



## تأثیر هشت هفته تمرین هوازی تناوبی و مصرف مکمل چای سبز بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو دختران جوان غیر فعال

**فرشته شهیدی:** استادیار و متخصص بیوشیمی ورزش، گروه فیزیولوژی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران  
**چنور شاکری:** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران  
**زهره دلفانی:** دانشجوی دکترا، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (\*نویسنده مسئول) z.delfani@sru.ac.ir

### چکیده

#### کلیدواژه‌ها

تمرین هوازی تناوبی،  
مکمل چای سبز،  
شاخص‌های استرس اکسیداتیو،  
دختران غیرفعال

**زمینه و هدف:** نداشتن فعالیت بدنی همراه با اختلال کارکردهای فیزیولوژی و کاهش مقاومت بدن در برابر استرس اکسیداتیو است. مکمل چای سبز سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی پلازما را در زمان استراحت و در طول تمرین ورزشی افزایش می‌دهد. هدف از این پژوهش تعیین تأثیر هشت هفته تمرین هوازی تناوبی و مصرف مکمل چای سبز بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو دختران جوان غیرفعال بود.

**روش کار:** مطالعه نیمه تجربی حاضر، در قالب یک طرح پیش و پس‌آزمون اجرا شد. جامعه آماری شامل کلیه دختران جوان غیرفعال (۱۸-۱۵ سال) شهرستان سمنان بود. ۳۰ نفر از داوطلبین، به‌صورت تصادفی ساده انتخاب و به سه گروه ۱۰ نفره شامل تمرین-مکمل، تمرین-دارونما و مکمل به تنهایی تقسیم شدند. برنامه تمرین هوازی تناوبی به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه به‌صورت فزاینده بود. نمونه خونی اولیه در حالت پایه قبل از شروع مکمل سازی و تمرین و خون‌گیری دوم ۴۸ ساعت بعد از اتمام فعالیت ۸ هفته‌ای جمع‌آوری شد. میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (Total Antioxidant Capacity-TAC) و مالون‌دی‌آلدئید (Malondialdehyde-MDA) با استفاده از کیت الایزا اندازه‌گیری شد. از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) با آزمون تعقیبی توکی و از آزمون t همبسته با سطح معناداری  $p \leq 0/05$  استفاده شد.

**یافته‌ها:** تفاوت معناداری در MDA بین سه گروه مشاهده شد. به‌طوری‌که MDA گروه تمرین-دارونما تفاوت معناداری را با گروه مکمل نشان داد؛ اما در شاخص TAC تفاوت معناداری بین سه گروه در مرحله پس‌آزمون مشاهده نشد. بر اساس نتایج آزمون t همبسته، شاخص MDA در هر سه گروه به‌طور معناداری کاهش یافت اما شاخص TAC فقط در گروه مکمل کاهش معناداری داشت.

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد داشتن فعالیت فیزیکی منظم مشابه یک مکمل ضداکسایشی عمل می‌کند که در شرایط استرس، سلامت فرد را به خوبی حفظ می‌کند و مکمل چای سبز سبب تأثیر مضاعف می‌شود.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

**منبع حمایت‌کننده:** حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله:

Shahidi F, Shakeri Ch, Delfani Z. The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls. Razi J Med Sci.2019;25(11):72-84.

\*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با [CC BY-NC-SA 1.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) صورت گرفته است.



## The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls

**Fereshte Shahidi**, PhD, Assistant Professor of Exercise biochemistry, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

**Chonur Shakeri**, MSc, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

**Zohreh Delfani**, PhD, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran (\*Corresponding author) [venus\\_delfani@yahoo.com](mailto:venus_delfani@yahoo.com)

### Abstract

**Background:** Not having physical activity with a physiological function disorder and reducing the body's resistance to oxidative stress. The green tea supplement increases plasma antioxidant defense system during rest and during exercise. The purpose of this study was to determine the effect of eight weeks of periodic aerobic exercise and green tea supplementation on oxidative stress indices in young girls inactive.

**Methods:** The present semi-experimental study was carried out in the form of a pre and post design test. The statistical population consisted of all inactive young girls in Sanandaj city. 30 volunteers were randomly selected and divided into three groups of 10, including Practice-supplements, Practice-placebo and supplement alone. The periodic aerobic exercise program increased over the course of eight weeks, triple periods/week. Primary blood samples were taken at baseline before the start of supplementation, and the second blood samples were taken 48 hrs following the end of the 8-week activity. The Total Antioxidant Capacity (TAC) and Malondialdehyde (MDA) were measured using ELISA kit. One-way analysis of variance (ANOVA) with Tukey's post hoc test and t-test with significant level of  $p \leq 0.05$  were used.

**Results:** There was a significant difference in MDA between the three groups. With MDA, the practice-placebo group showed a significant difference with the supplement group. However, in the TAC index, no significant difference was observed between the three groups in the post-test phase. Based on the results of t-test, the MDA index decreased significantly in all three groups, but the TAC index decreased significantly in the supplementation group.

**Conclusion:** Regular physical activity seems to work like a supplemental anti-oxidant supplement which in stressful conditions maintains and improves the health of the person and addition of green tea supplement doubles the effect.

**Conflicts of interest:** None

**Funding:** None

### Keywords

Interval aerobic exercise,  
Supplements of green  
tea,  
Oxidative stress indices,  
Inactive girls

Received: 01/09/2018

Accepted: 08/12/2018

### Cite this article as:

Shahidi F, Shakeri Ch, Delfani Z. The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls. Razi J Med Sci.2019;25(11):72-84.

This work is published under [CC BY-NC-SA 1.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



اپی گالوکاتچین-۳-گالات بیشترین قدرت را دارد و قدرت آنتی‌اکسیدانی آن ۱۰۰ برابر ویتامین C و ۲۵ برابر ویتامین E می‌باشد (۷). از جمله مهم‌ترین گروه آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توان به فلاونوئیدها اشاره کرد. چای سبز منبع مهمی از فلاونوئیدها است. چای محتوی گروهی از ترکیبات پلی‌فنولیک فلاونوئیدی به نام کاتچین است و در بین کاتچین‌ها، اپی گالوکاتچین گالات (Epigallocatechin gallate-EGCG) آنتی‌اکسیدانی قوی در شرایط آزمایشگاهی و رایج‌ترین و فراوان‌ترین پلی‌فنول در چای سبز می‌باشد (۸). مطالعات نشان داده‌اند که چای سبز از کاتچین و کافیین تشکیل شده که قادر به افزایش تولید حرارت و اکسیداسیون لیپید، افزایش هزینه انرژی زیاد و در نتیجه از دست دادن وزن بدن است (۹). کاتچین‌های موجود در چای سبز با افزایش آنتی‌اکسیدان‌های درون سلولی مانند گلوکاتیون، اسیداوریک و بیلی روبی و افزایش ظرفیت آنزیم‌های اکسیدان درون سلولی نظیر گلوکاتیون ردوکتاز و گلوکاتیون پراسیداز و کاتالاز در محافظت از سلول در برابر تخلیه گلوکاتیون احیا، می‌تواند ظرفیت و توان آنتی‌اکسیدانی را بالا ببرد و با این سازوکار به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (Total Antioxidant -TAC Capacity) کمک کنند (۱۰). نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که حتی یک هفته مصرف چای سبز، اثرات مثبتی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی دارد (۷).

