

## The effect of sprint interval training on plasma liver enzymes, liver tissue total-antioxidant-capacity and malondialdehyde in male rats

Mohammadhasan Ahmadi<sup>1</sup>, Mohammad Rahmani<sup>1\*</sup>, Mohsen Khalili Najafabadi<sup>2</sup>

1. Department of exercise Sciences, Faculty of Humanities, Shahed University, Tehran, Iran
2. Neurophysiology Research Center, Shahed University, Tehran, Iran

\* Corresponding author e-mail: rahmani@shahed.ac.ir

**Citation:** Ahmadi M, Rahmani M, Khalili Najafabadi M. The effect of sprint interval training on plasma liver enzymes, liver tissue total-antioxidant-capacity and malondialdehyde in male rats. Daneshvar Medicine 2022; 30(2):50-60. doi: 10.22070/DANESHMED.2022.15639.1164

### Abstract

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the effect of Sprint Interval Training (SIT) on the plasma liver enzymes, liver tissue total-antioxidant-capacity (TAC) and Malondialdehyde (MDA) levels in male rats.

**Materials and Methods:** In an experimental trial, 16 male rats were randomly divided into two groups: control (CO, n=8) and exercise (EX, n=8). The rats after the period of adaptation to the environment and familiarization with exercise were trained 3 sessions per week for 8 weeks. Finally, after anesthesia and direct blood sampling from the heart, serum was extracted for liver enzymes and liver tissue was removed to assess tissue TAC and MDA. Independent t-test was used to analyze the data at the alpha level of 0.05 in SPSS version 22.

**Results:** Statistical analysis of the data showed a significantly higher liver tissue TAC in the EX group compared to the CO group (P=0.01); but no significant intergroup difference was observed related to liver tissue MDA (P=0.24). There was no significant difference between the groups in the ALT (P=0.26) and GGT (P=0.44) level; but the AST (P=0.01) and ALP (P=0.001) level in EX group was significantly lower than CO group.

**Conclusion:** The results showed that SIT increases the antioxidant capacity and induces desirable changes in the liver enzymes levels and this training protocol can have a beneficial effect on the health status of the liver.

**Keywords:** Malondialdehyde (MDA), Total Antioxidant Capacity (TAC), Sprint Interval Training (SIT), Liver enzymes

Received: 18 Feb 2022

Last revised: 08 Jun 2022

Accepted: 18 Jun 2022

مقاله  
پژوهشیتأثیر تمرین تناوبی سرعتی بر آنزیم‌های کبدی،  
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید  
بافت کبدی موش بزرگ آزمایشگاهی نرنویسندگان: محمدحسن احمدی<sup>۱</sup>، محمد رحمانی<sup>۱\*</sup>، محسن خلیلی نجف  
آبادی<sup>۲</sup>

۱. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۲. مرکز تحقیقات نوروفیزیولوژی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

Email: rahmani@shahed.ac.ir

\*نویسنده مسئول: محمد رحمانی

## چکیده

**مقدمه و هدف:** هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرین تناوبی سرعتی (SIT) بر میزان آنزیم‌های کبدی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) و مالون-دی-آلدئید (MDA) بافت کبدی بود.

**مواد و روش‌ها:** در یک کارآزمایی تجربی، ۱۶ سر موش بزرگ آزمایشگاهی نر (موش) تصادفی به دو گروه کنترل (CO, n=۸) و تمرین (EX, n=۸) تقسیم شدند. موش‌ها پس از دوران سازگاری با محیط و آشنایی با تمرین، ۸ هفته، هفته‌ای ۳ جلسه تحت تمرین قرار گرفتند. در پایان دوره، پس از بیهوشی و خونگیری مستقیم از قلب، سرم برای سنجش‌های آنزیم‌های کبدی استخراج و بافت کبد جهت بررسی میزان TAC و MDA بافتی برداشته شد. برای تحلیل داده‌ها از آزمون آماری t مستقل در سطح آلفای ۰/۰۵ در محیط SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

**نتایج:** تحلیل آماری داده‌ها حاکی از بالاتر بودن معنی‌دار میزان TAC بافت کبد گروه EX نسبت به گروه CO بود (P=۰/۰۱)؛ اما تفاوت معنی‌دار بین‌گروهی در رابطه با میزان MDA بافتی کبد مشاهده نشد (P=۰/۲۴). در رابطه با میزان آنزیم‌های کبدی ALT (P=۰/۲۶) و GGT (P=۰/۴۴) نیز تفاوت بین‌گروهی معنی‌داری مشاهده نشد؛ اما میزان آنزیم AST (P=۰/۰۱) و ALP (P=۰/۰۰۱) گروه EX نسبت به گروه CO به طور معنی‌داری کمتر بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد، تمرین SIT باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تغییرات مطلوب در میزان آنزیم‌های کبدی می‌شود و این نوع پروتکل تمرینی می‌تواند پیامد مفیدی بر وضعیت سلامتی و عملکردی کبد داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پراکسیداسیون لیپیدی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام، تمرین SIT، آنزیم‌های کبدی

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹  
آخرین اصلاح‌ها: ۱۴۰۱/۰۳/۱۸  
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

## مقدمه

طراحی مداخلات ورزشی سلامت محور بروز برای مقابله با عوارض جسمانی فقدان فعالیت بدنی مناسب یک تلاش تحقیقاتی گسترده ارزشمندی است (۱) و توجه به جایگاه تمرین تناوبی سرعتی<sup>۱</sup> در سلامت از جمله ی این رویکردهای پژوهشی است (۲). اثربخشی تمرینات تناوبی با شدت بالا با توجه به سازگاری های قلبی-تنفسی و متابولیکی باعث شده است که تحقیقات اخیر بیشتر به اثرات بهداشتی تمرین تناوبی سرعتی متمرکز شوند که انجام آن مستلزم صرف زمان بسیار کمتری است (۳). نداشتن وقت مهم ترین دلیل دور افتادگی از فعالیت بدنی مناسب است (۴) و کارآمدی زمانی تمرین تناوبی سرعتی می تواند به حل مشکل نبود وقت کافی و پایبندی به فعالیت برنامه ریزی شده سلامت محور کمک شایانی بکند (۱،۵). یافته های مطالعاتی حاکی از تأثیر بالقوه تمرین تناوبی سرعتی بر آمادگی قلبی-تنفسی و چندین متغیر دیگر است (۶،۷).

