

The effect of combined exercise and tea types on body composition and serum FGF21 levels in overweight and obese men

Zahra Hosseini¹, Rahman Soori¹, Shima Mojtahedi^{1*}

Receive 2025 April 21; Accepted 2025 June 04

Abstract

Aim: Obesity, as a global health crisis, is associated with numerous metabolic consequences. Dietary supplements and exercise are among the weight control strategies. Therefore, this study aimed to investigate the effect of eight weeks of combined exercise combined with three types of tea on serum FGF21 levels and body composition in overweight and obese men. **Method:** In this quasi-experimental study, after a public call, 56 overweight and obese men were randomly selected and divided into 4 groups; exercise + green tea, exercise + white tea, exercise + Hibiscus tea, and exercise. Exercise was performed for 8 weeks with an interval of three sessions per week. The tea-receiving groups consumed 2 grams of their specific tea daily, in three doses and one hour after meals. The subjects' height and weight were measured using a height gauge and a Seka scale. Body composition was measured using an InBody770 device and serum FGF21 levels using an ELISA kit. Analysis of covariance was used to analyze the data, followed by Bonferroni post hoc tests. Within-group comparisons were performed using paired t-tests. **Results:** The results of the analysis of covariance ($p < 0.05$) showed that combined exercise with consumption of various teas, especially white tea, had significant effects on increasing FGF21 levels and reducing weight, BMI, and fat mass compared to the exercise alone group. However, no changes in muscle mass were significant in any of the groups. **Conclusion:** The results showed that combined exercise with daily consumption of tea (especially white tea) can increase FGF21 levels and improve body composition in overweight and obese men. It seems that this combined intervention can be considered as an effective method in improving metabolic status and controlling obesity.

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

*(corresponding author)
(shmojtahedi@ut.ac.ir)

Keywords: Combined training, Tea, FGF21, Body composition, Obesity

Cite as: Zahra Hosseini, Rahman Soori, shima Mojtahedi. The effect of combined exercise and tea types on body composition and serum FGF21 levels in overweight and obese men. *Applied Health Studies in Sport Physiology*. ????; ?(In press): ?-??.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/jahssp.2025.30545.1741

DOR:

Extended abstract

Background

Obesity is a growing global health concern and is strongly associated with metabolic disorders such as insulin resistance, type 2 diabetes, cardiovascular conditions, and systemic inflammation. Lifestyle interventions, such as structured exercise routines and dietary bioactive compounds, are increasingly promoted as non-pharmacological strategies to improve metabolic health. Among metabolic biomarkers, fibroblast growth factor 21 (FGF21) plays a crucial role in regulating glucose balance, lipid oxidation, mitochondrial biogenesis, and overall energy expenditure through pathways such as AMPK–SIRT1–PGC1 α .

On the other hand, tea, particularly green, white, and hibiscus, is rich in polyphenols and catechins that can influence fat metabolism, enhance thermogenesis, and improve body composition. However, limited evidence exists on the combined impact of multimodal exercise and different tea types on metabolic markers such as FGF21. This study aimed to explore the effects of 8 weeks of combined exercise, along with daily consumption of three types of tea, on FGF21 levels and body composition in overweight and obese men.

Materials and Methods

This quasi-experimental study involved overweight and obese men aged 30–50 years (BMI ≥ 25 kg/m²) who were recruited through public announcements at health centers and fitness clubs.

Experimental design

After screening for inclusion criteria such as inactivity, absence of metabolic disease, non-use of supplements or medication, and nonsmoking, 60 eligible volunteers were randomly divided into four equal groups (n = 15). Participants meeting the inclusion criteria were randomly assigned to one of four groups: 1) Exercise + green tea, 2) Exercise + white tea, 3) Exercise + hibiscus tea, and Exercise only (control). The intervention lasted 8 weeks, with three sessions per week.

