



Research in Exercise Nutrition

ISSN: 2980-8960

پژوهش در تغذیه ورزشی

The Official Peer-Reviewed Journal of the University of Kurdistan

اثر ۸ هفته پیاده روی و مصرف چای سبز بر عملکرد جسمانی دانشجویان پسر غیر فعال ۱

عبدالصالح زر، حمیدرضا صادقی پور، سیده فاطمه موسوی، کوثر صفایی

بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل آل-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار ۱۳

سعید ایل بیگی، زهره تراب بیگی، مرضیه ثاقب جو، مژگان جعفری

اثر تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین بر احساس گرسنگی، بهره سیری وعده غذایی و بیان ژن miR-103a-3p و miR-200a-3p در پلاسمای زنان چاق ۲۵

ندالبراهیم پور، یوسف صابری، کریم آزاله علمداری

اثر حاد مکمل یاری رودیولاروزا بر عملکرد بی هوازی پایین تنه زنان تکواندوکار در : PMS یک مطالعه دوسوکور، کنترل شده با درونما ۴۱

یاسمین یاراحمدی، سید مرتضی طیبی، مینو باسامی

اثر متقابل شش هفته تمرین ترکیبی (هوازی-مقاومتی) و مصرف چای سبز بر HbA1C و مولفه های سندرم متابولیک در زنان کم تحرک ۵۳

جواد مهربانی، سیامند عبدالله پور

اثر توأم تمرین هوازی و مکمل دهی Q10 محلول در آب بر بیان ژن های دخیل در نکروپتوز و مقدار Q10 پلاسمایی موش های مدل پارکینسون ۶۷

زهرا اسماعیلی، فرزاد زهساز، رقیه پوزش جدیدی، مهری قهرمانی درشگی



دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

فصلنامه پژوهش در تغذیه ورزشی

دوره سوم، شماره چهارم، ۱۴۰۳

شاپا: ۸۹۶۰-۲۹۸۰

این نشریه با درجه علمی - ترویجی تحت مجوز وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی ایران، توسط دانشگاه کردستان منتشر می شود.



دانشگاه کردستان

فصلنامه پژوهش در تغذیه ورزشی

دوره سوم، شماره چهارم، ۱۴۰۳

صاحب امتیاز: دانشگاه کردستان

مدیر مسئول: دکتر محمد رحمان رحیمی

سر دبیر: دکتر حمید محبی

اسامی اعضای هیئت تحریریه:

نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	رشته	محل خدمت	سمت در مجله
بهمن میرزایی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه گیلان	عضو هیئت تحریریه
ارسلان دمیرچی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه گیلان	عضو هیئت تحریریه
حمید محبی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه گیلان	عضو هیئت تحریریه
داریوش شیخ الاسلامی و وطنی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه کردستان	عضو هیئت تحریریه
معرفت سیاه کوهیان	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه محقق اردبیلی	عضو هیئت تحریریه
حمید اراضی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه گیلان	عضو هیئت تحریریه
رامین امیر ساسان	استاد	فیزیولوژی ورزشی	پژوهشگاه تبریز	عضو هیئت تحریریه
اصغر توفیقی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه ارومیه	عضو هیئت تحریریه
فرهاد دریانوش	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه شیراز	عضو هیئت تحریریه
مهدی مقرنسی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه بیرجند	عضو هیئت تحریریه
عبدالحمید حبیبی	استاد	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه شهید چمران اهواز	عضو هیئت تحریریه
هادی روحانی	دانشیار	فیزیولوژی ورزشی	پژوهشگاه علوم ورزشی	عضو هیئت تحریریه
کریم آزالی علمداری	دانشیار	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان	عضو هیئت تحریریه
شمس الدین احمدی	استاد	فیزیولوژی	دانشگاه کردستان	عضو هیئت تحریریه
محمد رحمان رحیمی	دانشیار	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه کردستان	عضو هیئت تحریریه
هاوکار سالار احمد	استادیار	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه سلیمانیه	عضو هیئت تحریریه بین المللی
آمانج علی حسین	استادیار	فیزیولوژی ورزشی	دانشگاه سلیمانیه	عضو هیئت تحریریه بین المللی

طراح گرافیک (لوگو، جلد و صفحه آرای): دکتر هادی گلپسندی

آمارگر: دکتر امید عیسی نژاد

ویراستار انگلیسی: دکتر ناکو ابراهیم فقیه، دکتر هیوا احمد رحیم

مدیر داخلی نشریه: دکتر صابر ساعد موچشی

مدیر اجرایی و کارشناس نشریه: دکتر هادی گلپسندی

نشانی مجله: استان کردستان، سنندج، خیابان پاسداران، دانشگاه کردستان، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، کتابخانه ماموستا هه‌ژار، طبقه اول،

دفتر نشریه پژوهش در تغذیه ورزشی، کد پستی ۶۶۱۷۷-۱۵۱۷۵

تلفن: ۰۸۷۳۳۶۶۴۰۰ --- داخلی ۲۶۰۶

رایانامه: re.nut@yahoo.com ...and ... jrenutrition@gmail.co

رویکرد نشریه

نشریه پژوهش در تغذیه ورزشی (Research in Exercise Nutrition) به صورت فصلنامه منتشر می‌گردد و در آن مقالات پژوهشی اصیل (Original Article)، مقالات مروری (Review) و مقالات متاآنالیز (Meta-analysis) در حوزه پژوهش‌های بنیادی، توسعه‌ای، کاربردی و اپیدمیولوژیک و مطالعه‌های بالینی مرتبط با تغذیه ورزشی که قبلاً در هیچ نشریه داخلی و خارجی چاپ نشده باشند، منتشر می‌گردد.

شرایط پذیرش مقاله:

ویژگی‌های کلی مقاله

- مقاله باید نتیجه تحقیقات نویسنده (نویسندگان) باشد.
- مقاله نباید در نشریه دیگری منتشر شده باشد و تا اتمام داوری نیز نباید به مجله دیگری فرستاده شود.
- چاپ مقاله منوط به تأیید نهایی هیئت تحریریه است.
- پذیرش مقاله برای چاپ، پس از تأیید هیئت داوران به آگاهی نویسنده خواهد.
- مسئولیت مطالب و محتوای مقاله بر عهده نویسنده است.
- ویراستار مجله در ویرایش ادبی و فنی مقاله بدون تغییر محتوای آن آزاد است.
- حجم مقاله به هیچ وجه نباید بیش از بیست صفحه شود.
- نام کامل نویسنده، مرتبه علمی، دانشگاه محل تدریس یا تحصیل، رشته تحصیلی، رایانامه، شماره تلفن نویسنده در صفحه جداگانه‌ای ضمیمه شود.
- ارسال مقاله تنها از طریق سامانه پژوهش در تغذیه ورزشی در سامانه نشریات دانشگاه کردستان به نشانی <http://www.researchinexercisenutrition.com/?lang=fa> امکان پذیر است (برای این کار ابتدا باید در سامانه ثبت نام کنید).

اجزای مقاله شامل موارد زیر باشد:

- ❖ **عنوان:** نام کلی مقاله که گویا و بیانگر محتوای مقاله باشد.
- ❖ **مشخصات نویسنده:** شامل نام و نام خانوادگی نویسنده، مرتبه علمی، رشته تحصیلی، دانشگاه محل تدریس یا تحصیل در یک صفح جداگانه ارسال گردد.
- ❖ **چکیده:** شرح جامعی از مقاله با واژه‌های محدود (حداکثر ۲۵۰ واژه یا ده سطر) شامل تصویری کلی از بیان مسئله، هدف، روش تحقیق و یافته‌ها.
- ❖ **واژه‌های کلیدی:** شامل پنج تا هفت واژه تخصصی که اهمیت آن‌ها در مقاله بیش از سایر واژه‌هاست.
- ❖ **مقدمه:** شامل هدف و ذکر پیشینه پژوهشی مقاله (به اجمال).
- ❖ **پیکره اصلی:** شامل متن اصلی مقاله، مبانی نظری، روش شناسی، تجزیه و تحلیل داده‌ها، یافته‌ها، بحث و نتیجه‌گیری.
- ❖ **متد و روش اجرای کار:** توضیح دقیق و گویا در مورد طرح پژوهش، جامعه و نمونه آماری، مواد و روش‌های اندازه گیری و روش‌های آماری.
- ❖ **نتایج:** شرح کامل یافته‌های پژوهش (بدون ارائه اطلاعات هویتی آزمودنی‌ها) در قالب جداول و نمودارهای مختلف.
- ❖ **بحث:** تجزیه و تحلیل یافته‌ها از طریق مقایسه آن با یافته‌های حاصل از مطالعات دیگر، توجیه و تفسیر موارد مشترک و موارد تفاوت و بیان کاربرد احتمالی یافته‌ها و در نهایت نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها حاصل از یافته‌های پژوهش.
- ❖ **تشکر:** تقدیر و تشکر در بخش انتهای مقاله از افراد حقیقی و حقوقی و حامیان اجرای پژوهش.
- ❖ **پی‌نوشت:** در صورت وجود توضیحات ضروری در پایین هر صفحه می‌آید.
- ❖ **منابع:** تمامی رفرنسها از جمله رفرنس‌های فارسی بصورت زبان انگلیسی آورده شود.
- ❖ **فهرست‌نویسی** ارجاعات مقاله به شیوه ونکور و با استفاده از نرم افزار اندنوت (Endnote) باشد.

❖ نام خانوادگی نویسنده (فاصله) حرف اول نام کوچک (نقطه) عنوان مقاله (نقطه) نام مجله (فاصله) سال انتشار (فاصله) ماه (؛)
جلد یا دوره ی انتشار (شماره :) شماره صفحات.

❖ به طور مثال:

❖ Morrato EH, Hill JO, Wyatt HR, Ghushchyan V, Sullivan PW. Are health care professionals advising patients with diabetes or at risk for developing diabetes to exercise more? Diabetes care. 2006;29(3):543-8.

❖ **چکیده انگلیسی:** با قلم Times New Roman با اندازه ۱۱ (تا ۱۰۰۰ واژه).

❖ لازم به ذکر می باشد که محتوای چکیده انگلیسی باید کاملاً منطبق با چکیده فارسی باشد.

❖ داشتن آدرس رایانامه دانشگاهی و شناساگر نویسنده (ORCID) برای نویسندگان به ویژه نویسنده مسئول الزامی است.

❖ فرم تعارض منافع نویسنده با مهر و امضاء نویسنده ی مسئول مقاله، پیوست مقاله باشد.

❖ تمام مقالات دارای دسترس باز هستند که از \$ CC BY تبیعت می کنند.

فهرست مقالات

اثر ۸ هفته پیاده روی و مصرف چای سبز بر عملکرد جسمانی دانشجویان پسر غیر فعال ۱

عبدالصالح زر ، حمیدرضا صادقی پور، سیده فاطمه موسوی، کوثر صفایی

بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار ۱۳

سعید ایل بیگی، زهره تراب بیگی، مرضیه ثاقب جو، مژگان جعفری

اثر تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین بر احساس گرسنگی، بهره سیری وعده غذایی و بیان ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در پلاسمای زنان چاق ۲۵

ندابراهیم پور، یوسف صابری، کریم آزالی علمداری

اثر حاد مکمل یاری رودیولاروزا بر عملکرد بی هوازی پایین تنه زنان تکواندوکار در PMS : یک مطالعه دوسوکور، کنترل شده با درونما ۴۱

یاسمین یاراحمدی، سید مرتضی طیبی، مینو باسامی

اثر متقابل شش هفته تمرین ترکیبی (هوازی-مقاومتی) و مصرف چای سبز بر HbA1C و مولفه های سندرم متابولیک در زنان کم تحرک ۵۳

جواد مهربانی، سیامند عبدالله پور

اثر توأم تمرین هوازی و مکمل دهی Q10 محلول در آب بر بیان ژن های دخیل در نکروپتوز و مقدار Q10 پلاسمایی موش های مدل پارکینسون ۶۷

زهره اسماعیلی، فرزاد زهساز، رقیه پوزش جدیدی، مهری قهرمانی درشگی

سخن سردبیر

خدا را شاکرم که فرصتی دست داد تا به بهانه انتشار اولین شماره نشریه دوزبانه پژوهش در تغذیه ورزشی (REN) که اولین نشریه تخصصی تغذیه ورزشی در ایران می باشد با نویسندگان و خوانندگان گرامی به گفتگو بپردازم. تغذیه ورزشی یکی از موضوعات جالب در حیطه تربیت بدنی و علوم ورزشی می باشد که پژوهش در این زمینه می تواند منجر به ارتقا سطح آمادگی جسمانی ورزشکاران و ارتقاء سلامت گردد و این امر بدون مشارکت نویسندگان گرامی و شما خوانندگان عزیز امکان پذیر نخواهد بود. امید است با دریافت مقاله های اصیل علمی از پژوهشگران جوان و اساتید برجسته رشته علوم ورزشی بتوانیم بر غنای علمی نشریه بیافزاییم. در پایان از تمام همکاران نشریه که سبب بهبود و ارتقاء سطح علمی نشریه هستند، تشکر و قدردانی می نمایم.

و من الله التوفیق

دکتر حمید محبی

سردبیر نشریه پژوهش در تغذیه ورزشی

اثر ۸ هفته پیاده روی و مصرف چای سبز بر عملکرد جسمانی دانشجویان پسر غیر فعال

عبدالصالح زر^{۱،۲✉}، حمیدرضا صادقی پور^{۱،۲}، سیده فاطمه موسوی^۱، کوثر صفایی^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵

چکیده

هدف: فونت پیاده روی و مصرف مکمل های طبیعی نظیر چای سبز می تواند به ارتقای سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری های مزمن کمک کند اما تاثیر آن بر عملکرد ورزشی مبهم است. هدف این تحقیق بررسی اثر تعاملی یک دوره پیاده روی به همراه چای سبز بر برخی عوامل مرتبط با عملکرد جسمانی در دانشجویان پسر غیر فعال بود.

روش شناسی: در این پژوهش، ۶۰ دانشجوی پسر (۱۸-۲۳ سال) دانشگاه خلیج فارس به صورت تصادفی به چهار گروه ۱۵ نفره دارونما، مکمل چای سبز، تمرین و ترکیبی (تمرین + مکمل) تقسیم شدند. گروه های تمرینی به مدت ۸ هفته (سه جلسه هفتگی) پیاده روی با شدت متوسط (۳۰ دقیقه، بر اساس ۱۰۰ یا ۱۳۰ گام/دقیقه) انجام دادند. گروه های مکمل و ترکیبی، قرص های ۵۰۰ میلی گرمی عصاره چای سبز را سه بار در هفته مصرف کردند. شاخص های دو سرعت ۳۵ متر، پرش سارجنت و پرتاب توپ مدیسن بال قبل و پس از مداخله اندازه گیری شد. داده ها با تحلیل واریانس دوطرفه (ANOVA) و آزمون تی وابسته در SPSS v.25 تحلیل گردیدند.

یافته ها: فونت عملکرد آزمون پرتاب توپ مدیسن بال در گروه تمرین+مکمل در مقایسه با گروه کنترل ($p=0.01$) و در گروه مکمل در مقایسه با پیش آزمون ($p=0.02$) ارتقا یافت. عملکرد آزمون دو سرعت در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل بهبود یافت ($p=0.04$) اما در گروه های دیگر و در مقایسه با پیش آزمون معنادار نبود.

نتیجه گیری: فونت بر اساس نتایج، استفاده همزمان از تمرین و مکمل می تواند در بهبود قدرت عضلانی مؤثر باشد، در حالی که تمرین به تنهایی برای بهبود سرعت کافی است؛ اما این مداخلات تأثیری بر پرش عمودی نداشتند.

واژگان کلیدی: پیاده روی، چای سبز، عملکرد ورزشی، آزمون های آمادگی جسمانی.

۱- گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

۲- گروه پژوهش و فناوری ورزش، تغذیه و سلامت خلیج فارس، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

salehzar@gmail.com

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

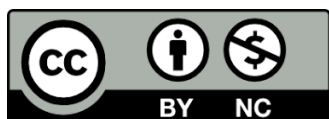
تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143201.1083>



Copyright © The authors

ارجاع دهی:

Zar a, Sadeghi pour H, Mousavi SF, Safaee K. The effect of 8 weeks of walking and green tea consumption on the physical performance of inactive male students. **Research in Exercise Nutrition**. 2025;3(4):1-12. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143201.1083> .



The effect of 8 weeks of walking and green tea consumption on the physical performance of inactive male students

Abdossaleh Zara^{✉1,2}, Hamidreza Sadeghi Poura^{1,2}, Seyede Fatemeh Mousavi¹, Kosar Safaee¹

Received: 2025/02/23

Accepted: 2025/05/07

Abstract

Aim: Walking and taking natural supplements, such as green tea can help improve general health and prevent chronic diseases, but its effect on athletic performance is unclear. The aim of this study was to investigate the interactive effect of a walking session with green tea on some factors related to physical performance in inactive male students.

Method: assigned to four 15-member groups: placebo, green tea supplement, exercise, and combination (exercise + supplement). Exercise groups performed moderate-intensity walking for 30 minutes per session, three times weekly over 8 weeks, with step-based intensity targets (100 or 130 steps/minute). Supplement and combination groups consumed 500mg green tea extract tablets three times per week. Fitness metrics—35m sprint, Sargent jump, and medicine ball throw—were measured pre- and post-intervention. Data were analyzed using two-way ANOVA and paired t-tests in SPSS v.25 to evaluate individual and combined effects of exercise and supplementation.

Results: The performance of the medicine ball throwing test improved in the exercise + supplement group compared to the control group ($p=0.01$, $f=6.23$) and in the supplement group compared to the pre-test ($p=0.02$). The performance of the sprint test improved in the exercise group compared to the control group ($p=0.04$, $f=4.37$), but it was not significant in the other groups and compared to the pre-test.

Conclusion: Based on the results, the combination of training and supplementation can be used to improve muscle strength, while training alone is sufficient to improve speed. However, these interventions did not affect vertical jump.

Keywords: Walking, green tea, sports performance, physical fitness tests.

1- Department of Sports Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

2- Persian Gulf Sports, Nutrition and Wellness Research and Technology Group, School of Literature and Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

✉ Corresponding author:
salehzar@gmail.com

ISSN: 2980-8960

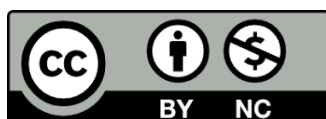
All rights of this article are reserved for Authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143201.1083>



Copyright ©The authors

Citation:

Zar a, Sadeghi pour H, Mousavi SF, Safaee K. The effect of 8 weeks of walking and green tea consumption on the physical performance of inactive male students. *Research in Exercise Nutrition*. 2025;3(4):1-12. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143201.1083> .

مقدمه

سبک زندگی به مجموعه‌ای از رفتارها و عادات روزمره اشاره دارد که سلامت جسمانی، روانی و اجتماعی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این رفتارها شامل نوع تغذیه، فعالیت بدنی، عادات‌های مرتبط با مصرف مواد مضر مانند دخانیات و الکل است (۱). از جمله عواملی که سبک زندگی را به خطر می‌اندازد، می‌توان به کمبود فعالیت بدنی اشاره کرد. زندگی‌های امروزی بیشتر به سمت کم‌ تحرکی پیش رفته‌اند و این موضوع به افزایش خطر بیماری‌های مزمن مانند چاقی، دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی-عروقی منجر می‌شود (۲). تغذیه ناسالم نیز یکی از عوامل مهم دیگری است که می‌تواند سبک زندگی را به خطر بیندازد. مصرف زیاد غذاهای چرب، شور و شیرین به مرور زمان به افزایش چربی خون، افزایش وزن و ایجاد بیماری‌های مرتبط با متابولیسم منجر می‌شود (۳). فعالیت بدنی منظم دارای اثرات مثبت بسیاری بر سلامت عمومی بدن است (۴). ورزش، فعالیت بدنی بسیار ارزشمندی است که در حال حاضر بخش اعظم اوقات فراغت تعداد زیادی از مردم جهان را پر میکند. اوقات فراغت فرصت مناسبی برای پرداختن به ورزش است. طی سالیان گذشته، اطلاعات مردم در زمینه منافع تمرینات بدنی افزایش یافته با توسعه و برنامه‌های آمادگی جسمانی در سطوح جامعه، ورزش‌های تفریحی و فراغتی به نحوی غیرقابل پیش بینی رشد کرده‌اند. در حقیقت، امروزه انگیزه مردم دنیا از شرکت در فعالیت‌های ورزشی کسب سلامت، تندرستی، نشاط و دوری از بیماری‌هاست (۵). پیاده روی یکی از بهترین و آسانترین فعالیت‌هایی است که برای سلامت جسمی و روانی افراد مفید است (۶). ترویج پیاده‌روی به عنوان روش برتر برای حرکت افراد با توجه به اثرات مثبت آن حائز اهمیت است (۷). در سال‌های اخیر، توجه به تأثیر ورزش بر عملکرد بدنی در کنار استفاده از مکمل‌های غذایی مانند چای سبز برای بهبود این عملکرد افزایش یافته است. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات ورزشی با شدت‌های مختلف می‌توانند بهبودهای قابل توجهی در عملکرد قلبی-عروقی، تنفسی و عصبی-عضلانی ایجاد کنند (۸). برای مثال، تمرینات استقامتی می‌توانند به افزایش ظرفیت هوازی و بهبود اکسیژن‌رسانی به بافت‌های عضلانی کمک کنند، در حالی

که تمرینات مقاومتی به افزایش قدرت و استقامت عضلات منجر می‌شود (۹). همچنین، این تمرینات می‌توانند باعث بهبود در سایر فاکتورهای فیزیولوژیکی مانند متابولیسم چربی و گلوکز شوند، که هر دو از عوامل مؤثر در سلامت عمومی بدن هستند (۱۰). در کنار فعالیت بدنی، مکمل‌های گیاهی هم دارای اثرات متفاوتی بر بدن انسان هستند یکی از این مکمل‌ها چای سبز می‌باشد. چای سبز (*Camellia sinensis*) به دلیل خواص ضد سرطانی و ضد التهابی آن به طور گسترده‌ای شناخته شده است (۱۱). در میان ترکیبات فعال بیولوژیکی موجود در کاملیا سینسیس، عوامل آنتی اکسیدانی اصلی کاتچین هستند و گروه مشتقات کاتچین چای سبز شامل: اپی کاتچین، اپی گالوکاتچین، اپی کاتچین گالات و اپی گالوکاتچین گالات می‌باشد (۱۲). اپی گالوکاتچین گالات باعث افزایش ترشح نور اپی نفرین از غدد فوق کلیوی می‌شود و همین عامل باعث می‌شود لیپولیز بافت چربی را تحریک کند و کاتابولیسم چربی را افزایش دهد (۱۳). از فواید چای سبز می‌توان به اثر محافظت از قلب، محافظت عصبی، ضد التهاب، آنتی اکسیدان و اسید ضد هیپراوریک اشاره کرد (۱۴). کاهش فعالیت بدنی منظم و به دنبال آن کاهش مصرف انرژی باعث افزایش خطر وضعیت سلامتی مزمن شود (۱۵). عملکرد ورزشی به عنوان یکی از عوامل مهم در حفظ و بهبود سلامت جسمی و روانی مورد توجه بسیاری از محققان و متخصصان ورزشی قرار گرفته است. توانایی فرد در انجام فعالیت‌های ورزشی وابسته به فاکتورهای متعددی نظیر ظرفیت هوازی، قدرت عضلانی، انعطاف‌پذیری، و ترکیب بدنی است که هر کدام از این عوامل می‌توانند بر کیفیت زندگی فرد تأثیر گذار باشند (۱۶). تحقیقات متعدد نشان می‌دهند که فعالیت بدنی همراه با مصرف چای سبز می‌تواند بر بهبود عملکرد جسمانی تأثیر مثبتی داشته باشد (۱۷). در مطالعه‌ای مشخص شد که ترکیب چای سبز و تمرینات ورزشی باعث افزایش توان جسمانی و بهبود شاخص‌های قدرت عضلانی می‌شود (۱۸). همچنین، نتایج تحقیق دیگر به این نتیجه رسیدند که مصرف چای سبز در کنار تمرینات هوازی منجر به افزایش تحمل و استقامت بدنی می‌گردد (۱۹). این یافته‌ها نشان می‌دهند که چای سبز با خواص آنتی اکسیدانی خود می‌تواند به کاهش آسیب‌های عضلانی ناشی از تمرین کمک کرده و به طور کلی

عملکرد جسمانی را در افراد غیرورزشکار و ورزشکار ارتقا دهد (۲۰). بنابراین، نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد تا بتوان به یک نتیجه جامع در خصوص تأثیر ترکیب تمرینات ورزشی و مصرف مکمل‌های غذایی بر عملکرد ورزشی دست یافت (۲۱).

بررسی‌ها نشان داد بیشتر تحقیقات اثرات هر یک از مداخله‌های ورزش و مکمل چای سبز را بیشتر به صورت جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند و به اثر ترکیبی این دو کمتر پرداخته شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند نشان دهد که آیا ترکیب این دو عامل، اثر بخشی بیشتری بر آمادگی جسمانی در مقایسه با هر کدام به تنهایی دارد یا خیر. این پژوهش با ارائه دیدگاه جدید در تحقیق حاضر از نوع تجربی و با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل بوده است. ۶۰ دانشجوی پسر غیر فعال دانشگاه خلیج فارس به صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند و از آنجا که معیارهای ورود به این پژوهش غیر فعال بودن دانشجویان بود از بین آزمودنی‌هایی که این شرایط را دارا بودند انتخاب شدند به صورت تصادفی به چهار گروه دارونما (۱۵ نفر)، مکمل (۱۵ نفر)، تمرین (۱۵ نفر) و تمرین+مکمل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرین و تمرین+مکمل به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته به مدت ۳۰ دقیقه با شدت متوسط (۱۱۰-۱۲۰ گام در دقیقه) به تمرین پیاده روی پرداختند. با استفاده از مدل رگرسیون و ۹۶ و ۱۲۰ گام در دقیقه با استفاده از مدل‌های ROC بود. مقادیر اکتشافی به ترتیب ۱۱۰ گام در دقیقه تا ۱۲۰ گام در دقیقه تعیین شد (۲۲). آزمودنی‌های گروه تمرین و گروه تمرین + مکمل، ۳۰ دقیقه پیاده روی به مدت هشت هفته با تکرار سه جلسه در هفته اجرا کردند. شدت تمرین پیاده روی به این صورت بود که آستانه آهنگ ۱۰۰ و ۱۳۰ گام در دقیقه می‌تواند به عنوان آستانه‌های اکتشافی معقول در نظر گرفته شود. روش مکمل دهی به صورت یک سو کور بود. آزمودنی‌های گروه مکمل و تمرین+مکمل به مدت ۸ هفته، سه بار در هفته بعد از وعده غذایی اصلی مکمل خود را که یک قرص عصاره چای سبز حاوی ۵۰۰ میلی گرم برگ و عصاره چای سبز استاندارد شده عصاره چای سبز حاوی سلولز میکروکریستالی، استئارات منیزیم و مالتودکسترین بودند، مصرف کردند (۲۳). قبل و بعد از ۸ هفته مداخله مورد نظر، تست‌های آمادگی جسمانی تحقیق ارزیابی شد.

ارتباط با تأثیر همزمان فعالیت بدنی و مکمل‌های گیاهی بر عملکرد جسمانی افراد به دانش موجود اضافه می‌کند. این پژوهش به دنبال این موضوع است که نشان دهد که آیا پیاده روی و چای سبز با هم می‌توانند تأثیرات مثبتی بر عملکرد جسمانی و شاخص‌های آمادگی بدنی داشته باشند و به عنوان یک راهکار قابل اجرا برای ارتقای سلامت عمومی پیشنهاد شوند یا خیر. بر همین اساس هدف مطالعه حاضر اثر تعاملی یک دوره پیاده روی به همراه چای سبز بر برخی عوامل مرتبط با عملکرد جسمانی در دانشجویان پسر غیر فعال می‌باشد.

روش‌شناسی

ابزارهای اندازه‌گیری

برای ارزیابی عملکرد ورزشی دانشجویان قبل از مداخلات پژوهش حاضر (پیش آزمون) از آزمون‌های آمادگی جسمانی وابسته به مهارت که شامل آزمون پرش سارجنت، آزمون پرتاب توپ مدیسین بال و آزمون دو سرعت ۳۵ مترگرفته شد و رکورد هر فرد ثبت شد و پس از مداخلات پژوهش حاضر (پس آزمون) دوباره آزمون‌های آمادگی جسمانی بر روی آزمودنی‌ها اجرا و رکورد‌های هر فرد ثبت شد و با رکورد‌های ۸ هفته قبل مقایسه شد.

روش اجرای آزمون پرش سارجنت

برای ارزیابی قدرت انفجاری پاها به کار گرفته شد. در ابتدا آزمودنی‌ها لباس و کفش مناسب ورزشی پوشیدند و سپس دیوار با مقیاس اندازه‌گیری (با نوار اندازه‌گیری) علامت‌گذاری شد آزمودنی در کنار دیوار ایستاد و بازوی خود را به سمت بالا کشید تا بالاترین نقطه‌ای که می‌توانست لمس کند علامت‌گذاری شده بود. این نقطه به عنوان ارتفاع ایستاده ثبت شد سپس شرکت‌کننده با هر دو پا بر روی زمین ایستاد و زانوهای کمی خم کرد سپس با حداکثر قدرت به سمت بالا پرش کرد و تلاش کرد تا بالاترین نقطه ممکن را لمس کند. این نقطه به عنوان ارتفاع پرش ثبت شد. معمولاً سه بار پرش انجام می‌شود و بالاترین ارتفاع ثبت می‌شود. سپس برای محاسبه نتیجه، تفاوت بین ارتفاع ایستاده و ارتفاع پرش به عنوان ارتفاع پرش سارجنت محاسبه شد (۲۴).

روش اجرای آزمون پرتاب توپ مدیسین بال ۲ کیلویی

یک پا در جلو و یک پا در عقب قرار گرفت دست‌ها بر روی زمین و بدن در حالت خم شده بود، آماده برای دویدن. با علامت شروع آزمودنی با حداکثر سرعت ممکن شروع به دویدن کرد زمان از لحظه شروع تا عبور از خط پایان ثبت شد. معمولاً سه بار دویده می‌شود و بهترین زمان ثبت می‌شود (۲۶).

روش آماری:

تحلیل نتایج توصیفی افراد آزمودنی با استفاده از میانگین و انحراف معیار سنجیده شد و تحلیل استنباطی تست‌های آمادگی جسمانی با استفاده از آزمون واریانس دواراهه و آزمون تی وابسته و تحلیل یافته‌ها با نرم افزار SPSS ۲۵ مورد بررسی قرار گرفت؛ و سطح معنی داری $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

برای ارزیابی قدرت عضلات بالاتنه به کار می‌رود. آزمودنی لباس و کفش مناسب ورزشی پوشید و زمین هم صاف و بدون موانع بود. آزمودنی در حالت ایستاده قرار گرفت سپس توپ مدیسین بال ۲ کیلویی را با دو دست در مقابل سینه نگه داشت و توپ را با حداکثر قدرت به سمت جلو پرتاب کردند. و در نهایت مسافت پرتاب از محل پرتاب تا محل برخورد توپ با زمین اندازه‌گیری شد. معمولاً سه بار پرتاب انجام می‌شود و بهترین مسافت ثبت می‌شود (۲۵).

روش اجرای آزمون دو سرعت ۳۵ متر

برای ارزیابی سرعت و توان انفجاری پاها به کار می‌رود. آزمودنی لباس و کفش مناسب ورزشی پوشید. مسیر دویدن هم صاف و بدون موانع بود. و خطوط شروع و پایان مشخص بود آزمودنی در پشت خط شروع قرار گرفت. در حالت استارت خم شد،

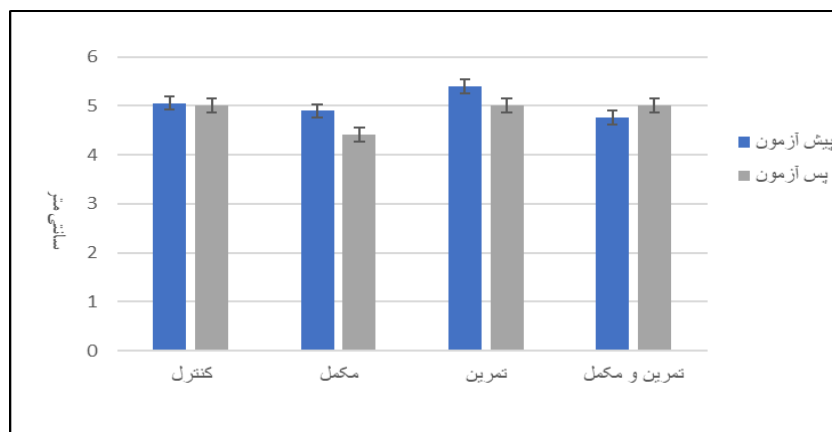
یافته‌ها:

در جدول ۱ ویژگی‌های جمعیت شناختی آزمودنی‌ها هریک از گروه‌های تحقیق نشان داده شده است.

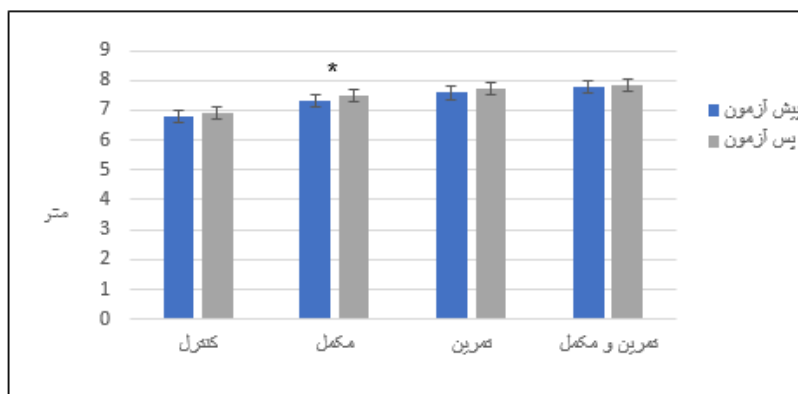
جدول ۱. مشخصات آزمودنی‌ها

گروه	سن	قد ^{cm}	وزن ^{kg}	BMI
کنترل	21.09 ± 0.28	178.36 ± 1.92	81.09 ± 4.60	24.30 ± 3.53
تمرین مکمل	19.86 ± 0.41	177.06 ± 1.29	69.53 ± 3.01	22.02 ± 3.41
مکمل	21.35 ± 0.63	179.64 ± 1.81	78.78 ± 3.85	24.93 ± 3.77
تمرین	21.14 ± 0.46	178.42 ± 1.49	79.07 ± 3.41	25.37 ± 4.16

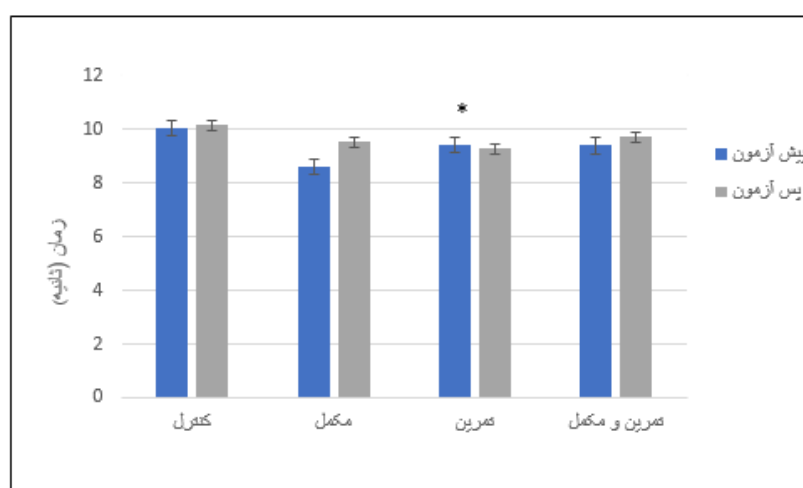
شکل‌های ۱ و ۲ و ۳ نتایج مربوط به تغییرات تحقیق در پیش آزمون و پس آزمون را در هریک از گروه‌های تحقیق نشان می‌دهد.



شکل ۱. یافته های مربوط به متغیر پرش سارجنت (cm) در دو مرحله پیش و پس آزمون.



شکل ۲. یافته های مربوط به متغیر پرتاب توپ مدیسن بال (kg) در دو مرحله پیش و پس آزمون.



شکل ۳. یافته های مربوط به متغیر دو سرعت (s) در دو مرحله پیش و پس آزمون.

ارزیابی انجام شده توسط آزمون t وابسته جهت مقایسه پرش سارجنت هریک از گروه های تحقیق در دو مرحله پیش آزمون و پس آزمون نشان داد که در هیچ یک از گروه های تحقیق تفاوت معناداری در مقایسه با پیش آزمون مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۳).

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو طرفه در رابطه با متغیر پرش سارجنت نشان داد که پس از شش هفته تمرین پیاده روی و مصرف مکمل چای سبز، در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری در عملکرد آزمون پرش سارجنت گروه مکمل ($p = 0.000$ ، $f = 0.025$)، گروه تمرین ($p = 0.000$ ، $f = 0.035$) و گروه تمرین به همراه مکمل ($p = 0.000$ ، $f = 0.087$) مشاهده نشد (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج آزمون واریانس دو طرفه متغیر پرش سارجنت.

منبع تغییرات	میانگین مربعات	درجات آزادی	F	P	اندازه اثر
مکمل	۰/۱۰۹	۱	۰/۰۲۵	۰/۸۷	۰/۰۰۰
تمرین	۱/۵۷	۱	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۰۰۷
تمرین و مکمل	۳/۸۷	۱	۰/۸۷	۰/۳۵	۰/۰۱۷

جدول ۳: نتایج آزمون t وابسته در مورد متغیر پرش سارجنت

	پیش آزمون	پس آزمون	T	P
مکمل	۸/۶۱± ۱/۶۶	۹/۵۳± ۱/۵۰	-۱/۶۱	۰/۱۳
تمرین	۹/۴۲± ۲/۵۰	۹/۲۸± ۲/۵۲	۰/۳۲	۰/۷۵
تمرین و مکمل	۹/۴± ۱/۹	۹/۷۳± ۲/۱۵	-۱/۳۲	۰/۲۰
کنترل	۱۰/۰۳± ۱/۸۲	۱۰/۱۶± ۲/۰۸	۰/۴۸	۰/۶۳

ارزیابی انجام شده توسط آزمون t وابسته جهت مقایسه پرتاب توپ مدیسن بال نشان داد که در گروه مکمل تفاوت معناداری در عملکرد نمونه‌ها مشاهده شد و قدرت عضلانی افزایش یافت ($p=0/02$) در حالی که در سایر گروه‌ها تفاوت معناداری در مقایسه با پیش آزمون مشاهده نشد ($p > 0/05$) (جدول ۵).

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو طرفه در رابطه با متغیر پرتاب توپ مدیسن بال نشان داد که پس از شش هفته تمرین پیاده روی و مصرف مکمل چای سبز، در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری در عملکرد آزمون مدیسن بال گروه مکمل ($f=6/23$ ، $p=0/01$) مشاهده شد در حالی که در گروه تمرین ($f=0/06$ ، $p=0/94$) و گروه تمرین به همراه مکمل ($f=0/07$ ، $p=0/93$) تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۴: نتایج آزمون واریانس دوطرفه متغیر پرتاب مدیسن بال

منبع تغییرات	میانگین مربعات	درجات آزادی	F	P	اندازه اثر
مکمل	۴/۴۱	۱	۶/۳۳	*۰/۰۱	۰/۱۱۱
تمرین	۰/۰۰۴	۱	۰/۰۰۶	۰/۹۴	۰/۰۰۰
تمرین و مکمل	۰/۰۰۵	۱	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۰۰۰

* سطح معناداری ($p < 0/05$)

جدول ۵: نتایج آزمون t وابسته در مورد متغیر پرتاب توپ مدیسن بال

P	T	پس آزمون	پیش آزمون	
*۰/۰۲	۲/۵۳	۴/۴۲± ۰/۹۱	۴/۹۰± ۰/۷۵	مکمل
۰/۱۳	۱/۵۷	۵/۰۱± ۰/۵۷	۵/۴۰± ۰/۷۳	تمرین
۰/۲۱	۱/۳۰	۵/۰۱± ۰/۵۷	۴/۷۶± ۰/۹۶	تمرین و مکمل
۰/۷۶	۰/۳۰	۵/۰۱± ۰/۹۵	۵/۰۶± ۱/۱۱	کنترل

*سطح معناداری (p< ۰/۰۵)

نتایج آزمون تحلیل واریانس دو طرفه در رابطه با متغیر عملکردی دو سرعت نشان داد که پس از شش هفته تمرین پیاده روی و مصرف مکمل چای سبز، در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری در عملکرد آزمون دو سرعت در گروه تمرین (۰/۰۴) ،

مصرف مکمل چای سبز، در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معناداری در عملکرد آزمون دو سرعت در گروه تمرین (۰/۰۴) ، (f=۴/۳۷، p=۰/۲۰) مشاهده شد در حالی که در گروه مکمل (f=۱/۰۶۳۶، p=۰/۹۳) و گروه تمرین به همراه مکمل (f=۰/۸۵، p=۰/۰۵) مشاهده نشد و سرعت افزایش پیدا نکرد (جدول ۶).

ارزیابی انجام شده توسط آزمون t وابسته جهت مقایسه دو سرعت نشان داد که در هیچ یک از گروه‌های تحقیق تفاوت معناداری در مقایسه با پیش آزمون مشاهده نشد (p > ۰/۰۵) (جدول ۷)

همکاران (۲۰۱۹) و گبت و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر مثبت تمرینات هوازی و ترکیبی را بر پرش عمودی گزارش کردند. اختلاف در شدت تمرین، ساختار جلسات تمرینی و نوع آزمودنی‌ها (مانند ورزشکار یا غیرورزشکار بودن) می‌تواند علت این تفاوت‌ها باشد (۲۷-۳۱). اما دلیل تناقض بعضی تحقیقات با مطالعه ما بدین صورت است که تفاوت در سن، جنسیت، سطح آمادگی جسمانی و وضعیت‌های فیزیولوژیک مانند سطح هورمون‌ها می‌تواند نتایج متفاوتی در مطالعات مختلف ایجاد کند. مطالعه ایی نشان داده است که پاسخ به تمرینات هوازی در افراد جوان‌تر با افراد مسن‌تر متفاوت است، که ممکن است باعث تناقض در نتایج مطالعه شما با سایر مطالعات شده باشد (۳۲). تفاوت در شدت، مدت و نوع تمرینات به کار رفته در مطالعات می‌تواند نتایج متفاوتی ایجاد کند. در مطالعه دیگر به این نتیجه رسیدند که تمرینات با شدت بالا نسبت به تمرینات با شدت متوسط تأثیرات متفاوتی بر عملکرد ورزشی دارد، که ممکن است یکی از دلایل تفاوت نتایج شما با دیگر مطالعات باشد (۳۳).

در آزمون مدیسن بال، تنها گروه مکمل افزایش معناداری در قدرت بالاتنه داشت، در حالی که گروه‌های تمرین و تمرین همراه مکمل تغییر معناداری نداشتند. این یافته با مطالعات ریچارد و

بحث

روش‌های ساده و موثر مانند پیاده‌روی و مصرف مکمل‌های طبیعی نظیر چای سبز برای بهبود عملکرد ورزشی ضروری است. بررسی تأثیر این مداخلات می‌تواند به ارتقای سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری‌های مزمن کمک کند بنابراین، این تحقیق به بررسی اثر ۸ هفته پیاده روی و مصرف چای سبز بر عملکرد جسمانی دانشجویان پسر غیر فعال پرداخت.

