهید، گلوکاتیون پراکسیداز

## مقدمه

به طور کلی زندگی روزمره زنان موثر باشد (۱). با این که اغلب پژوهش‌ها نشان دهنده این است که انجام فعالیت بدنی برای سلامتی افراد مفید است (۲)، اما برخی مطالعات بیان کرده‌اند که اگر فعالیت بدنی به صورت

با کاهش فعالیت بدنی مخصوصاً در زنان، اغلب ساختار و عملکرد سیستم‌های فیزیولوژیکی بدن فرسایش پیدا می‌کند. این مسئله می‌تواند به کم‌تحرکی مربوط باشد و بر عملکرد دستگاه‌های بدن، عضلات، ارگان‌ها و

**مؤلف مسئول: سعید شاملو کاظمی** - همدان: دانشگاه بوعلی سینا همدان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

۱. دکتری آسیب شناسی ورزشی، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
  ۲. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، موسسه آموزش عالی البرز، البرز، ایران
  ۳. استادیار، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
  ۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران
- تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۱/۲/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۵/۲

حاد و شدید انجام گیرد می تواند التهاب و کوفتگی بدن را به دنبال داشته باشد و در نهایت دستگاه ایمنی سرکوب گردد (۳). زمانی که فردی تمرینات را بدون آمادگی بدنی انجام دهد، سلامتی او دچار تهدید خواهد شد. انجام فعالیت بدنی بدون داشتن آمادگی لازم، سبب تولید رادیکال‌های آزاد در بدن می‌شود که در نهایت منجر به افزایش اکسایش لیپیدها و پروتئین‌ها و صدمه به سلول، یا حتی مرگ سلولی می‌شوند. یکی از تمرینات رایجی که افراد برای کسب سلامتی آن را انجام می‌دهند، اجرای تمرینات به صورت تناوبی است. در برخی اوقات این تمرینات جهت رسیدن به هدف در کم‌ترین زمان، به صورت شدید انجام می‌شوند. تمرینات شدید باعث افزایش فشار اکسایشی و کاهش دفاع سیستم‌های ضد اکسایشی می‌شوند. که معمولاً به دنبال انجام تمرینات بدنی شدید، درد عضلانی که در عضلات اسکلتی شایع است، ایجاد می‌شود. یکی از روش‌های مقابله با فشار اکسایشی ناشی از ورزش‌های پر شدت و طولانی‌مدت، شرکت در برنامه‌های ورزشی و تمرینی منظم است. در این میان تمرینات تناوبی توجه برخی پژوهشگران را به سوی خود جلب نموده است. فعالیت‌های تناوبی با شدت بالا به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که اولاً تناوبی باشند و ثانیاً شدت آن‌ها بالای ۸۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و یا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه باشد. تمرینات شدید با نقش مثبتی که در کنار ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیک دارند، ممکن است با سیستم دفاع ضد اکسایشی ناکارآمد بدن همراه شود و موجب ایجاد استرس اکسیداتیو و آسیب‌های سلولی گردد (۴). افزایش تولید رادیکال‌های آزاد به دلیل انجام فعالیت‌های بدنی شدید و نامتعارف و همچنین فشار اکسایشی ناشی از آن و خاصیت اکسیدکنندگی رادیکال‌های تولید شده، فرآیندی است که با دانسته‌های افراد در مورد تأثیرات سودمند فعالیت‌های ورزشی، مخالف است (۵). در واقع فعالیت‌های بدنی باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد در بدن انسان می‌شوند که می‌تواند امری خطرناک و

نامطلوب باشد (۶). بنابراین به دنبال فعالیت‌های بدنی تعادل بین ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن به هم می‌خورد که این فرآیند استرس اکسیداتیو نام دارد (۷). مالون‌دی‌آلدهید (MDA: Malondialdehyde) در بین آلدئیدها، یکی از مهم‌ترین آن‌ها است که از آن به عنوان شاخصی برای ارزیابی پراکسیداسیون لیپید نام برده می‌شود. مالون‌دی‌آلدهید یکی از محصولات اصلی از بین برنده اسیدهای چرب غیراشباع به وسیله رادیکال‌های آزاد است و به وسیله رادیکال هیدروکسیل که گروهی از رادیکال‌های آزاد می‌باشد به وجود می‌آید. از MDA به عنوان یکی از شاخص‌های استرس اکسیداتیو نام برده می‌شود (۸). از طرفی آنیون‌های سوپر اکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و پر اکسید هیدروژن، گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشند که توسط میتوکندری در سلول و طی فرآیند فسفوریلاسیون اکسیداتیو ایجاد می‌شوند. در سلول‌های بدن انسان سه سیستم آنزیمی حفاظتی از جمله گلوکاتیون پراکسیداز (GPX) وجود دارد که قادر هستند رادیکال‌های آزاد را به آب تبدیل کنند که این فرآیند امری مهم در حفاظت بدن می‌باشد (۹). کاهش هیدروپراکسیدهای لیپیدی به الکل‌های مربوطه و کاهش پر اکسید هیدروژن آزاد به آب، به عنوان مکانیسم آنزیم گلوکاتیون پراکسیداز می‌باشد. این آنزیم به وسیله گلوکاتیون، پراکسیدها را به الکل کاهیده و در نتیجه از تولید رادیکال‌های آزاد ممانعت به عمل می‌آورد (۱۰). در دهه‌های اخیر و با ارتقا دانش بشری، علوم تغذیه به عنوان یکی از راهکارهای درمانی در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از ورزش اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. اغلب پژوهشگران هم به اهمیت تغذیه مناسب پی برده‌اند و بر توجه ویژه به آن اتفاق نظر دارند. داشتن یک تغذیه مناسب می‌تواند در کاهش آسیب‌های ناشی از ورزش و همچنین بهبودی و کوتاه شدن دوره مصدومیت کمک شایانی نماید (۶). نتایج حاصل از مطالعات گذشته نشان دادند که یکی از شیوه‌های مقابله با اثرات نامطلوب فشار اکسایشی ناشی

