



The effect of two weeks of curcumin supplementation on serum levels of malondialdehyde and superoxide dismutase after one session of intense intermittent training in overweight and obese girls

Saeed Ilbeigi^{1*}, Marziyeh Saghebjo², Maliheh Behmadi³

1. Associate Professor at Department of Sport Biomechanic, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
2. Professor at Department Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.
3. MS.c in Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand , Birjand, Iran.

Abstract

Background and Aim: Increased oxidative stress due to exercise as well as the body's ability to deal with its complications cause different levels of health and disease in people. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of two weeks of curcumin supplementation on serum level of malondialdehyde (MDA) and superoxide dismutase (SOD) indices after a session of intense intermittent training in overweight and obese girls. **Materials and Methods:** Twenty two overweight and obese girls (mean age: 21 ± 1.79 years; weight: 68.80 ± 7.81 kg; body mass index: 31.18 ± 1.96 kg/m²) as purposefully selected and randomly divided into two homogeneous groups (experimental and placebo) according to age and body mass index. The experimental group was underwent intense acute intermittent activity (shuttle run activity protocol; 85 to 95% heart rate percent) and curcumin supplement (80 mg/day post-lunch). The results were extracted using repeated measures ANOVA, one-way ANOVA, and LSD post hoc tests at the level of $p < 0.05$. **Results:** Intense intermittent activity caused a significant increase in MDA ($p = 0.001$) and a significant decrease in SOD ($p = 0.001$) while two weeks of curcumin supplementation caused a significant decrease in MDA ($p = 0.009$) and a significant increase in SOD ($p = 0.01$). On the other hand, two weeks of curcumin supplementation before intense intermittent activity did not significantly change MDA ($p = 0.06$) and SOD ($p = 0.21$). **Conclusion:** Two weeks of curcumin supplementation could inhibits lipid peroxidation.

Keywords: Intense intermittent exercise, Malondialdehyde, Superoxide dismutase, Antioxidant supplements.

Cite this article:

Ilbeigi, S., Saghebjo, M., & Behmadi, M. (2023). The effect of two weeks of curcumin supplementation on serum levels of malondialdehyde and superoxide dismutase after one session of intense intermittent training in overweight and obese girls. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 11(26), 30-41.

*Corresponding Author, Address: Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran;

Email: silbeigi@birjand.ac.ir

 <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.5060.1696>





تاثیر دو هفته مکمل یاری کورکومین بر شاخص های مالون دی آلدئید و سوپر اکسید دیسموتاز سرم پس از یک جلسه فعالیت تناوبی شدید در دختران دارای اضافه وزن و چاق

سعید ایل بیگی^{۱*}، مرضیه ثاقب جو^۲، ملیحه بهمدی^۳

۱. دانشیار گروه بیومکانیک، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: افزایش فشار اکسایشی ناشی از فعالیت ورزشی و همچنین قابلیت بدن برای مقابله با عوارض ناشی از آن، موجب سطوح مختلف سلامت و بیماری در افراد می شود. از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر دو هفته مکمل یاری کورکومین بر میزان مالون دی آلدئید (MDA) و سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) سرم پس از یک جلسه فعالیت تناوبی شدید در دختران دارای اضافه وزن و چاق به اجرا در آمد. **روش تحقیق:** تعداد ۲۲ نفر دختر دارای اضافه وزن و چاق (میانگین سن: $21 \pm 1/79$ سال؛ وزن: $68/80 \pm 7/81$ کیلو گرم؛ شاخص توده بدن: $31/18 \pm 1/96$ کیلوگرم/متر مربع) به صورت هدفمند انتخاب شده و به طور تصادفی، به دو گروه همگن (تجربی و دارونما) از لحاظ سنی و شاخص توده بدنی تقسیم گردیدند. گروه تجربی، تحت مداخله فعالیت حاد تناوبی شدید (پروتکل فعالیت شاتل ران با ۸۵ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب) و مکمل کورکومین (۸۰ میلی گرم/روز بعد از ناهار) قرار گرفتند. نتایج با استفاده از آزمون های تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر، تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی LSD در سطح $p < 0/05$ استخراج گردید. **یافته ها:** فعالیت تناوبی شدید موجب افزایش معنی دار MDA ($p = 0/001$) و کاهش معنی دار SOD ($p = 0/001$) شد؛ در حالی که دو هفته مکمل گیری کورکومین موجب کاهش معنی دار MDA ($p = 0/009$) و افزایش معنی دار SOD ($p = 0/001$) گردید. از طرف دیگر، دو هفته مکمل گیری کورکومین قبل از فعالیت تناوبی شدید، موجب عدم تغییر معنی دار MDA ($p = 0/06$) و SOD ($p = 0/21$) شد. **نتیجه گیری:** دو هفته مکمل دهی کورکومین موجب مهار پراکسیداسیون لیپیدی می شود. **واژه های کلیدی:** فعالیت تناوبی شدید، مالون دی آلدئید، سوپراکسید دیسموتاز، مکمل های ضد اکسایشی.

*نویسنده مسئول، آدرس: بیرجند، دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم ورزشی؛

doi <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.5060.1696>

پست الکترونیک: silbeigi@birjand.ac.ir

مقدمه

چاقی و سبک زندگی کم تحرک به تجمع بیش از حد بافت چربی منجر می‌شوند و با بیماری‌های متابولیک در ارتباط هستند (دورنلس^۱ و دیگران، ۲۰۱۶). چاقی و اضافه وزن با سطوح بالاتر استرس اکسایشی همراه است و در طول زمان به آسیب اکسایشی پروتئین‌ها، لیپیدها و DNA و نیز گسترش شرایط پاتولوژیک بی‌شمار منجر می‌شوند (والکو^۲ و دیگران، ۲۰۰۷). اگرچه فواید زیادی برای فعالیت بدنی، از قبیل جلوگیری از شمار زیادی از بیماری‌ها، ذکر شده است؛ شواهدی دال بر افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکنشی^۳ (ROS) و تخلیه و تضعیف منابع ضد اکسایشی درون زای و افزایش آسیب‌های اکسایشی در ماکرومولکول‌های زیستی از جمله لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک ناشی از فعالیت‌های با شدت بالا وجود دارد (گومز-کابرا^۴ و دیگران، ۲۰۰۸). برای مثال، در متابولیسم هوازی، دو تا پنج درصد از اکسیژن مصرفی در میتوکندری به رادیکال سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل تبدیل می‌شود. این افزایش، ناشی از زیاد شدن مصرف اکسیژن می‌باشد. بنابراین، افزایش مصرف اکسیژن در طول فعالیت، به افزایش مداوم رادیکال‌های آزاد و اکسید شدن چربی می‌انجامد (سایرس^۵ و دیگران، ۱۹۹۹). شماری از مطالعات با اعمال مداخلات ورزشی با شدت بالا و کوتاه مدت، اثبات کرده‌اند که فعالیت ورزشی حاد می‌تواند موجب افزایش استرس اکسایشی در انسان شود (گائینی و دیگران، ۲۰۱۳ الف؛ حقیقی و دیگران، ۲۰۱۱). از طرفی، استرس اکسایشی ناشی از فعالیت بدنی، مسیرهای سیگنالی که بیان ضد اکسایشی‌ها را افزایش می‌دهند و همچنین مسئول فرآیند سازگاری ناشی از ورزش هستند را فعال می‌کند. بنابراین، فعالیت حاد منجر به تولید زیاد ROS شده و احتمالاً مکانیسم‌های دفاع ضد اکسایشی را تغییر می‌دهد. در افراد چاق، تولید رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد و سیستم ضد اکسایشی تضعیف می‌شود (عزتی و دیگران، ۲۰۲۱).