صرف نظر از مزایای ویژه، بر پایه نتایج مطالعاتی تمرین تناوبی سرعتی از نظر تأثیرگذاری مشابه پروتکل های تمرینات استقامتی با شدت متوسط تا شدید عمل می کند (۸) و مانند تمرین استقامتی به بهبود ظرفیت هوازی و نشانگرهای متابولسمی عضلات اسکلتی (متابولسم کربوهیدرات و لیپید، فعالیت سیتوکروم اکسیداز<sup>۲</sup>، ظرفیت بافری عضلات، محتوای گلیکوژن عضلانی) کمک می کند و به گونه ای تفاوت بین گروهی مشاهده نشده است (۸،۹). با این حال، تمرین تناوبی سرعتی مبتنی بر آزمون وینگیت تنها از نظر زمان تمرین سرعتی مفید مقرون به صرفه است؛ اما با احتساب زمان استراحت بین تکرارها از نظر زمان بر بودن (۹۰ دقیقه در هفته) دست کمی از تمرین استقامتی ندارد و در عین حال خسته کننده هم هست (۱۰،۱۱)؛ اما با الهام از تمرین تناوبی سرعتی، نتایج مطالعاتی ایده ی تمرین تناوبی سرعتی زیر ۲۰ بیست ثانیه با تناوب استراحتی یک دقیقه ای نظر متخصصین را به خود جلب کرده و نتایج مطالعاتی هم حاکی از موثر بودن این نوع

تمرین است. با این حال، مطالعات انجام شده در این زمینه محدود است.

در ارتباط با وضعیت آنتی اکسیدانی و استرس اکسیداتیوی بدن، مطالعات گزارش کرده اند که فعالیت ورزشی از سویی تشکیل رادیکال های آزاد مضر را افزایش می دهند و از سویی دیگر با افزایش آنزیم های ضد اکسایشی سبب کاهش رادیکال های آزاد می شوند (۱۲). این اثرات مقاومتی در برابر آسیب های اکسایشی و به دنبال آن فعالیت سیستم آنتی اکسیدانی ناشی از تمرین، به نظر می رسد به عواملی همچون؛ مؤلفه های تمرینی (شدت، مدت و نوع فعالیت) و جنسیت بستگی داشته باشد (۱۳). در بین شاخص های ضد اکسایشی، اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی تام<sup>۳</sup> (TAC) که برآیند ترکیبات آنتی اکسیدانی بدن در برابر اثر رادیکال های آزاد است (۱۴)، و همچنین مالون دی آلدئید<sup>۴</sup> (MDA) که شاخصی مهم برای اندازه گیری وضعیت اکسایشی و آسیب غشای سلولی است، اهمیت زیادی دارند (۱۵). بنابراین، با اندازه گیری این متغیرهای می توان آثار تمرین و توانایی آنتی اکسیدانی و ضد اکسایشی پروتکل های تمرینی را در رویارویی با آثار رادیکال های آزاد در بافت کبد مورد بررسی قرار داد. در مطالعات پیشین، اطلاعات کم و ضد و نقیضی در ارتباط با تأثیر تمرین تناوبی سرعتی بر ظرفیت آنتی اکسیدانی و استرس اکسیداتیو گزارش شده است (۱۶-۱۹).

در بافت کبد، پیامدهای استرس اکسیداتیو شامل اکسیداسیون اجزای مختلف سلولی مانند DNA، پروتئین ها، چربی ها/اسیدهای چرب (پراکسیداسیون لیپیدها) است که منجر به آسیب بافتی و آپوپتوز می شود. هنگامی که این فرایند آغاز شود، یک چرخه مداوم آسیب سلولی و انتشار سایتوکین های پیش التهابی وجود دارد که منجر به التهاب کبدی، فیروز و سیروز کبد می شود (۲۰). عملکردهای کبد بسیار وسیع تر از آن است که بتوان با یک فرآیند غالب توصیف کرد؛ اما همه آنها به هموستاز شریانی و در نتیجه هموستاز انواع مختلف سلول ها کمک گسترده ای می کنند (۲۱). فعالیت بدنی یک چالش منحصر

<sup>3</sup>Total antioxidant capacity

<sup>4</sup>Malondialdehyde

<sup>1</sup>Sprint interval training

<sup>2</sup>Cytochrome oxidase activity

بقیه الله تهیه گردیده و به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شاهد منتقل شدند. بعد از سازگاری با محیط و رسیدن به وزن مناسب (۲۸۰-۲۵۰)، موش ها تصادفی به ۲ گروه ۸ تایی کنترل و تمرین تقسیم شدند. همه ی گروه ها در شرایط نور (۱۲ ساعت نور: ۱۲ ساعت تاریکی) و رطوبت (۴۵-۵۰ درصد) کنترل شده قرار گرفتند. ۲ سر از موش های گروه کنترل به علت آسیب دیدگی و عدم تمرین از فرایند تحقیق کنار گذاشته شدند. آزمایشات براساس "راهنمای مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی" ارائه شده از سوی کمیته ی اخلاق دانشگاه شاهد انجام گردید (IR.Shahed.Rec.1400.005).

