



## تأثیر هم زمان تمرين استقامتی و اکتپامین بر استرس اکسیداتیو در مخچه موش های قیمار شده با DFO

**طاووس خیائی بیگدلی:** گروه فیزیولوژی ورزشی واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

**(D) مقصود پیری:** گروه فیزیولوژی ورزشی واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (\* نویسنده مسئول) m.peeri@iautb.ac.ir

**محمدعلی آذربایجانی:** گروه فیزیولوژی ورزشی واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### چکیده

#### کلیدواژه‌ها

DFO

تمرين استقامتی،

اکتپامین،

مالون دی آلدید،

سوپر اکسید دیسموتاز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴

تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۰۴/۱۹

**زمینه و هدف:** روغن‌های زیاد سرخ شده (DFO) روشنی راچ در تهیه بسیاری از خوارکی‌ها می‌باشد. حرارت زیاد ترکیبات تشکیل دهنده روغن را تغییر داده و بر سلامت افراد تأثیر می‌گذارد. هدف از این مطالعه تعیین تأثیر تمرين هوایی و اکتپامین بر غلظت MDA و فعالیت SOD در بافت مخچه موش دریافت کننده DFO بود.

**روش کار:** در تحقیق حاضر از بین موش‌های نر نژاد ویستار با میانگین سنی ۲۰ هفته و وزن ۳۰-۳۵ گرم، سر موش بطور تصادفی انتخاب و به ۵ گروه کنترل سالم، بیمار (DFO)، بیمار+اکتپامین، بیمار+ورزش، بیمار+اکتپامین+ورزش تقسیم شدند. به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن موش  $81 \mu\text{mol/kg}$  اکتپامین حل شده با نرمال سالین ۹٪ به مدت ۴ هفته و ۵ روز در هفته به صورت درون صفاقی تزریق شد. همچنین روغن روزانه به میزان  $1/100 \text{CC}$  به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن موش از طریق گاواظ خورانده شد. گروه‌های تمرين پنج جلسه در هفته با سرعت ۲۶ متر در دقیقه و ۲۰ دقیقه در روز بر روی تردیمیل تمرين کردند. بعد از ۴ هفته سنجش فعالیت SOD و MDA بر روی نمونه‌های مخچه فیکس شده انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد دریافت DFO به طور معنی‌داری غلظت MDA را افزایش و میزان فعالیت SOD را کاهش می‌دهد ( $p < 0.01$ ). دریافت اکتپامین و تمرين هریک به تنها می‌منجر به افزایش میزان فعالیت SOD و کاهش میزان MDA شدند ( $p < 0.05$ ). تعامل تمرين و اکتپامین تأثیر هم افزایی معنی‌داری بر کاهش غلظت MDA و افزایش فعالیت SOD داشت ( $p < 0.01$ ).

**نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق حاضر تایید کننده تأثیر تمرين و اکتپامین بر افزایش محافظت عصبی در برابر شاخص‌های استرس اکسیداتیو می‌باشد.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

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

### شیوه استناد به این مقاله:

Ziae Bigdeli T, Peeri M, Azarbaj MA. Synergic effects of endurance training and octopamine on oxidative stress in the cerebellum of male rats treated with Deep frying oils. Razi J Med Sci. 2021;28(4):125-134.

\* منتشر این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.



Original Article

## Synergic effects of endurance training and octopamine on oxidative stress in the cerebellum of male rats treated with Deep frying oils

**Tavoos Ziae Bigdeli:** Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

**Maghsoud Peeri:** Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran  
(\*Corresponding author) m.peeri@iautb.ac.ir

**Mohammad Ali Azarbajani:** Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Abstract

**Background & Aims:** Deep frying oil (DFO) are a method used in many fast foods. High heat has changed the structure of oil, which can affect people's health. Fried oils can produce reactive oxygen species (ROS) that can play an important role in many pathological conditions. ROS in cerebellar tissue can cause oxidative stress and damage nerve cells.

Regular physical activity, as a necessity for a healthy life, can affect all organs and systems of the body, and has a valuable role in the functioning of the central nervous system and they are effective in preventing or delaying the death of cerebellar cells.

Also the use of some supplements, such as herbal supplements, can increase the antioxidant effects of exercise, which can affect the cerebellum tissue and neutralize the oxidative damage caused by harmful foods . In general , along with endurance training, a variety of herbal remedies can be prescribed. Octopamine has been reported to modulate some neurophysiological processes due to its stimulant function, which increases the efficiency of physical function in endurance training, so it can be used as a supplement. Therefore, due to the increase in consumption of foods prepared with DFO ,The present study aimed to review the effects of aerobic exercise and octopamine supplement on the activity of SOD and MDA concentration in cerebellar tissue of rats fed with DFO.

**Methods:** This experimental study, was conducted on 30 adult male wistar rats average aged 20 weeks with an average weight of 300-350 gr . The subjects were randomly divided into 5 groups: Healthy Control, DFO Control, exercise+DFO , DFO+octopamine , DFO+exercise+octopamine . At the beginning of the first week, the subjects were exposed to DFO poisoning 0.1cc per 100 gr of body weight by Gavage. The rats received the intraperitoneal injection of octopamine (81 mMol / kg /day) for 4 weeks, 5 days per week. Training was done for 4 weeks, 5 days a week and 20 minutes per day at a speed of 26 m/minute aerobic exercises. After 4 weeks, all rats were anesthetized with respiratory chloroform and histoplasty was performed and MDA and SOD levels were measured on samples fixed cerebellum. Finally, descriptive statistics and Shapiro-Wilk tests, two-way analysis of variance and Bonferroni post hoc using SPSS software were used to analyze the data.