Training protocol

The exercise program lasted eight weeks and included three supervised training sessions per week. Each session included a warm-up, 20 minutes of aerobic running at 60–80% of maximum heart rate, resistance training with four major movements at 55–75% of one-repetition maximum, with progressive overload every 2 weeks, and a cool-down period.

Tea supplementation

Tea groups received 2 g/day of the assigned tea (three doses per day, 2 hours after each meal). Consumption adherence was monitored through weekly packaging, daily messages, and the collection of empty tea bags.

Assessment of studied factors:

Anthropometric variables (weight, BMI, fat mass, and fat-free mass) were measured using the InBody 770 analyzer. Blood samples were collected 48 hours before and after the intervention, following a 12-hour overnight fast, and serum FGF21 level concentrations were measured using an ELISA kit. Data were analyzed using the Shapiro–Wilk test, ANCOVA with Bonferroni post hoc tests, and paired t-tests ($\alpha = 0.05$).

Statistical analysis

After calculating the mean and standard deviation using descriptive statistics, the Shapiro–Wilk test was applied to assess normality, and Levene's test was used to examine homogeneity of variances. To compare differences between groups while controlling for baseline values, ANCOVA was performed, followed by Bonferroni post hoc tests to determine group differences. Paired t-tests were used to evaluate within-group changes. Analyses were conducted in SPSS (version 24) with a significance level of $p < 0.05$.

Results

The analysis revealed significant differences between groups for weight, BMI, fat mass, and FGF21 ($p = 0.001$ for all), with large effect sizes for weight ($\eta^2p = 0.511$), BMI ($\eta^2p = 0.506$), and fat mass ($\eta^2p = 0.395$), and a moderate effect size for FGF21 ($\eta^2p = 0.280$). Fat-free mass showed no significant differences ($p = 0.497$). The white tea group experienced the greatest reductions in body weight and BMI compared to both the exercise-only group ($p = 0.001$) and the hibiscus group ($p = 0.001$), and also showed a greater effect than green tea ($p = 0.022$). Green tea significantly reduced weight and BMI compared to exercise alone ($p = 0.005$ and $p = 0.002$, respectively), whereas hibiscus tea showed no meaningful



changes ($p = 1.000$). Fat mass decreased significantly in the white tea ($p = 0.001$) and green tea groups ($p = 0.028$), but hibiscus tea showed no significant effect. For FGF21, the white tea group demonstrated a significant increase relative to the exercise-only group ($p = 0.001$) and the hibiscus group ($p = 0.014$). In contrast, green tea and hibiscus tea showed no significant changes. In summary, white tea with combined exercise showed the strongest improvements across metabolic and body composition variables, followed by green tea, while hibiscus tea had minimal impact.

Discussion

The findings of this study show that combined exercise along with daily tea intake, especially white tea, may lead to significant improvements in metabolic and anthropometric markers in overweight and obese men. White tea was the most effective, likely because of its high levels of catechins, polyphenols, and epigallocatechin gallate, which are known to boost fat burning, increase thermogenesis, and activate energy pathways that may promote FGF21 release. While green tea also helped decrease weight, BMI, and fat mass, its effect on FGF21 was less strong, indicating differences in the potency of its phytochemicals compared to white tea. Hibiscus tea, despite its antioxidant and anti-inflammatory properties, did not produce significant changes in body composition or FGF21 levels, possibly due to its unique chemical makeup that favors vascular and oxidative benefits rather than metabolic or thermogenic processes. The lack of significant changes in fat-free mass across all groups likely reflects the moderate resistance training intensity and uncontrolled dietary protein intake, suggesting that higher training volume or dietary adjustments may be needed to promote muscle hypertrophy. Overall, these results support lifestyle strategies that combine structured exercise with targeted nutrition to improve metabolic health and lower obesity-related risks.

Article message

This study highlights that the combination of exercise and daily tea consumption, especially white tea, can serve as an effective strategy to enhance metabolic health in overweight and obese men. Increases in FGF21 and reductions in adiposity suggest that white tea may potentiate exercise-induced metabolic adaptations. These results support the use of integrated lifestyle interventions for obesity management and encourage future research to explore longer interventions, varying tea dosages, and molecular mechanisms underlying these synergistic effects.

