

تأثیر تمرینات HIFT و عصاره زنجبیل بر برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در مردان دارای کبد چرب غیر الکلی

فرزانه کشاورز^۱، سجاد انوشیروانی^۱، حمید ارازی^۲، رقیه افرونده^۱، هادی گلپاسندی^۳✉

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲

چکیده

هدف: فونت این پژوهش به بررسی تأثیر تمرین تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) و عصاره زنجبیل بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در مردان مبتلا به کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) پرداخت.

روش شناسی: این مطالعه به صورت تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام شد. ۴۰ مرد مبتلا به کبد چرب غیر الکلی به طور تصادفی در چهار گروه مکمل، تمرین HIFT، ترکیب مکمل و تمرین، و دارونما قرار گرفتند. تمرینات HIFT شامل حرکات قدرتی و هوازی، سه جلسه در هفته به مدت هشت هفته انجام شد. گروه‌های مکمل روزانه ۱ گرم عصاره خشک زنجبیل در چهار وعده مصرف کردند. سطوح سرمی کاتالاز، SOD، GPX، TAC و MDA اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: تحلیل آنووا با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که تفاوت معناداری در سطوح آنزیم‌های TAC، CAT، GPX و SOD در گروه‌های مطالعه حاضر وجود داشت ($p < 0.05$)، بطوری که در گروه‌های مکمل، تمرین و مکمل + تمرین، سطوح آنزیم‌های TAC، CAT، GPX و SOD در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معناداری داشت ($p < 0.05$). در حالی که سطوح MDA در گروه‌های مذکور کاهش معناداری داشت ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان گفت که هشت هفته تمرینات HIFT با و بدون مکمل زنجبیل می‌تواند در افزایش معنادار سطوح آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و کاهش شاخص فشار اکسایشی در مردان مبتلا به کبد چرب غیر الکلی مفید باشد، اگرچه اثر هم‌افزایی مشاهده نشد.

واژگان کلیدی: ظرفیت تام آنتی اکسیدانی، کاتالاز، GPX، فشار اکسایشی و کبد چرب غیر الکلی.

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

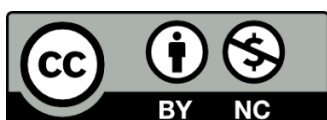
Hadi.golpasandi@uok.ac.ir

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143126.1081>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Keshavarz F, Anoushirvani S, Arazi H, Afroundeh R, Golpasandi H. The effect of HIFT with ginger extract supplementation on the levels of some antioxidant enzymes in men with non-alcoholic fatty liver. *Research in Exercise Nutrition*. 2025;3(3):- . Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143126.1081> .



The effect of HIFT with ginger extract supplementation on the levels of some antioxidant enzymes in men with non-alcoholic fatty liver

Farzaneh Keshavarz¹, Sajjad Anoushirvani¹, Hamid Arazi², Roghieh Afrundeh¹, Hadi Golpasandi^{3✉}

Received: 2025/01/11

Accepted: 2025/03/08

Abstract

Aim: This study investigated the combined effect of HIFT and ginger extract on antioxidant enzymes in men with NAFLD.

Method: This study was conducted experimentally with a pretest-posttest design. 40 men with nonalcoholic fatty liver disease were randomly assigned to four groups: supplementation, HIFT training, combination of supplementation and training, and placebo. HIFT training, including strength and aerobic exercises, was performed three sessions per week for eight weeks. The supplementation groups consumed 1 g of dry ginger extract daily in four doses. Serum levels of catalase, SOD, GPX, TAC, and MDA were measured.

Results: ANOVA analysis with repeated measures showed that there was a significant difference in the levels of TAC, CAT, GPX, and SOD enzymes in the groups of the present study ($p < 0.05$), so that in the supplement, exercise, and supplement + exercise groups, the levels of TAC, CAT, GPX, and SOD enzymes increased significantly in the post-test compared to the pre-test ($P \geq 0.05$). While MDA levels decreased significantly in the aforementioned groups ($P \geq 0.05$).

Conclusion: In summary, it can be said that eight weeks of HIFT training with and without ginger supplementation can be beneficial in significantly increasing antioxidant enzyme levels and reducing oxidative stress index in men with nonalcoholic fatty liver disease, although a synergistic effect was not observed.

Keywords: Total antioxidant capacity, catalase, GPX, oxidative stress, and nonalcoholic fatty liver.

1- Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

2- Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

✉ Corresponding author

Hadi.golpasandi@uok.ac.ir

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143126.1081>



Copyright ©The authors

Citation:

Keshavarz F, Anoushirvani S, Arazi H, Afrundeh R, Golpasandi H. The effect of HIFT with ginger extract supplementation on the levels of some antioxidant enzymes in men with non-alcoholic fatty liver. *Research in Exercise Nutrition*. 2025;3(3):- . Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143126.1081> .

مقدمه

بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD) اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط لودویگ و همکاران در افرادی بدون سابقه مصرف الکل شناسایی شد (۱). این بیماری با تجمع بیش از ۵٪ تری‌گلیسیرید در کبد مشخص می‌شود و طیفی از اختلالات کبدی، از استئاتوز ساده تا استئوهپاتیت غیرالکلی و حتی فیروز و سیروز کبدی را شامل می‌شود (۲). شیوع NAFLD در کشورهای پیشرفته ۲۰-۳۰٪ و در ایران حدود ۲۱/۵٪ است. علت دقیق این بیماری ناشناخته است، اما فرضیه "دو ضربه" مطرح می‌کند که مقاومت به انسولین (ضربه اول) و استرس اکسیداتیو (ضربه دوم) در ایجاد آن نقش دارند (۳). در حال حاضر درمان قطعی برای NAFLD وجود ندارد، اما رژیم‌های غذایی حاوی آنتی‌اکسیدان‌ها و گیاهان دارویی مانند زنجبیل ممکن است مفید باشند (۴). زنجبیل به دلیل ترکیباتی مانند جینجرول و شوگاول، دارای خواص ضدالتهاب، آنتی‌اکسیدانی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی است (۵). این گیاه می‌تواند حساسیت به انسولین را بهبود بخشد، سنتز کلسترول کبدی را کاهش دهد و از سمیت کبدی جلوگیری کند (۶). همچنین، زنجبیل با مهار آنزیم‌های التهابی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ممکن است پیشرفت NAFLD و عوارض قلبی عروقی مرتبط با آن را کاهش دهد (۷).

تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) یکی از موثرترین روش‌ها برای درمان چاقی و اضافه وزن است، زیرا در زمان کمتر، تغییرات فیزیولوژیکی و سلامتی بیشتری نسبت به تمرینات با شدت متوسط ایجاد می‌کند (۸). تمرینات عملکردی با شدت بالا (HIFT) نوعی از HIIT است که از حرکات عملکردی مانند دویدن، وزنه‌برداری و حرکات بالستیک برای بهبود آمادگی جسمانی استفاده می‌کند (۹). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مکمل‌سازی عصاره زنجبیل می‌تواند اثرات مثبتی بر بیماران مبتلا به NAFLD داشته باشد (۱۰). به عنوان مثال، برخی تحقیقات کاهش معنادار در سطح آنزیم‌های کبدی (مانند ALT و GGT)، شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) و نشانگرهای التهابی (مانند hs-CRP) را پس از مصرف زنجبیل گزارش کرده‌اند (۱۱). همچنین، ترکیب تمرینات ورزشی (مانند HIIT یا مقاومتی) با مکمل‌سازی زنجبیل می‌تواند منجر به بهبود شاخص‌های متابولیک، کاهش چربی کبدی و بهبود نیم‌رخ لیپیدی شود (۱۲). علاوه بر این، زنجبیل به دلیل ترکیباتی مانند جینجرول، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی است که می‌تواند از آسیب‌های کبدی ناشی از استرس اکسیداتیو جلوگیری کند. به طور کلی، ترکیب تمرینات ورزشی با شدت بالا و مکمل‌سازی زنجبیل ممکن است یک راهکار موثر برای بهبود علائم

NAFLD و کاهش عوارض مرتبط با آن باشد. تحقیق بخشی و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان تاثیر مکمل یاری زنجبیل به تنهایی و همراه با تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر شاخص‌های تن سنجی و سطوح آیریزین سرم در مردان چاق نیز نشان داد که مداخله ی زنجبیل به تنهایی موجب کاهش معنادار درون گروهی درصد چربی بدن شد. در گروه های زنجبیل+تمرین و تمرین+دارونما کاهش معنادار شاخص های تن سنجی شامل وزن بدن، درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به قد، نسبت به گروه دارونما مشاهده گردید. تفاوت معناداری در سطوح سرمی آیریزین در هیچکدام از گروه های مورد مطالعه در پایان مداخلات مشاهده نشد. بینینگ لو و همکاران (۱۳) (۲۰۲۱) طی یک مقاله ی مروری با عنوان اثرات ورزش با شدت بالا بر استرس اکسیداتیو و وضعیت آنتی اکسیدانی در انسان های تمرین نکرده نشان داند که استرس اکسیداتیو حاد پس از قطع فعالیت ورزشی با شدت بالا HIE در مقایسه با حالت های استراحت وجود دارد. استرس اکسیداتیو ناشی از HIE گذرا است و به احتمال زیاد در عرض ۲۴ ساعت به دلیل تحریک سیستم آنتی اکسیدانی درون زا که پاسخ آن تاخیر و پایدار است به سطوح نرمال بازگردانده می شود. افراد فعال سیستم های آنتی اکسیدانی بهتری داشتند و استرس اکسیداتیو کمتری پس از HIE متحمل شدند. یک سبک زندگی فعال برای افراد تمرین نکرده جهت افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی پیشنهاد شد. همچنین، پژوهشگران، HIE با شدت بالاتر از ۷۰٪ VO2max برای سطوح اولیه تمرین بر اساس یافته های گزارش شده را پیشنهاد دادند (۱۴). در حال حاضر کمبود تحقیقات مربوط به پاسخ آنتی اکسیدانی به تمرینات HIFT وجود دارد؛ با این حال محقق در پژوهش حاضر سعی دارد که تاثیر تمرینات HIFT و عصاره زنجبیل بر برخی آنزیم های آنتی اکسیدانی شامل کاتالاز، گلوکاتیون پروکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و مالون دی آلدئید در مردان دارای کبد چرب غیر الکلی را مورد بررسی قرار دهد.

روش‌شناسی:

پژوهش حاضر یک کار تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون بود. جامعه آماری پژوهش حاضر را مردان بزرگسال مبتلا به بیماری کبد چرب غیر الکلی با دامنه سنی ۳۵-۴۰ سال اردبیل تشکیل می‌داد که به مراکز بهداشت و بیمارستان‌های شهر اردبیل مراجعه نمودند. از بین بیمارانی که به صورت داوطلبانه حاضر به همکاری در این پژوهش بودند به روش غربالگری و پس از انجام مصاحبه حضوری و همچنین بررسی سوابق پزشکی این بیماران به روش نمونه-گیری هدفمند انتخاب شدند که تعداد ۴۳ آزمودنی

شدت و حجم تمرینات به تدریج افزایش می‌یافت. این افزایش از طریق بالا بردن میزان وزنه‌ها (مانند استفاده از کتل بل سنگین‌تر)، افزایش تعداد تکرارها و ست‌ها، کاهش زمان استراحت بین تمرینات، یا اجرای حرکات با سرعت و شدت بیشتر صورت گرفت. همچنین، مدت زمان بخش تمرین اختصاصی به مرور افزایش داده شد و تمرینات از حرکات ساده‌تر به ترکیبات پیچیده‌تر ارتقا یافتند. علاوه بر این، برنامه تمرینی بر اساس توانایی‌های فردی شرکت‌کنندگان تنظیم شده و میزان پیشرفت آن‌ها به‌طور مستمر ارزیابی شد تا بار تمرینی به شکل تدریجی و متناسب افزایش یابد.

نحوه مکمل‌دهی

در آزمودنی‌هایی که مصرف مکمل زنجبیل برای آنها در نظر گرفته شده بود به روش دوسوکور تصادفی با دارونما، به مدت ۸ هفته و هر روز در ۴ وعده با حفظ رژیم غذایی، روزانه عصاره خشک ۱ گرم زنجبیل (به شکل کپسول‌های ۲۵۰ میلی‌گرمی با رنگ سفید همراه آب) ساخت شرکت سها جیسا (کشور ایران) مصرف نمودند. گروه دارونما نیز کپسولی حاوی آرد بو داده که ظاهری مشابه با کپسول زنجبیل داشت را دقیقاً مشابه با گروه مکمل مصرف نمودند (۱۶).

