University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Fall 2024, 12(31), 86-102

Received: Jun 06, 2023 Revised: Nov 29, 2023 Accepted: Dec 06, 2023

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

# Effects of eight-week of HIIT along with green tea on serum of acetylcholinesterase, amyloid beta-42 and malondialdehyde in untrained obese elderly men

**Hasan Naghizadeh[1*], Faeze Heydari[2], Zahra Rostami[3]**

1. Assistant Professor of Department of Sport Sciences, Ardakan University, Ardakan, Iran.

2. Member of Department of Physical Education and Sport Sciences, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

3. Undergraduate Student of Sport Sciences, Department of Sport Sciences, Ardakan University, Ardakan, Iran.

**Abstract**

**Background and Aim:** The use of medicinal plants along with exercise especially in obese people has received much attention due to the modulation of inflammatory and oxidative responses. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of eight weeks of high intensity interval training (HIIT) and green tea supplement on serum levels of acetylcholinesterase (AChE), amyloid beta-42 (Aβ42) and malondialdehyde (MDA) in untrained obese elderly men. **Materials and Methods:** Forty eight obese elderly men (age 65.42±3.16 years and body mass index 30.93±1.15 kg/m$^2$) were randomly divided into four groups of 12 people including HIIT, supplement green tea, HIIT+ green tea supplement and control- placebo. HIIT training was carried out for eight weeks and three sessions per week. Green tea supplement in the form of six capsules per day in the amount of 450 mg was received by the target groups. Testing was done 48 hours before and after the last training session. The AChE and AB42 were measured by ELISA and MDA by TBARS method. Results were extracted using by analysis of variance with repeated measurement, analysis of variance two -way and Tukey's post hoc tests at a significance level of $p<0.05$. **Results:** The most significant changes (decrease) in body mass index (p=0.01, 3.50%) and percent body fat (p=0.0001, 11.07%); and a significant increase in maximum oxygen consumption (p=0.02, 9.22%) was observed in the HIIT+ green tea group. The combined effect of HIIT and green tea supplementation showed a significant decrease in AChE (p=0.0001, 19.91%), Aβ42 (p=0.0001, 27.99%), and MDA (p=0.01, 26.09%). Moreover, the HIIT caused significant decrease in AChE (p=0.02, 15.67%), Aβ42 (p=0.01, 16.22%) and MDA (p=0.01, 14.14%); and green tea supplement caused a significant decrease in Aβ42 (p=0.023, 6.19%). **Conclusion:** The combined intervention of HIIT with green tea supplement compared to the effect of each one alone, causes a further improvement of inflammatory and oxidative indices in obese elderly men.

**Keywords:** Exercise training, Green tea supplement, Inflammation, Oxidative stress, Aging.

**Cite this article:**

**Naghizadeh, H., Heydari, F., & Rostami, Z. (2024). Effects of eight-week of HIIT along with green tea on serum of acetylcholinesterase, amyloid beta-42 and malondialdehyde in untrained obese elderly men.** *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 12***(31), 86-102.**

*** Corresponding Author, Address: Dept. of Sport Sciences, Faculty of Humanities and Social, Ardakan University, Ardakan, Iran;**

**Email: naghizadeh2011@ardakan.ac.ir**

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2023.6455.1800

**Copyright**: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
پاییز ۱۴۰۳، دوره ۱۲، شماره ۳۱، ص ۱۰۲-۸۶
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش
دانشگاه بیرجند

# تاثیر هشت هفته تمرین HIIT همراه با مکمل یاری چای سبز بر سطوح سرمی استیل کولین استراز، آمیلوئید بتا-۴۲ و مالون دی آلدئید در مردان سالمند چاق تمرین نکرده

**حسن نقی زاده[۱*]، فائزه حیدری[۲]، زهرا رستمی[۳]**

۱. استادیار گروه علوم ورزشی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
۲. مربی گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی، گروه علوم ورزشی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

## چکیده

**زمینه و هدف:** استفاده از گیاهان دارویی همراه با تمرین ورزشی، به دلیل تعدیل پاسخ‌های التهابی و اکسایشی، به ویژه در افراد چاق بسیار مورد توجه قرار گرفته است. لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر توام هشت هفته تمرین تناوبی شدید (HIIT) و مکمل یاری چای سبز، بر سطوح سرمی استیل کولین استراز (AChE)، آمیلوئید بتا-۴۲ (Aβ42) و مالون دی آلدئید (MDA) در مردان سالمند چاق تمرین نکرده بود. **روش تحقیق:** بدین منظور، ۴۸ مرد سالمند چاق (میانگین سنی ۳/۱۶±۶۵/۴۲ سال و شاخص توده بدنی ۱/۱۵±۳۰/۹۳ کیلوگرم/متر مربع) به طور تصادفی به چهار گروه ۱۲ نفری شامل HIIT، مکمل چای سبز، HIIT +مکمل چای سبز و کنترل - دارونما تقسیم شدند. مداخله HIIT به صورت هشت هفته و سه جلسه در هفته انجام شد. مکمل چای سبز در قالب ۶ کپسول در روز به میزان ۴۵۰ میلی‌گرم توسط گروه‌های هدف دریافت شد. نمونه‌گیری ۴۸ ساعت قبل و بعد از آخرین جلسه تمرین صورت گرفت و شاخص های AChE و Aβ42 به روش الایزا و میزان MDA به روش TBARS سنجش شد. نتایج با استفاده از روش تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر، تحلیل واریانس دو راهه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری $p<۰/۰۵$ استخراج گردید. **یافته‌ها:** بیشترین تغییرات (کاهش) معنی‌دار در شاخص توده بدن ($p=۰/۰۱$، ۳/۵۰ درصد) و درصد چربی بدن ($p=۰/۰۰۰۱$، ۱۱/۰۷ درصد)؛ و بیشترین افزایش معنی‌دار در حداکثر اکسیژن مصرفی ($p=۰/۰۲$، ۹/۲۲ درصد) بعد از هشت هفته تمرین +HIIT مکمل چای سبز مشاهده شد. اثر توام HIIT و مکمل چای سبز سبب کاهش معنی‌دار AChE ($p=۰/۰۰۰۱$، ۱۹/۹۱ درصد)، Aβ42 ($p=۰/۰۰۰۱$، ۲۷/۹۹ درصد) و MDA ($p=۰/۰۱$، ۲۶/۰۹ درصد) شد. به علاوه، HIIT به طور معنی‌داری AChE ($p=۰/۰۲$، ۱۵/۶۷ درصد)، Aβ42 ($p=۰/۰۱$، ۱۶/۲۲درصد) و MDA ($p=۰/۰۱$، ۱۴/۱۴ درصد) را کاهش داد و مکمل چای سبز فقط موجب کاهش معنی‌دار Aβ42 ($p=۰/۰۲$، ۶/۱۹ درصد) گردید. **نتیجه‌گیری:** مداخله توام HIIT با مکمل چای سبز، نسبت به اثر هر کدام به تنهایی، باعث بهبود بیشتر شاخص‌های التهابی و اکسایشی در مردان سالمند چاق می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین ورزشی، مکمل یاری چای سبز، التهاب، استرس اکسایشی، سالمندی.

* نویسنده مسئول، آدرس: اردکان، دانشگاه اردکان، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه علوم ورزشی؛
پست الکترونیک: naghizadeh2011@ardakan.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2023.6455.1800

**مقدمه**

اپیدمی جهانی چاقی در دوران پیری به یک "هنجار" و مشکل بزرگ و اثر گذار در سلامت عمومی سالمندان تبدیل شده است (جیانگ[1] و دیگران، ۲۰۲۳). چاقی در حال حاضر به عنوان یک حالت التهاب سیستمیک مزمن یا درجه پایین و عامل مستعدکننده آترواسکلروز، بیماری عروق کرونر قلب، آلزایمر، دیابت و سندرم متابولیک؛ شناخته می‌شود (لیسگنگ[2] و دیگران، ۲۰۱۹). شناسایی التهاب درجه پایین (التهاب مزمن خفیف همانند آنچه که در چاقی حاکم است) ممکن است برای شناسایی افراد در معرض خطر بالای ابتلا به بیماری‌های التهابی و به ویژه، برای جلوگیری از عوارض جانبی آن، کمک کننده باشد (هوقس[3] و دیگران، ۲۰۲۲). آنزیم استیل کولین استراز[4] (AChE) سطوح استیل کولین را تنظیم می‌کند و استیل کولین خود نقش‌های ضدالتهابی دارد و تولید سایتوکاین‌های ضدالتهابی را مهار می‌کند. بنابراین، هنگامی‌که فعالیت آنزیم AChE افزایش می‌یابد، منجر به کاهش سطوح استیل کولین شده و سبب تعدیل یا کنترل فعالیت‌های ضدالتهابی اعمال شده توسط استیل کولین می‌گردد (سیبرا[5] و دیگران، ۲۰۲۳). لذا پیشنهاد شده است که فعالیت آنزیم AChE ممکن است نشانگری قابل اعتماد، برای التهاب سیستمیک (درجه پایین) باشد و اندازه‌گیری فعالیت آن در خون، بتواند به عنوان شاخصی مفید برای ارائه پیش آگهی از وخامت وضعیت التهابی و ارزیابی مقدار پاسخ به اقدامات درمانی، مانند تمرین بدنی در سالمندان چاق، در نظر گرفته شود.