#### پروتکل تمرین

پس از دو هفته آشناسازی عمومی (دویدن تداومی بر روی تردمیل با شدت کم) و تخصصی (دویدن تناوبی با شدت کم)، از آزمون حداکثر سرعت دویدن (MRT) برای تعیین شدت و توان دویدن موش ها استفاده شد. این آزمون با سرعت اولیه ۱۰ متر/دقیقه<sup>-۱</sup> شروع شده و هر ۳ دقیقه، سه متر/دقیقه<sup>-۱</sup> سرعت افزایش داده شد. آزمون با خستگی ایستادن ۵ ثانیه هر موش بر روی شبکه شوک تردمیل پایان یافت و حداکثر سرعت و زمان آن ثبت شد (۲۵). در این پژوهش از پروتکل تمرینی SIT هازال و همکاران (۲۰۱۰) به مدت هشت هفته، با تعدیل در زمان استراحت استفاده شد (۲۶). در جدول ۱ خلاصه برنامه تمرینی آمده است.

به فرد برای کبد ایجاد می کند؛ زیرا نیازهای متابولیک عضلات فعال، نیازمند پشتیبانی کبد برای بسیج ذخایر انرژی، بازیافت متابولیت ها و تبدیل ترکیبات بیش از حد سمی به ترکیبات بی ضرر است (۲۲). همچنین، کبد آنزیم های زیادی ترشح می کند و افزایش آنزیم سرمی به عنوان نشانگر زیستی حساس تخریب و سمیت کبدی در نظر گرفته می شود (۲۳). تعیین آنزیم های مختلف کبدی در سرم مانند؛ ALT, ALP, AST, GGT، لاکتات دهیدروژناز و مشخصات چربی سرم، کلسترول، گلیسیریدها و لیپوپروتئین های سرم، برای ارزیابی وضعیت عملکردی کبد و تشخیص آسیب کبدی استفاده می شود (۲۴).

اگرچه پژوهش در مورد تأثیرات قلبی-عروقی، بهبود توان هوازی و غیر هوازی تمرینات تناوبی سرعتی با حجم تمرینی کم (تکرارهای کم و کوتاه تر از روش های سنتی) در حال گسترش است، اما مطالعات در ارتباط با اثر آنتی اکسیدانی و استرس اکسایشی این نوع تمرینات بر بافت کبد بسیار محدود است. با توجه به این خلاء مطالعاتی، پژوهش حاضر در راستای بررسی تأثیر تمرین تناوبی سرعتی بر میزان آنزیم های کبدی، وضعیت آنتی اکسیدانی و پراکسیداسیون لیپیدی بافت کبد در موش طراحی و عملیاتی شد.

#### مواد و روش ها

پژوهش حاضر از نوع تجربی-آزمایشگاهی بود. بدین منظور ۱۶ سر موش با دامنه وزنی ۱۳۰-۱۵۰ از دانشگاه

جدول ۱. پروتکل تمرین SIT

هفته هشتم	هفته هفتم	هفته ششم	هفته پنجم	هفته چهارم	هفته سوم	هفته دوم	هفته اول	آشناسازی تخصصی	آشناسازی عمومی	
۶۵-۷۰	۶۵-۷۰	۶۵-۷۰	۶۰-۶۵	۶۰-۶۵	۵۵-۶۰	۵۵-۶۰	۵۰-۵۵	۲۰-۳۰	۱۵-۱۰	سرعت (متر/دقیقه)
۱۵۳-۱۶۵%	۱۵۳-۱۶۵%	۱۵۳-۱۶۵%	۱۴۱-۱۵۳%	۱۴۱-۱۵۳%	۱۳۰-۱۴۱%	۱۳۰-۱۴۱%	۱۱۸-۱۳۰%	-	-	MRT (%)
۱۰ ثانیه									۱۰ دقیقه	زمان هر تکرار
استراحت فعال با سرعت ۲۰-۱۵ / ۶۰ ثانیه									-	زمان استراحت بین تکرارها
۹	۸	۷	۵	۵	۵	۴	۴	۳	۱	نوبت در هر جلسه
۳									۵	تعداد جلسات در هفته

### سنجش‌های بافتی و سرمی

چهل و هشت ساعت پس از آخرین جلسه تمرین تعداد ۶ سر موش به تصادف از هر گروه انتخاب و با اتر بی‌هوش شدند. پوست ناحیه شکمی با اتانول ۷۰٪ استریل شد و سپس یک برش در ناحیه شکم ایجاد شد. پس از باز کردن قفسه سینه خون مستقیم از قلب گرفته شده و بعد بافت کبد خارج گردید و در یخچال ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. میزان آنزیم‌های کبدی سرم موش‌ها با کیت‌های مخصوص شرکت پارس آزمون و به روش اسپکتروفتومتری سنجیده شد. میزان فعالیت آنزیم‌ها بر حسب واحد بین المللی در لیتر (IU/L) ثبت شدند.

برای تعیین میزان پراکسیداسیون لیپیدها در گروه‌های کنترل و تمرین، MDA نمونه‌های کبد با استفاده از واکنش تیوباربتوریک اسید اندازه گیری شد. به طور خلاصه، ۰/۳-۰/۲ گرم نمونه‌ها در کلرید پتاسیم سرد شده با یخ (۱۵۰ میلی مول) همگن شدند و سپس مخلوط در ۳۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. ۰/۵ میلی لیتر مایع رویی با ۳ میلی لیتر اسید فسفریک (۱ درصد V/V) مخلوط شد. سپس ۱ میلی لیتر ۶/۷ گرم TBA L-۱ به نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه گرم شدند و سپس در یخ سرد شدند. پس از افزودن ۳ میلی لیتر N-butanol، نمونه‌ها مجدداً در ۳۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. میزان جذب مایع رویی به روش اسپکتروفتومتری، در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شده و مقدار محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدها با توجه به منحنی کالیبراسیون همزمان با استفاده از استانداردهای MDA محاسبه شد. مقدار MDA به صورت نانومول در میلی‌گرم پروتئین (nml/mg-pr) بیان شد. میزان پروتئین نمونه‌ها بر اساس روش لووری ارزیابی شد (۲۷). همچنین، پروتکل سنجش TAC بر اساس روش توصیف شده توسط کوراچیچ و همکاران (۲۰۰۱) تنظیم شد (۲۸). در ابتدا، ۷۵ میکرولیتر نمونه با ۵۰۰ میکرولیتر محلول معرف ۱ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) مخلوط شد. سپس، ۲۰ میکرولیتر محلول معرف ۲