اندازه‌گیری شاخص‌های فشار اکسایشی و آنتی

اکسیدانی

در دو مرحله پیش آزمون و ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی (پس آزمون)، راس ساعت ۹ تا ۱۰ صبح در وضعیت ۱۲ ساعت ناشتایی و در حالی که بر روی صندلی نشسته اند مقدار ۵ سی سی خون از ورید بازویی دست چپ آزمودنی‌ها توسط فرد نمونه‌گیر، گرفته شد. جهت جدا نمودن پلاسمای نمونه‌های خونی، بلافاصله پس از گرفتن نمونه خون، سانتریفیوژ آنها با استفاده از دستگاه مخصوص به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه انجام شد. پس از اتمام خون‌گیری نمونه‌های سرمی خونی در دمای منفی ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد فریز و نگهداری شد. سپس شاخص‌های TAC، CAT، GPX، SOD و MDA با استفاده از کیت Zell Bio ساخت کشور آلمان با استفاده از نمونه‌های سرم انجام شد.

داوطلب شرکت در پژوهش حاضر شدند. قبل از شروع تحقیق، یک جلسه توجیهی برای آزمودنی‌ها برگزار شد. در این جلسه آزمودنی‌ها با اهداف و روش اجرای پژوهش آشنا شده و با پر کردن فرم رضایت‌نامه و پرسشنامه سلامتی و تندرستی، تعداد ۴۰ نفر آمادگی خود را برای حضور در این تحقیق اعلام نمودند. سپس آزمودنی‌ها به صوت تصادفی در ۴ گروه قرار گرفتند. معیارهای ورود تحقیق حاضر شامل داشتن کبد چرب، نداشتن اختلالات جسمانی و عصبی، نداشتن سابقه فعالیت بدنی منظم در ۶ ماه گذشته با استفاده از پرسشنامه IPAQ، عدم منع پزشکی، عدم ابتلا به بیماری‌هایی از جمله بیماری قلبی-عروقی، بیماری تنفسی و عدم مصرف الکل و استعمال دخانیات و هر گونه داروهای اثرگذار بر فرایند تحقیق بود (این افراد داروهای کاهنده چربی مثل آترواستاتین استفاده می‌کردند). معیارهای خروج نیز شامل عدم رعایت پروتکل تمرینی، ابتلا به بیماری‌های خاص، عدم رضایت آزمودنی برای ادامه فرایند تحقیق بود.

پروتکل تمرین HIFT

تمرینات HIFT برای این مطالعه، تمرینات (CrossFit) بود. تمامی آزمودنی‌های تحقیق حاضر، دو جلسه مقدماتی را برای یادگیری اصول HIFT داشتند. سپس برای هشت هفته آینده برنامه کامل پروتکل تمرینی به شرکت‌کنندگان ارائه شد. یک برنامه تمرینی که شامل جلسات ۶۰ دقیقه‌ای تحت نظارت مربیان اجرا شد. یک جلسه تمرین HIFT شامل گرم کردن (۱۰-۱۵ دقیقه)، تمرین تکنیکی و مهارتی (۱۰-۲۰ دقیقه)، تمرین اختصاصی (۵-۳۰ دقیقه) و سرد کردن (کششی) (۵ دقیقه) بود. تمرینات با استفاده از الگوبرداری از حرکات کراس-فیت طراحی شد، که ترکیبی از فعالیت‌های هوازی به‌طور مداوم (مثل دویدن)، وزن بدن (بارفیکس) و استفاده از وزنه (کتل بل) که به‌طور کلی تمریناتی که فاکتورهای زمان، تکرار، مسافت یا وزن را شامل می‌شدند. هدف از اجرای تمرینات فوق، توسعه آمادگی جسمانی عمومی در چندین زمینه و تناسب اندام بود، نه تأکید بر یک نوع تناسب اندام (به عنوان مثال، استقامت هوازی). تمرینات مداوم متنوع با شدت نسبتاً بالایی صورت گرفت که خود به خود انتخاب شدند. همه تمرینات در شرایط یکسان و زیر نظر متخصصین امر به عمل آمد (۱۵). برای اعمال اصل اضافه بار در این پروتکل،

جدول ۱. نمونه ای از جلسات تمرینی برای یک هفته.

جلسه	اندازه گیری تناسب اندام	۱۰ مهارت فیزیکی از آمادگی جسمانی عمومی
۱	تست چابکی هاپ	تعادل، هماهنگی، دقت
	تست پیشرفته چابکی	چابکی
	تست انعطاف پذیری تنه (نشستن و رسیدن)	انعطاف پذیری
	پرتاب طول ایستاده (توپ مدیسینال)	قدرت
	بیشترین تکرار هرکدام از حرکت ها در ۶۰ ثانیه: شنا روی زمین، دراز نشست، اسکات با وزن بدن، و بیشترین بارفیکس	استقامت / استقامت عضلانی
۲	۱ تکرار حداکثری برای هریک از موارد زیر: اسکات، پرس سرشانه، ددلیفت	استحکام / قدرت
۳	دوی ۴۰۰ متر	سرعت
	دوی کوپر (دوی ۱۵۰۰ متر)	استقامت قلبی عروقی تنفسی

تفاوت معناداری بین پس آزمون سطوح TAC، کاتالاز، GPX و SOD بین گروه های پژوهش شامل مکمل، تمرین و مکمل + تمرین مشاهده نشد ($p > 0.05$).
جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد ویژگی های توصیفی و آنتروپومتریکی آزمودنی ها.

گروه ها	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (وزن / مجذور قد به متر)
مکمل	$37.80 \pm$	168 ± 3.36	75.87 ± 5.08	26.91 ± 2.15
	39.30			
تمرین	$37.73 \pm$	$165.47 \pm$	75.15 ± 4.21	27.33 ± 1.23
	40	165.80		
مکمل + تمرین	$37.34 \pm$	167.30 ± 4	74.12 ± 4.11	26.51 ± 1.84
	38.40			
کنترل	$37.74 \pm$	$166.05 \pm$	74.28 ± 3.28	26.73 ± 1.20
	39.40	166.70		

