

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: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰

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.

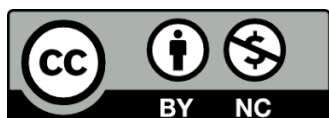
واژگان کلیدی چای سبز، تمرین ترکیبی، مقاومت به انسولین، سندرم متابولیک، پروتئین HbA1C

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: 2025/05/31

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.

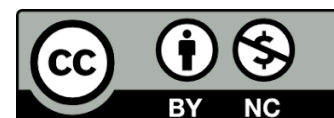
Owner and Publisher: University of Kurdistan

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

روش‌شناسی

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 الیزای 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 مهاري 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 معنی دار در برخی متغیرها کافی نباشد. دوم، اندازه نمونه محدود بود که قدرت تحلیل آماری را کاهش می دهد. سوم، عدم پیگیری بلندمدت، امکان بررسی اثرات پایدار مداخلات را محدود می کند. همچنین، کنترل کامل بر سایر عوامل مداخله گر مانند تغییرات سبک زندگی و فعالیت های خارج از برنامه تمرینی انجام نشد.

پیشنهاد می شود در مطالعات آینده، دوره مداخله طولانی تر و نمونه های بزرگ تر مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، ترکیب های مختلف دوز چای سبز و شدت های 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.

نتیجه گیری

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

پیام مقاله

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، می توان پیشنهاد داد به منظور بهبود کنترل قند خون و مؤلفه های سندرم متابولیک در زنان کم تحرک، مصرف چای سبز به میزان سه فنجان در روز به همراه انجام فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط (سه جلسه ۴۵ دقیقه ای 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 آزمودنی های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

ارتباط معنی داری بین hs-CRP و اندازه های سطوح پلاسمایی چربی های خون یافت شد. این ارتباط ها در میان سه گروه ثابت بود.

مطالعات نشان داده اند که التهاب تحت بالینی مزمن بخشی از سندروم مقاومت به انسولین (IRS)^۱ است. hs-CRP، که پیش بینی کننده حوادث قلبی عروقی در گزارش های قبلی است، به طور مستقل با حساسیت به انسولین (IS) ارتباط دارد (۳۷). بنابراین، با توجه به سطح hs-CRP و ارتباط آن با حساسیت به انسولین، یافته های ما بر نقش بالقوه ی مداخلات ضدالتهابی یا بهبوددهنده ی حساسیت به انسولین در کاهش خطرات مرتبط با سندروم مقاومت به انسولین حتی در افراد سالم تأکید دارند. اگرچه نتایج hs-CRP رضایت بخش بود و سطح انسولین و HOMA-IR پس از تمامی مداخلات بهبود یافت، اما در هیچ یک از گروه های مورد مطالعه تغییرات معناداری مشاهده نگردید.

فشار خون استراحتی و فشار خون سیستولی در هیچ یک از گروه های مورد مطالعه تغییرات معناداری نداشت، که ممکن است به دلیل روش مقطعی این مطالعه باشد. با این حال، تمامی گروه ها کاهش چشمگیری در فشار خون استراحت و فشار خون سیستولی نشان دادند.

با توجه به مقادیر مونوسیت به عنوان یکی از زیرگروه های گلبول های سفید و نقش آن در آغاز مرحله آسیب اولیه یا لکه چربی (اولین آسیب آترواسکلروز)، تعداد گلبول های سفید در بررسی گروه ها مورد ارزیابی قرار گرفت. اگرچه هیچ یک از گروه ها تغییرات معناداری در تعداد گلبول های سفید نشان ندادند، مطالعات نشان داده اند که آترواسکلروز یک فرآیند چندبعدی است و ارزیابی زیرگروه های گلبول های سفید ممکن است نتایج بهتری را به ما بدهد.

در حالی که LDL در میان گروه ها و بین آنها تغییرات معناداری نشان نداد، HDL در گروه های GT و EX+GT نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشت، که نشان دهنده اثرات مفید چای سبز بر پروفایل لیپیدی است. از طرف دیگر، اندازه گیری های چاقی در گروه ها، 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 نشان دهنده اثرات افزایشی چای سبز بر اندازه های چاقی است، اما مطالعات بیشتری برای تأیید اثرات مثبت چای سبز بر اندازه های 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.dsrx.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.