در آزمون پرش سارجنت، نتایج نشان‌دهنده عدم تغییر معنادار در هر سه گروه آزمایشی نسبت به گروه کنترل بود. این یافته‌ها با نتایج مطالعه اسمیت و همکاران (۲۰۱۸)، جانسون و همکاران (۲۰۲۰) و لی و همکاران (۲۰۱۹) همسو است که آن‌ها نیز به این نتیجه رسیدند که تمرینات هوازی به تنهایی، یا تمرینات استقامتی در دوره‌های کوتاه‌مدت، تأثیر محسوسی بر پرش عمودی ندارند. از منظر فیزیولوژیکی، پرش عمودی بیشتر به قدرت عضلات پایین‌تنه وابسته است و فعال‌سازی فیبرهای تندانقباض (Type II) در تمرینات مقاومتی اهمیت بیشتری دارد، در حالی که پیاده‌روی عمدتاً فیبرهای کندانقباض (Type I) را تحریک می‌کند و در مدت هشت هفته ممکن است هیپرتروفی یا افزایش قدرت خاصی ایجاد نشود. در مقابل، مطالعاتی مانند متسورا و

نشد، که ممکن است به دلیل عدم تطابق زمان‌بندی مصرف مکمل با نیازهای متابولیکی ورزش سرعتی باشد یا اینکه مکمل چای سبز تأثیر فوری و بارزی بر شاخص‌های مربوط به سرعت ندارد. ناهم‌سویی با مطالعه گیبالا و همکاران (۲۰۲۱) نیز می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع تمرینات (تمرین هوازی شدت بالا در مقایسه با پیاده‌روی) و جمعیت مورد مطالعه باشد (۳۹-۴۱). اما دلیل تناقض بعضی تحقیقات با مطالعه ما بدین صورت است که تفاوت در سن، جنسیت، سطح آمادگی جسمانی و وضعیت‌های فیزیولوژیک مانند سطح هورمون‌ها می‌تواند نتایج متفاوتی در مطالعات مختلف ایجاد کند. مطالعه ایی نشان داده است که پاسخ به تمرینات هوازی در افراد جوان‌تر با افراد مسن‌تر متفاوت است، که ممکن است باعث تناقض در نتایج مطالعه شما با سایر مطالعات شده باشد (۳۲). تفاوت در شدت، مدت و نوع تمرینات به کار رفته در مطالعات می‌تواند نتایج متفاوتی ایجاد کند. در مطالعه دیگر به این نتیجه رسیدند که تمرینات با شدت بالا نسبت به تمرینات با شدت متوسط تأثیرات متفاوتی بر عملکرد ورزشی دارد، که ممکن است یکی از دلایل تفاوت نتایج شما با دیگر مطالعات باشد (۳۳).

محدودیت‌های پژوهش

این پژوهش با وجود ارائه نتایج مفید، با محدودیت‌هایی نیز همراه بود. اول اینکه جمعیت نمونه تنها شامل دانشجویان پسر غیرفعال بود و نمی‌توان نتایج را به سایر گروه‌های سنی یا جنسی تعمیم داد. دوم، مدت زمان مداخله (هشت هفته) ممکن است برای بروز تغییرات فیزیولوژیکی قابل توجه در برخی شاخص‌های عملکردی کافی نبوده باشد. سوم، شدت تمرین پیاده‌روی کنترل شده و یکسان نبود و ممکن است در اثرگذاری نهایی تفاوت‌هایی بین افراد ایجاد شده باشد. در نهایت، محدودیت در ابزار اندازه‌گیری دقیق برای ارزیابی ترکیبات بدنی یا فاکتورهای خونی مرتبط با اثر مکمل چای سبز نیز از دیگر چالش‌های این پژوهش بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ۸ هفته تمرین پیاده‌روی و مصرف مکمل چای سبز به تنهایی یا به صورت ترکیبی تأثیر معناداری بر بهبود عملکرد فیزیکی در آزمون‌های پرش سار جنت و دو سرعت، در مقایسه با گروه کنترل نداشته است. به طور کلی،

همکاران (۲۰۱۹)، اسمیت و همکاران (۲۰۱۸) و مارتینز و همکاران (۲۰۲۰) هم‌راستا است که نشان دادند مصرف برخی مکمل‌ها می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد قدرتی ایفا کند، حتی در غیاب تمرین مقاومتی شدید. ترکیبات پلی‌فنولی موجود در چای سبز، مانند EGCG، با بهبود عملکرد میتوکندری و کاهش استرس اکسیداتیو ممکن است نقش مفیدی در عملکرد عضلات ایفا کنند. با این حال، در پژوهش حاضر این تأثیر تنها در گروه مکمل مشاهده شد و نه در گروه ترکیبی، که ممکن است به دلیل برهم‌کنش‌های متابولیکی و افزایش بار اکسایشی ناشی از تمرین باشد که اثربخشی مکمل را کاهش داده است. از سوی دیگر، مطالعاتی مانند وبر و همکاران (۲۰۲۰) و یوهانسون و همکاران (۲۰۱۹) به بهبود عملکرد در گروه تمرین همراه با مکمل اشاره کرده‌اند، که تفاوت در نوع مکمل، زمان مصرف، شدت تمرین و سطح آمادگی آزمودنی‌ها می‌تواند دلیل این ناهم‌سویی باشد (۳۴-۳۸). اما دلیل تناقض بعضی تحقیقات با مطالعه ما بدین صورت است که تفاوت در سن، جنسیت، سطح آمادگی جسمانی و وضعیت‌های فیزیولوژیک مانند سطح هورمون‌ها می‌تواند نتایج متفاوتی در مطالعات مختلف ایجاد کند. مطالعه ایی نشان داده است که پاسخ به تمرینات هوازی در افراد جوان‌تر با افراد مسن‌تر متفاوت است، که ممکن است باعث تناقض در نتایج مطالعه شما با سایر مطالعات شده باشد (۳۲). تفاوت در شدت، مدت و نوع تمرینات به کار رفته در مطالعات می‌تواند نتایج متفاوتی ایجاد کند. در مطالعه دیگر به این نتیجه رسیدند که تمرینات با شدت بالا نسبت به تمرینات با شدت متوسط تأثیرات متفاوتی بر عملکرد ورزشی دارد، که ممکن است یکی از دلایل تفاوت نتایج شما با دیگر مطالعات باشد (۳۳).

در آزمون دو سرعت، تنها گروه تمرین تفاوت معناداری نسبت به گروه کنترل نشان داد. این نتیجه با مطالعات ویلیامز و همکاران (۲۰۱۷)، زاجک و همکاران (۲۰۲۰) و آندرسون و همکاران (۲۰۱۹) هم‌راستا است که نشان دادند تمرینات هوازی سبک مانند پیاده‌روی می‌تواند در کوتاه‌مدت منجر به بهبود جزئی در توانایی‌های سرعتی شود. از دید فیزیولوژیکی، بهبود عملکرد در دو سرعت ممکن است به علت افزایش کارایی قلبی-عروقی، بهبود مصرف اکسیژن و تسهیل فعالیت آنزیم‌های هوازی باشد. با این حال، در گروه مکمل و تمرین به همراه مکمل تفاوتی مشاهده

6. Salaripour AA, Seif Reihani Z. Exploring the Relationship between Walkability of Neighborhoods and Mental Health (Case Study: Rasht City). *Geography and Urban Space Development*. 2024;11(2):99-118, Doi: <https://www.sid.ir/paper/1503495/en>.
7. Gholami Y, Mirzai R, Radkiani M. Modeling the factors affecting the citizens' acceptance to walk: A case study of Kashan City. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*. 2021;8(2):1-20, Doi: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2345332.1399.8.2.1.8>
8. Tremblay A, Simoneau J-A, Bouchard C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism*. 1994;43(7):814-8, Doi: [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(94\)90259-3](https://doi.org/10.1016/0026-0495(94)90259-3)
9. Miller N, Lacroix E-M, Backus JE. MEDLINEplus: building and maintaining the National Library of Medicine's consumer health Web service. *Bulletin of the Medical Library Association*. 2000;88(1):11, Doi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10658959/>
10. Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiological reviews*. 2008;88(4):1243-76, Doi: <https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2007>.
11. Roberts JD, Roberts MG, Tarpey MD, Weekes JC, Thomas CH. The effect of a decaffeinated green tea extract formula on fat oxidation, body composition and exercise performance. *Journal of the international society of sports nutrition*. 2015;12:1-9, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0062-7>
12. Musial C, Kuban-Jankowska A, Gorska-Ponikowska M. Beneficial properties of green tea catechins. *International journal of molecular sciences*. 2020;21(5):1744, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21051744>
13. Khoramipour K, Gaeini A, Amirhekmatikar A. of 4 Weeks of Morning Exercise and Green Tea Consumption on Obesity Indices in Obese Men. *Sport Sciences Quarterly*. 2021;13(42):58-71.
14. Wu D, Chen R, Zhang W, Lai X, Sun L, Li Q, et al. Tea and its components reduce the production of uric acid by inhibiting xanthine oxidase. *Food & Nutrition Research*. 2022;66, Doi: <https://doi.org/10.29219/fnr.v66.8239>

این یافته‌ها بیانگر این است که تأثیر مثبت چای سبز و تمرینات هوازی بر جنبه‌های مختلف سلامتی ممکن است وابسته به شرایط خاص یا ویژگی‌های فردی باشد و مصرف مکمل چای سبز لزوماً تأثیرات مثبت ورزش را تقویت نمی‌کند.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تشکر و قدردانی

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

منابع

1. Airhihenbuwa CO, Tseng T-S, Sutton VD, Price L. Non-Peer Reviewed: Global Perspectives on Improving Chronic Disease Prevention and Management in Diverse Settings. *Preventing chronic disease*. 2021;18, Doi: <https://doi.org/10.5888/pcd18.210055>.
2. Organization WH. Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world: World Health Organization; 2019, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514187>
3. Johnson M. Diet and nutrition: Implications to cardiometabolic health. *Journal of Cardiology and Cardiovascular Sciences*. 2019;3(2), <https://www.cardiologyresearchjournal.com/articles/diet-and-nutrition-implications-to-cardiometabolic-health.pdf>
4. Nobari H, Saedmocheshi S, Chung LH, Suzuki K, Maynar-Mariño M, Pérez-Gómez J. 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*. 2021;19(1):218, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph19010218>
5. Abbasi SE, Behleke T. The Model of Improving the Quality of Media Programs to Attract Teenagers and Young People to Participate in Sports and Physical Activity. *Communication Research*. 2023, Doi: <https://doi.org/10.22082/cr.2023.2011120.2595>

<https://doi.org/10.22034/ren.2024.141351.1058>

23. Tudor-Locke C, Aguiar EJ, Han H, Ducharme SW, Schuna JM, Barreira TV, et al. Walking cadence (steps/min) and intensity in 21–40 year olds: CADENCE-adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2019;16(1):1-11, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0769-6>

24. Uchida H, Miki A, Ida A, Igusa T, Hirao K. Effects of structured positive feedback intervention on standing reach ability among older adults admitted to a convalescent rehabilitation ward: a small-sample pilot randomized controlled trial. *European Geriatric Medicine*. 2024;1-12, Doi: <https://doi.org/10.1007/s41999-024-01094-8>

25. Syafii I, Kusnanik NW, Kusuma IDMAW, Phanpheng Y, Bulqini A, Prianto DA. The effect of two-handed overhead medicine ball throwing exercises on upper extreme muscle strength and kinematic movement in soccer throwins. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024(54):513-8, Doi: <https://doi.org/10.47197/retos.v54.103178>

26. Lambright K. THE EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING AND INTERVAL TRAINING ON SOCCER-SPECIFIC FITNESS AND SKILLS 2023, Doi: <https://shsu-ir.tdl.org/server/api/core/bitstreams/3add1917-8b24-4911-a494-900040a3941b/content>

27. ÇAKIR ATABEK H. Relationship between anaerobic power, vertical jump and aerobic performance in adolescent track and field athletes. *Journal of physical education and sport*. 2014;14(4), Doi: <http://doi.org/10.7752/jpes.2014.04100>

28. Mihalik JP, Libby JJ, Battaglini CL, McMurray RG. Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(1):47-53, Doi: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31815eee9e>

29. Degens H, Stasiulis A, Skurvydas A, Statkeviciene B, Venckunas T. Physiological comparison between non-athletes, endurance, power and team athletes. *European journal of applied physiology*. 2019;119:1377-86, doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04128-3>

30. Milanović Z, Pantelić S, Sporiš G, Mohr M, Krusturup P. Health-related physical

15. Teixeira do Amaral V, Roque Marçal I, da Cruz Silva T, Bianchi Souza F, Volpato Munhoz Y, Witzler PHC, et al. Home confinement during COVID-19 pandemic reduced physical activity but not health-related quality of life in previously active older women. *Educational Gerontology*. 2022;48(6):250-9, Doi: <https://doi.org/10.1080/03601277.2022.2031725>

16. 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;575(3):901-11, Doi: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.112094>

17. Venables MC, Hulston CJ, Cox HR, Jeukendrup AE. Green tea extract ingestion, fat oxidation, and glucose tolerance in healthy humans. *The American journal of clinical nutrition*. 2008;87(3):778-84, Doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.3.778>

18. Park H-y, Hwang H, Park J, Lee S, Lim K. The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes—a meta-analysis. *of exercise nutrition & biochemistry*. 2016;20(1):15, Doi: <https://doi.org/10.20463/jenb.2016.03.20.1.3>

19. Sugita M, Kapoor MP, Nishimura A, Okubo T. Influence of green tea catechins on oxidative stress metabolites at rest and during exercise in healthy humans. *Nutrition*. 2016;32(3):321-31, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.09.005>

20. Jówko E. Green tea catechins and sport performance. *SPORT NUTRITION*. 2015;123, Doi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26065095/>

21. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American heart association*. 2013;2(1):e004473, Doi: <https://doi.org/10.1161/jaha.112.004473>

22. Shishebori N, Fattahi Bafghi A, Hefzi J, Ebrahimi Z. The effect of 6 weeks of endurance training with berberine supplementation on the lipid profile of obese rats. *Research in Exercise Nutrition*. 2000;2(3):59-3, Doi:

38. Papadopoulou SK, Papadimitriou K, Voulgaridou G, Georgaki E, Tsofidou E, Zantidou O, et al. Exercise and nutrition impact on osteoporosis and sarcopenia—the incidence of osteosarcopenia: a narrative review. *Nutrients*. 2021;13(12):4499, Doi: <https://doi.org/10.3390/nu13124499>
39. Golpasasndi S, Abdollahpour S, Golpasandi H. High-intensity interval training combined with saffron supplementation modulates stress-inflammatory markers in obese women with type 2 diabetes. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(1):55-61, Doi: [10.34785/J019.2022.002](https://doi.org/10.34785/J019.2022.002).
40. Meyers RW, Oliver JL, Hughes MG, Lloyd RS, Cronin JB. New insights into the development of maximal sprint speed in male youth. *Strength & Conditioning Journal*. 2017;39(2):2-10, Doi: [10.1519/SSC.0000000000000290](https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000290).
41. Hedges CP, Woodhead JS, Wang H-W, Mitchell CJ, Cameron-Smith D, Hickey AJ, et al. Peripheral blood mononuclear cells do not reflect skeletal muscle mitochondrial function or adaptation to high-intensity interval training in healthy young men. *Journal of applied physiology*. 2019;126(2):454-61, Doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00777.20>
- 18 fitness in healthy untrained men: effects on VO2max, jump performance and flexibility of soccer and moderate-intensity continuous running. *PloS one*. 2015;10(8):e0135319, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135319>
31. Glaise P, Rogowski I, Martin C. Effects of Repeated High-Intensity Effort Training or Repeated Sprint Training on Repeated High-Intensity Effort Ability and In-Game Performance in Professional Rugby Union Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2024;38(5):932-40, Doi: <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000004725>
32. Shen D, Yao X, Bao D. The trade-off between design fixation and quality: Physical objects or multiperspective pictures? *Plos one*. 2021;16(7):e0254933, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254933>
33. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exercise and sport sciences reviews*. 2008;36(2):58-63, Doi: <https://doi.org/10.1097/jes.0b013e318168ec1f>
34. Hinkley JM, Morton AB, Ichinoseki-Sekine N, Huertas AM, Smuder AJ. Exercise training prevents doxorubicin-induced mitochondrial dysfunction of the liver. *Medicine and science in sports and exercise*. 2019;51(6):1106, Doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000188>
- 7 35. Eckerson JM, Riesberg LA, Serreyn K, Yee J, Moore GA, Katsavelis D, et al. The Effect of Creatine Supplementation on Upper Body Strength and Immune Function in Men: 3603 Board# 50 June 3 9 30 AM-11 00 AM. *Medicine and science in sports and exercise*. 2017;49(5S):1027, Doi: <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000519818.85050.02>
36. Herzog G, Zuckerman A, Ram O, Matar MA, Kaplan Z, Geva AB, et al. The effect of low-pressure blast-wave exposure on middle aged rats. *Arch Depress Anxiety*. 2020;6:066-78, Doi: <https://dx.doi.org/10.17352/ada>
37. Hsu C-H, Tsai T-H, Kao Y-H, Hwang K-C, Tseng T-Y, Chou P. Effect of green tea extract on obese women: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Clinical nutrition*. 2008;27(3):363-70, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.03.007>

بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار

سعید ایل بیگی[✉]، زهره تراب بیگی^۱، مرضیه ثاقب جو^۱، مژگان جعفری^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

۱- گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

silbeigi@birjand.ac.ir

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی اکسیدانی تام و مالون دی آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار بود.

روش شناسی: این مطالعه تصادفی یک سوکور کنترل شده با دارونما روی ۲۱ کاراته کای زن انجام شد که به دو گروه دریافت کننده روزانه ۲ گرم ال-کارنیتین (۱۴ روز) یا دارونمای ناشسته تقسیم شدند. پیش از مداخله VO_{2max} و شاخص های استرس اکسیداتیو (TAC/MDA) ارزیابی شدند. در روز پانزدهم پس از خون گیری ناشتا، تست استقامتی اجرا و خون گیری در چهار بازه (پیش تست، ۵ دقیقه، ۲ ساعت، ۲۴ ساعت پس تست) انجام شد. تحلیل داده ها با ANOVA اندازه گیری مکرر (SPSS v24، $\alpha=0.05$) صورت گرفت.

یافته ها: مصرف دو هفته ای ال-کارنیتین موجب افزایش معنادار TAC نسبت به گروه پلاسبو در زمان های قبل از فعالیت ($p<0.05$) و ۲۴ ساعت پس از فعالیت ($p<0.05$) شد. همچنین در گروه ال-کارنیتین، سطح TAC در تمامی اندازه گیری های پس از فعالیت نسبت به خط پایه افزایش چشمگیری داشت ($p<0.001$) و سطح MDA ۲۴ ساعت پس از فعالیت به طور معناداری کمتر از گروه پلاسبو بود ($p<0.001$ ، $t=43.36$).

نتیجه گیری: دو هفته مصرف ال-کارنیتین باعث حفظ ظرفیت آنتی اکسیدانی بالاتر و کاهش پراکسیداسیون چربی ها پس از فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته کار شد. این مکمل می تواند در مدیریت استرس اکسیداتیو ناشی از تمرین شدید مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: استرس اکسیداتیو، ال-کارنیتین، آنتی اکسیدان تام، عملکرد هوازی، مالون دی آلدئید.

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

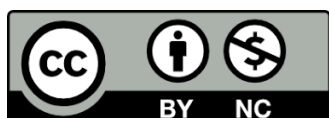
تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Ilbeigi S, Torab beygi Z, Saghebjo M, Jafari M. Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes. **Research in Exercise Nutrition**. 2024;3(4):13-23. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>



Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes

Saeed Ilbeigi¹, Marziyeh Saghebjo¹, Zohreh Torab Beigi¹, Mozhgan Jafari¹

Received: 2025/05/03

Accepted: 2025/07/17

Abstract

Aim: The present study aimed to investigate the effect of two-week L-carnitine supplementation on serum total antioxidant capacity (TAC) and malondialdehyde levels following acute aerobic exercise in female karate athletes.

Methodology: This single-blind, randomized, placebo-controlled trial involved 21 female karate practitioners randomly assigned to two groups: one receiving 2 g/day of L-carnitine and the other receiving a starch placebo for 14 days. Pre-intervention assessments included maximal oxygen consumption (VO₂max) and oxidative stress markers (TAC and MDA). On day 15, fasting blood samples were collected, followed by an endurance test, with additional blood sampling at four intervals: pre-test, 5 minutes post-test, 2 hours post-test, and 24 hours post-test. Data analysis was performed using repeated measures ANOVA (SPSS v24, $\alpha=0.05$).

Results: Two-week L-carnitine supplementation significantly increased Total Antioxidant Capacity (TAC) compared to the placebo group both pre-exercise ($*p<0.05$) and 24 hours post-exercise ($*p<0.05$). Within the L-carnitine group, TAC levels demonstrated a significant increase at all post-exercise timepoints relative to baseline ($p<0.001$). Additionally, Malondialdehyde (MDA) levels 24 hours post-exercise were significantly lower in the L-carnitine group versus placebo ($t = 3.36, p<0.001$).

Conclusion: Two weeks of L-carnitine supplementation helped maintain higher antioxidant capacity and reduced lipid peroxidation following intense aerobic exercise in female karate athletes. This supplement appears to be effective in managing oxidative stress induced by strenuous training.

Keywords: Oxidative stress, L-carnitine, Total antioxidant capacity, Aerobic performance, Malondialdehyde

1- Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

✉ Corresponding author:

silbeigi@birjand.ac.ir

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>

Copyright ©The authors



Citation:

Ilbeigi S, Torab beygi Z, Saghebjo M, Jafari M. Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):13-23. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143618.1090>

مقدمه

فعالیت ورزشی شدید، به ویژه فعالیت‌های هوازی طولانی مدت، موجب افزایش قابل ملاحظه مصرف اکسیژن در عضلات اسکلتی می‌شود (۱). این افزایش متابولیسم اکسیژن منجر به تولید بیشتر رادیکال‌های آزاد و ایجاد حالتی به نام استرس اکسیداتیو می‌شود؛ یعنی عدم تعادل به نفع اکسیدان‌ها در مقابل آنتی‌اکسیدان‌ها (۲).

یکی از شاخص‌های مهم استرس اکسیداتیو، مالون‌دی‌آلدئید (MDA) است که محصول تخریب پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی به دلیل واکنش با رادیکال‌های آزاد است (۴). افزایش سطح MDA در خون نشان‌دهنده آسیب اکسیداتیو به ساختار سلولی و غشاهاست. بررسی‌ها نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی شدید می‌تواند سطح MDA را به طور معنی‌داری افزایش دهد (۵).

در مقابل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام (TAC) شاخصی است که وضعیت دفاع آنتی‌اکسیدانی کل بدن را اندازه‌گیری می‌کند. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی می‌تواند منجر به افزایش موقت TAC به عنوان یک واکنش دفاعی بدن در برابر استرس اکسیداتیو شود، اما این افزایش ممکن است تنها در ساعات اولیه پس از فعالیت دیده شود و در طول زمان کاهش یابد (۶).

در این شرایط، مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به عنوان یک استراتژی موثر در کاهش استرس اکسیداتیو و پیشگیری از آسیب‌های ناشی از آن مطرح شود (۷). یکی از این مکمل‌ها، ال-کارنیتین است که یک ترکیب طبیعی از سنتز اسیدهای آمینه ضروری لیزین و متیونین یا از طریق رژیم غذایی به دست می‌آید (۸). علاوه بر نقش اصلی آن در انتقال اسیدهای چرب بلند به میتوکندری برای اکسیداسیون انرژی، مطالعات متعددی خاصیت آنتی‌اکسیدانی ال-کارنیتین را گزارش کرده‌اند (۸-۱۰).

در همین راستا احمد و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر مکمل ترکیبی ال-کارنیتین و تمرینات با شدت متوسط بر استرس اکسیداتیو، پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در افراد دارای اضافه وزن و چاق انجام دادند که نتایج نشان داد که مکمل ترکیبی ال-کارنیتین و تمرینات با شدت متوسط به تنهایی و با ترکیب با یکدیگر باعث کاهش مالون‌دی‌آلدئید شد (۱۱). باغبان و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر مکمل ال-کارنیتین بر شاخص‌های التهابی و استرس اکسیداتیو در زنان چاق مبتلا به آرتروز زانو تحت رژیم کم‌کالری را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مصرف ۱۲ هفته‌ای ۱۰۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین روزانه همراه با رژیم کم‌کالری منجر به کاهش معنی‌داری در مالون‌دی‌آلدئید (MDA)

نسبت به گروه دارونما شد (۱۲). سکندری و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر فعالیت ورزشی استقامتی طولانی مدت را بر شاخص‌های استرس اکسیداتیو بررسی کرده و نشان دادند که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام ورزشکاران، بلافاصله پس از تست افزایش یافته و تا یک ساعت بعد نیز در این سطوح باقی ماند. در این طرح میزان آسیب‌های ایجاد شده توسط استرس اکسیداتیو با ارزیابی پراکسیداسیون چربی، هم در انتهای تست و هم در دوره ریکاوری به طور معنی‌داری بالا بود در مقابل، TAC بلافاصله پس از تست و تا ۴۸ ساعت پس از آن نیز افزایش یافت (۱۳). کشنی و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر مکمل‌دهی ال-کارنیتین بر شاخص‌های التهابی، استرس اکسیداتیو و پیامدهای بالینی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بعد از ۷ روز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC) بهبود یافت (۱۴).

با این حال، تعداد محدودی از مطالعات به طور مستقیم به بررسی تأثیر مصرف ال-کارنیتین بر سطوح سرمی MDA و TAC متعاقب فعالیت هوازی شدید در ورزشکاران پرداخته‌اند (۱۵). به ویژه، هیچ مطالعه‌ای یافت نشد که به صورت خاص به بررسی این تأثیر در دختران ورزشکار، به ویژه کاراته‌کاران، پرداخته باشد.

بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین بر سطوح سرمی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و مالون‌دی‌آلدئید متعاقب فعالیت هوازی شدید در دختران کاراته‌کار طراحی و اجرا شده است.

روش‌شناسی

روش تحقیق از نوع نیمه‌تجربی با طرح اندازه‌گیری مکرر با گروه کنترل بود. این تحقیق به صورت انتخاب تصادفی و یک سویه‌کور با دو گروه دارونما و مکمل انجام شد. جامعه آماری این مطالعه دختران کاراته کار شهر مشهد بودند که طی اطلاعیه‌ای از آنها جهت شرکت در طرح حاضر، دعوت به عمل آمد و از داوطلبین خواسته شد تا در تاریخ معینی در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی، حضور داشته باشند و از بین آنها افرادی که دارای معیارهای ورود به تحقیق بودند، انتخاب شدند. در این مطالعه، معیارهای ورود شامل دختران سالم ۱۸ تا ۳۰ ساله با سابقه حداقل دو سال فعالیت منظم در رشته کاراته بودند که دارای شاخص توده بدنی (BMI) در محدوده نرمال (۱۸.۵ تا ۲۴.۹) و حداکثر اکسیژن مصرفی افراد بالای ۴۰ ml/kg/min بودند. شرکت‌کنندگان باید بدون سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت، بیماری‌های کبدی یا کلیوی و هیچ‌گونه حساسیت شناخته‌شده به مکمل‌های غذایی باشند. همچنین، عدم مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی یا ورزشی

پس از گذشت دو ساعت خون‌گیری بار چهارم و خون‌گیری آخر پس از گذشت ۲۴ ساعت (در حالت ناشتا) از اجرای پروتکل اصلی در محل آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی، از آزمودنی‌ها به عمل آمد. نمونه‌های خونی در حالت نیمه‌خوابیده گرفته شدند و بلافاصله پس از گرفتن، در لوله‌های حاوی ضدانعقاد (لیتیوم هپارین) قرار داده شدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه). سرم و پلاسما جدا شده و در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. برای اندازه‌گیری مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان شاخص استرس اکسیداتیو از روش تیوباربیتوریک اسید (TBARS) استفاده شد. این آزمایش به صورت دستی و با استفاده از طیف‌سنج جذبی (اسپکتروفتومتری) در طول موج ۵۳۲ نانومتر انجام شد. متغیر مورد اندازه‌گیری، سرم بود (۱۶). اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی تام سرم به روش اسپکتروفتومتر و با استفاده از کیت Randox Laboratories crumliun uk صورت گرفت (۱۷). تمامی مواد و واکنش‌دهنده‌ها مطابق با دستورالعمل سازنده کیت‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

روش آماری

برای تحلیل داده‌ها ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها با استفاده از روش‌های آمار توصیفی مورد تحلیل قرار گرفت. سپس برای اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و برای ارزیابی ایجاد شده در متغیرهای وابسته از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ با سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول ۲ اطلاعات توصیفی مربوط به سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها در دو گروه ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات جدول ۱ در پنج متغیر آنتروپومتریکی و فیزیولوژیکی، هر دو گروه تقریباً در یک سطح قرار دارند. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ آمده و نشان داد داده‌ها توزیع نرمال دارند ($P > 0.05$).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در گروه ال-کارنیتین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام بلافاصله قبل از فعالیت، بلافاصله، ۲ و ۲۴ ساعت بعد از فعالیت نسبت به دو هفته قبل از

در سه ماه گذشته، عدم مصرف داروهای خاص مانند ضدالتهابی‌ها، استاتین‌ها یا سایر داروهای موثر بر متابولیسم عضلانی در یک ماه قبل از آزمایش، و عدم سابقه مصرف ال-کارنیتین از دیگر معیارهای ورود به تحقیق به شمار می‌رفت. شرکت‌کنندگان باید تمایل و تعهد لازم برای شرکت در تمامی مراحل تحقیق از جمله تست‌های خونی و اجرای تست دوییدن استقامتی را داشته باشند. در همین راستا، عدم تمایل فرد به ادامه شرکت در تحقیق؛ بروز عوارض جانبی قابل توجه پس از مصرف مکمل؛ و مصرف نکردن بیش از ۲۰٪ دوزهای تعیین‌شده مکمل، به عنوان معیارهای خروج از پژوهش در نظر گرفته شد. ابتدا فرم رضایت‌نامه کتبی و سپس PAR-Q را با در نظر گرفتن معیارهای ورود به طرح تکمیل نمودند. از افراد واجد شرایط (با توجه به پرسش‌نامه تکمیلی توسط آن‌ها) تست بالک، جهت برآورد میزان حداکثر اکسیژن مصرفی به عمل آمد. کسانی که حداکثر اکسیژن مصرفی بالای ml/kg/min 40 داشته و حائز شرایط ورود به طرح بودند، جدا شده و از بین آنها ۲۱ نفر به طور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب و به صورت تصادفی در دو گروه مکمل $n=10$ و دارونما $n=11$ قرار گرفتند.

پس از پرکردن فرم رضایت‌نامه و اطلاع از هدف و روند انجام پژوهش، ابتدا آزمودنی‌ها قبل از شروع مکمل‌دهی و اجرای فعالیت هوازی با هماهنگی قبلی برای اولین خون‌گیری در آزمایشگاه حاضر و هفت سی‌سی نمونه خونی از ورید جلوی آرنج گرفته شد. در این مطالعه، آزمودنی‌ها به مدت ۱۴ روز روزانه دو بار و هر بار یک گرم ال-کارنیتین در گروه مکمل و دو بار و هر بار یک گرم نشاسته در گروه دارونما به صورت کپسول خوراکی مصرف کردند. به شرکت‌کنندگان دستور داده شد که اولین دوز را در زمان صبحانه و دومی را چهار ساعت بعد مصرف کنند. این روش مکمل‌دهی بر اساس پروتکلی بود که قبلاً نشان داده شده بود موجب افزایش بازداری کارنیتین در بدن در طول ۱۴ روز می‌شود (۱۵). سپس در روز پانزدهم قبل از اجرای تست استقامتی (دویدن مسافت ۱۴ کیلومتر) خون‌گیری به صورت ناشتا انجام شد، سپس آزمودنی‌ها صبحانه یکسان مصرف کرده و بعد از دو و نیم ساعت آزمون هوازی اصلی را انجام دادند. در مرحله بعد آزمودنی‌ها یک مسافت ۷ کیلومتری را با حداکثر ضربان قلب خود دو دور دویدند (۱۴ کیلومتر) (کنترل با ضربان سنج) و بلافاصله پس از اجرای آزمون استقامتی خون‌گیری بار سوم انجام گرفت.

داشته است ($P < 0.05$). و در سایر مقایسات زوجی تفاوت‌ها معنی‌دار نبود.

با توجه به همین جدول در گروه پلاسبو نیز میزان مالون‌دی‌آلدئید در بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد نسبت به دوهفته قبل از فعالیت افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). همچنین میزان این متغیر در ۲۴ ساعت پس از فعالیت نسبت به بلافاصله قبل از فعالیت نیز افزایش معنی‌داری داشته است و در سایر مقایسات زوجی تفاوت‌ها معنادار نبود. همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود آزمون t مستقل با مقایسه میزان مالون دی آلدئید گروه ال کارنیتین و گروه پلاسبو نشان داد که بین میزان مالون دی آلدئید خون آزمودنی‌های این دو گروه در ۲۴ ساعت پس از فعالیت هوازی شدید تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در گروه پلاسبو مقدار آن به طور معنی‌داری بیشتر بود.

فعالیت افزایش معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). و در سایر مقایسات زوجی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در گروه پلاسبو میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام بلافاصله و ۲ ساعت بعد از فعالیت نسبت به دو هفته قبل از فعالیت کاهش معنی‌داری داشته است. آزمون t مستقل با مقایسه میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام گروه ال کارنیتین و پلاسبو نشان داد که بین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی تام خون آزمودنی‌های این دو گروه در بلافاصله قبل از فعالیت و ۲۴ ساعت پس از فعالیت تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در گروه کارنیتین مقدار آن بیشتر است. با توجه به جدول ۵ نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در گروه ال-کارنیتین میزان مالون‌دی‌آلدئید در بلافاصله بعد از فعالیت نسبت به ۲ هفته و بلافاصله قبل از فعالیت افزایش معنی‌داری

جدول ۱: اطلاعات توصیفی مربوط به قد، وزن، شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها

متغیر	گروه	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	پلاسبو	۲۲	۰/۱۰
	ال کارنیتین	۲۲/۱۰	۱/۲۰
قد (cm)	پلاسبو	۱۸۰/۹۰	۱/۱۹
	ال کارنیتین	۱۸۰/۲۰	۲/۰۰
وزن (kg)	پلاسبو	۷۴/۱۰	۲/۶۴
	ال کارنیتین	۷۲/۵۰	۲/۳۰
شاخص توده (کیلوگرم بر مترمربع)	پلاسبو	۲۳/۶۰	۰/۰۳
	ال کارنیتین	۲۲/۸۰	۰/۳۷
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر - کیلوگرم در دقیقه)	پلاسبو	۴۳/۰۰	۱/۰۸
	ال کارنیتین	۴۳/۹۰	۰/۵۳

جدول ۲: آزمون کلموگروف-اسمیرنف

زمان اندازه گیری		مالون دی آلدئید		ظرفیت آنتی اکسیدانی تام	
		sig	Z	sig	Z
دو هفته قبل	ال کارنیتین	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۸۷	۰/۴۳
از فعالیت	پلاسبو	۰/۸۷	۰/۴۲	۰/۸۰	۰/۵۳
بلافاصله قبل	ال کارنیتین	۰/۶۳	۰/۸۲	۰/۵۴	۰/۹۲
از فعالیت	پلاسبو	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۸۷
بلافاصله بعد	ال کارنیتین	۰/۶۴	۰/۸۰	۰/۳۵	۱/۰۰
از فعالیت	پلاسبو	۰/۵۴	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۶۳
۲ ساعت بعد	ال کارنیتین	۰/۴۷	۰/۹۸	۰/۶۸	۰/۷۳
از فعالیت	پلاسبو	۰/۴۷	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۳۲
۲۴ ساعت	ال کارنیتین	۰/۵۰	۰/۹۶	۰/۳۹	۰/۹۹
بعد از فعالیت	پلاسبو	۰/۷۰	۰/۷۰	۱/۰۱	۰/۲۵

جدول ۳: تفاوت های درون گروهی در غلظت TAC (میکرومول بر لیتر)

زمان های اندازه گیری	تفاوت میانگین	انحراف استاندارد	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۴۲۰/۹۰	۱۵۳/۴۶	۰/۲۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۱۴۰	۲۰۰/۶۱	۰/۰۰۱*
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۸۱۷/۲۷	۱۱۵/۷۹	۰/۰۰۱*
بلافاصله بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۲۲۱	۲۰۰/۰۳	۰/۰۰۱*
دو هفته قبل از فعالیت - ۲ - پلاسبو	-۷۲۴/۵۴	۱۰۰/۵۷	۰/۰۰۱*
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۱۵۲	۱۷۵/۸۳	۰/۰۰۱*
دو هفته قبل از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	-۱۹۵/۴۵	۲۶۲/۳۴	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۱۴۱	۲۰۰/۹۱	۰/۰۰۱*
بلافاصله قبل از فعالیت - پلاسبو	-۳۹۶/۳۶	۱۴۲/۵۰	۰/۱۹
بلافاصله بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۸۱	۲۱۸/۸۷	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲ - پلاسبو	-۳۰۳/۶۳	۱۴۳/۳۵	۰/۶۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱۲	۱۹۷/۰۲	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	۲۲۵/۴۵	۲۵۲/۳۹	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱	۱۹۲/۸۷	۱/۰۰
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲ - پلاسبو	۹۲/۷۲	۶۲/۳۷	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۶۹	۱۸۷/۷۱	۱/۰۰
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	۶۲۱/۸۱	۲۵۸/۵۲	۰/۳۷
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۸۰	۱۸۱/۱۸	۱/۰۰
۲ ساعت بعد از فعالیت - ۲۴ - پلاسبو	۵۲۹/۰۹	۲۸۶/۰۵	۰/۹۴
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۱۱	۲۰۹/۳۴	۱/۰۰

جدول ۴: تفاوت های بین گروهی غلظت TAC (میکرومول بر لیتر) در دفعات مختلف اندازه گیری

دفعات اندازه گیری	تفاوت میانگین	درجه آزادی	T	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت - بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	-۱۶۷/۰۹	۱۹	-۱/۰۶	۰/۲۹

بلافاصله قبل از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۵۵۲/۰۰	۱۹	۲/۲۵	*۰/۰۳
بلافاصله بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۲۳۶/۶۳	۱۹	۰/۹۸	۰/۳۳
۲ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۲۶۰/۳۶	۱۹	۱/۱۸	۰/۲۵
۲۴ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۲۷۸/۴۵	۱۹	۲/۴۹	*۰/۰۲

جدول ۵: تفاوت‌های درون گروهی مالون دی آلدئید (میکرومول بر لیتر)

زمان‌های اندازه‌گیری	تفاوت میانگین	اشتباه استاندارد	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۰/۲۹	۰/۳۳	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - ال کارنیتین	۰/۰۹۹	۰/۱۷	۱/۰۰
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۱/۳۶	۰/۳۲	*۰/۰۱
بلافاصله قبل از فعالیت - ال کارنیتین	-۱/۰۶	۰/۲۶	*۰/۰۳
دو هفته قبل از فعالیت - پلاسبو	-۱/۹۷	۰/۶۸	۰/۱۶
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲ ال کارنیتین	-۰/۹۰	۰/۳۸	۰/۴۴
دو هفته قبل از فعالیت - ۲۴ پلاسبو	-۱/۷۸	۰/۲۸	*۰/۰۱
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۰/۴۷	۰/۳۴	۱/۰۰
بلافاصله قبل از فعالیت - پلاسبو	-۱/۰۶	۰/۳۱	۰/۰۶
بلافاصله بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱/۱۶	۰/۲۰	*۰/۰۱
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲ پلاسبو	-۱/۶۷	۰/۵۴	۰/۱۱
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۱/۰۰	۰/۲۹	۰/۰۷
بلافاصله قبل از فعالیت - ۲۴ پلاسبو	-۱/۴۸	۰/۲۹	*۰/۰۱
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	-۰/۵۷	۰/۲۵	۰/۴۵
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲ پلاسبو	-۰/۶۰	۰/۶۳	۱/۰۰
ساعت بعد از فعالیت - ال کارنیتین	۰/۱۶	۰/۴۰	۱/۰۰
بلافاصله بعد از فعالیت - ۲۴ پلاسبو	۰/۴۱	۰/۳۱	۱/۰۰

ساعت بعد فعالیت	ال کارنیتین	۰/۵۸	۰/۲۹	۰/۷۴
۲ ساعت بعد از فعالیت - ۲۴	پلاسبو	-۰/۱۹	۰/۵۰	۱/۰۰
ساعت بعد فعالیت	ال کارنیتین	۰/۴۲	۰/۳۵	۱/۰۰

جدول ۶: تفاوت های بین گروهی مالون دی آلدئید (میکرومول برلیتر) در دفعات مختلف اندازه گیری

دفعات اندازه گیری	تفاوت میانگین	درجه آزادی	T	میزان معنی داری
دو هفته قبل از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	۰/۵۷	۰/۵۷
بلافاصله قبل از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۱/۳۱	۰/۲۰
بلافاصله بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۰/۳۹	۰/۷۰
۲ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۱/۳۴	۰/۱۹
۲۴ ساعت بعد از فعالیت	بین گروه پلاسبو و ال کارنیتین	۱۹	-۳/۳۶	۰/۰۰۱*

بحث

یافته‌های مربوط به ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (TAC) نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مصرف ۲ هفته ال-کارنیتین باعث افزایش معنی دار TAC در زمان‌های بلافاصله قبل از فعالیت و ۲۴ ساعت پس از آن نسبت به گروه دارونما شد. همچنین، در حالی که در گروه دارونما سطح TAC ۲۴ ساعت پس از فعالیت کاهش یافت، در گروه مصرف کننده ال-کارنیتین این شاخص همچنان در سطح بالایی باقی ماند. این یافته با نتایج مطالعه سکندری و همکاران (۲۰۰۸) (۱۳) و کشنی و همکاران (۲۰۲۴) (۱۴) همخوانی دارد که افزایش TAC را پس از مصرف ال-کارنیتین گزارش کردند. همچنین، احمد و همکاران (۲۰۲۳) (۱۱) نیز نشان دادند که مصرف مکمل ال-کارنیتین به صورت تلفیقی با تمرینات متوسط موجب بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی بدن می‌شود. با این حال، برخی مطالعات نتایج

متفاوتی را گزارش کرده‌اند. به عنوان مثال، مطالعاتی که بدون استفاده از مکمل و در شرایطی با فعالیت شدید انجام شده‌اند، کاهش موقت TAC را گزارش کرده‌اند (۱۵). این تفاوت می‌تواند به دلیل نوع فعالیت، مدت زمان مداخله، دوز مصرفی مکمل، یا ویژگی‌های فیزیولوژیکی افراد باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که مصرف ال-کارنیتین نه تنها به افزایش پاسخ آنتی اکسیدانی بدن به عنوان یک خط دفاعی در مقابل استرس اکسیداتیو کمک می‌کند، بلکه این حالت را تا ۲۴ ساعت بعد از فعالیت حفظ می‌کند. این موضوع اهمیت مکمل ال-کارنیتین را در دوره ریکاوری پس از فعالیت‌های ورزشی شدید برجسته می‌کند.

یافته‌های مربوط به مالون دی آلدئید (MDA) در این مطالعه، سطح MDA در هر دو گروه پس از فعالیت افزایش یافت، اما در گروه مصرف کننده ال-کارنیتین، این افزایش

(CAT)، ظرفیت دفاع آنزیمی بدن در مقابل ROS را افزایش می‌دهد (۱۴).

علاوه بر این، ال-کارنیتین با بهینه‌سازی فرآیند اکسیداتیو فسفوریلاسیون و کاهش نشت الکترون از زنجیره انتقال الکترون میتوکندریایی، تولید ROS را در منبع اصلی آن کاهش می‌دهد (۱۹). این مکانیسم‌های عمل باعث بهبود تعادل اکسیدان-آنتی‌اکسیدان در سطح سلولی شده و موجب حفاظت از غشاء سلولی، DNA میتوکندریایی و سایر ماکرومولکول‌های حیاتی در برابر آسیب اکسیداتیو می‌گردند. بنابراین، افزایش TAC و کاهش MDA مشاهده شده در گروه مصرف‌کننده ال-کارنیتین در این مطالعه، انعکاس‌کننده فعال‌سازی این مسیرهای آنتی‌اکسیدانی و محافظتی در پاسخ به فعالیت هوازی شدید است (۹، ۲۰).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که مصرف دو هفته مکمل ال-کارنیتین باعث افزایش سطوح سرمی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام و جلوگیری از افزایش معنی‌دار مالون دی‌آلدئید می‌شود.