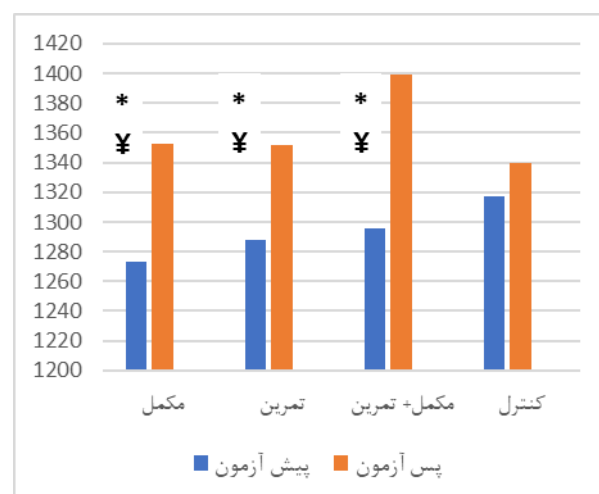
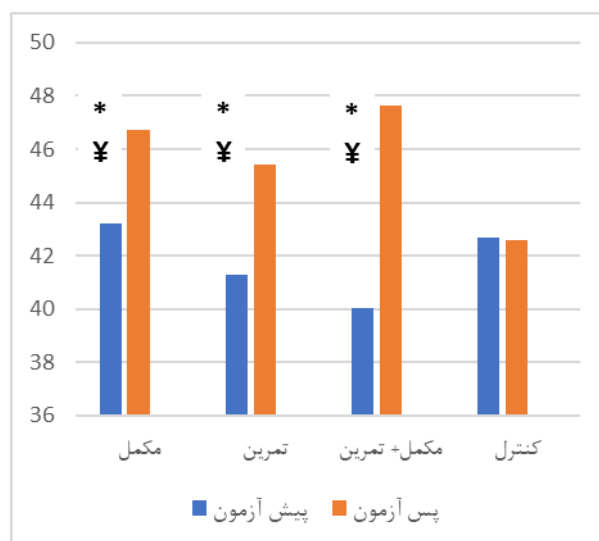
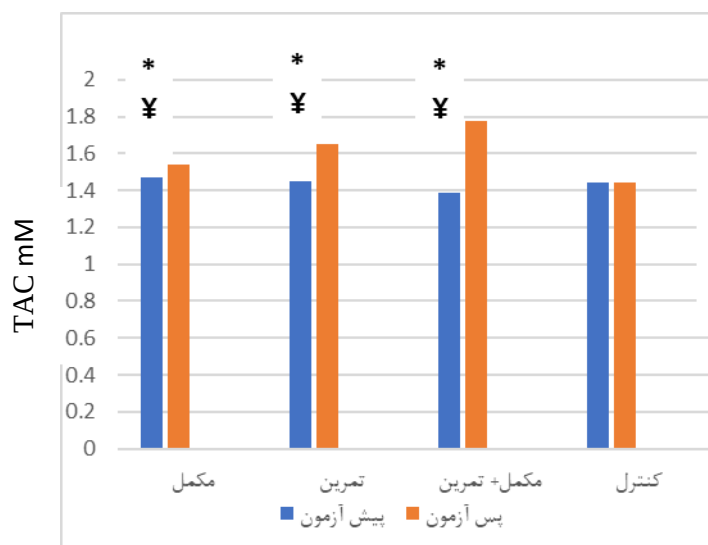
روش آماری

ابتدا نرمال بودن توزیع داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک مورد بررسی قرار گرفت، سپس فرضیه های پژوهش به کمک روش های آماری تحلیل واریانس آنووا با اندازه گیری مکرر و t همبسته مورد بررسی قرار گرفت. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ی ۲۳ و در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام گرفت.

یافته ها

میانگین و انحراف استاندارد ویژگی های توصیفی و آنتروپومتریکی آزمودنی ها (گروه های مختلف پژوهش حاضر) شامل سن (سال)، قد (سانتی متر)، وزن (کیلوگرم) و BMI (نسبت وزن به مجذور قد به متر) در جدول ۲ ارائه گردید.

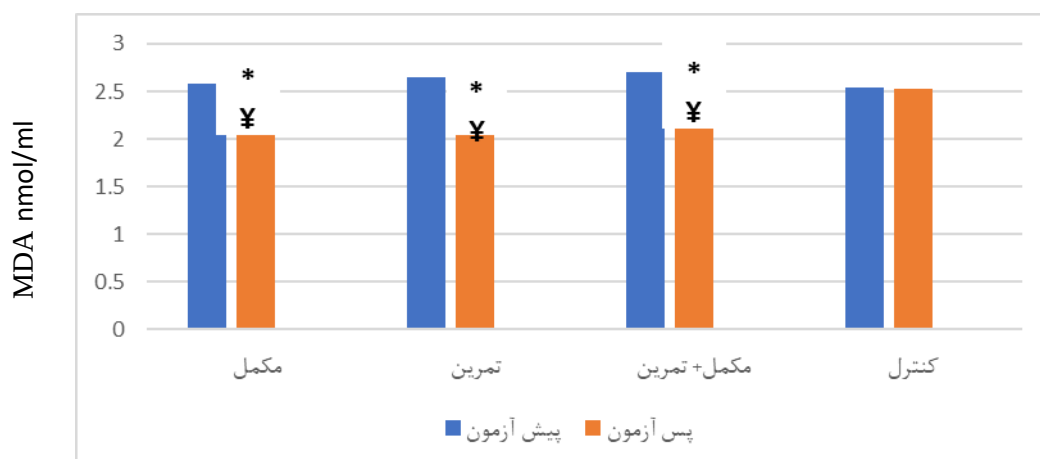
براساس نتایج نشان داده شده در نمودار ۱؛ می توان گفت که تفاوت معناداری از لحاظ سطوح TAC، کاتالاز، GPX و SOD بین گروه های پژوهش شامل مکمل، تمرین و مکمل + تمرین با گروه کنترل وجود دارد ($p < 0.05$)؛ این در حالی است که بین گروه های مکمل، تمرین و مکمل + تمرین با هم تفاوت معناداری وجود ندارد ($p \geq 0.05$). همچنین تغییرات درون گروهی نشان داد که سطوح TAC، کاتالاز، GPX و SOD در گروه های مکمل، تمرین و مکمل + تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معناداری یافته است ($p < 0.05$)؛ در حالی که در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نگردید ($p \geq 0.05$). همچنین



نمودار ۱. تغییرات سطوح TAC، کاتالاز، GPX و SOD در گروه‌های مختلف پژوهش.

* معنی دار نسبت به پیش‌آزمون.

‡ معنی داری نسبت به گروه کنترل.



تغییرات درون گروهی نشان داد که سطوح MDA در گروه های مکمل، تمرین و مکمل + تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون کاهش معناداری یافته است ($p \leq 0.05$)؛ در حالی که در گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نگردید ($p \geq 0.05$).