**Results:** DFO intake significantly increased MDA concentration and decreased SOD activity ( $p<0.01$ ).

Exercise significantly reduced cerebellar MDA concentration ( $F=174.87$ ,  $P=0.001$ ). Octopamine supplementation had a significant reduction in cerebellar MDA concentration ( $F=211.61$ ,  $P=0.001$ ). The interaction of exercise and octopamine

### Keywords

DFO,  
Endurance Training,  
Octopamine,  
MDA,  
Superoxide dismutase

Received: 03/04/2021

Published: 10/07/2021

supplementation had a significant decrease on cerebellar MDA concentration more than the effect of each intervention alone ( $F=4.39$ ,  $P=0.049$ ).

Exercise significantly increased cerebellar SOD activity ( $F=200.65$ ,  $P=0.001$ ). Octopamine supplementation had the effect of increasing cerebellar SOD activity ( $F=99.79$ ,  $P=0.001$ ). The interaction of exercise and octopamine supplementation also had a significant increase in cerebellar SOD activity more than the effect of each intervention alone ( $F=22.87$ ,  $P=0.001$ ).

**Conclusion:** The results of this study showed that endurance training combined with octopamine consumption can reduce the oxidative damage caused by unhealthy diets such as deep-heated oils in brain tissue. The reception of deep frying oils by reducing the activity of SOD enzyme and increasing the concentration of MDA causes the development of oxidative pressure in cerebellum tissue.

SOD are the front line of defense against oxygen-induced damage (ROS). These proteins reduce free radicals that damage cells in excessive concentrations. MDA which is the result of peroxidation of lipids, especially membrane lipids, as one of the most important mediators of free radical damage, can easily and extensively bind or break down important biological macromolecules such as proteins and nucleic acids, which can lead to a variety of diseases.

Regular endurance training can lead to the adaptation of the antioxidant system and improve the capacity of this system in the detoxification reaction, or in other words, the neutralization of active species of oxygen and nitrogen. Also, the use of herbal supplements such as octopamine is able to increase the antioxidant effects of exercise, which can affect the cerebellum tissue and neutralize the oxidative damage caused by harmful foods. Due to its stimulant function, octopamine modulates some neurophysiological processes that increase the efficiency of physical function in endurance training.

Endurance training and octopamine alone reduced the oxidative pressure created and, when applied simultaneously, enhanced each other's effect. Based on this, it is found that in the conditions of induction of oxidation pressure induced by DFO, these two interventions have a neuroprotective effect and enhance each other synergistically.

**Conflicts of interest:** None

**Funding:** None

**Cite this article as:**

Ziae Bigdeli T, Peeri M, Azarbaj MA. Synergic effects of endurance training and octopamine on oxidative stress in the cerebellum of male rats treated with Deep frying oils. Razi J Med Sci. 2021;28(4):125-134.

\*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

بدنی منظم به عنوان یک ضرورت برای زندگی سالم، می‌توانند بر همه اندام‌ها و سیستم‌های بدن تأثیر بگذارند و شواهد نشان می‌دهند که تمرينات ورزشی بر روی عملکرد سیستم عصبی مرکزی نقش ارزشمندی دارند (۴). مطالعات سلوی در موش‌های صحرایی نشان می‌دهد که تمرينات ورزشی در پیشگیری و یا تأخیر در مرگ سلوهای مخچه مؤثرند (۵). چو و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود نشان دادند که تمرين ورزشی روی ترمیم عملکرد حرکتی را از طریق مهار کاهش سلوهای پورکینز در مخچه همراه با درمان والپوریک اسید بهبود بخشید (۶). استفاده از برخی مکمل‌ها نظیر مکمل‌های گیاهی، قادر به افزایش تأثیرات آنتی‌اسیدانی تمرين ورزشی بوده که می‌تواند بر بافت مخچه مؤثر و تخریبات اکسایشی ناشی از مواد غذایی مضر را خنثی کند (۷).

به طور کلی، همراه با تمرين استقاماتی می‌توان انواع داروهای گیاهی را نیز تجویز نمود. گزارش شده است که اکتاپامین به دلیل عملکرد محرک گونه خود منجر به تعديل برخی فرایندهای نوروفیزیولوژیک می‌گردد که موجب افزایش کارایی عملکرد جسمانی در تمرين استقاماتی می‌شود، لذا می‌تواند به عنوان مکمل استفاده گردد. اکتاپامین یک آنالوگ نوراپی نفرین و یک داروی مقلد سمپاتیک است که از بیوسنتر تیروزین به دست می‌آید (۷).