تعارض منافع

بنابر بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچگونه تعارض منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

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

به طور معنی‌داری کمتر بود. همچنین، ۲۴ ساعت پس از فعالیت، سطح MDA در گروه مکمل به سطح اولیه خود بازگشت، در حالی که در گروه دارونما هنوز در حد بالایی قرار داشت. این یافته با مطالعات احمد و همکاران (۲۰۲۳) (۱۱)، باغبان و همکاران (۲۰۲۱) (۱۲) و کشنی و همکاران (۲۰۲۴) (۱۴) همخوانی دارد که کاهش معنی‌دار MDA را پس از مصرف ال-کارنیتین مشاهده کرده‌اند. این موارد حاکی از اثرات آنتی‌اکسیدانی مستحکم ال-کارنیتین در کاهش استرس اکسیداتیو است. اما در برخی مطالعات، تأثیر ال-کارنیتین بر MDA معنی‌دار نبوده است (۱۸). این تناقض ممکن است به دلیل تفاوت در نوع ورزش (استقامتی VS. مقاومتی)، دوز مصرفی، مدت زمان مداخله یا ویژگی‌های جمعیتی افراد باشد.

این نتایج نشان می‌دهد که مصرف ال-کارنیتین می‌تواند از پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از فعالیت شدید جلوگیری کند و به کاهش آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو کمک کند. از دیدگاه بیوشیمیایی، ال-کارنیتین نه تنها نقش حمل اسیدهای چرب بلند زنجیر را از طریق غشای میتوکندریایی داخلی بر عهده دارد، بلکه از طریق تعدیل فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی و تعامل مستقیم با گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، به کاهش استرس اکسیداتیو کمک می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که ال-کارنیتین قادر است رادیکال‌های آزاد مانند آنیون سوپراکسید (O_2^-) و رادیکال هیدروکسیل ($OH^\bullet$) را خنثی کند و از پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کند (۱۱). همچنین، این مکمل با القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کلیدی مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPx) و کاتالاز

منابع

through sub1A QTL under salinity. *Plant Stress*. 2024;11:100422, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100422> .

4. Mohideen K, Chandrasekar K, Ramsridhar S, Rajkumar C, Ghosh S, Dhungel S. Assessment of oxidative stress by the estimation of lipid peroxidation marker malondialdehyde (MDA) in patients with chronic periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Dentistry*. 2023;2023(1):6014706, Doi: <https://doi.org/10.1155/2023/6014706> .

5. Thirupathi A, Wang M, Lin JK, Fekete G, István B, Baker JS, et al. Effect of different exercise modalities on oxidative stress: a systematic review. *BioMed Research*

1. Morillas-Ruiz J, García JV, López F, Vidal-Guevara M, Zafrilla P. Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clinical Nutrition*. 2006;25(3):444-53, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2005.11.007> .

2. Masenga SK, Kabwe LS, Chakulya M, Kirabo A. Mechanisms of oxidative stress in metabolic syndrome. *International journal of molecular sciences*. 2023;24(9):7898, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24097898> .

3. Das A, Pal S, Chakraborty N, Hasanuzzaman M, Adak MK. Regulation of reactive oxygen species metabolism and oxidative stress signaling by abscisic acid pretreatment in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings

- antioxidant capacity during ultramarathon foot race. *European journal of clinical investigation*. 2008;38(3):159-65, Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2007.01917.x> .
14. Keshani M, Alikiaii B, Babaei Z, Askari G, Heidari Z, Sharma M, et al. The effects of L-carnitine supplementation on inflammation, oxidative stress, and clinical outcomes in critically ill patients with sepsis: a randomized, double-blind, controlled trial. *Nutrition Journal*. 2024;23(1):31, doi: <https://doi.org/10.1186/s12937-024-00934-4> .
15. Cao Y, Qu H-j, Li P, Wang C-b, Wang L-x, Han Z-w. Single dose administration of L-carnitine improves antioxidant activities in healthy subjects. *The Tohoku journal of experimental medicine*. 2011;224(3):209-13, Doi: <https://doi.org/10.1620/tjem.224.209> .
16. MOHAMMADI AZ, KHADEM AM, JALALI KB, MOSADEGH MJM, MAHDAVI SM. Evaluation of serum malondialdehyde spectrophotometrically and high performance liquid chromatography and its relationship with coronary artery disease. 2009, Doi: <https://www.sid.ir/paper/63853/en> .
17. Amiri mandoulakani E, azali alamdari k, Fakhrpour r. The effect of eight weeks of HIIT with chlorella supplementation on serum levels of malondialdehyde and total antioxidant capacity in obese and overweight middle-aged women. *Metabolism and Exercise*. 2023;13(1):35-55, doi: <https://doi.org/10.22124/jme.2023.23859.240> .
18. Ascensão A, Ferreira R, Magalhães J. Exercise-induced cardioprotection—biochemical, morphological and functional evidence in whole tissue and isolated mitochondria. *International journal of cardiology*. 2007;117(1):16-30, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.04.076> .
19. Modanloo M, Shokrzadeh M. Analyzing mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and apoptosis: potential role of L-carnitine. *Iranian journal of kidney diseases*. 2019;13(2):74, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30988244/> .
20. Fathizadeh H, Milajerdi A, Reiner Ž, Amirani E, Asemi Z, Mansournia MA, et al. The effects of L-carnitine supplementation on indicators of inflammation and oxidative stress: *International*. 2021;2021(1):1947928, Doi: <https://doi.org/10.1155/2021/1947928> .
6. Ye Y, Lin H, Wan M, Qiu P, Xia R, He J, et al. The effects of aerobic exercise on oxidative stress in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*. 2021;12:701151, Doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.701151> .
7. Vincent HK, Bourguignon CM, Vincent KR, Weltman AL, Bryant M, Taylor AG. Antioxidant supplementation lowers exercise-induced oxidative stress in young overweight adults. *Obesity*. 2006;14(12):2224-35, Doi: <https://doi.org/10.1038/oby.2006.261> .
8. Prakash N, Ghosal S, Maity M. A Review on Therapeutic Effects of L-Carnitine: An Update. *Journal of Advanced Zoology*. 2023;44, Doi: 10.17762/jaz.v44is6.2700.
9. Wang W, Pan D, Liu Q, Chen X, Wang S. L-carnitine in the treatment of psychiatric and neurological manifestations: a systematic review. *Nutrients*. 2024;16(8):1232, Doi: <https://doi.org/10.3390/nu16081232> .
10. Mateus FG, Moreira S, Martins AD, Oliveira PF, Alves MG, Pereira MdL. L-carnitine and male fertility: is supplementation beneficial? *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(18):5796, Doi: <https://doi.org/10.3390/jcm12185796> .
11. Ahmad NS, Samsudin N, Ooi FK, Kadir AA, Kassim NK. Effects of Combined L-Carnitine Supplementation and Moderate-Intensity Exercises on Oxidative Stress, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Responses in Overweight and Obese Individuals: A Randomized Controlled Trial. *IJUM Medical Journal Malaysia*. 2023;22(2), Doi: <https://doi.org/10.31436/imjm.v22i2.2186> .
12. Baghban F, Hosseinzadeh M, Mozaffari-Khosravi H, Dehghan A, Fallahzadeh H. The effect of L-Carnitine supplementation on clinical symptoms, C-reactive protein and malondialdehyde in obese women with knee osteoarthritis: a double blind randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22:1-9, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04059-1> .
13. Skenderi K, Tsironi M, Lazaropoulou C, Anastasiou C, Matalas AL, Kanavaki I, et al. Changes in free radical generation and

94, doi: <https://doi.org/10.1007/s40200-020-00627-9> .

a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Diabetes & Metabolic Disorders. 2020;19:1879-

اثر تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین بر احساس گرسنگی، بهره سیری وعده غذایی و بیان ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در پلاسمای زنان چاق

ندا ابراهیم پور^۱، یوسف صابری^۱، کریم آزالی علمداری^{۱*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۴

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

۲- نویسنده مسئول: ✉

k.azali@azaruniv.ac.ir

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

چکیده

هدف: بررسی اثرات هشت هفته تمرین هوازی با و بدون مکمل آرژنین بر احساس گرسنگی، بهره سیری وعده غذایی و بیان ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در پلاسمای زنان چاق بود.

روش شناسی: ۴۸ زن غیرفعال داوطلب (سن $41/69 \pm 57/41$ سال و شاخص توده بدنی $34/09 \pm 1/09$ کیلوگرم بر مترمربع) دارای چاقی شکمی (۹۵ سانتی متر به بالا) انتخاب شدند و سپس به طور تصادفی به گروه‌های تمرین هوازی و دارونما، تمرین هوازی و مکمل آرژنین، مکمل آرژنین و دارونما (بدون تمرین) تقسیم شدند. به مدت هشت هفته در برنامه هوازی دویدن بر روی تردمیل با آزمون GTX با ۶۰ درصد از ضربان قلب و اماندگی تا تکمیل ۵۰۰ کالری (سه روز در هفته) شرکت کردند و روزانه با دوز ۰/۰۷ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن آرژنین مصرف کردند. از تحلیل واریانس تک راهه و آزمون تی همبسته برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: بیان هر دو ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در هر سه گروه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). در گروه مکمل آرژنین دورکمر، وزن بدن و زمان رسیدن به و اماندگی کاهش معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). در گروه تمرین هوازی به همراه مکمل آرژنین همه شاخص‌ها از جمله بیان ژن‌ها، دورکمر، وزن بدن، احساس گرسنگی، بهره سیری بعد غذا و زمان رسیدن به و اماندگی به‌طور معنی‌داری بهبود یافت ($P < 0/05$). همچنین در گروه تمرین هوازی در احساس گرسنگی و بهره سیری بعد از غذا کاهش معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$).

نتیجه گیری: تمرین هوازی و مصرف مکمل آرژنین باعث کاهش بیان ژن‌های miR-200a-3p و miR-103a-3p و احساس گرسنگی می‌شود. همچنین سبب بهبود شاخص‌های چاقی (دورکمر و وزن بدن)، بهره سیری فوری و زمان رسیدن به و اماندگی می‌شود.

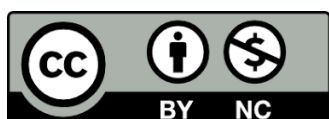
واژگان کلیدی: تمرین هوازی، آرژنین، اشتها، میکروRNA، چاقی

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Ebrahim Pour N, Saberi Y, Azali Alamdari K. Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):25-40, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>

Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women

Neda Ebrahimpour¹, Yousef Saberi², Karim Azali Alamdari³✉

Received: 2025/05/14

Accepted: 2025/06/08

Abstract

Aim: The aim was to investigate the impact of eight weeks of aerobic training with and without arginine supplementation on hunger, meal satiety, and the expression of miR-200a-3p and miR-103a-3p genes in plasma of obese women.

Method: Forty-eight inactive volunteer women (age 57.41 ± 4.69 years and body mass index 34.09 ± 1.09 kg/m²) with abdominal obesity (waist circumference ≥ 95 cm) were randomized into aerobic exercise and placebo, aerobic exercise and arginine supplementation, or arginine supplementation and placebo (without exercise) groups. They participated in an eight-week aerobic exercise program, consisting of treadmill running with a GTX test at 60% of the heart rate at exhaustion, completing 500 calories (three days a week). They also consumed arginine at a dose of 0.07 grams per kilogram of body weight daily. One-way analysis of variance and paired t-test were used to analyze the data.

Results: The expression of both miR-200a-3p and miR-103a-3p genes was significantly reduced in all three groups ($P < 0.05$). In the arginine supplementation group, there was no significant reduction in waist circumference, body weight, and time to exhaustion ($P > 0.05$). In the aerobic exercise plus arginine supplementation group, all indices, including gene expression, waist circumference, body weight, hunger, meal satiety, and time to exhaustion, were significantly improved ($P < 0.05$). Additionally, in the aerobic exercise group, there was no significant decrease in hunger and meal satiety ($P > 0.05$).

Conclusion: Aerobic exercise and arginine supplementation reduce the expression of miR-200a-3p and miR-103a-3p genes as well as hunger sensation. Additionally, they improve obesity indices (waist circumference and body weight), immediate satiety quotient, and time to exhaustion.

Keywords: Aerobic training, Arginine, Appetite, microRNA, Obesity

1- Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Azarbaijan Sahid Madani University, Tabriz, Iran.

✉Corresponding author

k.azali@azaruniv.ac.ir

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>



Copyright ©The authors

Citation:

Ebrahim Pour N, Saberi Y, Azali Alamdari K. Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):25-40, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>

مقدمه

اضافه وزن و چاقی به عنوان تجمع غیرطبیعی یا بیش از حد چربی در بدن تعریف می‌شود که می‌تواند منجر به عواقب مضر برای سلامتی شود (۱).

چاقی ناشی از عدم تعادل در متابولیسم انرژی است، یعنی دریافت انرژی بیشتر از مصرف انرژی است. این اختلال متابولیک در دهه گذشته با سرعت نگران کننده‌ای در سراسر جهان افزایش یافته است و هم بزرگسالان و هم کودکان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چاقی ارتباط نزدیکی با بسیاری از بیماری‌ها دارد و یک عامل خطر اصلی برای مقاومت به انسولین، دیابت نوع II، تصلب شرایین، سکته مغزی، فشار خون بالا و برخی از انواع سرطان است (۲). چاقی ارتباط زیادی با هورمون‌های تنظیم کننده اشتها و احساس سیری دارد (۳). تغذیه پستانداران توسط مدارهای عصبی تنظیم کننده ذخائر انرژی هموستاتیک کنترل می‌شود. با این حال پستانداران در زمانی که توسط نیازهای انرژی هموستاتیک هدایت نمی‌شوند هم تغذیه می‌کنند. تغذیه غیر هموستاتیک اغلب به دلیل خواص لذت جویانه‌ی غذا انجام می‌شود. این لذت می‌تواند اشتها و در نتیجه مقدار کل دریافت غذا را تحت تأثیر قرار دهد (۴). اشتها یک عنصر ضروری برای کنترل رفتار غذایی و تغذیه، وزن بدن و خطر بیماری‌های متابولیک ناشی از چربی اضافی بدن می‌باشد (۵) و از موارد تأثیرگذار بر هموستاز انرژی است و تنظیم آن نقش مهمی در کنترل تعادل انرژی ایفا می‌کند (۶). از آنجا که اشتها پاسخی یکپارچه ولی تحت تأثیر عوامل مختلف است، سازوکارهای تنظیمی بسیار پیچیده‌ای دارد (۷). اما سیری فرآیندی است که سبب می‌شود فرد از غذا خوردن دست بکشد. احساس سیری و کاهش اشتها پس از مصرف غذا و تغییر حجم معده روی می‌دهد (۸). به همین ترتیب، میل ما به خوردن در طول یک وعده غذایی کاهش می‌یابد و این فرآیند سیری نامیده می‌شود. پس از مصرف غذا، سیگنال‌های مبتنی بر روده، از جمله ترشح هورمون‌های سیری که توسط حس مواد مغذی تحریک می‌شوند، با نشانه‌های شناختی و حسی ناشی از مصرف برای ایجاد سیری در تعامل هستند. اما میزان پاسخ افراد به این نشانه‌ها متفاوت است و پاسخ‌دهی ضعیف به سیری خطر افزایش وزن را به همراه دارد (۹).

رژیم‌های غذایی پرپروتئین مصرف غذا را کاهش می‌دهد و ضمن کنترل وزن، ترکیب بدن را در مدل‌های حیوانی و انسانی بهبود می‌بخشد (۱۰). پروتئین در دستگاه گوارش حس می‌شود و مسیرهای تنظیم اشتها را تعدیل می‌کند (۱۱). همچنین سبب تعدیل هزینه انرژی (۱۲)، افزایش گرمایی، گلکونوژنز روده و تغییرات هورمونی در روده می‌شود، اما مکانیسم‌های درگیر دقیق همچنان نامشخص هستند (۱۳). اسیدآمینه‌ها ممکن است باعث افزایش سطوح هورمون‌های بی‌اشتهایی در روده شوند. پپتید YY (PYY)، کوله‌سیستوکین (CCK) و پپتیدشبه‌گلوکاگون-۱ (GLP-1) هورمون‌هایی هستند که از سلول‌های روده در پاسخ به غذای دریافتی در حیوانات و انسان ترشح می‌شوند (۱۴). هورمون‌های پپتیدی از گرانول‌های ترشحی واقع در سیتوپلاسم سلول‌های اینتراندوکراین آزاد می‌شوند (۱۵). پس از یک وعده غذایی سلول‌های ال-انتراندوکراین واقع در روده، هورمون‌های پپتیدی GLP-1 و PYY1-36 را ترشح می‌کنند که متعاقباً به شکل PYY3-36 پردازش می‌شوند که در کاهش مصرف غذا و تنظیم هموستاز انرژی نقش دارند (۱۴، ۱۶). بنابراین اسیدهای آمینه بر ترشح هورمون‌ها در دستگاه گوارش و اشتها تأثیر می‌گذارند و از این رو، مکمل‌های غذایی آمینواسیدی رویکرد جدیدی برای کاهش اشتها و پیشگیری از چاقی و درمان اضافه وزن محسوب می‌شوند (۱۷، ۱۸). یکی از مکمل‌های آمینواسیدی به عنوان یک ماده مغذی ایمن برای کاهش وزن و مبارزه با چالش‌های اضافه وزن و چاقی ال-آرژنین است (۱۹). ال-آرژنین یک آمینواسید نیمه ضروری است (۱) و می‌تواند گیرنده‌های اسید آمینه از جمله گیرنده حسگر کلسیم (caSR)، GPRC6A و به ویژه گیرنده طعم T1R1/T1R3 را فعال کند (۲۰). علاوه بر این، ال-آرژنین ممکن است با تقویت اثر اتساع معده بر ترشح هورمون (۲۱)، باعث افزایش غلظت GLP-1 پس از غذا شود. همچنین ممکن است ال-آرژنین بر اشتها اثر تاخیری نیز داشته باشد (۲۲) و همچنین بر دریافت انرژی و مصرف چربی اثرگذار است (۲۳).

از سوئی مکمل ال آرژنین اثرات مثبتی بر شاخص‌های تن سنجی و ترکیب بدن در افراد دارای اضافه وزن یا چاق دارد (۱). چندین مکانیسم ممکن برای توضیح اثرات ال-آرژنین بر ترکیب بدن و شاخص‌های آنروپومتریک از جمله تنظیم مولکول‌های

miR-200a-3p ارتباط بسیار مهمی با عملکرد هیپوتالاموس دارند و بر پر خوری و بروز چاقی تأثیر می گذارند (۴۱).

لازم به ذکر است که miR-103a-3p فنوتیپ چاقی موش ها را از طریق تحریک فعالیت هدف پستانداران مسیر راپامایسین (mTOR) در هسته کمائی هیپوتالاموس تضعیف می کند (۴۰) که این مسأله هنوز در تحقیقات انسانی تأیید نشده است. اما گزارش شده است که ممکن است فعالیت ورزشی و رژیم غذایی اثرات متفاوتی بر سطوح گردش خونی miR-103a-3p در کودکان چاق داشته باشد (۴۲). طبق نتایج یک تحقیق سطوح miR-103a-3p پلاسمایی مردان جوان سالم بعد از تمرینات استقامتی در مقایسه افزایش یافت (۴۳). در شرایط پیش دیابت و دیابت نوع II ناشی از رژیم غذایی پرچرب، افزایش بیان miR-103a-3p در خون محیطی موش ها مشاهده شد (۴۴). در عوض رژیم غذایی کم چرب، سبب کاهش miR-103a-3p گردش خون موش های چاق ناشی از رژیم غذایی شد (۴۵). از سوی دیگر، بیان بیش از حد miR-103a-3p در کبد یا چربی بر تثبیت گیرنده انسولین، فعالیت سیگنال دهی انسولین و جذب گلوکز مربوطه اثرات منفی دارد (۴۶).

همچنین miR-200a-3p می تواند هدف دیگری برای درمان چاقی باشد، زیرا در هیپوتالاموس و کبد موش های تغذیه شده با چربی پس از مسدود کردن لپتین افزایش می یابد (۴۷) و بیان بیش از حد miR-200a-3p در هیپوتالاموس سبب اختلال در پیام رسانی انسولین و لپتین در شرایط چاقی می شود (۳۹). در یک تحقیق سطح miR-200a-3p گردش خون پس از شش هفته فعالیت ورزشی و رژیم غذایی کاهش یافت که نشان می دهد همراه کردن فعالیت ورزشی با محدودیت انرژی می تواند تأثیر مفیدی بر عادی سازی سطح miR-200a-3p گردش خون داشته باشد (۴۲). کوینتانیلا و همکاران هم گزارش کرده اند که شش هفته تمرین شنای تناوبی شدید همه اعضای خانواده miR-200 را در مغز موش افزایش می دهد و نوع تمرین، شدت، مدت و تعداد جلسات در هفته به طور خاص بر نتیجه تأثیر می گذارند. در مورد رژیم غذایی، مطالعات اندکی انجام شده است و فقط در یک تحقیق گزارش شده است که miR-200-3p پلاسما پس از یک وعده غذایی پرچرب در زنان سالم افزایش یافت (۴۸).

مسیرهای پیام رسانی سلولی (۲۴)، بیوژنز میتوکندری (۲۵)، بیان ژن های موثر بر اکسیداسیون سوبستراهای انرژی و رسوب چربی (۲۶) وجود دارد. یکی از مهم ترین مکانیسم های ال-آرژنین نقش آن در مسیرهای سیگنال دهی سلولی از طریق نیتریک اکساید (NO) می باشد (۲۷). NO می تواند مسیرهای مرتبط با لیپولیز و لیپوژنز را کنترل کند (۲۸).

اما اثرات متناقض آرژنین بر وزن بدن می تواند به دلیل تأثیر ال آرژنین بر افزایش توده عضله باشد (۲۹، ۳۰). آرژنین مکملی با باعث افزایش مولکول هدف راپامایسین (mTOR) در عضله اسکلتی پستانداران می شود (۳۱). mTOR یکی از مسیرهای سیگنالینگ کلیدی در کنترل سنتز پروتئین در عضلات است و افزایش فعالیت این مسیر سیگنالینگ منجر به حفظ و به دست آوردن توده عضلانی می شود (۳۲).

از سوئی شواهدی وجود دارد که فعالیت ورزشی از طریق تنظیم هورمون های کاهش دهنده و محرک اشتها مانند پپتید PYY3-36، پروتئین مرتبط با آگوتی (AGRP) و لپتین (۳۳) می تواند در حین و بعد از فعالیت بدنی باعث کنترل اشتها و احساس سیری شود (۳۴). اما اصولاً فعالیت ورزشی دارای اثر دوگانه ای بر کنترل اشتها می باشد. مثلاً گزارش شده است ۱۲ هفته تمرین کنترل شده در زنان و مردان دارای اضافه وزن و چاق ضمن افزایش میل به خوردن در طول روز، با افزایش توأم در بهره سیرکنندگی یک وعده غذا همراه می شود. با این حال، کاهش وزن و بهبود ترکیب بدن نیز روی داد (۳۵).

از سوئی باید اشاره شود که میکرو RNA ها (miRs) RNA های کوتاه (۱۸ تا ۲۵ نوکلئیدی) غیر کدکننده هستند که از طریق اتصال ناقص یا کامل به ناحیه ۳' ترجمه نشده mRNA هدف، بر بیان آن تأثیر منفی می گذارند (۳۶، ۳۷). این تغییرات پس از رونویسی می توانند سازگاری اشتها را با فعالیت ورزشی و چاقی را به ویژه در دوران رشد کودکی و قبل از بزرگسالی بهتر توجیه کند.

یافته های موجود miRNA ها را به عنوان کاندیدای بالقوه در بررسی مکانیسم های کنترل تعادل انرژی در هیپوتالاموس معرفی کرده اند (۳۸) که در میان آن ها miR-200a-3p و miR-103a-3p در دستکاری این فرایندها نقش علی دارند (۳۹، ۴۰). در یک مطالعه ثابت شد که سطوح گردش خونی miR-103a-3p و

روش شناسی:

پژوهش از نوع کاربردی با طرح تجربی بود. پس از پخش آگهی در سطح شهر، ابتدا از ۶۰ زنان میانسال چاق داوطلب غربالگری شد (سن، وزن، قد، مقدار کاهش وزن در سه ماه گذشته، دور کمر). شاخص‌های شمول در پژوهش شامل دارا بودن چاقی شکمی به عنوان یک معیار اجباری (دور کمر بیشتر از ۹۵ سانتی‌متر (۳۹)) و داشتن سلامت عمومی برای مشارکت در تمرین با تأیید پزشک بود. شاخص‌های خروج از پژوهش، مصرف سیگار، تغییر وزن بدن و مصرف داروهای کنترل وزن بدن، قندخون، چربی خون و فشارخون در طی سه ماه اخیر، دارا بودن فشارخون دیاستولی/سیستولی بیش از ۱۴۰/۱۰۰ میلیمتر جیوه و داشتن محدودیت پزشکی برای مشارکت در فعالیت جسمانی بود.

در ادامه پس از تأیید و کسب مجوز پزشکی، ۴۸ نفر از افراد داوطلب، پس از پر کردن پرسشنامه ویژه تعیین سطح فعالیت بدنی و اخذ رضایت نامه به عنوان آزمودنی نهایی انتخاب شدند. ابتدا آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به چهار گروه تمرین و مکمل آرژنین (۱۲ نفر)، تمرین و دارونما (۱۲ نفر)، مکمل آرژنین (۱۲ نفر) و دارونما (۱۲ نفر) تقسیم شدند. یک هفته قبل از آغاز تحقیق، برای گروه‌های تجربی یک جلسه آشنایی با تمرینات برگزار شد. آزمودنی‌های گروه‌های تمرین به مدت هشت هفته در تمرین هوازی روی تردمیل با مصرف ۱۵۰۰ کالری در هفته شرکت کردند. تمرینات طی مدت زمان معینی از روز (بعد از ظهر در بین ساعات ۱۵ تا ۱۶) انجام شد که شامل سه جلسه در هفته دویدن نظارت شده بر روی تردمیل بود که هر آزمودنی به‌طور انفرادی تا تکمیل تقریباً ۵۰۰ کالری در هر جلسه با ۶۰ درصد از ضربان قلب لحظه‌ای و اماندگی در آزمون GXT فعالیت نمودند.

یک هفته قبل از آغاز تمرینات، از هر فرد آزمون GXT بر روی تردمیل به عمل آمد و ضربان قلب در هر مرحله از آزمون GXT و همچنین ضربان قلب بیشینه در لحظه رسیدن به و اماندگی (به عنوان حداکثر ضربان قلب) ثبت شد. سپس سرعت دویدن منطبق بر ضربان قلب ۶۰ درصد از ضربان قلب لحظه‌ای و اماندگی (بر حسب متر بر دقیقه) تعیین شد. در ادامه با استفاده از فرمول ACSM، مدت دویدن هر فرد بر روی تردمیل (بر حسب دقیقه) برای صرف هزینه حدود ۵۰۰ کالری به‌طور اختصاصی محاسبه شد.

گروه کنترل در فاصله هشت هفته، از فعالیت بدنی غیر معمول، اجتناب کردند. از تمام آزمودنی‌ها در دو مرحله شامل پیش آزمون و پس از هشت هفته تمرین، خونگیری به صورت ناشتا در ساعت ۸ تا ۹ صبح به عمل آمد. گروه‌های مصرف کننده مکمل آرژنین روزانه، مکمل ال-آرژنین خالص (ساخت شرکت داروسازی کارن یزد ایران)، با دوز ۰/۰۷ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بسته بندی شده در قالب کپسول‌های ژلاتینی مات به صورت دو سوکور دریافت کردند. در حالی که گروه‌های تمرین از مالتودکسترین در شکل و درصد مشابه مکمل آرژنین به عنوان دارونما دریافت کردند. مطالعه به صورت دوسوکور اجرا شد و بسته های حاوی مکمل آرژنین و دارونما در قالب کپسول توسط شخص سوم کدگذاری شد و در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت.

دور کمر در باریک ترین ناحیه بین پایین ترین دنده و خار ایلپاک با لباس سبک با استفاده از متر نواری غیر قابل ارتجاع، بدون فشار بر سطح بدن اندازه‌گیری شد و اندازه گیری ها با تقریب ۱/۰ سانتی متر ثبت شدند.

برای برآورد احساس ذهنی گرسنگی نسخه تعدیل شده پرسشنامه VAS اشتها در صبح روز اولین جلسه و صبح روز آخرین جلسه را قبل از شروع تمرین تکمیل کردند. این پرسشنامه، احساس گرسنگی را در یک پیوستار صفر تا ۱۰۰ امتیازی مورد سنجش قرار می‌دهد. همچنین برای محاسبه اثر تمرین بر تنظیم اشتها، پروتکل اندازه‌گیری دریافت غذایی استفاده شد که شامل یک مصرف صبحانه ثابت برای اندازه‌گیری بهره سیری (SQ) بود که محتوای انرژی صبحانه ثابت به طور فردی تعیین شد. بدین منظور بلافاصله بعد از سنجش اول، آزمودنی‌ها صبحانه را در حد سیری مطلوب از طریق دسترسی آزاد به واحدهای مساوی از وعده غذایی (متشکل از نان سنگک همراه با شیر، عدسی و چای) میل کرده و در پایان مصرف وعده صبحانه، با وزن کردن مقدار باقیمانده غذا، محتوای دقیق انرژی صبحانه ثابت تعیین شد. همچنین ترتیبی داده شد تا پس از پایان دوره تمرین هر فرد همان مقدار از صبحانه را مصرف کند. بدین ترتیب با اینکه محتوای انرژی صبحانه در بین افراد تفاوت داشت، ولی برای هر فرد در طی دو جلسه سنجش، ثابت بود. اثر سیرکننده فوری (بلافاصله پس از صبحانه) و تاخیری صبحانه ثابت با محاسبه بهره سیری (از طریق ارتباط دادن مقدار مصرف صبحانه به احساس

در تحلیل داده‌ها وارد شد. داده‌های خام نرمال سازی شد و مقدار بحرانی مطلق fold change برابر با ۱/۲۵ در نظر گرفته شد.

روش آماری:

پس از کسب اطمینان از توزیع طبیعی تمام متغیرهای تحقیق با آزمون (شاپیرو ویلک)، برای اطمینان از عدم وجود تفاوت بین گروهی در مورد متغیرهای مورد بررسی در پیش‌آزمون از تحلیل واریانس یک راهه استفاده شد. در ادامه، برای مقایسه درون گروهی داده‌ها در طول مداخله، از آزمون تی همبسته استفاده شد. به علاوه، در صورت مشاهده اثر معنی‌دار درون گروهی آزمون تی همبسته برای هر متغیر در مورد بیش از یک گروه، مقدار تغییرات ایجاد شده در طول مداخله با استفاده از تحلیل واریانس به‌طور بین‌گروهی مقایسه شدند. تمام تحلیل‌ها با استفاده نرم افزار آماری SPSS21 در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها:

در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌دار بین گروهی از لحاظ متغیرهای مورد اندازه‌گیری مشاهده نشد. در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار شاخص‌های تن‌سنجی نشان داده شده است. برای مقایسه درون گروهی داده‌ها در طول مداخله، از آزمون تی همبسته استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که تمرین هوازی به همراه مکمل آرژنین بر کاهش بیان ژن miR-103a-3p و miR-200a03p، دورکمر، وزن بدن، احساس گرسنگی، بهره سیری بعد از غذا و افزایش زمان رسیدن به واماندگی تاثیر معنی‌داری دارد ($P < 0.05$).

گرسنگی پرسشنامه اشتها در فاصله زمانی قبل از صرف صبحانه تا قبل از صرف ناهار) از طریق فرمول ذیل تعیین شد.

بهره سیری فوری (میلی‌متر/کالری) = ((امتیاز گرسنگی قبل از صرف صبحانه-امتیاز گرسنگی قبل از ناهار) / محتوای انرژی صبحانه ثابت) $\times 100$

پس از جداسازی پلاسما، ابتدا miRNAها از کل RNAهای پلاسما جداسازی شده (miRCURY™ RNA isolation kit- (biofluids (Exiqon, Vedbaek, Denmark) و تا زمان تحلیل نهایی در دمای ۸۰- منجمد شد. سپس مقدار بیان miR-200a-3p و miR-103a-3p با استفاده از روش PCR تعیین شد. بدین منظور در زمان تحلیل، ابتدا cDNA از طریق رونویسی معکوس (miRCURY LNA™ Universal RT microRNA PCR,) (Polyadenylation, and cDNA synthesis kit (Exiqon سنتز شد. cDNA حاصله پنجاه برابر رقیق سازی شده و سپس در ۱۰ میلی لیتر محلول ویژه PCR طبق پروتکل شرکت سازنده (miRCURY LNA™ Universal RT microRNA PCR) تحلیل شد. هر میکرو RNA ابتدا توسط qPCR با استفاده از پروتکل PCR آماده مصرف تحلیل شد. تکثیر با استفاده از سیستم RT-PCR (روشه) در پلیت‌های چاهک دار انجام شد. منحنی تکثیر با استفاده از نرم افزار روشه برای تعیین C_q و منحنی ذوب تحلیل شد. تحلیل‌های دارای C_q کمتر از C_q های نمونه‌های کنترل منفی

جدول (۱). میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های تن‌سنجی شرکت‌کنندگان

شاخص	گروه	کنترل	تمرین	مکمل آرژنین	تمرین + مکمل آرژنین
سن (سال)	۵۷/۴۱ ± ۴/۶۹	۵۶/۸۳ ± ۵/۱۸	۵۸/۵۸ ± ۴/۱	۵۵/۹۱ ± ۵/۱۴	
وزن بدن (کیلوگرم)	۹۰/۳ ± ۷/۸۷	۸۸/۹۱ ± ۶/۹۶	۹۱/۵۸ ± ۷/۱۵	۸۷/۹۳ ± ۵/۳۹	
دورکمر (سانتی‌متر)	۱۰۳/۰۸ ± ۵/۴۶	۹۹/۴۱ ± ۲/۳۱	۱۰۴/۰۸ ± ۶/۰۳	۱۰۲/۴ ± ۰/۸/۹	
قد (سانتی‌متر)	۱۶۲/۵ ± ۵/۵	۱۶۲ ± ۴/۷۶	۱۶۳/۰۸ ± ۴/۹۶	۱۶۰/۹۱ ± ۴/۵	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۴/۰۹ ± ۱/۰۹	۳۳/۸۵ ± ۰/۹۷	۳۴/۳۷ ± ۰/۹۴	۳۳/۹۳ ± ۰/۶۴	

جدول (۲). نتایج مقایسه درون گروهی شاخص های خطر سندرم متابولیک و اشتها در طول مداخله با آزمون تی

همبسته

شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	sig
دور کمر (سانتی متر)	کنترل	۱۰۳/۰۸ ± ۵/۴۶	۱۰۳/۳۳ ± ۵/۲۲	۰/۴۶۳
	تمرین	۹۹/۴۱ ± ۲/۳۱	۹۸/۸۳ ± ۲/۱۲	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۱۰۴/۰۸ ± ۶/۰۳	۱۰۱/۹۱ ± ۵/۷۵	۰/۰۶۷
	تمرین + مکمل آرژنین	۱۰۲/۴۵ ± ۸/۹	۹۷/۸۳ ± ۳/۵۶	*۰/۰۰۱
miR-200a-3p	کنترل	۱ ± ۰/۱۵۲	۱ ± ۰/۱۴۵	۱/۰۰
	تمرین	۱ ± ۰/۱۱	۰/۸۹ ± ۰/۱۰۵	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۰۸	۰/۸۶ ± ۰/۱۱	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۱۷	۰/۸۳ ± ۰/۱۰۳	*۰/۰۰۱
miR-103a-3p	کنترل	۱ ± ۰/۱۴۱	۱ ± ۰/۱۴۶	۱/۰۰
	تمرین	۱ ± ۰/۲	۰/۸۵۱ ± ۰/۱۸	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۷	۰/۸۹۸ ± ۰/۱۶	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۶	۰/۸۰۲ ± ۰/۱۸	*۰/۰۰۱
احساس گرسنگی (امتیاز)	کنترل	۴۲/۷۵ ± ۹/۰۸	۴۳/۰۸ ± ۹/۶۹	۰/۳۶۸
	تمرین	۴۰/۹۱ ± ۷/۴۱	۴۱/۱۶ ± ۷/۴۲	۰/۶۵۱
	مکمل آرژنین	۴۱/۸۳ ± ۸/۳۲	۳۸/۵۸ ± ۶/۷۲	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۴۳/۱۶ ± ۸/۷۹	۴۰/۹۱ ± ۸/۴۳	*۰/۰۰۱
بهره سیری بعد از غذا	کنترل	۵/۴ ± ۱/۱۶	۵/۴۱ ± ۱/۱۴	۰/۰۹۲
	تمرین	۵/۳۵ ± ۱/۲۶	۵/۲۸ ± ۱/۲۴	۰/۳۴۷
	مکمل آرژنین	۵/۵۱ ± ۱/۳۸	۴/۷۳ ± ۱/۱۳	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۵/۶۹ ± ۱/۱۹	۴/۶۳ ± ۰/۹۷	*۰/۰۰۱
زمان رسیدن به واماندگی	کنترل	۴/۸۱ ± ۰/۶۷	۴/۷۹ ± ۰/۵۳	۰/۷۷
	تمرین	۴/۸۲ ± ۰/۶۶	۵/۹ ± ۰/۴۱	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۴/۵۳ ± ۰/۸۲	۴/۴۵ ± ۰/۵۴	۰/۵۰۳
	تمرین + مکمل آرژنین	۴/۱۳ ± ۰/۶۲	۵/۶ ± ۰/۴۶	*۰/۰۰۱
وزن بدن (کیلوگرم)	کنترل	۹۰/۳ ± ۷/۸۷	۹۰/۹۱ ± ۸/۲۵	۰/۰۶
	تمرین	۸۸/۹۱ ± ۶/۹۶	۸۴/۷ ± ۶/۹۴	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۹۱/۵۸ ± ۷/۱۵	۹۰/۷ ± ۵/۶۴	۰/۴۳۴
	تمرین + مکمل آرژنین	۸۷/۹۳ ± ۵/۳۹	۸۳/۲۴ ± ۵/۳۹	*۰/۰۰۱

* تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$). داده ها بر حسب میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شده اند.

جدول (۳). نتایج تحلیل واریانس برای مقایسه بین گروهی مقدار تغییرات متغیرهای مورد بررسی در طول مداخله

مقدار تغییرات متغیرها در طول مداخله	نتایج تحلیل واریانس		نتایج آزمون تعقیبی توکی و جیمز هوئل	
	F	sig	مقایسه در بین	sig
miR-103a-3p	۷۲/۳۶۵	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۶
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۹
دور کمر	۲۴/۳۴	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۴
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۳۸
احساس گرسنگی	۱۵/۴۱	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۲
			تمرین و مکمل با مکمل	۰/۴۲۳
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱
miR-200a-3p	۳۰۷/۲۱	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱
وزن بدن	۱۸/۰۹۶	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	۰/۷۱۱
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۲۲
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	۰/۰۵۴
بهره سیری	۴۴/۴۱۵	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با مکمل	۰/۱۹
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱
زمان رسیدن به واماندگی	۴۰/۰۰۷	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	۰/۲۷۵
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱

* تفاوت معنی دار ($P < 0.05$).

بحث:

ژن‌های miR-103a-3p و miR-200a-3p و افزایش ظرفیت هوازی داشت. با این حال، این اثرات در گروه‌هایی که تنها تمرین انجام دادند یا فقط مکمل آرژنین مصرف کردند، به‌طور کامل مشابه نبود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین تاثیر معناداری بر بهبود ترکیب بدنی (کاهش وزن و دور کمر)، تنظیم اشتها (بهره‌سیری و احساس گرسنگی)، کاهش بیان

دور کمر شود، اما تأثیر چندانی بر وزن بدن ندارد. البته، نتایج در این زمینه متفاوت است و می‌توان گفت که ترکیب ورزش و مصرف مکمل آرژنین می‌تواند در کاهش دور کمر و وزن موثرتر از هر کدام به تنهایی باشد (۵۸، ۵۹).

در بخش دیگری از یافته‌ها، تنها در گروه مصرف‌کننده مکمل آرژنین تغییر معناداری در احساس گرسنگی و سیری مشاهده شد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که آرژنین می‌تواند سطح لپتین (هورمون سیری) را افزایش و سطح گرلین (هورمون گرسنگی) را کاهش دهد، که این امر منجر به کنترل اشتها می‌شود (۶۰). برای نمونه، امین و همکاران، اثر آرژنین را با دوز ۱۷۰۱ میلی‌مول بر یک مرد و شش زن بررسی کردند. نتایج نشان داد که آرژنین می‌تواند ترشح GLP-1 (یک هورمون تنظیم‌کننده اشتها) را تحریک کند و به سرکوب اشتها کمک کند (۶۱). با این حال، در یک پژوهش دیگر، افراد چاق به مدت هشت هفته روزانه ۳ گرم آرژنین مصرف کردند. نتایج نشان داد که هیچ تغییری در سطح هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها مشاهده نشد (۳۳).

فعالیت بدنی منظم، به‌ویژه تمرینات هوازی، می‌تواند پاسخ‌های هورمونی به غذا را بهبود بخشد. تمرین منظم می‌تواند عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز را تغییر دهد و با تعدیل ترشح هورمون‌هایی مانند PYY و GLP-1، احساس سیری را افزایش دهد (۵۰). با این وجود، برخی تحقیقات به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی مزمن با شدت بالا بر میزان گرسنگی، سیری اشباع، هورمون‌های مرتبط با اشتها و کاهش وزن در زنان چاق یا اضافه وزن پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان داد که این نوع تمرین منجر به کاهش قابل توجه وزن بدن، درصد چربی و سطح انسولین پلازما می‌شود. اما هیچ تأثیری بر میزان کالری دریافتی و احساس گرسنگی ندارد (۶۲). در پژوهشی اثر ۶۰ دقیقه ورزش هوازی را بر اشتهای زنان بررسی شد. نتایج نشان داد که فعالیت هوازی سبب افزایش اشتها شود (۶۳). همچنین تریانو بیان کرد که افرادی که تمرینات استقامتی انجام می‌دهند نسبت به افراد بی‌تحرک، اشتهای بیشتری دارند (۶۴). برخی دیگر از محققین به بررسی تأثیر فعالیت هوازی و جنسیت بر اشتها پرداختند. بیان کردند پس از انجام یک ساعت ورزش هوازی، تفاوت معنی‌داری در کالری دریافتی بین زنان و مردان وجود ندارد (۶۵). مطالعاتی نیز به بررسی اثر توأم فعالیت بدنی و مکمل آرژنین را روی

در گروهی که فقط تمرین هوازی انجام دادند، وزن بدن و دور کمر بهبود یافت، اما تغییرات در احساس گرسنگی و بهره‌سیری بعد از وعده غذایی معنادار نبود. این یافته نشان می‌دهد که اثر تمرین بر اشتها ممکن است در کوتاه‌مدت یا بدون مداخلات تغذیه‌ای مؤثر نباشد (۵۰).

درمقابل، گروهی که تنها مکمل آرژنین مصرف کرده بودند، تغییر قابل توجهی در وزن بدن، دور کمر یا لحظه رسیدن به واماندگی مشاهده نشد. با این حال، مطالعات قبلی نتایج متناقضی را نشان داده‌اند، بنابراین نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه وجود دارد.

این نتایج با پژوهش‌های وئو (۵۱) و بوث (۵۲) همسو است که به اثرات مثبت تمرین و آرژنین بر کاهش چربی بدن و بهبود حساسیت انسولینی اشاره کرده‌اند. کاهش وزن بدن و دور کمر ممکن است ناشی از افزایش نرخ اکسیداسیون چربی، بهبود حساسیت انسولینی و افزایش ظرفیت هوازی در نتیجه تمرین باشد (۵۲). همچنین مکمل آرژنین می‌تواند از طریق افزایش سنتز نیتریک اکسید (NO) و بهبود جریان خون محیطی، فرآیند لیپولیز را تقویت کند (۵۱).