تمرینات تناوبی (HIT) به عنوان جایگزین موثر تمرین‌های هوازی سنتی که تغییرات مشابه یا حتی بیشتری در دامنه‌ای از تغییرات فیزیولوژیکی، عملکردی و نشانگرهای مربوط به سلامت در افراد بالغ و بیمار ایجاد می‌کند، به تازگی مورد توجه قرار گرفته است (۱۱). در مورد تأثیرات تمرین HIIT، شناخت کمی وجود دارد؛ اما شواهد در حال افزایش نشان می‌دهد این نوع تمرین در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط، با وجود زمان کمتر و حجم کلی تمرین کمتر، باعث تحریک فیزیولوژیکی بیشتری می‌شود (۱۲). این یافته‌ها از دیدگاه سلامت عمومی

سبک زندگی نوین امروزی منجر به کاهش فعالیت بدنی افراد و در نتیجه شیوع بیماری‌های گوناگون شده است (۱). مطالعات نشان می‌دهند که عامل اولیه یا ثانویه بیشتر این بیماری‌ها، استرس اکسیداتیو است که در این شرایط به دنبال افزایش سرعت یا میزان تولید گونه‌های واکنشی اکسیژن و نیتروژن تعادل بین اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها به سود اکسیدان‌ها از بین می‌رود و محیط درون سلول اکسیدکننده می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که این بیماری‌ها به راحتی با فعالیت بدنی با شدت متوسط قابل پیشگیری و درمان هستند (۱). در سی سال اخیر مطالعات زیادی برای بررسی ارتباط بین فعالیت بدنی و فشار اکسایشی انجام شده است (۲). در بررسی اثر میزان فعالیت بدنی بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو تفاوت معنی‌داری بین محتوای آنزیم‌های ضد اکسایشی خون بین افراد فعال و غیرفعال گزارش شده است (۳). در مطالعه دیگری گزارش شد که پیشینه فعالیت بر گنجایش ضد اکسایشی و هم بر میزان آسیب اکسایشی مولکول اثر می‌گذارد (۴)؛ به عبارت دیگر، نداشتن فعالیت بدنی همراه با اختلال کارکردهای فیزیولوژی و کاهش مقاومت همه بدن در برابر استرس اکسیداتیو است (۵). سطح فعالیت بدنی هر فرد با اثرگذاری بر میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن و یا توانایی دفاع ضد اکسایشی بدن منجر به تندرستی می‌گردد (۱). مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی پلازما را در زمان استراحت و در طول تمرین ورزشی افزایش می‌دهد و بدین ترتیب از آسیب اکسیداتیو ایجاد شده محافظت به عمل می‌آورد و اثر فعالیت‌های بدنی را در جهت عملکرد مطلوب سیستم‌های حیاتی بدن و کاهش عوامل خطر ساز قلبی و عروقی سوق دهد (۶).

در بین نوشیدنی‌های غنی از فلاونوئیدها چای سبز یکی از رایج‌ترین آن‌هاست. چای سبز شامل ترکیبات اپی گالوکاتچین-۳-گالات، اپی گالوکاتچین، اپی کاتچین-گالات و اپی کاتچین است. در بین این آنتی‌اکسیدان‌ها

تحقیقی مبنی بر اجرای HIIT کوتاه مدت (فعالیت ۳۰ ثانیه روی چرخ کارسنج، ۱۰۰ دور در دقیقه، ۴ تا ۶ وهله با ۴ دقیقه استراحت) به مدت ۹ هفته، ۳ جلسه در هفته، در افراد سالم بررسی شد و نتایج نشان داد که برنامه تمرین HIIT کوتاه مدت در بهبود ظرفیت ضد اکسایش عضله، عملکرد و در کاهش فشار اکسایشی ناشی از تمرین، نیز موثر است (۱۶)؛ بنابراین تمرین منظم و برنامه ریزی شده می تواند سازگاری هایی را ایجاد نماید که فرد را در برابر فشار اکسایشی حمایت نماید. سوگیتا و همکاران به بررسی تاثیر ترکیب های موجود در چای سبز بر استرس اکسیداتیو در حالت استراحت و در طول تمرین در افراد سالم پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف تک دوز چای سبز در حالت استراحت و در طول تمرین بر متابولیسم اکسیداتیو موثر بود که احتمالاً از طریق مکانیسم کاتکول-O - متیل ترانسفراز می باشد (۱۷). کوو و همکاران به بررسی اثر مکمل عصاره چای سبز همراه با تمرین استقامتی بر ظرفیت استقامتی و آنتی اکسیدانی و عملکرد در مردان کم تحرک پرداختند. نتایج نشان داد که تمرین استقامتی همراه با عصاره چای سبز نه تنها باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی بدون تضعیف سازگاری تمرینات استقامتی می شود، بلکه انتشار CK ناشی از ورزش را نیز هرچه بیشتر کاهش می دهد (۱۸).

مرادپوریان و همکاران به بررسی اثر چای سبز نسبت به ویتامین E و ویتامین C بر استرس اکسیداتیو و درد عضلانی (DOMS) با اجرای فعالیت ورزشی دویدن روی تردمیل با شیب پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف چای سبز دارای اثرات مفید بیشتری در مقایسه با ویتامین E و ویتامین C از طریق کاهش توسعه و یا ارتقاء استرس اکسیداتیو و در نتیجه، حفاظت از فرد در برابر استرس اکسیداتیو و همچنین درد عضلانی ناشی از دویدن بر روی تردمیل می باشد (۱۹).

ذوالفقاری و همکاران به مقایسه تاثیر سه روش مصرف عصاره چای سبز، تمرینات هوازی و ترکیب آن ها بر سطح CRP در زنان چاق پرداختند. نتایج نشان داد در هر سه گروه سطح CRP سرم در مقایسه با گروه کنترل کاهش معنادار داشت ولی بین گروه ها تفاوت معنادار وجود نداشت (۲۰). گهرمن و همکاران به بررسی چای سبز، فعالیت ورزشی دو سرعت متناوب و

مهم هستند. بیان شده است که کمبود وقت یکی از موانع شرکت منظم در فعالیت های ورزشی است. تحقیقات اخیر نشان داده اند در مقایسه با ورزش تداومی با شدت متوسط (CME)، HIIT می تواند به بهبود بیشتر یا مساوی آمادگی بدنی و سلامت قلب و عروق کمک کند (۱۳)؛ در حالی که زمان کمتری به طول می انجامد. اگر هدف بهبود آمادگی جسمانی باشد، تمرین تناوبی نسبت به تمرین پیوسته دارای مزایای نسبی است. از آنجایی که در تمرین تناوبی به دلیل به تاخیر افتادن خستگی تمرین بیشتری انجام می شود و همچنین از نسبت مناسب تمرین به استراحت تشکیل شده، در نتیجه پیشرفت بیشتری در عوامل آمادگی جسمانی نسبت به تمرین پیوسته ایجاد می کند. علاوه بر آن، مصرف انرژی نیز در تمرین تناوبی کمتر است که موجب می شود منابع انرژی مصرف شده سریع تر بازسازی شود (۱۴)؛ اما تاثیر تمرینات تناوبی در بالا بردن سطح ظرفیت ضد اکسایشی و تعدیل فشار اکسایشی ناشی از ورزش طاقت فرسا با و بدون مکمل های ضد اکسایشی به اندازه کافی بررسی نشده است (۷).