نوبه خود مسیر NF-kB را القا می کند و در نهایت بیان آنزیم های آنتی اکسیدانی را افزایش می دهد (۲۲). از این رو، رویکردهای مختلفی از جمله بکارگیری تمرین ورزشی و مصرف مکمل های آنتی اکسیدانی برای کاهش سیتوکین های التهابی استفاده شده است. در این راستا، نشان داده شد که تمرینات ورزشی همراه با مکمل آنتی اکسیدانی می تواند اثرات نامطلوب محصولات جانبی اکسیدان ناشی از ورزش را به حداقل برساند (۲۳-۲۵). هووسپین و همکاران (۲۰۲۱)؛ در جدیدترین پژوهش خود نشان داد که تمرینات HIFT به عنوان یکی از متد های تمرینی موثر در کاهش فشار اکسایشی و افزایش سطوح آنتی اکسیدانی نقش مهمی در آسیب سلولی ورزشکاران دارد (۲۶). نایی فر و همکاران (۲۰۲۰) نیز اثرات مثبت تمرینات تناوبی شدید را در بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی در زنان دارای اضافه وزن گزارش نمودند (۲۷). افزایش سریع در دو جهت سطوح و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی یکی از سازگاری های ناشی از تمرینات تناوبی با شدت بالا در بهبود فشار اکسایشی، یکی از دلایل احتمالی در جهت افزایش سطوح TAC در پژوهش حاضر می باشد، که این سازوکار احتمالا از طریق افزایش فعالسازی AMPK ناشی از تمرینات HIIT می باشد که به نوبه ی خود از طریق افزایش فسفریلاسیون اکسیداتیو باعث تقویت دفاع آنتی اکسیدانی می گردد (۲۸). با این حال می توان گفت که در رابطه با اثر گذاری تمرینات HIFT بر وضعیت آنتی اکسیدانی مطالعات بسیار محدودی وجود دارد، که در آینده می توان به بررسی این موضوع پرداخت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای هشت هفته تمرینات HIFT به همراه مکمل سازی زنجبیل باعث افزایش معنادار سطوح CAT در مردان مبتلا به کبد چرب گردید. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش مرواریدزاده و همکاران همسو بود (۲۹)، چرا که در هر دو اثر عصاره زنجبیل به همراه تمرینات ورزشی

براساس نتایج نشان داده شده در نمودار ۲؛ می توان گفت که تفاوت معناداری از لحاظ سطوح MDA بین گروه های پژوهش شامل مکمل، تمرین و مکمل + تمرین با گروه کنترل وجود دارد ($P \leq 0.05$)؛ این در حالی است که بین گروه های مکمل، تمرین و مکمل + تمرین با هم تفاوت معناداری وجود ندارد ($P \geq 0.05$).

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر تمرینات HIFT و عصاره زنجبیل بر برخی آنزیم های آنتی اکسیدانی در مردان دارای کبد چرب انجام گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته مصرف تعاملی مکمل سازی زنجبیل به همراه تمرینات ورزشی HIFT باعث افزایش معناداری در سطوح TAC در مردان دارای کبد چرب گردید، که با نتایج آتشک و همکاران (۲۰۱۴) همسو بود (۱۷)، در حالی که با نتایج پژوهش های رفیعی و همکاران و قاسم نیان و همکاران ناهمسو بود (۱۸)، (۱۹).

زنجبیل به دلیل ترکیبات اصلی خود مانند ۶-جینجرو و ۶-شوگول، دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی است که در شرایط آزمایشگاهی تأیید شده است. این ترکیبات از طریق مکانیسم هایی مانند کاهش تولید رادیکال های آزاد (ROS)، افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی غیر آنزیمی و تحریک بیان آنزیم های آنتی اکسیدانی (مانند گلوتاتیون) عمل می کنند (۲۰). همچنین، زنجبیل از طریق فعال سازی مسیر سیگنالینگ فاکتور مرتبط با هسته اریترئید ۲ Nrf2، که نقش کلیدی در پاسخ به استرس اکسیداتیو دارد، اثرات آنتی اکسیدانی خود را اعمال می کند. با این حال، یکی از محدودیت های پژوهش های موجود، عدم بررسی سطوح پروتئین Nrf2 به عنوان مکانیسم اصلی اثرات آنتی اکسیدانی زنجبیل است. از طرفی اثبات شده است که تمرینات ورزشی منظم به خودی خود می تواند اثرات آنتی اکسیدانی و ضد التهابی ایجاد کند. احتمالا سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی و بهبود ضد التهابی را القا می کند. چندین خط از مطالعات گزارش کردند که ورزش می تواند تولید ROS و سیتوکین های پیش التهابی مانند TNF- α و IL-1 β را از طریق بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی کاهش دهد (۲۱). پیشنهاد شده است که تمرینات ورزشی ابتدا پروتئین کیناز فعال شده با میتوژن (MAPK) را فعال می کند، که به

استراحت) با در نظر گرفتن شدت بالای کار باعث ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیکی مشابه در بافت‌های بدن می‌گردد. به طوری که گزارش شده بود که اجرای شش هفته تمرین تناوبی شدید باعث بهبود قابل توجهی در سیستم دفاعی آنتی-اکسیدانی در عضلات بدن از جمله قلب و عضله اسکلتی تند انقباض و بینابینی گردید (۳۴). اخیراً، محققان نشان داده‌اند که یک وهله HIIT باعث افزایش قابل توجهی در غلظت اینترلوکین-۶ (IL-6)، IL-10، لاکتات و گلوکز پس از تمرین در روز WOD می‌شود (۳۵). افزایش پاسخ حاد فشار اکسایشی در یک وهله دویدن با تردمیل با شدت بالا در تمرین‌کنندگان مرد HIIT نیز مشاهده شد (۳۶). به طور مشابه، هیونیس و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که یک پروتکل با شدت بالا و استراحت کوتاه (با ویژگی‌های مشابه با یک جلسه HIIT) باعث افزایش قابل توجهی در نشانگرهای خونی غیرمستقیم آسیب عضلانی می‌شود (۳۷). هر چند که در این زمینه مطالعات محدودی وجود دارد، به طوری که تنها یک مطالعه به طور مزمین پاسخ‌های ایمونولوژیک را HIIT ارزیابی کرده است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرینات HIIT (با یا بدون مکمل‌سازی عصاره زنجبیل) باعث افزایش معنادار سطح آنزیم SOD در مردان مبتلا به کبد چرب شد. این نتایج با برخی مطالعات همسو و با برخی دیگر ناهمسو بود که علت آن تفاوت در نوع آزمودنی‌ها (حیوانی در مقابل انسانی) و نوع تمرینات استفاده‌شده است (۳۸). تمرینات HIIT به دلیل شدت بالا و الگوی فعال-استراحت، نقش مؤثری در افزایش سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD داشتند (۳۹). همچنین، ترکیب تمرینات HIIT با مکمل‌سازی زنجبیل تأثیر بیشتری بر افزایش سطح SOD نشان داد، اگرچه این افزایش از نظر آماری معنادار نبود. مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که ترکیبات زنجبیل (مانند جینجرول) می‌توانند سطح GSH و فعالیت SOD را افزایش دهند و از آسیب‌های اکسیداتیو و التهابی در کبد و کلیه جلوگیری کنند (۴۰). به طور خاص، زنجبیل با کاهش سطح آنزیم‌های کبدی (مانند ALT و AST) و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (مانند کاتالاز و SOD)، به بهبود بیماری‌های کبدی مانند کبد چرب کمک می‌کند (۴۱). آنزیم SOD به عنوان اولین خط دفاعی در برابر استرس اکسیداتیو،