التهاب ناشی از چاقی، از عوامل مهم اثرگذار بر عملکرد دستگاه‌های حیاتی بدن، به ویژه در دوران سالمندی است. پیامد چنین رخدادی با کاهش متابولیسم پایه، آتروفی عضلانی، سارکوپنی[6]، تولید مهار نشده رادیکال‌های آزاد، افزایش استرس اکسیداتیو، تخریب غشاهای سلولی، افزایش شاخص‌های پراکسایش لیپیدی (از قبیل مالون دی آلدئید[7] (MDA)، پروتئین کربونیل[8] و ۸- هیدروکسی دزوکسی گوانوزین[9]) همراه است (کروز-آویلا[10] و دیگران، ۲۰۲۲). یکی دیگر از چالش‌های اثرگذار چاقی و التهاب ناشی از آن بر وضعیت سلامتی، به ویژه در سالمندان، کاهش قابلیت‌های عملکردی مغز می‌باشد (وفایی و غلامی، ۲۰۲۱) که به صورت اختلالات حسی - حرکتی و کاهش یادگیری و یادداری نمایان می‌شود (هوقس و دیگران، ۲۰۲۲). از دیدگاه فیزیولوژیک، تجمع پپتید آمیلوئید بتا[11] (Aβ) در مغز، با اختلال در عملکرد شناختی و بیماری آلزایمر همراه است (جک[12] و دیگران، ۲۰۱۸). پپتید Aβ42 اولین و اصلی‌ترین پپتید برای تشکیل پلاک‌های آمیلوئیدی است و نشان داده شده که با افزایش سن و فرآیند رو به رشد چاقی، سطح Aβ پلاسمایی سالمندان افزایش می‌یابد و این که ارتباط نزدیکی بین Aβ پلاسما و کاهش عملکرد شناختی در تحقیقات مقطعی و دوره‌ای طولانی مدت، مشاهده شده است (لادو - ساز[13] و دیگران، ۲۰۱۵). بنابراین، آنچه حائز اهمیت است توجه به بر هم کنش شرایط التهابی و اکسایشی بر دستگاه عصبی نسبت به سایر دستگاه‌های بدن در دوره سالمندی است؛ چرا که افزایش وضعیت پراکسایشی (مانند MDA) و تخریب غشاهای سلولی و بافتی، منجر به تشدید آزادسازی شاخص‌های التهابی از جمله AChE می‌شود و پیامد این وضعیت در سالمندان، به معنی تجمع پلاک‌های آمیلوئیدی و کلاف‌های رشته‌ای داخل نورونی (دو نشانه اصلی بیماری آلزایمر) می‌باشد. در کل، درک بهتر مکانیسم‌های دخیل در ایجاد اختلال در عملکرد دستگاه عصبی و شناسایی هر چه دقیق‌تر ارتباط بین نشانگرهای زیستی حساس و اختصاصی، می‌تواند نقش مهمی را در پیشگیری، کنترل و ارتقاء سلامت و تندرستی سالمندان؛ ایفاء نماید.

سازوکارهای ضداکسایشی از جمله مصرف گیاهان دارویی با خواص ضد اکسایشی - ضد التهابی و اجرای تمرینات ورزشی منظم؛ در پیشگیری و کاهش بروز استرس اکسایشی تعدیل اختلالات نورولوژیک و بهبود عملکرد شناختی؛ مورد تاکید قرار گرفته است (وانگ[14] و دیگران، ۲۰۲۳؛ نوبری و دیگران، ۲۰۲۱). امروزه استفاده از تمرینات تناوبی شدید[15] (HIIT) نسبت به تمرینات استقامتی سنتی، در

1. Jiang
2. Leisegang
3. Hughes
4. Acetylcholinesterase
5. Seabra
6. Sarcopenia
7. Malondialdehyde
8. Protein carbonyl
9. 8-hydroxy-deoxyguanosine
10. Cruz-Ávila
11. Amyloid β
12. Jack
13. Llado-Saz
14. Wang
15. High-intensity interval training

بین عموم مردم جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. تحقیقات نشان از آن دارد که HIIT سازگاری‌های عضلانی و عروقی را تحریک می‌کند که قبلاً تحت تاثیر تمرینات استقامتی قرار می‌گرفت. شاید برجسته ترین ویژگی HIIT این واقعیت باشد که این تمرینات نیاز به زمان و حجم تمرین هفتگی کمتری در مقایسه با تمرینات استقامتی سنتی دارند (پوسناکیدیس[1] و دیگران، ۲۰۲۲). امروزه از HIIT با توجه به تنوع، جذابیت، و سازگاری متابولیکی بالاتر آن، مفید بودن در کاهش وزن، و داشتن کارآیی بیشتر در کاهش چربی؛ بیشتر از تمرینات استقامتی سنتی استفاده می‌شود. یو[2] و دیگران (۲۰۱۳) نشان داده‌اند که تمرین ورزشی از طریق کاهش معنی‌دار سطوح شاخص‌های Aβ42 و MDA و تقویت دستگاه ضد اکسایشی؛ سبب بهبود حافظه و سلامت مغز می‌گردد. نشان داده شده است که ۱۲ هفته تمرین ورزشی با کاهش معنی‌دار سطوح Aβ42 در زنان سالمند همراه است (قره باشلویی و دیگران، ۲۰۲۲). با این حال، آزالی علمداری و صابری (۲۰۱۹) گزارش داده‌اند که سطح AChE سرم در زنان میانسال مبتلا به سندرم متابولیک، به دنبال هشت هفته تمرین هوازی، تغییر معنی‌دار نمی‌کند. همچنین عزیزبیگی و دیگران (۲۰۱۹) اظهار داشته اند که اثر ترکیبی مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم چای سبز همراه با تمرینات مقاومتی، موجب کاهش معنی‌دار MDA در مردان چاق نمی‌شود. تمرین بدنی از نظر نوع، شدت و مدت زمان، پیام آور استرس فیزیولوژیکی بر دستگاه‌های بدن، به ویژه دستگاه عصبی است. در این راستا، بررسی‌های دنیلا[3] و دیگران (۲۰۲۲) در مطالعه مروری حاکی از آن است که تمرین ورزشی با ایجاد سازگاری‌هایی که عملکرد دستگاه عصبی مرکزی و محیطی را تحت تاثیر قرار می‌دهد؛ باعث تعدیل و کاهش رهایش شاخص‌های التهابی می‌گردد. این محققین اظهار کرده اند که تمرین ورزشی منظم، باعث افزایش فعالیت دستگاه عصبی محیطی و تنظیم مثبت محور هیپوتالاموس – هیپوفیز - آدرنال می‌شود و به دنبال این سازگاری‌ها، نورون زایی، و بهبود وضعیت ضداکسایشی - التهابی اتفاق می‌افتد.

یکی از گیاهان دارویی غنی از پلی فنول‌ها، چای سبز می‌باشد. اثربخشی چای سبز در درجه اول به دلیل وجود کاتچین‌ها و پلی فنول‌ها، به ویژه اپی‌گالوکاتچین گالات[4]، اپی‌کاتچین گالات[5]، گالوکاتچین گالات[6]، اپی‌کاتچین[7] و کافئین است که دارای خواص ضد اکسایشی، ضد التهابی و ضد سمیت ژنی می‌باشند. نشان داده شده است که ترکیبات فنولی چای سبز، با مهار کاتکول O- متیل ترانسفراز[8] (آنزیمی که نوراپی‌نفرین را تجزیه می‌کند) و مهار فسفودی استراز[9] (آنزیمی که آدنوزین مونو فسفات حلقوی[10] درون سلولی را تخریب می‌کند)؛ مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی را ظرف ۲۴ ساعت افزایش می‌دهند (نوبری و دیگران، ۲۰۲۱). استفاده از چای سبز علاوه بر خنثی نمودن استرس اکسایشی ناشی از ورزش، می‌تواند استراتژی مناسبی در جهت مقابله با استرس اکسایشی ناشی از چاقی هم باشد (کیم[11] و دیگران، ۲۰۱۹). مکانیسم مهار رادیکال‌های آزاد توسط چای سبز ممکن است شامل تغییر مکان الکترون‌ها، تشکیل پیوندهای هیدروژنی درون و بین مولکولی، و بازآرایی مولکول‌هایی باشد که ممکن است در اکسایش دخیل باشند. به دلیل تعداد و آرایش گروه‌های هیدروکسیل در چای سبز، ترکیبات فنولی چای سبز، اهدا کننده‌های عالی الکترون و جذب‌کننده کارآمد رادیکال‌های آزاد، مانند آنیون‌های سوپراکساید، اکسیژن منفرد، نیتریک اکساید (NO) و پراکسی نیتریت می باشند (چن[12] و دیگران، ۲۰۲۳؛ ازجا[13] و دیگران، ۲۰۲۱). گزارش شده است که مصرف روغن دانه چای سبز به میزان ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، با کاهش گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن (ROS) و MDA همراه است و این رخدادها، منجر به تقویت دستگاه ضد اکسایشی می‌شوند (کیم و دیگران، ۲۰۱۹). همچنین بیان کرده‌اند که مصرف روغن دانه چای سبز، به طور معنی‌دار موجب تنظیم فعالیت AChE و بیان ژن AChE می‌گردد و عملکرد میتوکندریایی را از طریق کاهش تولید ROS، و تعدیل در اختلال در پتانسیل غشا میتوکندری‌ها[14] (MMP) با واسطه تنظیم Aβ مرتبط با مسیرهای JNK[15] و Akt[16]؛ بهبود می‌بخشد. بر اساس مبانی نظری و پیشینه

1. Posnakidis
2. Yu
3. Daniela
4. Epigallocatechin gallate
5. Epicatechin gallate
6. Gallocatechin gallate
7. Epicatechin
8. Catechol O-methyltransferase
9. Phosphodiesterase
10. AMP
11. Kim
12. Chen
13. Ezeja
14. Mitochondrial membrane potential
15. c-Jun N-terminal kinase
16. Protein kinase B

تحقیق، تمرین به تنهایی تاثیر مثبتی بر بهبود شرایط التهابی و عملکرد شناختی مغز می‌گذارد و مصرف گیاهان داوریی غنی از پلی فنول از جمله چای سبز، با کاهش التهاب و پلاک‌های آمیلوئیدی همراه است و در سالمندان، مصرف آن احتمالاً از اختلالات عملکردی مغز می‌کاهد.

همان طور که استنباط می‌شود، انجام تمرین ورزشی و مصرف گیاهان دارویی یکی از سودمندترین روش‌های ارتقاء سلامت قلمداد می‌گردد. با توجه به این که در جامعه سالمندان در زمینه شاخص‌های ارتقاء سلامت ذهنی و فیزیولوژیکی مطالعات انجام شده اندک بوده و گاهاً نتایج ناهمسویی هم گزارش شده است و نظر به اهمیت ارتقاء سلامت سالمندان و گذر موفق از چالش‌های پیش رو در دوره سالمندی، پژوهش حاضر با هدف پاسخگویی به این سوال طراحی شد که اثر ترکیبی و تعاملی برنامه HIIT همراه با مصرف چای سبز؛ چگونه و به چه میزان وضعیت التهابی (MDA و AChE) و تولید و پاکسازی Aβ در سالمندان را تحت تاثیر قرار می‌دهد؟ با دستیابی به نتایج کاربردی این مطالعه، شاید بتوان دغدغه‌ها و نیازهای جامعه سالمندان در این زمینه را تا حد امکان پاسخ داد و نسبت به گذشته، دورنمای علمی قوی‌تری پیش روی پژوهشگران آینده قرار گیرد.