گزارش شده است که چاقی با افزایش استرس اکسایشی عضله قلب (وینسن^۶ و دیگران، ۱۹۹۹) و افزایش شاخص‌های پراکسایش لیپیدی، از جمله افزایش مالون دی‌آلدهید^۷ (MDA) همراه است. یکی از مکانیسم‌های بسیار محتمل درگیر در آسیب سلولی، افزایش نشت رادیکال‌های آزاد و آسیب اکسایشی ناشی از آن‌هاست. شاخص MDA که بیانگر

مقدار پراکسایش لیپیدی است (چارادیا^۸ و دیگران، ۱۹۹۸)، زمانی تشکیل می‌شود که رادیکال‌های آزاد، اتم‌های هیدروژن را سریعاً از اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در غشای سلولی، لیپوپروتئین‌ها و اسیدهای چرب آزاد، جدا سازی نماید. محصول اولیه که توسط پراکسایش لیپیدی تولید می‌شود، یک هیدروپراکسید ناپایدار می‌باشد که به MDA تبدیل می‌شود. از این رو، اندازه گیری MDA می‌تواند نشان دهنده میزان پراکسایش لیپیدی باشد. با این حال، بدن دارای سیستم دفاعی در برابر این واکنش‌ها است و اولین خط دفاعی در مقابله با استرس‌های اکسایشی، عواملی از جمله آنزیم‌های کاتالاز^۹ (CAT)، سوپراکساید دیسموتاز^{۱۰} (SOD)، و گلوکوتاتیون پراکسیداز^{۱۱} (GPX) می‌باشند (فیضی و دیگران، ۱۴۰۰). آنزیم SOD یک عامل ضد اکسایشی می‌باشد که دارای سه ایزوآنزیم در سیتوزول و میتوکندری سلول‌های پستانداران است. این آنزیم دارای فعالیت میتوکندریایی بالایی می‌باشد. عنوان شده است که فعالیت ورزشی از یک سو با افزایش فشار اکسایشی، احتمال تشکیل رادیکال‌های آزاد مضر را افزایش می‌دهد و از طرف دیگر، با القای آنزیم‌های ضد اکسایشی، سبب کاهش رادیکال‌های آزاد می‌شود. با این حال، به نظر می‌رسد که شدت، مدت، نوع فعالیت ورزشی، جنسیت و نژاد؛ اثرات متفاوتی در بروز آسیب‌های اکسایشی و به دنبال آن، سیستم ضد اکسایشی داشته باشند (یوسف پور و دیگران، ۲۰۱۸). در کل، شرکت در فعالیت‌های ورزشی حاد و مزمن و استفاده از مکمل‌های ضد اکسایشی در فرآیند تولید رادیکال آزاد، نقش دارد (فخری و دیگران، ۲۰۱۹).

در سال‌های اخیر، تمرین تناوبی با شدت بالا^{۱۲} (HIIT)، به عنوان نوعی تمرین برای ورزشکاران و غیرورزشکاران محبوبیت ویژه‌ای پیدا کرده است که بیشتر به دلیل ویژگی حجم پایین آن است (نصراللهی و دیگران، ۲۰۱۸). موسسه‌هایی همچون WHO توصیه‌های کلی را برای سلامت افراد در سال ۲۰۱۰ معرفی کرده که مردم را از همه سنین به انجام فعالیت‌های جسمانی با سطوح متوسط تشویق می‌کند (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۷). با این حال، افراد پس از اولین جلسه ورزش با شدت متوسط نیز اغلب درد عضلانی را تجربه می‌کنند، زیرا زمان کافی برای سازگاری عوامل متعدد از جمله فعالیت میتوکندریایی افزایش یافته‌ای که منجر به تولید MDA از پراکسایش لیپیدی غشای پلاسمایی می‌شود را ندارند (مفلحی و

1. Dorneles

2. Valko

3. Reactive oxygen species

4. Gomez-Cabrera

5. Sayers

6. Vincent

7. Malondialdehyde

8. Chiaradia

9. Catalase

10. Superoxide dismutase

11. Glutathione peroxidase

12. High-intensity interval training

از نوع HIIT می بایست با شدت و مدت مناسب همراه با تدابیر ویژه غذایی همراه باشد. در مورد بررسی فعالیت حاد هوازی با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و مصرف کورکومین، تاثیر دریافت کورکومین و فعالیت هوازی بررسی شده و نشان داده شده که فعالیت هوازی، مصرف کورکومین و اثر توام هر دو، منجر به کاهش معنی دار MDA و افزایش غلظت عوامل دارای پتانسیل ضد اکسایشی می شود (تاکاهاشی^۷ و دیگران، ۲۰۱۳). به طور خاص، برخی از مطالعات گزارش کرده اند که گروه های فنولی OH کورکومین، بر مهار ROS اثرگذارند و وجود متوکسی^۸، گروه های فنولی OH را افزایش می دهند (سینگ^۹ و دیگران، ۲۰۱۱). با این حال، مطالعات کمی اثرات مکمل کورکومین را بر استرس اکسایشی ناشی از فعالیت ورزشی و عملکرد ورزشی بررسی کرده اند. یک مطالعه گزارش کرده است که تجویز کورکومین می تواند موجب بهبود وضعیت استرس اکسایشی ناشی از ایسکمی/خون رسانی مجدد عضله اسکلتی موش صحرایی شود (آوسی^{۱۰} و دیگران، ۲۰۱۲). با این حال، اطلاعات کمی در مورد تأثیر مکمل کورکومین در انسان در دسترس است و هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر دو هفته مکمل یاری کورکومین به دنبال HIIT بر شاخص پراکسایش لیپیدی و SOD سرم دختران دارای اضافه وزن و چاق می باشد.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی می باشد. جامعه آماری این پژوهش زنان دارای اضافه وزن و چاق شهر بیرجند با نمایه توده بدنی (BMI) بین ۲۵ تا ۳۴/۹ کیلوگرم بر متر مربع و محدوده سنی ۱۸-۲۵ سال بودند. شرایط ورود افراد داوطلب به شرکت در تحقیق شامل عدم استعمال دخانیات، غیر فعال بودن از نظر بدنی، عدم مصرف مکمل یا داروی خاص، سالم بودن از نظر جسمی، و قرار نداشتن در سیکل قاعدگی بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل ایجاد هر گونه آسیب دیدگی و مصدومیت حین پروتکل و یا عدم رضایت آزمودنی ها از حضور در تحقیق در نظر گرفته شد. پیش از شرکت در تحقیق، کلیه مراحل روش کار برای آزمودنی ها توضیح داده شد و پس از آگاهی کامل آن ها، پرسشنامه فعالیت بدنی عادی بک^{۱۱} با روایی و ضریب اعتبار ۰/۶۵ و ۰/۹۰ (قاسمی و دیگران، ۲۰۱۲) و پرسشنامه رژیم غذایی با روایی و ضریب اعتبار ۰/۶۰ (حسینی اصفهانی و دیگران، ۲۰۰۹) توسط شرکت کنندگان تکمیل گردید.