با نگاهی اجمالی به سطح تجهیزات، اماکن، فضاهای ورزشی و مدت زمان پرداختن به ورزش، مشهود است که در کشور ما امکانات موجود با تعداد و نیاز دانش آموزان در مدارس همخوانی ندارد. علاوه بر این، فضاها و تجهیزات از نظر ایمنی در سطح پایینی قرار دارند؛ بنابراین، پرداختن به ورزش های قابل اجرا (با حداقل هزینه و امکانات و در عین حال، مطابق با نیازهای جسمی و رشدی) ضروری به نظر می رسد. یکی از روش های تمرینی که می تواند در این راستا کمک کننده باشد، تمرینات با طناب است. با توجه به تنوع مهارت ها و حرکات در رشته ورزشی طناب زنی و به طور کلی، تمرینات با طناب، می توان پروتکل های تمرینی متعددی را برنامه ریزی کرد. تحقیقات نشان داده است که دختران نسبت به پسران به انجام تمرینات با طناب بیشتر تمایل دارند. قربانیان و همکاران نیز اثر تمرینات با طناب را در نوجوانان مطالعه کرده و نشان داده اند که این تمرینات، با کاهش شاخص هایی مانند درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی (Body Mass Index-BMI) همراه هستند (۱۵).

تعریف کالج پزشکی آمریکا [ACMS] (به معنی نداشتن حداقل ۳۰ دقیقه فعالیت فیزیکی با شدت ۴۰ تا ۶۰ درصد ظرفیت هوازی بیشینه در حداقل ۳ روز هفته در طی ۳ ماه اخیر)، عدم ابتلا به کمر درد مزمن، عدم سابقه جراحی کمر یا اندام تحتانی، عدم آسیب نورولوژیک، نداشتن بیماری‌های قلبی-عروقی بود. همچنین در طی یک ماه قبل از هیچ مکمل ضد اکسایشی از قبیل ویتامین‌های C، E و... استفاده نکرده باشند. معیارهای خروج از پژوهش نیز رعایت نکردن توصیه‌های محققین و عدم حضور مرتب در تمرینات یا مصرف مکمل در نظر گرفته شد که هیچ کدام از افراد به این دلیل حذف نشدند. در روز معین از افراد داوطلب دعوت به عمل آمد و پس از ارائه توضیحات کامل درباره روند اجرای پژوهش، فواید و مضرات احتمالی مطالعه بیان شد و رضایت نامه کتبی از داوطلبین اخذ گردید. همچنین پرسش نامه آمادگی شرکت در فعالیت‌های ورزشی (PAR-Q) توسط داوطلبین تکمیل گردید. سطح فعالیت بدنی افراد از طریق پرسش نامه ارزیابی فعالیت بدنی کیزر بررسی شد و ۳۰ نفر از داوطلبین که غیرفعال بودند، به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. سپس آزمودنی‌ها از طریق برداشتن پاکت‌های مهر و موم شده‌ای که نوع فعالیت در آن نوشته شده بود به طور تصادفی به سه گروه تمرین- دارونما (۱۰ نفر با میانگین سن:  $16/20 \pm 0/42$  سال، قد:  $162/80 \pm 7/45$  سانتی متر و وزن:  $52/62 \pm 8/22$  کیلوگرم)، گروه مکمل چای سبز (۱۰ نفر با میانگین سن:  $16/22 \pm 0/44$  سال و قد:  $163/0 \pm 5/24$  سانتی متر و وزن  $53/09 \pm 6/09$  کیلوگرم) و گروه تمرین- مکمل چای سبز (۱۰ نفر با میانگین سن:  $16/55 \pm 0/52$  سال، قد:  $162/77 \pm 5/14$  سانتی متر و وزن:  $52/29 \pm 14/31$  کیلوگرم) تقسیم شدند. همچنین از شرکت کنندگان خواسته شد در طول دوره تحقیق از مصرف چای سیاه، قهوه، ماءالشعیر، آب میوه، هرگونه قرص یا مکمل دارویی ضد اکسایشی و انجام فعالیت بدنی شدید پرهیز کنند. همچنین جهت کنترل تغذیه‌ی آزمودنی‌ها در طول طرح تحقیق پرسش نامه‌ی یادآمد ۲۴ ساعته‌ی رژیم غذایی استفاده گردید.

قبل از شروع تمرینات، قد شرکت کنندگان به صورت ایستاده با دید افقی و چسباندن پاشنه‌ها، باسن و پشت

چربی اکسیداسیون پرداختند. افزایش قابل توجهی در اکسیداسیون چربی پس از ورزش در مقایسه با استراحت در گروه دارونما مشاهده شد. با این حال، پس از مصرف چای سبز، در حالت استراحت و پس از تمرین در مقایسه با گروه دارونما، اکسیداسیون چربی به طور معنی داری بیشتر بود. سطح گلیسرول پلازما در حالت استراحت و در طول ۱۵ دقیقه پس از تمرین بعد از مصرف چای سبز در مقایسه با دارونما به طو قابل توجهی بالاتر بود. مصرف حاد چای سبزه طور معنی داری اکسیداسیون چربی در شرایط استراحت و پس از تمرین را نسبت به دارونما افزایش داده بود (۲۱). جووگو و همکاران به بررسی اثر مکمل عصاره چای سبز بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش در دوندگان دو سرعت مرد پرداختند. نتایج نشان داد که مکمل چای سبز مانع از استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین با شدت بالا در آزمون دوی سرعت متناوب می‌شود اما موجب بهبود عملکرد دوی سرعت نشد (۱۰).

تاکنون نقش تمرین تناوبی و مکمل چای سبز بر بهبود شاخص‌های سلامت بررسی شده است اما تاثیر این دو عامل با هم به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است. در مجموع، با توجه به خواص چای سبز و تمرین تناوبی در توسعه سطح سلامتی و اینکه دقیقاً تاثیر ترکیبی این دو راهبرد بر سیستم دفاعی ضد اکسایشی به خوبی مشخص و تایید نشده است، لذا پژوهش حاضر بر آن است تا تاثیر یک دوره برنامه تمرین تناوبی همراه با مصرف مکمل چای سبز را بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های استرس اکسایشی دختران جوان غیرفعال را مورد مطالعه قرار دهد.

## روش کار

پژوهش حاضر نیمه تجربی می‌باشد و در قالب یک طرح پیش و پس آزمون اجرا شد. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه دختران غیرفعال جوان شهرستان سنندج بود. ابتدا با نصب اطلاعیه‌های فراخوان در سطح شهر دختران غیرفعال جوان با دامنه سنی (۱۵-۱۸ سال) که مایل به شرکت در طرح پژوهشی بودند، توسط محقق شناسایی شدند. معیارهای لازم برای ورود به مطالعه جنس مونث، نداشتن تحرک بدنی [طبق