از فعالیت شدید و وامانده ساز، استفاده از مکمل یاری کوتاه مدت و بلندمدت مواد ضد اکسایشی است (۵). در این میان، چای به عنوان یک نوشیدنی پر مصرف بعد از آب در میان مردم شناخته شده است (۱۱). مصرف چای سبز به عنوان گونه ای از چای به روش ها و اشکال مختلف بین مردم رواج دارد. ماچا به عنوان یک گونه از چای سبز پودر شده ژاپنی از گونه کاملیا سینسیس (*Camellia sinensis*) می باشد (۱۲). این چای سرشار از منابع آنتی اکسیدانی است که با روش های خاص کشت به دست می آید. از ویژگی های یک چای سبز مقادیر طبیعی آنتی اکسیدانی مانند پلی فنول است که بیش از ۳۰ درصد از چای خشک شده را تشکیل می دهد. پلی فنول یک آنتی اکسیدان بسیار قوی می باشد که به طور استثنا در مقایسه با اثر آنتی اکسیدانی ویتامین های C و E، کاروتن و توکوپرون بیش تر می باشد (۱۳). ظرفیت بالای فنولیکی امکان مقابله فراگیرتر در برابر رادیکال های آزاد در مقایسه با ویتامین را فراهم می کند. از طرف دیگر کافئین به عنوان یکی از اصلی ترین ترکیبات چای شناخته شده و به ظرفیت آنتی اکسیدانی بالقوه آن افزوده است (۱۴). نقش آنتی اکسیدانی کافئین مربوط به خنثی کردن ظرفیت فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی وسطوح گلو تاتیون می شود. در مقدارهای معمول کافئین منجر به کاهش مقاومت استرس اکسیداتیو می شود و همچنین از گسترش رادیکال های آزاد جلوگیری می شود. گیاه ماچا در مقایسه با سایر گونه های چای سبز مقادیر بالاتری از کافئین را در خود دارد (۱۵). پژوهش های انجام شده در مورد تأثیر ورزش و مصرف مکمل بر رادیکال های آزاد و آنتی اکسیدان ها، عمدتاً محدود به تمرینات با بار کم و مصرف مکمل های غیر گیاهی بوده است و در مورد اثرات انواع تمرین شدید و مصرف چای گیاهی بر فشار اکسایشی، گزارش های بسیار اندکی موجود است. در این رابطه کاظمی و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند که ۱۲ هفته مصرف عصاره چای سبز موجب افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، کاهش سطوح مالون دی آلدئید، سوپر

اکسید دیسموتاز، گلو تاتیون پراکسیداز و کاتالاز در پاسخ به یک جلسه فعالیت حاد و وامانده ساز شد (۱۶). حافظی و همکاران (۱۳۹۸)، نیز بیان کردند اجرای تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف عصاره آویشن می تواند تعادل اکسایشی و ضد اکسایشی را در موش های دیابتی بهبود دهد. همچنین اغلب پژوهش ها محدود به پروتکل های یک جلسه ای و بررسی پاسخ های حاد بوده است (۱۷). نظر به این که افراد غیر فعال بیش تر در معرض عوارض ناشی از فشار اکسایشی هستند، پژوهش حاضر در پی پاسخ به این سؤال است که شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف چای سبز ماچا بر برخی عوامل اکسایشی سلولی شامل مالون دی آلدئید (MDA) و گلو تاتیون پراکسیداز (GPX) در زنان چه تأثیری دارد.

## مواد و روش ها

روش مطالعه حاضر نیمه تجربی و از نوع کاربردی بود که در ۴۸ نفر از زنان با سن ۲۵ تا ۳۵ سال تمرین نکرده (حداقل ۵ سال بدون تمرین) انجام شد. همه افراد شرکت کننده در مطالعه از نظر وضعیت عمومی و سلامتی و تندرستی، سوابق درمانی و بیماری ها، مصرف دارو، رژیم غذایی مورد استفاده و میزان فعالیت بدنی روزانه مورد ارزیابی قرار گرفته و همگن شدند. کلیه مراحل پژوهش برای نمونه ها توضیح داده شد. پس از تکمیل و امضای رضایت نامه و فرم اطلاعات فردی، هماهنگی های لازم با افراد شرکت در مطالعه برای انجام مراحل بعدی پژوهش به عمل آمد. این مطالعه کد اخلاق به شماره IR.UMSHA.REC.1400.802 دریافت نمود. همچنین از افراد مورد مطالعه درخواست شد تا قبل از اجرای آزمون، الگوهای خواب طبیعی (حداقل ۸ ساعت خواب)، الگوهای فعالیت های روزانه و رژیم غذایی (۱۲ ساعت حالت ناشتا قبل از آزمون) در طول پژوهش را رعایت کنند و از هر گونه فعالیت بدنی شدید، مصرف مکمل غذایی، مصرف دارو، مصرف قهوه، دخانیات و کائو تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون و تا زمان