دیگران، ۲۰۱۲). گائینی و دیگران (۲۰۱۳ ب) به دنبال یک جلسه HIIT، افزایش معنی دار در MDA و عدم تغییر معنی دار در SOD را مشاهده کرده اند. فیشر^۱ و دیگران (۲۰۱۱) نشان داده اند که یک جلسه HIIT بر روی چرخ کارسنج با شدت ۹۰ درصد حداکثر توان هوازی، موجب افزایش فعالیت آنزیم های ضد اکسایشی از قبیل SOD می شود. به نظر می رسد اگر فعالیت ورزشی خیلی شدید باشد، سبب استرس اکسایشی و آسیب عضلانی می شود؛ و احتمالاً در چنین حالتی، مصرف ضد اکسایش ها می تواند مفید واقع شود (گومز-کابرا و دیگران، ۲۰۰۸).

در سال های اخیر، توجه محققان به تأثیر طب گیاهی در پیشگیری و درمان مشکلات مختلف معطوف شده است. مصرف ضد اکسایش ها و ضد التهاب های موجود در طبیعت، نمونه ای از این تدابیر است (شادکام و دیگران، ۲۰۱۶). از جمله مهم ترین ضد التهاب های موجود در طبیعت، کورکومینوئیدها^۲ هستند. زردچوبه محتوی گروهی از ترکیبات پلی فنولیک بنام کورکومینوئیدهاست و در بین کورکومینوئیدها، کورکومین^۳ رایج ترین و فراوان ترین پلی فنول با خاصیت ضد التهابی و ضد اکسایشی قوی معرفی شده است. رنگ زرد زردچوبه (یا کورکوما لونگا^۴) ناشی از پیگمان های پلی فنولیک است که به کورکومینوئید معروف است. کورکومینوئیدها در کل دو تا نه درصد تومریک^۵ را تشکیل می دهند و کورکومین اصلی ترین و فعال ترین آن هاست (شادکام و دیگران، ۲۰۱۶). در تحقیقی، فارسی و دیگران (۲۰۱۸) ضمن بررسی تاثیر مکمل کورکومین و شنا بر شاخص های اکسایشی و ضد اکسایشی، دریافتند که مصرف دو هفته مکمل کورکومین، موجب کاهش معنی دار شاخص MDA و افزایش معنی دار SOD می گردد.

فعالیت های ورزشی در اغلب موارد به صورت حاد و با برنامه ریزی از حیث نوع، شدت، و مدت فعالیت؛ تجویز می شوند. یک جلسه HIIT نسبت به فعالیت مزمن، از نظر زمانی کوتاه تر است و معمولاً فعالیت ورزشی شدید در یک جلسه تمرینی حدود ۳۰ دقیقه به طول می انجامد. در این وضعیت، زمان تمرین و فعالیت ورزشی هفتگی کلی در مقایسه با رهنمون های سلامت عمومی کنونی، کاهش می یابد (گیلن^۶ و دیگران، ۲۰۱۴). با مد نظر قرار دادن این موضوع که بسیاری از زنان علیرغم مشغله شغلی، به انجام فعالیت های ورزشی مقرون به صرفه از لحاظ زمانی و مناسب برای سلامتی تمایل دارند، اجرای فعالیت هایی

1. Fisher

2. Curcuminoids

3. Curcumin

4. Curcuma longa

5. Tumeric

6. Gillen

7. Takahashi

8. Methoxy

9. Singh

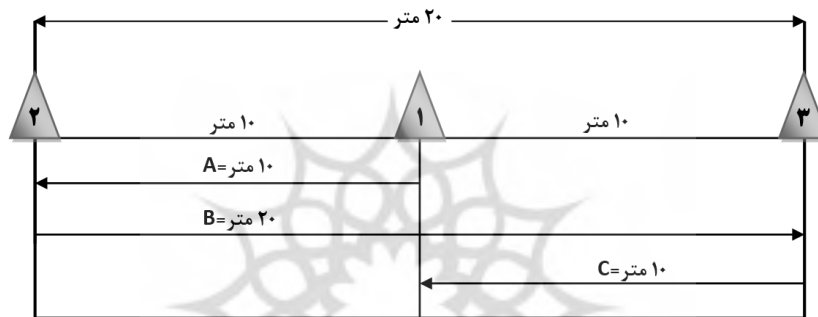
10. Avci

11. Baecke questionnaire of habitual physical activity

جهت مخالف، ۲۰ متر را به طرف مخروط سه طی نمودند (مسیر B). در نهایت، مجدداً برگشته و به سمت نقطه شروع (مخروط یک) با حداکثر سرعت بازگشتند (مسیر C) تا مسافت ۴۰ متر کامل شود (بوچان^۲ و دیگران، ۲۰۱۱). افراد مورد مطالعه این روند را با حداکثر سرعت ادامه دادند تا دوره زمانی ۳۰ دقیقه پروتکل فعالیت به اتمام برسد. برای اطمینان از تلاش ورزشکاران، ضربان قلب آن ها کنترل شد و برای این کار، از ضربان سنج پولار استفاده گردید. پس از ۳۰ ثانیه استراحت، پروتکل فعالیت تکرار شد. در ابتدای جلسه، افراد مورد مطالعه به مدت پنج تا ۱۰ دقیقه برنامه گرم کردن و در پایان جلسه، همین مدت برنامه سرد کردن داشتند. پروتکل فعالیت در محل سالن ورزشی پونه شهر بیرجند به اجرا درآمد.

پس از تحلیل اطلاعات پرسشنامه ها و انجام بررسی های اولیه، تعداد ۲۲ نفر به طور تصادفی به دو گروه مساوی تجربی و کنترل (۱۱ نفر در هر گروه) تقسیم شدند. در ضمن، قبل از شروع مطالعه، ابتدا از آزمودنی ها رضایت نامه کتبی گرفته شد. آزمودنی ها از اجرای هر نوع فعالیت شدید و مصرف مواد غذایی دارای خواص ضد اکسایشی، ۷۲ ساعت قبل از انجام آزمون منع شدند.