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال ؟، شماره ؟

؟ و ؟؟؟؟؛ صفحات ؟-؟؟

Open Access

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرین ترکیبی و انواع چای بر ترکیب بدنی و سطوح سرمی FGF21 در مردان دارای اضافه وزن و چاق

زهرا حسینی^۱، رحمان سوری^۱، شیما مجتهدی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۴

چکیده

هدف: چاقی به عنوان یک بحران جهانی سلامت، با پیامدهای متابولیکی فراوانی همراه است. مصرف مکمل های غذایی و فعالیت ورزشی از جمله راهبردهای کنترل وزن هستند. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین ترکیبی همراه با مصرف سه نوع چای بر سطوح سرمی FGF21 و ترکیب بدنی مردان دارای اضافه وزن و چاق انجام شد. **روش پژوهش:** در این مطالعه نیمه تجربی، پس از فراخوان عمومی، ۵۶ مرد دارای اضافه وزن و چاق به طور تصادفی انتخاب و به ۴ گروه؛ تمرین + چای سبز، تمرین + چای سفید، تمرین + چای ترش و تمرین تقسیم شدند. تمرین به مدت ۸ هفته با تناوب سه جلسه در هفته انجام شد. گروه های دریافت کننده چای، روزانه ۲ گرم از چای اختصاصی خود را، در سه نوبت و در ساعت پس از وعده های غذایی مصرف کردند. قد و وزن آزمودنی ها با استفاده از قد سنج و ترازو سکا انجام شد. ترکیب بدنی با استفاده از دستگاه InBody770 و سطح سرمی FGF21 با استفاده از کیت الایزا بررسی شدند. برای تحلیل داده های از تحلیل کوواریانس و به دنبال آن از آزمون های تعقیبی بونفرونی^۱ استفاده شد. مقایسه های درون گروهی با استفاده از آزمون های t زوجی انجام شد. **یافته ها:** نتایج آنالیز کوواریانس ($p < 0.05$) نشان داد که تمرین ترکیبی به همراه مصرف انواع چای به ویژه چای سفید تأثیرات معناداری در افزایش سطح FGF21 و کاهش وزن، BMI و توده چربی نسبت به گروه تمرین تنها نشان داد. با این حال، هیچ تغییرات وزن عضلانی در هیچ یک از گروه ها معنادار نبود. **نتیجه گیری:** نتایج نشان داد تمرین ترکیبی با مصرف روزانه چای (به ویژه چای سفید) می تواند موجب افزایش سطوح FGF21 و بهبود ترکیب بدنی در مردان دارای اضافه وزن و چاق شود. به نظر می رسد این مداخله ترکیبی می تواند به عنوان روشی مؤثر در بهبود وضعیت متابولیکی و کنترل چاقی مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تمرین ترکیبی، چای، FGF21، ترکیب بدنی، چاقی.

نحوه ارجاع: حسینی، زهرا. سوری، رحمان. مجتهدی، شیما. "تأثیر تمرین ترکیبی و انواع چای بر ترکیب بدنی و سطوح سرمی FGF21 در مردان دارای اضافه وزن و چاق". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ؟؟؟؟؟؟ ؟ (؟)؟-؟؟.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/jahssp.2025.30545.1741

DOR: 20.1001.

¹ Bonferroni

PI3K-Akt را فعال می‌کند. AMPK سپس فسفوریلاسیون PGC-1 α را تحریک می‌کند (۸).