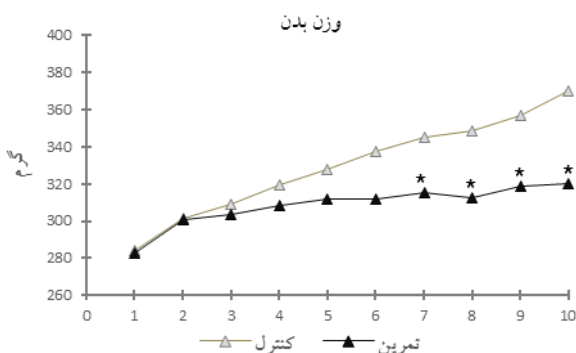
(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub>+o-Dianisidine) به محلول آماده شده اضافه شد. در نهایت، جذب محلول در طول موج ۶۳۰ نانومتر توسط میکروپلیت ریدر مورد بررسی قرار گرفت و سطح TAC به صورت نانومول در میلی گرم پروتئین (nml/mg-pr) بیان شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به بررسی و برقراری مفروضه‌های آماری پارامتریک با استفاده از آزمون‌های شاپیروویلیک و لون، برای مقایسه داده‌های دو گروه از آزمون t مستقل در سطح آلفای ۰/۰۵ استفاده گردید. همه تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و رسم نمودارها در محیط نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ انجام گرفت.

### نتایج

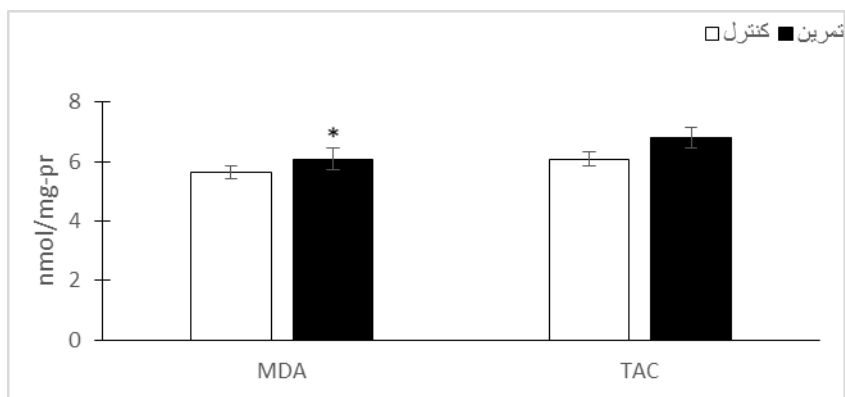
بررسی داده‌ها نشان داد میانگین وزن موش‌ها در هر دو گروه کنترل و تمرین روند افزایشی داشت؛ اما میزان افزایش وزن در گروه تمرین کمتر از گروه کنترل بود (نمودار ۱). همچنین نتیجه مقایسه میانگین وزن دو گروه حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین گروهی از هفته هفتم تا پایان دوره بود (P<۰/۰۵).



نمودار ۱. میزان تغییرات وزن بدن موش‌ها در هر دو گروه کنترل و تمرین از دوره آشناسازی تا پایان دوره، \* اختلاف معنی‌داری P<۰/۰۵

تحلیل آماری میزان MDA بافت کبدی گروه تمرین (۶/۰۹±۰/۶۱) و گروه کنترل (۵/۶۵±۰/۶۵) اختلاف معنی‌دار بین گروهی نشان نداد (P=۰/۲۶، t<sub>(۱۰)</sub>؛ اما،

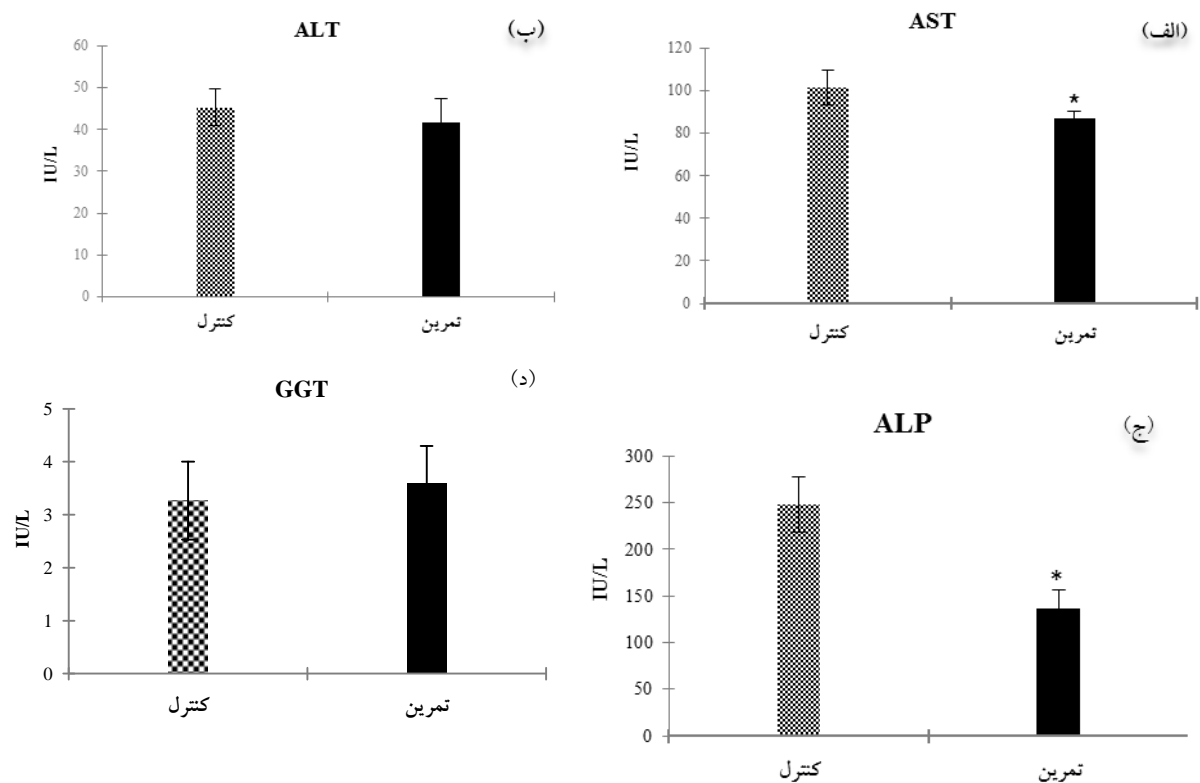
میزان TAC بافت کبدی گروه تمرین ( $6.779 \pm 0.44$ ) نسبت به کنترل ( $6.09 \pm 0.32$ ) حاکی از تفاوت معنی دار بین گروهی بود ( $t_{(10)} = 3.14, P=0.01$ ) (نمودار ۲).