پروتکل فعالیت ورزشی: پروتکل ورزشی تحقیق شامل پروتکل شاتل ران^۱ بود که در یک مسافت ۲۰ متری مشخص شده توسط سه مخروط اجرا گردید (شکل یک). با شروع پروتکل، افراد با حداکثر سرعت (۸۵ تا ۹۵ درصد حداکثر ضربان قلب)، از نقطه شروع (مخروط یک) به طرف مخروط دوم دویدند (مسیر A)؛ سپس برگشتند و در



شکل ۱. طرح شماتیک پروتکل فعالیت تناوبی شدید

اخذ گردید. نمونه های خونی در لوله های آزمایش بدون ماده ضد انعقاد خون ریخته شدند و پس از ۳۰ دقیقه لخته شدن، نمونه ها سانتریفیوژ (با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت پنج دقیقه) شدند و سرم حاصل جهت اندازه گیری سطوح سرمی شاخص MDA و SOD مورد استفاده قرار گرفت. اندازه گیری غلظت MDA با استفاده از روش سنجش تیوباربیتوریک اسید^۳ انجام شد. فعالیت آنزیم SOD طبق روش گیانوپلیتیس و رایس^۴ از طریق طیف سنجی نوری (تعیین انتقال ماده به وسیله مشاهده رنگ) اندازه گیری شد (نصرالهی و دیگران، ۲۰۱۸).

روش های آماری: برای بررسی توزیع طبیعی داده ها از آزمون شاپیرو - ویلک^۵ استفاده شد. برای مقایسه میزان غلظت شاخص های وابسته تحقیق، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر (۲×۴) با عامل بین گروهی، آزمون تحلیل واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح معنی داری $p < 0.05$ بهره برداری گردید. همه تجزیه و تحلیل ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام شدند.

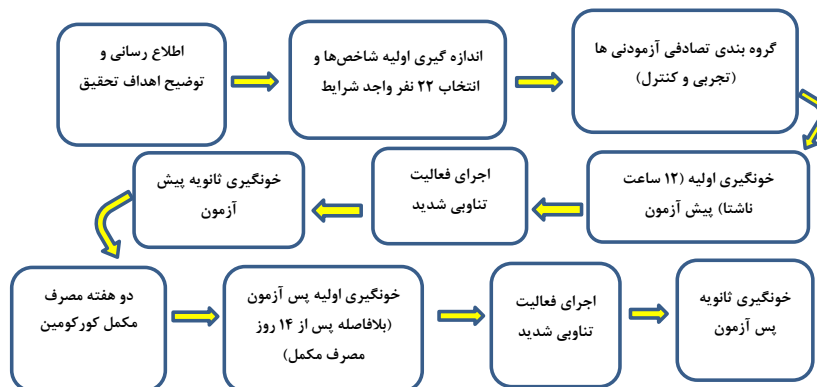
نحوه مصرف مکمل: مکمل کورکومین در قالب کپسول های ۸۰ میلی گرمی تهیه شده از شرکت اکسیر نانو سینا ساخت کشور ایران، به گروه تجربی داده شد و از آنان درخواست شد هر روز قبل از ناهار، یک عدد مصرف نمایند (امیرخانی و دیگران، ۲۰۱۶). مدت زمان پروتکل تحقیق دو هفته بود. ابتدا یک جلسه HIIT انجام شد. سپس ۱۴ روز مکمل کورکومین توسط آزمودنی ها پیگیری گردید و در آخر، یک جلسه HIIT تکرار شد.

نمونه گیری و روش های سنجش متغیرهای خونی: با توجه به جنسیت آزمودنی ها، تحقیق در دوره لوتئال انجام گرفت. خونگیری اولیه (پنج میلی لیتر خون از ورید پیش آرنجی دست چپ آزمودنی ها) قبل از انجام پروتکل فعالیت در حالت ناشتا گرفته شد. سپس پروتکل فعالیت اجرا شد. مرحله دوم خونگیری بلافاصله بعد از اتمام پروتکل HIIT انجام شد. سپس آزمودنی ها شروع به مصرف مکمل، به مدت دو هفته نمودند و پس از ۱۴ روز، خونگیری سوم گرفته شد و مجدداً پروتکل فعالیت بر روی افراد دو گروه اجرا گردید و در آخر، نمونه چهارم نیز از آزمودنی ها

1. Beep shuttle run test
2. Buchan

3. Thiobarbituric acid
4. Gianoplitis and Rice

5. Shapiro-Wilk



شکل ۲. طرح شماتیک تحقیق

یافته‌ها

قد، شاخص توده بدنی (BMI)، و نتایج مقایسه آن‌ها (برای اطلاع از وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها) با آزمون تحلیل واریانس، در جدول یک به تفکیک گروه‌های تحقیق ارائه شده است.

برای کسب اطلاع بیشتر در مورد شرکت‌کنندگان، تعدادی از ویژگی‌های فردی و ترکیب بدنی مورد سنجش قرار گرفتند. میانگین و انحراف معیار شاخص‌ها از جمله وزن،

جدول ۱. ویژگی‌های فردی به تفکیک گروه‌های تحقیق و مقایسه سطح پایه

شاخص‌ها	گروه‌ها	میانگین	انحراف معیار	F	p
سن (سال)	تجربی	۲۱	۱/۷۶	۰/۱۲	۰/۸۸
	کنترل	۲۱	۱/۸۲		
وزن (کیلوگرم)	تجربی	۶۹/۲۲	۶/۶۱	۰/۴۶	۰/۹۵
	کنترل	۶۸/۴۴	۸/۰۳		
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	تجربی	۳۰/۹۹	۱/۶۰	۰/۶۱	۰/۵۰
	کنترل	۳۱/۴۸	۲/۳۲		

همین دلیل از آزمون تعقیبی LSD برای مقایسه زوجی فعالیت SOD و MDA و آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای مقایسه هر یک از نقاط زمانی اندازه‌گیری، استفاده شد.

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر (جدول دو) نشان داد که اثر زمان و تعامل اثر زمان و گروه، در مورد شاخص SOD (به ترتیب با $F=10/91$ ، $p=0/001$ و $F=5/99$ ، $p=0/001$) و MDA (به ترتیب با $F=12/16$ ، $p=0/001$ و $F=22/59$ ، $p=0/001$) از نظر آماری معنی‌دار هستند. به

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در مورد مقایسه متغیرهای SOD و MDA

متغیرها	منبع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	p	اندازه اثر
SOD (میکرو مول/لیتر)	اثر زمان (درون گروهی)	۰/۰۰۵	۳	۰/۰۰۲	۱۰/۹۱	<0/001*	۰/۹۹
	اثر گروه (بین گروهی)	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۰۷	۳/۷۳	۰/۰۶	۰/۴۵
	تعامل زمان*گروه	۰/۰۰۳	۳	۰/۰۰۱	۵/۹۹	۰/۰۰۱*	۰/۹۴
MDA (میکرو مول/لیتر)	اثر زمان (درون گروهی)	۱۴/۴۳	۳	۴/۸۱	۱۲/۱۶	<0/001*	۰/۹۹
	اثر گروه (بین گروهی)	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۹۴	۰/۵۱
	تعامل زمان*گروه	۲۶/۸۰	۳	۸/۹۳	۲۲/۵۹	<0/001*	۰/۹۹

*نشانه تفاوت معنی‌دار در سطح $p<0/05$.