در برخی تحقیقات ترکیب فعالیت بدنی و مصرف مکمل آرژنین تأثیر معناداری بر کاهش دور کمر و وزن بدن داشته است (۵۳). مطالعاتی مانند پژوهش رایان نیز نشان داده‌اند که مصرف روزانه ۹ گرم آرژنین موجب کاهش چشمگیر دور کمر و چربی احشایی می‌شود؛ که احتمالاً به افزایش ترشح هورمون رشد مرتبط است (۵۴). با این حال، در بیشتر تحقیقاتی که تنها از مکمل آرژنین استفاده کرده‌اند (به‌ویژه در آزمودنی‌های انسانی)، تأثیری بر وزن بدن مشاهده نشده است. این مطالعات نشان داده‌اند که مصرف آرژنین به‌صورت وریدی تأثیرگذاری بیشتری دارد، اما در صورت مصرف خوراکی، اثر آن بر سنتز نیتریک اکسید (NO) و فرآیند لیپولیز ناچیز است (۵۵، ۵۶). این یافته‌ها تأکید می‌کنند که اثربخشی آرژنین به دوز، روش مصرف، و همراهی آن با تمرین بستگی دارد.

از سوی دیگر، مصرف آرژنین بدون انجام فعالیت بدنی ممکن است به‌عنوان کالری دریافتی محسوب شود و حتی در برخی موارد منجر به افزایش وزن می‌شود (۵۷). در نهایت، نتایج نشان داد که آرژنین می‌تواند با افزایش ترشح هورمون رشد، منجر به کاهش

یافت (۴۴). در پژوهشی روی موش‌های چاق که تحت کنترل رژیم غذایی قرار داشتند، مشاهده شد که بیان ژن miR-103a-3p در گروهی که غذای کم‌چرب مصرف کرده بودند، کاهش یافت (۴۵).

از سوئی بیان ژن‌های موش‌های چاق را در پاسخ به تمرین بررسی کردند. آزمودنی‌ها ۱۰ جلسه به مدت ۶ دقیقه شنا و ۴ دقیقه استراحت شای متناوب با شدت بالا انجام دادند. پس از اتمام دوره تمرینی، مشاهده شد که بیان miR-200a-3p یافته است (۴۱). با این حال، اطلاعات موجود در زمینه بیان miRNAها محدود است (۷۰). بیشتر تحقیقات بر روی موش‌ها انجام شده‌اند و اثر توأم فعالیت بدنی و مکمل آرژنین هنوز به‌طور کامل بررسی نشده است. با توجه به نتایج ضد و نقیض، نمی‌توان به‌طور قطعی اظهار داشت که فعالیت هوازی و مکمل آرژنین می‌توانند بر تعدیل بیان ژن‌ها تأثیرگذار باشند. بنابراین، نیاز به مطالعات بیشتر با آزمودنی‌ها و شرایط مختلف وجود دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین می‌تواند تأثیرات مثبتی بر ترکیب بدنی، اشتها، ظرفیت هوازی و تنظیم بیان miRNAها داشته باشد. هرچند تمرین به‌تنهایی نیز در کاهش شاخص‌های چاقی مؤثر است، اما اثر آن بر اشتها محدود بود. از سوی دیگر، مصرف مکمل بدون تمرین تأثیری بر ترکیب بدنی نداشت. به نظر می‌رسد ترکیب ورزش و آرژنین می‌تواند به‌صورت هم‌افزا عمل کرده و نتایج بهتری را به‌ویژه در زمینه اشتها و ترکیب بدنی ایجاد کند.

با توجه به عدم قطعیت اطلاعات موجود درباره اثرات آرژنین بر تنظیم اشتها، و نبود داده‌های کافی درباره اثر هم‌زمان آن با تمرین بر miRNAها، انجام پژوهش‌های بیشتر در شرایط و جمعیت‌های مختلف با انجام فعالیت‌های بدنی مختلف و صرف هزینه انرژی بیشتر ضروری است. با این حال، بر اساس نتایج حاضر، توصیه می‌شود که افراد چاق و دارای اضافه‌وزن برای بهبود وضعیت متابولیکی، به‌طور منظم فعالیت هوازی انجام دهند و در صورت صلاحدید متخصص، مکمل آرژنین نیز مصرف کنند.

پیام مقاله

تمرین هوازی به همراه مکمل آرژنین سبب بهبود بهره سیری، احساس گرسنگی و تعدیل miRNAها می‌شود.

پسرهای نوجوان بر اشتها پرداختند. آزمودنی‌ها در دو سطح شدت بالا و پایین فعالیت انجام دادند، اما تفاوت معناداری در سطوح هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها مشاهده نشد (۳۳). نتایج در مورد ارتباط تمرین با اشتها همچنان متناقض است و به‌نظر می‌رسد شدت تمرین، مدت تمرین، جنسیت و شرایط آزمودنی‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند.

همانطور که انتظار می‌رفت، در این پژوهش ظرفیت هوازی گروه‌های تمرین افزایش یافت. تحقیقات پیشین نیز نشان دادند که تمرین هوازی می‌تواند منجر به‌بهبود توان هوازی شود (۶۶). بر اساس برخی مطالعات، آرژنین می‌تواند از طریق افزایش سنتز NO، ظرفیت اکسیژن‌رسانی و عملکرد ورزشی را بهبود ببخشد. همچنین، افزایش NO با اتساع عروق عضلانی و کاهش خستگی عضلانی مرتبط است (۶۷). با این حال، مطالعات پیشین نشان داده‌اند که آرژنین تنها در صورت مصرف ویدی تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش سنتز NO دارد (۵۵). بنابراین، می‌توان گفت که آرژنین در مصرف خوراکی تأثیری بر ظرفیت هوازی ندارد. از سوی دیگر، برخی مطالعات به بررسی اثر توأم تمرین هوازی و مکمل آرژنین پرداخته‌اند. آن‌ها بیان کردند که آرژنین با کاهش میزان لاکتات و آمونیاک بعد از اجرای فعالیت ورزشی، سبب بهبود قدرت و ظرفیت کار عضله می‌شود (۶۸، ۶۹). با این حال، اثر آن در مصرف خوراکی محدود است. در رابطه با بیان ژن‌ها، نتایج نشان داد که miR-103a-3p و miR-200a-3p پس از مداخله تعدیل شدند. miR-103a-3p با مقاومت به انسولین، افزایش ذخایر چربی و التهاب مرتبط است و کاهش این ژن پس از مداخله می‌تواند نشانگر بهبود متابولیسم گلوکز و چربی باشد (۴۶). miR-200a-3p با مسیرهای تنظیم‌کننده التهاب و مسیرهای اپی‌ژنتیکی تنظیم اشتها درگیر است (۴۲). در یک مطالعه ۱۲ هفته‌ای که توسط نیلسن و همکاران انجام شد، آزمودنی‌ها به مدت یک ساعت، ۲ تا ۴ جلسه در هفته تمرین استقامتی انجام دادند. در پایان مطالعه، مشاهده شد که بیان miR-103a-3p به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (۴۳). در یک تحقیق، اثر رژیم غذایی پرچرب بر موش‌های پیش دیابتی و دیابت نوع II را بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان بیان ژن miR-103a-3p گروهی که با رژیم غذایی پرچرب تغذیه کرده بودند، نسبت به گروه کنترل بالاتر بود. همچنین، بیان این ژن در موش‌های پیش دیابت به‌طور قابل‌توجهی افزایش

- exercise prior or subsequent to high-fat meal consumption. *Appetite*. 2009;52(1):193-8, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.09.015>.
- [7] Wee YS, Weis JJ, Gahring LC, Rogers SW, Weis JH. Age-related onset of obesity corresponds with metabolic dysregulation and altered microglia morphology in mice deficient for *lftm* proteins. *PLoS One*. 2015;10(4):e0123218, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123218>.
- [8] Kraemer R, Durand R, Hollander D, Tryniecki J, Hebert E, Castracane V. Ghrelin and other glucoregulatory hormone responses to eccentric and concentric muscle contractions. *Endocrine*. 2004;24:93-8, Doi: <https://doi.org/10.1385/endo.24:1:093>.
- [9] EFTERNAVN F. Handbook of eating and drinking: Interdisciplinary perspectives. Springer; 2020.
- [10] Panda S, Maier G, Villareal DT. Targeting energy intake and circadian biology to engage mechanisms of aging in older adults with obesity: calorie restriction and time-restricted eating. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2023 Jun 1;78(Supplement_1):79-85, Doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/glad069>.
- [11] Bany Bakar R, Reimann F, Gribble FM. The intestine as an endocrine organ and the role of gut hormones in metabolic regulation. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*. 2023;20(12):784-96, Doi: <https://doi.org/10.1038/s41575-023-00830-y>.
- [12] Westerterp-Plantenga M, Rolland V, Wilson S, Westerterp K. Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber. *European journal of clinical nutrition*. 1999;53(6):495-502, Doi: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600782>.
- [13] Halton TL, Hu FB. The effects of high protein diets on thermogenesis,

تعارض منافع: مؤلفین اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی از زحمات کلیه آزمودنی‌ها و دستیاران پژوهش اعلام می‌گردد.

منابع

- [1] Khosroshahi MZ, Asbaghi O, Moradi S, Kaviani M, Mardani M, Jalili C. The effects of supplementation with L-arginine on anthropometric indices and body composition in overweight or obese subjects: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Foods*. 2020;71:104022, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104022>.
- [2] Jobgen W, Meininger CJ, Jobgen SC, Li P, Lee M-J, Smith SB, et al. Dietary L-arginine supplementation reduces white fat gain and enhances skeletal muscle and brown fat masses in diet-induced obese rats. *The Journal of nutrition*. 2009;139(2):230-7, Doi: <https://doi.org/10.3945/jn.108.096362>.
- [3] Shehzad A, Rabail R, Munir S, Jan H, Fernández-Lázaro D, Aadil RM. Impact of oats on appetite hormones and body weight management: a review. *Current Nutrition Reports*. 2023;12(1):66-8, Doi: <https://doi.org/10.1007/s13668-023-00454-3>.
- [4] Hazut N, Rapps K, Kristt DA, Susswein AJ, Weller A. Nitric oxide and L-arginine regulate feeding in satiated rats. *Appetite*. 2019;132:44-54, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.09.023>.
- [5] Tao H, Li L, He Y, Zhang X, Zhao Y, Wang Q, et al. Flavonoids in vegetables: Improvement of dietary flavonoids by metabolic engineering to promote health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024;64(11):3220-34, Doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2131726>.
- [6] Cheng MH-Y, Bushnell D, Cannon DT, Kern M. Appetite regulation via

- 2016;18(5):508-18, Doi: <https://doi.org/10.1111/dom.12644>.
- [21] Holik A-K, Schweiger K, Stoeger V, Lieder B, Reiner A, Zopun M, et al. Gastric serotonin biosynthesis and its functional role in L-arginine-induced gastric proton secretion. *International journal of molecular sciences*. 2021;22(11):5881, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms22115881>.
- [22] Kim D, Martin S, Desai K. The effects of a comparatively higher dose of 1000 mg/kg/d of oral L-or D-arginine on the L-arginine metabolic pathways in male Sprague-Dawley rats. *PLoS One*. 2023;18(8):e0289476, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289476>.
- [23] Boon MR, Hanssen MJ, Brans B, Hülsmann CJ, Hoeks J, Nahon KJ, et al. Effect of L-arginine on energy metabolism, skeletal muscle and brown adipose tissue in South Asian and European prediabetic men: a randomised double-blinded crossover study. *Diabetologia*. 2019;62:112-22, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4752-6>.
- [24] Ma X, Han M, Li D, Hu S, Gilbreath KR, Bazer FW, Wu G. L-Arginine promotes protein synthesis and cell growth in brown adipocyte precursor cells via the mTOR signal pathway. *Amino Acids*. 2017 May;49(5):957-64, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2399-0>.
- [25] Gambardella J, Fiordelisi A, Spigno L, Boldrini L, Lungonelli G, Di Vaia E, et al. Effects of Chronic Supplementation of L-Arginine on Physical Fitness in Water Polo Players. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2021;2021(1):6684568, Doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6684568>.
- [26] Karimi E, Hatami E, Ghavami A, Hadi A, Darand M, Askari G. Effects of L-arginine supplementation on biomarkers of glycemic control: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Archives of physiology and biochemistry*. 2023 May 4;129(3):700-10, Doi: <https://doi.org/10.1080/13652050.2023.2188888>.
- satiety and weight loss: a critical review. *Journal of the American college of nutrition*. 2004;23(5):373-85, Doi: <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719381>.
- [14] Berthoud HR. Vagal and hormonal gut-brain communication: from satiation to satisfaction. *Neurogastroenterology & Motility*. 2008;20:64-72, Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2008.01104.x>.
- [15] Hofer D, Asan E, Drenckhahn D. Chemosensory perception in the gut. *Physiology*. 1999;14(1):18-23, Doi: <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.1999.14.1.18>.
- [16] Spreckley E, Murphy KG. The L-cell in nutritional sensing and the regulation of appetite. *Frontiers in nutrition*. 2015 Jul 20;2:23, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2015.00023>.
- [17] McGavigan AK, O'Hara HC, Amin A, Kinsey-Jones J, Spreckley E, Alamshah A, et al. L-cysteine suppresses ghrelin and reduces appetite in rodents and humans. *International journal of obesity*. 2015;39(3):447-55, Doi: <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.172>.
- [18] Meek CL, Reimann F, Park AJ, Gribble FM. Can encapsulated glutamine increase GLP-1 secretion, improve glucose tolerance, and reduce meal size in healthy volunteers? A randomised, placebo-controlled, cross-over trial. *The Lancet*. 2015;385:S68, Doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)60383-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)60383-x).
- [19] Saxena S, Singh R, Dutta D, Gautam N, Setya S, Talegaonkar S. Nutraceuticals and their applications: recent trends and challenges. *Anxiety, Gut Microbiome, and Nutraceuticals*. 2023;1-32.
- [20] Alamshah A, McGavigan AK, Spreckley E, Kinsey-Jones J, Amin A, Tough I, et al. L-Arginine promotes gut hormone release and reduces food intake in rodents. *Diabetes, Obesity and Metabolism*.

- Appetite Hormones and Body Composition of Obese Boys. Hormozgan Medical Journal. 2021;25(4):187-91, Doi: 10.34172/hmj.2021.26.
- [34] Azali Alamdari K, SatarZadeh R. Impact of Aerobic Training and Vitamin D Supplementation on Hunger Rate and Serum Ghrelin and Insulin in Middle Agead Females with Metabolic Syndrome. Research in Exercise Nutrition. 2022;1(1):13-1, Doi: <https://doi.org/10.34785/J019.2022.408>.
- [35] King NA, Caudwell PP, Hopkins M, Stubbs JR, Naslund E, Blundell JE. Dual-process action of exercise on appetite control: increase in orexigenic drive but improvement in meal-induced satiety. The American journal of clinical nutrition. 2009;90(4):921-7, Doi: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27706>.
- [36] Förstemann K, Horwich MD, Wee L, Tomari Y, Zamore PD. Drosophila microRNAs are sorted into functionally distinct argonaute complexes after production by dicer-1. Cell. 2007;130(2):287-97, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.05.056>.
- [37] Grimson A, Farh KK-H, Johnston WK, Garrett-Engle P, Lim LP, Bartel DP. MicroRNA targeting specificity in mammals: determinants beyond seed pairing. Molecular cell. 2007;27(1):91-105, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2007.06.017>.
- [38] Schneeberger M, Gomez-Valadés AG, Ramirez S, Gomis R, Claret M. Hypothalamic miRNAs: emerging roles in energy balance control. Frontiers in neuroscience. 2015;9:41, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00041>.
- [39] Crépin D, Benomar Y, Riffault L, Amine H, Gertler A, Taouis M. The over-expression of miR-200a in the hypothalamus of ob/ob mice is linked to leptin and insulin signaling <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1863991>.
- [27] Wu G, Meininger CJ, McNeal CJ, Bazer FW, Rhoads JM. Role of L-arginine in nitric oxide synthesis and health in humans. Amino acids in nutrition and health: Springer; 2021. p. 167-87, Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74180-8_10.
- [28] Cruz MM, Simão JJ, Sá RDd, Farias TS, Silva VSd, Abdala F, et al. Palmitoleic acid decreases non-alcoholic hepatic steatosis and increases lipogenesis and fatty acid oxidation in adipose tissue from obese mice. Frontiers in endocrinology. 2020;11:537061, Doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.537061>.
- [29] Castro F, Su S, Choi H, Koo E, Kim W. L-Arginine supplementation enhances growth performance, lean muscle, and bone density but not fat in broiler chickens. Poultry science. 2019;98(4):1716-22, Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pey504>.
- [30] Brugaletta G, Zampiga M, Laghi L, Indio V, Oliveri C, De Cesare A, et al. Feeding broiler chickens with arginine above recommended levels: effects on growth performance, metabolism, and intestinal microbiota. Journal of Animal Science and Biotechnology. 2023;14(1):33, Doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00839-y>.
- [31] Yao K, Yin Y-L, Chu W, Liu Z, Deng D, Li T, et al. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. The Journal of nutrition. 2008;138(5):867-72, Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/138.5.867>.
- [32] Vainshtein A, Sandri M. Signaling pathways that control muscle mass. International journal of molecular sciences. 2020;21(13):4759, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21134759>.
- [33] Moghadam TM, Fathi M, Hosseini SRA, Ziaaldini MM, Rashidlamir A. Effect of Arginine Supplementation and High Intensity Training on

- 2015;16:1-11, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1896-3>.
- [46] Trajkovski M, Hausser J, Soutschek J, Bhat B, Akin A, Zavolan M, et al. MicroRNAs 103 and 107 regulate insulin sensitivity. *Nature*. 2011;474(7353):649-53, Doi: <https://doi.org/10.1038/nature10112>.
- [47] Benoit C, Ould-Hamouda H, Crepin D, Gertler A, Amar L, Taouis M. Early leptin blockade predisposes fat-fed rats to overweight and modifies hypothalamic microRNAs. *J Endocrinol*. 2013;218(1):35-47, Doi: <https://doi.org/10.1530/joe-12-0561>.
- [48] Quintanilha BJ, Ferreira LRP, Ferreira FM, Neto EC, Sampaio GR, Rogero MM. Circulating plasma microRNAs dysregulation and metabolic endotoxemia induced by a high-fat high-saturated diet. *Clinical Nutrition*. 2020;39(2):554-62, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.02.042>.
- [49] Hosseini-Esfahani F, Bahadoran Z, Moslehi N, Asghari G, Yuzbashian E, Hosseinpour-Niazi S, et al. Metabolic syndrome: findings from 20 years of the Tehran lipid and glucose study. *International journal of endocrinology and metabolism*. 2018;16(4 Suppl):e84771, Doi: <https://doi.org/10.5812/ijem.84771>.
- [50] Nikoo M, Ebrahimi M. Assessment of changes in energy intake and appetite in response to exercise during fasting and after breakfast in overweight women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(2):22-13, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143059.1073>.
- [51] Wu G, Bazer FW, Davis TA, Kim SW, Li P, Marc Rhoads J, et al. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino acids*. 2009;37:153-6, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0210-y>.
- [52] Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive physiology*. 2011 Jan;2(2):1143-211, impairment. *Molecular and cellular endocrinology*. 2014 Mar 25;384(1-2):1-1, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mce.2013.12.016>.
- [40] Vinnikov IA, Hajdukiewicz K, Reymann J, Beneke J, Czajkowski R, Roth LC, et al. Hypothalamic miR-103 protects from hyperphagic obesity in mice. *Journal of Neuroscience*. 2014;34(32):10659-74, Doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4251-13.2014>.
- [41] Benite-Ribeiro SA, Putt DA, Soares-Filho MC, Santos JM. The link between hypothalamic epigenetic modifications and long-term feeding control. *Appetite*. 2016;107:445-53, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.111>.
- [42] Zhao Y, Zhang A, Wang Y, Hu S, Zhang R, Qian S. Genome-wide identification of brain miRNAs in response to high-intensity intermittent swimming training in *Rattus norvegicus* by deep sequencing. *BMC Molecular Biology*. 2019;20:1-15, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12867-019-0120-4>.
- [43] Nielsen S, Åkerström T, Rinnov A, Yfanti C, Scheele C, Pedersen BK, et al. The miRNA plasma signature in response to acute aerobic exercise and endurance training. *PloS one*. 2014;9(2):e87308, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087308>.
- [44] Vatandoost N, Amini M, Iraj B, Momenzadeh S, Salehi R. Dysregulated miR-103 and miR-143 expression in peripheral blood mononuclear cells from induced prediabetes and type 2 diabetes rats. *Gene*. 2015 Nov 1;572(1):95-100, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2015.07.015>.
- [45] Hsieh C-H, Rau C-S, Wu S-C, Yang JC-S, Wu Y-C, Lu T-H, et al. Weight-reduction through a low-fat diet causes differential expression of circulating microRNAs in obese C57BL/6 mice. *BMC genomics*.

- supplementation on neuroendocrine, metabolic, cardiovascular, and mood outcomes in younger men: A double-blind, placebo-controlled trial. *Nutrition*. 2022;101:111658, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111658>.
- [59] Luiking YC, Engelen MP, Deutz NE. Regulation of nitric oxide production in health and disease. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2010 Jan 1;13(1):97-104, Doi: <https://doi.org/10.1097/mco.0b013e328332f99d>.
- [60] Jobgen WS, Fried SK, Fu WJ, Meininger CJ, Wu G. Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2006;17(9):571-88, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.12.001>.
- [61] Amin A, Neophytou C, Thein S, Martin NM, Alamshah A, Spreckley E, et al. L-Arginine increases postprandial circulating GLP-1 and PYY levels in humans. *Obesity*. 2018;26(11):1721-6, Doi: <https://doi.org/10.1002/oby.22323>.
- [62] Koshki MH, Mollanovruzi A, Lamir AR. Effect of chronic high-intensity exercise on hunger and satiation and levels of acylated ghrelin and leptin in women. *Biomedical Human Kinetics*. 2018;10(1):67-75, Doi: <https://doi.org/10.1515/bhk-2018-0011>.
- [63] Maraki M, Tsofliou F, Pitsiladis Y, Malkova D, Mutrie N, Higgins S. Acute effects of a single exercise class on appetite, energy intake and mood. Is there a time of day effect? *Appetite*. 2005;45(3):272-8, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2005.07.005>.
- [64] Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(1):181, Doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a51b3>.
- Doi: <https://doi.org/10.1002/cphy.c110025>.
- [53] McKnight JR, Satterfield MC, Jobgen WS, Smith SB, Spencer TE, Meininger CJ, et al. Beneficial effects of L-arginine on reducing obesity: potential mechanisms and important implications for human health. *Amino acids*. 2010;39:349-57, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-010-0598-z>.
- [54] Hurt RT, Ebbert JO, Schroeder DR, Croghan IT, Bauer BA, McClave SA, et al. L-arginine for the treatment of centrally obese subjects: a pilot study. *Journal of dietary supplements*. 2014;11(1):40-5, Doi: <https://doi.org/10.3109/19390211.2013.859216>.
- [55] Martina V, Masha A, Gigliardi VR, Brocato L, Manzato E, Berchio A, et al. Long-term N-acetylcysteine and L-arginine administration reduces endothelial activation and systolic blood pressure in hypertensive patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2008;31(5):940-, Doi: <https://doi.org/10.2337/dc07-2251>.
- [56] Lucotti P, Monti L, Setola E, La Canna G, Castiglioni A, Rossodivita A, et al. Oral L-arginine supplementation improves endothelial function and ameliorates insulin sensitivity and inflammation in cardiopathic nondiabetic patients after an aortocoronary bypass. *Metabolism*. 2009;58(9):1270-6, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.03.029>.
- [57] Alizadeh M, Daneghian S, Ghaffari A, Ostadrahimi A, Safaeiyan A, Estakhri R, et al. The effect of hypocaloric diet enriched in legumes with or without L-arginine and selenium on anthropometric measures in central obese women. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 2010;15(6):331, Doi: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3082837/>.
- [58] Apolzan JW, Stein JA, Rood JC, Beyl RA, Yang S, Greenway FL, et al. Effects of acute arginine

- [65] Hagobian TA, Yamashiro M, Hinkel-Lipsker J, Streder K, Evero N, Hackney T. Effects of acute exercise on appetite hormones and ad libitum energy intake in men and women. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013;38(999):66-72, Doi: <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0104>.
- [66] Bowen P, Neil L, Norton A, Padgett K. Effects of high intensity interval training vs. high volume training on VO₂max, power, and body composition of college-age students. 2012, https://digitalcommons.hope.edu/curcp_11/28/.
- [67] Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of applied physiology*. 2009, Doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00722.2009>.
- [68] Hosseini A, Valipour Dehnou V, Azizi M, Khanjari Alam M. Effect of high-intensity interval training (HIT) for 4 weeks with and without L-arginine supplementation on the performance of women's futsal players. *Quarterly of Horizon of Medical Sciences*. 2015;21(2):113-9.
- [69] Koppo K, Taes YE, Pottier A, Boone J, Bouckaert J, Derave W. Dietary arginine supplementation speeds pulmonary VO₂ kinetics during cycle exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(8):1626-32, Doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31819d81b6>.
- [70] Radom-Aizik S, Zaldivar Jr F, Leu SY, Adams GR, Oliver S, Cooper DM. Effects of exercise on microRNA expression in young males peripheral blood mononuclear cells. *Clinical and translational science*. 2012;5(1):32-8, Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1752-8062.2011.00384.x>.

اثر حاد مکمل یاری رودیولاروزا بر عملکرد بی هوازی پایین تنه زنان تکواندوکار در PMS : یک مطالعه دوسوکور، کنترل شده با دارونما

یاسمین یاراحمدی^۱✉، سید مرتضی طیبی^۱، مینو باسامی^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

هدف: سندروم پیش قاعدگی (PMS) با بروز علائم جسمی و روانی می تواند باعث افت عملکرد ورزشی در زنان شود. مکمل های گیاهی مانند رودیولاروزا به دلیل خواص آداپتوژنیک به عنوان روشی نوین در بهبود عملکرد ورزشی مورد توجه قرار گرفته است این مطالعه با هدف بررسی اثر مکمل گیری حاد با عصاره رودیولا روزا (۵۰۰ میلی گرم در روز) بر عملکرد بی هوازی اندام تحتانی در زنان تکواندوکار در این فاز انجام شد.

روش ها: در این مطالعه کارآزمایی بالینی دوسوکور، تصادفی شده و کنترل شده با دارونما، ۱۰ زن تکواندوکار (سن: ۱۸-۲۸ سال) با چرخه قاعدگی منظم، به مدت ۱۰ روز از چرخه قاعدگی (روز های ۱۶ الی ۲۶ چرخه قاعدگی) به صورت تصادفی به دو گروه مکمل RR (۵۰۰ میلی گرم) و دارونما تقسیم شدند. عملکرد بی هوازی با استفاده از آزمون ۳۰ ثانیه ای وینگیت ارزیابی شد. متغیرهای اندازه گیری شده شامل توان اوج، توان میانگین و شاخص خستگی بود. تحلیل آماری با استفاده از آزمون های t زوجی و t مستقل انجام شد ($p < 0.05$).

یافته ها: در گروه مکمل، توان اوج و توان میانگین به طور معناداری نسبت به پیش آزمون افزایش یافتند (به ترتیب $p = 0.002$ و $p = 0.004$)، در حالی که در گروه دارونما تغییر معناداری مشاهده نشد. همچنین، افزایش عملکرد در گروه RR در مقایسه با دارونما از نظر آماری معنادار بود ($p = 0.01$ برای توان اوج؛ $p = 0.02$ برای توان میانگین). شاخص خستگی در هیچ یک از گروه ها تغییر معناداری نداشت ($p > 0.05$).

نتیجه گیری: مصرف حاد مکمل RR در فاز پیش قاعدگی می تواند منجر به بهبود توان بی هوازی اوج و میانگین در ورزشکاران زن شود، بدون آنکه تأثیر معناداری بر شاخص خستگی داشته باشد. این مکمل می تواند به عنوان مداخله ای مؤثر در حفظ عملکرد ورزشی زنان در دوران حساس پیش قاعدگی در نظر گرفته شود.

کلیدواژه ها: رودیولا روزا، عملکرد بی هوازی، PMS، آزمون وینگیت، تکواندو، زنان ورزشکار

✉ نویسنده مسئول:

yasaminyarahmadi20@gmail.com

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

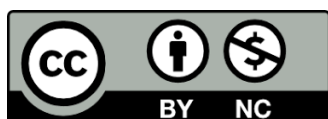
تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143805.1104>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Yarahmadi Y, Tayebi SM, Bassami M. Acute Effect of Rhodiola Rosea Supplementation on Lower Limb Anaerobic Performance in Female Taekwondo Athletes during PMS: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):41-52. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143805.1104>

Acute Effect of Rhodiola Rosea Supplementation on Lower Limb Anaerobic Performance in Female Taekwondo Athletes during PMS: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study

Yasamin Yarahmadi ^{1✉}, Seyed Morteza Tayebi ¹, Minoo Bassami¹

Received: 2025/04/25

Accepted: 2025/06/08

Abstract

Aim: Premenstrual syndrome (PMS), with its physical and psychological symptoms, can lead to decreased athletic performance in women. This study aimed to investigate the effect of acute Rhodiola rosea extract supplementation (500 mg/day) on lower limb anaerobic performance in female Taekwondo athletes during this phase.

Methods: In this double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial, 10 female Taekwondo athletes (age: 18–28 years) with regular menstrual cycles were randomly divided into two groups: RR supplement (500 mg) and placebo, for 10 days of their menstrual cycle (days 16 to 26 of the menstrual cycle). Anaerobic performance was assessed using the 30-second Wingate test. Measured variables included peak power, mean power, and fatigue index. Statistical analysis was performed using paired t-tests and independent t-tests ($p < 0.05$).

Results: In the supplement group, peak power and mean power significantly increased compared to the pre-test ($p = 0.002$ and $p = 0.004$, respectively), while no significant change was observed in the placebo group. Furthermore, the increase in performance in the RR group was statistically significant compared to the placebo group ($p = 0.01$ for peak power; $p = 0.02$ for mean power). The fatigue index did not change significantly in either group ($p > 0.05$).

Conclusion: Acute supplementation with RR during the premenstrual phase can lead to improved anaerobic peak and mean power in female athletes, without significantly affecting the fatigue index. This supplement can be considered as an effective intervention to maintain athletic performance in women during the sensitive premenstrual period.

Keywords: RR, Anaerobic Performance, PMS, Wingate Test, Taekwondo, Female Athletes

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors

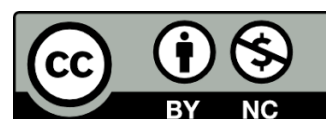
Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143805.1104>

Copyright ©The authors



Citation:

Yarahmadi Y, Tayebi SM, Bassami M. Acute Effect of Rhodiola Rosea Supplementation on Lower Limb Anaerobic Performance in Female Taekwondo Athletes during PMS: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):41-52. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143805.1104>

مقدمه

استفاده می‌شود و تحقیقات پیشین نشان داده‌اند که این گیاه دارای اثرات نورومدولاتور و ضدافسردگی است (۶). علاوه بر این، گزارش شده که در مقابله با انواع استرس‌های روانی و فیزیولوژیکی مؤثر است (۱۲). این یافته اخیر اهمیت زیادی در تعریف RR به عنوان یک «آداپتوژن» دارد، چرا که ممکن است توانایی ارگانیسم را برای جلوگیری از آسیب و تسهیل سازگاری با استرس‌های محیطی از جمله استرس اکسیداتیو، اضطراب و ورزش جسمانی افزایش دهد (۱۰).

شواهد های قبلی عمدتاً بر روی عصاره RR به عنوان یک مکمل ارژونیک بالقوه در افزایش عملکرد ورزش بدنی تمرکز داشته‌اند. در مطالعه‌ای که توسط مارکوس و همکاران در سال ۲۰۲۵ انجام شد، ۱۸ شرکت‌کننده (۷ زن) در یک طرح سه‌سو کور، کنترل‌شده و تصادفی‌شده شرکت کردند. آن‌ها به مدت چهار روز ۳۰۰ میلی گرم مکمل RR یا دارونما دریافت کردند. شرکت‌کنندگان در دو وضعیت مختلف - با و بدون القای خستگی ذهنی - تمرینات مقاومتی شامل Bench-press و Bench-pull را انجام دادند. نتایج نشان داد که مصرف RR منجر به افزایش معنادار تعداد تکرارها و سرعت اجرا در هر دو نوع تمرین شد، که حاکی از تأثیر مثبت این مکمل در بهبود عملکرد تحت شرایط فشار ذهنی و بدنی است (۱۳). در مطالعه‌ی دی بوک و همکاران، مصرف تک‌دوز ۲۰۰ میلی‌گرم RR با ترکیب استاندارد (۳٪ روزا وین و ۱٪ سالیروزید) باعث بهبود VO_{2peak} و ظرفیت هوازی شد، که این مسئله نشان‌دهنده بهبود در کارایی سیستم قلبی-تنفسی است (۱۴). مطالعه ایدو و همکاران نشان داد، مصرف روزانه ۶۸۰ میلی‌گرم عصاره RR در ۳۶ فرد غیرورزشکار با تمرینات دوچرخه سواری با شدت بالا، تمرینات مقاومتی پرس سینه و تمرینات هوازی شدید به مدت ۳۶ روز باعث کاهش سطح پروتئین واکنشی C و کراتین کیناز شد که بیانگر کاهش التهاب و آسیب عضلانی است؛ با این حال، عملکرد فیزیکی در رکاب‌زنی به‌طور مستقیم گزارش نشده (۱۳). در مطالعه ژائولونگ وانگ با ۴۸ ورزشکار والیبال مرد بود که یک گروه RR، یک گروه کافئین، یک گروه ترکیبی و یک گروه کنترل دریافت کردند. پس از ۴ هفته تمرین مقاومتی، گروه ترکیبی (RR + CAF) بهبود قابل توجهی در توان انفجاری پا پرش‌ها، (RPE) نسبت به سایر گروه‌ها نشان دادند (۱۴). در مطالعه اسپاسوو و همکاران ۴۰ جوان (۱۷-۱۹ سال، فقط مرد) با صرف مزمن ۱۰۰ میلی گرم RR روزانه به مدت ۲۰

سندروم پیش از قاعدگی^۱ (PMS) ۲۰ تا ۷۵ درصد زنان در سنین باروری را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث بروز علائم جسمی، روانی و رفتاری در فاز لوتئال می‌شود که پس از قاعدگی رفع می‌گردد (۱). در سطح جهانی، بیش از ۴۰ میلیون زن PMS را تجربه می‌کنند که ۲۰ درصد آن‌ها علائم شدیدی دارند که زندگی روزمره‌شان را مختل می‌کند (۱، ۲). علائم شامل دردهای شکمی، حساسیت در سینه‌ها، اضطراب، تحریک‌پذیری و تغییرات خلقی است که به کاهش کیفیت زندگی، افزایش خطر ابتلا به فشار خون بالا و افسردگی منجر می‌شود و بر عملکرد ورزشی به‌ویژه در ورزشکاران قدرتی و رزمی تأثیر منفی بگذارد (۳). این در حالی است که حفظ عملکرد در دوره PMS برای زنان ورزشکار حرفه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است.

درمان‌های کنونی PMS شامل گزینه‌های دارویی (مانند مهارکننده‌های بازجذب سروتونین انتخابی، قرص‌های ضدبارداری و راهکارهای غیر دارویی مانند ورزش است (۴). مهارکننده‌های بازجذب سروتونین و قرص‌های ضدبارداری مؤثرند اما ممکن است عوارض جانبی مانند تهوع و خستگی ایجاد کنند، که این مسئله موجب تمایل به گزینه‌های جایگزین شده است (۵). ورزش، که توسط NICE^۲ و RCOG^۳ توصیه می‌شود، باعث افزایش اندورفین، تنظیم هورمون‌ها و کاهش التهاب می‌شود (۶، ۷). یوگا که تمرکز بر هماهنگی ذهن و بدن است، محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال^۴ (HPA) را تنظیم می‌کند، در حالی که تمرینات مقاومتی گردش خون و آزادسازی اندورفین را تقویت می‌کند (۸). در حال حاضر پژوهش‌ها به سوی بررسی درمان‌های مکمل و جایگزین سوق یافته‌اند. یکی از این رویکردها، استفاده از مکمل‌های گیاهی مانند ریشه طلایی (رودیولا روزا) (Rhodiola rosea) است، که به دلیل خواص تطابقی و اثرات مثبت بر کاهش استرس و بهبود عملکرد روانی-جسمی، توجه محققان را به خود جلب کرده است (۱۰).

عصاره ریشه طلایی، گیاهی از خانواده کراسولاسه است که عمدتاً در ارتفاعات بلند اروپا و آسیا یافت می‌شود (۱۱). در طب سنتی عامیانه، گزارش شده است که RR برای درمان خستگی

¹ Premenstrual syndrome

² National Institute for Health and Care Excellence

³ Royal College of Obstetricians and Gynaecologists

⁴ Hypothalamic-Pituitary-Adrenal axis

خوراکی حاد RR مکمل شدند (۳ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) ، عملکرد بهتری در آزمون سرعت ۶ مایل دوچرخه سواری داشتند و به طور همزمان میانگین ضربان قلب در حین تمرین کاهش یافت (۲۳). با این حال، تحقیقات دیگری که RR را به تنهایی و در ترکیب با سایر گیاهان استفاده کردند هیچ بهبود قابل توجهی در نتایج عملکرد نشان داده نشده است (۱۰). تفاوت های بین نتایج، نیاز به مطالعات بیشتر درباره RR و تأثیر آن بر عملکرد ورزشی را برجسته می کند. علاوه بر این، تفاوت احتمالی اثرات بین انواع مختلف ورزش های جسمانی هنوز شناسایی نشده است.

گرچه گزارش شده است که RR عملکرد ورزشی را در انسان ها و حیوانات افزایش می دهد، تقریباً تمام مطالعات موجود به طور انحصاری بر فعالیت های هوازی و مقاومتی تمرکز کرده اند. بنابراین، در حال حاضر این خلأ در دانش وجود دارد که آیا مکمل RR بر عملکرد ورزش های بی هوازی تأثیر می گذارد یا خیر. با توجه به اینکه RR بازسازی ATP میتوکندریایی را افزایش می دهد و بازسازی فسفوکراتین (PCr) عمدتاً تحت تأثیر تولید ATP هوازی است (۲۴). ممکن است RR عملکرد ورزش های بی هوازی را از طریق کمک به بازسازی PCr در طول دوره های مکرر ورزش بی هوازی ارتقا دهد.

در سال های اخیر، توجه به اثرات فیزیولوژیکی و روانی PMS بر عملکرد زنان ورزشکار، به ویژه در رشته های پرفشار مانند ورزش های رزمی، افزایش یافته است. علاوه بر این، همانگونه که قبلاً ذکر شد، گزارش شده است که RR اثرات تحریک عصبی دارد و شواهد قبلی نشان می دهند که تحریک عصبی ممکن است در عملکرد ورزش های بی هوازی نقش داشته باشد (۲۵). در مطالعه نرون و همکاران آزمونی کنترل شده با طراحی کراس اوور، روی ۱۵ زن جوان، با دوز ۳ mg/kg، یک ساعت پیش از تست دوچرخه سواری ۶-مایلی نشان داده شد ضربان قلب در گرم کردن به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرد و خستگی کاهش یافت (۲۶). به طور خاص، مطالعه ای بالمان و همکاران با طراحی دوسوکور و کنترل شده روی زنان جوان نشان داد که مصرف دوز ۱۵۰۰ میلی گرمی به مدت سه روز به علاوه ۵۰۰ میلی گرم پیش از تمرین، توان میانگین، ظرفیت بی هوازی و قدرت را در آزمون های Wingate سه گانه به طور معناداری افزایش

روز با آزمون دوچرخه (PWC-170) باعث افزایش دقت حرکت، بهبود سلامتی عمومی و کاهش خستگی ذهنی بدون تغییر قابل توجه در ظرفیت فیزیکی شد (۱۵). در مطالعات حیوانی نشان داده شد، موش هایی که به مدت ۶ روز با RR مکمل یاری شده بودند، مدت زمان بیشتری شنا کرده و زمان خستگی در آزمون ورزش اجباری در مقایسه با حیوانات کنترل افزایش یافته بود (۱۶). مطالعه لی و همکاران نشان داد، چهار هفته مصرف RR تا ۱۲۵ میلی گرم در روز باعث افزایش محتوای گلیکوژن کبد در حالت استراحت و کاهش تخلیه گلیکوژن عضلات در طول ۹۰ دقیقه تمرین شنا بدون بار در موش ها شد، اگرچه مکانیسم این یافته ها مشخص نشد (۱۷). بررسی های بیشتر در مورد مکانیسم های فیزیولوژیکی مسئول این افزایش عملکرد نشان داد که ATP میتوکندری در عضلات اسکلتی حیوانات گروهی که مکمل RR مصرف کرده بودند، پس از ورزش بالاتر بود که نشان دهنده نقش RR در سنتز مجدد ATP و تعادل انرژی است (۱۸). در حالی که مکانیسم های فیزیولوژیکی این تغییرات در فعالیت بدنی هنوز به طور کامل روشن نشده است، به نظر می رسد RR دارای اثرات آداپتوژنیک و تقویت کننده عصبی باشد (۱۹). اگرچه مطالعات انجام شده روی مدل های حیوانی این ایده را تقویت کرده اند که RR دارای مزایای آداپتوژن است، اما در مطالعات انسانی نتایج متناقض اند.

زنان رزمی کار که تحت تمرینات شدید فیزیکی و روانی قرار دارند، مدیریت بهتر این علائم باعث حفظ عملکرد ورزشی، تمرکز ذهنی و تعادل روانی در دوره های حساس پیش از قاعدگی می شود. مزایای بالقوه RR بر عملکرد ورزشی زنان تکواندوکار در انسان ها عمدتاً در ورزش های هوازی مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج مختلف و متناقضی نشان داده است (۱۰، ۲۰). د بوک و همکاران گزارش دادند که یک بار دریافت دوز ۲۰۰ میلی گرم RR استاندارد شده با ۳٪ روزاوین (rosavin) و ۱٪ سالیدروزید (salidroside) باعث بهبود VO2peak و افزایش زمان تا خستگی در طی آزمایش دوچرخه سواری هوازی شده است (۲۱). با این حال، مصرف مزمن این عصاره به مدت ۴ هفته با دوز مصرفی ۲۰۰ میلی گرم نتایج عملکرد را تغییر نداد که این موضوع نشان می دهد RR ممکن است تأثیر حاد (موقتی) بر افزایش عملکرد داشته باشد (۲۲). در حمایت بیشتر از اثر انرژی زا، نورین و همکاران گزارش کردند که افرادی که با دوز های

تقسیم شدند. گروه مداخله دریافت یک دوز ۵۰۰ میلی گرم عصاره RR (استاندارد شده بر اساس ۳٪ روزاوبین) به صورت کپسولدر ۱۰ روز پایانی فاز لوتال در زمان pms (۱۶ الی ۲۶ چرخه قاعدگی)، گروه کنترل دریافت کپسول دارونما (حاوی آرد ذرت)، با همان ظاهر و شرایط مصرف

کپسولها توسط یک فرد مستقل و بدون اطلاع پژوهشگران و شرکت کنندگان بسته بندی و کدگذاری شدند تا شرایط دوسوکور رعایت گردد. جهت ارزیابی عملکرد بی هوازی پایین تنه، از آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه ای با استفاده از دوچرخه کارسنج مونارک (Monark Ergonomic 894E) استفاده شد. بارگذاری معادل ۰.۰۷۵ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن اعمال شد. شرکت کنندگان ابتدا ۳ دقیقه گرم کردن با شدت کم انجام دادند، سپس تست اصلی ۳۰ ثانیه ای اجرا شد. متغیرهای توان اوج (Peak Power)، توان میانگین (Mean Power)، شاخص خستگی (Fatigue Index) ثبت گردید. آزمون در شرایط یکنواخت آزمایشگاهی انجام شد.

در این مطالعه، اندازه اثر بر اساس تفاوت میانگینها و انحراف معیارهای بین گروهی در نتایج آزمون وینگیت (مانند توان اوج و میانگین) با استفاده از فرمول اندازه اثر کوهن (Cohen's d) محاسبه شده است.