## روش تحقیق

**نمونه‌گیری و گروه‌بندی:** مطالعه حاضر به روش نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل - دارونما انجام شد. جامعه آماری پژوهش را مردان سالمند شهر یزد (در دامنه سنی ۷۰-۶۰ سال) تشکیل دادند. پس از اعلام فراخوان در جمعیت‌های مختلف سالمندان شهر یزد و اطلاع رسانی در مورد پژوهش، ۱۰۳ نفر داوطلب، ثبت نام شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم افزار جی پاور[1] بر اساس توان آماری ۸۰ درصد، میزان خطای ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۹۰، ۴۴ نفر تعیین شد. با احتمال ریزش آزمودنی‌ها، تعداد ۴۸ نفر تعیین شد. برای اطلاع از سابقه بیماری، مصرف دارو و وضعیت سلامت جسمانی شرکت کنندگان؛ پرسشنامه سلامت و سابقه پزشکی در اختیار شرکت کنندگان قرار گرفت و پس از تکمیل، جمع آوری گردید. بر اساس نتایج این پرسشنامه‌ها، آزمودنی‌ها فاقد هرگونه بیماری‌های قلبی- عروقی، مفصلی، متابولیکی و کلیوی بودند. همچنین با تکمیل پرسشنامه یادآمد غذایی، یک هفته قبل از شروع مطالعه، مشخص شد که آزمودنی‌ها سابقه مصرف داروهای خاص و یا مکمل‌های غذایی و دارویی؛ ندارند. از همه افراد خواسته شد قبل از شروع پروتکل تحقیق، در یک جلسه توجیهی شرکت کنند. در این جلسه به تمام شرکت کنندگان توضیح داده شد که نتایج مطالعه صرفاً برای اهداف پژوهشی است و بدون ذکر نام افراد، منتشر خواهد شد. همچنین شرکت داوطلبان در مطالعه کاملاً اختیاری بود و اجباری برای انجام تمرینات و آزمون‌ها وجود نداشت و شرکت کنندگان می‌توانستند در هر مرحله‌ای که بخواهند، از مطالعه خارج شوند. در ضمن، تعهد لازم داده شد که در صورت بروز آسیب دیدگی‌های احتمالی در طی مراحل مداخله و نیاز به مراقبت و درمان؛ بدون پرداخت هزینه، اقدامات درمانی لازم توسط اجراکننده صورت گیرد. در نهایت، تمام شرکت کنندگان فرم رضایت نامه آگاهانه را تکمیل و امضا نمودند. معیارهای ورود به تحقیق شامل جنسیت مرد، دامنه سنی ۶۰ تا ۷۰ سال، شاخص توده بدن بالاتر از ۲۹/۹۹ کیلوگرم بر متر مربع، عدم ابتلا به بیماری‌های خاص منع کننده از فعالیت بدنی، عدم مصرف دخانیات و مشروبات الکلی، عدم مصرف مکمل‌های ضداکسایشی و مولتی ویتامین، و عدم تمرین ورزشی منظم در ۱۲ ماه قبل از مطالعه بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل شرکت در فعالیت‌های بدنی دیگر در طول پژوهش، تغییر رژیم غذایی، عدم شرکت در دو جلسه تمرین در طول برنامه، مصرف نامنظم چای سبز، و ابتلا به بیماری‌های خاص یا سایر بیماری‌های منع کننده فعالیت بدنی در طول مطالعه بود. پس از آشنایی با کلیات اجرای طرح؛ آزمودنی‌ها به طور تصادفی در چهار گروه شامل گروه HIIT (۱۲ نفر)، چای سبز (۱۲ نفر)، HIIT + چای سبز (۱۲ نفر)، و کنترل - دارونما (۱۲ نفر) تقسیم شدند. قبل از شروع مداخله، از همه شرکت کنندگان خواسته شد که در طول مطالعه، از هرگونه تغییر در رژیم غذایی روزانه و مصرف هر محصولی که حاوی چای سبز باشد؛ اجتناب کنند. آزمودنی‌ها همچنین پرسشنامه یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته را (یک روز اول هفته و یک روز آخر هفته) قبل و بعد از مداخله، تکمیل کردند. برای به حداقل رساندن اثر سایر محصولات غذایی با محتوای پلی فنول بالا، از آزمودنی‌ها

1. G power software

خواسته شد مصرف میوه، آب میوه، چای، شکلات و کاکائو را به مدت ۴۸ ساعت قبل از نمونه‌گیری خون محدود کنند. **اندازه‌گیری ویژگی‌های ترکیب بدنی:** قبل از اجرای مداخله، شاخص‌های ترکیب بدنی آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. قد و وزن با استفاده از ترازوی پزشکی سکا[1] مدل ۷۵۵ مجهز به قدسنج با دقت ۰/۱ سانتی متر و ۰/۱ کیلوگرم؛ بدون کفش و جوراب با حداقل لباس و بعد از هشت ساعت ناشتائی؛ اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن و درصد چربی بدن با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیبات بدن مدل jawon X scan plus 970، ساخت کره جنوبی اندازه‌گیری شد.

**روش اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_2$max):** شاخص $VO_2$max به وسیله آزمون راه رفتن راکپورت ارزیابی شد. بدین منظور، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پس از گرم کردن بدن، مسافت یک مایل (۱۶۰۹ متر) را با حداکثر سرعت ممکن، راه بروند. ضربان قلب آزمودنی‌ها به کمک ضربان سنج الکترونیکی مدل پولار برای مدت زمان ۱۵ ثانیه بلافاصله پس از پایان مسافت یک مایل، ثبت شد. سپس برای محاسبه $VO_2$max از فرمول زیر بهره‌برداری گردید (های[2] و دیگران، ۲۰۲۱).

$VO_2$max (میلی لیتر برکیلوگرم در دقیقه) = ۱۳۲/۸۵ − (۰/۱۶۹۲ × وزن بدن) − (۰/۳۸۷۷ × سن) + (۶/۳۱۵ × جنسیت) − (۰/۱۵۶۵ × ضربان قلب) − (۳/۲۶۴۹ × زمان)

* وزن بدن فرد برحسب کیلوگرم؛ سن برحسب سال؛ جنسیت (مردان= ۱ و زنان= ۰)، زمان برحسب دقیقه؛ ضربان قلب برحسب ضربه بر دقیقه.

**نحوه مصرف چای سبز:** افراد گروه‌های HIIT + چای سبز و چای سبز، مقدار ۴۵۰ میلی‌گرم چای سبز (شش کپسول در روز، به عبارتی دو کپسول در هر وعده صبحانه، ناهار و شام) دریافت نمودند. ترکیب کپسول چای سبز در جدول یک آورده شده است. در کل، مصرف کپسول‌های حاوی چای سبز روزانه ۱۰۴ میلی‌گرم کافئین و ۵۷۳ میلی‌گرم کاتچین را شامل می‌شد که ۳۲۳ میلی‌گرم آن اپی گالوکاتچین گالات بود (عزیز بیگی و دیگران، ۲۰۱۹). همچنین کپسول‌های دارونما (حاوی دکستروز) که توسط گروه کنترل دارونما مصرف شد، از همه نظر (شکل، اندازه و رنگ) مشابه کپسول‌های چای سبز بود.

**جدول ۱. ترکیب کپسول چای سبز و دارونما (میلی‌گرم/کپسول)**

| ترکیبات | چای سبز | دارونما |
|---|---|---|
| کافئین | ۱۷/۲۵ | – |
| کاتچین کل | ۹۵/۴۶ | – |
| کاتچین | ۱/۰۱ | – |
| اپی‌کاتچین | ۵/۷۶ | – |
| گالوکاتچین | ۱/۱۱ | – |
| اپی‌گالوکاتچین | ۳/۷۷ | – |
| کاتچین گالات | ۰/۸۱ | – |
| اپی کاتچین گالات | ۲۰/۷۴ | – |
| گالوکاتچین گالات | ۸/۴۵ | – |
| اپی گالوکاتچین گالات | ۵۳/۸۱ | – |
| بی‌اثر | ۳۳۷/۲۹ | ۴۵۰ |
| کل | ۴۵۰ | ۴۵۰ |

1. Seca
2. Yang

**نحوه اجرای برنامه HIIT:** برنامه HIIT بر اساس تئوری علم تمرین بومپا[1] و بهره‌گیری از مطالعه ووگه[2] و دیگران (۲۰۱۷)، طراحی شد (جدول دو) و به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته در ساعت ۱۸ در روزهای شنبه، دوشنبه و چهارشنبه اجرا گردید. شکل اجرای تمرین به صورت دوهای تناوبی سرعتی با استراحت غیرفعال بین تکرارها و نوبت‌ها بود (جزئیات در جدول دو). تمامی شرایط از قبیل درجه حرارت محیط، زمان اجرای تمرین و طول دوره؛ برای آزمودنی‌ها یکسان بود. قبل و بعد از شروع هر جلسه تمرینی، ۱۰ دقیقه برای گرم کردن در ابتدا و ۱۰ دقیقه برای سرد کردن در انتهای هر جلسه، در نظر گرفته شد.

**جدول ۲. جزئیات برنامه تمرینی تناوبی شدید (HIIT)**

| هفته ها | شکل تمرین | زمان | نوبت‌ها | تکرارها | شدت | استراحت بین تکرارها | استراحت بین نوبت‌ها |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اول و دوم | دویدن تناوبی سرعتی | ۳۰ ثانیه | ۳ | ۳ | %۹۰ HRR | ۶۰ ثانیه - غیرفعال | **۲۴۰ ثانیه – غیرفعال** |
| سوم و چهارم | دویدن تناوبی سرعتی | ۳۰ ثانیه | ۴ | ۵ | %۹۰ HRR | ۶۰ ثانیه - غیرفعال | **۲۴۰ ثانیه – غیرفعال** |
| پنجم و ششم | دویدن تناوبی سرعتی | ۳۰ ثانیه | ۵ | ۶ | %۹۰ HRR | ۶۰ ثانیه - غیرفعال | **۲۴۰ ثانیه – غیرفعال** |
| هفتم و هشتم | دویدن تناوبی سرعتی | ۳۰ ثانیه | ۵ | ۶ | %۹۰ HRR | ۶۰ ثانیه - غیرفعال | **۲۴۰ ثانیه – غیرفعال** |

* HRR نشانه ضربان قلب ذخیره

**روش اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی:** نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت قبل و بعد از آخرین جلسه تمرینی، به میزان پنج میلی‌لیتر از ورید بازویی آزمودنی‌ها در حالت نشسته، در محل آزمایشگاه اخذ گردید. نمونه‌های خونی در لوله‌های محتوی ماده ضد انعقاد EDTA[3] ریخته شدند و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ شدند و سرم جدا گردید. در ادامه، نمونه‌ها در دمای منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای آنالیزهای بعدی فریز گردید. عامل Aβ42 به روش الایزا[4] با استفاده از کیت تحقیقاتی ایست بیوفارم[5] ساخت کشور چین با حساسیت ۱/۰۸ نانوگرم بر میلی لیتر و ضریب تغییرات ۱۰ تا ۱۲ درصد، اندازه‌گیری شد. شاخص AChE با استفاده از کیت رنگ سنجی شرکت بایو - ویژن[6] (چین) بر مبنای دستوالعمل سنجش آنزیم در جذب ۵۷۰ نانومتر، با حساسیت ۰/۵ میلی واحد بین المللی بر میلی لیتر، اندازه‌گیری گردید (المان[7] و دیگران، ۱۹۶۱). متغیر MDA به عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپیدها بر مبنای واکنش با تیوباربیتوریک اسید[8] و با استفاده از دستگاه فلوریمتری[9] سنجش شد (وازویچ[10] و دیگران، ۱۹۹۳).