یک از نقاط زمانی اندازه‌گیری، اجرا گردید. نتایج نشان داد که شاخص SOD ($p=0/14$) و MDA ($p=0/79$) در گروه‌های شرکت‌کننده، قبل از اجرای HIIT اختلاف معنی‌داری ندارد؛

با توجه به اعمال HIIT و به منظور بررسی تفاوت اثر احتمالی این مداخله، آزمون تحلیل واریانس یک راهه (جدول سه) برای مقایسه دو گروه شرکت‌کننده در هر

کورکومین، موجب افزایش معنی دار فعالیت SOD و کاهش معنی دار تراکم MDA در گروه تجربی شد. از طرف دیگر، پس از اجرای مجدد HIIT و به دنبال مکمل گیری، در فعالیت SOD تغییر معنی داری نسبت به مرحله سوم ایجاد نگردید. از آنجا که اثر گروه معنی دار نشده است؛ مقایسه بین گروهی انجام نگردید.

اما در شاخص SOD بعد از HIIT و بعد از مصرف مکمل کورکومین (به ترتیب با $p < 0.001$ و $p = 0.01$) و در شاخص MDA بعد از HIIT ($p = 0.03$) بین گروه ها تفاوت معنی داری مشاهده شد.

نتایج جدول چهارم بر آن است که HIIT باعث کاهش معنی دار فعالیت SOD و افزایش معنی دار تراکم MDA در گروه تجربی شده است. همچنین دو هفته مکمل گیری

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک راه برای بررسی تفاوت در شاخص SOD و MDA گروه های شرکت کننده

P	F	میانگین مجدورات	درجه آزادی	مجموع مجدورات	مراحل اندازه گیری	
۰/۱۴	۲/۳۰	۰/۰۰۲	۱	۰/۰۰۲	قبل از فعالیت	SOD (میکرو مول/لیتر)
۰/۰۰۱*	۱۸/۲۱	۰/۰۰۹	۱	۰/۰۰۹	بعد از فعالیت	
۰/۰۱*	۲/۳۷	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	بعد از مکمل گیری	
۰/۲۵	۱/۳۴	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۱	بعد از مکمل گیری و فعالیت	MDA (میکرو مول/لیتر)
۰/۷۹	۰/۰۶	۰/۲۷	۱	۰/۲۷	قبل از فعالیت	
۰/۰۳*	۴/۸۷	۱۵/۹۲	۱	۱۵/۹۲	بعد از فعالیت	
۰/۲۰	۱/۶۸	۵/۴۳	۱	۵/۴۳	بعد از مکمل گیری	
۰/۳۱	۱/۰۴	۳/۳۱	۱	۳/۳۱	بعد از مکمل گیری و فعالیت	

* نشانه تفاوت معنی دار در سطح $p < 0.05$.

جدول ۴. نتایج حاصل از آزمون تعقیبی LSD جهت مقایسه زوجی فعالیت SOD و MDA گروه HIIT در مراحل مختلف اندازه گیری

p	خطای معیار	تفاوت میانگین ها	مراحل اندازه گیری	گروه ها	متغیرها
۰/۰۰۱*	۰/۰۰۳	۰/۰۲	بعد از فعالیت	قبل از فعالیت (سطح پایه)	SOD (میکرو مول/لیتر)
۰/۰۱*	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	بعد از مکمل گیری		
۰/۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	بعد از فعالیت و مکمل گیری	بعد از فعالیت	
۰/۰۰۱*	۰/۰۰۳	۰/۰۳	بعد از مکمل گیری		
۰/۰۰۱*	۰/۰۰۳	۰/۰۲	بعد از فعالیت و مکمل		
۰/۰۰۱*	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	بعد از فعالیت و مکمل	بعد از مکمل گیری	MDA (میکرو مول/لیتر)
۰/۰۰۱*	۰/۲۲	-۱/۵۵	بعد از فعالیت	قبل از فعالیت (سطح پایه)	
۰/۰۰۹*	۰/۲۴	۰/۷۵	بعد از مکمل گیری		
۰/۰۶	۰/۳۰	۰/۶۱	بعد از فعالیت و مکمل گیری	بعد از فعالیت	
۰/۰۰۱*	۰/۱۳	۰/۰۳	بعد از مکمل گیری		
۰/۰۰۱*	۰/۱۶	۰/۰۲	بعد از فعالیت و مکمل		
۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۰۰۴	بعد از فعالیت و مکمل	بعد از مکمل گیری	

* نشانه تفاوت معنی دار در سطح $p < 0.05$.

بحث

همچنین، اسپیرلندلی^۲ و دیگران (۲۰۲۰) تغییر سطوح MDA را به چند روش بررسی نموده و نشان داده اند که اجرای حاد HIIT موجب افزایش معنی دار MDA می گردد. گائینی و دیگران (۲۰۱۳) (ب) به دنبال یک جلسه HIIT، افزایش معنی دار MDA را نشان داده اند. افزایش نشانگرهای استرس اکسایشی بلافاصله پس از فعالیت ورزشی را می توان به فعالیت پراکسایشی پروتون های تجمع یافته در فضای درون

بر اساس نتیجه تحقیق حاضر، یک جلسه HIIT موجب افزایش معنی دار MDA سرم نسبت به سطح پایه شد؛ اما فعالیت آنزیم SOD را به طور معنی داری کاهش داد. در مطالعه ای همسو با تحقیق حاضر، ساویرا^۱ و دیگران (۲۰۲۰) اثر چهار جلسه HIIT بر سطوح MDA پسران را بررسی نموده و افزایش معنی دار MDA را نشان داده اند.

سالمند محسوب نمی شوند.

یافته مهم دیگر تحقیق حاضر این بود که مصرف مکمل کورکومین موجب کاهش معنی دار MDA و افزایش معنی دار فعالیت آنزیم SOD سرم می شود. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شاخص‌های MDA و SOD به دنبال فعالیت حاد، در افرادی که مکمل کورکومین دریافت می‌کنند، تغییر معنی داری نمی‌کند. همسو با نتایج تحقیق حاضر، تاکاهاشی^۵ و دیگران (۲۰۱۴) به بررسی اثرات مکمل کورکومین بر استرس اکسایشی ناشی از ورزش در انسان پرداخته‌اند. یافته‌ها نشان داد که مکمل کورکومین می‌تواند با افزایش ظرفیت ضد اکسایشی خون، استرس اکسایشی ناشی از ورزش را مهار کند. صراف بانک و دیگران (۲۰۱۹) اثرات مکمل کورکومین بر نشانگرهای التهاب و استرس اکسایشی در نوجوانان دختر سالم و دارای اضافه وزن و چاق را بررسی نموده و نشان داده‌اند که مصرف ۵۰۰ میلی گرم مکمل کورکومین، موجب کاهش معنی دار MDA می‌گردد. تیریزی و دیگران (۲۰۱۹) به بررسی اثرات مکمل‌های حاوی کورکومین بر نشانگرهای التهابی و استرس اکسایشی پرداخته و نشان داده‌اند که مصرف مکمل‌های حاوی کورکومین (به دلیل خواص ضد اکسایشی خود)، MDA را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. در تحقیقی، فارسی و دیگران (۲۰۱۸) ضمن بررسی تاثیر مکمل کورکومین و شنا بر شاخص‌های اکسایشی و ضد اکسایشی دریافت‌اند که مصرف دو هفته مکمل کورکومین، موجب کاهش معنی دار شاخص MDA و افزایش معنی دار SOD می‌شود. ساساکی و دیگران (۲۰۱۱) نشان داده‌اند که ۳۰ میلی گرم مکمل کورکومین می‌تواند غلظت MDA خون را کاهش دهد. نامنی و دیگران (۲۰۱۷) تاثیر مکمل یاری با کورکومین را پس از یک جلسه فعالیت شدید بسکتبال بر آنزیم‌های ضد اکسایشی SOD و GPX بررسی کرده‌اند. کورکومین به شکل خوراکی، در هر روز به مقدار ۱/۱ گرم توسط گروه مکمل مصرف گردید. نتایج نشان داد که فعالیت GPX و SOD در گروه مکمل افزایش معنی داری پیدا کرده است. رهبرقاضی و دیگران (۲۰۲۱) به بررسی تاثیر فعالیت شنا و مکمل یاری کورکومین بر شاخص‌های ضد اکسایشی در مردان جوان فعال پرداخته و نشان داده‌اند که مصرف ۸۰ میلی گرم کورکومین، موجب افزایش معنی دار SOD می‌شود. فخری و دیگران (۲۰۱۹) اثر HIIT به همراه مصرف مکمل نانوکورکومین بر ظرفیت ضد اکسایشی تام و سطح MDA در دختران دارای اضافه وزن را بررسی نموده و گزارش کرده‌اند که مصرف روزانه یک