جدول ۱: مقایسه ویژگیهای پایه و آنتروپومتریک بین گروههای مکمل و دارونما

متغیر	گروه مکمل (n=۱۰)	گروه دارونما (n=۱۰)
سن (سال)	۲۱,۳ ± ۱,۸	۲۰,۹ ± ۲,۱
قد (سانتی متر)	۱۶۷,۴ ± ۵,۶	۱۶۵,۹ ± ۶,۳
وزن (کیلوگرم)	۶۰,۷ ± ۴,۸	۵۹,۳ ± ۵,۱
شاخص توده بدنی (BMI)	۲۱,۶ ± ۱,۲	۲۱,۵ ± ۱,۳
سابقه تمرین (سال)	۴,۸ ± ۱,۳	۵,۱ ± ۱,۵
طول چرخه قاعدگی (روز)	۲۸,۳ ± ۱,۷	۲۸,۱ ± ۱,۵

روش آماری

داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شدند. برای بررسی تفاوت بین گروهی از آزمون t مستقل و برای درون گروهی از t زوجی استفاده شد. سطح معناداری آماری برابر با $p < 0.05$

داد(۲۵). همچنین، مطالعه ای کوزه چیان روی ورزشکاران (از جمله زنان) نشان داد که مصرف ۲۰۰ میلی گرم و ۱.۵ گرم Rhodiola rosea طی ۷ روز، منجر به افزایش قابل توجهی در قدرت بیشینه پا (RM۱) و حجم تمرینی پایین تنه شد(۲۷). بنابراین، این فرضیه منطقی است که RR ممکن است عملکرد ورزشی را در دوره های مکرر ورزش بی هوازی افزایش دهد. هدف مطالعه حاضر بررسی اثرات کوتاه مدت مصرف مکمل RR بر عملکرد بی هوازی زنان رزمی کار در PMS بود.

روش شناسی

این مطالعه به صورت دوسوکور، تصادفی شده، کنترل شده با دارونما و از نوع مداخله ای حاد، با روش نمونه گیری در دسترس (convenience sampling) طراحی و اجرا شد. کلیه مراحل تحقیق مطابق با اصول اخلاق در پژوهش های انسانی و با تأیید کمیته اخلاق دانشگاه (کد اخلاق: ETHICS-2503-1263) انجام گرفت. با توجه به به مطالعات پیشین و ماهیت مداخله ای و کنترل شده بودن و محدودیت در دسترسی به زنان تکواندوکار با معیارهای ورود مشخص شد، حجم نمونه ۲۰ نفر تعیین شد. در این مطالعه، ۱۰ ورزشکار زن تکواندوکار با تجربه تمرینی حداقل ۳ سال، در محدوده سنی ۱۸ تا ۲۸ سال که چرخه قاعدگی منظم داشتند (بین ۲۶ تا ۳۲ روز)، شرکت کردند. چرخه قاعدگی شرکت کنندگان با برنامه ایمپو کنترل گردید (جدول ۱). شرکت کنندگان فاقد هرگونه بیماری زمینه ای، حساسیت دارویی، یا سابقه مصرف مکمل در ۲ ماه گذشته بودند. همه افراد فرم رضایت نامه کتبی آگاهانه را امضا کردند. معیارهای ورود به مطالعه شامل سن ۱۸ تا ۲۸ سال، فعالیت حرفه ای در رشته تکواندو (حداقل ۳ جلسه تمرین در هفته)، چرخه قاعدگی منظم در سه ماه اخیر، عدم مصرف مکمل یا داروهای هورمونی در دو ماه اخیر بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل مصرف هرگونه مکمل یا دارو در طول مطالعه، نامنظمی در قاعدگی یا قطع آن، بارداری، بروز هرگونه آسیب یا بیماری که عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد، بود. جهت تشخیص فاز پیش قاعدگی (PMS)، از پرسشنامه استاندارد PSST⁵ استفاده شد. شرکت کنندگان به صورت تصادفی به دو گروه دریافت کننده مکمل RR (گروه مداخله) و گروه دارونما

⁵ Premenstrual Symptoms Screening Tool

در نظر گرفته شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد

یافته‌ها

در این مطالعه، ۱۰ ورزشکار زن تکواندوکار به صورت تصادفی در دو گروه مداخله (مکمل RR، $n=5$) و دارونما ($n=5$) قرار گرفتند. میانگین و انحراف معیار سن، وزن، و سایر ویژگی‌های پایه بین دو گروه تفاوت معناداری نداشت ($p > 0.05$). نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع تمامی متغیرها نرمال بود ($p > 0.05$).

نتایج تحلیل واریانس نشان داد که مصرف مکمل RR تأثیر معناداری بر توان اوج ($F(1,8) = 14.25$, $p = 0.006$, $\eta^2 = 0.64$) و توان میانگین ($F(1,8) = 10.35$, $p = 0.01$, $\eta^2 = 0.56$) ورزشکاران زن در فاز پیش‌قاعده‌گی داشت. همچنین، اندازه اثر کوهن برای تفاوت بین گروه‌ها در توان اوج و توان میانگین به ترتیب برابر با $1/85$ و $1/45$ بود که نشان‌دهنده اثر بزرگ مکمل است. با این حال، تغییرات شاخص خستگی بین گروه‌ها تفاوت معناداری نداشت ($F(1,8) = 2.15$, $p = 0.21$, $\eta^2 = 0.21$) و اندازه اثر متوسط ($d = 0.45$) گزارش شد. این نتایج نشان می‌دهد که مصرف حاد RR به طور قابل توجهی عملکرد بی‌هوازی را بهبود می‌بخشد بدون آنکه تأثیر معناداری بر شاخص خستگی داشته باشد.

در گروه مداخله، توان اوج پس از مصرف مکمل به‌طور معناداری افزایش یافت (میانگین $\pm$ انحراف معیار: 486 ± 158 وات در پیش‌آزمون در برابر 506 ± 159 وات در پس‌آزمون؛ $p = 0.002$). در مقابل، در گروه دارونما تغییر معناداری مشاهده نشد (461 ± 117 وات در پیش‌آزمون در برابر 458 ± 115 وات در پس‌آزمون؛ $p = 0.34$).

تحلیل بین‌گروهی تفاوت تغییرات نشان داد که افزایش توان اوج در گروه RR نسبت به دارونما به‌طور معناداری بیشتر بود ($\Delta = 20.4$ وات؛ $p = 0.01$) (جدول ۲).

توان میانگین نیز در گروه دریافت‌کننده RR به‌طور معناداری افزایش یافت ($350/6 \pm 12/8$ وات در پیش‌آزمون در برابر $372/8 \pm 12/3$ وات در پس‌آزمون؛ $p = 0.004$). در گروه دارونما تفاوت معناداری مشاهده نشد ($342/6 \pm 9/9$ وات در برابر $341/4$ وات در پس‌آزمون؛ $p = 0.89$).

وات؛ 10 ± 0.52) (جدول ۲). مقایسه بین‌گروهی نیز افزایش معناداری را به نفع گروه مداخله نشان داد ($\Delta = +19.4$ وات؛ $p = 0.02$) (جدول ۳).

در گروه مداخله، شاخص خستگی کاهش خفیفی نشان داد اما این تغییر از نظر آماری معنادار نبود ($36/8 \pm 0/8$ درصد در پیش‌آزمون در برابر $35/4 \pm 1/1$ درصد در پس‌آزمون؛ $p = 0.12$). در گروه دارونما، شاخص خستگی تقریباً ثابت باقی ماند ($37/2 \pm 0/8$ درصد در هر دو مرحله؛ $p = 0.89$).

متغیر	گروه	پیش‌آزمون (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	پس‌آزمون (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	تغییر Δ	p درون‌گروهی	p بین‌گروهی (Δ)
توان اوج (W)	رودیولا	$486 \pm 158/8$	$506 \pm 159/9$	+20	0/02	0/01
	دارونما	$461 \pm 117/7$	$458 \pm 115/5$	-2/4	0/34	
توان میانگین (W)	رودیولا	$350/6 \pm 12/8$	$372/8 \pm 12/3$	+22/2	0/04	0/02
	دارونما	$342/6 \pm 9/9$	$341/4 \pm 10$	-1/2	0/52	
شاخص خستگی (%)	رودیولا	$36/8 \pm 0/8$	$35/4 \pm 1/1$	-1/4	0/12	0/21
	دارونما	$37/2 \pm 0/8$	$37/2 \pm 0/9$	0	0/89	

جدول ۲: مقایسه درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای عملکرد بی‌هوازی.

جدول ۲، اصلی‌ترین داده‌های عملکرد آزمون وینگیت را با مقایسه پیش و پس‌آزمون در هر گروه نشان می‌دهد. همچنین Δ (تغییر) و p برای تفاوت بین‌گروهی نمایش داده می‌شود. تفاوت تغییرات شاخص خستگی بین دو گروه نیز از نظر آماری معنادار نبود ($p = 0.21$).

متغیر	گروه	(%) درصد تغییر	p بین‌گروهی
توان اوج	رودیولا	+4/1%	0/01
	دارونما	-0/5%	
توان میانگین	رودیولا	+6/3%	0/02
	دارونما	-0/4%	
شاخص خستگی	رودیولا	-3/8%	0/21
	دارونما	0%	

جدول ۳: درصد تغییرات متغیرهای عملکرد بی‌هوازی در گروه‌های RR و دارونما و نتایج آزمون مقایسه بین گروهی.

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر مکمل‌سازی کوتاه‌مدت با RR عملکرد بی‌هوازی طی دوره PMS در زنان ورزشکار انجام شد. یافته‌های ما نشان داد که مصرف ۱۰ روزه مکمل RR منجر به بهبود معنادار در توان اوج، توان میانگین، توان بی‌هوازی نسبی و کل کار در آزمون‌های وینگیت تکراری شد، در حالی که شاخص خستگی تغییر معناداری نداشت. اگرچه مکانیسم‌های فیزیولوژیکی دقیق این افزایش‌ها در عملکرد فعلاً تا حد زیادی ناشناخته‌اند، این یافته‌ها پیامدهای مهمی برای استفاده از RR در تقویت عملکرد ورزشی در فعالیت‌های بی‌هوازی دارد.

این نتایج با یافته‌های مروری اخیر لو و همکاران هم‌راستا هستند که نشان دادند از میان ۱۰ مطالعه انسانی بررسی‌شده، ۷ مطالعه افزایش معنی‌دار در عملکرد ورزشی، به‌ویژه در توان و تحمل خستگی، پس از مصرف RR گزارش کرده‌اند. مطالعه دی بوک و همکاران بهبود توان خروجی را طی فعالیت‌های کوتاه‌مدت بی‌هوازی گزارش کرده، در حالی که نورن و همکاران نیز افزایش توان طی تمرینات دوچرخه‌سواری شدید را مشاهده کردند. مطالعاتی مانند والکر و همکاران اما، به‌رغم استفاده از دوز مشابه RR، تغییر معناداری در شاخص‌های فسفاژن مانند بازسازی فسفوکراتین مشاهده نکردند. این تضاد یافته‌ها احتمال نقش مکانیسم‌های متفاوت را تقویت می‌کند.

در آزمون وینگیت، سهم سیستم‌های تولید انرژی برای تولید ATP عمدتاً از ذخایر فسفوکراتین و گلیکولیز است که توان گلیکولیتیکی در عرض ۱۵ ثانیه به اوج می‌رسد (۲۸). بنابراین، افزایش تولید ATP از طریق این سیستم‌های انرژی ممکن است نقش مهمی در عملکرد بی‌هوازی زنان تکواندوکار داشته باشد. این نکته با این واقعیت تقویت می‌شود که ترکیباتی که ذخایر فسفوکراتین داخل عضلانی را افزایش می‌دهند، گزارش شده است که توان و کار بی‌هوازی را در طی آزمون وینگیت افزایش می‌دهند که احتمالاً ناشی از تولید ATP بهبود یافته است (۱۸). بنابراین، به نظر می‌رسد که عملکرد بهبود یافته مشاهده شده در این مطالعه با مکمل RR ممکن است به دلیل افزایش تولید

ATP در طول تست‌های وینگیت باشد. با این حال، کار قبلی واکر و همکاران که کینتیک فسفات عضله را در حین تمرین خسته‌کننده با مکمل RR بررسی کرده‌اند، هیچ تفاوتی در بازسازی فسفوکراتین گزارش نکردند (۲۸). در مطالعه حاضر، عدم تغییر شاخص خستگی با یافته‌های برخی مطالعات قبلی تطابق دارد که نشان دادند گرچه RR عملکرد را افزایش می‌دهد (۲۹)، اما الزماً مانع از افت تدریجی توان در تست‌های مکرر نمی‌شود. این موضوع می‌تواند بیانگر آن باشد که تأثیر اصلی RR نه بر کاهش خستگی فیزیولوژیکی بلکه بر افزایش راندمان خروجی توان در دقایق اولیه تلاش‌های شدید است.

نکته قابل توجه این است که این نتایج با استفاده از استراتژی دوزبندی تقریباً مشابه با تحقیق حاضر به دست آمده است. همچنین، با مقایسه از یک تست متوالی به تست بعدی، کاهش‌هایی در متغیرهای عملکردی در طول زمان مشاهده شد ولی تفاوت معناداری بین گروه‌های درمانی وجود نداشت که نشان می‌دهد شرکت‌کنندگان به طور مشابه خسته شده‌اند. مطالعات دیگر که به بررسی مکمل RR در حین تمرین پرداخته‌اند نیز هیچ تفاوتی در اکسیداسیون کربوهیدرات یا چربی در حین تمرینات بی‌هوازی گزارش نکرده‌اند (۳۰). برای ارزیابی اینکه آیا سهم مسیرهای بی‌هوازی با مصرف RR تغییر می‌کند، تحقیقات بیشتری لازم است.

شواهد نشان می‌دهد که تحریک سیستم عصبی مرکزی^۶ (CNS) ممکن است نقش مهمی در عملکرد تست وینگیت (WAnT) ایفا کند. در واقع، چندین مکمل تحریک‌کننده CNS نشان داده‌اند که خروجی توان را به‌طور قابل توجهی در طول تست‌های دوچرخه‌سواری WAnT افزایش می‌دهند (۳۱). افزایش در خروجی توان ممکن است به دلیل افزایش رانش CNS و فراخوانی واحدهای حرکتی باشد (۳۲). در همین راستا، یافته‌های ما مبنی بر افزایش توان خروجی می‌تواند به اثرات تحریک عصبی RR نسبت داده شود، حتی اگر این شاخص‌ها به‌صورت مستقیم در این مطالعه اندازه‌گیری نشده باشند. همانطور که پیش‌تر اشاره شد، گزارش‌های قبلی نشان داده‌اند که مکمل‌گیری با گیاه RR فعالیت حرکتی کلی را افزایش داده و زمان بی‌حرکتی در طول ورزش را در حیوانات کاهش می‌دهد (۲۴، ۳۳). مطالعات انسانی

^۶ Central Nervous System

را گزارش کردند که نشان‌دهنده نقش احتمالی اثرات ضد درد RR است (۲۹). گرچه این موضوع در مطالعه حاضر تأیید نشده است، افزایش عملکرد بی‌هوازی ممکن است به دلیل افزایش تحمل درد و کاهش RPE در طول تمرین با مکمل‌گیری RR باشد. با این حال، هیچکدام از این دو اندازه‌گیری در مطالعه حاضر انجام نشده‌اند و بنابراین سهم آنها در عملکرد نامشخص باقی مانده است. مطالعات آینده باید بررسی کنند که چگونه RPE، تحمل درد و سطح گردش اپیوئیدها- β /اندورفین در طول آزمایش‌های متوالی بی‌هوازی با مکمل‌گیری RR تغییر می‌کنند (۳۸، ۳۹).

با این حال، تمامی مطالعات در زمینه تأثیر RR بر عملکرد ورزشی به نتایج مثبت نرسیده‌اند. بعضی مطالعات اثر قابل‌توجهی از RR بر ظرفیت هوازی یا سطح لاکتات گزارش نکردند، به‌ویژه زمانی که نوع فعالیت هوازی بوده یا زمان مصرف کوتاه‌تر از ۵ روز بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که نوع تمرین، مدت مصرف، و شرایط فیزیولوژیکی از جمله PMS عوامل تعیین‌کننده در اثرگذاری RR هستند.

در حالی که تحقیق حاضر اطلاعات جدیدی را در مورد RR و ورزش‌های بی‌هوازی فاش می‌کند، محدودیت‌هایی در این مطالعه وجود داشت. اولاً، تنها داده‌های عملکرد به دست آمد و هیچ متغیر فیزیولوژیکی اندازه‌گیری نشد. بنابراین، مکانیزم‌های فیزیولوژیکی مربوط به بهبود مشاهده شده در عملکرد ناشناخته باقی می‌ماند. علاوه بر این، همانطور که پیش‌تر ذکر شد، RR به کار رفته در این مطالعه استاندارد شده بود بر اساس ۳٪ رزآوین‌ها و ۱٪ سالیروسید. بنابراین، از داده‌های ما نمی‌توان تعیین کرد که کدام مؤلفه‌های RR بر عملکرد بی‌هوازی تأثیر می‌گذارند. در نهایت، داده‌های ما نشان داد عملکرد در زنان فعال از نظر فیزیکی بهبود یافته است. این ممکن است به‌طور کامل در مردان یا افرادی که تمرینات بی‌هوازی پیشرفته‌تری داشته‌اند قابل‌تعمیم نباشد و نیاز به مطالعات بیشتر در جمعیت‌های دیگر را باقی می‌گذارد.

نکته نوآورانه این مطالعه بررسی اثربخشی RR در بستر PMS و ورزشکاران زن تکواندوکار است که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است. با توجه به اینکه نوسانات هورمونی در فاز لوتال می‌تواند عملکرد ورزشی را تحت‌تأثیر قرار دهد، شواهد ما می‌تواند کاربرد عملی مکمل RR را برای حفظ عملکرد ورزشی در این

نشان داده‌اند که مصرف RR زمان واکنش و عملکرد ذهنی را افزایش می‌دهد (۳۴). علاوه بر این، شواهد قبلی پیشنهاد کرده‌اند که آداپتوژن‌ها مانند RR ممکن است سطح هشجاری را بالا برده، فرآیندهای بازبایی پس از بار فیزیکی را افزایش دهند و عملکرد در شرایط استرس را بهبود بخشند (۳۵). به طور کلی، شواهد قابل‌توجهی وجود دارد که RR دارای اثرات نورومدولاتور است که این امر امکان‌پذیر می‌سازد که افزایش‌های مشاهده شده در خروجی توان در مطالعه حاضر تا حدی به اثر تحریک عصبی مربوط باشد اگرچه مکانیسم‌های فیزیولوژیکی دقیق این امر هنوز نامشخص است (۶). از آنجایی که اثرات عصبی RR در مطالعه حاضر اندازه‌گیری نشده است، تحقیقات آینده باید سطوح کاتکولامین‌ها، فراخوانی واحدهای حرکتی و دیگر شاخص‌های تحریک عصبی را حین عملکرد WAnT همراه با مکمل‌گیری RR اندازه‌گیری کنند (۳۶).

تمرین شدید معمولاً با ناراحتی همراه است و در شدت‌های بسیار بالا می‌تواند دردناک باشد (۳۰). تحمل ناراحتی ممکن است هم بر عملکرد و هم بر میزان تلاش درک شده (RPE) در طول تمرین تأثیر بگذارد. ترکیبات مختلفی که به عنوان کمک‌های توانبخشی شناخته می‌شوند، گزارش شده است که تا حدی از طریق کاهش درد درک شده در حین تمرین عمل می‌کنند. مکمل‌گیری با RR می‌تواند با افزایش تحریک سیستم عصبی مرکزی (CNS)، فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی و کاهش ادراک ذهنی تلاش (RPE)، منجر به عملکرد بالاتر در فعالیت‌های شدید شود. علاوه بر این، مکانیزم‌های درون‌زاد ضد درد، مانند تولید اپیوئید و- β اندورفین، ممکن است نقش مهمی در تحمل تمرین ایفا کنند (۳۷). از سوی دیگر، توانایی RR در کاهش احساس درد نیز می‌تواند نقش کلیدی در افزایش تحمل در برابر فشار تمرین و حفظ تلاش بالا در طول تست‌های وینگیت ایفا کند. نویسندگان قبلی پیشنهاد کرده‌اند که RR ممکن است تولید اپیوئیدها را تغییر دهد و این ممکن است مکانیزم اصلی عملکردهای آداپتوژنیک آن باشد و بر تحمل تمرین تأثیر بگذارد (۱۹). برای مثال، دانکن و همکاران کاهش در میزان تلاش درک شده و ناراضی‌تی پس از تمرین دوچرخه‌سواری زیرماکسیم

⁷ Rate of Perceived Exertion

fluctuation over time: results from a French population-based survey. *Journal of women's health*. 2009;18(1):31-9, Doi: <https://doi.org/10.1089/jwh.2008.0932>

- [3] Dózsa-Juhász O, Makai A, Prémusz V, Ács P, Hock M. Investigation of premenstrual syndrome in connection with physical activity, perceived stress level, and mental status—a cross-sectional study. *Frontiers in Public Health*. 2023;Volume 11 – 2023, Doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1223787>
- [4] Ravichandran H, Janakiraman B. Effect of Aerobic Exercises in Improving Premenstrual Symptoms Among Healthy Women: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Int J Womens Health*. 2022;14:1105-14, Doi: <https://doi.org/10.2147/IJWH.S371193>
- [5] Jafari F, Amani R, Tarrahi MJ. Effect of zinc supplementation on physical and psychological symptoms, biomarkers of inflammation, oxidative stress, and brain-derived neurotrophic factor in young women with premenstrual syndrome: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Biological trace element research*. 2020;194:89-95, Doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01757-9>
- [6] El-Lithy A, El-Mazny A, Sabbour A, El-Deeb A. Effect of aerobic exercise on premenstrual symptoms, haematological and hormonal parameters in young women. *J Obstet Gynaecol*. 2015;35(4):389-92, Doi: <https://doi.org/10.3109/01443615.2014.960823>
- [7] Yonkers KA, O'Brien PM, Eriksson E. Premenstrual syndrome. *Lancet*. 2008;371(9619):1200-10, Doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60527-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60527-9)
- [8] Streeter CC, Whitfield TH, Owen L, Rein T, Karri SK, Yakhkind A, et al. Effects of yoga versus walking on mood, anxiety, and brain GABA levels: a randomized

دوره خاص برجسته کند. تحقیقات آینده باید بر شناسایی مکانیزم‌های فیزیولوژیکی مسئول افزایش عملکرد بی‌هوازی در PMS تمرکز کنند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مکمل‌سازی کوتاه‌مدت با RR می‌تواند به‌طور معناداری عملکرد بی‌هوازی را در زنان تکواندوکار در PMS طی فعالیت‌های تکراری شدید، از جمله تست‌های با شدت بالا مانند وینگیت، بهبود بخشد. افزایش در شاخص‌هایی مانند توان اوج، توان میانگین، ظرفیت بی‌هوازی، توان بی‌هوازی نسبی و کل کار انجام‌شده، مؤید پتانسیل ارگوژنیک این مکمل گیاهی است. هرچند شاخص خستگی تفاوت معناداری نشان نداد، اما ثبات آن نیز ممکن است نشان‌دهنده توان RR در حفظ عملکرد در طول دوره‌های فعالیت شدید باشد. بخشی از این اثرات به‌واسطه نقش RR در کاهش احساس خستگی و درد، و بهبود تحریک عصبی و فعالیت CNS ممکن است رخ دهد. این نتایج نشان می‌دهد که RR می‌تواند به عنوان یک مکمل مؤثر و بی‌خطر در برنامه‌های آماده‌سازی ورزشکاران در ورزش‌های قدرتی، انفجاری و پرشدت در PMS مد نظر قرار گیرد. با توجه به محدود بودن تعداد شرکت‌کنندگان و مدت زمان مداخله، انجام مطالعات بیشتر با نمونه‌های بزرگ‌تر و در جمعیت‌های مختلف ورزشی برای تأیید و گسترش یافته‌های فعلی توصیه می‌شود.

تعارض منافع: مؤلفین اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی از زحمات کلیه آزمودنی‌ها و دستیاران پژوهش اعلام می‌گردد.

منابع

- [1] Ayyub S, Agrawal M, Sharma V, Aravind A. The Effect of Physical Activity on Premenstrual Syndrome: A Systematic Review. *Ann Neurosci*. 2024;09727531241297012, Doi: <https://doi.org/10.1177/09727531241297012>
- [2] Potter J, Bouyer J, Trussell J, Moreau C. Premenstrual syndrome prevalence and

- Nutrients. 2025;17(4):681, Doi: <https://doi.org/10.3390/nu17040681>
- [15] Spasov AA, Wikman GK, Mandrikov VB, Mironova IA, Neumoin VV. A double-blind, placebo-controlled pilot study of the stimulating and adaptogenic effect of Rhodiola rosea SHR-5 extract on the fatigue of students caused by stress during an examination period with a repeated low-dose regimen. *Phytomedicine*. 2000;7(2):85-9, Doi: [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(00\)80078-1](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(00)80078-1)
- [16] Lee S-Y, Lin K-T, Chen Y, Dai Y-H. Rhodiola crenulata extract supplement significantly attenuates hypoxia-reduced oxygen saturation and cognitive function. *Journal of Herbal Medicine*. 2023;41:100732, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100732>
- [17] Lee F-T, Kuo T-Y, Liou S-Y, Chien C-T. Chronic Rhodiola rosea extract supplementation enforces exhaustive swimming tolerance. *The American journal of Chinese medicine*. 2009;37(03):557-72, Doi: <https://doi.org/10.1142/S0192415X09007053>
- [18] Abidov M, Crendal F, Grachev S, Seifulla R, Ziegenfuss T. Effect of extracts from Rhodiola rosea and Rhodiola crenulata (Crassulaceae) roots on ATP content in mitochondria of skeletal muscles. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2003;136(6):585-7, Doi: <https://doi.org/10.1023/B:BEBM.0000020211.24779.15>
- [19] Adaptogen APP. Rhodiola rosea: a possible plant adaptogen. *Altern Med Rev*. 2001;6(3):293-302, Doi: <https://anaturalhealingcenter.com/documents/Thorne/articles/RhodiolaRosea.pdf>
- [20] Marcos-Frutos D, Leban Ž, Li Z, Zhang X, Lara PM, Alix-Fages C, et al. The Impact of Rhodiola Rosea Extract on Strength Performance in Alternative Bench-Press and Bench-Pull Exercises Under Resting and Mental Fatigue Conditions: A controlled MRS study. *J Altern Complement Med*. 2010;16(11):1145-52, Doi: <https://doi.org/10.1089/acm.2010.0007>
- [9] Sanchez BN, Kraemer WJ, Maresh CM. Premenstrual syndrome and exercise: a narrative review. *Women*. 2023;3(2):348-64, Doi: <https://doi.org/10.3390/women3020026>
- [10] Tinsley GM, Jagim AR, Potter GD, Garner D, Galpin AJ. Rhodiola rosea as an adaptogen to enhance exercise performance: A review of the literature. *British Journal of Nutrition*. 2024;131(3):461-73, Doi: <https://doi.org/10.1017/S0007114523001988>
- [11] McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2020;50(10):1813-27, Doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
- [12] Oli S. Embracing Natural Remedies: The Role of Ashoka, Ashwagandha, And Rhodiola Rosea In Managing Mental Health During Menstrual Cycle. *International Journal of Research Publication and Reviews*. 2024;5:5545-56.
- [13] Abidov M, Grachev S, Seifulla RD, Ziegenfuss TN. Extract of Rhodiola rosea radix reduces the level of C-reactive protein and creatinine kinase in the blood. *Bull Exp Biol Med*. 2004;138(1):63-4, Doi: <https://doi.org/10.1023/B:BEBM.0000046940.45382.53>
- [14] Wang Z, Du H, Li H, Zhao K, Zhao B, Ma Y, et al. Effects of the Combined Supplementation of Caffeine and Rhodiola Rosea with Resistance Training on Lower Limb Explosive Power in Male Volleyball Players.

- Short-Term Rhodiola rosea Supplementation on Anaerobic Exercise Performance in Resistance-Trained Athletes: A Randomized, Crossover, Double-Blind, and Placebo-Controlled Study. *Physiology*. 2024;39(S1):261, Doi: <https://doi.org/10.1152/physiol.2024.39.S1.261>
- [28] Li Y, Pham V, Bui M, Song L, Wu C, Walia A, et al. Rhodiola rosea L.: an herb with anti-stress, anti-aging, and immunostimulating properties for cancer chemoprevention. *Current pharmacology reports*. 2017;3:384-95, Doi: <https://doi.org/10.1007/s40495-017-0106-1>
- [29] Duncan MJ, Clarke ND. The Effect of Acute Rhodiola rosea Ingestion on Exercise Heart Rate, Substrate Utilisation, Mood State, and Perceptions of Exertion, Arousal, and Pleasure/Displeasure in Active Men. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp)*. 2014;2014:563043, Doi: <https://doi.org/10.1155/2014/563043>
- [30] Lu Y, Deng B, Xu L, Liu H, Song Y, Lin F. Effects of Rhodiola rosea supplementation on exercise and sport: a systematic review. *Frontiers in nutrition*. 2022;9:856287, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.856287>
- [31] Sun F, Siu AY, Wang K, Zhang B, Chan MH, Chan KH, et al. Effects of Caffeine on Performances of Simulated Match, Wingate Anaerobic Test, and Cognitive Function Test of Elite Taekwondo Athletes in Hong Kong. *Nutrients*. 2022;14(16), Doi: <https://doi.org/10.3390/nu14163398>
- [32] Ghazaleh L, Enayati A, Delfan M, Bamdad S, Laher I, Granacher U, et al. Effects of caffeine supplementation on anaerobic power and muscle activity in youth athletes. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2024;16(1):23, Doi: <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00805-1>
- Randomized, Triple-Blinded, Placebo-Controlled, Crossover Trial. *Nutrients*. 2025;17(6):940, Doi: <https://doi.org/10.3390/nu17060940>
- [21] Hao Y-F, Luo T, Lu Z-Y, Shen C-Y, Jiang J-G. Targets and underlying mechanisms related to the sedative and hypnotic activities of saponins from Rhodiola rosea L.(crassulaceae). *Food & function*. 2021;12(21):10589-601, Doi: <https://doi.org/10.1039/D1FO01178B>
- [22] Anghelescu I-G, Edwards D, Seifritz E, Kasper S. Stress management and the role of Rhodiola rosea: a review. *International journal of psychiatry in clinical practice*. 2018;22(4):242-52, Doi: <https://doi.org/10.1080/13651501.2017.1417442>
- [23] Noreen EE, Buckley JG, Lewis SL, Brandauer J, Stuempfle KJ. The effects of an acute dose of Rhodiola rosea on endurance exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(3):839-47, Doi: 10.1519/JSC.0b013e31825d9799
- [24] Darbinyan V, Aslanyan G, Amroyan E, Gabrielyan E, Malmström C, Panossian A. Clinical trial of Rhodiola rosea L. extract SHR-5 in the treatment of mild to moderate depression. *Nordic journal of psychiatry*. 2007;61(5):343-8, Doi: <https://doi.org/10.1080/08039480701643290>
- [25] Ballmann CG, Maze SB, Wells AC, Marshall MM, Rogers RR. Effects of short-term Rhodiola Rosea (Golden Root Extract) supplementation on anaerobic exercise performance. *J Sports Sci*. 2019;37(9):998-1003, Doi: <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1538028>
- [26] Noreen EE, Buckley JG, Lewis SL, Brandauer J, Stuempfle KJ. The effects of an acute dose of Rhodiola rosea on endurance exercise performance. *J Strength Cond Res*. 2013;27(3):839-47, Doi: 10.1519/JSC.0b013e31825d9799c
- [27] Koozehchian M, Mabrey G, Newton A, Naderi A. Dose-Response Effects of

- 2019;26(1):1-6, Doi: <https://doi.org/10.1159/000494559>
- [39] Hu D, Li D, Shigeta M, Ochi Y, Okauchi T, Neyama H, et al. Alleviation of the chronic stress response attributed to the antioxidant and anti-inflammatory effects of electrolyzed hydrogen water. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2021;535:1-5, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.12.035>
- [33] Perfumi M, Mattioli L. Adaptogenic and central nervous system effects of single doses of 3% rosavin and 1% salidroside *Rhodiola rosea* L. extract in mice. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*. 2007;21(1):37-43, Doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.2013>
- [34] Ivanova Stojcheva E, Quintela JC. The effectiveness of *Rhodiola rosea* L. preparations in alleviating various aspects of life-stress symptoms and stress-induced conditions—encouraging clinical evidence. *Molecules*. 2022;27(12):3902, Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules27123902>
- [35] Petkov V, Yonkov D, Mosharoff A, Kambourova T, Alova L, Petkov V, et al. Effects of alcohol aqueous extract from *Rhodiola rosea* L. roots on learning and memory. *Acta physiologica et pharmacologica Bulgarica*. 1986;12(1):3-16, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3751623/>
- [36] Sanz-Barrio PM, Noreen EE, Gilsanz-Estebarez L, Lorenzo-Calvo J, Martínez-Ferrán M, Pareja-Galeano H. *Rhodiola rosea* supplementation on sports performance: A systematic review of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research*. 2023;37(10):4414-28, Doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.7950>
- [37] Pu W-l, Zhang M-y, Bai R-y, Sun L-k, Li W-h, Yu Y-l, et al. Anti-inflammatory effects of *Rhodiola rosea* L.: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2020;121:109552, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109552>
- [38] Foster R, Vaisberg M, Bachi ALL, Dos Santos JMB, de Paula Vieira R, Luna-Junior LA, et al. Premenstrual Syndrome, Inflammatory Status, and Mood States in Soccer Players. *Neuroimmunomodulation*.

اثر متقابل شش هفته تمرین ترکیبی (هوازی-مقاومتی) و مصرف چای سبز بر HbA1C و مولفه های سندرم متابولیک در زنان کم تحرک

جواد مهربانی^۱✉، سیامند عبدالله پور^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۰

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

mehrabanij@guilan.ac.ir

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

چکیده

هدف: این مطالعه به دنبال بررسی تأثیر ترکیب فعالیت بدنی و مصرف چای سبز بر مؤلفه های سندرم متابولیک در بزرگسالان کم تحرک است.

روش شناسی: در مطالعه حاضر ۳۲ زن ($23 \pm 3/2$ سال، $28/6 \pm 1/8$ BMI کیلوگرم بر متر مربع) کم تحرک که دارای برخی از مؤلفه های سندرم متابولیک بودند شرکت کردند. شرکت کنندگان به صورت تصادفی به چهار گروه کنترل (CO)، تمرین ورزشی (EX)، چای سبز (GT)، و تمرین ورزشی+چای سبز (EX+GT) تقسیم شدند. شرکت کنندگان گروه های EX و EX+GT در یک برنامه تمرینی ترکیبی تحت نظارت، به مدت شش هفته و سه جلسه در هفته شرکت کردند. برنامه تمرین ترکیبی شامل مجموعه ای از فعالیت های هوازی و دوییدن با شدت ۶۵-۸۰٪ حداکثر ضربان قلب (MHR) و تمرینات مقاومتی با شدت ۶۰-۴۵٪ یک تکرار بیشینه (1RM) بود.

یافته ها: در گروه EX-GT نسبت به گروه کنترل، کاهش معناداری در مقادیر کلسترول تام (TC)، تری گلیسیرید (TG)، گلوکز و hs-CRP و افزایش معناداری در سطح HDL و آلبومین مشاهده شد ($p < 0.05$). همچنین، در گروه GT نسبت به گروه کنترل، کاهش معناداری در مقادیر کلسترول تام و hs-CRP و افزایش معناداری در سطح HDL مشاهده شد ($p < 0.05$).

نتیجه گیری: مطالعه حاضر بر روی زنان سالم نشان داد که در بیشتر متغیرهای مورد بررسی بین گروه ها تفاوت معناداری مشاهده نشد، به استثنای گروهی که تمرین ورزشی همراه با مصرف چای سبز را به طور همزمان انجام دادند، که این امر نشان دهنده اثرات افزایشی و مثبت ترکیب این دو مداخله است.

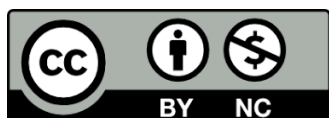
واژگان کلیدی: چای سبز، تمرین ترکیبی، مقاومت به انسولین، سندرم متابولیک، پروتئین HbA1C

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143813.1105>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Mehrabani J, Abdollahpour S. Interaction between green tea consumption and exercise training on HbA1C and metabolic syndrome components in sedentary women. **Research in Exercise Nutrition**. 2024;3(4):53-65. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143813.1105>



Interactive Effects of Six Weeks of Combined (Aerobic–Resistance) Training and Green Tea Consumption on HbA1C and Metabolic Syndrome Components in Sedentary Women

Javad Mehrabani ^{1✉}, Siamand Abdollahpour¹

Received: 2025/03/30

Accepted: 2025/07/03

Abstract

Aim: This study aims to investigate the effect of combining physical activity and green tea consumption on components of metabolic syndrome in sedentary adults.

Method: In this study, 32 sedentary women (age: 23 ± 3.2 years, BMI: 28.6 ± 1.8 kg/m²) with some components of metabolic syndrome participated. They were randomly assigned to one of four groups: control [CO], exercise [EX], green tea [GT], and exercise + green tea [EX+GT]. Participants in the EX and EX+GT groups engaged in a supervised exercise program for six weeks, three sessions per week. The combined training program included a series of aerobic activities and running at 65–80% of maximum heart rate (MHR), along with resistance exercises at 45–60% of one-repetition maximum (1RM).

Results: The EX+GT group showed a significant reduction in total cholesterol (TC), triglycerides (TG), glucose, and hs-CRP, along with a significant increase in HDL and albumin levels compared to the control group ($p < 0.05$). In the GT group, significant reductions in TC and hs-CRP levels and an increase in HDL were observed compared to the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: The present study on healthy women showed no significant differences between groups in most variables, except for the group that simultaneously combined exercise training with green tea consumption, indicating the synergistic beneficial effects of this combined intervention.

Keywords: Green Tea, Exercise training, Insulin Resistance, Metabolic syndrome, HbA1C protein.

1-Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

✉ Corresponding author:

mehrabanij@guilan.ac.ir

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors.

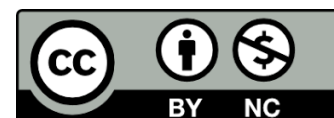
Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143813.1105>

Copyright ©The authors



Citation:

Mehrabani J, Abdollahpour S. Interaction between green tea consumption and exercise training on HbA1C and metabolic syndrome components in sedentary women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):53-65. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143813.1105>

مقدمه

گسترده‌ای به عنوان یک راهبرد درمانی برای عوامل خطر ساز متابولیک، بیماری‌های قلبی-عروقی، و مقاومت به انسولین پذیرفته شده‌اند (۱۳-۱۶).

مطالعات تجربی اخیر نشان داده‌اند که اجرای هم‌زمان تمرینات ترکیبی شامل فعالیت‌های هوازی و مقاومتی همراه با مصرف چای سبز، تأثیرات به‌مراتب بیشتری بر شاخص‌های مرتبط با سندرم متابولیک دارد، در مقایسه با زمانی که هر یک از این مداخلات به‌صورت جداگانه به کار گرفته می‌شوند. برای مثال، در مطالعه‌ای توسط حسینی و همکاران (۲۰۲۰)، زنان دارای اضافه‌وزن به مدت ۸ هفته در یک برنامه تمرینی ترکیبی شرکت کردند که شامل تمرینات هوازی (مانند پیاده‌روی تند و ایروبیک) و مقاومتی (شامل حرکات با وزنه) بود. در کنار این تمرینات، گروه مداخله روزانه مکمل چای سبز نیز مصرف می‌کردند. نتایج نشان داد که این مداخله‌ی ترکیبی منجر به کاهش معنی‌دار سطوح LDL و کلسترول تام و همچنین افزایش HDL شد (۱۷).

همچنین، همتی‌نژاد و همکاران (۲۰۲۲) در یک مطالعه دیگر، گروهی از مردان چاق را به مدت شش هفته در یک برنامه تمرین هوازی (شامل ۳ جلسه در هفته با شدت متوسط) همراه با مصرف روزانه چای سبز قرار دادند. نتایج نشان داد که تنها گروهی که ترکیب تمرین و چای سبز را دریافت کرد، کاهش قابل توجهی در چربی خون، فشارخون و افزایش معنی‌داری در حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) نسبت به گروه تمرین تنها داشت (۱۸).

با این وجود، این شواهد نشان می‌دهند که ترکیب این دو مداخله می‌تواند در مقایسه با هر یک از آن‌ها به‌تنهایی، تأثیر بیشتری بر سندرم متابولیک و سایر عوامل خطر ساز داشته باشد. با توجه به تأثیرات جدی و آسیب‌زای سندرم متابولیک، شناسایی تعدیل‌کننده‌های این شرایط ضروری است (۱۴). پژوهش‌های پیشین اثرات جداگانه چای سبز یا تمرینات هوازی را بر سندرم متابولیک بررسی کرده‌اند (۱۰، ۱۲، ۱۸، ۱۹). با این حال، به دانش ما، هیچ‌کدام از این مطالعات تأثیر ترکیبی و هم‌زمان تمرینات هوازی و مصرف چای سبز را در مطالعات انسانی در زنان کم تحرک ارزیابی نکرده‌اند. بنابراین، این مطالعه به بررسی تعامل مصرف چای سبز و تمرینات ورزشی طی ۶ هفته بر اجزای سندرم متابولیک پرداخته است. مدت ۶ هفته برای مداخله بر اساس مطالعات پیشین انتخاب شد که نشان داده‌اند این بازه زمانی برای ایجاد تغییرات اولیه در شاخص‌های مرتبط با سندرم متابولیک، به‌ویژه در پاسخ به تمرین ترکیبی و مصرف چای سبز، مناسب و مؤثر است (۲۰).

سندرم متابولیک^۱ یکی از عوامل خطر ساز اصلی و زمینه ساز بیماری قلبی-عروقی و دیابت می‌باشد و یکی از چندین عامل مهم متابولیکی خطر ساز قلبی در سراسر جهان به‌شمار می‌آید (۱). این سندرم مجموعه‌ای از عوامل خطر قلبی-متابولیک شامل هیپرگلیسمی^۲ یا افزایش قند خون، دیس‌لیپیدمی^۳ یا اختلال در سطح چربی‌های خون، و فشار خون بالا را در بر می‌گیرد (۲، ۳). چاقی شکمی و مقاومت به انسولین به‌عنوان دو شاخص کلیدی این مجموعه شناخته می‌شوند (۴).

در سال‌های اخیر، پژوهشگران روش‌های مختلفی شامل راهکارهای دارویی و غیردارویی را برای پیشگیری از بروز سندرم متابولیک پیشنهاد کرده‌اند (۵). با این حال، تغییر سبک زندگی از جمله افزایش فعالیت بدنی و اصلاح رژیم غذایی، به‌ویژه در پیشگیری و مدیریت اولیه سندرم متابولیک، مؤثرترین راهکار محسوب می‌شود (۴).

چای سبز بخش مهمی از عادات غذایی در بسیاری از کشورها به‌ویژه در آسیا است (۶، ۷). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مصرف چای سبز به‌عنوان بخشی از سبک زندگی سالم، به بهبود وضعیت سلامت و افزایش طول عمر کمک می‌کند (۱، ۸). در سنت چینی، چای سبز به خواص سلامتی‌بخش خود مشهور بوده و اعتقاد بر این است که این نوشیدنی می‌تواند "چربی‌ها را پاک کند" (۴).

ترکیبات مؤثر موجود در چای سبز شامل گروهی از پلی‌فنول‌ها به نام کاتچین‌ها است که عمدتاً شامل اپی‌گالوکاتچین گالات^۴، اپی‌کاتچین^۵، گالات، گالوکاتچین و اپی‌گالوکاتچین می‌شوند (۱). این ترکیبات طبیعی به دلیل دارا بودن خواص تغذیه‌ای و دارویی متنوع، شامل اثرات ضدسرطانی، ضددیابتی، ضدالتهابی و ضد تصلب شرایین، توجه بسیاری از پژوهشگران را جلب کرده‌اند (۸-۱۲). به همین دلیل، علاقه‌مندی به استفاده از چای سبز برای درمان و پیشگیری از بیماری‌های مختلف روز به روز در حال افزایش است.