آرنجی گرفته شد. نمونه خونی اولیه در حالت پایه ۳۶ ساعت قبل از شروع مکمل دهی و تمرین گرفته شد. برای سنجش TAC آزمودنی‌ها کیت الیزاکمپانی HANGZHOU EASTBIOPHARM با حساسیت ۰/۰۳ واحد بر میلی لیتر مورد استفاده قرار گرفت. برای سنجش MDA آزمودنی‌ها کیت الیزاکمپانی HANGZHOU EASTBIOPHARM با حساسیت ۰/۲۲ نانومول بر میلی لیتر مورد استفاده قرار گرفت. شرکت کنندگان گروه تمرین - مکمل چای سبز روزانه سه نوبت (صبح، ظهر و شب) در ساعات مشابه و دو ساعت بعد از مصرف وعده غذایی، یک عدد کپسول چای سبز ۵۰۰ میلی گرمی را به مدت ۸ هفته مصرف کردند. شرکت کنندگان گروه تمرین - دارونما نیز به مدت ۸ هفته، ۳ قرص ۵۰۰ میلی گرمی حاوی پودر نشاسته با پوشش مشابه با مکمل چای سبز را مشابه با گروه تمرین - مکمل چای سبز مصرف کردند (۲۲). لازم به ذکر است گروه مکمل چای سبز در مدت ۸ هفته هیچ گونه تمرین ورزشی نداشتند. از مکمل چای سبز کام گرین (شرکت داروسازی گیاه اسانس با پروانه ساخت دارو IRC ۱۲۲۸۱۸۰۷۵۰) استفاده شد. برنامه تمرین طناب زنی به صورت تناوبی ۳ روز در هفته به مدت ۸ هفته و از نوع فزاینده بود. هر جلسه تمرینی شامل ۳۰ دقیقه تمرینات اصلی (پرش ساده به صورت اینتروال)، ۵ دقیقه گرم کردن و ۵ دقیقه ریکاوری در پایان جلسه بود (جدول ۱). برنامه مذکور با الگوگرفتن از مطالعات مشابه (۱۵ و ۲۳) اجرا گردید. خون گیری دوم ۴۸ بعد از اتمام فعالیت ۸ هفته‌ای جمع آوری شد. نمونه‌های خونی در هر مرحله به دقت بر چسب گذاری شده و برای جداسازی سرم و سپس

سر به دیواره دستگاه قدسنج (Seca-ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ سانتی متر) و وزن آن‌ها نیز با ترازوی دیجیتال (Seca-ساخت کشور آلمان) با دقت ۱۰۰ گرم، با حداقل لباس به صورت ایستاده و پا برهنه روی ترازو، پس از چند ثانیه بی تحرکی ثبت شد. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) به توان دوم قد (بر حسب متر) محاسبه شد. درصد چربی بدن با اندازه گیری چین‌های پوستی در نواحی سه سر بازو، ران و فوق خاصره (سمت راست بدن) پس از ۸-۱۰ ساعت ناشتایی با استفاده از کالیپر مدل SAEHAN-SH5020 ساخت کشور انگلستان و فرمول Jackson and Pollock (۱۲) ارزیابی شد و میانگین سه بار اندازه گیری در محاسبات مد نظر قرار گرفت. برای اندازه گیری نسبت دور کمر به باسن (Weight WHR- to Height Ratio) دور کمر در نقطه میانی بین حاشیه پایین ترین قسمت قابل لمس دنده‌ها و لبه بالایی استخوان لگن و دور باسن در حجیم ترین قسمت آن به وسیله متر نواری اندازه گیری شد. پاهای آزمودنی‌ها جفت بوده، افراد به طور مستقیم و راحت ایستاده، لباس کمی داشتند و اندازه گیری در پایان یک دم عادی انجام شد. هر اندازه گیری دو بار تکرار شد و در صورت وجود تفاوت کمتر از یک سانتی متر میانگین آن محاسبه و ثبت شد، اگر اختلاف بین دو اندازه گیری بیش از یک سانتی متر بود، اندازه گیری دوباره تکرار می شد. میزان آمادگی قلبی- تنفسی ( $VO_{2max}$ ) آزمودنی‌ها برای تایید گروه بندی درست آن‌ها با استفاده از آزمون استاندارد بروس مشخص شد. خونگیری از افراد مورد مطالعه طی دو مرحله انجام و در هر مرحله ۵ سی سی خون از بازوی راست از ورید پیش

جدول ۱- پروتکل تمرین هوازی تناوبی

هفته	شدت تمرین	تمرینات
۸ هفته	پرش در دقیقه	سرد کردن ۵ دقیقه
۱	۵۰	زمان تقریبی تمرینات اصلی ۳۰ دقیقه
۲	۶۰	۲۰ ست ۱ دقیقه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
۳	۶۰	حرکات کششی با تکیه بر عضلات درگیر در فعالیت
۴	۷۰	۱۵ ست ۲ دقیقه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
۵	۸۰	۱۰ ست ۲/۵ دقیقه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
۶	۹۰	۸ ست ۳ دقیقه‌ای با ۶۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
۷	۹۵	۶ ست ۳/۵ دقیقه‌ای با ۶۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
۸	۱۰۰	۶ ست ۴ دقیقه‌ای با ۶۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها
		۵ ست ۴/۵ دقیقه‌ای با ۶۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها

بررسی تغییرات درون گروهی از آزمون t همبسته با سطح معناداری  $p \leq 0/05$  استفاده شد. همه تجزیه و تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS21 انجام شد.

### یافته‌ها

جدول ۲ ویژگی‌های آنترپومتریکی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها، جدول ۳ نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس یکطرفه و جدول ۴ نتایج آزمون تعقیبی توکی را به

تجزیه و تحلیل متغیرهای خونی به آزمایشگاه منتقل و با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و تا زمان انجام اندازه‌گیری‌ها، سرم آن‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف برای نشان دادن توزیع طبیعی داده‌ها و آزمون لون برای نشان دادن همگنی واریانس‌ها استفاده شد. برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها، از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) با آزمون تعقیبی توکی و برای

جدول ۲- ویژگی‌های آنترپومتریکی و فیزیولوژیک آزمودنی‌ها

متغیر	تمرین - ماکمل	تمرین - دارونما	مکمل
سن (سال)	۱۶/۵۵±۰/۵۲	۱۶/۲۰±۰/۴۲	۱۶/۲۲±۰/۴۴
قد (سانتی متر)	۱۶۲/۷۷±۵/۱۴	۱۶۲/۸۰±۷/۴۵	۱۶۳/۰۰±۵/۲۴
وزن (کیلوگرم)	۵۲/۲۹±۱۴/۳۱	۵۲/۶۲±۸/۲۲	۵۳/۰۹±۶/۰۹
شاخص توده بدن (BMI)	پیش آزمون ۱۹/۹۶±۰/۲۸	۱۹/۸۶±۰/۳۱	۱۹/۹۹±۰/۱۰
(کیلوگرم بر متر مربع)	پس آزمون ۱۸/۳۸±۰/۲۷	۱۹/۷۶±۰/۱۱	۱۹/۱۸±۰/۲۰
درصد چربی	پیش آزمون ۱۹/۰۶±۰/۸۳	۱۸/۲۱±۰/۵۶	۱۸/۶۸±۰/۷۰
پس آزمون	۱۶/۳۲±۰/۸۶	۱۶/۳۲±۰/۶۷	۱۷/۳۱±۰/۷۳
سانتی متر (WHR)	پیش آزمون ۰/۷۱۸±۰/۰۰۷	۰/۷۱۹±۰/۰۰۵	۰/۷۱۳±۰/۰۰۲
پس آزمون	۰/۶۶۷±۰/۰۱۱	۰/۶۷۴±۰/۰۰۷	۰/۶۹۰±۰/۰۰۵
پیش آزمون	۲۱/۹۸±۲/۷۰	۲۱/۷۴±۱/۷	۲۱/۴۴±۳/۵
پس آزمون	۲۴/۶۷±۳/۱۱	۲۳/۵۴±۲/۱	۲۱/۸۹±۲/۴

جدول ۳- مقایسه میانگین ظرفیت آنتی اکسیدان تام (TAC) و مالون دی‌آلدئید (MDA) در افراد گروه‌های مورد مطالعه در مراحل پیش آزمون و پس آزمون