تناوبی، هر دو سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بخصوص سطوح CAT افزایش یافته بود. این در حالی است که نایی فر و همکاران نیز اثر ضد اکسیدانی زنجبیل به همراه تمرینات تناوبی شدید در مردان مسن گزارش داده بودند، به طوری که مصرف زنجبیل همراه با تمرین تناوبی شدید با افزایش سوخت و ساز چربی‌ها از طریق تأثیر مطلوب بر سطوح آنزیم‌های کبدی و مقاومت به انسولین و ترکیبات بدن، عامل کارآمدی در پیشگیری و بهبود کبد چرب غیرالکلی در مردان مسن شده بود. یکی از نتایج پژوهش حاضر بهبود وزن و BMI آزمودنی‌ها در پس‌آزمون بود که احتمالاً گواهی بر این ادعاست. ورزش به عنوان یکی از ابزارهای مهم در برقراری تعادل بین اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها مطرح می‌باشد (۳۰). از این رو، تمرینات ورزشی HIIT از طرق مختلف اثرات خود را بر بهبود فشار اکسایشی می‌گذارد. به طوری که هنریکز-اولگوین و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش خود یافتند که سازگاری ناشی از تمرینات حاد و مزمین HIIT از طریق افزایش بیان NOX2 باعث افزایش بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌گردد (۳۱). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که اجرای تمرینات اینتروال باعث افزایش معناداری در سطوح و فعالیت آنزیم کاتالاز در بافت قلب رت‌های دیابتی گردید (۳۲)، که با نتایج پژوهش حاضر همسو می‌باشد. CAT نقش مهمی در پاک کردن خواص سمی پراکسید هیدروژن از طریق غیرفعال کردن یون سوپراکسید دارد. بنابراین، احتمالاً افزایش فعالیت CAT و SOD به دنبال تمرین و/یا مداخله عصاره زنجبیل ممکن است اثرات HIIT و مکمل زنجبیل را بر کاهش (یا مهار) فشار اکسایشی در مردان مبتلا به کبد چرب از طریق افزایش سطح آنتی‌اکسیدانی افزایش دهد. همچنین در یک پژوهش متاآنالیز نشان داده شد که زنجبیل باعث افزایش فعالیت CAT می‌گردد (۲۹). با این حال می‌توان گفت که مکانیسم‌های اثر زنجبیل بر سطوح آنتی‌اکسیدانی کمتر گزارش شده است.

یکی دیگر از نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اجرای تمرینات HIIT به همراه عصاره زنجبیل باعث افزایش سطوح آنزیم GPX گردید. نتایج پژوهش حاضر همسو با نتایج پژوهش‌های جینا و همکاران، مروارید زاده و همکاران و بوگدانیس و همکاران (۲۰۱۳) بود (۲۹، ۳۳، ۳۴). تمرینات HIIT به عنوان مدتی تمرینی الگو گرفته از تمرینات HIIT (وهله فعالیت-

نویسندگان این مقاله از تمام افرادی که با ما در اجرای پژوهش حاضر همکاری نمودند، تشکر می کند.

منابع

1. Vuppalachani R, Chalasani N. Nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis: Selected practical issues in their evaluation and management. *Hepatology*. 2009;49(1):306-17. DOI: 10.1002/hep.22603
2. Schmilovitz-Weiss H, Hochhauser E, Cohen M, Chepurko Y, Yitzhaki S, Grossman E, et al. Rosiglitazone and bezafibrate modulate gene expression in a rat model of non-alcoholic fatty liver disease-A historical prospective. *Lipids in health and disease*. 2013;12:1-7. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-41>
3. Shahmohammadi HA, Hosseini SA, Hajiani E, Malehi AS, Alipour M. Effects of green coffee bean extract supplementation on patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. *Hepatitis Monthly*. 2017;17(4). <https://doi.org/10.5812/hepatmon.45609>
4. Sahebkar A. Potential efficacy of ginger as a natural supplement for nonalcoholic fatty liver disease. *World journal of gastroenterology: WJG*. 2011;17(2):271. doi: 10.3748/wjg.v17.i2.271
5. Verma SK, Singh M, Jain P, Bordia A. Protective effect of ginger, *Zingiber officinale* Rosc on experimental atherosclerosis in rabbits. 2004. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15339040/>
6. Ali BH, Blunden G, Tanira MO, Nemmar A. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research. *Food and chemical Toxicology*. 2008;46(2):409-20. DOI: 10.1016/j.fct.2007.09.085
7. Lankarani KB, Ghaffarpasand F, Mahmoodi M, Lotfi M, Zamiri N, Heydari ST, et al. Non alcoholic fatty liver disease in southern Iran: a population based study. *Hepatitis*

نقش کلیدی در خنثی سازی رادیکال های آزاد و کاهش آسیب های ناشی از آن دارد.