و برون عضلانی حین فعالیت ورزشی با شدت بالا؛ یا به اکسایش خودکار کاتکولامین نسبت داد؛ زیرا کاتکولامین‌ها به طرز چشمگیری حین این نوع فعالیت ورزشی افزایش می‌یابند. عامل ROS تولید شده حین و پس از انقباض عضلانی، به طور موقت پراکسایش لیپیدی را فعال می‌کند. در مطالعه بوگدانیس^۱ و دیگران (۲۰۱۳)، میزان مواد واکنش دهنده اسید تیوباربیتوریک ۲۴ ساعت پس از فعالیت ورزشی به اوج رسید. وادلی^۲ و دیگران (۲۰۱۶) گزارش کرده‌اند که ورزش تناوبی شدید^۳ (HIIE) با حجم کم (یک تا ۱۰ دقیقه فعالیت با ۹۰ درصد VO_{2max}) پراکسایش لیپیدی پلاسمایی را افزایش می‌دهد. به علاوه، بر اساس گزارش وینسنت و دیگران (۲۰۰۴)، غلظت‌های هیدروپراکسایش‌ها و مواد واکنش پذیر اسید تیوباربیتوریک، پس از فعالیت ورزشی حاد به طور معنی داری در آزمودنی‌های چاق بیشتر از آزمودنی‌های غیرچاق افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر در خصوص تغییرات سطوح MDA با نتایج برخی پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه ناهمسو است؛ به طور مثال، در مطالعه پارکر^۴ و دیگران (۲۰۱۷) در افراد بالغ سالم، یک جلسه HIIE با ۵*۴ دقیقه فعالیت شدید در ۷۵ درصد W_{max} ، مقدار اسید تیوباربیتوریک را کاهش داد. از گزارش‌های موجود چنین استنباط می‌شود که برحسب نوع و شدت فعالیت بدنی، میزان آمادگی افراد و سازگاری آنان به تمرینات ورزشی؛ می‌توان افزایش، کاهش یا عدم تغییر MDA را پس از تمرین انتظار داشت (سلامی و دیگران، ۲۰۱۸).

مطالعات محدودی در رابطه با تغییرات (کاهش) SOD وجود دارد. طبق مطالعه پارکر و دیگران (۲۰۱۷) که در بالا بدان اشاره شد، بدنبال یک جلسه HIIE، کاهش معنی دار SOD مشاهده شده است. تیرومالای^۵ و دیگران (۲۰۱۱) در پژوهش خود که بر روی موش‌های نر نژاد ویستار انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که پنج جلسه فعالیت ورزشی با شدت بالا، موجب کاهش فعالیت آنزیم SOD می‌شود. با این حال، فیشر و دیگران (۲۰۱۰) به دنبال یک جلسه ۲۰ دقیقه‌ای HIIT، شامل چهار دقیقه رکاب زدن با شدت ۱۵ درصد حداکثر توان بی‌هوایی و ۳۰ ثانیه فعالیت با شدت ۹۰ درصد حداکثر توان بی‌هوایی (چهار تکرار)؛ افزایش SOD لنفوسیتی را مشاهده کرده‌اند. ناهمسویی در یافته‌های تحقیق حاضر و نتایج مطالعه فیشر و دیگران (۲۰۱۰) نیز می‌تواند ناشی از تفاوت در پروتکل فعالیت، سن یا سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها باشد؛ زیرا در تحقیق حاضر، افراد غیرفعال با جنسیت زن بودند و از نظر سنی

1. Bogandis

2. Wadley

3. High-Intensity Intermittent Exercise

4. Parker

5. Thirumalai

6. Takahashi

کورکومین می تواند فعالیت آنزیم های GSH، CAT و SOD را در خنثی سازی رادیکال های آزاد تحت تأثیر قرار دهد (مارچگیانی^۷ و دیگران، ۲۰۱۴). در کل، شواهد ارائه شده دال بر آن است که مکمل کورکومین در انسان بی خطر است و به دلیل نقش آن در کاهش التهاب و استرس اکسایشی، کاهش درد و آسیب عضلانی، بهبود ریکاوری عضلات، عملکرد ورزشی، پاسخ های روانی و فیزیولوژیکی (حرارتی و قلبی - عروقی)؛ مصرف این مکمل در طول تمرین مفید است. با این حال، هنوز مطالعات حاد مربوط به مکمل کورکومین، کامل نیست و توصیه می شود مطالعات بیشتری در این حیطه انجام شود.

نتیجه گیری: مطالعه حاضر نشان داد که ورزش شدید منجر به استرس اکسایشی در دختران دارای اضافه وزن و چاق می شود و دو هفته مکمل کورکومین تأثیر تعدیل کنندگی بر پراکسایش لیپیدها دارد و ممکن است سیستم ضد اکسایشی درون سلولی را تقویت کند. بنابراین، به نظر می رسد هم ورزشکاران در حین آمادگی خاص و هم افراد عادی قبل از یک فعالیت شدید ورزشی، می توانند از این مکمل برای مهار سطح بالای استرس اکسایشی استفاده کنند.

تعارض منافع

فرم مربوط به این قسمت تکمیل و در اختیار مجله قرار گرفته است. این مقاله پیش از این در جای دیگری برای چاپ ثبت نشده است و نویسندگان تعارض منافی ندارند.