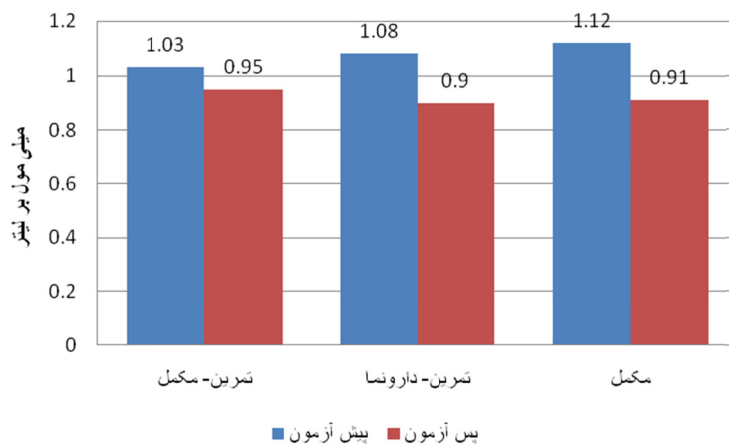
متغیرها	تمرین - ماکمل	تمرین - دارونما	مکمل
مالون دی‌آلدئید (MDA)	۱۸/۱۸±۳/۰۹	۱۳/۷۵±۲/۲۷	*.۰/۰۰۰
(نانومول در میلی لیتر)	۱۶/۳۲±۳/۵۱	۱۱/۴۷±۱/۲۹	*.۰/۰۰۵
سطح معناداری آزمون ANOVA	۰/۱۶	۱۵/۴۳±۲/۶۷	*.۰/۰۰۰
ظرفیت آنتی اکسیدان تام (TAC)	۱/۰۳±۰/۳۰	۰/۹۵±۰/۲۶	۰/۳۱
(میلی مول بر لیتر)	۱/۰۸±۰/۲۲	۰/۹۰±۰/۳۲	۰/۲۰
سطح معناداری آزمون ANOVA	۰/۶۶	۰/۸۸	*.۰/۰۰۶

در سطح  $p \leq 0/05$  معنادار است.

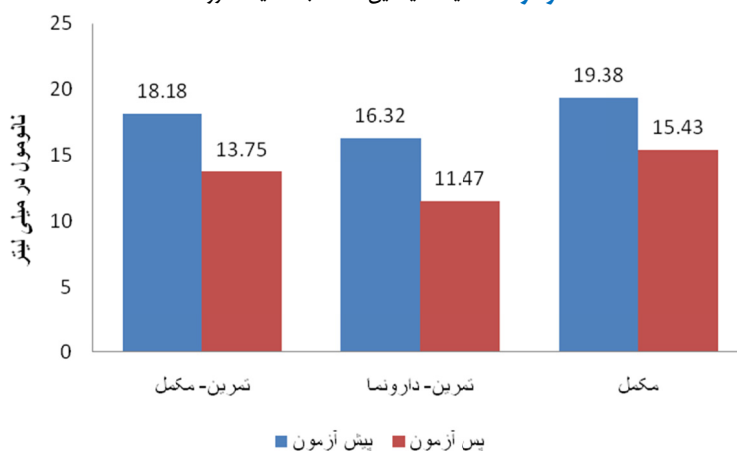
جدول ۴- نتایج آزمون توکی مربوط به مقایسه زوجی تغییرات شاخص‌های ظرفیت آنتی اکسیدان تام (TAC) و مالون دی‌آلدئید (MDA) در افراد گروه‌های

متغیرها	گروه‌ها	P پیش آزمون	P پس آزمون
مالون دی‌آلدئید (MDA)	تمرین - ماکمل و تمرین - دارونما	۰/۴۷	۰/۰۶
(نانومول در میلی لیتر)	تمرین - ماکمل و مکمل	۰/۷۲	۰/۲۱
ظرفیت آنتی اکسیدان تام (TAC)	تمرین - دارونما و مکمل	۰/۱۴	*.۰/۰۰۱
(میلی مول بر لیتر)	تمرین - ماکمل و تمرین - دارونما	۰/۸۵	۰/۸۷
	تمرین - ماکمل و مکمل	۰/۶۴	۰/۹۳
	تمرین - دارونما و مکمل	۰/۹۲	۰/۹۹

در سطح  $p \leq 0/05$  معنادار است.



نمودار ۱- مقایسه میانگین TAC به تفکیک گروه‌ها



نمودار ۲- مقایسه میانگین MDA به تفکیک گروه‌ها

ضداکسایشی عمل می‌کند که در شرایط استرس، سلامت فرد را به خوبی حفظ می‌کند و مکمل چای سبز سبب تاثیر مضاعف می‌شود؛ زیرا تمرین علت کاهش معنادار MDA و جلوگیری از کاهش معنادار TAC در گروه های تمرین-مکمل و تمرین - دارونما بوده است، اما مصرف مکمل به تنهایی باعث کاهش معنادار شاخص‌های MDA و TAC شده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر کاهش معنادار مالون دی‌آلدئید (MDA) گروه‌های تمرین-مکمل، تمرین - دارونما و گروه مکمل به تنهایی در مرحله پس آزمون بود. همچنین تفاوت معناداری در MDA بین سه گروه مشاهده شد. به طوری که MDA گروه تمرین - دارونما تفاوت معناداری را با گروه مکمل

تفکیک گروه‌ها نشان می‌دهد. میزان MDA و TAC در هر سه گروه پس از ۸ هفته کاهش یافته بود (نمودار ۱ و ۲). تفاوت معناداری در مالون دی‌آلدئید (MDA-Malondialdehyde) بین سه گروه پس از ۸ هفته مشاهده شد. به طوری که MDA گروه تمرین - دارونما تفاوت معناداری را با گروه مکمل نشان داد؛ اما در شاخص TAC تفاوت معناداری بین سه گروه در مرحله پس آزمون مشاهده نشد. بر اساس نتایج آزمون t همبسته برای بررسی تغییرات درون گروهی، پس از ۸ هفته تمرین و مصرف مکمل، شاخص MDA در گروه‌های تمرین-مکمل، تمرین - دارونما و گروه مکمل به تنهایی به طور معناداری نسبت به پیش آزمون کاهش یافت اما شاخص TAC فقط در گروه مکمل کاهش معناداری داشت؛ بنابراین به نظر می‌رسد که داشتن فعالیت فیزیکی منظم مشابه یک مکمل

شدت فعالیت، تولید گونه‌های رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Reactive Oxygen Species-ROS) افزایش می‌یابد. از این رو، زمینه‌ی آسیب به زیر ساخت‌های سلولی در پی افزایش گونه‌های ROS با افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش عملکرد سلولی، فراهم می‌گردد.

به طور کلی ترکیبات پلی‌فنول‌ها به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل، توانایی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را دارند و می‌توانند به عنوان دهنده‌ی الکترون یا هیدروژن عمل نمایند. کاتچین‌های موجود در چای سبز به ویژه Epi gallo catechin-3-gallate (EGCG) ممکن است روند پراکسیداسیون لیپیدی را از طریق کاهش تولید رادیکال‌های آزاد (به طور عمده به دلیل داشتن ساختار دی‌هیدروکسی فنول) و همچنین بازسازی توکوفرول (تبدیل رادیکال توکوفرول به توکوفرول) مهار کنند. کاتچین‌ها با اتصال به عنصر مس و جلوگیری از اتصال این عنصر به لیپوپروتئین‌ها، به طور قابل ملاحظه‌ای از کاهش غلظت توکوفرول در پلاسما جلوگیری می‌کنند و باعث تأخیر در شروع فرایند پراکسیداسیون لیپیدهای پلاسما می‌گردند (۲۵). به نظر می‌رسد شدت و مدت فعالیت‌های ورزشی در این مطالعه، موجب آثار مفید دفاع ضد اکسایشی شده و میزان پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش داده است. این در حالی بود که شدت فعالیت در تناوب‌های مختلف و هفته به هفته افزایش می‌یافت. دلیل این افزایش شدت به خاطر افزایش آمادگی جسمانی بود که در افراد دیده می‌شد. در حالی که در مطالعه، جهانی و همکاران، موریلاز-رویز و همکاران، کیلسی و همکاران و بلومر و همکاران این نتیجه تأیید نشده است (۲۶، ۳۲، ۳۰، ۳۳).