جمع آوری نمونه خونی که بر روی سیستم و عملکرد ایمنی تأثیر دارد، خودداری نمایند. به منظور آشنایی افراد شرکت کننده در مطالعه با حرکات و دستگاه مورد استفاده، یک هفته قبل از شروع پروتکل تحقیق، افراد به سالن آمادگی جسمانی و بدن سازی فراخوانده شدند تا با روند تحقیق، نحوه صحیح استفاده از مکمل و شیوه مناسب تمرین آشنا شوند. معیارهای ورود به مطالعه محدوده سن  $5 \pm 30$  سال، عدم مصرف سیگار یا الکل، نداشتن بیماری های جسمی یا ذهنی، عدم استفاده از چای سبز در طول شش ماه گذشته، عدم داشتن رژیم غذایی و عدم حساسیت به داروهای گیاهی بود. معیارهای خروج از مطالعه علائم حساسیت به گیاهان دارویی، کامل نکردن طول مدت پژوهش، بارداری و شیردهی، وجود اضطراب شدید در طی پژوهش، مصرف هرگونه داروی دیگر در حین انجام پژوهش، عدم شرکت در تمرین ورزشی و عدم تکمیل پرسشنامه ها بود (۱۸). همه افراد شرکت کننده در مطالعه به روش تصادفی هدف دار در قالب چهار گروه ۱۲ نفری به شرح ذیل قرار گرفتند:

گروه مکمل: صرفاً به مصرف روزانه مکمل چای سبز ماچا می پرداختند.

گروه تمرین: صرفاً به انجام تمرینات منتخب می پرداختند.

گروه تمرین + مکمل: روزانه مکمل چای سبز ماچا مصرف می کردند و در برنامه تمرینی نیز شرکت می کردند.

گروه دارونما: صرفاً به مصرف روزانه دارونما می پرداختند.

#### اندازه گیری اطلاعات عمومی

سن همه افراد شرکت کننده با استفاده از شناسنامه آنان ثبت شد. برای اندازه گیری وزن بدن، آزمودنی ها با حداقل لباس روی ترازو می ایستادند. وزن بدن به اندازه دهم کیلوگرم ثبت می شد. اندازه گیری وزن بدن با حداقل ۳ ساعت فاصله از مصرف یک وعده غذایی انجام گرفت (۱۹). برای اندازه گیری قد، آزمودنی ها صاف، پشت به دیوار و دقیقاً زیر استادیومتر به حالتی ایستادند که پشت، کفل ها و پاشنه ها در تماس با دیوار بود. سر باید در جهت حد تراز فرانکفورت (Frankfurt plane)

(حد بالایی حفره گوش و حد پایینی حفره چشمی باید بر روی یک صفحه هوریزونتال باشد) قرار می گرفت. آزمودنی ها پیش از اندازه گیری، یک نفس عمیق کشیده و در حین اندازه گیری نگه داشتند (۲۱).

#### برنامه تمرین تناوبی شدید

مدت برنامه تمرینی برای شرکت کنندگان گروه های تمرینی شش هفته بود که با سه جلسه در هفته و مجموعاً در ۱۲ جلسه اجرا گردید. پیش از هر جلسه تمرینی گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه و بعد از پایان هر جلسه تمرین، سرد کردن به مدت ۸-۷ دقیقه انجام شد. وهله های تمرین اصلی نیز به صورت چهار بخش ۴ دقیقه ای با شدت ۸۵ تا ۹۵ درصد HRR به صورت دوییدن روی تردمیل بود که با وهله های استراحت ۳ دقیقه ای، با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد HRR از یکدیگر جدا می شد. جلسات تمرین در فاصله زمانی ۸ تا ۱۲ صبح در سالن ورزشی سرپوشیده و با رعایت پروتکل های بهداشتی انجام شد. به منظور کنترل شدت تمرین، ضربان قلب آزمودنی در طی تمرین کنترل شد. برای تعیین ضربان قلب ذخیره، از فرمول کارونن استفاده شد (۲۲). برای جلوگیری از بیش تمرینی و رعایت اصل اضافه بار غیرخطی یک هفته کاهش بار در هفته سوم لحاظ شد.

سن - ۲۲۰ = حداکثر ضربان قلب ذخیره  
 ضربان قلب استراحت - حداکثر ضربان قلب = ضربان قلب ذخیره  
 + ضربان قلب ذخیره (محدود تمرین %) = ضربان قلب هدف  
 ضربان قلب استراحت

#### نحوه مصرف چای سبز و دارونما

گروه های استفاده کننده از چای سبز، روزانه دو عدد کپسول چای سبز ماچا را به شکل خوراکی که محصول شرکت ماچانو ایران بود، مصرف می کردند. چای سبز در دو وعده صبح و شب (یک ساعت پیش از وعده غذایی اصلی)، توسط آزمودنی ها مصرف می شد. هر کپسول چای سبز ماچا حاوی ۵۰۰ میلی گرم پودر چای سبز ماچا بود که حاوی ۱۱۵ میلی گرم کاتچین و

## روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

اطلاعات به دست آمده بر اساس میانگین و انحراف استاندارد دسته بندی و توصیف شدند. جهت تعیین طبیعی بودن داده ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد و پس از طبیعی بودن توزیع داده ها از آمار پارامتریک استفاده شد. جهت بررسی تفاوت در مراحل مختلف و تفاوت های بین گروهی، از آزمون تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. انجام محاسبات با استفاده از برنامه آماری SPSS نسخه ۲۵ و در سطح  $P < 0.05$  انجام گردید.

## یافته ها

میانگین و انحراف معیار متغیرهای دموگرافیک شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) آزمودنی های چهار گروه پژوهش در جدول شماره ۱، ارائه شده است. مطابق با نتایج، گروه های دریافت کننده مکمل، تمرین، تمرین + مکمل و دارونما از لحاظ سن، قد، وزن تغییر معنی داری با هم نداشتند ( $P > 0.05$ ). نتایج آزمون در جدول شماره ۳ نشان داد افراد ۴ گروه در مرحله پیش آزمون در بررسی فاکتور ارزیابی سطح مالون دی آلدئید (MDA) و سطح گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) در سرم تفاوت معنی داری نداشتند ( $P > 0.05$ ).