**موازین اخلاقی پژوهش:** در تحقیق حاضر موازین اخلاقی حاکم بر پژوهش از جمله: رضایت آگاهانه، رازداری، رعایت حریم خصوصی شرکت کنندگان، حراست آزمودنی‌ها در برابر فشارها، آسیب‌ها و خطرهای جسمی و روانی و آگاهی از نتیجه؛ رعایت شد. تحقیق حاضر برگرفته از پژوهش درون دانشگاهی است که دارای تاییدیه کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه یزد با کد IR.YAZD.REC.1401.028 می باشد.

**روش‌های تجزیه و تحلیل آماری:** از آمار توصیفی برای تعیین میانگین و انحراف معیار هر متغیر و آزمون شاپیرو-ویلک[11] برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها استفاده شد و تجانس واریانس‌ها از طریق آزمون لون[12] بررسی گردید. به منظور بررسی تغییرات متغیرها در طول زمان و بین چهار گروه شرکت کننده، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر؛ و برای بررسی اثر اصلی زمان و گروه و اثر تعاملی آن ها، از آزمون تحلیل واریانس دو راهه؛ استفاده شد. ضمن آن که از آزمون تعقیبی توکی[13] به منظور مقایسه‌های زوجی بهره‌برداری گردید. کلیه محاسبات آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و در

1. Bompa
2. Wewege
3. Ethylenediaminetetraacetic acid
4. Elisa
5. Eastbiopharm
6. Bio-Vision
7. Ellman
8. Thiobarbituric acid
9. Fluorimetry
10. Wasowicz
11. Shapiro-Wilk
12. Levene
13. Tukeyt

سطح معنی‌داری p<۰/۰۵؛ صورت گرفت.

**یافته‌ها**

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع داده‌ها طبیعی هستند. قبل از مداخله و در سطح پایه، انرژی دریافتی روزانه گروه‌ها از لحاظ درشت مغذی‌ها (کربوهیدرات، چربی و پروتئین) بررسی شد (نتایج جدول سه) که حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار انرژی دریافتی روزانه بود (p<۰/۰۵)؛ هر چند در طول هشت هفته مطالعه، انرژی دریافتی در گروه‌ها افزایش داشت، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد (p<۰/۰۵).

**جدول ۳. تجزیه و تحلیل رژیم غذایی چهار گروه از لحاظ درشت مغذی‌ها قبل و بعد از مداخله (میانگین ± انحراف معیار)**

| درشت مغذی‌ها | مرحله | گروه‌ها | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | HIIT | چای سبز | HIIT +چای سبز | کنترل-دارونما | P |
| کربوهیدرات (گرم در روز) | پیش | ۳۸۸/۱۳ ± ۳۳/۴۰ | ۳۸۴/۱۱ ± ۳۷/۴۹ | ۳۸۶/۳۱ ± ۳۵/۱۱ | ۳۸۲/۰۷ ± ۳۸/۰۷ | ۰/۰۸ |
| | پس | ۳۹۴/۴۳ ± ۳۵/۷۷ | ۳۸۶/۰۸ ± ۳۷/۷۵ | ۳۸۸/۴۸ ± ۳۶/۴۵ | ۳۸۴/۱۱ ± ۳۹/۸۷ | ۰/۰۷ |
| پروتئین (گرم در روز) | پیش | ۸۲/۵۳ ± ۱۹/۸۲ | ۸۴/۶۸ ± ۲۲/۵۰ | ۸۴/۷۰ ± ۲۱/۶۸ | ۸۶/۱۹ ± ۲۴/۳۰ | ۰/۰۹ |
| | پس | ۸۴/۴۲ ± ۲۰/۷۹ | ۸۳/۱۴ ± ۲۱/۴۱ | ۸۵/۱۴ ± ۲۲/۴۱ | ۸۵/۲۰ ± ۲۳/۴۸ | ۰/۱۴ |
| چربی (گرم در روز) | پیش | ۹۲/۱۷ ± ۲۶/۶۵ | ۹۴/۳۶ ± ۲۹/۳۰ | ۹۰/۶۵ ± ۲۸/۱۰ | ۹۱/۲۲ ± ۲۹/۱۶ | ۰/۱۰ |
| | پس | ۹۳/۶۰ ± ۲۷/۴۸ | ۹۴/۷۰ ± ۲۹/۴۵ | ۹۱/۲۷ ± ۲۹/۰۹ | ۹۱/۰۳ ± ۲۸/۹۸ | ۰/۴۲ |
| انرژی کل (کیلوکالری) | پیش | ۲۷۱۲/۱۷ ± ۷۸/۸۶ | ۲۷۲۴/۵۰ ± ۸۹/۲۹ | ۲۶۹۹/۸۹ ± ۸۴/۸۹ | ۲۶۹۴/۰۲ ± ۹۱/۵۳ | ۰/۰۷ |
| | پس | ۲۷۳۷/۸۰ ± ۸۴/۰۴ | ۲۷۲۹/۱۸ ± ۸۸/۶۱ | ۲۷۱۴/۹۹ ± ۸۷/۹۵ | ۲۶۹۶/۵۱ ± ۹۲/۳۳ | ۰/۱۱ |

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در ارتباط با مقایسه شاخص‌های ترکیب بدنی و $VO_2max$ در جدول چهار ارائه شده است. نتایج بین گروهی (بررسی اثر گروه) حاکی از آن بود که از لحاظ متغیرهای وزن (p=۰/۰۰۰۱)، شاخص توده بدن (p=۰/۰۰۰۱)، درصد چربی (p=۰/۰۰۰۱) و $VO_2max$ (p=۰/۰۱)؛ تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد (جدول چهار). نتایج مقایسات جفتی گروه‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی توکی نشان داد که در شاخص وزن بدن بین گروه HIIT با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، بین گروه HIIT با گروه HIIT + چای سبز (p=۰/۰۰۲) و بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱) و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ و بین گروه چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱) تفاوت معنی‌دار (کاهش) وجود دارد. در شاخص توده بدن، بین گروه HIIT با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، بین گروه HIIT با گروه HIIT + چای سبز (p=۰/۰۰۲)، و بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱) و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ و بین گروه چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱) تفاوت معنی‌دار (کاهش) وجود داشت. در شاخص درصد چربی بدن، بین گروه HIIT با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، بین گروه HIIT با گروه HIIT + چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، و بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱) و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ و بین گروه چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱) تفاوت معنی‌دار (کاهش) مشاهده شد. در ارتباط با شاخص $VO_2max$، تفاوت معنی‌داری (افزایش) بین گروه HIIT با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، بین گروه HIIT با گروه HIIT + چای سبز (p=۰/۰۳) و بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ بدست آمد. درصد تغییرات ایجاد شده از پیش آزمون تا پس آزمون (تغییرات درون گروهی) در ارتباط با این شاخص‌ها نیز در جدول چهار نشان داده شده است.

مقادیر پیش آزمون و پس آزمون متغیرهای AChE، Aβ42 و MDA همراه با درصد تغییرات ایجاد شده در جدول پنج نشان داده شده است. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (جدول پنج) نشان می‌دهد که در گروه HIIT + چای سبز، AChE با ۱۹/۹۱ درصد، Aβ42 با ۲۷/۹۹ درصد، و MDA با ۲۶/۰۹ درصد؛ کاهش معنی‌داری (در مقایسه با گروه‌های

جدول ۴. توصیف (میانگین ± انحراف معیار) و مقایسه ترکیب بدنی و $VO_2max$ بین گروه های شرکت کننده در تحقیق

| متغیرها | مرحله | گروه‌ها | | | | نتایج بین گروهی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | HIIT | چای سبز | HIIT+چای سبز | کنترل-دارونما | F | p |
| وزن بدن (کیلوگرم) | پیش | ۹۸/۰۸ ± ۶/۴۲ | ۹۶/۸۱ ± ۴/۳۷ | ۹۷/۲۶ ± ۶/۸۳ | ۹۵/۷۱ ± ۶/۹۲ | ۶۱/۲۷ | ۰/۰۰۰۱$^{\eta}$ |
| | پس | ۹۵/۸۳ ± ۶/۳۹ | ۹۵/۹۷ ± ۴/۲۴ | ۹۳/۷۹ ± ۵/۴۶ | ۹۶/۲۶ ± ۶/۹۲ | | |
| | درصد تغییرات | -۲/۲۷* | -۰/۸۶ | -۳/۵۰* | ۰/۵۷ | | |
| شاخص توده بدن (کیلوگرم/مترمربع) | پیش | ۳۲/۲۶ ± ۱/۰۷ | ۳۱/۵۸ ± ۱/۲۰ | ۳۲/۳۱ ± ۱/۲۳ | ۳۱/۵۴ ± ۱/۰۰ | ۶۱/۲۳ | ۰/۰۰۰۱$^{\eta}$ |
| | پس | ۳۱/۵۲ ± ۰/۹۵ | ۳۱/۳۶ ± ۱/۱۷ | ۳۱/۱۸ ± ۱/۰۵ | ۳۱/۷۲ ± ۰/۹۷ | | |
| | درصد تغییرات | -۲/۲۷* | -۰/۸۶ | -۳/۵۰* | ۰/۵۷ | | |
| چربی بدن (درصد) | پیش | ۳۴/۵۸ ± ۲/۵۰ | ۳۳/۲۵ ± ۲/۴۵ | ۳۲/۳۳ ± ۲/۵۳ | ۳۳/۰۹ ± ۲/۷۰ | ۱۲۲/۱۶ | ۰/۰۰۰۱$^{\eta}$ |
| | پس | ۳۱/۹۲ ± ۲/۳۵ | ۳۲/۱۴ ± ۲/۴۰ | ۲۸/۷۵ ± ۲/۲۲ | ۳۳/۵۵ ± ۲/۷۴ | | |
| | درصد تغییرات | -۷/۷۱* | -۲/۷۶* | -۱۱/۰۷* | ۱/۴۷ | | |
| $VO_2max$ (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه) | پیش | ۳۱/۴۶ ± ۵/۱۱ | ۳۲/۰۸ ± ۴/۲۷ | ۳۰/۸۱ ± ۴/۳۵ | ۳۱/۶۵ ± ۵/۰۹ | ۷۳/۱۶ | ۰/۰۱$^{\eta}$ |
| | پس | ۳۳/۷۰ ± ۵/۸۶ | ۳۲/۳۷ ± ۴/۳۵ | ۳۳/۹۴ ± ۵/۱۰ | ۳۱/۶۰ ± ۵/۰۷ | | |
| | درصد تغییرات | ۶/۶۵* | ۰/۹۰ | ۹/۲۲* | -۰/۱۶ | | |

* نشانه تفاوت معنی‌دار درون گروها در سطح p<۰/۰۵. $^{\eta}$ نشانه تفاوت معنی‌دار بین گروها در سطح p<۰/۰۵.