قدردانی و تشکر

از تمامی افرادی که در انجام تحقیق ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

کپسول ۸۰ میلی گرمی کورکومین در طول هشت هفته، موجب کاهش معنی دار سطوح MDA و افزایش معنی دار ظرفیت ضد اکسایشی تام می شود. در کل، می توان گفت که HIIT در افراد دارای اضافه وزن، موجب استرس اکسایشی می گردد؛ اما مصرف همزمان مکمل کورکومین احتمالاً می تواند پراکسایش لیپیدی را در افراد دارای اضافه وزن و چاق مهار کند. ناهمسو با یافته های تحقیق حاضر، ام اس^۱ و دیگران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر مکمل کورکومین بر سیستم التهابی، آسیب عضلانی و درد عضلانی؛ نشان داده اند که مصرف مکمل کورکومین (۱/۵ گرم/روز) در طول ۲۸ روز، موجب عدم تغییر معنی دار MDA می گردد. تحقیقات نشان داده اند که HIIT ممکن است به علت مصرف بیش از حد اکسیژن و همچنین متابولیسم بی هوازی زیاد، منجر به تولید گونه های نیتروژن فعال^۲ از گزانتین، نیکوتین امید آدنین دی نوکلئوتید فسفات اکسیداز^۳، کم خونی/خون رسانی مجدد^۴، تغییرات هموستاز کلسیم و آسیب عضلانی ناشی از آن گردد (بوجدانیس و دیگران، ۲۰۱۳)؛ در نتیجه این تغییرات، آسیب به ملکول های مختلف از جمله لیپیدها، پروتئین ها و DNA رخ می دهد (مارتینوویچ^۵ و دیگران، ۲۰۱۰). تحقیقات نشان داده اند که کورکومین به عنوان یک پلی فنول، مانع فعالیت آنزیم هایی تولیدکننده ROS مانند لیپواکسیژناز، سیکلواکسیژناز و یا گزانتین اکسیداز می شود (سیمونی^۶ و دیگران، ۲۰۱۸). در مطالعه حاضر نیز پس از دو هفته مصرف مکمل کورکومین، کاهش معنی دار سطوح MDA به عنوان شاخص استرس اکسایشی و افزایش معنی دار SOD مشاهده شد. مصرف مکمل قبل از فعالیت حاد احتمالاً می تواند سبب بهبود ظرفیت ضد اکسایشی در افراد دارای اضافه وزن و چاق گردد. اعتقاد بر آن است که

منابع

- Amirkhani, Z., Azarbayjani, M.A., Homaei, H.M., & Peeri, M. (2016). Effect of combining resistance training and curcumin supplementation on liver enzyme in inactive obese and overweight females. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*, 8(3), 107-114. [In Persian]
- Avcı, G., Kadioglu, H., Sehirli, A. O., Bozkurt, S., Guclu, O., Arslan, E., & Muratli, S. K. (2012). Curcumin protects against ischemia/reperfusion injury in rat skeletal muscle. *Journal of Surgical Research*, 172(1), e39-e46.
- Bogdanis, G. C., Stavrinou, P., Fatouros, I. G., Philippou, A., Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., & Maridaki, M. (2013). Short-term high-intensity interval exercise training attenuates oxidative stress responses and improves antioxidant status in healthy humans. *Food and Chemical Toxicology*, 61, 171-177.

1. Multiple sclerosis

oxidase

6. Simioni

2. Reactive nitrogen species

4. Ischemic reperfusion

7. Marchegiani

3. Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate

5. Martinovich

- Buchan, D. S., Ollis, S., Young, J. D., Thomas, N. E., Cooper, S. M., Tong, T. K., & Baker, J. S. (2011). The effects of time and intensity of exercise on novel and established markers of CVD in adolescent youth. *American Journal of Human Biology*, 23(4), 517-526.
- Chiaradia, E., Avellini, L., Rueca, F., Spaterna, A., Porciello, F., Antonioni, M. T., & Gaiti, A. (1998). Physical exercise, oxidative stress and muscle damage in racehorses. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 119(4), 833-836.
- Dorneles, G.P., Haddad, D.O., Fagundes, V.O., Vargas, B.K., Kloecker, A., Romão, P.R., & Peres, A. (2016). High intensity interval exercise decreases IL-8 and enhances the immunomodulatory cytokine interleukin-10 in lean and overweight-obese individuals. *Cytokine*, 77, 1-9.
- Ezzati, A., Atashak, S., Roshdi Bonab, R. (2021). The effect of concurrent training order on oxidative stress biomarkers in sedentary obese women. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 22(6), 459-468. [In Persian]
- Fakhri, S., Shakeryan, S., Fakhri, F., & Alizadeh, A.A. (2019). The effect of 6 weeks of high-intensity interval training (HIIT) with using Nano-curcumin supplement on total antioxidant capacity and Malondialdehyde level in overweight girls. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*, 26(4), 333-42. [In Persian]
- Feizi, Y., Abtahi-Eivary, S. H., & Rezvani, M. (2022). Serum changes of glutathione peroxidase and superoxide dismutase in inactive females consumed coenzyme Q10 following of moderate and severe acute resistance training. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 10(22), 54-64. [In Persian]
- Fisher, G., Schwartz, D.D., Quindry, J., Barberio, M.D., Foster, E. B., Jones, K.W., & Pascoe, D.D. (2011). Lymphocyte enzymatic antioxidant responses to oxidative stress following high-intensity interval exercise. *Journal of Applied Physiology*, 110(3), 730-737.
- Gaeini, A., Arbab, G., Kordi, M., & Ghorbani, P. (2013 A). The response of lipid peroxidation and the antioxidant system of the best football players to a very intense exercise session. *Hormozgan Medical Journal*, 17(1), 29. [In Persian]
- Gaeini, A., Arbab, G., Kordi, M., & Ghorbani, P. (2013 B). A lipid peroxidation elite soccer player's oxidation system to a vigorous exercise session (HIE). *Journal of Hormozgan University of Medical Sciences*, 1, 23-29. [In Persian]
- Ghasemi, E., Afzalpour, M.E., & Saghebjo, M. (2012). The effect of short-term supplementation of green tea on total antioxidant capacity and lipid peroxidation of young women after a session of intense resistance training. *Journal of Isfahan Medical School*, 30(202), 1276-1267. [In Persian]
- Ghaffari Humdini, S., Asad, M., Bazgir, B., & Rahimi, M. (2018). The effect of intense intermittent training and moderate-intensity continuous endurance on VEGF gene expression in both visceral and subcutaneous adipose tissue of male Wistar rats. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 19(3), 170-176. [In Persian]
- Gillen, J.B., & Gibala, M.J. (2014). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(3), 409-412.
- Gomez-Cabrera, M.C., Domenech, E., Romagnoli, M., Arduini, A., Borrás, C., Pallardo, F.V., ... & Vina, J. (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(1), 142-149.
- Gupt, A.M., Kumar, M., Sharma, R.K., Misra, R., & Gupta, A. (2015). Effect of moderate aerobic exercise training on autonomic functions and its correlation with the antioxidant status. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 59(2), 162-9.