در پژوهش حاضر، کاهش سطوح MDA (نشانگر پراکسیداسیون لیپیدی) در هر سه گروه مکمل زنجبیل، مکمل + تمرینات HIFT و گروه تمرینات HIFT نسبت به گروه دارونما مشاهده شد. این نتایج با برخی مطالعات همسو (۴۲) و با برخی دیگر ناهمسو بود (۴۳) که ممکن است به دلیل تفاوت در نوع آزمودنی ها، نوع و شدت تمرینات، مدت زمان تمرین و عوامل دیگر باشد. به طور کلی، تمرینات منظم می توانند با ایجاد سازگاری در سیستم آنتی اکسیدانی بدن، پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش دهند (۴۴). در طول تمرینات شدید، کاهش جریان خون کبدی و هیپوکسی ممکن است منجر به اختلال در عملکرد میتوکندری، تجمع مواد سمی و افزایش استرس اکسیداتیو شود (۴۵). با این حال، تمرینات HIFT در این پژوهش احتمالاً با جلوگیری از هیپوکسی و اختلال در تولید ATP، از افزایش سطوح MDA جلوگیری کردند. همچنین، فعالیت آنزیم گزانتین اکسیداز و کاهش گلوکاتایون کبدی ممکن است در افزایش استرس اکسیداتیو و سطوح MDA نقش داشته باشند (۴۶). علاوه بر این، عوامل دیگری مانند فعالیت کاتکول آمین ها، اکسیداسیون خودبه خودی، متابولیسم پروستاگلاندین ها و فعالیت ماکروفاژها نیز می توانند به استرس اکسیداتیو و آسیب کبدی کمک کنند (۴۷). با این حال، نتایج این پژوهش نشان می دهد که تمرینات HIFT، علیرغم شدت بالا، آسیب کمی به کبد وارد می کنند و می توانند به عنوان یک روش تمرینی مؤثر برای بهبود سلامت کبد در نظر گرفته شوند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت که هشت هفته اجرای تمرینات HIFT با و بدون مکمل سازی عصاره زنجبیل میتواند در کاهش فشار اکسایشی و بهبود شاخص های آنتی اکسیدانی مردان دارای کبد چرب غیر الکلی مفید باشد. بنابراین برای بهبود این شاخص ها ترکیب تمرینات HIFT و مصرف عصاره زنجبیل توصیه می شود.

تعارض منافع: هیچ گونه تعارض منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تشکر و قدردانی

- domains. *Frontiers in Physiology*. 2025;15:1511961.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1511961>
16. Rafie R, Hosseini SA, Hajiani E, Malehi AS, Mard SA. Effect of ginger powder supplementation in patients with non-alcoholic fatty liver disease: A randomized clinical trial. *Clinical and experimental gastroenterology*. 2020;13:35. DOI: 10.2147/CEG.S234698
17. Atashak S, Peeri M, Jafari A. Effects of 10 week resistance training and ginger consumption on C-reactive protein and some cardiovascular risk factors in obese men. *Physiology and Pharmacology*. 2010;14(3):318-28. URL: <http://ppj.phypha.ir/article-1-626-en.html>
18. Atashak S, Peeri M, Azarbayjani MA, Stannard SR. Effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) supplementation and resistance training on some blood oxidative stress markers in obese men. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2014;12(1):26-30.
<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2014.01.002>
19. Attari VE, Mahluji S, Jafarabadi MA, Ostadrahimi A. Effects of supplementation with ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on serum glucose, lipid profile and oxidative stress in obese women: a randomized, placebo-controlled clinical trial. *Pharmaceutical Sciences*. 2015;21(4):184-91. DOI:10.15171/PS.2015.35
20. Romero A, Forero M, Sequeda-Castañeda LG, Grismaldo A, Iglesias J, Celis-Zambrano CA, et al. Effect of ginger extract on membrane potential changes and AKT activation on a peroxide-induced oxidative stress cell model. *Journal of King Saud University-Science*. 2018;30(2):263-9.
<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.09.015>
21. Golpasasndi S, Abdollahpour S, Golpasandi H. High-intensity interval training combined with saffron supplementation modulates stress-inflammatory markers in obese women with type 2 diabetes. *Research in* monthly. 2013;13(5). DOI: 10.5812/hepatmon.9248
8. Alahmadi MA. High-intensity interval training and obesity. *J Nov Physiother*. 2014;4(3):211 DOI:10.4172/2165-7025.1000211
9. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-intensity functional training (HIFT): definition and research implications for improved fitness. *Sports*. 2018;6(3):76. DOI: 10.3390/sports6030076
10. Rahimlou M, Yari Z, Hekmatdoost A, Alavian SM, Keshavarz SA. Ginger supplementation in nonalcoholic fatty liver disease: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot study. *Hepatitis monthly*. 2016;16(1).DOI: 10.5812/hepatmon.34897
11. Rafie R, Hosseini SA, Hajiani E, Saki Malehi A, Mard SA. Effect of ginger powder supplementation in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. *Clinical and Experimental Gastroenterology*. 2020;35-45. DOI: 10.2147/CEG.S234698
12. Khani M, Piralaie E, Ahmadzadeh Y. The effect of the consumption of tartaric acid on some inflammatory indicators, muscle damage and anaerobic capacity of young football players. *Research in Exercise Nutrition*. 2025;2(4):21-11. DOI:10.22034/ren.2024.140212.1043
13. Bakhshi M, Rafrat M, Haghravan S, Asghari Jafarabadi M, Jafari A. The Effect of Ginger Supplementation and High Intensity Interval Training (HIIT) on Anthropometric Indices and Serum Level of Irisin in Obese Men. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism* 2019; 21 (2) :83-91
<https://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-2569-en.html>
14. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q. Effects of High Intensity Exercise on Oxidative Stress and Antioxidant Status in Untrained Humans: A Systematic Review. *Biology*. 2021;10(12):1272.DOI: 10.3390/biology10121272
15. Smith JS, Bellissimo GF, Amorim FT. The physiological responses to volume-matched high-intensity functional training protocols with varied time