HIIT، چای سبز و کنترل – دارونما) یافته اند. همچنین، در گروه HIIT (در مقایسه با گروه کنترل – دارونما)، AChE با ۱۵/۶۷ درصد، Aβ42 با ۱۶/۲۲ درصد، و MDA با ۱۴/۱۴ درصد؛ کاهش معنی‌داری پیدا کردند (جدول پنج). از طرف دیگر، در گروه مصرف چای سبز (در مقایسه با گروه کنترل - دارونما) شاخص های AChE با ۲/۹۴ درصد، Aβ42 با ۶/۱۹ درصد، و MDA با ۲/۰۸ درصد؛ تغییر (کاهش) معنی‌داری نداشتند (جدول پنج).

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو راهه به منظور مقایسه اثرات اصلی و تعاملی در جدول شش دال بر آن است که اثر تعاملی HIIT + چای سبز باعث کاهش معنی‌دار مقادیر AChE ($F_{۱و۳۴}$=۴۶/۰۲ و p=۰/۰۰۰۱)، Aβ42 ($F_{۱و۳۴}$=۱۷/۲۰) و p=۰/۰۰۰۱، و MDA ($F_{۱و۳۴}$=۲۶/۵۷ و p=۰/۰۱) شده است. اثر اصلی HIIT (اثر گروه) به تنهایی نیز باعث کاهش معنی‌دار مقادیر AChE ($F_{۱و۳۴}$=۶۸/۱۰ و p=۰/۰۲)، Aβ42 ($F_{۱و۳۴}$=۴۸/۸۶ و p=۰/۰۱)، و MDA ($F_{۱و۳۴}$=۵۷/۹۵ و p=۰/۰۱) گردید؛ اما اثر اصلی چای سبز به تنهایی، فقط باعث کاهش معنی‌دار مقادیر Aβ42 ($F_{۱و۳۴}$=۵/۶۱ و p=۰/۰۲) شد (جدول شش)؛ در حالی که مقادیر AChE ($F_{۱و۳۴}$=۲/۴۱ و p=۰/۱۲) و MDA ($F_{۱و۳۴}$=۸/۰۸ و p=۰/۰۶) تغییر (کاهش) غیرمعنی‌داری داشتند.

نتایج مقایسات جفتی گروه‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی توکی نشان داد که در شاخص AChE بین گروه HIIT با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۱)، بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ تفاوت معنی‌داری (کاهش) وجود دارد. در شاخص Aβ42 بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۲)، و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ تفاوت معنی‌داری (کاهش) وجود داشت. در مورد شاخص MDA، بین گروه HIIT با گروه چای سبز (p=۰/۰۱)، بین گروه HIIT با گروه HIIT + چای سبز (p=۰/۰۳) و بین گروه HIIT با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۱)؛ بین گروه HIIT + چای سبز با گروه چای سبز (p=۰/۰۰۰۱)، و بین گروه HIIT + چای سبز با گروه کنترل-دارونما (p=۰/۰۰۰۱)؛ تفاوت معنی‌داری (کاهش) دیده شد.

## بحث

یافته‌های حاصل از تحقیق حاضر مبین این بود که هشت هفته HIIT موجب کاهش معنی‌دار AChE، AB42 و MDA در سالمندان می‌شود. اما، مصرف چای سبز فقط کاهش معنی‌دار AB42 را به دنبال داشت. بررسی درصد تغییرات ایجاد شده دلالت بر این نکته داشت که با انجام HIIT و مصرف چای سبز (به طور توامان)، بهبودی بیشتری در عوامل التهابی و پراکسایشی سالمندان ایجاد می‌شود. همچنین، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که به دنبال هشت هفته HIIT شاخص‌های وزن بدن، درصد

جدول ۵. توصیف و مقایسه مقادیر AChE، Aβ42 و MDA در گروه‌های تحقیق

| متغیرها | مرحله | گروه | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | HIIT | چای سبز | HIIT+چای سبز | کنترل-دارونما |
| AchE (واحد بین المللی بر میلی‌لیتر) | پیش | ۶/۳۷ ± ۱/۲۴ | ۷/۰۵ ± ۱/۲۰ | ۶/۷۱ ± ۱/۴۵ | ۶/۲۳ ± ۱/۳۰ |
| | پس | ۵/۵۳ ± ۱/۱۶ | ۶/۸۵ ± ۱/۱۸ | ۵/۶۶ ± ۱/۳۶ | ۶/۲۵ ± ۱/۳۰ |
| | درصد تغییرات | -۱۵/۶۷ | -۲/۹۴ | -۱۹/۹۱ | ۰/۳۹ |
| | p | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۲۱ |
| Aβ42 (نانوگرم بر میلی‌لیتر) | پیش | ۱۱۵/۴۱ ± ۵۴/۰۹ | ۱۱۷/۹۲ ± ۵۳/۷۰ | ۱۱۳/۴۲ ± ۵۴/۶۲ | ۱۱۶/۷۳ ± ۵۱/۴۵ |
| | پس | ۹۸/۵۰ ± ۴۲/۸۲ | ۱۱۱/۰۸ ± ۵۰/۸۴ | ۹۰/۸۳ ± ۴۷/۷۴ | ۱۱۷/۳۶ ± ۵۲/۰۷ |
| | درصد تغییرات | -۱۶/۲۲ | -۶/۱۹ | -۲۷/۹۹ | ۰/۱۶ |
| | p | ۰/۰۰۵* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۴۰ |
| MDA (نانومول بر میلی‌لیتر) | پیش | ۳/۳۹ ± ۰/۷۹ | ۳/۴۳ ± ۰/۸۱ | ۳/۴۸ ± ۰/۹۰ | ۳/۵۶ ± ۰/۸۶ |
| | پس | ۲/۹۷ ± ۰/۶۹ | ۳/۳۶ ± ۰/۷۹ | ۲/۷۶ ± ۰/۸۰ | ۳/۵۷ ± ۰/۸۶ |
| | درصد تغییرات | -۱۴/۱۴ | -۲/۰۸ | -۲۶/۰۹ | ۰/۲۸ |
| | P | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۱۳ | ۰/۰۰۰۱* | ۰/۱۵ |

* نشانه تفاوت معنی‌دار درون گروهی در سطح p<۰/۰۵.

جدول ۶. مقایسه اثرات اصلی و تعاملی و نتایج بین گروهی در ارتباط با AChE، Aβ42 و MDA

| متغیرها | نتایج تحلیل واریانس دو راهه | | | نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر | |
|---|---|---|---|---|---|
| | اثر اصلی HIIT | اثر اصلی چای سبز | اثر تعاملی HIIT و چای سبز | F | p |
| AChE | ۰/۰۲۴* | ۰/۱۲۸ | ۰/۰۰۰۱* | ۲۱/۵۸ | ۰/۰۰۱* |
| Aβ42 | ۰/۰۱۳* | ۰/۰۲۳* | ۰/۰۰۰۱* | ۱۲/۲۲ | ۰/۰۲* |
| MDA | ۰/۰۱۰* | ۰/۰۶۱ | ۰/۰۱۴* | ۱۹/۷۵ | ۰/۰۰۰۱* |

* نشانه تفاوت معنی‌دار درون گروهی در سطح p<۰/۰۵.

چربی و شاخص توده بدن کاهش معنی‌دار، و $VO_2max$؛ افزایش معنی‌دار پیدا می کند؛ ولی، مصرف چای سبز فقط کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن را در پی دارد.

در ارتباط با تغییرات AChE، نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر در مورد سازگاری به هشت هفته HIIT و مصرف چای سبز، کاهش معنی‌دار AChE را در هر دو گروه HIIT و HIIT + چای سبز نشان داد. نتایج مطالعه آزالی عملداری و دیگران (۲۰۱۹) در زنان چاق غیرفعال میانسال نشان داد که تغییرات AChE به دنبال هشت هفته تمرین هوازی با کاهش غیر معنی‌دار همراه است. این محققین اذعان داشتند که شدت تمرین عامل مهمی در ایجاد تغییرات معنی‌دار در سطح سرمی AChE است. همچنین گزارش دادند که نوع تمرین ورزشی باعث تغییر غلظت سوبسترا می‌گردد، به طوری که با افزایش غلظت سوبسترا، فعالیت AChE مهار می‌گردد (آزالی عملداری و دیگران، ۲۰۱۹). AChE در بافت عصبی و گلبول‌های قرمز فعالیت بالایی دارد و هیدرولیز استیل کولین را در داخل سیناپس‌های کولینرژیک، مغز و سیستم عصبی خودمختار؛ کاتالیز می‌کند (میندوکشف[1] و دیگران، ۲۰۱۹). با توجه به نتیجه بدست آمده از تحقیق حاضر، می‌توان استنباط کرد که