جهانی و همکاران به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی منظم و مستمر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اریتروسیستی و استرس اکسیداتیو در بازیکنان جوان فوتبال پرداختند. در پایان تمرینات در گروه تجربی، MDA پس از هشت هفته تمرین افزایش معنی‌داری یافت (۲۶) که در تضاد با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. در این راستا نتایج مطالعات انجام شده موید این نکته می‌باشد که فعالیت بدنی هوازی شدید از طریق افزایش ترشح هورمون‌هایی مانند اپی‌نفرین یا کاتکولامین‌های

نشان داد ( $p \leq 0.05$ ). به عبارتی تمرین هوازی تناوبی طناب زنی و مصرف مکمل چای سبز بر میزان MDA تأثیر دارد اما این تأثیر در گروه تمرین - دارونما محسوس‌تر می‌باشد. کاهش شاخص (MDA) در مطالعه حاضر با تحقیقات کوو و همکاران و جوو کو و همکاران همسو می‌باشد (۱۰ و ۱۸). کوو و همکاران به بررسی اثر مکمل عصاره چای سبز (Green Tea Extract-GTE) همراه با تمرین استقامتی بر ظرفیت استقامتی و آنتی‌اکسیدانی و عملکرد در مردان کم تحرک پرداختند. نتایج نشان داد که در گروه‌های چای سبز، تمرین، تمرین و چای سبز تولید MDA ناشی از ورزش به طور محسوسی کاهش یافت (۱۸). جوو کو و همکاران به بررسی اثر مکمل عصاره چای سبز بر روی شاخص‌های استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش در دوندگان مرد دو سرعت پرداختند. نتایج نشان داد که انجام آزمون دو سرعت متناوب موجب کاهش MDA پس از استراحت شد. این یافته نشان داد که مکمل عصاره چای سبز GTE مانع از استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین با شدت بالا در آزمون دوی سرعت متناوب می‌شود (۱۰). در ابتدای فعالیت‌های بدنی، به دلیل عدم هماهنگی میان میزان اکسیژن دریافتی و اکسیژن مورد نیاز، به خصوص در عضلات فعال و ازسوی دیگر کاهش جریان خون موضعی و سپس برقراری مجدد گردش خون بافتی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد. البته باید به این نکته توجه کرد که افزایش گونه‌های فعال اکسیژن، تنها به عنوان یک سم شناخته نمی‌شود. چرا که می‌تواند نقش مهمی در پیام‌رسانی سلول جهت بیان ژن بازی کند. پیام‌های سلولی منجر به افزایش دفاع ضد اکسایشی در طول فعالیت ورزشی می‌شوند که در این حالت می‌توان فعالیت ورزشی را به عنوان تشنه‌ای جهت شروع دفاع ضد اکسایشی شناخت. ممکن است رادیکال‌های آزاد در پیام‌رسانی و تنظیم بیان ژن، همچنین با سازگاری‌های فعالیت ورزشی ارتباط داشته باشد (۲۴). در طی ورزش، انحراف خون به سمت پیوست و عضلات فعال باعث هیپوکسی زودگذر بافتی و عدم هماهنگی اکسیژن مصرفی و اکسیژن مورد نیاز در بافت‌های فعال حین شدت‌های بالای تمرینی می‌شود؛ هرچند به دنبال اکسیژن‌رسانی مجدد این بافت‌ها و قطع یا کاهش

استرس اکسیداتیو پس از دو آزمایش یکسان از ورزش‌های هوازی زیر بیشینه (۹۰ دقیقه دوچرخه کارسنج با  $VO_2$  ۷۰٪) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاکی از افزایش پراکسیداسیون لیپیدی بود (۳۲). تضاد یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهش حاضر ممکن است با توجه به عواملی مانند نوع، سن، جنس آزمودنی‌ها، میزان آمادگی و تعداد آزمودنی‌ها، زمان، شدت و نوع قرارداد ورزشی، نوع، مقدار و مدت دریافت عصاره مصرفی باشد. بلومروه‌مکارانش با مطالعه مردان ورزشکار اعلام کردند که هیچ تغییری در غلظت مالون‌دی‌آلدئید متعاقب ۳۰ دقیقه فعالیت دوچرخه سواری با شدت ۷۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه مشاهده نشد (۳۳). علت این مغایرت در یافته‌ها را می‌توان ناشی از عوامل تأثیرگذار و مداخله‌ای مانند سن، جنس، ویژگی‌های فردی، وضعیت بدنی و آمادگی قبلی، شدت و نوع فعالیت دانست (۲۸).

ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی شاخص دیگری برای بررسی استرس اکسیداتیو است که در این پژوهش فقط در گروه مصرف مکمل به تنهایی دارای کاهش معناداری بود، هر چند الگوی تغییرات ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی در گروه‌های تمرین-مکمل، تمرین-دارونما در مقایسه با قبل از انجام تمرینات کاهش داشته است، ولی معنادار نبوده است. همچنین تفاوت بین گروه‌ها معنادار نبود. عوامل آنزیمی و غیر آنزیمی که در مجموع ظرفیت ضد اکسایشی تام (TAC) گفته می‌شود، فعالیت هر دو گروه ضد اکسایشی موجود در پلاسما و مایعات بدن را نشان می‌دهد. از جمله عوامل آنزیمی TAC، آنزیم کاتالاز (CAT) و عوامل غیر آنزیمی، ظرفیت پلی فنول تام (TPC) هستند که بدن را در برابر فشار اکسایشی ناشی از ورزش محافظت می‌نمایند (۳۴). یکی از مکانیزم‌های درگیر در افزایش رادیکال‌های آزاد که منجر به تنظیم مثبت ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی می‌شود، قطع موقت مسیر پمپ کلسیم - آدنوزین تری فسفات است که منجر به افزایش درون سلولی کلسیم و فعال شدن مسیر گزانتین اکسیداز در حین فعالیت می‌شود. به دنبال آن تولید اکسیژن واحد و اسیداوریک رخ می‌دهد و غلظت ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی در داخل خون و پلاسما افزایش می‌یابد (۳۵). نتایج کورکو نشان داد، پس از بازی هندبال در

دیگر، متابولیسم پروستاگلانئیدها، گزانتین اکسیداز، NADPH اکسیداز و فعالیت ماکروفاژها بر فرآیندهای استرس اکسیداتیو اثرگذار بوده و موجب افزایش استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپید می‌شود (۲۷). با توجه به اینکه اکسیژن رسانی زیاد بافتی یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش عوامل استرس اکسیداتیو می‌باشد و پاسخ استرس اکسیداتیو به ورزش تحت تأثیر عواملی از قبیل وضعیت سلامتی فرد، سن، جنس، نژاد، ژنتیک، میزان آمادگی جسمانی، تفاوت‌های فردی، پاسخ‌های متفاوت بافتی، تارهای عضلانی و انواع آن، شدت و مدت و نوع تمرین ورزش انجام شده و کاهش دریافت موادغذایی ضد استرس اکسیداتیو در تغذیه روزانه افراد قرار می‌گیرد، نتایج متفاوت به دست آمده دور از انتظار نیست. از همه مهم‌تر اینکه گوناگونی شاخص‌های پراکسیداسیون لیپیدی و شیوه‌های اندازه‌گیری و حساسیت آن‌ها در پژوهش‌های مختلف نیز می‌تواند نتایج غیر هم‌سوئی به دنبال داشته باشد (۲۶).