شایان ذکر است که عملکردهای فیزیولوژیکی متعدد کاتچین‌های موجود در چای سبز با اثرات مفید فعالیت بدنی که در بالا به آن اشاره شد، همسو هستند. به نظر می‌رسد که فعالیت بدنی و مصرف چای سبز اثرات مشابهی بر بسیاری از بیماری‌ها، به‌ویژه اجزای سندرم متابولیک دارند. برای مثال، تمرینات هوازی به‌طور

1. Metabolic syndrome

2. Hyperglycemia

3. Dyslipidemia

4. Epigallocatechin gallate

5. Epicatechin

روش شناسی

شرکت کنندگان

در این مطالعه ۳۲ نفر از میان ۴۴ زن داوطلب (سن 37 ± 3 سال، قد 160.7 ± 5.8 سانتی متر، وزن 73.9 ± 5.5 کیلوگرم و شاخص توده بدنی 28.6 ± 1.8 کیلوگرم بر متر مربع) کم‌تحرک که دارای برخی از مؤلفه‌های سندرم متابولیک بودند برای این مطالعه انتخاب شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل افراد بزرگسال کم‌تحرک (۳۰ تا ۵۰ سال) بدون سابقه بیماری‌های مزمن نظیر دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی-عروقی یا کلیوی، عدم مصرف منظم مکمل‌های چای سبز و تمرین ورزشی در سه ماه اخیر، و عدم مصرف داروهای مؤثر بر متابولیسم یا فشار خون بود. همچنین، زنان باردار و شیرده در مطالعه وارد نشدند. رضایت‌نامه آگاهانه از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ شد. معیارهای خروج از مطالعه شامل جراحی قلب و عروق، سیگار کشیدن، مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها و ویتامین‌ها، ترکیبات حاوی چای سبز طی سه ماه پیش از شروع مطالعه، پیروی از رژیم غذایی خاص و انجام فعالیت بدنی منظم بیش از دو بار در هفته بود.

برای کنترل بیشتر، میزان مصرف مواد غذایی از طریق پرسشنامه یادآور ۲۴ ساعته در سه نوبت (دو روز غیرپشت‌سرهم در طول هفته و یک روز از تعطیلات آخر هفته) ارزیابی شد و ارزش تغذیه‌ای و ترکیبات مواد مصرفی محاسبه گردید. همچنین، شرکت‌کنندگان موظف بودند که از یک هفته قبل و در طول مطالعه از مصرف چای سیاه خودداری کنند. پس از آن، شرکت‌کنندگان با استفاده از روش تصادفی‌سازی ساده و از طریق جدول اعداد تصادفی به یکی از چهار گروه تقسیم شدند: گروه کنترل (CO)، تمرین ورزشی (EX)، چای سبز (GT)، و تمرین ورزشی + چای سبز (EX+GT).

پروتکل تمرینی

شرکت‌کنندگان گروه‌های EX و EX+GT در یک برنامه تمرین ورزشی تحت نظارت به مدت ۶ هفته و سه بار در هفته شرکت کردند. قبل از شروع مداخله، حداکثر ضربان قلب و یک تکرار بیشینه هر شرکت‌کننده با استفاده از روش‌های استاندارد و طبق پروتکل‌های مرجع که در ادامه در مورد آن‌ها توضیح داده

شده است تعیین شد تا شدت تمرینات هوازی و مقاومتی بر اساس این معیارها تنظیم گردد. شدت تمرینات به گونه‌ای تنظیم گردید که هر فرد در محدوده هدف شخصی خود قرار گیرد تا اثربخشی و ایمنی تمرین تضمین شود.

تمرین‌های اعمال‌شده از نوع تمرین ترکیبی هوازی-مقاومتی بود که با توالی زیر انجام شد: گرم کردن، تمرینات هوازی (استفاده از باکس پله، رقص ایروبیک، طناب زدن و دویدن با شدت ۶۵-۸۰٪ از حداکثر ضربان قلب)، تمرینات قدرتی/استقامتی (پرس پا، پرس سینه، پول‌اور، پرس شانه، لت از جلو، جلو بازو، شراک با هالتر، و پشت پا خوابیده) با شدت ۴۵-۶۰٪ از یک تکرار بیشینه و سرد کردن (تصویر ۱) (۱۹).

حداکثر ضربان قلب با استفاده از معادله (سن - ۲۲۰) محاسبه شد و درصد یک تکرار بیشینه (1RM) از آزمون‌های استاندارد مانند روش برزیسکی^۱ و اوکانر^۲ برای هر حرکت تمرینی تعیین گردید. به‌منظور رعایت اصل اضافه‌بار، شدت تمرینات هوازی و مقاومتی به‌تدریج و بر اساس پیشرفت فردی شرکت‌کنندگان تنظیم شد. در بخش هوازی، با پایش ضربان قلب، شدت تمرین از حد پایین به سمت بالای محدوده هدف (۶۵-۸۰٪ MHR) هدایت شد. در تمرینات مقاومتی نیز، با استفاده مجدد دوره‌ای از آزمون‌های تخمینی 1RM، مقاومت وزنه‌ها به‌تناسب عملکرد قدرتی شرکت‌کنندگان افزایش یافت.

¹ Brzycki² O'Connor



شکل ۱. پروتکل روند تمرینی تمرینات هوازی و قدرتی/استقامتی

کمر به لگن^۲ به صورت تقسیم محیط کمر بر محیط لگن محاسبه شد. درصد چربی بدن^۳ و توده بدنی بدون چربی^۴ نیز با استفاده از تحلیل امپدانس بیوالکتریک و دستگاه تحلیل ترکیب بدن (Inbody 3/0، بایوسپیس، سئول، کره جنوبی) برآورد شد.

اکسیژن مصرفی بیشینه

حداکثر اکسیژن مصرفی^۵ با استفاده از آزمون بروس بر روی تردمیل اندازه‌گیری شد. این پروتکل شامل مراحل افزایشی ۳ دقیقه‌ای است که در هر مرحله سرعت و شیب تردمیل افزایش می‌یابد. آزمون با سرعت ۲/۷۴ کیلومتر/ساعت و شیب ۱۰٪ آغاز شد و در هر مرحله، شیب ۲٪ و سرعت نیز به‌طور تدریجی افزایش یافت تا شرکت‌کننده به حد واماندگی برسد. زمان کل اجرای آزمون در نهایت برای تخمین $\dot{V}O_{2max}$ با استفاده از فرمول استاندارد محاسبه گردید (۲۱). ضربان قلب حین تمرین با استفاده از ضربان سنج (پلار، کمپلند، فنلاند) ثبت شد. تمرین زمانی متوقف شد که شرکت‌کنندگان خسته شده، توانایی ادامه فعالیت با ریتم ثابت نداشتند و همچنین ضربان قلب ثبت‌شده نزدیک به ۸۵-۹۰٪ حداکثر ضربان تخمینی (HR_{max}) نیز به عنوان تأیید خستگی در نظر گرفته شد. یا میزان تلاش درک‌شده (درک فشار تمرین) آن‌ها بر اساس مقیاس تلاش بورگ ۶-۲۰ بیشتر از ۱۸ بود (۲۱، ۲۲). تمامی اندازه‌گیری‌ها قبل و پس از تمرین (بین ساعت ۸:۰۰ تا ۱۰:۰۰ صبح) انجام شد.

آزمایشات خون

چای سبز

یک منبع واحد از برگ‌های چای سبز (برند لیپتون، انگلستان) تهیه شد که در بسته‌های حاوی ۱/۵ گرم برگ چای در هر بسته قرار داشت. هر واحد مصرفی از بسته چای سبز ۱/۵ گرمی در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب داغ که به نقطه جوش نرسیده بود، برای حداکثر ۲ دقیقه دم کشید. پس از آن، چای به مدت حدود ۵ دقیقه اجازه داده شد تا خنک شود و دمای آن به حدود ۷۹ درجه سانتی‌گراد (دمای توصیه‌شده) برسد. براساس اطلاعات درج‌شده از سوی شرکت تولیدکننده، هر وعده‌ی چای سبز آماده‌شده حاوی حدود ۸۳/۳ میلی‌گرم کاتچین بود. شرکت‌کنندگان روزانه سه نوبت (صبح، ظهر، عصر) به روش یک‌سوکور از این چای استفاده کردند؛ بنابراین، مجموع مصرف روزانه کاتچین حدود ۲۵۰ میلی‌گرم برآورد شد. برای رعایت روش یک‌سوکور، نوشیدنی دارونما با استفاده از یک محلول گیاهی فاقد ترکیبات فعال چای سبز تهیه شد که از نظر رنگ، طعم و بو مشابه چای سبز واقعی بود. این نوشیدنی فاقد کاتچین و کافئین بوده و به‌گونه‌ای سرو شد که تفاوتی با نوشیدنی واقعی نداشت. شرکت‌کنندگان موافقت کردند که بیش از ۳ نوشیدنی کافئین‌دار در روز مصرف نکنند.

ترکیب بدن

شاخص توده بدنی^۱ از تقسیم وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر مربع) محاسبه شد. محیط دور کمر در حداقل محیط بین سر استخوان خاصره و قفسه سینه اندازه‌گیری شد و محیط دور لگن در حداکثر عرض بر روی بزرگ‌ترین برجستگی استخوانی ران (تروکانتر بزرگ) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری‌های نسبت دور

². Wiest to hip ratio (WHR)

³. Body fat (%Bf)

⁴. Lean body mass

⁵. $\dot{V}O_{2max}$

¹. Body mass index (BMI)

مدل همئوستاز (HOMA-IR)^{۱۰} محاسبه شد: (گلوکز ناشتا (mmol/l) × انسولین ناشتا (mU/l) / 5/22) (۲۳). فشار خون شریان بازویی برای بازوی غیرغالب^{۱۱} شرکت‌کننده با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای کالیبره اندازه‌گیری شد. فشار خون استراحت پس از نشست شرکت‌کننده به مدت ۳۰ دقیقه با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای (Alpk2، ژاپن) تعیین شد.

روش آماری

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه تفاوت بین گروه‌ها، از آنالیز واریانس دوطرفه همراه با آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. ارزیابی همبستگی بین متغیرها با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام شد. سطح معناداری آماری در این مطالعه برابر با ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در گروه ترکیبی تمرین ورزشی به همراه مصرف چای سبز (EX+GT)، پس از شش هفته مداخله، کاهش معناداری در سطوح کلسترول تام (TC)، تری‌گلیسیرید (TG)، گلوکز، hs-CRP و همچنین افزایش معناداری در HDL و حداکثر اکسیژن مصرفی (VO₂max) نسبت به گروه کنترل مشاهده شد (p<0.05). همچنین در این گروه، درصد چربی بدن نیز به طور معناداری کاهش یافت (p<0.05).

در گروه تمرین ورزشی تنها (EX)، کاهش معناداری در سطح TC و TG در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد (p<0.05)، اما سایر شاخص‌ها تغییر معناداری نداشتند.

در گروه مصرف چای سبز (GT)، کاهش معناداری در سطوح HDL، TC و hs-CRP در مقایسه با گروه کنترل مشاهده گردید (p<0.05)، در حالی که سایر متغیرها بدون تغییر معنادار باقی ماندند.

هیچ تفاوت آماری معناداری در شاخص‌های وزن بدن و HOMA-IR بین گروه‌ها مشاهده نشد (p>0.05).

در مجموع، تنها در گروه EX+GT بود، تغییرات درون‌گروهی معناداری در اغلب متغیرها را تأیید کرد، در حالی که سایر گروه‌ها چنین الگوی بهبودی را نشان ندادند.

مقدار ۱۰ میلی‌لیتر نمونه خون از ورید آرنج هر شرکت‌کننده پس از ۱۰ تا ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه و در دو نوبت، یک‌بار پیش از شروع مداخله و بار دیگر پس از پایان دوره مداخله گرفته شد. تمامی لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند و بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد شده و در دمای -۲۰ درجه سانتی‌گراد برای تحلیل‌های بعدی ذخیره شدند. سطح سرمی تری‌گلیسیرید (TG)^۱، لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)^۲، لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL)^۳، و کلسترول تام (TC)^۴ با استفاده از کیت‌های آنزیمی رنگ‌سنجی^۵ ساخت شرکت پارس آزمون، توسط دستگاه اتوآنالایزر^۶ در آزمایشگاه پزشکی ساب‌رین اندازه‌گیری شد. روش اندازه‌گیری بر اساس اصول آنزیماتیک، مطابق با دستورالعمل سازنده و تاییدشده در مراجع معتبر نظیر Clinical Chemistry انجام گرفت. سطح پروتئین C-واکنشی یا hs-CRP^۷ با استفاده از کیت الایزای انسانی (Immunodiagnostic، بنس‌هایم، آلمان) با ضریب تغییرات درون‌تستی ۱/۷٪ اندازه‌گیری شد. این تست برای اندازه‌گیری میزان پروتئین C-واکنشی (CRP) با حساسیت بالا در خون استفاده می‌شود.

علاوه بر این، غلظت آلبومین با روش بروموکرسول سبز^۸ (زیست‌شم، تهران، ایران) تعیین شد، سطح اسید اوریک از نمونه‌های تازه با استفاده از روش اوریکاز (آزمون رنگ‌سنجی آنزیمی، URCA Flex، Dade Behring) ارزیابی شد، و سطح HbA1c^۹ با استفاده از آنالایزر HbA1c (هیتاچی، مدل ۷۰۴،۹۰۲، ژاپن) تعیین گردید. سطح گلوکز با استفاده از روش رنگ‌سنجی آنزیمی (GOD-PAP، گلوکز اکسیداز-آمینوانتی‌پیرین (پارس آزمون)، تهران، ایران) اندازه‌گیری شد و سطح انسولین با استفاده از روش رادیوایمونواسی (RIA) اندازه‌گیری شد. مقاومت به انسولین برای تمامی شرکت‌کنندگان با استفاده از معادله ارزیابی

1. Triglyceride (TG)

2. High-density lipoprotein (HDL)

3. Low-density lipoprotein (LDL)

4. Total cholesterol (TC)

5. Enzymatic colorimetric assay

6. Autoanalyzer

7. C-Reactive Protein high sensitivity

8. Bromocresol Green - BCG

9. Hemoglobin A1c

10. Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance

11 Non-dominant arm

جدول ۱. پارامترهای تن سنجی، پروفایل لیپیدی و سندرم متابولیک قبل و بعد از ۶ هفته تمرین ورزشی و مصرف چای سبز

	EX-GT		GT		EX		CO	
	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل
وزن (kg)	۷۰/۹	۷۴	۷۴/۳	۷۳/۵	۷۱/۱	۷۳/۸	۷۵/۱	۷۴/۳
BMI (kg/m ²)	۲۶/۷	۲۷/۸	۲۹/۵	۲۸/۴	۲۶/۷	۲۷/۸	۳۰	۲۹/۸
BF (%)	۲۸/۶*	۳۱/۶	۳۱/۸	۳۱	۳۰/۸	۳۲	۳۲/۶	۳۱/۱
LBM (kg)	۵۵/۴	۵۲/۲	۵۲/۱	۵۱/۹	۵۳/۹	۵۱/۱	۵۰/۶	۵۲/۲
WC (cm)	۸۲/۱	۸۶/۷	۸۶	۸۵/۶	۸۶/۳	۸۹/۳	۸۸/۷	۸۷/۱
WHR	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۸
VO ₂ max (ml/kg/min)	۳۴/۱*	۳۱/۹	۳۱/۷	۳۱/۸	۳۳/۹	۳۲/۱	۳۲	۳۱/۹
SBP (mmHg)	۱۱۷/۱	۱۱۸/۶	۱۱۲	۱۱۵/۴	۱۱۷/۸	۱۲۲/۷	۱۲۲/۴	۱۲۱/۵
DBP (mmHg)	۷۷/۸	۷۸/۱	۷۷/۴	۸۴/۴	۷۷/۵	۷۹/۲	۸۰/۴	۸۱
LDL (mg/dl)	۳۵±۱۴۰	۳۹±۱۴۷	۳۹±۱۴۳	۳۷±۱۴۵	۳۹±۱۴۱	۴۰±۱۴۶	۴۰±۱۴۳	۳۸±۱۴۵
HDL (mg/dl)	۵۰/۱۱±۴*	۴۷/۱۱±۷	۴۸/۱۱±۳†	۴۵/۱۱±۲	۴۹/۱۱±۸	۴۶/۱۲±۹	۴۶/۱۰±۱	۴۶/۱۰±۷
TC (mg/dl)	۲۱۵±۴۱†	۴۷±۲۲۴	۲۱۶±۴۶†	۴۲±۲۲۰	۲۱۲±۳۸†	۲۱۸±۳۹	۲۱۵±۴۶	۴۲±۲۱۹
TG (mg/dl)	۱۸۳±۱۰۰.†*	۱۰۷±۱۹۲	۱۹۳±۱۰۱	۱۸۹±۹۸	۱۸۷±۱۰۳†	۱۰۶±۱۹۱	۹۹±۱۸۱	۱۰۳±۱۸۵
گلوکز (mmol/l)	۴/۵±۵/۰.†	۵/۰±۲/۴	۵/۰±۱/۳	۵/۰±۲/۵	۰±۵/۳	۵/۰±۱/۵	۵/۰±۱/۵	۵/۰±۱/۴
انسولین (mU/l)	۹/۰±۱/۸	۹/۱±۷	۹/۰±۴/۶	۹/۰±۶/۶	۹/۰±۳/۷	۹/۰±۶/۸	۹/۰±۵/۹	۹/۱±۵
HOMA-IR	۲/۰±۲/۲	۲/۰±۷/۳	۲/۰±۴/۳	۲/۰±۶/۴	۲/۰±۲/۲	۲/۰±۴/۲	۲/۰±۶/۲	۲/۰±۵/۳
HbA1c (%)	۵/۱±۲/۲	۵/۱±۷/۴	۵/۱±۴/۵	۵/۱±۷/۶	۵/۱±۴/۳	۵/۱±۵/۳	۵/۱±۴/۵	۵/۱±۴/۷
اوریک اسید (mg/dl)	۵/۱±۴/۵	۵/۱±۵/۴	۵/۱±۴/۶	۵/۱±۵/۷	۵/۱±۴/۵	۵/۱±۴/۴	۱±۶/۴	۵/۱±۹/۴
آلبومین (g/dl)	۵/۷±۵/۰.†	۵/۰±۲/۶	۵/۳	۵/۰±۱/۳	۵/۰±۲/۱	۰±۵/۶	۰±۵/۴	۵/۰±۱/۶
WBC (×10 ⁹ cell/L)	۷/۲±۳/۳	۸/۲±۹/۵	۲±۸/۱	۸/۲±۴/۶	۸/۲±۱/۵	۸/۲±۲/۳	۸/۲±۶/۷	۸/۲±۲/۷
hs-CRP (μg/l)	۷۳/۷±۳۰.†*	۸۴/۳۳±۵	۸۱/۷±۳۰.†	۸۵/۲۹±۸	۷۷/۲۶±۲	۸۳/۲۴±۸	۸۲/۳۰±۱	۷۹/۲۸±۴

داده‌ها با میانگین (±انحراف معیار) نشان داده شد. اختصارات: CO: کنترل؛ EX: ورزش؛ BMI: شاخص توده بدنی؛ BF: درصد چربی بدن؛ LBM: توده بدن بدون چربی. WC: دور کمر؛ WHR: نسبت دور کمر به لگن؛ RHR: ضربان قلب استراحتی؛ SBP: فشار خون سیستولیک؛ DBP: فشار خون دیاستولیک؛ LDL: لیپوپروتئین با چگالی کم؛ HDL: لیپوپروتئین با چگالی بالا؛ TC: کلسترول تام؛ TG: تری گلیسیرید؛ HOMA-IR: ارزیابی مدل هموستاز - مقاومت به انسولین؛ WBC: گلبول‌های سفید. hs-CRP: پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا. HbA1c: هموگلوبین A1c؛ * تغییر معنی‌دار نسبت به حالت پایه (p<0.05). † تغییر معنی‌دار نسبت به گروه کنترل (p<0.05).

جدول ۲. ارتباط بین hs-CRP و HOMA-IR با متغیرهای ترکیب بدن و عوامل خطر قلبی عروقی

گروه‌ها	متغیرها	BMI (kg/m ²)	BF (%)	WC (cm)	WHR	LDL (mg/dl)	HDL (mg/dl)	TC (mg/dl)	TG (mg/dl)	hs-CRP (μg/l)
گروه ۱ (CO)	hs-CRP (μg/l)	r=۰/۳۸ p=۰/۰۴	r=۰/۴۵ p=۰/۰۳	r=۰/۴۸ p=۰/۰۲۸	r=۰/۳۹ p=۰/۰۴	r=۰/۶۴ p=۰/۰۲	r=۰/۳۴ p=۰/۰۵	r=۰/۳۳ p=۰/۰۵	r=۰/۴۷ p=۰/۰۳	r=۱/۰
	HOMA-IR	r=۰/۵۵ p=۰/۰۱	r=۰/۴۸ p=۰/۰۳	r=۰/۲۸ p=۰/۰۷	r=۰/۳۱ p=۰/۰۶	r=۰/۳۴ p=۰/۰۵	r=۰/۳۲ p=۰/۰۶	r=۰/۴۹ p=۰/۰۳	r=۰/۵۱ p=۰/۰۱	r=۰/۴۱ p=۰/۰۳
گروه ۲ (EX)	hs-CRP (μg/l)	r=۰/۲۹ p=۰/۰۴	r=۰/۵۸ p=۰/۰۱	r=۰/۳۳ p=۰/۰۵	r=۰/۲۲ p=۰/۰۷	r=۰/۴۸ p=۰/۰۲	r=۰/۲۹ p=۰/۰۵	r=۰/۴۵ p=۰/۰۳	r=۰/۵۱ p=۰/۰۲	r=۱/۰
	HOMA-IR	r=۰/۳۹ p=۰/۰۵	r=۰/۵۶ p=۰/۰۱	r=۰/۴۴ p=۰/۰۴	r=۰/۴۱ p=۰/۰۳۸	r=۰/۶۲ p=۰/۰۱	r=۰/۴۵ p=۰/۰۴۵	r=۰/۵۷ p=۰/۰۳	r=۰/۵۱ p=۰/۰۲۳	r=۰/۴۶ p=۰/۰۴۳
گروه ۳ (GT)	hs-CRP (μg/l)	r=۰/۳۷ p=۰/۰۴۲	r=۰/۵۱ p=۰/۰۲۴	r=۰/۳۱ p=۰/۰۵۳	r=۰/۲۸ p=۰/۰۷۲	r=۰/۶۴ p=۰/۰۰۲	r=۰/۴۲ p=۰/۰۴۴	r=۰/۵۵ p=۰/۰۲۷	r=۰/۳۱ p=۰/۰۲۲	r=۱/۰
	HOMA-IR	r=۰/۶۴ p=۰/۰۰۲	r=۰/۲۸ p=۰/۰۸۷	r=۰/۳۶ p=۰/۰۵۱	r=۰/۳۷ p=۰/۰۴۲	r=۰/۷۱ p=۰/۰۰۱	r=۰/۴۵ p=۰/۰۳۳	r=۰/۶۱ p=۰/۰۰۲	r=۰/۴۴ p=۰/۰۴۱	r=۰/۳۴ p=۰/۰۵۵
گروه ۴ (EX+GT)	hs-CRP (μg/l)	r=۰/۵۲ p=۰/۰۲۵	r=۰/۶۵ p=۰/۰۰۳	r=۰/۴۵ p=۰/۰۲۸	r=۰/۵ p=۰/۰۲۲	r=۰/۷۱ p=۰/۰۰۱	r=۰/۴۹ p=۰/۰۲۹	r=۰/۶۶ p=۰/۰۰۳	r=۰/۷۲ p=۰/۰۰۱	r=۱/۰
	HOMA-IR	r=۰/۶۴ p=۰/۰۰۲	r=۰/۷۲ p=۰/۰۰۱	r=۰/۳۸ p=۰/۰۲۸	r=۰/۳۹ p=۰/۰۳	r=۰/۶۵ p=۰/۰۰۱	r=۰/۴۴ p=۰/۰۰۸	r=۰/۵۷ p=۰/۰۰۵	r=۰/۵۹ p=۰/۰۰۷	r=۰/۵۵ p=۰/۰۰۲

اختصارات: BMI: شاخص توده بدن؛ BF: درصد چربی بدن؛ WC: دور کمر؛ WHR: نسبت دور کمر به لگن؛ LDL: لیپوپروتئین با چگالی کم؛ HDL: لیپوپروتئین با چگالی بالا؛ TC: کلسترول تام؛ TG: تری گلیسیرید؛ HOMA-IR: ارزیابی مدل هموستاز - مقاومت به انسولین. hs-CRP: پروتئین واکنش پذیر C با حساسیت بالا.

بحث

سبب به تنهایی می‌تواند در بهبود برخی از مولفه‌های سندرم متابولیک مؤثر باشد، هرچند شدت اثر آن نسبت به گروه ترکیبی کمتر است.

در گروه تمرین ورزشی (EX)، کاهش معناداری در سطح TC و TG نسبت به گروه کنترل مشاهده شد، ولی در سایر پارامترها تغییرات معناداری دیده نشد. همچنین، هیچ‌یک از گروه‌ها تغییرات معناداری در وزن و شاخص HOMA-IR نشان ندادند.

در این مطالعه، سطوح hs-CRP در گروه مداخله ترکیبی (تمرین ورزشی به همراه مصرف چای سبز) در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری داشت. این کاهش، همراه با بهبود سایر شاخص‌های متابولیک مشاهده شد. همان‌طور که می‌دانید CRP پروتئینی است که در پاسخ به التهاب توسط کبد تولید می‌شود. افزایش سطح hs-CRP می‌تواند نشان‌دهنده التهاب مزمن و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی، دیابت نوع ۲ و اختلالات خودایمنی باشد. همچنین، hs-CRP در میان همه شرکت‌کنندگان همبستگی معناداری با متغیرهای ترکیب بدن داشت که بالاترین همبستگی مربوط به درصد چربی بدن بود. این یافته‌ها با نتایج

این مطالعه با هدف بررسی همزمان تمرین ترکیبی و مصرف چای سبز بر شاخص‌های مرتبط با سندرم متابولیک انجام شد، حوزه‌ای که داده‌های انسانی موجود در آن هنوز محدود و پراکنده است. شرکت‌کنندگان شامل زنان میان‌سال با اضافه‌وزن بودند که فاقد بیماری‌های مزمن یا عوامل خطر بارز قلبی-عروقی بودند (جدول ۲).

در گروه تمرین ترکیبی و مصرف چای سبز (EX+GT)، کاهش معناداری در TC، HDL، TG، گلوکز و hs-CRP در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. همچنین، بهبود قابل توجهی در درصد چربی بدن و حداکثر اکسیژن مصرفی (VO₂max) پس از ۶ هفته مداخله دیده شد. این یافته‌ها نشان‌دهنده اثر افزایشی ترکیب تمرین ورزشی با مصرف چای سبز بر شاخص‌های متابولیک است.

در گروه مصرف چای سبز (GT)، کاهش معناداری در سطح TC، HDL و hs-CRP نسبت به کنترل مشاهده شد، اما تغییرات در سایر متغیرها معنادار نبودند. این نشان می‌دهد که مصرف چای

معدنادر در حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه‌های GT و EX ممکن است به دلیل مدت زمان کوتاه پروتکل، شدت کم و مدت زمان کوتاه تمرینات ورزشی باشد.

در افرادی که برنامه‌های تمرینی طولانی‌مدت انجام داده‌اند، کاهش معناداری در سطح hs-CRP گزارش شده است (۲۷). این رابطه نشان می‌دهد که توان هوازی به عنوان یک شاخص از آمادگی جسمانی ممکن است عامل مهمی در تعیین سطح hs-CRP پلاسما باشد. در دوره معاصر با افزایش شیوع بیماری‌های قلبی عروقی، چاقی و دیابت نوع ۲ در میان زنان، پیامدهای مهمی برای سلامت عمومی در بر داشته است (۲۵).

سطوح بالاتر فعالیت بدنی و آمادگی جسمانی با حساسیت بهتر به انسولین و سطوح پایین‌تر چربی بدن و LDL مرتبط است (۳۴). این عوامل می‌توانند برخی علل غیرعقونی افزایش‌دهنده hs-CRP را توضیح دهند، مانند چاقی احشایی، مقاومت به انسولین، استرس اکسیداتیو، سبک زندگی کم‌تحرک و رژیم غذایی نامناسب (۲۷). از آن جایی که ما اثرات مشابهی برای هر دو عامل تمرینات ورزشی و مصرف چای سبز فرض کردیم، علاوه بر hs-CRP، پروفایل لیپیدی شرکت‌کنندگان را نیز ارزیابی کردیم. یکی از مواردی که در رابطه با hs-CRP توجه را جلب می‌کند این است زمانی که در فردی هم hs-CRP و هم سطح کلسترول بالا هستند، خطر ابتلا به عوامل خطر ساز قلبی عروقی تا ۹ برابر بیشتر از فردی است که hs-CRP و کلسترول پایین دارد (۳۶). در مطالعات مختلف، hs-CRP اغلب به عنوان یک شاخص مکمل به پارامترهای لیپیدی افزوده می‌شود تا توانایی پیش‌بینی خطر حملات قلبی در آینده افزایش یابد؛ بنابراین، از آن‌جا که گروه‌های EX، GT و EX+GT کاهش معناداری در سطح کلسترول نسبت به گروه کنترل نشان دادند، نتیجه‌گیری می‌کنیم که برنامه ورزشی و/یا مصرف چای اثرات مشابهی بر سلامت داشته است. همچنین، کاهش معنادار hs-CRP در گروه‌های GT و EX+GT نسبت به گروه کنترل، ممکن است نشان‌دهنده اثرات مهارتی مفید مصرف چای سبز بر عوامل خطر بیماری‌های قلبی عروقی و دیگر عوامل مرتبط با چای سبز باشد که بیشتر در این مقاله مورد بحث قرار گرفت. تری‌گلیسیرید، که کاهش آن شاخصی مهم از نیمرخ لیپیدی مرتبط با سلامت محسوب می‌شود، در گروه‌های EX و EX+GT به‌طور معناداری کاهش یافت. هر دو گروه تمرینی به‌عنوان اصلی‌ترین یا بخشی از مداخله مطالعه از تمرین ورزشی برخوردار بودند که نشان می‌دهد در حالی که مصرف چای سبز تاثیر قابل توجهی بر TC داشته است، اما تاثیری بر TG نداشته است.

مطالعات پیشین هم‌راستا هستند که ارتباط بین سطوح التهاب تحت بالینی و وضعیت ترکیب بدنی را تأیید کرده‌اند. این نتایج با یافته‌های پژوهش کیم و همکاران (۲۰۰۷) هم‌راستا است که کاهش وزن بدن و چربی احشایی را با کاهش سطح hs-CRP در پاسخ به تمرین ورزشی گزارش کردند (۲۴). همچنین مطالعه‌ی بوشمن و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان داد که فعالیت بدنی منظم با بهبود حساسیت به انسولین و کاهش سطوح مارکرهای التهابی در زنان میانسال دارای اضافه‌وزن همراه است (۲۵).

مطالعات قلبی ارتباط معکوسی بین نشانگرهای التهابی مانند hs-CRP پلاسما و فعالیت بدنی گزارش کرده‌اند (۲۶). hs-CRP می‌تواند به عنوان یک نشانگر التهاب عمل کند که بار التهابی بدن را نشان می‌دهد یا به‌طور مستقیم نقش پروالتهابی داشته باشد. نتایج مطالعه حاضر همبستگی منفی معناداری بین hs-CRP و حداکثر اکسیژن مصرفی، شاخص توده بدن، نسبت کمر به لگن و درصد چربی بدن تأیید می‌کند. همبستگی hs-CRP با شاخص توده بدن و نسبت کمر به لگن مشابه گزارش‌های قبلی است (۲۶، ۲۷).

سلامت قلب و عروق یکی دیگر از زمینه‌هایی است که توجه زیادی به چای سبز معطوف شده است. رابطه بین مصرف چای سبز و حفظ سلامت قلب و عروق به‌طور گسترده‌ای مورد تحقیق قرار گرفته است (۲۸-۳۱). بیشتر مطالعات همه‌گیرشناسی نشان می‌دهند که مصرف چای برای سیستم قلبی عروقی مفید است (۲۹)، و اخیراً نیز همبستگی معکوسی بین مرگومیر و مصرف چای سبز یافت شده است (۳۲). عوامل خطر ساز شناخته‌شده برای بیماری‌های قلبی عروقی شامل فشار خون بالا، تری‌گلیسیرید و کلسترول بالا، HDL پایین و گلوکز پلاسما بالا هستند که این موارد همچنین در تعریف سندرم متابولیک گنجانده شده‌اند (۳۳). به‌منظور درک عمیق‌تر از اثرات مفید چای سبز بر ظرفیت قلبی-عروقی، حداکثر اکسیژن مصرفی نیز در آزمودنی‌ها مورد بررسی قرار گرفت. گروه‌های EX و GT تغییرات معناداری در حداکثر اکسیژن مصرفی نشان ندادند، در حالی که گروه EX-GT نسبت به خط پایه خود تغییرات معناداری نشان داد. برای مثال، مطالعه بوشمن و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که مصرف ۶۴۰ میلی‌گرم چای سبز پیش از تمرین هوازی، منجر به افزایش معنادار VO_{2max} در مردان سالم جوان می‌شود (۲۵). همچنین، مطالعه‌ای که توسط همتی نژاد و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد بیانگر بهبود چشمگیر VO_{2max} پس از مداخله ترکیبی تمرین هوازی و مصرف چای سبز بود (۱۸). بنابراین، ما نتیجه‌گیری کردیم که بهبود در حداکثر اکسیژن مصرفی ممکن است به دلیل اثرات افزایشی چای سبز در گروه EX-GT باشد. عدم تغییر

(۶ هفته) بود که ممکن است برای مشاهده تغییرات معنی‌دار در برخی متغیرها کافی نباشد. دوم، اندازه نمونه محدود بود که قدرت تحلیل آماری را کاهش می‌دهد. سوم، عدم پیگیری بلندمدت، امکان بررسی اثرات پایدار مداخلات را محدود می‌کند. همچنین، کنترل کامل بر سایر عوامل مداخله‌گر مانند تغییرات سبک زندگی و فعالیت‌های خارج از برنامه تمرینی انجام نشد.

پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، دوره مداخله طولانی‌تر و نمونه‌های بزرگ‌تر مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، ترکیب‌های مختلف دوز چای سبز و شدت‌های متفاوت تمرینات هوازی و مقاومتی بررسی شود تا اثرات بهینه مداخلات تعیین گردد. پیگیری بلندمدت برای ارزیابی پایداری تغییرات نیز از ضروریات مطالعات بعدی است.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر بر روی زنان سالم نشان داد که در بیشتر متغیرهای مورد مطالعه در میان گروه‌ها تفاوت معناداری وجود ندارد، مگر در مورد استفاده هم‌زمان چای سبز با تمرینات ورزشی، که نشان‌دهنده اثرات مفید افزایشی مصرف چای سبز است. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، می‌توان گفت که بازگشت مقاومت به انسولین به نقطه بهتری در گروه EX+GT نسبت به گروه EX، عمدتاً از طریق مکانیسم‌های مرتبط با چای سبز صورت گرفته است.

پیام مقاله

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، می‌توان پیشنهاد داد به‌منظور بهبود کنترل قند خون و مؤلفه‌های سندرم متابولیک در زنان کم‌تحرک، مصرف چای سبز به میزان سه فنجان در روز به همراه انجام فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط (سه جلسه ۴۵ دقیقه‌ای در هفته) مورد توجه قرار گیرد.

تعارض منافع:

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت‌کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

ارتباط معنی‌داری بین hs-CRP و اندازه‌های سطوح پلاسمایی چربی‌های خون یافت شد. این ارتباط‌ها در میان سه گروه ثابت بود.

مطالعات نشان داده‌اند که التهاب تحت بالینی مزمن بخشی از سندرم مقاومت به انسولین (IRS)^۱ است. hs-CRP، که پیش‌بینی‌کننده حوادث قلبی عروقی در گزارش‌های قبلی است، به‌طور مستقل با حساسیت به انسولین (IS) ارتباط دارد (۳۷). بنابراین، با توجه به سطح hs-CRP و ارتباط آن با حساسیت به انسولین، یافته‌های ما بر نقش بالقوه‌ی مداخلات ضدالتهابی یا بهبوددهنده‌ی حساسیت به انسولین در کاهش خطرات مرتبط با سندرم مقاومت به انسولین حتی در افراد سالم تأکید دارند. اگرچه نتایج hs-CRP رضایت‌بخش بود و سطح انسولین و HOMA-IR پس از تمامی مداخلات بهبود یافت، اما در هیچ‌یک از گروه‌های مورد مطالعه تغییرات معناداری مشاهده نگردید.

فشار خون استراحتی و فشار خون سیستولی در هیچ‌یک از گروه‌های مورد مطالعه تغییرات معناداری نداشت، که ممکن است به دلیل روش مقطعی این مطالعه باشد. با این حال، تمامی گروه‌ها کاهش چشمگیری در فشار خون استراحت و فشار خون سیستولی نشان دادند.

با توجه به مقادیر مونوسیت به‌عنوان یکی از زیرگروه‌های گلبول‌های سفید و نقش آن در آغاز مرحله آسیب اولیه یا لکه چربی (اولین آسیب آترواسکلروز)، تعداد گلبول‌های سفید در بررسی گروه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. اگرچه هیچ‌یک از گروه‌ها تغییرات معناداری در تعداد گلبول‌های سفید نشان ندادند، مطالعات نشان داده‌اند که آترواسکلروز یک فرآیند چندبعدی است و ارزیابی زیرگروه‌های گلبول‌های سفید ممکن است نتایج بهتری را به ما بدهد.

در حالی که LDL در میان گروه‌ها و بین آن‌ها تغییرات معناداری نشان نداد، HDL در گروه‌های GT و EX+GT نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت، که نشان‌دهنده اثرات مفید چای سبز بر پروفایل لیپیدی است. از طرف دیگر، اندازه‌گیری‌های چاقی در گروه‌ها، به جز گروه EX+GT، نیز نسبت به پایه تغییرات معناداری نداشتند، که ممکن است به دلیل پروتکل کوتاه مدت مطالعه (۶ هفته) باشد. نتایج در واقع نشان‌دهنده اثرات افزایشی چای سبز بر اندازه‌های چاقی است، اما مطالعات بیشتری برای تأیید اثرات مثبت چای سبز بر اندازه‌های چاقی لازم است.

این مطالعه دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شوند. نخست، مدت زمان مداخله نسبتاً کوتاه

¹ Insulin Resistance Syndrome (IRS)

- <https://doi.org/10.1007/s00394-007-0690-7>
- [8] Potenza MA, Marasciulo FL, Tarquinio M, Tiravanti E, Colantuono G, Federici A, et al. EGCG, a green tea polyphenol, improves endothelial function and insulin sensitivity, reduces blood pressure, and protects against myocardial I/R injury in SHR. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2007;292(5):E1378-E87, Doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00698.2006>.
- [9] Golpasandi H, Rahimi MR, Kreider R, Rashidi M. Influence of combined high-intensity interval training and green tea extract on cardiac stress markers and insulin resistance in obese men with type 2 diabetes: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Sport Sciences for Health*. 2024, Doi: <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01270-0>
- [10] Golpasandi H, Rahimi MR. Investigating the Effects of Aerobic Exercise and Green Tea Extract Consumption on Serum Levels of Cardiac Disorder Prognostic Markers in Men with Type 2 Diabetes. *Metabolism and Exercise*. 2024;14(1):-, Doi: <https://doi.org/10.22124/jme.2024.26618.347>.
- [11] Ikeda M, Suzuki C, Umegaki K, Saito K, Tabuchi M, Tomita T. Preventive effects of green tea catechins on spontaneous stroke in rats. *Medical science monitor*. 2007;13(2):BR40-BR5, Doi: 10.12659/MSM.948373
- [12] Murase T, Haramizu S, Shimotoyodome A, Tokimitsu I, Hase T. Green tea extract improves running endurance in mice by stimulating lipid utilization during exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2006;290(6):R1550-R6, Doi: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00752.2005>.
- [13] Golpasasndi S, Abdollahpour S, Golpasandi H. High-intensity interval
- [1] Wolfram S. Effects of green tea and EGCG on cardiovascular and metabolic health. *Journal of the American College of Nutrition*. 2007;26(4):373S-88S, Doi: <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719626>
- [2] Singh B, Arora S, Goswami B, Mallika V. Metabolic syndrome: A review of emerging markers and management. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2009;3(4):240-54, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2009.04.012>.
- [3] Laclaustra M, Corella D, Ordovas JM. Metabolic syndrome pathophysiology: the role of adipose tissue. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*. 2007;17(2):125-39, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.10.005>
- [4] Thielecke F, Boschmann M. The potential role of green tea catechins in the prevention of the metabolic syndrome—a review. *Phytochemistry*. 2009;70(1):11-24, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.11.011>
- [5] Roberts CK, Sindhu KK. Oxidative stress and metabolic syndrome. *Life sciences*. 2009;84(21-22):705-12, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2009.02.026>.
- [6] Shamsi M, Rahimi MR. The Effect of Eight Weeks of Resistance Training with Green Tea Extract Supplement On Serum Levels of Adiponectin and Pentraxin-3 In Obese Men. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2021;8(2):94-101, Doi: https://jahssp.azaruniv.ac.ir/article_14343_7c45845b713db54ff18c5f90903c0be9.pdf?lang=en
- [7] Polychronopoulos E, Zeimbekis A, Kastorini C-M, Papairakleous N, Vlachou I, Bountziouka V, et al. Effects of black and green tea consumption on blood glucose levels in non-obese elderly men and women from Mediterranean Islands (MEDIS epidemiological study). *European journal of nutrition*. 2008;47:10-6, Doi:

- green tea on body composition, physical fitness and serum lipids of overweight and obese women. *Journal of Physical Activity and Hormones*. 2024;5(3):52-7, Doi: <https://doi.org/10.1007/s11332-022-00955-8>.
- [20] Wiklund P, Alen M, Munukka E, Cheng SM, Yu B, Pekkala S, et al. Metabolic response to 6-week aerobic exercise training and dieting in previously sedentary overweight and obese pre-menopausal women: a randomized trial. *Journal of Sport and Health Science*. 2014;3(3):217-24, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.03.013>.
- [21] Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American heart journal*. 1973;85(4):546-62, Doi: [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(73\)90502-4](https://doi.org/10.1016/0002-8703(73)90502-4).
- [22] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*. 1982;14(5):377-81.
- [23] Esteve E, Ricart W, Fernández-Real JM. Adipocytokines and insulin resistance: the possible role of lipocalin-2, retinol binding protein-4, and adiponectin. *Diabetes care*. 2009;32(Suppl 2):S362, Doi: <https://doi.org/10.2337/dc09-s340>.
- [24] Kim ES, Im JA, Kim KC, Park JH, Suh SH, Kang ES, et al. Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity*. 2007;15(12):3023-30, Doi: <https://doi.org/10.1038/oby.2007.360>
- [25] Buchmann N, Fielitz J, Spira D, König M, Norman K, Pawelec G, et al. Muscle mass and inflammation in older adults: impact of the metabolic syndrome. *Gerontology*. 2022;68(9):989-98, Doi: <https://doi.org/10.1159/000520096>.
- [26] LaMonte MJ, Durstine JL, Yanowitz FG, Lim T, DuBose KD, Davis P, et al. Cardiorespiratory fitness and C-training combined with saffron supplementation modulates stress-inflammatory markers in obese women with type 2 diabetes. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(1):55-61, Doi: [10.34785/J019.2022.002](https://doi.org/10.34785/J019.2022.002).
- [14] Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008;118(4):346-54, Doi: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.108.772822>.
- [15] Kadoglou NP, Iliadis F, Angelopoulou N, Perrea D, Ampatzidis G, Liapis CD, et al. The anti-inflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2007;14(6):837-43, Doi: <https://doi.org/10.1097/hjr.0b013e3282efaf50>
- [16] Yokoyama H, Emoto M, Araki T, Fujiwara S, Motoyama K, Morioka T, et al. Effect of aerobic exercise on plasma adiponectin levels and insulin resistance in type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2004;27(7):1756-8, Doi: <https://doi.org/10.2337/diacare.27.7.1756>
- [17] Hosseini Z, Ghaedi H, Ahmadi M, Hosseini SA. Lipid-lowering effects of concurrent training and green tea consumption in overweight women. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*. 2020;29(4):313, Doi: <https://doi.org/10.7570/jomes20023>
- [18] Hematinezhad Touli M, Elmieh A, Hosseinpour A. The Effect of Six-Week Aerobic Exercise Combined with Green Tea Consumption on PON1 and VO2max Increase and Apelin, Blood Pressure, and Blood Lipids Reduction in Young Obese Men. *Archives of Razi Institute*. 2022;77(6), Doi: <https://doi.org/10.22092/ari.2022.357847.2109>.
- [19] Ghanbari S, Elizei AS. The effect of parallel aerobic and resistance exercise (PARE) with consumption of

- Diabetes care. 2005;28(2):391-7, Doi: <https://doi.org/10.2337/diacare.28.2.391>.
- [34] Rector RS, Warner SO, Liu Y, Hinton PS, Sun GY, Cox RH, et al. Exercise and diet induced weight loss improves measures of oxidative stress and insulin sensitivity in adults with characteristics of the metabolic syndrome. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2007;293(2):E500-E6, Doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00116.2007>.
- [35] Skoumas J, Pitsavos C, Panagiotakos DB, Chrysohou C, Zeimbekis A, Papaioannou I, et al. Physical activity, high density lipoprotein cholesterol and other lipids levels, in men and women from the ATTICA study. *Lipids in health and disease*. 2003;2(1):1-7, Doi: <https://doi.org/10.1186/1476-511x-2-3>.
- [36] Yeh ET. CRP as a mediator of disease. *Circulation*. 2004;109(21_suppl_1):II-11-II-4, Doi: <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000129507.12719.80>.
- [37] Festa A, D'Agostino Jr R, Howard G, Mykkanen L, Tracy RP, Haffner SM. Chronic subclinical inflammation as part of the insulin resistance syndrome: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study (IRAS). *Circulation*. 2000;102(1):42-7, Doi: <https://doi.org/10.1161/01.cir.102.1.42>.
- reactive protein among a tri-ethnic sample of women. *Circulation*. 2002;106(4):403-6, Doi: <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000025425.20606.69>.
- [27] Mattusch F, Dufaux B, Heine O, Mertens I, Rost R. Reduction of the plasma concentration of C-reactive protein following nine months of endurance training. *International journal of sports medicine*. 2000;21(01):21-4, Doi: <https://doi.org/10.1055/s-2000-8852>.
- [28] Sano J, Inami S, Seimiya K, Ohba T, Sakai S, Takano T, et al. Effects of green tea intake on the development of coronary artery disease. *Circulation Journal*. 2004;68(7):665-70, Doi: <https://doi.org/10.1253/circj.68.665>.
- [29] Vita JA. Tea consumption and cardiovascular disease: effects on endothelial function. *The Journal of nutrition*. 2003;133(10):3293S-7S, Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/133.10.3293s>.
- [30] Nakachi K, Matsuyama S, Miyake S, Suganuma M, Imai K. Preventive effects of drinking green tea on cancer and cardiovascular disease: epidemiological evidence for multiple targeting prevention. *Biofactors*. 2000;13(1-4):49-54, Doi: <https://doi.org/10.1002/biof.5520130109>.
- [31] Imai K, Nakachi K. Cross sectional study of effects of drinking green tea on cardiovascular and liver diseases. *Bmj*. 1995;310(6981):693-6, Doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.310.6981.693>.
- [32] Kuriyama S, Shimazu T, Ohmori K, Kikuchi N, Nakaya N, Nishino Y, et al. Green tea consumption and mortality due to cardiovascular disease, cancer, and all causes in Japan: the Ohsaki study. *Jama*. 2006;296(10):1255-65, Doi: <https://doi.org/10.1001/jama.296.10.1255>.
- [33] Katzmarzyk PT, Church TS, Janssen I, Ross R, Blair SN. Metabolic syndrome, obesity, and mortality: impact of cardiorespiratory fitness.