نمودار ۲. میانگین میزان MDA و TAC بافت کبد گروه تمرین و کنترل. \*اختلاف معنی داری  $P < 0.05$

در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری کمتر بود (نمودار ۳ الف-د).

تحلیل آماری میزان آنزیم های کبدی سرم اختلاف معنی داری در میزان ALT ( $P=0.26$ ) و GGT ( $P=0.44$ ) بین گروه ها نشان نداد؛ اما آنزیم های ALP ( $P=0.001$ ) و



نمودار ۳. میانگین (الف) میزان AST، (ب) میزان ALT، (ج) میزان ALP و (د) میزان GGT سرمی تفکیک گروه ها بر حسب IU/L. \*اختلاف معنی داری  $P < 0.05$

## بحث

همچنین تورگوت<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند تمرین شنای استقامتی طولانی مدت باعث افزایش MDA بافت کبد در موش های صحرایی می شود (۳۴،۳۵)؛ اما، این در حالی است که تمرینات ورزشی منظم و مستمر مانند تمرین پژوهش حاضر، باعث افزایش دفاع آنتی اکسیدانی می شود (۳۶). با این حال نتایج مطالعه حاضر نشان داد که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی با وجود شدت بالای تمرین، افزایش استرس اکسیداتیو در بافت کبد را موجب نشد. در همین راستا مطالعاتی وجود دارد که نشان می دهد در افرادی که تمرینات بی هوازی داشته اند، نسبت به آزمودنی های غیر تمرین کرده شاخص های تخریب عضلانی و استرسی سطوح پایین تری داشته و وضعیت آنتی اکسیدانی بهتری دارند (۳۷،۳۸). از طرفی نشان داده شده است که غلظت آنتی اکسیدان های غیر آنزیمی با تمرینات بی هوازی افزایش می یابد (۳۹). به نظر می رسد تولید مکرر رادیکال های آزاد ناشی از ایسکمی و انتشار مجدد خون در سطح عضلانی که در اثر این نوع فعالیت های ورزشی روی می دهد در بهبود نیم رخ آنتی اکسیدانی نقش داشته باشد (۴۰).

در دیگر یافته های پژوهش حاضر، در ارتباط با آنزیم های کبدی مطالعات گزارش کردند که ممکن است تمرین تناوبی شدید مستقل از تغییرات وزن و شاخص توده بدنی میزان آنزیم های کبدی را در زنان فعال و غیر فعال کاهش دهد (۴۱). در پژوهشی همسو، قربانی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تأثیر تمرین تناوبی بر آنزیم های کبدی زنان چاق و دارای اضافه وزن نتیجه گرفتند که تمرین تناوبی شدید می تواند از طریق کاهش آنزیم AST در پیشگیری از بروز برخی بیماری های مرتبط با چاقی و کبد موثر واقع شود (۴۲). در مطالعه ای همسوی دیگری، نجف آبادی و همکاران در سال ۱۳۹۸ با مقایسه تأثیر دو نوع تمرین تناوبی شدید و ترکیبی بر روی زنان مبتلا به دیابت نوع دو مشاهده کردند که هر دو نوع تمرین با کاهش AST و مقاوت انسولینی تأثیر مطلوبی در بیماران دیابتی دارد (۴۳). در برخی مطالعات ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر گزارش شده است که یک هفته تمرین وامانده ساز باعث

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که تمرین SIT تأثیر معنی داری بر میزان MDA بافت کبد به عنوان شاخص مهمی بر وجود استرس اکسایشی، پراکسیداسیون لیپیدی و اختلال عملکردی کبد ندارد؛ ولی مشاهده گردید که این تمرین میزان TAC را در بافت کبد افزایش داده است. در ارتباط با آنزیم های کبدی نیز نشان داده شد که تمرین SIT بر میزان آنزیم های سرمی ALT و GGT تأثیر معنی داری نداشته؛ اما میزان آنزیم های AST و ALP را کاهش داده است. به نظر می رسد تمرین با پروتکل استفاده شده در این پژوهش توانسته است با افزایش توان آنتی اکسیدانی مانع از گسترش معنی دار استرس اکسایشی و اختلال آنزیمی عملکردی بافت کبد شود.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر با نتایج چندی از مطالعات همسو می باشد، از جمله یوسف پور و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه ای به این نتیجه رسیدند که هشت هفته تمرین تناوبی شدید در بافت کبد موش ها بر میزان MDA تأثیر معنی داری ندارد (۲۹). همچنین، توماس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، بعد از ۶ هفته تمرینات اینتروال شدید در میزان کبد MDA تفاوت معنی دار مشاهده نکرده اند (۳۰). گائینی و همکاران نیز نشان دادند ۳۶ جلسه تمرین اینتروال تأثیری بر میزان MDA ندارد (۳۱). از طرفی معمار مقدم و همکاران در پژوهشی با عنوان مقایسه MDA در دوندگان سرعت با غیر ورزشکاران که پروتکل تمرینی بی هوازی شدید را اجرا کرده بودند، تفاوت معنی داری در میزان MDA مشاهده نکردند (۳۲). به نظر می رسد که این عدم تغییر، ناشی از دفاع آنتی اکسیدانی در اثر اجرای فعالیت اینتروال بی هوازی منظم باشد.