1. Mindukshev

بررسی تغییرات AChE در سرم به دنبال HIIT، می‌تواند شناخت و درک درست از وضعیت التهابی مزمن سیستمیک در سالمندان چاق را نمایان سازد. با این حال، نمی‌توان با قاطعیت در این باره تصمیم‌گیری کرد و این موضوع نیازمند انجام تحقیقات گسترده در بخش‌های مختلف سلول می‌باشد. در تحقیق دیگری، افزایش غلظت AChE در افراد چاق گزارش شده است (شنهر-تصرفاتی[1] و دیگران، ۲۰۱۹). از این رو، توده چربی اضافی عامل مهم دیگری در ایجاد التهاب زیان بار و افزایش غلظت شاخص‌های التهابی، از جمله AChE است. بنابراین، با توجه به مبانی نظری موجود و نتایج برخی تحقیقات (لی[2] و دیگران، ۲۰۲۱)، می‌توان بیان داشت که در تحقیق حاضر، احتمالاً HIIT با ایجاد کاهش معنی‌دار در وزن بدن، شاخص توده بدن و درصد چربی بدن و افزایش معنی‌دار $VO_2max$، باعث کاهش معنی‌دار AChE شده است. لی و دیگران (۲۰۲۱) گزارش دادند که به دنبال ۱۲ هفته HIIT (۹۰ درصد $VO_2max$) در سالمندان چاق در مقایسه با تمرین تداومی شدید[3] (VICT) (۷۰ درصد $VO_2max$)، درصد چربی بدن و انتقال دهنده عصبی استیل کولین افزایش معنی‌دار داشته و AChE کاهش پیدا می کند. لذا، اظهار کردند که HIIT نسبت به VICT، در ایجاد تغییرات مطلوب در ظرفیت هوازی، ترکیب بدنی و کاهش التهاب سالمندان چاق سودمندتر است. همسو با یافته‌های تحقیق حاضر، کیم و دیگران (۲۰۱۹) گزارش دادند که مصرف پلی‌فنول‌های چای سبز، علاوه بر کاهش معنی‌دار درصد چربی و وزن بدن، باعث مهار فعالیت AChE می‌شود و این در حالی است که این اثر مهاری، به دوز مکمل بستگی دارد. به طوری که دوز ۸۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر، در مقایسه با دوز ۲۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر، اثر مهاری قوی‌تری را نشان می‌دهد. همچنین در تأیید یافته‌های ما، چن و دیگران (۲۰۱۶) نشان دادند که مصرف چای سبز غنی از اپی‌گالوکاتچین-۳-گالات، سبب کاهش فعالیت شاخص‌های التهابی از جمله آنزیم AChE در موش‌ها می‌گردد و بیان کردند که کاهش معنی‌دار در شاخص‌های التهابی همسو با بهبود شاخص‌های ترکیب بدنی و کاهش گونه‌های واکنش پذیر اکسیژن، رخ می‌دهد. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر و نتایج پژوهش‌های قبلی، به نظر می‌رسد که پلی فنول‌های چای سبز (اپی‌کاتچین، اپی‌گالوکاتچین، اپی‌کاتچین‌گالات و اپی‌گالوکاتچین‌گالات)، از طریق بهبود ترکیب بدنی و تعدیل پاسخ‌های استرس اکسایشی، سبب کاهش فعالیت آنزیم AChE می‌گردند و از این طریق، منجر به کاهش التهاب پس از تمرین ورزشی در سالمندان می‌شوند.

از نتایج دیگر پژوهش حاضر، می‌توان به کاهش معنی‌دار Aβ42 به دنبال هشت هفته HIIT و مصرف چای سبز اشاره کرد. این در حالی است که اثر توامان (HIIT و چای سبز) بیشترین کاهش را در فعالیت Aβ42، نسبت به اثر اصلی HIIT و چای سبز داشت. بر مبنای نتیجه بدست آمده می‌توان استنباط کرد که الگوی تمرینی اجرا شده و مداخله مصرف چای سبز در ایجاد و تعدیل پاسخ‌های کاهشی Aβ42 همسو با هم، در جهت بهبود وضعیت شناختی و اختلالات نورولوژیک، تاثیر سودمندی داشته‌اند. نتایج مطالعات سلامت محور در این راستا حاکی از نقش سودمند تمرینات ورزشی و مصرف گیاهان دارویی در کاهش اختلالات شناختی و نورولوژیک مغزی در سالمندان است و نتیجه حاصله در تحقیق حاضر نیز بر این موضوع صحّه می‌گذارد. همسو با نتیجه تحقیق حاضر، گزارش شده است که ۱۲ هفته تمرین ورزشی (۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره) باعث کاهش معنی‌دار Aβ42 در زنان سالمند می‌شود (قره باشلویی و دیگران، ۲۰۲۲). مشخص گردیده است که بعد از تجمع پلاک‌های آمیلوئیدی، فعالیت بدنی از طریق کاهش Aβ42، موجب کاهش ۶۰ درصدی در شیوع آلزایمر می‌گردد (لورین[4] و دیگران، ۲۰۰۱). همچنین یو[5] و دیگران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تمرین ورزشی از طریق کاهش معنی‌دار سطوح Aβ42 و MDA افزایش دفاع ضداکسایشی و کاهش وضعیت التهابی را در پی دارد و متعاقباً با بهبود حافظه و سلامت مغز همراه است. در پژوهش حاضر هر چند فعالیت ضداکسایشی با توجه به هدف و فرضیه پژوهشی، مورد اندازه‌گیری قرار نگرفت، ولی بر مبنای کاهش معنی‌دار سطوح Aβ42 و MDA در سالمندان و همچنین کاهش معنی‌دار ترکیب بدنی و افزایش معنی‌دار $VO_2max$، می‌توان انتظار داشت که به دنبال چنین سازگاری‌هایی،

1. Shenhar-tsarfaty
2. Li
3. Vigorous-intensity continuous training
4. Laurin
5. Yu

ظرفیت ضداکسایشی بدن سالمندان افزایش یافته باشد. این موضوع یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر است که جهت پاسخگویی روشن به این موضوع و نتیجه‌گیری قطعی در این زمینه، انجام تحقیقات آتی ضرورت پیدا می‌کند. از طرف دیگر، نشان داده شده است که سه هفته دویدن روی چرخ دوار، تغییرات معنی‌دار در مقادیر Aβ42 هیپوکامپ موش‌های تاریخته آلزایمری ایجاد نمی‌کند (پاراچیکوا[1] و دیگران، ۲۰۰۸)، که با نتیجه تحقیق حاضر در این بخش ناهمسو می‌باشد. مطالعات فارماکولوژی در ارتباط با بهبود عملکرد شناختی و کاهش اختلالات نورولوژیکی که زمینه ساز بیماری‌های عصبی از جمله آلزایمر است، به نقش ترکیبات پلی فنول بالا در چای سبز، تاکید فراوان دارند. از دست دادن نورون‌های کولینرژیک در ناحیه هیپوکامپ، ویژگی اصلی بیماری آلزایمر است. چندین گروه مطالعاتی سعی کرده‌اند که با تجویز پیش‌سازهای ACh، آگونیست‌های کولینرژیک یا مهارکننده‌های AChE، مانند تاکرین[2] و فیزوستیگمین[3]، که از هیدرولیز ACh جلوگیری می‌کنند، سطح ACh را در محل‌های سیناپسی تکمیل کنند. اما اکثر این داروها نتوانسته‌اند به طور موثر، علائم بیماری آلزایمر را بهبود بخشند و عوارض جانبی زیادی دارند (مارتین[4] و دیگران، ۲۰۲۳). بنابراین، ضرورت داشت گیاه دارویی با خاصیت ضدالتهابی که اثر مهاری قوی بر AChE و فعالیت ضد زوال عقل (کاهش Aβ42) داشته باشد، مورد مطالعه قرار گیرد. در تحقیق حاضر، مصرف چای سبز کاهش معنی‌دار Aβ42 را موجب شد. در این راستا، کیم و دیگران (۲۰۰۴) نشان دادند که تزریق مزمن پلی فنول چای سبز در موش‌ها، بهبود وضعیت شناختی (کاهش Aβ42) و مهار AChE را به دنبال دارد که همسو با نتایج تحقیق حاضر است. ایکار و سابل[5] (۲۰۲۳) و چن و دیگران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که مصرف چای سبز با ترکیبات پلی فنول بالا (اپی‌گالوکاتچین‌گالات)، با بهبود عملکرد شناختی، کاهش Aβ42، مهار AChE و بهبود وضعیت سوخت و سازی همراه است. سکر[6] و دیگران (۲۰۲۳) بیان داشتند که اپی‌گالوکاتچین‌گالات موجود در چای سبز، مستقیماً توده‌های Aβ42 را مورد هدف قرار می‌دهد.

در واقع، اپی‌گالوکاتچین‌گالات، منجر به افزایش فراوانی ایزوفرم‌های فعال کاتپسین B[7] و افزایش فعالیت آنزیمی درون سلولی می‌گردد. این محققین اظهار داشتند که اپی‌گالوکاتچین‌گالات به مانند مولکول‌های کوچکی به توده پروتئینی متصل می‌شود و تخریب لیزوزومی Aβ42 را تسهیل می‌کند. پویان‌مجد و دیگران (۲۰۲۳) گزارش کردند که هشت هفته HIIT (۸۵ تا ۹۰ % $VO_2max$) و مصرف کوآنزیم Q10 (CoQ10) در موش‌های نر ویستار مبتلا به بیماری آلزایمر القا شده با Aβ، منجر به کاهش معنی‌دار Aβ و مانع از دست رفتن نورون‌های هیپوکامپ می‌گردد و چنین نتیجه گرفتند که اثر توام HIIT و مصرف CoQ10، احتمالاً از طریق بهبود وضعیت اکسایشی هیپوکامپ و جلوگیری از دست دادن نورون، می‌تواند نقایص شناختی مرتبط با Aβ را بهبود بخشد. با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شده که اثر توام HIIT و چای سبز در مدل‌های حیوانی و انسانی در ارتباط با Aβ42، کمتر مورد مطالعه قرار گرفته و اطلاعات در این زمینه محدود است. اما در تحقیق حاضر، این اثر توام به مرحله آزمایش گذاشته شد و نتایج حاکی از سودمندی بیشتر اثر توامان HIIT و چای سبز در مقایسه با اثر هر کدام به تنهایی بود. لذا بر اساس نتیجه حاصله در تحقیق حاضر و بهره‌گیری از نتایج تحقیقات تا حدود مرتبط با تمرین و گیاهان دارویی، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که تمرین و چای سبز نقش هم افزایی همسو و اثر تعاملی موثر در جهت کاهش Aβ42 سالمندان دارند و این شیوه می‌تواند به جای دارو درمانی در حوزه سلامت سالمندان، کاربرد ویژه‌ای داشته باشد.