- Haghighi, A. H., Darijani, A. H., & Hamedinia, M. R. (2011). The effect of one bout of exhaustive aerobic exercise with different intensities on serum MDA in male smokers. *Journal of Sport Biosciences*, 3(9), 95-112. [In Persian]
- Hosseini Esfahani, F., Asghari, G., Mirmiran, P., Jalali Farahani, S., & Azizi, F. (2009). Reproducibility and relative validity of food group intake in a food frequency questionnaire developed for the Tehran lipid and glucose study. *The Razi Journal of Medical Sciences*, 17(71), 41-55. [In Persian]
- Martinovic, J., Dopsaj, V., Kotur-Stevuljevic, J., Dopsaj, M., Vujovic, A., Stefanovic, A., & Nešić, G. (2011). Oxidative stress biomarker monitoring in elite women volleyball athletes during a 6-week training period. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1360-1367.
- Moflehi, D., Kok, L.Y., Tengku-Fadilah, T.K., & Amri, S. (2012). Effect of single-session aerobic exercise with varying intensities on lipid peroxidation and muscle-damage markers in sedentary males. *Global Journal of Health Science*, 4(4), 48.
- Modir, M., Daryanoosh, F., Mohamadi, M., & Firouzmand, H. (2014). The effects of short and middle time's aerobic exercise with high intensities on ingredients antioxidant in female Sprague Dawley rats. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*, 57(3), 587-595. [In Persian]
- Ms, S.A.B., Waldman, PhD, H.S., Krings, PhD, B. M., Lamberth, PhD, J., Smith, PhD, J. W., & McAllister, PhD, M.J. (2020). Effect of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress, inflammation, muscle damage, and muscle soreness. *Journal of Dietary Supplements*, 17(4), 401-414.
- Naghizadeh, H., Akbarzadeh, H., & Katabi, F. (2009). The effect of a period of moderate aerobic activity with vitamin E intake on glutathione peroxidase (GPX) activity and oxidative stress indices and muscle damage in active male students. *Sport Sciences (Harkat)*, (4), 39-57. [In Persian]
- Namani, F., & Nourani Pilehroud, M. (2017). The effect of cocaine supplementation on antioxidant enzymes (GPX, SOD), *The first international conference on modern research in sports science and physical education*, Hamadan, Iran, June 29, 2017, 1-9. [In Persian]
- Nasrallah, S. (2018). *The effect of high and moderate intensity intermittent exercise on superoxide dismutase, catalase, lactate dehydrogenase and salivary malondialdehyde in obese and overweight middle-aged men*. Master Thesis, University of Guilan. [In Persian]
- Parker, L., Stepto, N.K., Shaw, C. S., Serpiello, F.R., Anderson, M., Hare, D.L., & Levinger, I. (2016). Acute high-intensity interval exercise-induced redox signaling is associated with enhanced insulin sensitivity in obese middle-aged men. *Frontiers in Physiology*, 7, 411.
- Organization, W.H. (2017). *Global Health Risks-Mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. **Cancer**.
- Rahbarghazi, A., & Siahkoughian, M. (2021). The effect of swimming training and curcumin supplementation on antioxidant indices in active young men. *Journal of Mashhad University of Medical Sciences*, 64(2), 2753-2762. [In Persian]
- Saraf-Bank, S., Ahmadi, A., Paknahad, Z., Maracy, M., & Nourian, M. (2019). Effects of curcumin supplementation on markers of inflammation and oxidative stress among healthy overweight and obese girl adolescents: A randomized placebo-controlled clinical trial. *Phytotherapy Research*, 33(8), 2015-2022.
- Sasaki, H., Sunagawa, Y., Takahashi, K., Imaizumi, A., Fukuda, H., Hashimoto, T., & Morimoto, T. (2011). Innovative preparation of curcumin for improved oral bioavailability. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 34(5), 660-665.

- Sayers, S.P., Clarkson, P.M., Rouzier, P.A., & Kamen, G.A.R.Y. (1999). Adverse events associated with eccentric exercise protocols: six case studies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(12), 1697-1702.
- Savira, I., Doewes, M., & Rohma, N. (2020). Oxidative stress on high intensity interval training (HIIT) and moderate intensity continuous training (MICT). *International Journal of Molecular Biotechnology*, 6(1), 1-7.
- Sellami, M., Slimeni, O., Pokrywka, A., Kuvacic, G., Hayes, L., Milic, M., & Padulo, J. (2018). Herbal medicine for sports: a review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 14.
- Sen, C.K. (1999). Glutathione homeostasis in response to exercise training and nutritional supplements. In: Das, D.K. (eds) *Stress Adaptation, Prophylaxis and Treatment. Molecular and Cellular Biochemistry*, 32, 31-42.
- Shadkam, T., Nazar, A., & Bijeh, P. (2016). The effect of aerobic exercise with turmeric supplementation on cardiovascular inflammatory index and body composition in inactive women. *Journal of Sports Life Sciences*, 8(2), 206-193.
- Simioni, C., Zauli, G., Martelli, A.M., Vitale, M., Sacchetti, G., Gonelli, A., & Neri, L.M. (2018). Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. *Oncotarget*, 9(24), 17181.
- Singh, U., Barik, A., Singh, B.G., & Priyadarsini, K.I. (2011). Reactions of reactive oxygen species (ROS) with curcumin analogues: Structure–activity relationship. *Free Radical Research*, 45(3), 317-325.
- Soares, J.P., Silva, A.M., Oliveira, M.M., Peixoto, F., Gaivão, I., & Mota, M.P. (2015). Effects of combined physical exercise training on DNA damage and repair capacity: role of oxidative stress changes. *Age*, 37(3), 1-12.
- Spirlandeli, A.L., Deminice, R., & Jordao, A.A. (2014). Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: effects of acute exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 35(01), 14-18.
- Tabrizi, R., Vakili, S., Akbari, M., Mirhosseini, N., Lankarani, K. B., Rahimi, M., & Asemi, Z. (2019). The effects of curcumin-containing supplements on biomarkers of inflammation and oxidative stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phototherapy Research*, 33(2), 253-262.
- Takahashi, M., Suzuki, K., Kim, H.K., Otsuka, Y., Imaizumi, A., Miyashita, M., & Sakamoto, S. (2014). Effects of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress in humans. *International Journal of Sports Medicine*, 35(06), 469-475.
- Thirumalai, T., Therasa, S.V., Elumalai, E.K., & David, E. (2011). Intense and exhaustive exercise induce oxidative stress in skeletal muscle. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 1(1), 63-66.
- Tofigi, A., Gorzi, A., & Amiri, B. (2017). The effect of curcumin supplementation accompanied by light resistance training during 8 weeks of endurance training on SOD and MDA levels Of kidney tissues in male Wistar rats. *Journal of Applied Exercise Physiology*, 13(25), 75-86. [In Persian]
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M.T., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Bbiology*, 39(1), 44-84.
- Wadley, A.J., Chen, Y.W., Lip, G.Y., Fisher, J.P., & Aldred, S. (2016). Low volume–high intensity interval exercise elicits antioxidant and anti-inflammatory effects in humans. *Journal of Sports Sciences*, 34(1), 1-9.
- Yousefpour, M., Qasem Nian, A.A., & Rahmani, A. (2017). The effect of a period of intense periodic training on the total antioxidant capacity and malondialdehyde in the liver tissue of male Wistar rats. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*, 22(5), 110-103. [In Persian]