در مطالعاتی ناهمسو، کایاتکین<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، تأثیر تمرین SIT بر استرس اکسیداتیو کبد را در موش های صحرایی بررسی کرده بودند که نتایج آن ها نشان داد این نوع تمرین تأثیر معنی داری بر روی سطوح آنتی اکسیدانی کبد نداشته؛ ولی باعث افزایش سطح MDA و لاکتات دهیدروژناز شده بود (۳۳). آیدین<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۷) و

<sup>1</sup>Thomas

<sup>2</sup>Kayatekin

<sup>3</sup>Aydin

<sup>4</sup>Turgut

میزان آنزیم کبدی **AST** و **ALP** که مشخصه سلامت کبدی و عضلانی است را کاهش دهد. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد سازگاری سودمندی در سیستم اکسیداسیون و احیای موش‌ها روی داده باشد که توانسته است وضعیت آنتی اکسیدانی بافت کبد را افزایش داده و میزان آنزیم کبدی **AST** و **ALP** که مشخصه سلامت کبدی است را کاهش دهد. همچنین، تمرینات **SIT** به صورت منظم می‌تواند تاثیرات مثبتی بر کارایی سیستم ضد اکسایشی بدن گذاشته و اثرات مضر رادیکال‌های آزاد را خنثی نماید، لذا به نظر می‌رسد نتیجه پژوهش حاضر از این نظر دارای اهمیت است که احتمالاً هشت هفته تمرینات **SIT** تأثیری در ایجاد استرس اکسایشی و اختلال عملکردی کبد نداشته است، و یا ممکن است تمرینات **SIT** در طولانی مدت باعث بروز سازگاری‌های مفید در دستگاه آنتی اکسیدانی شده که مانع از بروز آسیب‌های عملکردی و بافتی حاصل از آن می‌شود. نظر به این که یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم در نظر گرفتن مکانیسم‌های پاسخی متفاوت بافت‌های مختلف بدن (عضلات اسکلتی، قلب، کلیه، مغز و غیره) و آنزیم‌های کبدی به نوع ورزشی که تحت تاثیر آن قرار گرفته‌اند، می‌باشد و همچنین فعال شدن هورمون‌هایی نظیر کورتیزل و کاتکولامین‌ها در طول تمرین با شدت بالا که می‌تواند از دیگر عوامل تاثیرگذار بر نتایج تحقیق حاضر باشد.

### نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر به عنوان اولین مطالعه در این زمینه نشان داد که هشت هفته تمرین **SIT** با تکرارهای بسیار کوتاه ۱۰ ثانیه‌ای حتی در شدت‌های بالا سبب افزایش میزان **TAC** بافت کبد شده و کاهش آنزیم‌های کبدی **AST** و **ALP** در موش‌ها می‌شود. با توجه به عدم تغییر در **MDA** و سایر آنزیم‌های کبدی می‌توان نتیجه گرفت که این نوع تمرین نه تنها القاء کننده استرس اکسیداتیو و اختلال در عملکرد کبد نیست؛ بلکه می‌تواند باعث افزایش توان آنتی اکسیدانی و تقویت عملکرد کبد شود. با این حال بررسی‌های تکمیلی با تعداد نمونه بیشتر لازم است.

افزایش آنزیم‌های کبدی در دختران می‌شود (۴۴). همچنین مطالعه‌ای دیگر گزارش کرده‌اند که تمرین با شدت بالا باعث افزایش معنی‌داری آنزیم‌های کبدی می‌گردد (۴۵). پرافاتسور<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۰ مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر تمرین با شدت ۹۰-۷۵ درصد **VO2max** بر کبد و پانکراس انجام دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که این نوع تمرینات در موش‌های سالم باعث افزایش **AST**، **ALT** و بیلیروبین سرمی شده و در بافت کبد نیز باعث ایجاد ادم و نکروز می‌شود (۴۶). همچنین، نشان داده شده است که ورزش با شدت بالا و طولانی‌مدت تا مرز خستگی، باعث تحریک التهاب میتوکندریایی در سلول‌های کبدی، نکروز و آپوپتوز سلول‌های کبدی در جوندگان می‌شود (۴۷، ۴۸). با توجه به مقادیر زیاد آنزیم‌های کبدی در بافت‌های قلب، کبد و عضلات اسکلتی (۴۹)، این احتمال وجود دارد که افزایش مقادیر آنزیم‌های کبدی در مطالعات فوق نتیجه آسیب دیدگی و ورود این آنزیم‌ها از ارگان‌های مذکور باشد. همچنین، باید به این نکته توجه کرد که فعالیت آنزیم‌های کبدی تحت تأثیر مدت، شدت و نوع تمرین تغییر می‌کند (۵۰).