همانطور که گفته شد DFO اثرات مضر بر روی انسان دارد اما ناکنون مطالعه‌ای در مورد تأثیرات تمرين استقاماتی و استفاده هم‌زمان از مکمل اکتاپامین بر اثرات مخرب DFO بر فاکتورهای استرس اکسیداتیو در سلوهای مخچه صورت نگرفته است. لذا در این مطالعه ابتدا با تجویز روغن بسیار سرخ شده به موش، اثرات مخرب آن را بر مغز ایجاد کرده و سپس اثرات تمرين استقاماتی و مصرف اکتاپامین را بر تغییرات استرس اکسیداتیو مورد بررسی قرار دادیم. لذا با توجه به افزایش مصرف غذایی تهیه شده با روغن‌های حرارت دیده عمیق، مطالعه حاضر جهت بررسی تأثیر تمرين هوایی و مصرف اکتاپامین بر میزان مالون دی آلدید و سوپراکسید دی‌سیموتاژ بافت مخچه موش‌های صحرایی نر تغذیه شده با روغن حرارت دیده عمیق می‌باشد.

## مقدمه

روغن‌های خوراکی یکی از پرمصرف‌ترین محصولات در سبد غذایی انسان است. ثابت شده است که استفاده نادرست از این محصول سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. مهم‌ترین فرآیندی که کیفیت روغن را کاهش می‌دهد و منجر به تولید مواد مضر برای سلامتی می‌شود، سرخ کردن آن است. فرآیندی که عمدۀ شکل مصرفی روغن‌ها در آشپزی و تهیه خوراکی هاست (۱) روغن سرخ شده عمیق (Deep fried oil) (DFO) ترکیباتی با طعم مطلوب یا نامطلوب ایجاد می‌کند و از طریق فرآیند هیدرولیز، اکسیداسیون و پلیمریزاسیون، ثبات و کیفیت روغن را تغییر می‌دهد (۲) که ممکن است ترکیب اسیدهای چرب روغن را تغییر دهد. گزارش شده است که سرخ کردن متناوب و مداوم روغن‌ها منجر به تغییرات فیزیکی (مانند افزایش ویسکوزیته و تیره شدن رنگ) و شیمیایی ترکیبات سازنده این روغن‌ها می‌شود. مدت زمان سرخ کردن، رطوبت، دما و سطح ماده غذایی از موارد مهمی هستند که پس از فرآیند سرخ کردن بر کیفیت روغن تأثیر می‌گذارند (۳).

گزارش شده است، روغن‌های سرخ شده می‌توانند باعث تولید گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن شوند که می‌تواند در بسیاری از شرایط پاتولوژیک نقش مهمی داشته باشد. اثرات سوء استرس اکسایشی بر دستگاه‌های مختلف بدن به صورت پراکنده در مطالعات بیان شده است. یکی از اثرات ROS، تأثیر بر روی سیستم عصبی می‌باشد و بسته به نوع حیوان به سلوهای عصبی آسیب می‌زند. به رغم طیف وسیع عصب دهی سلوهای عصبی مونوآمینی در مخچه و نقش اصلی این اندام در کنترل حرکات، این بافت مخچه ناحیه مهمی از مغز خلفی است که نقش اصلی در تعادل، کنترل هیجان‌ها، اعمال ظریف و دقیق بازی می‌کند. مخچه با ساختاری بسیار متراکم و درهم‌پیچیده، در زیر قشر مخ و در پشت مغز قرار گرفته است و بعضی اوقات به آن پس مغز نیز می‌گویند. در انسان‌ها مخچه ۱۲ تا ۱۵ درصد وزن مغز، ۴۲ درصد از سطح مغز و ۵۲ درصد از سلوهای عصبی مغز را تشکیل می‌دهد. نشان داده شده است که فعالیت‌های

خوراکی و از طریق گاواز خورانده شد (۹).

**پروتکل تمرین استقامتی:** موش‌ها به مدت دو هفته دوره آشنایی با دویدن بر روی تردミل (تردمیل موتوری مخصوص جوندگان) را گذراندند. تمرین استقامتی با دویدن با سرعت ۹ متر در دقیقه و به مدت ۲۰ دقیقه در روز (شامل ۱۰ دقیقه با سرعت ذکر شده، ۵ دقیقه گرم شدن و ۵ دقیقه سرد شدن) صورت گرفت. پس از دوره سازگاری، پروتکل تمرین استقامتی با شدت متوسط و به مدت پنج روز در هفته، به مدت چهار هفته به ترتیب زیر اجرا گردید: در روز اول، تمرین با سرعت ۱۶ متر در دقیقه و به مدت ۲۰ دقیقه آغاز شد. در روز آخر، سرعت طی آزمایش از ۱۶ به ۲۶ متر در دقیقه افزایش یافت.

**بررسی فعالیت SOD** سنجش فعالیت SOD طبق پروتکل مارکلوند (۱۹۸۵) انجام شد. بافت معزی ۱:۱۰ ( وزنی / وزنی ) در ۵۰ میلی مولار بافر Tris - HCl حاوی ۱ میلی مولار EDTA با pH 8.2 EDTA روش براساس ظرفیت پیروگلول برای اکسیداسیون استوار است، فرایندی که به رادیکال سوبراکسید بسیار وابسته می‌باشد. مهار اکسیداسیون این ترکیب در حضور SOD رخ می‌دهد و فعالیت آن می‌تواند به طور غیر مستقیم در ۴۲۰ نانومتر با روش اسپکتروفوتومتری مورد سنجش قرار گیرد که با استفاده از منحنی کالیبراسیون با SOD خالص به عنوان استاندارد انجام شد. مهار ۵۰ درصدی اکسیداسیون پیروگلول به عنوان یک واحد SOD تعریف شده و فعالیت خاص به عنوان واحد در هر میلی گرم پروتئین نشان داده می‌شود (۱۱).