۶۵ میلی گرم کافین می باشد. گروه های استفاده کننده از دارونما نیز روزانه دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی گرمی را که حاوی دکستین بود، مصرف می کردند. کپسول های دارونما از نظر جنس، شکل و رنگ همانند کپسول های چای سبز ماچا انتخاب شده و داخل آن ها دکستین ریخته شد. دارونما نیز همانند چای سبز در دو وعده صبح و شب و یک ساعت پیش از وعده غذایی اصلی، توسط آزمودنی ها مصرف گردید. کپسول های چای سبز و دارونما به مدت ۴ هفته توسط آزمودنی ها مصرف شدند (۲۳).

روش های اندازه گیری بیومارکرهای استرس اکسیداتیو اندازه گیری شاخص ها MDA و GPX به ترتیب با استفاده از کیت TBARS شرکت chemical cayman ساخت کشور آمریکا و کیت شرکت رنسل و رندوکس انگلستان به وسیله خونگیری به مقدار ۵ سی سی از ورید بازویی در دو مرحله ۴۸ ساعت قبل و بعد از دوره تمرینات، انجام شد. نمونه گیری خونی ساعت ۸ صبح و با رعایت ۱۲ ساعت ناشتایی انجام گرفت. نمونه ها به مدت ۴۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید و پس از تهیه پلاسما، نمونه ها در  $-20^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی گراد فریز شد و در زمان مناسب توسط دستگاه اسپکتروفتومتری (CECIL، آکواریوس، کمبریج، لندن) و به ترتیب در طول موج های ۵۰۵ و ۹۱۰ نانومتر طبق دستورالعمل کیت های مربوطه تعیین گردید (۱۶).

جدول شماره ۱: میانگین و انحراف معیار اطلاعات عمومی آزمودنی ها در گروه های پژوهش

گروه	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)	سطح معنی داری
مکمل	$32.4 \pm 1.68$	$162.40 \pm 3.01$	$68.70 \pm 2.56$	$26.22 \pm 0.95$	$P > 0.05$
تمرین	$29.03 \pm 1.84$	$165.75 \pm 3.48$	$72.90 \pm 3.83$	$26.80 \pm 1.04$	$P > 0.05$
تمرین + مکمل	$29.18 \pm 1.12$	$164.19 \pm 3.93$	$68.40 \pm 3.77$	$25.52 \pm 0.82$	$P > 0.05$
دارونما	$30.64 \pm 1.77$	$165.27 \pm 2.15$	$70.18 \pm 3.20$	$25.79 \pm 0.90$	$P > 0.05$

جدول شماره ۲: میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش در مراحل پیش آزمون و پس آزمون

متغیر	مراحل	گروه		
		مکمل	تمرین	مکمل + تمرین
MDA (میکرو مول بر لیتر)	پیش آزمون	$3.89 \pm 0.14$	$3.45 \pm 0.19$	$3.77 \pm 0.14$
	پس آزمون	$3.02 \pm 0.08$	$3.38 \pm 0.15$	$2.61 \pm 0.11$
GPX (میکرو مول بر لیتر)	پیش آزمون	$119.72 \pm 15.23$	$124.40 \pm 12.79$	$123.33 \pm 11.65$
	پس آزمون	$131.11 \pm 14.67$	$126.83 \pm 14.01$	$129.92 \pm 16.20$

نتایج آزمون در جدول شماره ۳ نشان داد در مرحله پس آزمون شش هفته مصرف چای سبز ماچا به همراه تمرین تناوبی با شدت بالا ( $2/61 \pm 0/06$ ) باعث کاهش معنی داری ( $P < 0/05$ ) در سطح مالون دی آلدئید در زنان نسبت به گروه مکمل ( $3/02 \pm 0/08$ )، تمرین ( $3/38 \pm 0/15$ ) و دارونما ( $3/40 \pm 0/11$ ) شد. در مرحله پس آزمون شش هفته مصرف چای سبز ماچا به همراه تمرین تناوبی با شدت بالا ( $139/92 \pm 16/20$ ) باعث کاهش معنی داری ( $P < 0/05$ ) در سطح مالون دی آلدئید در زنان نسبت به گروه مکمل ( $131/11 \pm 14/67$ )، تمرین ( $127/48 \pm 15/96$ ) و دارونما ( $126/83 \pm 14/01$ ) شد.

جدول شماره ۳: نتایج آزمون بونفرونی جهت مقایسه اختلاف میانگین

MDA بین گروه‌ها

متغیر	گروه (I)	گروه (J)	(I-J)	معنی داری
MDA	تمرین	مکمل	-0/80	*/01
	تمرین	دارونما	0/33	/24
MDA	تمرین	مکمل+تمرین	-1/09	*/00
	مکمل	تمرین	0/80	*/01
MDA	مکمل	دارونما	0/83	*/01
	مکمل	مکمل+تمرین	-0/29	/08
MDA	مکمل+تمرین	تمرین	1/09	*/00
	مکمل+تمرین	دارونما	1/12	*/00
	مکمل+تمرین	مکمل	0/29	/08

جدول شماره ۴: نتایج آزمون بونفرونی جهت مقایسه اختلاف میانگین

GPX بین گروه‌ها

متغیر	گروه (I)	گروه (J)	(I-J)	معنی داری
GPX	تمرین	مکمل	-8/96	*/01
	تمرین	دارونما	0/57	/34
GPX	تمرین	مکمل+تمرین	-14/16	*/00
	مکمل	تمرین	8/96	*/01
GPX	مکمل	دارونما	9/53	*/01
	مکمل	مکمل+تمرین	-5/02	/07
GPX	مکمل+تمرین	تمرین	14/16	*/00
	مکمل+تمرین	دارونما	14/73	*/00
	مکمل+تمرین	مکمل	5/02	/07

متغیر MDA در آزمودنی‌های دو گروه تمرین و مکمل و همچنین بین تمرین و مکمل+تمرین تفاوت معنی داری وجود دارد ( $P < 0/05$ )؛ اما تفاوت MDA بین گروه تمرین و دارونما معنی دار نبود ( $P > 0/05$ )؛ در نتیجه شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بر MDA در زنان تأثیر معنی داری ندارد. همچنین شش هفته مصرف چای

سبز ماچا بر کاهش MDA در زنان تأثیر معنی داری دارد ( $P < 0/05$ )؛ شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با مصرف چای سبز ماچا بر کاهش MDA در زنان تأثیر معنی داری دارد ( $P < 0/05$ )؛ هر دو گروه مکمل و مکمل+تمرین بر کاهش MDA تأثیر یکسانی داشتند.