- Different Levels of the Human Body: A Review. Antioxidants. 2022;11(3):572. DOI: 10.3390/antiox11030572
29. Morvaridzadeh M, Sadeghi E, Agah S, Fazelian S, Rahimlou M, Kern FG, et al. Effect of ginger (*Zingiber officinale*) supplementation on oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis. *Journal of food biochemistry*. 2021;45(2):e13612. DOI: 10.1111/jfbc.13612
 30. Thomas DT, DelCimuto NR, Flack KD, Stec DE, Hinds TD. Reactive Oxygen Species (ROS) and Antioxidants as Immunomodulators in Exercise: Implications for Heme Oxygenase and Bilirubin. *Antioxidants*. 2022;11(2):179. <https://doi.org/10.3390/antiox11020179>
 31. Henríquez-Olguín C, Renani LB, Arab-Ceschia L, Raun SH, Bhatia A, Li Z, et al. Adaptations to high-intensity interval training in skeletal muscle require NADPH oxidase 2. *Redox biology*. 2019;24:101188. DOI: 10.1016/j.redox.2019.101188
 32. Fattahi Bafghi A, Homaei HM, Azarbayjani MA. Effects of high intensity interval training and curcumin supplement on antioxidant enzyme in heart tissue of diabetic rats. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*. 2016;8(3):135-41. URL: <http://ijdo.ssu.ac.ir/article-1-309-en.html>
 33. Jeena K, Liju VB, Kuttan R. Antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activities of essential oil from ginger. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2013;57(1):51-62. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24020099/>
 34. Bogdanis G, Stavrinou P, Fatouros I, 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. *Food and Chemical Toxicology*. 2013;61:171-7. DOI: 10.1016/j.fct.2013.05.046
 35. Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, Nascimento DdC, Neto IV, de Almeida JA, et al. Two consecutive Exercise Nutrition. 2022;1(1):55-61. DOI:10.34785/J019.2022.002
 22. Gomez-Cabrera M-C, Domenech E, Viña J. Moderate exercise is an antioxidant: upregulation of antioxidant genes by training. *Free radical biology and medicine*. 2008;44(2):126-31. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.001
 23. Souza-Rabbo MP, Silva LF, Auzani JA, Picoral M, Khaper N, Belló-Klein A. Effects of a chronic exercise training protocol on oxidative stress and right ventricular hypertrophy in monocrotaline-treated rats. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2008;35(8):944-8. DOI: 10.1111/j.1440-1681.2008.04936.x
 24. Darband SG, Sadighparvar S, Yousefi B, Kaviani M, Mobaraki K, Majidinia M. Combination of exercise training and L-arginine reverses aging process through suppression of oxidative stress, inflammation, and apoptosis in the rat heart. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*. 2020;472(2):169-78. DOI: 10.1007/s00424-019-02311-1
 25. Vincent HK, Powers SK, Stewart DJ, Demirel HA, Shanely RA, Naito H. Short-term exercise training improves diaphragm antioxidant capacity and endurance. *European journal of applied physiology*. 2000;81(1):67-74. DOI: 10.1007/PL00013799
 26. Hovsepian A, Esfarjani F, Bambaiechi E, Zolaktaf V. The effect of high intensity functional training on the oxidative status, muscle damage and performance of basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2021;61(2):188-98. DOI: 10.23736/S0022-4707.20.11094-6
 27. Ghasemi E, Afzalpour ME, Nayeibifar S. Combined high-intensity interval training and green tea supplementation enhance metabolic and antioxidant status in response to acute exercise in overweight women. *The Journal of Physiological Sciences*. 2020;70(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12576-020-00756-z>
 28. Jîtcă G, Ősz BE, Tero-Vescan A, Miklos AP, Rusz C-M, Bătrînu M-G, et al. Positive Aspects of Oxidative Stress at

- of the protective effects of ginger extract on oxidative stress induced by X-ray radiation in the peripheral blood and liver tissue of male rats. *Iranian Journal of Toxicology*. 2024;18(4):0.DOI: 10.32592/IJT.18.4.217
43. Ikpeme E, Udensi O, Ekerette E, Okon U. Potential of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome and watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds in mitigating aspartame-induced oxidative stress in rat model. *Res J Med Plant*. 2016;10(1):55-66.
<https://scialert.net/fulltext/citedby.php?doi=rjmp.2016.55.66>
 44. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. 2008;44(2):153-9.DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.01.029
 45. Santos-Alves E, Rizo-Roca D, Marques-Aleixo I, Coxito P, Martins S, Guimarães JT, et al. Physical exercise positively modulates DOX-induced hepatic oxidative stress, mitochondrial dysfunction and quality control signaling. *Mitochondrion*. 2019;47:103-13.DOI: 10.1016/j.mito.2019.05.008
 46. Pereira JFMP. Oxidative stress and damage induced by hypobaric hypoxia: effects of the acute and chronic exposure to simulated and real high-altitude environments in blood and skeletal muscle of humans and mice. 2004. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/93167>
 47. M Costa V, Carvalho F, L Bastos M, A Carvalho R, Carvalho M, Remiao F. Contribution of catecholamine reactive intermediates and oxidative stress to the pathologic features of heart diseases. *Current medicinal chemistry*. 2011;18(15):2272-314. DOI: 10.2174/092986711795656081
 - days of extreme conditioning program training affects pro and anti-inflammatory cytokines and osteoprotegerin without impairments in muscle power. *Frontiers in physiology*. 2016;7:260.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00260>
 36. Kliszczewicz B, Quindry CJ, Blessing LD, Oliver DG, Esco RM, Taylor JK. Acute exercise and oxidative stress: CrossFit™ vs. treadmill bout. *Journal of human kinetics*. 2015;47:81.DOI: 10.1515/hukin-2015-0064
 37. Heavens KR, Szivak TK, Hooper DR, Dunn-Lewis C, Comstock BA, Flanagan SD, et al. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(4):1041-9. DOI: 10.1097/JSC.0000000000000236
 38. Liu C-T, Raghu R, Lin S-H, Wang S-Y, Kuo C-H, Tseng YJ, et al. Metabolomics of ginger essential oil against alcoholic fatty liver in mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013;61(46):11231-40.DOI: 10.1021/jf403523g
 39. Fridovich I. Superoxide dismutases. *Advances in enzymology and related areas of molecular biology*. 1986;58:61-97.DOI: 10.1002/9780470123041.ch2
 40. Almatroodi SA, Alnuqaydan AM, Babiker AY, Almogbel MA, Khan AA, Husain Rahmani A. 6-Gingerol, a bioactive compound of ginger attenuates renal damage in streptozotocin-induced diabetic rats by regulating the oxidative stress and inflammation. *Pharmaceutics*. 2021;13(3):317.DOI: 10.3390/pharmaceutics13030317
 41. Samadi M, Moradinazar M, Khosravy T, Soleimani D, Jahangiri P, Kamari N. A systematic review and meta-analysis of preclinical and clinical studies on the efficacy of ginger for the treatment of fatty liver disease. *Phytotherapy Research*. 2022;36(3):1182-93.DOI: 10.1002/ptr.7390
 42. Hosseinzadeh M, Amini M, Seif F, Baazm M, Ganji A, Siasi A, et al. Study