**بررسی غلظت MDA** غلظت MDA با استفاده از روش تیوبارتیوریک اسید که محصولات واکنشی MDA را اندازه‌گیری می‌کند طبق روش تودورا و همکاران انجام شد. ۰/۵ میلی لیتر از محلول هموژنیزه شده بافت، ۰/۵ میلی لیتر محلول فیزیولوژیک و ۰/۵ میلی لیتر ۲۵٪ اسید تری کلرواستیک مخلوط و با دور ۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. یک میلی لیتر مایع رویی بدون پروتئین با ۰/۲۵ میلی لیتر از اسید تیوبارتیوریک ۰/۵٪ مخلوط شده و در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱ ساعت گرم شد. پس از خنک شدن، شدت رنگ صورتی محصول نهایی در ۵۳۲ نانومتر تعیین و غلظت MDA طبق

## روش کار

۳۰ سر موش صحرایی نر بیست‌هفته‌ای سالم از نژاد ویستار با وزن ۳۰۰ تا ۳۵۰ گرم از انسیتو پاستور ایران (تهران) خریداری شد. حیوانات به صورت جداگانه در قفس‌های پلاستیکی پلی اتیلن که کف آن‌ها با خاک ارde پوشیده شده بود در دمای  $23 \pm 3^\circ\text{C}$  (شرایط استاندارد) نگهداری شدند. موش‌ها دور از هرگونه تنفس و در دوره نور دهی به صورت چرخه ۱۲ ساعت روشناختی ۱۲ ساعت تاریکی حفظ شده و دسترسی آزادانه به آب و غذا داشتند. تمام مراحل مربوط به حیوانات طبق قوانین تایید شده کمیته اخلاق حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی تهران (کد اخلاقی: NIH.IAU.PS.REC.1398.321 (شماره ۸۰۲۳، اصلاح شده ۱۹۷۸) انجام شد. پس از ۱۴ روز سازگاری با محیط جدید، حیوانات به طور تصادفی به ۵ گروه تقسیم شدند (۶ حیوان در هر گروه): (۱) در این گروه موش‌ها هیچ درمانی دریافت نکرد (کنترل)، (۲) گروه تغذیه شده با روغن حرارت دیده، (۳) گروه تغذیه شده با روغن حرارت دیده که اکتاپامین مصرف کرده‌اند (اکتاپامین)، (۴) گروه تغذیه شده با روغن حرارت دیده که تحت تمرین استقامتی قرار گرفته‌اند (تمرین استقامتی)، (۵) گروه تغذیه شده با روغن حرارت دیده که اکتاپامین مصرف کرده و همزمان تمرین استقامتی نیز انجام داده‌اند (اکتاپامین+تمرین استقامتی).

**اکتاپامین:** به مدت ۴ هفته و ۵ روز در هفته به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن موش اکتاپامین حل شده با نرمال سالین ۹٪ به صورت درون صفاقی (IP) با دوز  $\mu\text{mol/kg}$  به هر موش تزریق شد (۸).

**روغن بسیار حرارت دیده:** جهت تهیه ۸ لیتر روغن آفتاب گردان استفاده شد. روغن به مدت ۴ روز متوالی روزی ۸ ساعت با حرارت ۱۹۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد داغ شد و هر ۳۰ دقیقه مواد غذایی مانند ناگت مرغ، سیب زمینی، مرغ و فرآورده‌های پروتئینی (سوسیس و کالباس) داخل روغن غوطه‌ور شدند و در انتهای روغن روز چهارم به منظور استفاده به عنوان مداخله‌ای مسمومیتی تا زمان اجرا نگهداری شد. از این روغن به میزان ۰/۱ cc به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن رتها به مدت ۴ هفته و ۵ روز در هفته به هر موش به صورت

مخچه را به طور معنی داری افزایش ( $P=0.001$ ) داد اما میزان فعالیت آنزیم SOD مخچه در اثر تغذیه با این روغن به طور معنی داری نسبت به گروه کنترل سالم کاهش یافت ( $P=0.001$ ).

تمرین استقاماتی موجب کاهش معنی دار غلظت MDA مخچه شد ( $F=174$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.897$ ). دریافت مکمل اکتاپامین اثر کاهش معنی دار غلظت MDA مخچه را به همراه داشت ( $F=914$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.914$ ,  $F=211/61$ ,  $P=0.001$ ).

تعامل تمرین هوایی و مکمل اکتاپامین کاهش معنی داری بر غلظت MDA مخچه بیشتر از اثر تک هریک به تنها یابی داشت ( $F=439$ ,  $P=0.049$ ,  $\eta^2=0.180$ ,  $F=439$ ,  $P=0.049$ ,  $\eta^2=0.180$ ).

تمرین استقاماتی موجب افزایش معنی داری فعالیت SOD مخچه شد ( $F=200/65$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.909$ ). دریافت مکمل اکتاپامین اثر افزایش فعالیت SOD مخچه را به همراه داشت ( $F=99/79$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.833$ ).