نتایج آزمون در جدول شماره ۴ نشان داد بین متغیر GPX در آزمودنی‌های دو گروه تمرین و مکمل و همچنین بین تمرین و مکمل+تمرین تفاوت معنی داری وجود دارد ( $P < 0/05$ )؛ اما تفاوت GPX بین گروه تمرین و دارونما معنی دار نبود ( $P > 0/05$ )؛ در نتیجه شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بر GPX در زنان تأثیر معنی داری ندارد. شش هفته مصرف چای سبز ماچا بر افزایش GPX در زنان غیرفعال تأثیر معنی داری دارد ( $P < 0/05$ )؛ شش تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با مصرف چای سبز ماچا بر افزایش GPX در زنان تأثیر معنی داری دارد ( $P < 0/05$ )؛ شش تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با مصرف چای سبز ماچا بر افزایش GPX در زنان تأثیر معنی داری دارد ( $P < 0/05$ )؛ شش تمرین تناوبی با شدت بالا همراه با

مصرف چای سبز ماچا بر GPX در زنان، تفاوت معنی داری وجود دارد ( $P < 0/05$ )؛ به گونه‌ای که تأثیر تمرین بر GPX معنی دار نبود اما تأثیر مکمل و مکمل+تمرین بر افزایش GPX معنی دار بود. هر دو گروه مکمل و مکمل+تمرین بر افزایش GPX تأثیر یکسانی داشتند.

## بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بر سطوح مالون دی آلدئید در زنان تأثیر معنی داری نداشت. این یافته با اغلب مطالعات قبلی ناهمسو است. برای نمونه فخری و همکاران (۱۳۹۸)، نشان دادند سطوح مالون دی آلدئید در گروه تمرین تناوبی شدید افزایش معنی داری داشت (۲۴). در حالی که حافظی و همکاران (۱۳۹۸)، گزارش کردند تمرین تناوبی با شدت بالا توانست تعادل مالون دی آلدئید را در موش‌های دیابتی بهبود دهد (۱۷). هم‌چنین گریزی و همکاران (۱۳۹۷)، نشان دادند سطوح مالون دی آلدئید بافت قلب

در گروه تمرین تناوبی سرعتی در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی داری افزایش یافت (۲۵). در پژوهش دیگری که Kuo و همکاران (۲۰۱۵) انجام دادند، یافته‌ها نشان داد تمرین استقامتی تولید مالون‌دی‌آلدهید ناشی از ورزش را به طور محسوسی کاهش می‌دهد (۲۶). از دلایل مغایرت در یافته‌ها می‌توان به تفاوت در نوع تمرین، مدت و شدت تمرینات و همچنین نوع آزمودنی‌ها اشاره کرد. به نظر می‌رسد نوع تمرین از لحاظ درگیری متابولیسم هوازی یا بی‌هوازی و همچنین شدت آن‌ها عامل مهم‌تری در نتایج به دست آمده باشد. به گونه‌ای که تمرینات هوازی تا حدود زیادی تأثیر مثبتی بر شاخص مالون‌دی‌آلدهید داشته‌اند (۲۷). اغلب پژوهش‌های اخیر به این نکته اذعان داشته‌اند که ممکن است تمرینات تناوبی با شدت بالا به دلیل مصرف بیش از حد اکسیژن و همچنین درگیر شدن متابولیسم بی‌هوازی زیاد، سبب گردد تا تولید RNS از گزانتین، NADPH اکسیداز و ری پرفیوژن ایسکیمیک زیاد شده و در نتیجه منجر به تغییرات هموستاز کلسیم و آسیب عضلانی شود؛ بنابراین در این شرایط آسیب به مولکول‌های مختلف از جمله لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA دور از دسترس نیست (۲۸). اما در پژوهش حاضر با توجه به اینکه سطوح مالون‌دی‌آلدهید در شرایط استراحتی سنجیده شد و همچنین احتمال سازگاری پیدا کردن به تمرینات تناوبی سبب شد تا مالون دی‌آلدهید بیش از حد زیاد نشود. در بخش دیگری از پژوهش حاضر یافته‌ها نشان داد شش هفته مصرف چای سبز ماچا بر مالون‌دی‌آلدهید در زنان تأثیر معنی داری داشت. به گونه‌ای که سطوح استراحتی مالون‌دی‌آلدهید کاهش معنی داری در گروه مکمل و مکمل+تمرین داشت. هرچند تفاوت بین دو گروه مکمل و مکمل+تمرین به لحاظ آماری معنی دار نبود. همسو با این یافته کاظمی و همکاران (۱۳۹۹)، نشان دادند ۱۲ هفته مصرف عصاره چای سبز بر کاهش سطوح مالون‌دی‌آلدهید پس از یک جلسه فعالیت حاد و امانده ساز تأثیر معنی داری داشت (۱۶). نتایج مطالعه Jówko و همکاران (۲۰۱۵) بیان کرد که

مکمل چای سبز از استرس اکسیداتیو در دوندگان سرعت جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، به نظر نمی‌رسد مکمل چای سبز مانع سازگاری تمرینی در سیستم آنزیم آنتی‌اکسیدانی شود (۲۹).