فعالیت ورزشی با چندین ساز و کار از جمله نشت اکسیژن از زنجیره انتقال الکترونی، سوخت و ساز پروستاگلانئیدی، فعالیت گزانتین اکسیدازها و ماکروفاژها و افزایش فعالیت کاتکولامین‌ها ممکن است بر فرایندهای بروز فشار اکسایشی تأثیر بگذارد (۲۸). زمانی که پراکسیداسیون لیپیده‌ها (MDA) افزایش می‌یابد، اسیدهای چرب غیراشباع در غشای سلولی از بین رفته و منجر به تخریب غشاء سلول می‌شود که می‌تواند موجب کاهش حجم سلول‌ها شود (۲۹). کیلسی و همکاران نشان دادند سطح MDA به عنوان یک نشانگر پراکسیداسیون لیپیدی بعد از تمرینات کوتاه مدت و شدید، افزایش یافت (۳۰). علت این مغایرت احتمالاً می‌تواند ناشی از فرآیند کاهش جریان خون موضعی در ابتدای تمرینات شدید و سپس برقراری مجدد گردش جریان خون بافتی مورد نیاز باشد. در نتیجه لیپیده‌های غیر اشباع غشاهای بافتی در معرض آسیب قرار می‌گیرند (۳۱).

موریلاز-رویز و همکاران به بررسی اثر آنتی‌اکسیدان‌ها بر استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش پرداختند. در این مطالعه در یک گروه ورزشکار ۳۰ نفری، اثر فلاونوئید (که فراوان‌ترین پلی فنول‌ها هستند)، به عنوان آنتی‌اکسیدان در یک نوشیدنی بر بیومارکرهای مختلف

برنامه‌های تمرینی، شدت و مدت فعالیت‌ها (برنامه مقاومتی در مقابل تمرین هوازی تناوبی)، سطح آمادگی آزمودنی‌ها (ورزشکار در مقابل غیرورزشکار)، جنس و مدت، نوع و میزان مکمل مصرفی (چای دم کرده در مقابل کپسول چای سبز) باشد.

چای سبز به عنوان یک مکمل آنتی‌اکسیدانی قوی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و افزایش ظرفیت سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، نقش مؤثری ایفا می‌کند (۴۱). کاتچین‌های موجود در چای سبز با افزایش آنتی‌اکسیدان‌های درون سلولی مانند گلوتاتیون، اسیداوریک و بیلی روبین و افزایش ظرفیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان درون سلولی نظیر گلوتاتیون ردوکتاز و گلوتاتیون پراکسیدوکاتالاز در محافظت از سلول در برابر تخلیه‌ی گلوتاتیون احیا، می‌تواند ظرفیت و توان آنتی‌اکسیدانی را بالا ببرد و با این سازوکار به افزایش TAC کمک کند (۴۱). مصرف منظم و یا حاد چای سبز ممکن است به طور بالقوه دفاع آنتی‌اکسیدانی در برابر اکسیداتیو نهایی ناشی از ورزش را افزایش دهد (۴۰).

در مجموع یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که انجام تمرین هوازی تناوبی به همراه مصرف مکمل چای سبز در مقایسه با مصرف مکمل چای سبز به تنهایی در کاهش میزان MDA تأثیرگذار است و می‌تواند تغییرات نامطلوب پراکسیداسیون لیپیدی و فشار اکسایشی را کاهش دهد. در تحقیق حاضر محدودیت‌های مختلفی چون تفاوت در ویژگی‌های ژنتیکی و وراثتی، تفاوت در میزان انگیزه برای اجرای دقیق پروتکل تمرینی، تفاوت در دقت اجرای برنامه‌ی تغذیه‌ای توصیه شده و نداشتن گروه چهارم به عنوان گروه کنترل به دلیل در دسترس نبودن نمونه، وجود دارد. هرچند نیاز به تحقیقات بیشتری است، زیرا به دلیل محدود بودن تحقیقات در این زمینه نمی‌توان نتیجه‌گیری دقیقی در این باره انجام داد.

### تقدیر و تشکر

بدین وسیله از کلیه افرادی که در انجام این پژوهش ما را یاری دادند، کمال امتنان و تشکر به عمل می‌آید.

ورزشکاران سطوح ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش و مقادیر اکسیدان‌های پلازما افزایش می‌یابد؛ اما برخی مطالعات گزارش داده است، فعالیت موجب افزایش ظرفیت تمام آنتی‌اکسیدانی و کاهش برخی آنتی‌اکسیدان‌ها شده است. ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی حاصل تغییرات فعالیت آنزیمی و مصرف مکمل است؛ زیرا فعالیت سبب افزایش ترشح آنزیمی می‌شود و مصرف مکمل به عنوان عامل ضداکسایشی، ظرفیت ضد اکسایشی را افزایش می‌دهد (۳۶). تحقیقات کاهش ضداکسایشی‌ها را بلافاصله بعد از ورزش‌های شدید از جمله، بعد از اجرای آزمون ورزشی (با شدت ۷۵ تا ۹۰ درصد  $VO_{2max}$ ، ۴۵ دقیقه) در دوندگان نوجوان و بزرگسال گزارش کردند (۳۷). در مقابل، تمرینات ورزشی منظم می‌توانند موجب تنظیم مثبت سیستم ضداکسایشی و جلوگیری از آسیب‌های اکسایشی هنگام تمرین شدید و سنگین شوند (۱۶). این یافته با تنظیم مثبت دفاع ضداکسایشی مطابق اصل هورمزیز همخوانی دارد. بر پایه این اصل، بدن در پاسخ به رویارویی مداوم با عوامل فشارزای، سازگاری‌های دلخواهی پیدا می‌کند که به نوبه خود باعث افزایش عملکرد فیزیولوژی و بهبود تندرستی می‌شود (۳۸). در این راستا جهانی و همکاران به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی منظم و مستمر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اریتروسیستی و استرس اکسیداتیو در بازیکنان جوان فوتبال پرداختند. TAC پس از هشت هفته تمرین کاهش معنی‌دار یافت (۲۶). دمیربگ و همکارانش با مطالعه ۱۱۳ مرد و زن غیر ورزشکار گزارش کردند که ظرفیت ضداکسایشی متعاقب آزمون نوارگردان بروس نسبت به حالت قبل از فعالیت ورزشی کاهش معناداری یافت (۳۹)؛ اما این نتیجه با گزارش‌های برخی از مطالعات گذشته از جمله یافته‌های پانزا و همکاران همسو نبود. پانزا و همکاران به مطالعه اثرات مصرف چای سبز به مدت ۷ روز بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو در مردان جوان وزنه بردار پرداختند. نتایج نشان داد در گروه چای سبز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسمای اندازه‌گیری شده توسط FRAP پس از تلاش در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی‌داری بالاتر بود (۴۰). تضاد یافته‌های این تحقیقات ممکن است ناشی از تفاوت‌های موجود در