تعامل تمرین هوایی و مکمل اکتاپامین نیز افزایش معنی داری بر فعالیت SOD مخچه بیشتر از اثر تک هریک به تنها یابی داشت ( $F=22/87$ ,  $P=0.001$ ,  $\eta^2=0.534$ ).

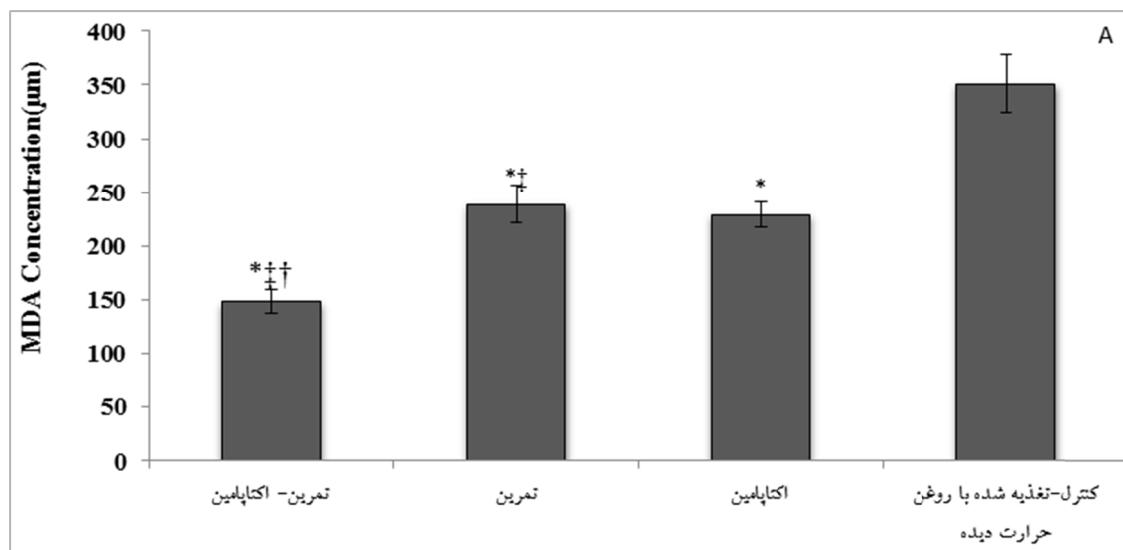
فرمول زیر محاسبه شد (۱۲):

$$1 \mu\text{mol}/1 \text{ MDA} = \frac{\text{OD}_{532} \times 1.75}{0.156}$$

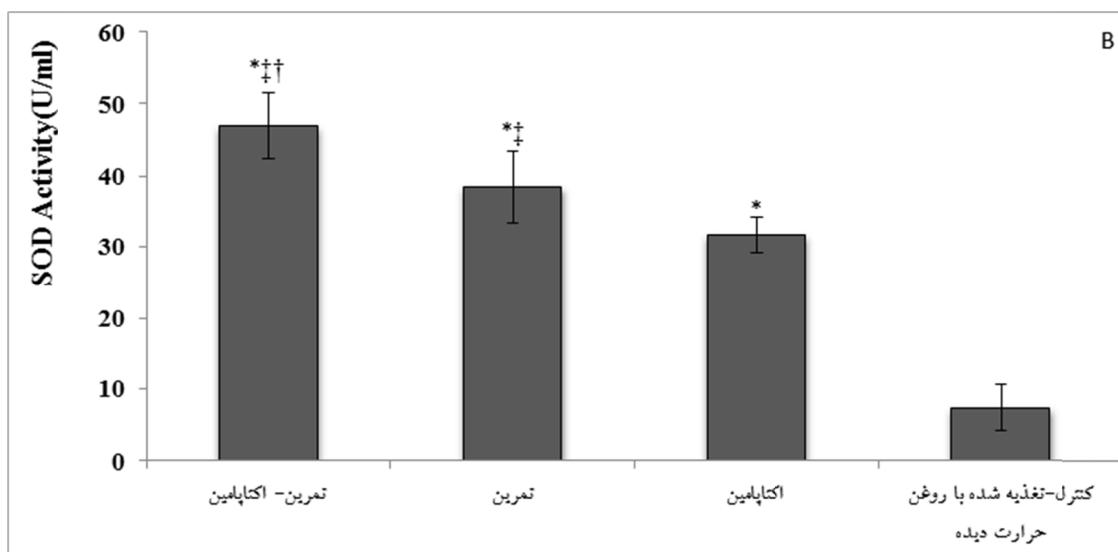
**تحلیل آماری:** طبیعی بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک تایید گردید. در بخش توصیف از شاخص های میانگین و انحراف استاندارد استفاده شده است. جهت تعیین اثرگذاری تغذیه با روغن حرارت دیده عمیق بر پیامدهای مورد مطالعه با استفاده از آزمون t برای گروه های مستقل، پیامدهای مورد مطالعه در گروه کنترل سالم و کنترل تغذیه شده با روغن حرارت دیده مورد مقایسه قرار گرفت. جهت تعیین اثر تمرین استقاماتی و اکتاپامین از تحلیل دوراهه واریانس برای گروه های مستقل نتایج به دست آمده مورد تحلیل قرار گرفت. در صورت مشاهده تفاوت معنی دار، جهت تعیین محل تفاوت از آزمون پیگیری بن فرونی استفاده شد. سطح معناداری نیز برای تمام محاسبات ( $p<0.05$ ) در نظر گرفته شده است.