در ادامه این مسیر، پروتئین PGC1 α به عنوان یک تنظیم‌کننده اصلی در بیوژنز میتوکندری، اکسیداسیون اسیدهای چرب، و گرم‌زایی تطبیقی در عضله اسکلتی و بافت چربی قهوه‌ای می‌تواند به افزایش ظرفیت متابولیکی سلول، کاهش چربی بدن و بهبود عملکرد میتوکندریایی منجر شود (۹). فعالیت‌های ورزشی، به‌ویژه تمرینات ترکیبی شامل هوازی و مقاومتی، نقش مؤثری در کاهش وزن و بهبود ترکیب بدنی ایفا می‌کنند (۱۰). تمرینات هوازی باعث افزایش مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی شده (۱۱)، درحالی‌که تمرینات مقاومتی منجر به افزایش توده عضلانی و ارتقای نرخ متابولیسم استراحت می‌شود (۱۲). علاوه بر این، تمرینات ورزشی مسیرهای سیگنالینگ متعددی را درگیر می‌کنند، از جمله مسیر AMPK^۹، که نقش مهمی در اکسیداسیون اسیدهای چرب و تنظیم انرژی ایفا می‌کند، و مسیر mTOR^{۱۰}، که در ستر پروتئین عضلانی و بازسازی عضلات نقش دارد (۱۲). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که فعالیت ورزشی منظم، به‌ویژه تمرینات ترکیبی هوازی و مقاومتی، می‌تواند به شکل معنی‌داری باعث افزایش بیان FGF21 و PGC1 α شود (۱۳). تغذیه یک وسیله مطلوب در کنار ورزش برای افزایش مصرف انرژی و افزایش سطح FGF21 است. بیان FGF21 کبدی به وضعیت تغذیه بسیار حساس است و نشان دهنده پتانسیل مداخلات غذایی برای افزایش مصرف انرژی است. یکی از عوامل تغذیه‌ای رایج، چای، به‌ویژه چای سبز است (۱۵). چای نیز به دلیل ترکیبات فعال زیستی مانند کاتچین‌ها، پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، اثرات مثبتی بر کاهش چربی بدن و بهبود متابولیسم نشان داده است (۱۶) ترکیبات پلی‌فنولی و آنتی‌اکسیدانی قوی موجود در انواع چای هستند که اثبات بالقوه‌ای بر تنظیم متابولیسم، کاهش التهاب و بهبود نیمرخ لیپیدی دارند و می‌توانند در درمان انواع بیماری‌ها استفاده شوند (۱۷). برای مثال، کاتچین‌های موجود در چای سبز می‌توانند از طریق افزایش گرم‌زایی پس از غذا، کاهش جذب انرژی و افزایش اکسیداسیون چربی و افزایش اثر نوراپی‌فرین، لیپولیز را تقویت کنند (۱۸). همچنین، چای سفید به دلیل فراوری کمتر و در نتیجه مقادیر بیشتر از ترکیبات زیست‌فعال (۱۹)، و چای ترش به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی و همچنین کاهش فشارخون و بهبود نیمرخ لیپیدی، در بهبود متابولیسم و کاهش وزن مؤثر شناخته شده‌اند (۲۰، ۲۱).

باوجود پژوهش‌های متعدد در زمینه اثرات ورزش و چای، بررسی اثرات ترکیبی این دو عامل بر نشانگرهای زیستی و ترکیب بدنی در جمعیت‌های

مقدمه

چاقی یکی از چالش‌های اساسی سلامت عمومی در جهان امروز است که به عنوان شاخص توده بدنی (BMI^۲) بیشتر از ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع تعریف می‌شود (۱). آمارهای جهانی نشان می‌دهد که بیش از یک سوم بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاقی هستند. در مطالعه GBD^۳ 2015، شیوع چاقی در ۷۳ کشور بین ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ دو برابر شد. همچنین بررسی NCD-RisC^۴ نشان داد که شیوع چاقی در مردان از ۳.۲٪ به ۱۰.۸٪ و در زنان از ۶.۴٪ به ۱۴.۹٪ از ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۴ افزایش یافته است (۲). چاقی و اضافه وزن با بیماری‌های مزمنی نظیر دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی-عروقی، فشار خون بالا، و اختلالات متابولیکی همراه است (۳، ۴). چاقی به عنوان یک بیماری چندبعدی ناشی از عوامل متعددی است، ولی به طور کلی می‌توان آن را ناشی از عدم تعادل بین دریافت و مصرف انرژی دانست. بنابراین مکانیسم‌های دخیل در افزایش مصرف انرژی می‌تواند هموستاز وزن را تنظیم و با چاقی مبارزه کند (۴).