اثر توأم تمرین هوازی و مکمل دهی Q10 محلول در آب بر بیان ژن های دخیل در نکروپتوز و مقدار Q10 پلاسمایی موش های مدل پارکینسون

زهرا اسماعیلی^۱، فرزاد زهساز^۱✉، رقیه پوزش جدیدی^۱، مهری قهرمانی درشکی^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷

۱-گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی،
دانشکده علوم انسانی، واحد تبریز،
دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

f-zehsaz@iaut.ac.ir

چکیده

هدف: هدف مطالعه حاضر بررسی اثر توأم تمرین هوازی و Q10 محلول در آب بر بیان ژن های دخیل در نکروپتوز و مقدار Q10 پلاسمایی موش های مدل پارکینسون بود.

روش شناسی: ۴۰ سر موش نر ویستار به طور تصادفی در پنج گروه شامل شم (کنترل سالم)، پارکینسون (PD)، PD-تمرین هوازی، Q10-PD و PD-مداخله ی توأم تقسیم شدند. القای PD پس از تزریق مغزی 6-OHDA با تست آپومورفین تأیید شد. تمرین هوازی چهار هفته با سرعت ۱۵ متر در دقیقه/پنج جلسه در هفته و دو بار در هر روز و هر بار به مدت ۱۵ دقیقه (با فاصله ی یک ساعت) بر روی تردمیل حیوانی انجام شد. روزانه ۲۰۰ میلی گرم بر هر کیلوگرم وزن بدن Q10 محلول در دو سی سی آب معمولی یا سالین (به عنوان vehicle) به حیوانات خوراندند. موفقیت در القای PD از طریق تست رفتار چرخشی آپومورفین، سفتی عضلانی با آزمون مورپروگو، Q10 پلازما با روش HPLC و بیان ژن های RIPK1، P-MLKL و TNFR1 نیگرواستراتیال با استفاده از روش PCR اندازه گیری شدند.

یافته ها: در پایان مداخله، در بین گروه ها تفاوت های معنی داری از لحاظ مقدار Q10 پلازما ($p=0/001$)، MLKL ($F4, 35=27/44$, $p=0/001$)، RIPK1 ($F4, 35=158/27$) و TNFR1 ($F4, 35=53/84$, $p=0/001$) و همچنین مقدار سفتی عضلانی ($F4, 35=86/56$, $p=0/001$) مشاهده شد.

نتیجه گیری: در کل یافته ها با وجود محدودیت های بسیار، فعلا بر احتمال تأثیرگذاری بیشتر تجویز توأم Q10 برای مدل های در حال تمرین واقع در مراحل اولیه ی PD دلالت می کنند که البته هنوز نیاز به بررسی بیشتر باقی است.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، Q10، پارکینسون، نکروپتوز

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.



Copyright ©The authors

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143692.1106>

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان
شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰
نوع دسترسی: آزاد

ارجاع دهی:

Esmaeili Z, Zehsaz F, Pouzesh Jadidi R, Ghahramani Dereshki M. The Effect of Aerobic Training Along with Water-Soluble Q10 Supplementation on nigrostriatal necroptosis related Genes' Expression and plasma Q10 level in Rat Model of Parkinson's Disease. **Research in Exercise Nutrition**. 2024;3(4):67-83. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143692.1106>



The Effect of Aerobic Training Along with Water-Soluble Q10 Supplementation on nigrostriatal necroptosis related Genes' Expression and plasma Q10 level in Rat Model of Parkinson's Disease

Zahra Esmaeili ¹, Farzad Zehsaz ^{1✉}, Roghayeh Pouzesh Jadidi¹, Mehri Ghahramani Dereshki¹

Received: 2025/05/28

Accepted: 2025/05/26

Abstract

Aim: The aim of this study was to investigate effect of aerobic training along with water-soluble q10 supplementation on nigrostriatal necroptosis related genes' expression and plasma Q10 level in rat model of Parkinson's disease

Method: Forty male Wistar rats were randomly divided into five groups: Sham (healthy control), Parkinson's (PD), PD-Aerobic Exercise, PD-Q10, and PD-Combined Intervention. PD induction was confirmed via the apomorphine test following intracerebral 6-OHDA injection. Aerobic exercise was performed for four weeks on an animal treadmill at a speed of 15 meters per minute, five sessions per week, twice daily for 15 minutes per session (with a one-hour interval). Daily, 200 mg per kilogram of body weight of Q10 dissolved in 2 cc of plain water or saline (as vehicle) was administered to the animals via gavage. The success of PD induction was measured through the apomorphine-induced rotational behavior test, muscle rigidity via the Morpurgo test, plasma Q10 using the HPLC method, and the expression of nigrostriatal RIPK1, P-MLKL, and TNFR1 genes using the PCR method.

Results: Significant between group differences were observed in plasma Q10, gene expression levels of RIPK1, MLKL and TNFR as well as muscle rigidity (P=0.001 in all circumstances).

Conclusion: Altogether, the available evidences are in favor of the higher efficacy of the combined intervention for exercising PD models which still warrants to be more explored.

Keywords: Aerobic training, Q10, Parkinson, Necroptosis

1- Department of Physical Education, Tabriz branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

✉ Corresponding author:

f-zehsaz@iaut.ac.ir

SSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Copyright ©The authors

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143692.1106>



Citation:

Esmaeili Z, Zehsaz F, Pouzesh Jadidi R, Ghahramani Dereshki M. The Effect of Aerobic Training Along with Water-Soluble Q10 Supplementation on nigrostriatal necroptosis related Genes' Expression and plasma Q10 level in Rat Model of Parkinson's Disease. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):67-83. Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143692.1106> .

مقدمه

مشخصه‌ی بیماری پارکینسون (PD) تحلیل تدریجی و غیرقابل برگشت نرون‌های دوپامینرژیک جسم سیاه می‌باشد (۱) که بعد از تحلیل ۴۰ تا ۶۰ درصد از نرون‌های دوپامینرژیک، علائم حرکتی اولیه (شامل اختلالات حرکتی (لرز، برادی کینزی و آکینزی)، سفتی عضلانی، عدم ثبات وضعیتی، راه رفتن منجمد، تغییر الگوی گام‌برداری و اختلال در هماهنگی حرکتی) بروز می‌کنند (۲).

احتمال دارد که چندین مسیر مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده از قبیل آپوپتوز، نکروز، پیرپتوز، فروپتوز و مرگ سلولی مرتبط با اختلال عملکرد پرتوزوم و میتوکندری، در مرگ نرون‌های دوپامینرژیک دخیل باشند و شناسایی دقیق مکانیسم زیربنای مرگ آنها می‌تواند در طراحی روش‌های موثر برای افزایش بقای این نرون‌ها بسیار موثر باشد (۳). نکروپتوز به عنوان مرگ سلولی التهابی تنظیم شده، از طریق ترشح اجزای سلولی به محیط برون سلولی و ایجاد پاسخ ایمنی قوی، به تحلیل نرونی منجر می‌شود (۴). مسیر نکروپتوتیک توسط بیان و فعالیت مسیرهای درون سلولی شامل پروتئین‌های RIPK1 و RIPK3 و MLKL2 تنظیم می‌شود. RIPK1 سبب فسفوریله شدن RIPK3 می‌شود و پروتئین MLKL به عنوان عامل ایجاد مرگ نهایی، توسط RIPK3 فسفوریله شده فعال می‌شود که سبب پاره شدن غشای پلاسمایی خواهد شد (۵). اما اگرچه که مکانیسم دقیق تنظیم بیان RIPK1 هنوز نامشخص است، فعال‌سازی این کیناز توسط چندین مسیر پیام‌رسانی از قبیل التهاب ناشی از $TNF\alpha$ قابل تنظیم می‌باشد (۶). فعال شدن مزمن RIPK1 به فعال‌سازی نکروپتوز منجر می‌شود (۷). اگرچه شواهدی وجود دارد که انواع دیگری از مرگ سلولی هم در مرگ نرون‌های دوپامینرژیک نقش دارند، اما اکثر مطالعات از این فرضیه حمایت می‌کنند که مرگ سلولی نکروپتوتیک در بافت‌های مبتلایان به PD فعال می‌شود (۳). یک یافته اخیر نشان داده است حذف ژنتیکی RIPK3 و یا MLKL سبب کاهش تحلیل دوپامینرژیک و پاسخ‌های پیش‌التهابی در مدل‌های مختلف موش‌های مبتلا به PD می‌شود (۸) که از درگیری حیاتی نکروپتوز در تحلیل سلول‌های دوپامینرژیک در PD حمایت می‌کند. در نتیجه، مهار یا کاهش فعالیت نکروپتوتیک ممکن است که درمان موثری برای تحلیل سلول‌های دوپامینرژیک جسم سیاه و جسم مخطط بیماران PD باشد (۳) و قطعاً بررسی بیشتر در این زمینه، از جذابیت و بداعت پژوهشی و کاربردی ویژه‌ای برخوردار است.

از سوئی درمان‌های معمول از قبیل درمان دارویی، تنها علائم بیماری را تسکین می‌دهند و قادر به توقف پیشرفت بیماری نیستند و در طی زمان هم اثر آنها به تدریج کاهش می‌یابد (۹). در این شرایط، ورزش منظم به عنوان یک روش درمانی مکمل و غیردارویی، توجه خیلی بیشتری برای درمان PD به خود جلب کرده است که به عنوان یک روش درمانی مکمل و جایگزین می‌تواند سبب بهبود هر دو علائم حرکتی و غیر حرکتی بیماران PD شود (۱۰-۱۲). اگر چه که هر دو نوع تمرین هوازی و مقاومتی کارایی مناسبی در بیماران PD دارند (۱۳)، اما طبق نتایج یک فراتحلیل تجویز تمرینات هوازی برای مدیریت بیماری PD و بهبود علائم آن قطعیت مناسبی دارد (۱۲). به علاوه در مورد تاثیر تمرینات ورزشی مبتنی بر سیستم هوازی بر مسیر التهاب و به ویژه مسیر پیام‌رسانی TNF در مغز و به ویژه در ناحیه نیگرواستاتیوم و خون مدل‌ها و بیماران پارکینسونی اطلاعات نسبتاً مستدلی موجود است (۱۳-۱۹). بنابراین انتظار می‌رود که تمرین ورزشی هوازی بر دستکاری نکروپتوز نرونی شایع در ناحیه جسم سیاه به عنوان علت ایجادکننده اولیه PD نیز موثر باشد. اما مجدداً باید اشاره شود که تاکنون در مورد تاثیر تمرینات ورزشی هوازی بر دستکاری مسیر مرگ نرونی نکروپتوزی شایع در بیماری PD (۳)، ۲۰، ۲۱) و به ویژه در جسم سیاه حیوانات مدل بیماری PD اطلاعات بسیار اندکی وجود دارد که به نظر می‌رسد بررسی آن از بداعت ویژه‌ای برخوردار باشد.

به علاوه به دلیل درگیری استرس اکسیداتیو در پاتوژنز PD (۲۲)، امروزه بررسی در مورد نقش محافظت‌کننده‌ی عصبی Q10 به عنوان یک عامل ضد اکسایشی شرایط PD، موضوعی کاملاً داغ می‌باشد (۲۳-۲۶). مکمل Q10 امید به بهبود PD را گسترش داده است (۲۷-۳۱) و شواهد بیشتر دیگری نیز از فواید مکمل Q10 در این زمینه حمایت کرده اند (۲۳، ۳۲-۳۶). با این حال، حالیت Q10 در آب پایین است که مقدار جذب و انتقال آن به داخل سیستم عصبی و کاربرد بالینی آن را محدود می‌کند و هنوز باید تلاش‌های بیشتری برای افزایش فراهمی زیستی Q10 به عمل آید (۳۷). در یک مدل تحلیل عصبی، Q10 محلول در آب نوشیدنی، سبب کاهش استرس اکسایشی و تعداد نرون‌های دوپامینرژیک ناحیه‌ی جسم سیاه شد (۳۸) و به نظر می‌رسد که استفاده از Q10 محلول در آب بتواند با اثربخشی بیشتری در مورد تحلیل نرونی نکروپتوزی همراه باشد.

اما اگرچه که تاکنون شواهد مستقیمی در مورد نقش مکمل Q10 در جلوگیری از نکروپتوز جسم سیاه حاصل نشده است، ولی برخی شواهد محدود از قابلیت Q10 در دستکاری متغیرهای موثر بر نکروپتوز در سایر بخش‌های بدن حمایت کرده اند. مثلاً در یک

1- receptor-interacting protein kinase (RIPK)1

2- mixed lineage kinase domain-like protein (MLKL)

درصد از طریق جراحی اس تری و تاکسیک به MFB آن ها تزریق شد و تا پایان مداخله در شرایط نرمال، نگهداری شدند.

(ج) گروه PD-تمرین هوازی که بعد از روز شانزدهم القای PD، تحت تمرین هوازی قرار گرفتند.

(د) گروه Q10-PD که بعد از روز شانزدهم القای PD، تحت مصرف مکمل Q10 قرار گرفتند.

(و) گروه مداخله ی توأم که بعد از روز شانزدهم القای PD، تحت تمرین هوازی و مصرف مکمل Q10 قرار گرفتند.

برای القای PD، موش ها با ترکیبی از کتامین و زایلازین داخل صفاقی (۹۰ به ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن) بیهوش شدند. 6-OHDA (سیگما) با غلظت ۱۶ میکروگرم بر دو میکرولیتر نرمال سالین حاوی ویتامین C یک صدم درصد، تهیه شد. سپس سر حیوانات در دستگاه استری و تاکس ثابت شده و پس از ایجاد برشی طولی در حد فاصل چشم ها و گوش ها، سطح روی جمجمه تمیز شد و 6-OHDA طبق اطلس اس تری و تاکسیک با مشخصات ۲/۲ - فاصله قدامی خلفی 1 (AP) از برگما، ۴/۷+ میلی متر فاصله میانی جانبی 2 (ML) یا فاصله از خط میانی) و ۸/۵- میلی متر فاصله پشتی شکمی 3 (DV) از سطح جمجمه به MFB راست ۴ با سرعت یک میکرولیتر در دقیقه تزریق شد. دو هفته بعد از تزریق، همه حیوانات ابتدا به صورت جداگانه و به مدت ۵ دقیقه در استوانه ای به قطر ۲۸ و ارتفاع ۳۸ سانتی متر قرار گرفتند تا با شرایط سازگار شوند. دو هفته بعد از تزریق، همه حیوانات به دنبال پنج دقیقه پس از تزریق زیرجلدی ۰/۵ میلی گرم در هر کیلوگرم وزن بدن از آپومورفین محلول در نرمال سالین حاوی ویتامین C یک صدم درصد (Aldrich-Sigma)، از نظر رفتار چرخشی القاء شده (کاسه گرد با قطر ۴۰ سانتی متر)، بررسی شدند. سپس تعداد چرخش های بالای ۱۰۰ در خلاف جهت آسیب در مدت ۳۰ دقیقه به عنوان ملاکی برای مقدار تخلیه دوپامین در سیستم نیگرواستریال و بروز مدل PD در نظر گرفته شد (۴۱). تست آپومورفین همچنین در پایان مداخله با فاصله یک روز از آخرین جلسه ی تمرین و مصرف مکمل، به عنوان یک تست رفتاری اضافی، مجدداً تکرار شد.

تحقیق مشاهده شد که مهار التهاب عصبی مرتبط با مسیر پیام رسانی نکروپتوز (RIP1-RIP3-MLKL) از طریق دستکاری پیام رسانی مسیر Wnt و بتاکاتین و GSK-3 β توسط Q10، می تواند از فیبروز کلیوی جلوگیری کند (۳۹). همچنین اشاره شده است که نکروپتوز تحریک شده با سموم باکتریایی از طریق مصرف Q10 همراه با عامل مهار کننده ی RIPK1 قابل پیشگیری است (۴۰). بنابراین اگر چنین مکانیسمی در اثر مصرف Q10 محلول در آب (نانو میسل) در دستکاری نکروپتوز نرونی در مغز و به ویژه در نیگرواستریوم نیز روی دهد، بنابراین به دلیل نقش داشتن بالای نکروپتوز در تحلیل نرونی این ناحیه و منجر شدن به PD (۳، ۲۰)، به نظر می رسد که مصرف مکمل Q10 محلول در آب برای درمان و جلوگیری از بیماری PD بسیار امید بخش باشد.

همچنین تاکنون در مورد تاثیر همزمان تمرینات ورزشی هوازی و مصرف مکملی اشکال محلول در آب Q10 از قبیل شکل نانومیسلی آن (که دارای حل پذیری بالا در آب و فراهمی زیستی بهتری می باشد) بر متغیرهای موثر بر مرگ نکروپتوزی نرونها ی ناحیه جسم سیاه مغز به عنوان مهم ترین موضع درگیر در ایجاد بیماری PD، اطلاعات بسیار اندکی موجود است. بدین ترتیب به نظر می رسد که بررسی مستقیم تاثیر تمرین هوازی و مکمل Q10 محلول در آب بر متغیرهای درگیر در نکروپتوز در سلول های جسم سیاه موش های مدل پارکینسونی، علاوه بر دارا بودن جذابیت پژوهشی و نوآوری بالا، از اولویت کاربردی در حوزه بالینی نیز برخوردار خواهد بود و همچنین انتظار می رود که زمینه ساز انجام تحقیقات خیلی بیشتری در آینده باشد.

روش شناسی

طرح تحقیق تجربی به روش علی پس از وقوع بود که به روش آزمایشگاهی انجام شد. پس از تأیید پروتکل و اخذ مجوز از کمیته اخلاق (IR.IAU.TABRIZ.REC.1403.578)، ۴۰ سر موش نر ویستار (۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم) با شرایط نگهداری نرمال در دمای ۲۲ تا ۲۳ درجه و سیکل روشنایی طبیعی ۱۲ ساعته و دسترسی آزاد به آب و غذا، به طور تصادفی به پنج گروه (n=۸) به شرح ذیل تقسیم شدند.

(الف) گروه شم که دو میکرولیتر نرمال سالین حاوی ویتامین ث دو درصد از طریق جراحی استریو تاکسیک به MFB آنها تزریق شد و تا پایان مداخله در شرایط نرمال، نگهداری شدند.

(ب) گروه PD که مقدار ۱۶ میکروگرم 6-OHDA (ساخت شرکت سیگما) محلول در دو میکرولیتر نرمال سالین حاوی ویتامین ث دو

1. Anteroposterior (AP)

2. Mediolateral (ML)

3. Dorso-Ventral (DV)

4. The medial forebrain bundle (MFB) is a neural pathway containing fibers from the basal olfactory regions, the periamygdaloid region and the septal nuclei

۳/۵ بود. امتیاز کمتر از آن به عنوان بیماری با شدت کمتر در نظر گرفته شده شد (۴۴). همچنین تست آپومورفین مجدداً انجام شد و پس از آن در نهایت، پس از بی‌هوشی عمیق (سدیم پنتوتوباریتال درون صفاقی)، بافت مغز با لافکت زیاد از داخل جمجمه خارج شد. برای بررسی بیان ژنی، قطعاتی با ضخامت ۴۰ میکرومتر با استفاده از میکروتوم منجمد کننده تهیه شد و مقدار نسبی mRNA مربوط به RIPK1، P-MLKL و TNFR1 طبق طبق روش PCR (۴۴) انجام شد.

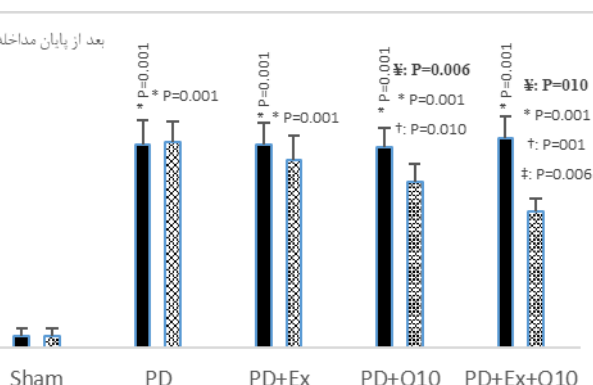
اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه، RNA کل از مقدار ۷-۱۰ میلی گرم بافت منجمد با استفاده از کیت RNeasy (Qiagen, Valencia, CA, USA) تخلیص شد. cDNA رشته اول با استفاده از کیت نسخه برداری معکوس cDNA دارای ظرفیت بالا (ThermoFisher Scientific (Applied Biosystems), Waltham, MA) سنتز شد. سپس PCR-RT کمی با استفاده بتاکتین به عنوان ژن کنترل انجام شد. روش مقایسه $2^{-\Delta\Delta CT}$ fold برای تحلیل استفاده شد و تغییرات نسبی بیان ژن بر حسب change بیان شد.

برای سنجش Q10 پلاسما از روش HPLC استفاده شد. Q10 حلال‌های اتانول انیدراز (دو میلی لیتر) و آن-هگزان (۵ میکرولیتر) تحت جریان نیتروژن) تخلیص شده و باقی مانده خشک در ایزوپروپانول حل شده و با هیدروژن پراکسید مخلوط شد و سپس در ستون ژل در دمای معمولی با سرعت عبور ۰/۷ میلی لیتر در دقیقه جداسازی شده و جذب در طیف ۲۷۵ نانومتر خوانده شد (۴۵).

پس از کسب اطمینان شکل توزیع طبیعی داده‌ها با آزمون شاپیرو ویلک، مقایسه‌های بین گروهی با استفاده از آزمون تحلیل واریانس تک راهه و آزمون تعقیبی مناسب (توکی یا جیمز هاول بر حسب نتایج آزمون لون) و یا آزمون تی همبسته (برای مقایسه نتایج دو تست آپومورفین) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۳ و در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد، انجام شدند.

یافته‌ها

در پایان مداخله، در بین گروه‌ها تفاوت‌های معنی‌داری از لحاظ مقدار Q10 پلاسما ($F_{4, 35}=158/27, p=0/001$)، مقدار بیان ژن RIPK1 ($F_{4, 35}=27/44, p=0/001$)، TNFR1 ($F_{4, 35}=53/84, p=0/001$) و همچنین مقدار سفتی عضلانی ($F_{4, 35}=86/56, p=0/001$) مشاهده شد که جزئیات مقایسه‌های تعقیبی مربوطه (توکی یا

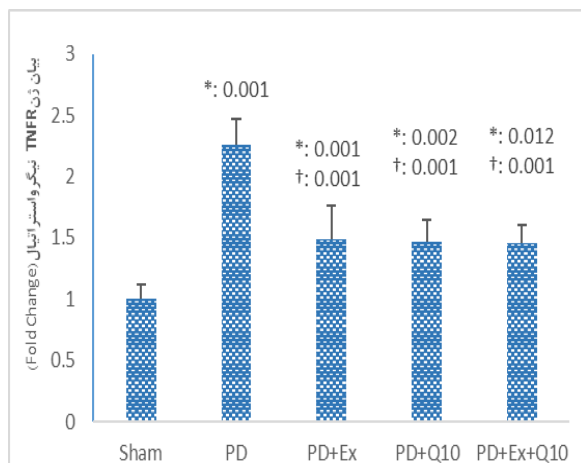


*، †، ‡: به ترتیب نمایانگر تفاوت در آزمون توکی نسبت به گروه‌های Sham، PD و PD+Ex ($p<0/05$) و §: نمایانگر تفاوت درون گروهی نسبت به پیش‌آزمون ($p<0/05$).
شکل ۱- تعداد چرخش‌ها در خلاف جهت ناحیه‌ی مورد آسیب در تست رفتار چرخشی آپومورفین در ابتدا و پایان مداخله

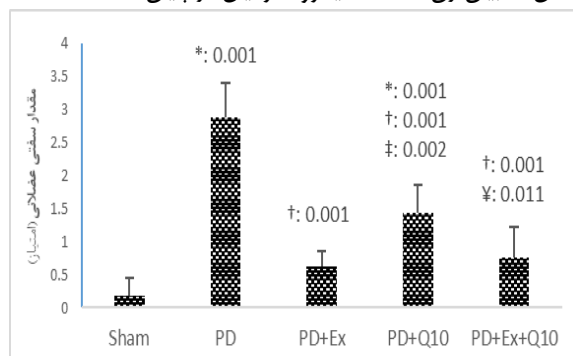
تمرین هوازی در این تحقیق با الگو از سایر تحقیقات گذشته (۴۲، ۴۳)، به مدت چهار هفته با سرعت ۱۵ متر در دقیقه/پنج جلسه در هفته و دو بار در هر روز و هر بار به مدت ۱۵ دقیقه بر روی تردمیل حیوانی انجام شد. هر بار دویدن در روز حداقل یک ساعت از وهله دیگر فاصله داشت. روزانه ۲۰۰ میلی گرم بر هر کیلوگرم وزن بدن Q10 محلول در آب (Ubiquinone 10 با کد شماره 303-98-0 CAS، خریداری شده از نماینده‌ی شرکت Huilin Bio-Tech)، همانند پژوهش‌های گذشته که کارایی این دوز را در موش‌های PD نشان داده‌اند، از طریق گاوژا به صورت محلول در دو سی سی آب معمولی به حیوانات خوراندند و موش‌های دو گروه دیگر به همین مقدار سالیان دریافت کردند (۲۷).

در پایان مداخله برای ارزیابی سفتی عضلانی (تست مورپروگو) حیوانات روی میز قرار گرفتند و حرکات آنها به شرح ذیل امتیازگذاری شد. در صورت بی حرکت باقی ماندن حیوان در اثر سفتی عضلات: امتیاز صفر، در صورت خیلی دشوار بودن انجام حرکت و شروع حرکت با زحمت و مشقت: امتیاز ۰/۵ اختصاص داده شد. سپس دست راست و چپ حیوان روی سکوی چوبی به ارتفاع سه سانتیمتر قرار داده شد. در صورت قادر نبودن حیوان به برداشتن دست خود از روی سکو در طی ۱۰ ثانیه، امتیاز ۰/۵ برای هر اندام چپ و راست تعلق گرفت. این مرحله در مجموع یک نمره داشت و بدن حیوان و یا دست دیگرش با سکوی چوبی تماس نداشت. در ادامه تست با قرار دادن اندام‌های چپ و راست پیشین روی سکوی نه سانتی متری ادامه یافت. در صورت قادر نبودن حیوان به برداشتن اندام‌ها در عرض ۱۰ ثانیه، یک امتیاز به هر اندام تعلق گرفت. امتیاز مورد انتظار برای القای کامل PD برابر

جیمز هاول بر حسب نتایج آزمون لون)، در داخل شکل‌ها منعکس شده است.



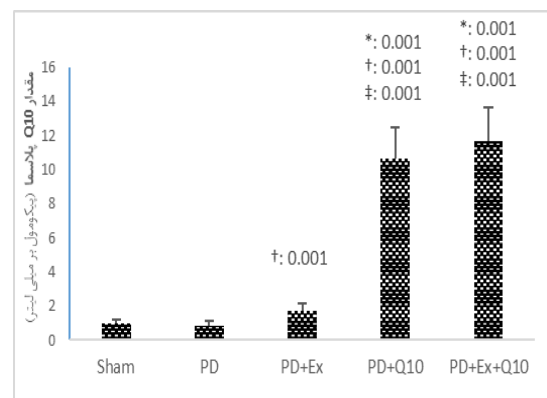
* و †: به ترتیب نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه‌های شم و PD (بر حسب نتایج آزمون توکی)
شکل ۵: بیان ژن TNFR1 نیگرواستراتیال در پایان مداخله



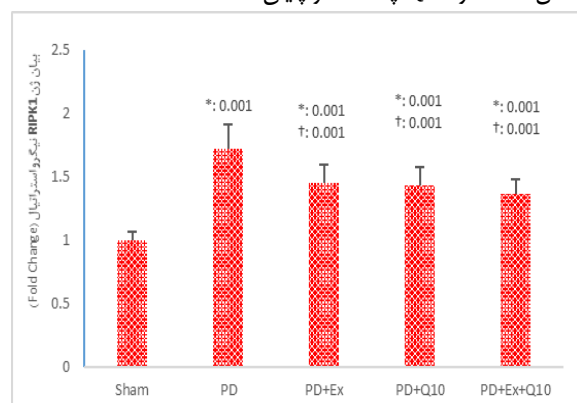
*، †، ‡، §، ¶: به ترتیب نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه‌های شم، PD، PD+Ex و PD+Q10 (بر حسب نتایج آزمون توکی)
شکل ۶: مقدار سفتی عضلانی گروه‌ها در پایان مداخله

بحث و نتیجه‌گیری

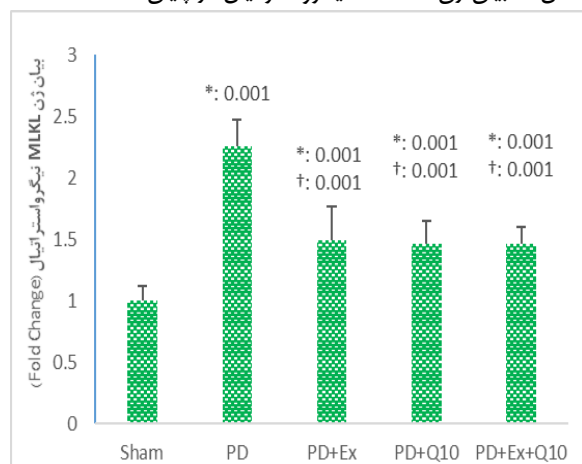
در اولین بخش یافته‌ها، در مقایسه‌ی نتایج تست مجدد آپومورفین (انجام شده در پایان تحقیق) با تست اولیه (انجام شده برای تأیید القای PD در ابتدای تحقیق)، تنها در گروه‌های Q10، کاهش تعداد چرخش‌ها مشاهده شد (شکل ۱) که پیشنهاد کننده‌ی ارجحیت مصرف مکمل Q10 نسبت به تمرین هوازی از نظر مقدار بهبود عوارض حرکتی PD می‌باشد. قبلاً استفاده از ورزش برای بیماران PD به دلیل احتمال افزایش سفتی عضلات، خستگی، استرس اکسیداتیو، تغییر سطح دوپامین و تأثیر بر عملکرد داروهای مصرفی، به طور محدود و یا حتی مضر در نظر گرفته می‌شد، ولی امروزه ورزش در مراحل اولیه بیماری PD بسیار توصیه می‌شود (۴۶). اما برای جلوگیری از عوارض منفی، مهم است که فعالیت‌بدنی تحت نظارت پزشک و به طور متناسب با وضعیت هر



*، †، ‡، §، ¶: به ترتیب نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه‌های شم، PD و PD+Ex (بر حسب نتایج آزمون جیمز هاول)
شکل ۲: مقدار Q10 پلاسما در پایان مداخله



* و †: به ترتیب نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه‌های شم و PD (بر حسب نتایج آزمون توکی)
شکل ۳: بیان ژن RIPK1 نیگرواستراتیال در پایان مداخله



* و †: به ترتیب نمایانگر تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه‌های شم و PD (بر حسب نتایج آزمون توکی)
شکل ۴: بیان ژن MLKL نیگرواستراتیال در پایان مداخله

بسیاری از آنها نقش محافظت کننده‌ی عصبی Q10 در برابر PD تأیید شده است. (۵۳).

اما باید اشاره شود که Q10 به شدت آب گریز است و در برخی تحقیقات، بر افزایش حل پذیری و جذب و فراهمی زیستی آن برای بلوک کردن پیشرفت تحلیل عصبی بیماری PD (۵۴) تمرکز شده است. چندین گزارش نیز بهبود بالینی ناشی از Q10 (-۲۷) (۳۱) و به ویژه اشکال محلول در آب را به طور ایمن برای بیماران PD تأیید کرده‌اند (۵۵) و به نظر می‌رسد که تجویز آن برای PD و سندرم‌های پارکینسونی امیدبخش می‌باشد (۵۶). برخی تحقیقات نیز اشاره کرده‌اند که برای افزایش اثرگذاری بر پارامترهای رفتاری و بیوشیمیایی مرتبط با PD، بهتر است CoQ10 در ترکیب با لودوپا استفاده شود (۵۳).

ولی یک یافته‌ی جالب این تحقیق، مربوط به تاثیر تمرین هوازی بر افزایش CoQ10 پلاسما بود. وضعیت CoQ10 خون به بیوستنز کبدی و منابع غذایی مصرفی آن بستگی دارد. این مولکول در تمام بافت‌ها و سلول‌های بدن در مقادیر کافی (بر حسب نیاز و عملکردهای موضعی) قابل سنتز است و معمولاً مقدار برداشت آن از خون به بافت‌های بدن قابل ملاحظه نیست. از سوئی CoQ10 از جنس چربی است و در خون توسط انتقال دهنده‌های لیپوپروتئین کلسترول^۱ انتقال می‌یابد و به دلیل مسیر مشترک سنتز کلسترول و CoQ10، بین مقدار کلسترول تام خون و CoQ10 همبستگی وجود دارد (۵۷).

در هر حال باید اشاره شود که CoQ10 در خون به لیپوپروتئین‌ها متصل می‌شود و مقدار آن در پلاسما می‌تواند به مقدار کلسترول موجود در پلاسما مرتبط باشد (۵۸). حتی در انسان‌های واقع در سنین کمتر از ۲۲ سال مقدار CoQ10 پلاسما ثابت و مشابه است (۵۷) که به نظر می‌رسد به سطوح معمولاً پایین کلسترول خون در این سن مربوط باشد. بدین ترتیب شاید در گروه تمرین هوازی کاهش احتمالی کلسترول و سایر لیپوپروتئین‌های خون منجر به جدا شدن CoQ10 از آنها و افزایش ردیابی آن منجر شده است و در عمل افزایشی در تولید آن روی نداده است. شاید هم افزایش دفاع ضد اکسایشی بدن در اثر تمرین هوازی منجر به نیاز کمتر به CoQ10 به عنوان یک عامل آنتی اکسیدان و بنابراین افزایش جزئی آن در پلاسما شده است که بر مصرف کمتر آن دلالت دارد. در هر حال، اگرچه همه‌ی این تفاسیر در حد گمانه زنی هستند و هنوز باید بررسی‌های بیشتری در این زمینه انجام شود، اما در هر حال افزایش هرچند کوچک مشاهده شده در مقدار CoQ10 پلاسمایی در موش‌های مدل PD در اثر تمرین هوازی، بر احتمال

بیمار انجام شود. اما با توجه به نبود شواهد قابل ملاحظه از نظر عوارض جانبی مکمل Q10 (دارای ایمنی و قابلیت تحمل بالا و احتمال بروز اختلالات گوارشی و تداخلات دارویی خفیف (۴۷)) و همچنین مقبولیت تمرینات ورزشی در بیماران PD که می‌تواند سبب کاهش نیاز به دارو و بهبود عملکرد حرکتی شود (۴۸)، به نظر می‌رسد که مداخله توأم انتخاب بهتری برای تجویز در این بیماران باشد.

در بخش دیگری از یافته‌ها، مقدار Q10 پلاسما تنها در گروه‌های تحت مکمل‌دهی افزایش معنی‌داری یافت ($P=0/001$) در هر دو مورد) که تأیید کننده‌ی نسبی موفقیت در مکمل‌دهی می‌باشد. البته باید اشاره شود که CoQ10 یک آنتی اکسیدان طبیعی است که نقش آن در بدن فراتر از میتوکندری می‌باشد و همچنین قادر به ایفای نقش در پیام‌رسانی سلولی، بیان ژن‌ها و بازیافت و تولید مجدد سایر آنتی اکسیدان‌ها از قبیل تاکوفرول و آسکوربات می‌باشد (۴۹). در یک تحقیق با بررسی تاثیر دریافت خوراکی فرمول‌های مختلف CoQ10 بر مقدار پلاسمایی آن، افزایش مقدار تام CoQ10 پلاسما در یک الگوی وابسته به دوز مصرفی مشاهده شد. البته با مصرف دوز ۲۴۰۰ میلی گرم، مقدار پلاسمایی به فلات رسید و بنابراین این نکته حاکی از آن است که با افزایش دوز مصرفی، کارایی جذب آن کاهش دارد. اما نتیجه‌گیری شد که برای تسهیل افزایش برداشت CoQ10 به بافت‌های محیطی و به ویژه مغز، حتماً باید دوزهای پلاسمایی بالاتر باشند که معمولاً از طریق مصرف مکمل قابل دسترسی است. در این بین فرمول‌های محلول‌سازی شده‌ی CoQ10 فراهمی زیستی بالاتری دارند و سطوح پلاسمایی بالاتری ایجاد می‌کنند (۵۰) که در این تحقیق نیز استفاده شده است.

در هر حال امروزه بررسی نقش محافظت کننده‌ی عصبی Q10 در خیلی از بیماری‌های تحلیل عصبی و به ویژه PD، موضوعی داغ می‌باشد (۲۳-۲۵). در بیماری‌های تحلیل عصبی، سطوح پایین Q10، معمولاً با سطوح غیرطبیعی و بالای فرمالدهید نیز همراه است که با غیرفعال شدن Q10، کاهش تولید ATP، افزایش استرس اکسایشی، آغاز طوفان التهابی و القای دمیالینه شدن، به تحلیل عصبی منجر می‌شود (۵۱). در غربالگری بیماران تحلیل عصبی از قبیل PD، غلظت پایین‌تر Q10 و سطوح بالاتر اکسایش لیپوپروتئین در CSF، پلاسما و قشر مغز همراه با افزایش استرس اکسیداتیو میتوکندریایی (به دلیل غلظت پایین Q10) مشاهده شده است. در عوض، استفاده از مکمل Q10 سبب بهبود علائم بالینی برخی بیماران شده است (۵۲). شواهد بیشتر دیگری از فواید مکمل Q10 در این زمینه حمایت کرده‌اند (۲۳، ۳۲-۳۶) که در

¹- lipoprotein cholesterol (Chol) transporters

الگوی مشابه و همخوان در بیان این ژن‌ها، احتمال درگیری نکروپتوز در مرگ نورونی نیگرواستراتیال موش‌های مدل PD را تقویت می‌کند. البته با توجه به اینکه نکروپتوز در وضعیت PD، به‌طور معمول در اثر التهاب فعال می‌شود (۳)، احتمال دارد که در تحقیق حاضر نیز فعال‌سازی نکروپتوز از TNFR1 به‌عنوان یک گیرنده مهم التهابی سرچشمه گرفته است. بنابراین احتمالاً باید مداخلات منجرشونده به تسکین التهاب مزمن در اولویت پیشگیری از بروز بیماری‌های تحلیل عصبی و PD قرار داده شود. اما معمولاً در التهاب عصبی، فعال‌سازی میکروگلیا (سلول‌های سیستم ایمنی ذاتی ساکن در CNS) و ترشح عوامل پیش‌التهابی از قبیل $\text{TNF}\alpha$ ، IL-6، IL-1 β ، پروستاگلاندین‌ها، گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن روی می‌دهد (۶۵). باین‌حال، در این تحقیق حاضر به‌دلیل محدودیت مالی، فقط بیان ژن TNFR1 اندازه‌گیری شد که تصویر کاملی از التهاب مغز فراهم نمی‌کند و در تحقیقات آینده، حتماً باید سایر متغیرهای پیش‌التهابی نیز اندازه‌گیری شوند. ولی شاید مهم‌ترین نکته مستخرج از یافته‌های ما در مورد تغییرات بیان ژن‌های RIPK1، MLKL و TNFR1 آن است که احتمالاً تأثیرات مضر القای PD بر فعال‌سازی روند نکروپتوز، حتی با وجود بهبود قابل توجه ناشی از تمرین هوازی و مصرف مکمل Q10، کاملاً برطرف نمی‌شود و نسبتاً ماندگار است. بنابراین حتی با مشارکت در تمرین هوازی و یا مصرف Q10 مکملی و یا به‌طور توأم با تمرین هوازی، ادامه یافتن روند نکروپتوز و تحلیل عصبی به‌ویژه در ناحیه نیگرواستراتیال محتمل است که می‌تواند سبب گسترش پیش‌رونده و خامت PD شود (۶۶). اما این موارد روند طولانی‌مدتی دارند و تظاهرات بالینی PD سال‌ها قبل از ظهور علائم بالینی آن روی می‌دهد (۶۷)، در صورتی که تزریق مستقیم 6-OHDA، تظاهرات PD را با سرعت خیلی بیشتری نسبت به روند واقعی متداول پیشرفت بیماری در جمعیت انسانی ایجاد می‌کند.