هم‌چنین قاسمی (۱۳۹۵)، تأثیر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی در ترکیب با مکمل چای سبز بر سطوح مالون‌دی‌آلدهید در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق را بررسی کرد که یافته‌ها نشان داد تمرین مقاومتی در ترکیب با مکمل چای سبز بر کاهش سطوح مالون‌دی‌آلدهید تأثیر معنی داری داشت (۳۰). این یافته‌ها با پژوهش حاضر همسو بود. اما خسروی و همکاران (۱۳۹۸)، تأثیر مکمل یاری کوتاه مدت عصاره چای سبز بر شاخص مالون‌دی‌آلدهید را معنی دار گزارش نکردند (۲۸)، که با یافته پژوهش حاضر ناهمسو است. تفاوت در مدت و مقدار مصرف مکمل و همچنین تفاوت در آمادگی بدنی آزمودنی‌ها از دلایل احتمالی مغایرت می‌تواند باشد. به گونه‌ای که آزمودنی‌های پژوهش حاضر افراد غیرفعال بودند اما آزمودنی‌های پژوهش خسروی و همکاران (۱۳۹۸)، افراد تمرین کرده بودند (۲۸). چای سبز ماچا به عنوان یک مکمل آنتی‌اکسیدانی قوی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و افزایش ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن و کاهش پر اکسیداسیون لیپیدی، نقش مؤثری ایفا می‌کند. در تمرینات مقاومتی شدید، فرایند ایسکمی و خون‌رسانی مجدد و بارهای مکانیکی وارد شده بر بافت‌های نرم درگیر در ایجاد پر اکسیداسیون لیپیدی و تولید رادیکال‌های آزاد نقش مؤثری دارند (۳۱). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن در پی مصرف چای سبز ماچا با تأثیر بر پتانسیل مهار رادیکال‌های آزاد سبب بهبود سیستم دفاعی بدن و در نتیجه کاهش سطوح مالون‌دی‌آلدهید می‌گردد (۱۶). در بخش دیگری از مطالعه یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بر سطوح گلوتاتیون پراکسیداز در زنان تأثیر معنی داری نداشت. همسو با این یافته، حافظی و همکاران (۱۳۹۸) اثر تمرین تناوبی با شدت بالا و

لحاظ آماری معنی دار نبود. همسو با این Ibrahim و همکاران (۲۰۱۹)، نیز اثر محافظتی عصاره چای سبز بر سطح گلوکوتاتیون پراکسیداز را نشان دادند (۴). یافته‌های Noronha و همکاران (۲۰۱۹)، نیز با پژوهش حاضر همسو بود (۳۳). آن‌ها نشان دادند پس از مداخله مکمل چای سبز سطوح مالون‌دی‌آلدئید کاهش معنی داری داشت. اما حافظی و همکاران (۱۳۹۸)، اثر تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف عصاره هیدرو الکلی آویشن شیرازی را بر گلوکوتاتیون پراکسیداز بی‌تأثیر نشان دادند (۱۷) که با یافته پژوهش حاضر ناهمسو است. تفاوت در نوع مکمل مصرف شده از دلایل احتمالی مغایرت می‌تواند باشد. به گونه‌ای که در پژوهش مذکور از عصاره هیدرو الکلی آویشن استفاده شد اما در پژوهش حاضر چای سبز ماچا به‌عنوان مکمل مصرف شد. سازوکارهای بسیاری برای فعالیت‌های بیولوژیکی چای سبز ماچا ارائه شده‌اند که ممکن است با مصرف آن در بدن افراد رخ دهد. این سازوکارها شامل فعالیت‌های ضد اکسایشی، توقف چرخه سلولی تولید فشار اکسایشی، القای آپوپتوزیس، نوسان پیام‌رسانی سلول، مهار میتل دار شدن DNA و اثر آن بر بیان mRNA می‌باشند. با مرور پژوهش‌های پیشین انتقال پیام، اپی‌گالوکاتچین گالات (Epigallocatechin gallate) به‌عنوان یک عامل اثرگذار بر بسیاری از مسیرهای متفاوت انتقال پیام، مانند مهار بسیاری از پروتئین‌های کینازها، سرکوب فعال‌سازی بسیاری از عوامل رونویسی و مسدودکننده مسیر برخی از گیرنده‌های واسطه شناخته شده است (۲۸). همه این سازوکارهایی که در اثر مصرف چای سبز اتفاق می‌افتد، در نهایت منجر به تقویت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و افزایش فعالیت گلوکوتاتیون پراکسیداز می‌گردد.

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت مصرف چای سبز ماچا و تمرین به همراه مصرف چای سبز بر کاهش MDA و افزایش GPX در زنان تأثیر معنی داری داشت. با این حال انجام تمرینات تناوبی با شدت بالا نتوانست متغیرهای مذکور را تغییر دهد.