## References

1. Seifi-skishahr F, Damirchi A, Farjaminezhad M, Babaei P. The comparison of different levels of physical activity on oxidative stress markers of plasma and RBCs in men. *J Guilan Uni Med Sci*; 2015. 24(95):63-72.
2. Fisher-Wellman K, Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dynamic Med*; 2009. 8:1.
3. Traustadóttir T, Davies SS, Su YL, Choi L, Brown-Borg HM, Roberts LJ, et al. Oxidative stress in older adults: effects of physical fitness. *Age*; 2012. 34:969-82.
4. Santos-Silva A, Rebelo MI, Castro EM, Belo L, Guerra A, Rego C, et al. Leukocyte activation, erythrocyte damage, lipid profile and oxidative stress imposed by high competition physical exercise in adolescents. *Clin Chim Acta*; 2001. 306:119-26.
5. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biol Med*; 2008. 44:153-9.
6. Haghghi AH, Rafieepour A, Hosseini Kakhk SA. [The effect of aerobic training and green tea supplementation on some of cardiovascular risk factors in obese men]. *J Physiol Exerc Physic Activ*; 2011. 7:565-76. [Persian]
7. Ghasemi E, Afzalpour M, Saghebjo M, Zarban A. [Effects of short-term green tea supplementation on total antioxidant capacity and lipid peroxidation in young women after a resistance training session]. *J Isfahan Med School*; 2012. 30(202):1267-76. [Persian]
8. Haghghi A, Ildarabadi A, Hamedi neya M. [The effect of aerobic training and green tea supplement on serum leptin and insulin resistance in overweight and obese men]. *J Sport Biosci*; 2013. 4(15):23-43. [Persian]
9. Andaki ACR, Oliveira JS, Rosa DD, Gomes Junior LC, Rocha ALC, Bressan J. Green tea capsules do not change body composition, energy expenditure and feeding behavior in women. *J Hum Nutr Food Sci*; 2014. 2(1):1021.
10. 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. 54:783-91
11. Hwang CL, Wu YT, Chou CH. Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardiometabolic disorders: A meta analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev*; 2011. 31(6):378-85.
12. Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The Potential for High-Intensity Interval Training to Reduce Cardiometabolic Disease Risk. *Sports Med*; 2012. 42(6):489-509.
13. Lira FS, Yamashita AS, Uchida MC, Zanchi NE, Gualano B, Eivor M Jr, et al. Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile. *Diabetol Metab Syndr*; 2010. 2:31.
14. Esmaeili MR. General principles of physical activity. Daneshgaroz Publishing House.
15. Sheikholeslami-Vatani D, Jahani N. [The effect of rope training on physical fitness parameters in 9-12 years old overweight/obese boys]. *J Pract Stud Biosci Sport*; 2014. 2(3):60-71. [Persian]
16. Bogdanis GC, Stavrinou P, Fatouros IG, Philippou A, Chatzinikolaou A, Draganidis D, et al. Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans. *J Food Chem Toxicol*; 2013. 61:171-7.
17. Sugita M, Kapoor MP, Nishimura A, Okubo T. Influence of green tea catechins on oxidative stress metabolites at rest and during exercise in healthy humans. *Nutrition*; 2016. 32:321-31.
18. Kuo YC, Lin JC, Bernard JR, Liao YH. endurance-training adaptation but improves antioxidant capacity in sedentary men. *Appl Physiol Nutr Metab*; 2015. 40(10):990-6.
19. Moradporian MR, Ashkavand Z, Esparham A, Venkatesh C. Effect of green tea compare to vitamin E and vitamin C on oxidative stress and muscle soreness in treadmill downhill running. *World J Pharm Pharmac Sci*; 2014. 3(15):13-1520.
20. Zolfaghary M, Taghian F, Hedayati M. Comparing the effect of green tea extract consumption, aerobic exercise and combination of these two methods on CRP Level in obese women. *Razi J Med Sci*; 2013. 20(110):8-21.
21. Gahreman D, Wang R, Boutcher Y, Boutcher S. Green tea, intermittent sprinting exercise, and fat oxidation. *Nutrients* 2015;7:5646-63.
22. Ghasemi E, Afzalpour M E, 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 Uni Med Sci*; 2016. 23(3):198-210. [Persian]
23. Kim ES, Im JA, Kim KC, Park JH, Suh SH, Kang ES, et al. Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity*; 2007. 15:2023-30.
24. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell*; 2007. 39:44-84.
25. Ostrowska J, Skrzydlewska E. The comparison of effect of catechins and green tea extract on oxidative modification of LDL in vitro. *Adv Med Sci*; 2006. 51:298-303.
26. Jahani G, Firoozrai M, Matin Homae H, Tarverdizadeh B, Azarbayjani M, Movaseghi G, et al. The effect of continuous and regular exercise on

erythrocyte antioxidative enzymes activity and stress oxidative in young soccer players. *Razi J Med Sci*; 2010. 17(74):22-32

27. Cunningham P, Geary M, Harper R, Pendleton A, Stover S. High intensity sprints training reduces lipid peroxidation in fast-twitch skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc*; 2005. 8(6):158-64.

28. Close G, Ashton T, Cable T, Doran D, MacLaren D. Eccentric exercise, isokinetic muscle torque and delayed onset muscle soreness: the role of reactive oxygen species. *Eur J Appl Physiol*; 2004. 91:615-21.

29. Rana SVS, Rana SV. Protective effect of ascorbic acid against oxidative stress induced by inorganic arsenic in liver and kidney of rat. *Ind J Exp Biol*; 2007. 45(4):371-5.

30. Kelsey FW and Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dynam Med*; 2009. 8:1-25.

31. Chevion S, Moran D, Heled Y. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical Exercise. *Proc Natl Acad Sci U S A*; 2003. 100(9):5119-23.

32. Morillas-Ruiz JM, Villegas Garcia JA, Lopez FJ, Vidal-Guevara ML, Zafrilla P. Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clin Nutr*; 2006. 25:444-53.

33. Bloomer RJ, Goldfarb AH, Wideman L, McKenzie MJ, Consitt LA. Effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood markers of oxidative stress. *J Streng Cond Res*; 2005. 19:276-85.

34. Stringa N, Brahimaj A, Zaciragic A, Dehghan A, Ikram MA, Hofman A, et al. Relation of antioxidant capacity of diet and markers of oxidative status with C-reactive protein and adipocytokines: a prospective study. *Metabolism*; 2017. 71:171-81.

35. Powers SK, Radak Z. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future: exercise-induced oxidative stress. *J Physiol*; 2016. 594:5081-92.

36. Kurkcu R. The effects of short-term exercise on the parameters of oxidant and antioxidant system in handball players. *Afr J Pharm Pharmacol*; 2010. 4:448-52.

37. Tong TK, Kong Z, Lin H, Lippi G, Zhang H, Nie J. Serum oxidant and antioxidant status following an all-out 21-km run in adolescent runners undergoing professional training—a one-year prospective trial. *Int J Mol Sci*; 2013. 14(7):15167-78.

38. Radak Z, Chung HY, Koltai E, Taylor AW, Goto S. Exercise, oxidative stress and hormesis. *Ageing Res Rev*; 2008. 7(1):34-42.

39. Demirbag R, Yilmaz R, Guzel S, Celik H, Kocyigit A, Ozcan E. Effects of treadmill exercise test on oxidative/antioxidative parameters and DNA damage. *Anadolu Kardiyol Derg*; 2006. 6:135-40.

40. Panza VS, Wazlawik E, Ricardo Schütz G, Comin L, Hecht KC, da Silva EL. Consumption of green tea favorably affects oxidative stress markers in weight-trained men. *Nutrition*; 2008. 24:433-42.

41. Yuan JM, Sun C, Butler LM. Tea and cancer prevention: epidemiological studies. *Pharmacol Res*; 2011. 64(2):123-35.