در نهایت، سطوح MDA در سالمندان چاق به مداخله هشت هفته HIIT و مصرف چای سبز در تحقیق حاضر، با کاهش معنی‌دار همراه بود. در حالی که اثر HIIT به تنهایی سبب کاهش معنی‌دار؛ ولی مصرف چای سبز به تنهایی، موجب کاهش غیرمعنی‌دار این شاخص شد. با توجه به درصد تغییرات ایجاد شده، مشخص گردید که اثر توامان HIIT و مصرف چای سبز، بیشترین تغییرات سودمند را در جهت کاهش معنی‌دار MDA سالمندان چاق در تحقیق حاضر داشته است. افزایش شاخص‌های پراکسایشی در افراد

1. Parachikova
2. Tacrine
3. Physostigmine
4. Martins
5. Ikar and Sable
6. Secker
7. Cathepsin B

مسن، ممکن است به دلیل کاهش عملکرد میتوکندریایی باشد که منجر به افزایش تولید ROS می‌گردد. در این راستا و همسو با نتایج تحقیق حاضر، علی‌خانی و شیخ الاسلامی وطنی (۲۰۱۹) در مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی، باعث کاهش معنی‌دار MDA در هر دو گروه از آزمودنی‌های مسن و جوان می گردد. از طرف دیگر، قاسم‌نیان و دیگران (۲۰۲۰) نشان دادند که به دنبال هشت هفته HIIT و تمرین استقامتی شدید، سطوح MDA در بافت هیپوکامپ موش‌های صحرایی تغییر معنی‌داری نمی‌کند. این محققین چنین اظهار داشتند که شاید بتوان با احتیاط عنوان کرد که تمرینات ورزشی منظم استقامتی و تناوبی شدید، با ایجاد سازگاری مفید در سیستم ضداکسایشی، هیپوکامپ را در مقابل تولیدات استرس اکسایشی مقاوم‌تر می سازد؛ به عبارت دیگر، هیپوکامپ در مقابل این نوع تمرینات ایمن است (قاسم‌نیان و دیگران، ۲۰۲۰). در پژوهش دیگری، نادری فر و دیگران (۲۰۲۲) نشان دادند که شش هفته HIIT (۸۵ تا ۹۵ درصد ضربان قلب ذخیره) و مصرف چای سبز (دو عدد کپسول ۵۰۰ میلی‌گرمی به شکل خوراکی) کاهش معنی‌دار MDA را در زنان به دنبال دارد؛ یافته‌هایی که با نتایج تحقیق حاضر همسو است. همچنین یافته پژوهشی دیگر حاکی از آن بود که ۱۰ هفته HIIT و تمرین تداومی با شدت متوسط (MICT)، هر دو، موجب کاهش معنی‌دار MDA می‌شوند (پرستش و دیگران، ۲۰۲۲) که با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد. یافته‌های پژوهش اکبرزاده و دیگران (۲۰۲۲) حاکی از کاهش معنی‌دار MDA به دنبال ۱۲ هفته تمرین روی نوارگردان و مصرف چای سبز است، اما اثر توامان تمرین و مصرف چای سبز بر تغییرات MDA تاثیر معنی‌داری نداشته است. این محققین چنین اظهار داشتند که تمرین و مصرف عصاره چای سبز هر کدام به تنهایی، از طریق کاهش بیان ژن عامل القاکننده هیپوکسی نوع یک آلفا[1] (HIF-1α)، لنفوم ۲ سلول-B[2] (BCL2) و عامل رشد شبه انسولینی متصل به پروتئین-۳[3] (IGFBP-3) در عضله قلب، یک اثر محافظتی قلبی بر آپوپتوز ناشی از پیری ایجاد می‌کنند، ولی تحقیقات بیشتری برای روشن شدن اثرات ترکیبی تمرین و چای سبز مورد نیاز است. به نظر می‌رسد که مجموعه‌ای از عوامل در کاهش غلظت MDA به دنبال تمرینات ورزشی همراه با مداخلات تغذیه‌ایی تاثیرگذار باشند و نمی‌توان بهبود شرایط استرس اکسایشی را تنها به بهبود وضعیت ضداکسایشی نسبت داد، چرا که مقاومت غشای سلولی به ویژه سلول‌های قرمز در برابر استرس اکسایشی به دنبال تمرینات ورزشی، افزایش می‌یابد و ممکن است در این امر، سهیم باشد. برخی سازوکارهای دخیل در کاهش شاخص‌های التهابی و بهبود وضعیت ضداکسایشی که با مصرف چای سبز در بدن افراد ممکن است رخ دهد، شامل فعالیت ضداکسایشی، توقف چرخه سلولی تولید فشار اکسایشی، القای آپوپتوزیس، نوسان پیام رسانی سلولی، مهار بسیاری از پروتئین کینازها، سرکوب فعال‌سازی بسیاری از عوامل رونویسی و مهار متیل‌دار شدن DNA و اثر آن بر بیان mRNA می‌باشند (خسروی و دیگران، ۲۰۱۹). همچنین پلی فنول‌های موجود در چای سبز از طریق مهار گیرنده‌های شبه گذرگاهی-۴[4] (TLR4)، مبدل سیگنال و فعال کننده رونویسی-۱[5] (STAT1)، مبدل سیگنال و فعال کننده رونویسی-۳[6] (STAT3)، سیکلواکسیژناز-۲[7] (COX-2)، پروتئین فعال کننده-۱[8] (AP-1)، عامل هسته‌ای کاپا B[9] (NF- kB) و فعال‌سازی محور عامل هسته‌ای- مربوط به عامل اریتروئید۲/ هم اکسیژناز-۱[10] (Nrf2/HO-1)، پروتئین کیناز فعال شده با آدنوزین مونوفسفات[11] (AMPK) و گیرنده لامنین ۶۷[12] (67LR)؛ عمل ضدالتهابی، ضد اکسایشی، محافظت عصبی و افزایش متابولیسم لیپید را القا می‌کنند (موکرا[13] و دیگران، ۲۰۲۳). از این رو، اثر متقابل تمرین و چای سبز بر عملکرد عضلانی به ترتیب شامل کاهش تولید ROS، کاهش آسیب DNA، کاهش $Ca^{2+}$ ستوپلاسمی، مهار NF-κB، کاهش اکسیداسیون RNA، کاهش کربونیل شدن پروتئین می‌باشد که در نهایت منجر به بهبود عملکرد بدنی می‌گردد (نوبری و دیگران، ۲۰۲۱). پژوهش حاضر نیز به مانند دیگر تحقیقات، مستثنی از محدودیت

1. Hypoxia-inducible factor 1-alpha
2. B-cell lymphoma 2
3. Insulin-like growth factor-binding protein-3
4. Toll-like receptor 4
5. Signal transducer and activator of transcription 1
6. Signal transducer and activator of transcription 3
7. Cyclooxygenase-2
8. Activator protein 1
9. Nuclear factor kappa B
10. Nuclear factor-erythroid 2-related factor/ Heme oxygenase-1
11. Adenosine monophosphate-activated protein kinase.
12. 67-Laminin receptor
13. Mokra

نبود. عدم اندازه‌گیری متغیرهای وابسته در سطح بافتی و سلولی و عدم دریافت عصاره چای سبز از محدودیت‌های پژوهش حاضر به شمار می‌روند. پیشنهاد می‌گردد که در تحقیقات آتی، به این محدودیت‌ها پرداخته شود تا با دادن پاسخ روشن به ابهامات در این زمینه، به تعمیم پذیری یافته‌ها به جوامع هدف کمک شایانی بشود.

**نتیجه‌گیری:** به دنبال هشت هفته مداخله HIIT و مکمل یاری چای سبز، شاخص‌های AChE، Aβ42 و MDA در سالمندان چاق، کاهش می‌یابد و پیامد سودمند این سازگاری‌ها در سالمندان چاق، بهبود وضعیت التهابی و اکسایشی و تقویت عملکرد دستگاه عصبی است. همچنین اثر توامان HIIT و چای سبز با بهبود بیشتر در شاخص‌های ترکیب بدنی و ظرفیت هوازی همراه است. بنابراین مردان سالمند چاق می‌توانند از این الگوی مداخله‌ای تحقیق حاضر، به عنوان یک روش سودمند در خصوص پیشگیری از آسیب‌های جدی ناشی از استرس اکسایشی و التهابی و بهبود عملکرد شناختی، در سنین پیری استفاده کنند.

## تعارض منافع

نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در تحقیق حاضر وجود ندارد.

## قدردانی و تشکر

بدین وسیله نویسندگان مقاله از مردان سالمند شرکت کننده در این تحقیق، به جهت کمک در دستیابی به نتایج کاربردی در حوزه سلامت سالمندان، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

**Alikhani, S., & Sheikholeslami-Vatani, D. (2019). Oxidative stress and anti-oxidant responses to regular resistance training in young and older adult women.** *Geriatrics & Gerontology International, 19***(5), 419-422. http://dx.doi.org/10.1111/ggi.13636**

**Arabzadeh, E., Norouzi Kamareh, M., Ramirez-Campillo, R., Mirnejad, R., Masti, Y., & Shirvani, H. (2022). Twelve weeks of treadmill exercise training with green tea extract reduces myocardial oxidative stress and alleviates cardiomyocyte apoptosis in aging rat: The emerging role of BNIP3 and HIF-1α/IGFBP3 pathway.** *Journal of Food Biochemistry*, *46***(12), e14397. http://dx.doi.org/10.1111/jfbc.14397**

**Azali-Alamdari, K., & Saberi, Y. (2019). The effects of aerobic training on blood ache and bche activities and cardiometabolic risk factors level in midlife women.** *Journal of Applied Exercise Physiology*, *15***(29). [In Persian]. 105-118. http://doi.org/10.22080/JAEP.2019.14774.1798**

**Azizbeigi, K., Stannard, S. R., & Atashak, S. (2019). Green tea supplementation during resistance training minimally affects systemic inflammation and oxidative stress indices in obese men.** *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, *14***(1). e61419. [In Persian]. http://dx.doi.org/10.5812/jjnpp.61419**

**Chen, J., & Song, H. (2016). Protective potential of epigallocatechin-3-gallate against benign prostatic hyperplasia in metabolic syndrome rats.** *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *45*, **315-320. http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2016.06.015**

**Chen, J., Ma, W., Yu, J., Wang, X., Qian, H., Li, P., ... & Huang, Y. (2023). Epigallocatechin-3-gallate, a polyphenol from green tea, regulates the liquid–liquid phase separation of alzheimer's-related protein tau.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *71***(4), 1982-1993. http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.2c07799**

**Cruz-Ávila, J., Hernández-Pérez, E., González-González, R., Bologna-Molina, R., & Molina-Frechero, N. (2022). Periodontal disease in obese patients; interleukin-6 and c-reactive protein study: A Systematic Review.** *Dentistry Journal*, *10***(12), 225. http://dx.doi.org/10.3390/dj10120225**