افزایش **AST** و **ALT** به عنوان نشانگرهای آسیب عضلانی شناخته شده‌اند و در کنار کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز و میوگلوبین در تمرینات وزنه شدید و سنگین افزایش می‌یابند که نشان دهنده آسیب شدید عضلانی می‌باشد (۵۱). با توجه به این مسئله و کاهش سطح **AST** و عدم تغییر میزان **ALT** در پژوهش حاضر می‌توان به این نتیجه رسید تمرین **SIT** آسیب عضلانی و کبدی ایجاد نمی‌کند. از سویی مطالعات گزارش کرده‌اند که میزان آنزیم **ALP** پس از تمرین به سطح پایین استراحتی بر می‌گردد و اصولاً تمرین ورزشی تأثیر گذرایی بر آن دارد (۵۲). همچنین، تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که ورزش‌های بی‌هوایی سنگین مانند وزنه‌برداری در سطوح **GGT** و **ALT** تغییر ایجاد نمی‌کند، چون این آنزیم‌ها در بافت عضلانی وجود ندارد (۵۱). با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد سازگاری سودمندی در بافت عضلانی، سیستم اکسیداسیون و احیای موش‌ها روی داده باشد که توانسته است وضعیت آنتی اکسیدانی بافت کبد را افزایش داده و

<sup>1</sup> Praphatsor



علمی دانشگاه شاهد) برای کمک و راهنمایی در مراحل انجام پژوهش حاضر، کمال تشکر داریم.

### تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می دارند که هیچ گونه تضادی در منافع وجود ندارد.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر بر گرفته از یافته‌های پایانامه کارشناسی ارشد آقای محمد حسن احمدی دانشجوی رشته فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شاهد می‌باشد. از جناب آقای دکتر علی کلانتری حصاری (عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینای همدان) و جناب دکتر علی صمدی (عضو هیئت

### منابع

1. Vollaard NBJ, Metcalfe RS, Williams S. Effect of number of sprints in an SIT session on change in  $\dot{V}O_{2\max}$ : A meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2017;49(6):1147–56.
2. Londeree BR. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(6):837–43.
3. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 2008;36(2):58–63.
4. Vollaard NBJ, Metcalfe RS. Research into the Health Benefits of Sprint Interval Training Should Focus on Protocols with Fewer and Shorter Sprints. *Sports Medicine* 2017;47(12):2443–2451.
5. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology* 2012;590(5):1077–84.
6. Burgomaster KA, Heigenhauser GJF, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *Journal of Applied Physiology* 2006;100(6):2041–7.
7. Burgomaster KA, Cermak NM, Phillips SM, Benton CR, Bonen A, Gibala MJ. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology* 2007;292(5).
8. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, MacDonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology* 2008;586(1):151–60.
9. Gibala MJ, Little JP, Van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of Physiology* 2006 15;575(3):901–11.
10. Frazão DT, De Farias LF, Dantas TCB, Krinski K, Elsangedy HM, Prestes J, et al. Feeling of pleasure to high-intensity interval exercise is dependent of the number of work bouts and physical activity status. *PLoS ONE* 2016;11(3).
11. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2011;43(7):1334–59.
12. Modir M, Daryanoosh F, Firouzmand H, Jaffari H, Khanzade M. Effect of short and medium periods of high intensities aerobic training on serum level of superoxide dismutase and Catalase enzymes in rats. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences* 2014;16(3):24–30.
13. 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 (Basel)* 2021;4;10(12):1272.
14. Hakkakdokht E, Salami F, Rajabi H HM. The effect of aerobic exercise and vitamin E and C supplementation on GSH and antioxidative enzymes (GPX and SOD) in pregnant rats. *Olympic* 2011;19:45–56.
15. Mas-Bargues, C, Escrivá, C, Dromant, M, Borrás, C., & Viña, J. Lipid peroxidation as measured by chromatographic determination of malondialdehyde. *Human plasma reference values in health and disease. Archives of Biochemistry and Biophysics* 2011; 709, 108941.
16. Taş M, Soslu R, Kiyici F, Journal E. the effect of six weeks sprint training on serum antioxidant levels in soccer players the effect of six weeks sprint training on serum antioxidant levels in soccer players. *Physical Education and Sport Science* 2018 3;4(0):36.
17. El Abed K, Ammar A, Boukhris O,