در این میان، یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های غیردارویی در پیشگیری و درمان چاقی، استفاده از مداخلات غیرتهاجمی مانند تمرین ورزشی و مداخلات تغذیه‌ای است که با کمترین عوارض جانبی می‌توانند به بهبود وضعیت متابولیکی و ترکیب بدنی افراد کمک کنند.

یکی از محورهای جدید پژوهشی در سال‌های اخیر، بررسی اثر مداخلات سبک زندگی بر تنظیم بیومارکرهای متابولیکی است که نقش کلیدی در کنترل انرژی، مصرف گلوکز، اکسیداسیون اسیدهای چرب و هموستاز متابولیکی دارند. در این میان، هورمون فاکتور رشد فیبروبلاستی ۲۱ (FGF21^۵) به عنوان یک آدیپوکاین با نقش مهم در تنظیم انرژی، کاهش چربی بدن، بهبود مقاومت به انسولین و تحریک اکسیداسیون چربی شناخته شده است (۵، ۶). اگرچه FGF21 بر مصرف غذا تأثیر نمی‌گذارد ولی افزایش مقادیر خونی آن تحت تأثیر محرک‌های خاصی مانند سرما، ورزش، روزه‌داری، کمبود کربوهیدرات، استرس متابولیکی و فعالیت ورزشی از بافت‌هایی چون کبد، بافت چربی و عضله اسکلتی ترشح می‌شود و از طریق مسیر AMPK^۶-SIRT1^۷-PGC1 α به طور قابل توجهی مصرف انرژی را افزایش می‌دهد (۵، ۷). FGF21 از طریق گیرنده‌های خاص خود FGFR1 یا FGFR2 همراه با کوفاکتور β -klotho عمل می‌کند و مسیرهای سیگنالینگ پایین‌دست مانند MAPK، SIRT1 و

^۲ Sirtuin 1

^۸ Peroxisome Proliferator-Activated Receptor
Gamma Coactivator 1-Alpha

^۹ AMP-activated protein kinase

^{۱۰} The mammalian target of rapamycin

^۲ Body mass index

^۳ The Global Burden of Disease

^۴ The Non-communicable Disease Risk Factor
Collaboration

^۵ Fibroblast growth factor 21

^۶ AMP-activated protein kinase



آزمودنی‌ها در یک جلسه هماهنگی حضور یافتند و در این جلسه پس از شرح کامل اهداف، روش اجرای تحقیق و خطرات احتمالی ناشی از تحقیق، تمامی شرکت‌کنندگان فرم رضایت آگاهانه و پرسش‌نامه‌های مربوطه (سلامت جسمانی، سابق پزشکی، وضعیت تغذیه‌ای و پرسشنامه آمادگی برای فعالیت بدنی PAR-Q) را تکمیل نمودند و در انتها توسط پزشک متخصص مورد معاینه قرار گرفتند. لازم به ذکر است که تمامی مراحل پژوهش توسط پزشک، متخصص تغذیه و متخصص فیزیولوژی ورزشی در طی این مدت به صورت دقیق پایش می‌شد؛ همچنین تمام جنبه‌های این مطالعه مطابق با اصول اساسی بیابیه هلسینکی انجام شد.