مصرف عصاره هیدرو الکلی آویشن شیرازی بر تعادل عوامل اکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی موش‌های دیابتی شده نوع دو توسط استرپتوزوتوسین را بررسی کردند و نشان دادند اجرای تمرین تناوبی با شدت بالا و مصرف عصاره آویشن نتوانست گلوکوتاتیون پراکسیداز را در موش‌های دیابتی بهبود دهند (۱۷). گریزی و همکاران (۱۳۹۷)، نشان دادند که تمرین‌های تناوبی سرعتی منجر به کاهش معنی دار سطوح آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز در بافت قلب، کبد و عضله دوقلو نسبت به گروه کنترل شد (۲۵). تفاوت در نمونه‌های انسانی و حیوانی و هم‌چنین تفاوت در مدت تمرینات از دلایل احتمالی مغایرت می‌تواند باشد. عدم تغییر سطوح آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز در پژوهش حاضر ممکن است به دلیل باردهی تمرینات به صورت غیرخطی و یا احتمال بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اولیه در آزمودنی‌ها باشد. استفاده از روش باردهی غیرخطی در مقایسه با روش خطی تا حدود بالایی آسیب ناشی از بیش تمرینی را کم می‌کند. باید به این نکته مهم توجه داشت در صورتی که اجرای فعالیت بدنی به صورت منظم و با شدت ملایم انجام شود، می‌تواند عامل محرک تقویت دستگاه دفاع آنتی‌اکسیدانی باشد. از آنجاکه کاهش جریان خون موضعی و سپس افزایش مجدد گردش جریان خون بافتی یکی از سازوکارهای افزایش پراکسیداسیون لیپیدی است و اینکه در حالت استراحت گردش خون کم‌تری نسبت به اوج فعالیت انجام می‌گیرد، بنابراین این عامل می‌تواند به‌عنوان یکی دیگر از دلایل عدم تغییر معنی دار گلوکوتاتیون پراکسیداز باشد (۳۲). مکمل عصاره چای سبز اثرات مثبتی بر ریکاوری عضلات پس از ورزش شدید دارد. مطابق با نتایج مطالعه حاضر، شش هفته مصرف چای سبز ماچا بر سطوح گلوکوتاتیون پراکسیداز در زنان تأثیر معنی داری داشت، به گونه‌ای که سطوح استراحتی گلوکوتاتیون پراکسیداز افزایش معنی داری در گروه مکمل و مکمل+تمرین داشت. هرچند تفاوت بین دو گروه مکمل و مکمل+تمرین به

## سپاسگزاری

از تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه سپاسگزاریم. نویسندگان از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان در قالب طرح شماره ۱۴۰۰۱۰۳۱۸۶۱۹ تشکر و قدردانی می‌نمایند.

### ملاحظات اخلاقی

این مطالعه از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان با شناسه IR.UMSHA.REC.1400.802 تأییدیه دارد. شرکت کننده فرم رضایتنامه کتبی آگاهانه را قبل از ورود به مطالعه تکمیل کردند.

### تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

در مجموع به نظر می‌رسد که مصرف چای سبز ماچا در کوتاه‌مدت می‌تواند اثرات مفیدی بر کاهش فشار اکسیداتیو و بالا بردن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی داشته باشد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به شدت تمرینات پایین و مدت برنامه تمرین کوتاه اشاره نمود که این موارد نیز با توجه به سطح آمادگی افراد مورد مطالعه انجام شد. از نقاط قوت کار هم می‌توان در نظر گرفتن اصول برنامه‌نویسی تمرینی با توجه به شرایط آزمودنی‌ها و پایش وضعیت آن‌ها را نام برد. همچنین می‌توان اثر غلظت و مدت زمان دم کردن و همچنین روش‌های فراوری سنتی و صنعتی چای سبز ماچا را به همراه تمرین‌های تناوبی بر روی سطح و محتوای سایر بیومارکرهای التهابی و استرس و همچنین مسیرهای آپوپتوتیک در مطالعات آتی به عنوان یک راهکار پیشنهادی مورد بررسی و ارزیابی قرار داد.

## References

1. Toker S, Shirom A, Shapira I, Berliner Sh, Melamed S. The association between burnout, depression, anxiety, and inflammation biomarkers: C-reactive protein and fibrinogen in men and women. *J Occup Health Psychol* 2005; 10(4): 344-362.
2. Sajadian M, Afrouzi M, Taghavinezhad M, Khorshidi Mehr M. The Effect of Oral Consumption of Portulaca Oleracea Extract on Delayed Muscle Contusion. *Ann Romanian Soc Cell Biol* 2021; 25(3): 311-316.
3. Atashak S, Sharafi H, Azarbayjani AM, Goli MA, Haghighi MM. Effect of omega-3 supplementation on the blood levels of oxidative stress, muscle damage and inflammation markers after acute resistance exercise in young athletes. *Kinesiology* 2013; 45(1): 22-29.
4. Ibrahim MA, Bakhaat M, Tammam HG, Mohamed RM, El-Naggar SA. Cardioprotective effect of green tea extract and vitamin E on Cisplatin-induced cardiotoxicity in mice: toxicological, histological and immunohistochemical studies. *Biomed Pharmacother* 2019; 113: 108731.
5. Masella R, Di Benedetto R, Vari R, Filesi C, Giovannini C. Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. *J Nutr Biochem* 2005; 16(10): 577-586.
6. Dröge W. Aging-related changes in the thiol/disulfide redox state: implications for the use of thiol antioxidants. *Exp Gerontol* 2002; 37(12): 1333-1345.
7. Smith A, Shenvi SV, Widlansky M, Suh JH, Hagen TM. Lipoic acid as a potential therapy for chronic diseases associated with oxidative stress. *Curr Med Chem* 2004; 11(9): 1135-1146.