- Trabelsi K, Masmoudi L, Bailey SJ, et al. Independent and Combined Effects of All-Out Sprint and Low-Intensity Continuous Exercise on Plasma Oxidative Stress Biomarkers in Trained Judokas. *Frontiers in Physiology* 2019 9;10:842.
18. 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. *Food and Chemical Toxicology* 2013;61:171–7.
  19. Kayatekin BM, Gönenç S, Açıkgöz O, Uysal N, Dayi A. Effects of sprint exercise on oxidative stress in skeletal muscle and liver. *European Journal of Applied Physiology* 2002;87(2):141–4.
  20. Vuppalanchi R, Ghabril M, Chalasani N, Juluri R, Bell LN, Kamendulis L, et al. Oxidative Stress in Chronic Liver Disease: Relationship Between Peripheral and Hepatic Measurements. *The American Journal of the Medical Sciences* 2011;342(4):314–7.
  21. Stanger BZ. Cellular Homeostasis and Repair in the Mammalian Liver. *Annual Review of Physiology* 2015;77(1):179–200.
  22. Trefts E, Williams AS, Wasserman DH. Exercise and the Regulation of Hepatic Metabolism. In: *Progress in molecular biology and translational science*. NIH Public Access 2015;203–25.
  23. Yap CYF, Aw TC. Liver Function Tests (LFTs). *Proceedings of Singapore Healthcare* 2010;19(1):80–2.
  24. Habte ML, Melka DS, Degef M, Menon MKC, Yifter H, Feyisa TO. Comparison of Lipid Profile, Liver Enzymes, Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Among Type II Diabetes Mellitus Patients on Statin Therapy. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity* 2020 18;13:763–773.
  25. Machado MV, Vieira AB, da Conceição FG, Nascimento AR, da Nóbrega ACL, Tibirica E. Exercise training dose differentially alters muscle and heart capillary density and metabolic functions in an obese rat with metabolic syndrome. *Experimental Physiology* 2017;102(12):1716–28.
  26. Hazell TJ, MacPherson REK, Gravelle BMR, Lemon PWR. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *European Journal of Applied Physiology* 2010;110(1):153–60.
  27. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry* 1951;193(1):265–75.
  28. Koracevic D, Koracevic G, Djordjevic V, Andrejevic S, Cosic V. Method for the measurement of antioxidant activity in human fluids. *Journal of Clinical Pathology* 2001;54(5):356–61.
  29. Usefpor M, Ghasemnian A A, Rahmani A. The Effect of a period of high intensive interval training on total antioxidant capacity and level of liver tissue malondialdehyde in male Wistar rats. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2017; 22 (5) :103–110.(persian)
  30. NT S, KH K, AD H, P B, K Y, G A. Effects of high intensity interval training on pregnant rats, and the placenta, heart and liver of their fetuses. *PloS one* 2015;10(11).
  31. Gaeini, A., Vatani, D., Ashrafi, J., Mogharnasi, M. The short-term and long-term effects of sprint, endurance and concurrent exercise training on plasmatic lactate dehydrogenase, creatine kinase, and malondialdehyde in rats. *Journal of Sport Biosciences*, 2011; 3(8).
  32. Memar Moghadam M., Talebi Garakani E. Comparison of total antioxidant capacity, oxidative stress status and lipoprotein profile of cyclist with non-athlete. *Sport and Biomotor Sciences* 2012;2(4):19–26.(persian)
  33. Kayatekin B, Gönenç S, Açıkgöz O, Uysal N, Dayi A. Effects of sprint exercise on oxidative stress in skeletal muscle and liver. *European Journal of Applied Physiology* 2002;87(2):141–4.
  34. Aydin C, Ince E, Koparan S, Cangul IT, Naziroglu M, Ak F. Protective effects of long term dietary restriction on swimming exercise-induced oxidative stress in the liver, heart and kidney of rat. *Cell Biochemistry and Function* 2007;25(2):129–37.
  35. Turgut G, Demir S, Genç O, Karabulut I, Akalin N. The effect of swimming exercise on lipid peroxidation in the rat brain, liver and heart. *Acta Physiologica et Pharmacologica Bulgarica* 2003;27(2–3):43–5.
  36. Robertson JD, Maughan RJ, Duthie GG, Morrice PC. Increased blood antioxidant systems of runners in response to training load. *Clinical Science* 1991;80(6):611–8.
  37. Turgay F, Kayatekin BM, Gönenç S, Yslegen Ç, Selamoglu S. Aerobic and anaerobic training effects on the antioxidant enzymes of the blood. *Acta Physiologica Hungarica* 2000;87(3):267–74.
  38. Ortenblad N, Madsen K, Djurhuus MS. Antioxidant status and lipid peroxidation after short-term maximal exercise in trained and untrained humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 1997 1;272(4):R1258–63.
  39. Cazzola R, Russo-Volpe S, Cervato G,

- Cestaro B. Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. *European Journal of Clinical Investigation* 2003;33(10):924–30.
40. Z R, HY C, S G. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radical Biology & Medicine* 2008;44(2):153–9.
41. Johnson NA, Sachinwalla T, Walton DW, Smith K, Armstrong A, Thompson MW, et al. Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss. *Hepatology* 2009;50(4):1105–12.
42. Ghorbani S, Alizadeh R, Moradi L. The effect of high intensity interval training along with consumption of caraway seeds (*Carum carvi L.*) on liver enzymes, lipid profile, and blood glucose in obese and overweight women. *Ebnesina* 2017; 19 (2) :12-20.(persian)
43. Fazel Najafabadi Z, Azamian Jazi A, Banitalebi E. Effect of Eight Weeks High Intensity Interval Training (HIIT) and Combined Training on Serum Liver Enzymes and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences* 2020; 11 (4) :28-34.(persian)
44. M N. The effect of increasing exhausting exercise on some enzymes of active muscle damage index. *Met-Rx Nutrition and Exercise Journal* 1391;2(1):1–12.
45. Mohsen Rezaei E rahimi, Somayeh bordbar, Sahar namdar. The Effects of Three Sessions of Running on a Negative Slope on Serum Levels of Liver Enzymes in Adult Male Rats. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences* 2013;15(5):9–47.
46. Praphatsorn P, Thong-Ngama D, Kulaputana O, Klaikeaw N. Effects of intense exercise on biochemical and histological changes in rat liver and pancreas. *Asian Biomedicine* 2010;4(4):619–25.
47. Huang C-C, Huang W-C, Yang S-C, Chan C-C, Lin W-T. *Ganoderma tsugae* hepatoprotection against exhaustive exercise-induced liver injury in rats. *Molecules* 2013;18(2):1741–54.
48. Yano H. Acute exercise induces mitochondrial swelling of hepatocytes surrounding the terminal hepatic venule in rat liver acinus. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 1997;46(1).
49. Lala V, Goyal A, Bansal P, Minter DA. Liver Function Tests . *StatPearls*. StatPearls Publishing 2021;12.
50. Mikami T, Sumida S, Ishibashi Y, Ohta S. Endurance exercise training inhibits activity of plasma GOT and liver caspase-3 of rats exposed to stress by induction of heat shock protein 70. *Journal of Applied Physiology* 2004;96(5):1776–81.
51. Pettersson J, Hindorf U, Persson P, Bengtsson T, Malmqvist U, Werkström V, Ekelund M. Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. *British Journal of Clinical Pharmacology* 2008; 65(2):253-9.
52. Fragala MS, Bi C, Chaump M, Kaufman HW, Kroll MH. Associations of aerobic and strength exercise with clinical laboratory test values. *PLoS One* 2017;12(10):e0180840.