مداخله تمرینی:

پیش از شروع دوره تمرینی، شرکت‌کنندگان در هر چهار گروه، با نحوه انجام تمرینات، تکنیک صحیح تنفس و اصول اجرای برنامه آشنا شدند. برنامه تمرینی ترکیبی شامل تمرینات هوازی و مقاومتی، به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته (روزهای غیرموتالی) و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه اجرا شد. هر جلسه شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (نرم دویدن و حرکات کششی)، برنامه تمرین هوازی، برنامه مقاومتی و ۱۰ دقیقه سرد کردن (دویدن آرام و کشش‌های پایانی) بود. تمرین هوازی شامل دویدن روی تردمیل به مدت ۲۰ دقیقه با شدتی معادل ۶۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب انجام شد. تمرین مقاومتی شامل چهار حرکت ایستگاهی (پرس سینه، کشش میله لت، جلو ران و پشت ران) با شدتی معادل ۵۵ تا ۷۵ درصد یک تکرار پیشینه طبق فرمول برژیکی^{۱۱} (تکرار- $1RM=1/0.278$) بود (۲۲). هر حرکت با ۱۲ تا ۸ تکرار در سه ست اجرا شد و بین ست‌ها ۶۰ ثانیه استراحت در نظر گرفته شد. پس از اتمام هر حرکت، شرکت‌کنندگان پس از دو دقیقه استراحت فعال به حرکت ایستگاه بعدی می‌پرداختند (۲۳).

در هفته اول، شدت تمرین هوازی با ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب و تمرین مقاومتی با شدت ۵۵ درصد یک تکرار پیشینه آغاز شد. به منظور رعایت اصل اضافه بار، هر دو هفته ۵ درصد به شدت تمرینات افزوده شد. به طوری که در هفته هشتم، شدت تمرین هوازی به ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب و تمرین مقاومتی به ۷۵ درصد یک تکرار پیشینه رسید. ضربان قلب شرکت‌کنندگان در طول تمرین با استفاده از دستگاه ضربان سنج پولار (ساخت فنلاند) کنترل می‌شد. تمامی جلسات تمرینی بین ساعات ۱۶ تا ۱۸ بعدازظهر و تحت نظارت مربیان حرفه‌ای برگزار شد. همچنین، برای اطمینان از ایمنی آزمودنی‌ها، یک پرستار در تمامی جلسات حضور داشت. تلاش شد شرکت‌کنندگان در تمامی جلسات حضور داشته باشند و در صورتی که به دلایلی مانند کار، بیماری یا مشکلات

مختلف همچنان محدود است. بسیاری از مطالعات، صرفاً بر اثرات جداگانه ورزش یا مصرف چای متمرکز بوده‌اند و اطلاعات کمتری درباره تعامل این دو مداخله موجود است. همچنین، این مطالعات عمدتاً بر گروه‌های خاص مانند زنان یا افراد سالم انجام شده و پژوهش بر مردان دارای اضافه وزن و چاقی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

پژوهش حاضر باهدف بررسی اثرات هشت هفته تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) همراه با مصرف سه نوع چای (سبز، سفید و ترش) بر ترکیب بدنی و FGF21 در مردان دارای اضافه وزن و چاقی طراحی شده است. فرض بر این است که ترکیب این مداخلات، از طریق فعال سازی مسیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با متابولیسم، می‌تواند تأثیرات هم‌افزایی بر کاهش چربی بدن، بهبود ترکیب بدنی و همچنین افزایش بیان نشانگرهای زیستی مرتبط با سازگاری‌های متابولیکی داشته باشد. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات جدیدی درباره تعامل ورزش و تغذیه ارائه داده و راهکارهایی نوین برای مدیریت چاقی و بهبود سلامت عمومی پیشنهاد کند.