## یافته ها

تغذیه با روغن حرارت دیده عمیق، غلظت MDA



**شکل ۱** - مقایسه غلظت MDA مخچه (A) در گروه تمرین، اکتاپامین، تمرین و اکتاپامین و کنترل مسموم. \* نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل. † نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرین، ‡ نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه اکتاپامین. اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است.



**شکل ۲**- مقایسه فعالیت SOD مخچه (B) در گروه تمرین، اکتایپامین، تمرین و اکتایپامین و کنترل مسموم. \*نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه کنترل. \*\*نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه تمرین، \*\*\*نشانه تفاوت معنی دار نسبت به گروه اکتایپامین. اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است.

مسومومیت با روغن بسیار سرخ شده هم مکمل دریافت کرده و هم تمرین استقامتی انجام داده بودند، میزان فعالیت این آنزیم بیشتر از اثر هریک به تنها یک بود. سوپراکسید دیسموتازها (SOD) گروهی از متال آنزیم‌ها هستند که در همه موجودات یافت می‌شوند. SOD‌ها خط مقدم دفاعی در برابر آسیب ناشی از واکنش اکسیژن (ROS) هستند (۱). این پروتئین‌ها باعث کاهش محلول رادیکال آزاد آنیون سوپراکسید آنیون ( $O_2^-$ ) به اکسیژن مولکولی و پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) تبدیل می‌شود و سطح  $O_2^-$  را کاهش می‌دهد که در غلظت بیش از حد به سلول‌ها آسیب می‌رساند (۲). این واکنش با کاهش اکسیداسیون متنابع یونهای فلزی موجود در سایت فعال SODs همراه است (۱۳). روح و همکاران نشان دادند که فعالیت این آنزیم پس از تمرین استقامتی در مردان چاق افزایش و میزان رادیکال‌های آزاد کاهش یافت. این محققان پیشنهاد نمودند تمرین استقامتی می‌تواند عدم تعادل اکسیدان-آنٹی اکسیدان را در افراد چاق بهبود بخشدید و اختلال عملکرد سد خونی مغزی را محدود کند (۱۴). این نتیجه در مورد فعالیت‌های غیر هوایی نیز مشاهده شده است (۱۵). اما برخلاف نتایج این مطالعه، آونی و همکاران افزایش فعالیت این آنزیم را در حیواناتی که با روغن حرارت دیده سویا تغذیه شده بودند در اندام‌های

## بحث

بررسی‌های تغذیه‌ای نشان می‌دهد، امروزه مصرف روزانه روغن‌ها در رژیم غذایی اکثر افراد جامعه افزایش یافته است. کیفیت روغن مهم‌ترین جنبه استفاده از آن می‌باشد. سرخ شدن طولانی مدت روغن منجر به فساد آن شده که تهدیدی جدی برای سلامتی انسان به شمار می‌آید.

سرخ شدن عمیق فقط مخصوص طیفی از محصولات نبوده و امروزه می‌توانید هر محصول سرخ شده‌ای را بیابید. سرخ شدن عمیق شامل غوطه‌ور شدن یک ماده غذایی در روغن داغ است که دمای مناسب در حدود ۳۷۵-۳۵۰ درجه فارنهایت (۱۹۰-۱۷۶) سانتی‌گراد) می‌باشد. زمانی که ماده‌ای غذایی در روغن با این دما غوطه‌ور می‌شود، سطح آن تقریباً فوراً می‌پزد و نوعی «آب بند» ایجاد می‌کند که روغن نمی‌تواند به آن نفوذ کند. در عین حال این درجه حرارت منجر به تغییراتی در ساختار مولکول‌های روغن شده که آن را برای سلامتی خطرناک‌تر می‌سازد.

در مطالعه حاضر مشاهده شد میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در اثر مصرف روغن بسیار سرخ شده در بافت مخچه کاهش می‌یابد در حالی که مصرف اکتایپامین و تمرین استقامتی هر یک به تنها یک میزان فعالیت آن را افزایش داده‌اند. در موش‌هایی که پس از