باین‌حال، فعال‌سازی نکروپتوز از طریق التهاب ناشی از $\text{TNF}\alpha$ در اثر تزریق 6-OHDA هم قبلاً تأیید شده است (۶۸). ولی ما احتمال دادیم که به‌دلیل طولانی‌مدت نبودن تأثیرات 6-OHDA در فراهم‌کردن آثار مرتبط با PD و در عوض ایجاد آثار خیلی سریع‌تر، شاید این روش برای مطالعه در دوره زمانی کوتاه‌مدت مفید است. به بیان دیگر چون معمولاً نکروز و نکروپتوز در مقایسه با آپوپتوز روند سریع‌تری دارند (۶۹)، تصور می‌شود که شاید در طولانی‌مدت و با سپری شدن عمر، نتوان بخش زیادی از منشأ اصلی PD را به نکروپتوز ربط داد. بنابراین به نظر می‌رسد بهتر

بروز آثار نویدبخش ناشی از آن در ارتباط با PD دلالت دارد و یک یافته‌ی جدید و نسبتاً نو تلقی می‌شود که نیازمند تأیید بیشتر توسط تحقیقات آینده است.

در بخش مهمی از نتایج مشاهده شد که در اثر القای PD، بیان ژنی هر سه عامل درگیر در نکروپتوز نیگرواستراتیال شامل RIPK1، MLKL و TNFR1 افزایش یافت و پس از هر سه داخله با وجود کاهش چشمگیر ارزش‌های مشاهده شده، هنوز تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه کنترل سالم باقی بود ($p < 0.05$) در همه‌ی موارد. این یافته‌ها، احتمال فعال‌سازی نکروپتوز در اثر القای PD و عدم برگشت آن به شرایط پایه در اثر انجام هر سه مداخله را تأیید می‌کند. شایان ذکر است که مشارکت ماشین نکروپتوزی در مرگ نورونی مدل‌های PD (۳، ۵۹) تأیید شده است و ضمن اینکه می‌تواند بخشی از سازوکار تحلیل نورونی را توجیه کند (۲۰)، تأیید می‌کند که از نظر بالینی دستکاری نکروپتوز می‌تواند یک ابزار درمانی بااهمیتی برای بیماران PD تلقی شود (۶۰). سازوکار بروز نکروپتوز به مسیر پیام‌رسانی TNF1 ربط داده شده است که با اتصال به گیرنده خود^۲، سبب فعال‌کردن RIPK1 می‌شود که آن هم سبب تشکیل یک پروتئین دیگر به نام MLKL^۳ می‌شود. در نهایت، سبب فسفوریله شدن MLKL می‌شود و آن هم از طریق ماشین دستگاه گلژی-میکروتوبولین-اکتین به غشای پلاسمایی منتقل می‌شود و با تشکیل یک دسته منافذ غشایی توسط پروتئین‌های اتصال محکم^۴ یا تنظیم جریان کانال یونی، پاره شدن غشا را القا می‌کند و با کافت سلول، به مرگ نکروزی آن منجر می‌شود (۶۱). اما ممکن است یک چرخه معیوب به سرعت گرفتن نکروپتوز و تشدید PD منجر شود (۶۲)، برای مثال افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن یک مکانیسم متداول در PD می‌باشد که با فعال شدن بیش از حد میکروگلیا منجر شده در نهایت به افزایش عوامل پیش‌التهابی آغازکننده‌ی استرس اکسیداتیو می‌انجامد که در یک چرخه‌ی معیوب به تشدید آسیب به نرون‌های دوپامینرژیک منجر خواهد شد. همچنین افزایش تجمع آلفا سینوکلئین در شرایط PD نیز می‌تواند این چرخه‌ی معیوب را التهابی و تشدید مرگ نکروپتوزی را تقویت کند (۶۳).

اما اگرچه تغییر در بیان ژن همواره دلیل بر بروز نهایی پاسخ مورد انتظار از پروتئین‌های نهایی مورد هدف آن ژن‌ها نیست (۶۴)، ولی به هر حال، در این تحقیق مشاهده تغییرات هماهنگ و دارای

1. Tumor necrosis factor (TNF)

2. TNFR1-associated death domain protein

3. RIPK1/RIPK3-mixed lineage kinase domain-like protein (MLKL)

4. Tight junction

بهبود به پاتولوژی PD و سیستم عصبی نسبت داده شود که در شواهد موجود نیز تایید شده است (۸۳، ۸۴). به هرحال، کاهش سفتی عضلانی در اثر هر دو مداخله در مدل‌های PD یک یافته‌ی با اهمیت کاربردی در بستر بالینی محسوب می‌شود و در صورت تایید کارایی بیشتر مکمل CoQ10 از این نظر در تحقیقات آینده، زمینه تجویز آن در شرایط بالینی فراهم خواهد شد. ولی هنوز باید تحقیقات بیشتری در این زمینه فراهم شوند.

این تحقیق با محدودیت‌های از قبیل عدم اندازه‌گیری مقدار دوپامین تولید شده از هر یک از سلول‌ها در شرایط زنده و عملکردی، عدم سنجش مقادیر عوامل رشد مغزی دخیل در نورونز جسم سیاه مواجه بود. به نظر می‌رسد در تحقیقات آینده بتوان با استفاده از تصویربرداری‌های نشاندار، اطلاعات دقیق‌تری از حیوانات و بیماران زنده در پاسخ به هر یک از وهله‌های فعالیت، برنامه‌های تمرین بدنی و مصرف اشکال مختلف مکمل‌ها فراهم نمود. همچنین Q10 مورد استفاده در این تحقیق اگرچه محلول در آب بود، اما هنوز از قابلیت جذب بهینه‌ی آن اطمینان کافی حاصل نشد که به نظر می‌رسد استفاده از اشکال تحویل Q10 در مقیاس نانو، سبب افزایش فراهمی زیستی آن شود. به علاوه، با وجود معتبر بودن روش مورد استفاده برای القای PD، معمولاً در شرایط واقعی انسانی، مرگ نرونی جسم سیاه (مثلاً در مواجهه با سموم (آفت‌کش‌های کشاورزی، قارچ‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها (۸۵) به عنوان شایع‌ترین علل منجرشونده به PD و یا در اثر سایر داروها و عوامل مستعد کننده)، معمولاً با یک روند آهسته و کم شدت روی می‌دهد. اما عوارض احتمالی (مثلاً التهاب) تزریق مستقیم مواد سمی به مغز، ممکن است تعمیم‌پذیری مدل به بیماری واقعی انسانی را کاهش دهد. بنابراین استفاده از روش‌های طولانی‌تر القای بیماری در حیوانات (همراه با اسکن‌های مقطعی و طولی NMR و FMRI) ممکن است که اطلاعات دقیق‌تری فراهم کند. نکات قوت تحقیق در استفاده از طرح چهار گروهی سولومن، بررسی همزمان متغیرهای رفتاری و مولکولی و آغاز برنامه‌ی تمرین در مراحل اولیه‌ی بیماری PD بودند.

در کل، در مورد تأثیر همزمان تمرین ورزشی هوازی و مصرف مکملی اشکال محلول در آب Q10 بر متغیرهای موثر بر مرگ نکرپتوزی نرون‌های نیگرواستراتیال به عنوان مهم‌ترین موضع درگیر در ایجاد PD، اطلاعات بسیار اندکی موجود است. اما یافته‌های این تحقیق با وجود محدودیت‌های زیاد و نیاز به اطلاعات و شواهد بیشتر در تحقیقات آینده، فعلاً بر ممکن بودن و تأثیرگذاری بیشتر تجویز توأم این مکمل برای بیماران PD واقع در مراحل اولیه بیماری دلالت دارند (به دلیل مطرح نبودن عوارض جانبی و تأیید برخی اثرات امیدبخش). همچنین انتظار می‌رود که

است برای شفاف‌سازی بهتر رخداد و دستکاری فرایندهای مرتبط با نکرپتوز در PD، از سایر مدل‌های القای طولانی‌مدت PD (۷۰) و یا از مدل موش‌های سالمند (در معرض حضور توأم محیط دارای کاهش نورونز، آسیب اکسایشی، التهاب و نارسایی متابولیکی و دارای یک الگوی طولانی‌مدت سیر وخامت مشابه شرایط بیماری انسانی) (۷۱، ۷۲) استفاده شود. در هر حال، ماندگاری بخشی از تأثیرات 6-OHDA بر شاخص‌های درگیر در نکرپتوز پس از تمرین هوازی و مصرف Q10، بیان می‌کند که تنها نمی‌توان با اتکا به تمرین توأم جسمی و یا مصرف Q10، پیشرفت PD را کاملاً متوقف کرد و همچنان نیاز به مداخلات درمانی دیگر باقی است.

در آخرین بخش از یافته‌ها مقدار سفتی عضلانی ایجاد شده در اثر PD، در هر سه گروه مورد مداخله کاهش یافت که به طور جالبی کاهش سفتی عضلانی در گروهی که فقط از مکمل Q10 استفاده کرده بودند از دو گروه دیگر (گروه‌های تمرین هوازی) بیشتر بود. این یافته ضمن تایید اثر هر دو مداخله‌ی تمرین هوازی و مصرف مکمل Q10 در کاهش سفتی عضلانی نمونه‌های PD، بر مزیت بیشتر مصرف مکملی CoQ10 دلالت دارد. شاید هم تمرین هوازی خود تا اندازه‌ای مسئول ایجاد مقدار اندکی سفتی عضلانی باشد. در توجیه این نکته ما تصور کردیم که اگرچه تمرینات هوازی از متداول‌ترین انواع تمرینی قابل تجویز برای PD محسوب می‌شوند، اما پیشنهاد شده است که بهتر است برای بهبود بیشتر سفتی عضلانی ناشی از PD، بر تمرینات کششی تمرکز شود (۷۳). بدین ترتیب ما تصور کردیم که شاید انجام مداوم تمرین هوازی در موش‌های مدل PD به دلیل عدم همراه شدن با تمرینات کششی، نتوانسته است سفتی عضلانی موجود (ناشی از PD) را کاملاً برطرف کند. شاید هم تمایل کمتر حیوانات گروه‌های تمرین در برداشتن سریع اندام‌های خود از سکو در تست مورپروگو، به جای ریشه داشتن کامل در سفتی عضلانی و پاتولوژی PD، به آرامش بیشتر و یا آشنایی بیشتر با تغییر وضعیت بدنی و غیره مربوط بوده است که البته شفاف‌سازی این نکات هنوز نیاز به بررسی‌های بیشتر در آینده دارد.

اما تصور می‌شود که هر نوع ورزش منظم بتواند با افزایش عوامل رشد عصبی از جمله BDNF (۷۴) و با جلوگیری از کاهش پیام‌رسانی آن در جسم سیاه و جسم مخطط (۷۵) سبب بروز اثرات محافظت عصبی بر نرون‌های دوپامینرژیک جسم سیاه (۷۶) و سیتوم، مخچه، شکنج دندانه‌دار هیپوکامپ و قشر مغز (۷۷-۸۰) و در نهایت به کاهش سفتی عضلانی (۸۱) و همچنین بهبود هماهنگی عضلانی (۸۲) منجر شود. ولی مکانیسم کاهش سفتی عضلانی ناشی از PD در اثر مصرف مکمل CoQ10 تنها می‌تواند

- [6] Zheng C, Zhou X-W, Wang J-Z. The dual roles of cytokines in Alzheimer's disease: update on interleukins, TNF- α , TGF- β and IFN- γ . Translational neurodegeneration. 2016;5(1):1-15.
- [7] Caccamo A, Branca C, Piras IS, Ferreira E, Huentelman MJ, Liang WS, Readhead B, Dudley JT, Spangenberg EE, Green KN, Belfiore R, Winslow W, Oddo S. Necroptosis activation in Alzheimer's disease. Nat Neurosci. 2017 Sep;20(9):1236-1246. doi: 10.1038/nn.4608.
- [8] Lashuel HA, Overk CR, Oueslati A, Masliah E. The many faces of α -synuclein: from structure and toxicity to therapeutic target. Nat Rev Neurosci. 2013 Jan;14(1):38-48. doi: 10.1038/nrn3406.
- [9] Henrichsmann M, Hempel G. Impact of medication therapy management in patients with Parkinson's disease. Int J Clin Pharm. 2016 Feb;38(1):54-60. doi: 10.1007/s11096-015-0206-0.
- [10] Goodwin VA, Richards SH, Taylor RS, Taylor AH, Campbell JL. The effectiveness of exercise interventions for people with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society. 2008;23(5):631-40, Doi: <https://doi.org/10.1002/mds.21922>
- [11] Schootemeijer S, van der Kolk NM, Bloem BR, de Vries NM. Current Perspectives on Aerobic Exercise in People with Parkinson's Disease. Neurotherapeutics. 2020;17(4):1418-33, Doi: <https://doi.org/10.1007/s13311-020-00904-8>
- [12] Zhen K, Zhang S, Tao X, Li G, Lv Y, Yu L. A systematic review and meta-analysis on effects of aerobic exercise in people with Parkinson's disease. NPJ Parkinsons Dis. 2022 Oct

شفاف‌سازی مکانیسم‌ها و ابهامات مطرح شده در بحث، سیر جدید و جذابی برای تحقیقات اصیل این حوزه در آینده فراهم کند.

تعارض منافع: تعارض منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

- [1] Parihar MS, Parihar A, Fujita M, Hashimoto M, Ghafourifar P. Alpha-synuclein overexpression and aggregation exacerbates impairment of mitochondrial functions by augmenting oxidative stress in human neuroblastoma cells. Int J Biochem Cell Biol. 2009 Oct;41(10):2015-24. doi: 10.1016/j.biocel.2009.05.008.
- [2] Váradi C. Clinical Features of Parkinson's Disease: The Evolution of Critical Symptoms. Biology (Basel). 2020 May 19;9(5):103. doi: 10.3390/biology9050103.
- [3] Regoni M, Valtorta F, Sassone J. Dopaminergic neuronal death via necroptosis in Parkinson's disease: A review of the literature. The European journal of neuroscience. 2024;59(6):1079-98, Doi: <https://doi.org/10.1111/ejn.16136>
- [4] Petrie EJ, Czabotar PE, Murphy JM. The Structural Basis of Necroptotic Cell Death Signaling. Trends Biochem Sci. 2019 Jan;44(1):53-63. doi: 10.1016/j.tibs.2018.11.002.
- [5] Zheng T, Zhang Z. Activated microglia facilitate the transmission of α -synuclein in Parkinson's disease. Neurochem Int. 2021 Sep;148:105094. doi: 10.1016/j.neuint.2021.105094.

- Neurorehabil Neural Repair. 2023 May;37(5):328-352. doi: 10.1177/15459683231172752.
- [18] Nhu NT, Cheng YJ, Lee SD. Effects of Treadmill Exercise on Neural Mitochondrial Functions in Parkinson's Disease: A Systematic Review of Animal Studies. *Biomedicines*. 2021 Aug 13;9(8):1011. doi: 10.3390/biomedicines9081011.
- [19] Al-Jarrah M, Obaidat H, Bataineh Z, Walton L, Al-Khateeb A. Endurance exercise training protects against the upregulation of nitric oxide in the striatum of MPTP/probenecid mouse model of Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*. 2013;32(1):141-7. doi: 10.3233/NRE-130831.
- [20] Oñate M, Catenaccio A, Salvadores N, Saquel C, Martinez A, Moreno-Gonzalez I, et al. The necroptosis machinery mediates axonal degeneration in a model of Parkinson disease. *Cell death and differentiation*. 2020;27(4):1169-85, Doi: <https://doi.org/10.1038/s41418-019-0408-4>
- [21] Mitroshina EV, Saviuk M, Vedunova MV. Necroptosis in CNS diseases: Focus on astrocytes. *Front Aging Neurosci*. 2023 Jan 27;14:1016053. doi: 10.3389/fnagi.2022.1016053.
- [22] Dexter DT, Sian J, Rose S, Hindmarsh JG, Mann VM, Cooper JM, Wells FR, Daniel SE, Lees AJ, Schapira AH, et al. Indices of oxidative stress and mitochondrial function in individuals with incidental Lewy body disease. *Ann Neurol*. 1994 Jan;35(1):38-44. doi: 10.1002/ana.410350107.
- [23] Bagheri S, Haddadi R, Saki S, Kourosh-Armani M, Rashno M, Mojaver A, Komaki A. Neuroprotective effects of coenzyme Q10 on neurological diseases: a 31;8(1):146. doi: 10.1038/s41531-022-00418-4.
- [13] Zhou X, Zhao P, Guo X, Wang J, Wang R. Effectiveness of aerobic and resistance training on the motor symptoms in Parkinson's disease: Systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in aging neuroscience*. 2022;14:935176, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.935176>
- [14] Soke F, Kocer B, Fidan I, Keskinoglu P, Guclu-Gunduz A. Effects of task-oriented training combined with aerobic training on serum BDNF, GDNF, IGF-1, VEGF, TNF- α , and IL-1 β levels in people with Parkinson's disease: A randomized controlled study. *Experimental gerontology*. 2021;150:111384, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111384>
- [15] Wu SY, Wang TF, Yu L, Jen CJ, Chuang JI, Wu FS, Wu CW, Kuo YM. Running exercise protects the substantia nigra dopaminergic neurons against inflammation-induced degeneration via the activation of BDNF signaling pathway. *Brain Behav Immun*. 2011 Jan;25(1):135-46. doi: 10.1016/j.bbi.2010.09.006.
- [16] Hu Y, Zhang K, Zhang T, Wang J, Chen F, Qin W, Tong W, Guan Q, He Y, Gu C, Chen X, Kang UJ, Sun YE, Li S, Jin L. Exercise Reverses Dysregulation of T-Cell-Related Function in Blood Leukocytes of Patients With Parkinson's Disease. *Front Neurol*. 2020 Jan 28;10:1389. doi: 10.3389/fneur.2019.01389.
- [17] Li JA, Loevaas MB, Guan C, Goh L, Allen NE, Mak MKY, Lv J, Paul SS. Does Exercise Attenuate Disease Progression in People With Parkinson's Disease? A Systematic Review With Meta-Analyses.

- and Alzheimer's Disease. Antioxidants (Basel). 2021 Jul 2;10(7):1069. doi: 10.3390/antiox10071069.
- [30] 30 .Anandhan A, Jacome MS, Lei S, Hernandez-Franco P, Pappa A, Panayiotidis MI, et al. Metabolic Dysfunction in Parkinson's Disease: Bioenergetics, Redox Homeostasis and Central Carbon Metabolism. Brain Research Bulletin. 2017;133:12-30, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2017.03.009>
- [31] 31 .Gupta BK, Kumar S, Kaur H, Ali J, Baboota S. Attenuation of Oxidative Damage by Coenzyme Q(10) Loaded Nanoemulsion Through Oral Route for the Management of Parkinson's Disease. Rejuvenation research. 2018;21(3):232-48, Doi: <https://doi.org/10.1089/rej.2017.1959>
- [32] 32 Safarinejad MR, Safarinejad S, Shafiei N, Safarinejad S. Effects of the reduced form of coenzyme Q10 (ubiquinol) on semen parameters in men with idiopathic infertility: a double-blind, placebo controlled, randomized study. J Urol. 2012 Aug;188(2):526-31. doi: 10.1016/j.juro.2012.03.131.
- [33] 33 .Shults CW, Oakes D, Kieburtz K, Beal MF, Haas R, Plumb S, Juncos JL, Nutt J, Shoulson I, Carter J, Kompoliti K, Perlmutter JS, Reich S, Stern M, Watts RL, Kurlan R, Molho E, Harrison M, Lew M; Parkinson Study Group. Effects of coenzyme Q10 in early Parkinson disease: evidence of slowing of the functional decline. Arch Neurol. 2002 Oct;59(10):1541-50. doi: 10.1001/archneur.59.10.1541.
- [34] 34 .Park HW, Park CG, Park M, Lee SH, Park HR, Lim J, Paek SH, Choy YB. Intrastratial administration of coenzyme Q10 enhances neuroprotection in a Parkinson's review article. Front Neurosci. 2023 Jun 23;17:1188839. doi: 10.3389/fnins.2023.1188839.
- [24] 24 .Tianle Chen "Coenzyme Q10: Does it benefit neurological diseases?", Proc. SPIE 12924, Third International Conference on Biological Engineering and Medical Science (ICBioMed2023), 129242O (8 January 2024); <https://doi.org/10.1117/12.3012862>
- [25] 25 .Tripathi S, Mishra R, Singh G. Chapter 22 - Neuroprotective potential of coenzyme Q10. In: Oliveira MRd, editor. Natural Molecules in Neuroprotection and Neurotoxicity: Academic Press; 2024. p. 493-508.
- [26] 26 .Muthukumaran K, Smith J, Jasra H, Sikorska M, Sandhu JK, Cohen J, Lopatin D, Pandey S. Genetic susceptibility model of Parkinson's disease resulting from exposure of DJ-1 deficient mice to MPTP: evaluation of neuroprotection by Ubisol-Q10. J Parkinsons Dis. 2014;4(3):523-530. doi: 10.3233/JPD-140368.
- [27] 27 .Matthews RT, Yang L, Browne S, Baik M, Beal MF. Coenzyme Q10 administration increases brain mitochondrial concentrations and exerts neuroprotective effects. Proc Natl Acad Sci U S A. 1998 Jul 21;95(15):8892-7. doi: 10.1073/pnas.95.15.8892.
- [28] 28 Błaszczyk JW. Energy Metabolism Decline in the Aging Brain-Pathogenesis of Neurodegenerative Disorders. Metabolites. 2020 Nov 7;10(11):450. doi: 10.3390/metabo10110450.
- [29] 29 .Villavicencio Tejo F, Quintanilla RA. Contribution of the Nrf2 Pathway on Oxidative Damage and Mitochondrial Failure in Parkinson

- catenin/GSK-3 β signaling in unilateral ureteral obstruction. *International Immunopharmacology*. 2022;108:108868, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2022.108868>
- [40] 40 .Robinson N, Ganesan R, Hegedűs C, Kovács K, Kufer TA, Virág L. Programmed necrotic cell death of macrophages: Focus on pyroptosis, necroptosis, and parthanatos. *Redox biology*. 2019; 26:101239, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101239>
- [41] 41 .Asemi-Rad A, Moafi M, Aliaghaei A, Abbaszadeh H-A, Abdollahifar M-A, Ebrahimi M-J, et al. The effect of dopaminergic neuron transplantation and melatonin co-administration on oxidative stress-induced cell death in Parkinson's disease. *Metabolic Brain Disease*. 2022;37(8):2677-85, Doi: <https://doi.org/10.1007/s11011-022-01021-5>
- [42] 42 .Landers MR, Kinney JW, van Breukelen F. Forced exercise before or after induction of 6-OHDA-mediated nigrostriatal insult does not mitigate behavioral asymmetry in a hemiparkinsonian rat model. *Brain Res*. 2014 Jan 16;1543:263-70. doi: 10.1016/j.brainres.2013.10.054.
- [43] 43 .Hashemvarzi, S. A., Samadi, B., khazaeli, N. Preconditioning Effect of Aerobic Exercise with Vitamin D3 Intake on VEGF Levels in 6-OHDA-Lesioned Rat Model of Parkinson's Disease. *Journal of Basic and Clinical Pathophysiology*, 2017; 5(2): 1-8. doi: 10.22070/jbcp.2017.2494.1077
- [44] 44 .Houshmand GH, Nikbakht J, Mahmoudi M, Assadpour S, Arab Firozjae A, Arimi AA, et al. Evaluation of Gallic Acid Effect on Perphenazine Induced Catatonia in Rats Evaluating the Effect of Gallic Acid on. *Armaghan-e-Danesh*. 2021;26(5):744-disease rat model. *Sci Rep*. 2020 Jun 12;10(1):9572. doi: 10.1038/s41598-020-66493-w.
- [35] 35 .Onaolapo OJ, Odeniyi AO, Jonathan SO, Samuel MO, Amadiogwu D, Olawale A, Tihamiyu AO, Ojo FO, Yahaya HA, Ayeni OJ, Onaolapo AY. An Investigation of the Anti-Parkinsonism Potential of Co-enzyme Q₁₀ and Co-enzyme Q₁₀ /Levodopa-carbidopa Combination in Mice. *Curr Aging Sci*. 2021;14(1):62-75. doi: 10.2174/1874609812666191023153724 .
- [36] 36 Prajapati SK, Garabadu D, Krishnamurthy S. Coenzyme Q10 Prevents Mitochondrial Dysfunction and Facilitates Pharmacological Activity of Atorvastatin in 6-OHDA Induced Dopaminergic Toxicity in Rats. *Neurotox Res*. 2017 May;31(4):478-492. doi: 10.1007/s12640-016-9693-6.
- [37] 37 .Takahashi M, Takahashi K. Water-soluble CoQ10 as A Promising Anti-aging Agent for Neurological Dysfunction in Brain Mitochondria. *Antioxidants (Basel)*. 2019 Mar 11;8(3):61. doi: 10.3390/antiox8030061.
- [38] 38 .Somayajulu-Nițu M, Sandhu JK, Cohen J, Sikorska M, Sridhar TS, Matei A, Borowy-Borowski H, Pandey S. Paraquat induces oxidative stress, neuronal loss in substantia nigra region and parkinsonism in adult rats: neuroprotection and amelioration of symptoms by water-soluble formulation of coenzyme Q10. *BMC Neurosci*. 2009 Jul 27; 10:88. doi: 10.1186/1471-2202-10-88.
- [39] 39 .Jiang YJ, Jin J, Nan QY, Ding J, Cui S, Xuan MY, et al. Coenzyme Q10 attenuates renal fibrosis by inhibiting RIP1-RIP3-MLKL-mediated necroinflammation via Wnt3 α / β -

- [50] 50 .Bhagavan HN, Chopra RK. Plasma coenzyme Q10 response to oral ingestion of coenzyme Q10 formulations. *Mitochondrion*. 2007;7:S78-S88, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mito.2007.03.003>
- [51] 51 .Xu J, Jin X, Ye Z, Wang D, Zhao H, Tong Z. Opposite Roles of Co-enzyme Q10 and Formaldehyde in Neurodegenerative Diseases. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*. 2022;37:15333175221143274, Doi: <https://doi.org/10.1177/15333175221143274>
- [52] 52 .Jing L, He MT, Chang Y, Mehta SL, He QP, Zhang JZ, Li PA. Coenzyme Q10 protects astrocytes from ROS-induced damage through inhibition of mitochondria-mediated cell death pathway. *Int J Biol Sci*. 2015 Jan 1;11(1):59-66. doi: 10.7150/ijbs.10174.
- [53] 53 .Onaolapo OJ, Odeniyi AO, Jonathan SO, Samuel MO, Amadiogwu D, Olawale A, et al. An Investigation of the Anti-Parkinsonism Potential of Co-enzyme Q10 and Co-enzyme Q10 /Levodopa-carbidopa Combination in Mice. *Current Aging Science*. 2021;14(1):62-75, Doi: <https://doi.org/10.2174/1874609812666191023153724>
- [54] 54 .Muthukumaran K, Leahy S, Harrison K, Sikorska M, Sandhu JK, Cohen J, et al. Orally delivered water soluble Coenzyme Q10 (Ubisol-Q10) blocks on-going neurodegeneration in rats exposed to paraquat: potential for therapeutic application in Parkinson's disease. *BMC Neuroscience*. 2014;15(1):21, Doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2202-15-21>
- 56, Doi: <http://armaghanj.yums.ac.ir/article-1-3066-en.html>
- [45] 45 .Sikorska M, Lanthier P, Miller H, Beyers M, Sodja C, Zurakowski B, et al. Nanomicellar formulation of coenzyme Q10 (Ubisol-Q10) effectively blocks ongoing neurodegeneration in the mouse 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine model: potential use as an adjuvant treatment in Parkinson's disease. *Neurobiol Aging*. 2014;35(10):2329-46, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2014.03.032>
- [46] 46. Kaagman DGM, van Wegen EEH, Cignetti N, Rothermel E, Vanbellinghen T, Hirsch MA. Effects and Mechanisms of Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) Levels and Clinical Outcomes in People with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sci*. 2024 Feb 21;14(3):194. doi: 10.3390/brainsci14030194.
- [47] 47 .Rauchová H. Coenzyme Q10 effects in neurological diseases. *Physiol Res*. 2021 Dec 30;70(Suppl4):S683-S714. doi: 10.33549/physiolres.934712, Doi: <https://doi.org/10.33549/physiolres.934712>
- [48] 48. Shukla S, Dubey KK. CoQ10 a super-vitamin: review on application and biosynthesis. *3 Biotech*. 2018 May;8(5):249. doi: 10.1007/s13205-018-1271-6.
- [49] 49 .Langeskov-Christensen M, Franzén E, Grøndahl Hvid L, Dalgas U. Exercise as medicine in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2024 Oct 16;95(11):1077-1088. doi: 10.1136/jnnp-2023-332974.

- [61] 61 .Samson AL, Zhang Y, Geoghegan ND, Gavin XJ, Davies KA, Mlodzianoski MJ, Whitehead LW, Frank D, Garnish SE, Fitzgibbon C, Hempel A, Young SN, Jacobsen AV, Cawthorne W, Petrie EJ, Faux MC, Shield-Artin K, Lalaoui N, Hildebrand JM, Silke J, Rogers KL, Lessene G, Hawkins ED, Murphy JM. MLKL trafficking and accumulation at the plasma membrane control the kinetics and threshold for necroptosis. *Nat Commun*. 2020 Jun 19;11(1):3151. doi: 10.1038/s41467-020-16887-1.
- [62] 62 .Xiang H. The interplay between α -synuclein aggregation and necroptosis in Parkinson's disease: a spatiotemporal perspective. *Frontiers in neuroscience*. 2025; 19:1567445, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2025.1567445>
- [63] 63 .Lee E, Hwang I, Park S, Hong S, Hwang B, Cho Y, et al. MPTP-driven NLRP3 inflammasome activation in microglia plays a central role in dopaminergic neurodegeneration. *Cell Death Differ*. 2019 Jan;26(2):213-228. doi: 10.1038/s41418-018-0124-5.
- [64] 64 .Hosseini-Gerami L, Higgins IA, Collier DA, Laing E, Evans D, Broughton H, et al. Benchmarking causal reasoning algorithms for gene expression-based compound mechanism of action analysis. *BMC Bioinformatics*. 2023;24(1):154, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12859-023-05277-1>
- [65] 65 .Stephenson J, Nutma E, van der Valk P, Amor SJI. Inflammation in CNS neurodegenerative diseases. 2018;154(2):204-19, Doi: <https://doi.org/10.1111/imm.12922>
- [66] 66 .Franco R, Li S, Rodriguez-Rocha H, Burns M, Panayiotidis MI. Molecular mechanisms of pesticide-
- [55] 55 .Li HN, Zimmerman M, Milledge GZ, Hou XL, Cheng J, Wang ZH, Li PA. Water-Soluble Coenzyme Q10 Reduces Rotenone-Induced Mitochondrial Fission. *Neurochem Res*. 2017 Apr;42(4):1096-1103. doi: 10.1007/s11064-016-2143-2.
- [56] 56 .Jiménez-Jiménez FJ, Alonso-Navarro H, García-Martín E, Agúndez JAG. Coenzyme Q10 and Parkinsonian Syndromes: A Systematic Review. *J Pers Med*. 2022 Jun 15;12(6):975. doi: 10.3390/jpm12060975.
- [57] 57. Montero R, Yubero D, Salgado MC, González MJ, Campistol J, O'Callaghan MDM, Pineda M, Delgadillo V, Maynou J, Fernandez G, Montoya J, Ruiz-Pesini E, Meavilla S, Neergheen V, García-Cazorla A, Navas P, Hargreaves I, Artuch R. Plasma coenzyme Q₁₀ status is impaired in selected genetic conditions. *Sci Rep*. 2019 Jan 28;9(1):793. doi: 10.1038/s41598-018-37542-2.
- [58] 58 .Molyneux SL, Florkowski CM, Lever M, George PM. Biological variation of coenzyme Q10. *Clin Chem*. 2005 Feb;51(2):455-7. doi: 10.1373/clinchem.2004.043653.
- [59] 59 .Lin QS, Chen P, Wang WX, Lin CC, Zhou Y, Yu LH, Lin YX, Xu YF, Kang DZ. RIP1/RIP3/MLKL mediates dopaminergic neuron necroptosis in a mouse model of Parkinson disease. *Lab Invest*. 2020 Mar;100(3):503-511. doi: 10.1038/s41374-019-0319-5.
- [60] 60 .Iannielli A, Bido S, Folladori L, Segnali A, Cancellieri C, Maresca A, et al. Pharmacological inhibition of necroptosis protects from dopaminergic neuronal cell death in Parkinson's disease models. *Cell reports*. 2018;22(8):2066-79, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2018.01.089>

- decline with relevance to abnormalities in Alzheimer disease. *Cell Cycle*. 2014;13(6):898-909. doi: 10.4161/cc.28255.
- [72] 72 .Disterhoft JF, Moyer JR Jr, Thompson LT. The calcium rationale in aging and Alzheimer's disease. Evidence from an animal model of normal aging. *Ann N Y Acad Sci*. 1994 Dec 15; 747:382-406. doi: 10.1111/j.1749-6632.1994.tb44424.x.
- [73] 73 .Duñabeitia I, González-Devesa D, Blanco-Martínez N, Ayán-Pérez C. The effects of stretching in Parkinson's disease: A systematic review of randomized controlled trials. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2025 ;134:107796, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2025.107796>
- [74] 74 .Fontanesi C, Kvint S, Frazzitta G, Bera R, Ferrazzoli D, Di Rocco A, Rebholz H, Friedman E, Pezzoli G, Quartarone A, Wang HY, Ghilardi MF. Intensive Rehabilitation Enhances Lymphocyte BDNF-TrkB Signaling in Patients with Parkinson's Disease. *Neurorehabil Neural Repair*. 2016 Jun;30(5):411-8. doi: 10.1177/1545968315600272.
- [75] 75 .Real CC, Ferreira AF, Chaves-Kirsten GP, Torrão AS, Pires RS, Britto LR. BDNF receptor blockade hinders the beneficial effects of exercise in a rat model of Parkinson's disease. *Neuroscience*. 2013 May 1; 237:118-29. doi: 10.1016/j.neuroscience.2013.01.060.
- [76] 76 .Stahl K, Mylonakou MN, Skare Ø, Amiry-Moghaddam M, Torp R. Cytoprotective effects of growth factors: BDNF more potent than GDNF in an organotypic culture model of Parkinson's disease. *Brain Res*. 2011 Mar 10; 1378:105-18. doi: 10.1016/j.brainres.2010.12.090.
- induced neurotoxicity: Relevance to Parkinson's disease. *Chemico-biological interactions*. 2010;188(2):289-300, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2010.06.003>
- [67] 67 .Rodriguez-Oroz MC, Jahanshahi M, Krack P, Litvan I, Macias R, Bezard E, et al. Initial clinical manifestations of Parkinson's disease: features and pathophysiological mechanisms. *The Lancet Neurology*. 2009;8(12):1128-39, Doi: [https://doi.org/10.1016/s1473-4422\(09\)70293-5](https://doi.org/10.1016/s1473-4422(09)70293-5)
- [68] 68 .Oliyynyk Z, Rudyk M, Dovbynchuk T, Dzubenko N, Tolstanova G, Skivka L. Inflammatory hallmarks in 6-OHDA-and LPS-induced Parkinson's disease in rats. *Brain, Behavior, & Immunity-Health*. 2023; 30:100616, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2023.100616>
- [69] 69 .Schwab BL, Guerini D, Didszun C, Bano D, Ferrando-May E, Fava E, et al. Cleavage of plasma membrane calcium pumps by caspases: a link between apoptosis and necrosis. *Cell Death & Differentiation*. 2002;9(8):818-31, Doi: <https://doi.org/10.1038/sj.cdd.4401042>
- [70] 70 .Fleming SM, Delville Y, Schallert T. An intermittent, controlled-rate, slow progressive degeneration model of Parkinson's disease: antiparkinson effects of Sinemet and protective effects of methylphenidate. *Behavioural Brain Research*. 2005;156(2):201-13, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2004.05.024>
- [71] 71 .Stefanova NA, Kozhevnikova OS, Vitovtov AO, Maksimova KY, Logvinov SV, Rudnitskaya EA, Korbolina EE, Muraleva NA, Kolosova NG. Senescence-accelerated OXYS rats: a model of age-related cognitive

- [83] 83 .Umer H, Sharif A, Khan HM, Anjum SMM, Akhtar B, Ali S, et al. Mitigation of Neuroinflammation and Oxidative Stress in Rotenone-Induced Parkinson Mouse Model through Liposomal Coenzyme-Q10 Intervention: A Comprehensive In-vivo Study. *Inflammation*. 2025. Jan 21. doi: 10.1007/s10753-025-02237-0.
- [84] 84 .Ghasemloo E, Mostafavi H, Hosseini M, Forouzandeh M, Eskandari M, Mousavi SS. Neuroprotective effects of coenzyme Q10 in Parkinson's model via a novel Q10/miR-149-5p/MMPs pathway. *Metabolic Brain Disease*. 2021;36(7):2089-100, Doi: <https://doi.org/10.1007/s11011-021-00795-4>
- [85] 85 .Aravindan A, Newell ME, Halden RU. Literature review and meta-analysis of environmental toxins associated with increased risk of Parkinson's disease. *Sci Total Environ*. 2024 Jun 25; 931:172838. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.172838.
- [77] 77 .Segura C, Eraso M, Bonilla J, Mendivil CO, Santiago G, Useche N, et al. Effect of a high-intensity tandem bicycle exercise program on clinical severity, functional magnetic resonance imaging, and plasma biomarkers in Parkinson's disease. *Front Neurol*. 2020 Jul 24; 11:656. doi: 10.3389/fneur.2020.00656.
- [78] 78 .Schaeffer E, Roeben B, Granert O, Hanert A, Liepelt-Scarfone I, Leks E, et al. Effects of exergaming on hippocampal volume and brain-derived neurotrophic factor levels in Parkinson's disease. 2022;29(2):441-9, Doi: <https://doi.org/10.1111/ene.15165>
- [79] 79 .Kim S-E, Ko I-G, Shin M-S, Kim C-J, Jin B-K, Hong H-P, et al. Treadmill exercise and wheel exercise enhance expressions of neutrophilic factors in the hippocampus of lipopolysaccharide-injected rats. *Neurosci Lett*. 2013 Mar 22; 538:54-9. doi: 10.1016/j.neulet.2013.01.039.
- [80] 80 .Fredriksson A, Stigsdotter IM, Hurtig A, Ewalds-Kvist B, Archer TJJoNT. Running wheel activity restores MPTP-induced functional deficits. *J Neural Transm (Vienna)*. 2011 Mar;118(3):407-20. doi: 10.1007/s00702-010-0474-8.
- [81] 81 .Khobkhun F, Hollands K, Hollands M, Ajjimaporn A. Effectiveness of exercise-based rehabilitation for the treatment of axial rigidity in people with Parkinson's disease: A Scoping Review. *Physical Therapy Reviews*. 2020;25(4):283-91, Doi: <https://doi.org/10.1080/10833196.2020.1816127>
- [82] 82 .Any DA, Mirela D. Physical exercise moderates the relationship between the quality of life and cognitive outcomes in parkinson's disease patients. *Science, Movement and Health*. 2020;20(2):209-14.

List of published articles

- The effect of 8 weeks of walking and green tea consumption on the physical performance of inactive male students 1**
 Abdossaleh Zara, Hamidreza Sadeghi Poura, Seyede Fatemeh Mousavi, Kosar Safaee
- Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes 13**
 Saeed Ilbeigi, Marziyeh Saghebjo, Zohreh Torab Beigi, Mozghan Jafari
- Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women 25**
 Neda Ebrahimpour, Yousef Saberi, Karim Azali Alamdari
- Acute Effect of Rhodiola Rosea Supplementation on Lower Limb Anaerobic Performance in Female Taekwondo Athletes during PMS: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study 41**
 Yasamin Yarahmadi, Seyed Morteza Tayebi, Minoo Bassami
- Interactive Effects of Six Weeks of Combined (Aerobic-Resistance) Training and Green Tea Consumption on HbA1C and Metabolic Syndrome Components in Sedentary Women 53**
 Javad Mehrabani, Siamand Abdollahpour
- The Effect of Aerobic Training Along with Water-Soluble Q10 Supplementation on nigrostriatal necroptosis related Genes' Expression and plasma Q10 level in Rat Model of Parkinson's Disease 67**
 Zahra Esmaeili, Farzad Zehsaz, Roghayeh Pouzesh Jadidi, Mehri Ghahramani Dereshki



Research in Exercise Nutrition (REN)

Vol. 3, No.4, 2024

ISSN: 2980-8960

License Holder: University of Kurdistan.

Editor in Chief: Dr. Hamid Mohebbi.

Director in Charge: Dr. Mohammad Rahman Rahimi.

Editorial Board:

Name	Academic Ranking	Place of Employment
Bahman Mirzaei	Professor of Exercise Physiology	University of Guilan
Arsalan Damirchi	Professor of Exercise Physiology	University of Guilan
Hamid Mohebbi	Professor of Exercise Physiology	University of Guilan
Dariush Sheikholeslami Vatani	Professor of Exercise Physiology	University of Kurdistan
Marefat Siahkouhian	Professor of Exercise Physiology	University of Mohaghegh Ardabili
Hamid Arazi	Professor of Exercise Physiology	University of Guilan
Ramin Amirsasan	Professor of Exercise Physiology	University of Tabriz
Asghar Towfighi	Professor of Exercise Physiology	University of Urmia
Farhad Daryanoosh	Professor of Exercise Physiology	University of Shiraz
Mehdi Mogharnesi	Professor of Exercise Physiology	University of Birjand
Abdulhamid Habibi	Professor of Exercise Physiology	Shahid Chamran Ahvaz
Hadi Rouhani	Professor of Exercise Physiology	Sport Sciences Research Institute
Karim Azalialamdari	Professor of Exercise Physiology	University of Azarbaijan Shahid Madani
Shamsuddin Ahmadi	Professor of Physiology	University of Kurdistan
Mohammad Rahman Rahimi	Professor of Exercise Physiology	University of Kurdistan
Hawkar Salar Ahmed	Assiastant Professor of Exercise Physiology	University of Sulaymaniyah
Amanj Ali Hussain	Assiastant Professor of Exercise Physiology	University of Sulaymaniyah

Graphic Designer (Logo, Cover, and Page Layout): Dr. Hadi Golpasandi

Statistician: Dr. Omid Isanejad.

English Editor: Dr. Ako Ebrahim Faghih, Dr. Hiwa Ahmad Rahim.

Internal Editor of the Journal: Dr. Saber Saedmocheshi

Executive Editor and Expert of the Journal: Dr. Hadi Golpasandi

Address: Kurdistan province, Sanandaj, Pasdaran St., University of Kurdistan, Faculty of Humanities and Social Sciences, Mamosta Hezhar Library, 1st floor, Office of Research in Sports Nutrition.

Phone: 08733664600 --- ext 2606.

Email: re.nut@yahoo.com ...and ... jrenutrition@gmail.com



Volume 3 . Number 4 . 2024
ResearchinExerciseNutrition.com

Research in Exercise Nutrition

The Official Peer-Reviewed Journal of the University of Kurdistan

- **The effect of 8 weeks of walking and green tea consumption on the physical performance of inactive male students**
Abdossaleh Zara, Hamidreza Sadeghi Poura, Seyede Fatemeh Mousavi, Kosar Safaee
- **Investigating the Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Serum Levels of Total Antioxidant Capacity and Malondialdehyde Following Intense Aerobic Exercise in Female Karate Athletes**
Saeed Ilbeigi, Marziyeh Saghebjo, Zohreh Torab Beigi, Mozhgan Jafari
- **Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women**
Neda Ebrahimpour, Yousef Saberi, Karim Azali Alamdari
- **Acute Effect of Rhodiola Rosea Supplementation on Lower Limb Anaerobic Performance in Female Taekwondo Athletes during PMS: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study**
Yasamin Yarahmadi, Seyed Morteza Tayebi, Minoo Bassami
- **Interactive Effects of Six Weeks of Combined (Aerobic-Resistance) Training and Green Tea Consumption on HbA1C and Metabolic Syndrome Components in Sedentary Women**
Javad Mehrabani, Siamand Abdollahpour
- **The Effect of Aerobic Training Along with Water-Soluble Q10 Supplementation on nigrostriatal necroptosis related Genes' Expression and plasma Q10 level in Rat Model of Parkinson's Disease**
Zahra Esmaceli, Farzad Zehsaz, Roghayeh Pouzesh Jadidi, Mehri Ghahramani Dereshki