**Daniela, M., Catalina, L., Ilie, O., Paula, M., Daniel-Andrei, I., & Ioana, B. (2022). Effects of exercise training on the autonomic nervous system with a focus on anti-inflammatory and antioxidants effects.** *Antioxidants*, *11*(2), 350. http://dx.doi.org/10.3390/antiox11020350

**Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres Jr, V., & Featherstone, R.M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity.** *Biochemical Pharmacology*, *7*(2), 88-95. http://dx.doi.org/10.1016/0006-2952(61)90145-9

**Ezeja, E.P., Onuoha, N.O., & Ufere, E.A. (2021). Effects of green tea (Camellia sinensis) on paracetamol-induced oxidative stress markers in Wistar rats.** *Journal of Dietitians Association of Nigeria, 12,* 30-37. http://dx.doi.org/10.4314/jdan.v12i1.5

**Gharebashloei, A., Yaghoubi, A., & Shojaeian, N. (2022). The effect of 12 weeks step-aerobics training on amyloidβ-42 (Aβ42) and mental status of elderly women.** *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, *10*(24), 22-31. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.4562.1658

**Ghasemnian, A., Sojasi Gheydari, F., Karimiasl, A., & Norouzi, H. (2020). Effects of strenuous endurance and high-intensity interval training on thioredoxin reductase-1 enzyme and malondialdehyde in hippocampal tissue.** *Journal of Health Research in Community*, *6*(2), 80-86. [In Persian]. http://jhc.mazums.ac.ir/article-1-480-fa.html

**Hughes, C.G., Boncyk, C.S., Fedeles, B., Pandharipande, P. P., Chen, W., Patel, M.B., ... & Girard, T.D. (2022). Association between cholinesterase activity and critical illness brain dysfunction.** *Critical Care*, *26*(1), 1-12. http://dx.doi.org/10.1186/s13054-022-04260-1

**Ikar, M., & Sable, S. (2023). Tea, coffee and green tea consumption and mental health outcomes: A systematic review and meta-analysis of observational and intervention studies on stress and related conditions.** *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *12*(2), 209-221. http://dx.doi.org/10.22271/phyto.2023.v12.i2c.14660

**Jack Jr, C.R., Bennett, D.A., Blennow, K., Carrillo, M.C., Dunn, B., Haeberlein, S.B., … & Sperling, R. (2018). NIA-AA research framework: toward a biological definition of Alzheimer's disease.** *Alzheimer's & Dementia, 14*(4), 535-562. http://dx.doi.org/10.1016/j.jalz.2018.02.018

**Jiang, X., Xu, J., Zhen, S., & Zhu, Y. (2023). Obesity is associated with postoperative outcomes in patients undergoing cardiac surgery: a cohort study.** *BMC Anesthesiology*, *23*(1), 1-7. http://dx.doi.org/10.1186/s12871-022-01966-1

**Khosravi, S., Tadibi, V., & SheikholeslamiVatani, D. (2019). The acute effect of green tea supplementation on oxidative and antioxidant indices after resistance exercise at moderate and high intensities in trained wrestler men.** *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 7*(14), 141-152. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/jpsbs.2017.773.1263

**Kim, H.K., Kim, M., Kim, S., Kim, M., & Chung, J.H. (2004). Effects of green tea polyphenol on cognitive and acetylcholinesterase activities.** *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 68*(9), 1977-1979. http://dx.doi.org/10.1271/bbb.68.1977

**Kim, J.M., Park, S.K., Kang, J.Y., Park, S.B., Yoo, S.K., Han, H.J., ... & Heo, H.J. (2019). Green tea seed oil suppressed Aβ1–42-induced behavioral and cognitive deficit via the Aβ-related Akt pathway.** *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(8), 1865. http://dx.doi.org/10.3390/ijms20081865

**Laurin, D., Verreault, R., Lindsay, J., MacPherson, K., & Rockwood, K. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons.** *Archives of Neurology, 58*(3), 498-504. http://dx.doi.org/10.1001/

archneur.58.3.498

**Leisegang, K., Henkel, R., & Agarwal, A. (2019). Obesity and metabolic syndrome associated with systemic inflammation and the impact on the male reproductive system.** *American Journal of Reproductive Immunology*, *82***(5), e13178. http://dx.doi.org/10.1111/aji.13178**

**Li, X., Han, T., Zou, X., Zhang, H., Feng, W., Wang, H., ... & Fang, G. (2021). Long-term high-intensity interval training increases serum neurotrophic factors in elderly overweight and obese Chinese adults.** *European Journal of Applied Physiology*, *121*, **2773-2785. http://dx.doi.org/10.1007/s00421-021-04746-w**

**Llado-Saz, S., Atienza, M., &, Cantero, J.L. (2015). Increased levels of plasma amyloid-beta are related to cortical thinning and cognitive decline in cognitively normal elderly subjects.** *Neurobiology of Aging, 36***(10), 2791-2797. http://dx.doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2015.06.023**

**Martins, M.M., Branco, P.S., & Ferreira, L.M. (2023). Enhancing the therapeutic effect in alzheimer's disease drugs: the role of polypharmacology and cholinesterase inhibitors.** *Chemistry Select*, *8***(10), e202300461. http://dx.doi.org/10.1002/slct.202300461**

**Mindukshev, I.V., Skverchinskaya, E.A., Khmelevskoy, D.A., Dobrylko, I.A., & Goncharov, N.V. (2019). Acetylcholinesterase inhibitor paraoxon intensifies oxidative stress induced in rat erythrocytes in vitro. biochemistry (moscow), supplement series a:** *Membrane and Cell Biology*, *13*, **85-91. http://dx.doi.org/10.1134/s1990747819010070**

**Mokra, D., Joskova, M., & Mokry, J. (2023). Therapeutic effects of green tea polyphenol (−)epigallocatechin-3-gallate (egcg) in relation to molecular pathways controlling inflammation, oxidative stress, and apoptosis.** *International Journal of Molecular Sciences*, *24***(1), 340. http://dx.doi.org/10.3390/ijms24010340**

**Naderifar, H., Mohammad khani Gangeh, M., Mehri, F., & Shamloo Kazemi, S. (2022). Effects of high intensity interval training and consumption of matcha green tea on malondialdehyde and glutathione peroxidase levels in women.** *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, *32***(212), 42-53. [In Persian]. http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-18008-en.html**

**Nobari, H., Saedmocheshi, S., Chung, L. H., Suzuki, K., Maynar-Mariño, M., & Pérez-Gómez, J. (2021). An overview on how exercise with green tea consumption can prevent the production of reactive oxygen species and improve sports performance.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19***(1), 218. http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19010218**

**Parachikova, A., Nichol, K., & Cotman, C. (2008). Short-term exercise in aged Tg2576 mice alters neuroinflammation and improves cognition.** *Neurobiology of Disease, 30***(1), 121-129. http://dx.doi.org/10.1016/j.nbd.2007.12.008**

**Parastesh, M., Abbasi, Y., Bayatiani, M. R., & Nadi, Z. (2023). Protective effect of moderate-intensity continuous training and high-intensity interval training on serum levels of oxidative stress parameters in rats treated with cisplatin.** *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, *32***(217), 32-45. [In Persian]. http://dx.doi.org/10.34172/jsums.2021.30**

**Posnakidis, G., Aphamis, G., Giannaki, C.D., Mougios, V., Aristotelous, P., Samoutis, G., & Bogdanis, G.C. (2022). High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage.** *Journal of Strength and Conditioning Research. 36***(3),615-23. http://dx.doi.org/10.1519/**

jsc.0000000000003516

**Puoyan-Majd, S., Parnow, A., Rashno, M., Heidarimoghadam, R., & Komaki, A. (2023). The protective effects of high-intensity interval training combined with q10 supplementation on learning and memory impairments in male rats with amyloid-β-induced alzheimer's disease.** *Journal of Alzheimer's Disease*, **(Preprint), 1-14. http://dx.doi.org/10.3233/jad-230096**

**Seabra, H.F., Campello, A.C., Chagas, E. F.G., Martins, L.P.A., Suzuki, R.B., Ruiz, M.O., ... & Baleotti, W. (2023). The role of cholinesterases in chagas disease.** *Parasitology International, 92*, **102659. http://dx.doi.org/10.1016/j.parint.2022.102659**

**Secker, C., Motzny, A.Y., Kostova, S., Buntru, A., Helmecke, L., Reus, L., ... & Wanker, E. E. (2023). The polyphenol EGCG directly targets intracellular amyloid-β aggregates and promotes their lysosomal degradation.** *Journal of Neurochemistry*, *166*(2), 294-317. **http://dx.doi.org/10.1111/jnc.15842**

**Shenhar-Tsarfaty, S., Sherf-Dagan, S., Berman, G., Webb, M., Raziel, A., Keidar, A., ... & Zelber-Sagi, S. (2019). Obesity-related acetylcholinesterase elevation is reversed following laparoscopic sleeve gastrectomy.** *International Journal of Obesity*, *43*(2), **297-305. http://dx.doi.org/10.1038/s41366-018-0014-4**

**Vafaei., T. & Gholami, M. (2021). Effects of 8 weeks resistance training with two different intensities on plasma levels of resistin and insulin resistance in obese elderly women.** *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 9*(19), 102-112. **[In Persian]. https://doi.org/10.22077/jpsbs.2020.2796.1512**

**Wang, M., Zhang, H., Liang, J., Huang, J., & Chen, N. (2023). Exercise suppresses neuroinflammation for alleviating Alzheimer's disease.** *Journal of Neuroinflammation*, *20*(1), **76. http://dx.doi.org/10.1186/s12974-023-02753-6**

**Wasowicz, W., Neve, J., & Peretz, A. (1993). Optimized steps in fluorometric determination of thiobarbituric acid-reactive substances in serum: Importance of extraction PH and influence of sample preservation and storage.** *Clinical Chemistry*. *39*(12), 2522-6. **http://dx.doi.org/10.1093/clinchem/39.12.2522**

**Wewege, M., Van Den Berg, R., Ward, R.E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis.** *Obesity Reviews, 18*(6), **635-646. http://dx.doi.org/10.1111/obr.12532**

**Yang, H.I., Cho, W., Lee, D.H., Suh, S.H., & Jeon, J.Y. (2021). Development of a new submaximal walk test to predict maximal oxygen consumption in healthy adults.** *Sensors (Basel, Switzerland)*, *21*(17), **5726. http://dx.doi.org/10.3390/s21175726**

**Yu, F., Xu, B., Song, C., Ji, L., & Zhang, X. (2013). Treadmill exercise slows cognitive deficits in aging rats by antioxidation and inhibition of amyloid production.** *Neuroreport, 24*(6), **342-347. http://dx.doi.org/10.1097/wnr.0b013e3283606c5e**