مشخص شد که میزان مالون دی آلدئید (MDA) در اثر مصرف روغن بسیار سرخ شده افزایش می‌یابد که تمرین استقامتی و اکتاپامین میزان آن را کاهش می‌دهند. این دو در صورت هم‌زمان شدن (خوردن اکتاپامین و انجام تمرینات هوایی) میزان مالون دی آلدئید بیشتر کاهش می‌یابد. کربونیل‌های اشباع نشده مانند مالون دی آلدئید (MDA) که حاصل پراکسید شدن لیپیدها به ویژه لیپیدهای غشایی می‌باشند، اغلب نیمه عمر نسبتاً طولانی تری دارند و به همین دلیل ممکن است از مکان‌های تولید به مکان‌های دیگر در داخل بدن پخش و استرس‌های اکسیداتیو / کربونیل بیشتری ایجاد کنند. MDA به عنوان یکی از مهم‌ترین واسطه‌های آسیب‌های رادیکالهای آزاد می‌تواند به آسانی و به طور گستره ماکرومولکول‌های مهم بیولوژیکی مانند پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک را به هم پیوند دهد یا دچار شکست کند که می‌تواند منجر به انواع بیماریها گردد (۱۸). اگرچه به نظر می‌رسد روغن خوارکی چند بار سرخ شده ارزش غذا را کاهش می‌دهد اما در مجموع ۲۱۱ محصول تجزیه شده در روغن‌های گرم‌داشته ای که به درستی استفاده نشده اند شناسایی شده است. بیشتر این محصولات مواد اکسیداتیو تولید شده از تخریب تری گلیسرید هستند که نه تنها کیفیت غذاهای سرخ شده را تحت تأثیر قرار می‌دهند بلکه سلامت انسان را نیز به مخاطره می‌اندازند به ویژه هنگامی که روغن سرخ کردنی برای مدت طولانی در دمای بالا قرار می‌گیرد. تعدادی از مطالعات برای ارزیابی اثرات خط‌رانک روغن اکسید شده با حرارت، بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است. مطالعات قبلی نشان داده است که به دلیل واکنش‌های اکسیداسیون، مقدار پراکسید لیپید و ترکیبات قطبی با گذشت زمان در طی فرآیند حرارتی روغن افزایش می‌یابد (۱۶) که هم راستا با نتایج به دست آمده از این مطالعه می‌باشد. از سوی دیگر اثر هر یک از تیمارهای صورت گرفته در این تحقیق بر استرس اکسیداتیو (تجویز اکتاپامین و انجام تمرین استقامتی) مطالعه شده است. نشان داده‌اند که اکتاپامین منجر به افزایش مقاومت در برابر استرس اکسیداتیو می‌شود (۹) که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر همخوانی دارد. کاهش استرس اکسیداتیو در اثر

مختلف مانند کبد، کلیه، بیضه‌ها و مغز را گزارش نمودند (۱۶). با این حال در مطالعه انجام شده توسط محققان UC Riverside باعث دیابت و چاقی می‌شود بلکه باعث ایجاد تغییرات ژنتیکی در مغز می‌گردد که می‌تواند منجر به اختلالات عصبی از جمله اضطراب، اوتیسم، آلزایمر و افسردگی شود (۱۶). تمرین استقامتی منظم می‌تواند منجر به سازگاری سیستم آنتی‌اکسیدانی شود و ظرفیت این سیستم را در واکنش سم زدایی یا به عبارت دیگر خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن را بهبود بخشد. مازولاوه‌همکاران نشان دادند فعالیت‌های بدنه ممکن است یک استراتژی کارامد و اثر گذار برای بازیابی سیستم آنتی‌اکسیدانی در هایپرفنیل آلانمیا باشد. این شرایط منجر به عقب ماندگی ذهنی، میکروسفالی و تشنجه می‌گردد که در این بیماران استرس اکسیداتیو یافت شده است (۱۱). فعالیت‌های بدنه به ویژه فعالیت‌های استقامتی به طور گستره‌ای برای بهبود سلامت توصیه می‌شود و با کاهش در بیماری قلبی-عروقی و مرگ و میر همراه است. با این حال تمرین استقامتی به دلیل افزایش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) مانند آبیون سوپراکسید ( $O_2^-$ )، باعث افزایش مصرف اکسیژن بدنه شده و ایجاد استرس اکسیداتیو می‌نماید. ROS تمایل زیادی به استخراج الکترون از مواد شیمیایی داشته و به اجزای مختلف سلولی آسیب می‌رساند. سوپراکسید دی‌سیموتاژ، ( $O_2^-$ ) را به پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) تبدیل می‌کند و متعاقباً توسط کاتالاز به آب تبدیل می‌شود (۱۷). مغز انسان حدود ۲-۳٪ از وزن بدنه را تشکیل می‌دهد در حالیکه خون رسانی مغز ۱۵-۲۰٪ از بازده قلب را تشکیل می‌دهد. میزان متابولیسم مغزی در مقایسه با میزان متابولیسم متوسط ۷/۵ برابر بیشتر است. مغز به دلیل سرعت متابولیسم بالاتر و میزان چربی و سطح پایین قر کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px) به راحتی آسیب اکسیداتیو می‌بیند. مطالعات قبلی نشان می‌داد که استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین استقامتی ممکن است ظرفیت اکسیداسیون و ضد اکسیداسیون بافت مغز را تغییر دهد که البته میزان این تغییر وابسته به شدت و مدت فعالیت می‌باشد (۱۵). همچنین در این مطالعه

cerebellum of D-galactose-exposed rats. *Rejuven Res.* 2019;22:20-30.

5. Cheon SH. The effect of a skilled reaching task on hippocampal plasticity after intracerebral hemorrhage in adult rats. *J Phys Ther Sci.* 2015;27:131-133.

6. Cho HS, Kim TW, Ji ES, Shin MS, Baek SS. Treadmill exercise ameliorates motor dysfunction through inhibition of Purkinje cell loss in cerebellum of valproic acid-induced autistic rats. *J Exerc Rehabil.* 2016;12:293.

7. Papenmeier S, Uliczka K, Roeder T, Wagner C. Octopamine and its receptors are involved in the modulation of the immune response in *Drosophila melanogaster*. *Pneumologie.* 2019;73:A33.