8. Mooren FC, Blöming D, Lechtermann A, Lerch MM, Völker K. Lymphocyte apoptosis after exhaustive and moderate exercise. *J Appl Physiol* (1985) 2002; 93(1): 147-153.
9. Gul M, Demircan B, Taysie S, Oztasan N, Gumustekin K, Siktarc E, et al. Effects of endurance training and acute exhaustive exercise on antioxidant defense mechanisms in rat heart. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2006; 143(2): 239-245.
10. Salaramoli S, Joshaghani H, Hashemy SI. Selenium Effects on Oxidative Stress-Induced Calcium Signaling Pathways in Parkinson's Disease. *Indian J Clin Biochem* 2022; 37(3): 257-266.
11. Pastoriza S, Mesías M, Cabrera C, Rufián-Henares J A. Healthy properties of green and white teas: an update. *Food Funct* 2017; 8(8): 2650-2662.
12. Zhou B, Wang Z, Yin P, Ma B, Ma C, Xu C, et al. Impact of prolonged withering on phenolic compounds and antioxidant capability in white tea using LC-MS-based metabolomics and HPLC analysis: Comparison with green tea. *Food Chemistry* 2022; 368: 130855.
13. Schröder L, Marahrens P, Koch J, Heidegger H, Vilsmeier Th, Phan-Brehm Th, et al. Effects of green tea, matcha tea and their components epigallocatechin gallate and quercetin on MCF-7 and MDA-MB-231 breast carcinoma cells *Oncol Rep* 2019; 41(1): 387-396.
14. Koláčková T, Kolofiková K, Sytařová I, Snopek L, Sumczynski D, Orsavová J. Matcha tea: analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. *Plant Foods Hum Nutr* 2020; 75(1): 48-53.
15. Čížková, H, Voldrich M, Mlejnecka J, Kvasnicka , et al. Authenticity evaluation of tea-based products. *Czech J Food Sci* 2008; 26(4): 259-267.
16. Kazemi A, Behpour N, Hematfar A. Effect of 12 weeks of green tea extract consumption on total antioxidant capacity(TAC), malondialdehyde (MDA) levels and superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase activity of old rats 'heart tissue in response to a bout acute exhaustive exercise. *Yafteh* 2020; 22(2): 177-187 (Persian).
17. Hafezi M, Gholami M, Abednazari H. The Effect Of High Intensity Interval Training And Thyme Extract On Oxidative Stress And Antioxidative Factors In Diabetic Rats. *IJDLD* 2020; 19(3): 143-150.
18. Karimizadeh Ardakani M, Soroush Fard Z, Amirizadeh F, Naderifar H. Effect of Thoracic Hyper-Kyphosis Posture on Upper Extremity Function of Female Students. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research* 2022; 9(1): 30-35.
19. Seyed Hoseini MA, Barati AH, Shirzad Araghi E, Akoochakian M, Naderifar H. The Comparison of Lower Extremity Malalignment during Hurdle pre-Flight and Traditional Approach at Forward Diving Straight. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research* 2021; 8(3): 132-138.
20. Naderifar H, Ghanbari L. Effect of Selected Corrective Exercises on Glenohumeral Rotation range of Motion in Overhead Athletes with Scapular Dyskinesia. *Studia Sportiva* 2022; 16(1): 54-62.
21. Khan G, Haque SE, Anwer T, Ahsan MN, Safhi MM, Alam MF. Cardioprotective effect of green tea extract on doxorubicin-induced cardiotoxicity in rats. *Acta Pol Pharm* 2014; 71(5): 861-868.
22. Kim C, Choi HE, Lim MH. Effect of high interval training in acute myocardial infarction patients with drug-eluting stent.

- Am J Phys Med Rehabil 2015; 94(10 Suppl 1): 879-86.
23. Willems ME, Fry HL, Belding MA, Kaviani M. Three Weeks Daily Intake of Matcha Green Tea Powder Affects Substrate Oxidation during Moderate-Intensity Exercise in Females. *J Diet Suppl* 2021; 18(5): 566-576.
24. Fakhri S, shakeryan S, Alizadeh A, Shahryari A. Effect of 6 weeks of high intensity interval training with nano curcumin supplement on antioxidant defense and lipid peroxidation in overweight girls-clinical trial. *IJDO* 2019; 11(3): 173-180.
25. Gorzi A, Ekradi S, Rahmani A. The Effect of 8 Weeks of Sprint Interval Training on Oxidative and Antioxidative Capacity of Heart, Liver and Skeletal Muscle in Male Wistar Rats. *Sport Physiology* 2018; 10(37): 123-138.
26. Kuo YC, Lin J, Bernard JR, Liao Yi-H. Green tea extract supplementation does not hamper endurance-training adaptation but improves antioxidant capacity in sedentary men. *Appl Physiol Nutr Metab* 2015; 40(10): 990-996.
27. Shahidi F, Shakeri C, Delfani Z. The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls. *RJMS* 2019; 25(11): 72-84 (Persian).
28. Khosravi S, Tadibi V, Sheikholeslami-Vatani D. The acute effect of green tea supplementation on oxidative and antioxidant indices after resistance exercise at moderate and high intensities in trained wrestler men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport* 2019; 7(14): 141-152 (Persian).
29. Jówko E, Długołęcka B, Makaruk B, Cieśliński I. The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *Eur J Nutr* 2015; 54(5): 783-791.
30. Ghasemi E, Afzalpour ME, Zarban A. Effect of a 10 week high intensity interval training supplemented with green tea on lipid profiles and body composition in overweight women. *J Birjand Univ Med Sci* 2016; 23(3): 198-210 (Persian).
31. Yuan JM, Sun C, Butler LM. Tea and cancer prevention: epidemiological studies. *Pharmacol Res* 2011; 64(2): 123-135.
32. da Cunha MJ, Lima DD, Delwing D, Mussulini MBH, Wofchuk S, Netto CA, Wyse ATS, et al. Physical exercise reverses glutamate uptake and oxidative stress effects of chronic homocysteine administration in the rat. *Int J Dev Neurosci* 2012; 30(2): 69-74.
33. Noronha NY, Souza Pinhel MA, Nicoletti CF, Quinhoneiro DCG, Caressato Pinhanelli V, Parenti Oliveira BA, et al. Green tea supplementation improves oxidative stress biomarkers and modulates IL-6 circulating levels in obese women. *Nutr Hosp* 2019; 36(3): 583-588.