8. Bour S, Visentin V, Prévot D, Carpéné C. Moderate weight-lowering effect of octopamine treatment in obese Zucker rats. *Efecto moderado de un tratamiento prolongado con octopamina sobre el peso corporal en ratas obesas.* *J Physiol Biochem.* 2003 Sep 1;59(3):175-82.

9. Wang Z, Liao T, Zhou Z, Wang Y, Diao Y, Strappe P et al. Construction of local gene network for revealing different liver function of rats fed deep-fried oil with or without resistant starch. *Toxicol Lett.* 2016 Sep 6;258:168-74.

10. Hong KS, Lee MG, Hong KS, Lee MG. Rescue effect of exercise on impaired arteriolar myogenic response with advancing age. *Exerc Sci.* 2017;26:8-16.

11. Mazzola PN, Terra M, Rosa AP, Mescka CP, Moraes TB, Piccoli B, et al. Regular exercise prevents oxidative stress in the brain of hyperphenylalaninemic rats. *Metab Brain Dis.* 2011;26:291.

12. Eze J, Anene B, Chukwu C. Determination of serum and organ malondialdehyde (MDA) concentration, a lipid peroxidation index, in *Trypanosoma brucei*-infected rats. *Compar Clin Pathol.* 2008;17:67-72.

13. Abushelaibi A, Al-Mahadin S, El-Tarably K, Shah NP, Ayyash M. Characterization of potential probiotic lactic acid bacteria isolated from camel milk. *LWT.* 2017;79, :316-325.

14. Roh HT, So WY. The effects of aerobic exercise training on oxidant-antioxidant balance, neurotrophic factor levels, and blood-brain barrier function in obese and non-obese men. *J Sport Health Sci.* 2017;6:447-.

15. Li J, Wang Y. Effect of different methods of hypoxic exercise training on free radical oxidation and antioxidant enzyme activity in the rat brain. *Biomed Rep.* 2013;1:925-929.

16. Awney HA. The effects of Bifidobacteria on the lipid profile and oxidative stress biomarkers of male rats fed thermally oxidized soybean oil. *Biomarkers.* 2011;16:445-452.

17. Hitomi Y, Watanabe S, Kizaki T, Sakurai T,

تمرین استقامتی در بیماران دیابتی با کاهش قابل توجهی در سطح MDA نیز گزارش شده است (۱۹). از محدودیتهای این مطالعه می‌توان به عدم کنترل و یکسان سازی ویژگی‌های ژنتیکی آزمودنی‌ها، عدم امکان قرار دادن موش‌ها در قفس‌های جداگانه و تصویربرداری از آن‌ها و عدم کنترل دقیق انرژی مصرفی روزانه آزمودنی‌ها اشاره نمود.

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان دادند که انجام تمرین استقامتی به همراه مصرف اکتاپامین می‌تواند آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از رژیم‌های غذایی ناسالم نظری روغن‌های حرارت دیده عمیق در بافت مغز را کاهش دهنده. از طرفی دریافت روغن‌های حرارت دیده عمیق به واسطه کاهش فعالیت آنزیم SOD و افزایش غلظت MDA موجب توسعه فشار اکسایشی در بافت مخچه می‌گردد. تمرین استقامتی و اکتاپامین هریک به تنهایی فشار اکسایشی ایجاد شده را کاهش داده و زمانی که به صورت هم‌زمان اعمال شدن، اثر یکدیگر را تقویت نمودند. بر این اساس مشخص می‌شود در شراط القای فشار اکسایش القا شده با روغن‌های حرارت دیده عمیق، این دو مداخله دارای اثر نروپروتکتیو بوده و اثر یکدیگر را به صورت سیترزیستی تقویت می‌نمایند. لذا توصیه می‌گردد در شرایط تغذیه با روغن‌های حرارت دیده عمیق، جهت جلوگیری از آسیب‌های ناشی از فشار اکسایشی در بافت مخچه از این دو مداخله استفاده گردد.

## References

1. Shen Q, Zhang J, Hou YX, Yu JH, Hu JY. Quality control of the agricultural products supply chain based on “Internet+”. *Inf Process Agric.* 2018;5:394-400.
2. Matthäus B. Oxidation of edible oils. Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications. Volume 2: Manag differ Ind. 2010:183-238.
3. Nayak PK, Dash U, Rayaguru K, Krishnan KR. Physio chemical changes during repeated frying of cooked oil: A Review. *J Food Biochem.* 2016;40:371-390.
4. Partadiredja G, Karima N, Utami KP, Agustininghsih D, Sofro ZM. The effects of light and moderate intensity exercise on the femoral bone and

Takemasa T, Haga S, et al. Acute exercise increases expression of extracellular superoxide dismutase in skeletal muscle and the aorta. *Redox Rep.* 2008;13:213-216.

18. Li F, Yang Z, Lu Y, Wei Y, Wang Y, Yin D, et al. Malondialdehyde suppresses cerebral function by breaking homeostasis between excitation and inhibition in turtle *Trachemys scripta*. *PLoS One*. 2010;5:e15325.

19. Arslan M, Hilmi S, Kubapcilar L, Dogan N, Kurban S, Erbay E, et al. Effect of aerobic exercise training on MDA and TNF- $\alpha$  levels in patients with type 2 diabetes mellitus. *Int Math Res Not*. 2014.