روش پژوهش

آزمودنی‌ها:

جامعه آماری در این پژوهش مردان دارای اضافه وزن و چاق (BMI ≥ 25 kg/m²) بودند. پس از اعلام فراخوان در مراکز پزشکی، خدمات درمانی و باشگاه‌های تندرستی، ابتدا افراد داوطلب ثبت نام و شناسایی شدند. در ابتدا از داوطلبان، ۶۰ نفر که واجد شرایط ورود به مطالعه بودند، به صورت هدفمند انتخاب شدند و سپس با استفاده از روش تخصیص تصادفی ساده، به چهار گروه ۱۵ نفره تقسیم شدند. تمرین + چای سبز، تمرین + چای سفید، تمرین + چای ترش و تمرین. برآورد حجم نمونه مناسب در این پژوهش با استفاده از نرم افزار تجزیه و تحلیل G*Power (نسخه ۳،۱،۹) در سطح الفا ۰/۰۵، توان ۰/۸۰ و اندازه اثر ۰/۴ با توجه به تحقیقات قبلی ۰/۴ تعیین شد. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه شامل: دامنه سنی بین ۳۰ تا ۵۰ سال، شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۵ کیلوگرم بر متر مربع، بی تحرکی (کمتر از ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی در هفته)، عدم ابتلا به بیماری‌های متابولیکی و التهابی، عدم مصرف دارو یا مکمل غذایی، عدم مصرف سیگار یا مشروبات الکلی و عدم داشتن سابقه عمل جراحی برای لاغری بود. در صورت عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه پروتکل‌های پژوهش، حساسیت به چای، عدم شرکت در بیش از دو جلسه تمرینی و مصرف مکمل، شرکت در فعالیت‌های ورزشی غیر از برنامه ورزشی مطالعه حاضر و بروز آسیب‌های عضلانی و مفصلی آزمودنی‌ها از پژوهش خارج می‌شدند. قبل از شروع پژوهش، همه

¹¹ Brzycki formula

این شاخص‌ها با استفاده از دستگاه InBody770 (ساخت کره جنوبی) محاسبه شد. آزمودنی‌ها با حداقل لباس و پای برهنه، پس از تخلیه مثانه، روی دستگاه قرار گرفتند. اطلاعات فردی نظیر سن، جنسیت و قد وارد دستگاه شد. آزمودنی‌ها الکترودها را در دست گرفته و در حالت ایستاده، بدون حرکت و بازو به ۱۵ تا ۲۰ درجه در دست‌ها، قرار می‌گرفتند. دستگاه با عبور جریان الکتریکی نامحسوس، ترکیب بدنی شامل درصد چربی، توده بدون چربی و شاخص توده بدن را اندازه‌گیری کرد.

خون‌گیری و اندازه‌گیری متغیر خونی

نمونه‌گیری خون (۵ میلی‌لیتر) در دو مرحله (۴۸ ساعت قبل و پس از آخرین جلسه تمرینی)، متعاقب ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه بین ساعات ۸ تا ۱۰ صبح (دمای آزمایشگاه ۲۹ درجه سانتی‌گراد) از سیاهرگ بازویی هر آزمودنی در حالت نشسته توسط کارشناس مجرب علوم آزمایشگاهی جمع‌آوری شد. بلافاصله پس از خون‌گیری، نمونه‌های خونی به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سرم حاصله در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد برای تحلیل‌ها بعدی فریز شد. سطح سرمی FGF21 با استفاده از کیت الایزای انسانی شرکت CUSABIO، چین-آمریکا، شماره کاتالوگ CSB-E16844h، حساسیت ۳۰۹ pg/mL، ضریب تغییرات درون‌سنجشی و بین‌سنجشی به ترتیب کمتر از ۸ و ۱۰ درصد (اندازه‌گیری شد).

روش‌های آماری

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ و ۲۰۱۹ Excel انجام شد. برای ارزیابی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و تأیید مفروضات پارامتری، از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. برای تعیین تفاوت‌های بین گروهی، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره (ANCOVA) و به دنبال آن از آزمون‌های تعقیبی بوکرون^{۱۲} استفاده شد. مقایسه‌های درون‌گروهی با استفاده از آزمون‌های زوجی انجام شد. سطح معنی‌داری برای همه تحلیل‌ها ۰.۰۵ در سطح اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

به طور خلاصه شرکت‌کنندگان مرد با سن 5.4 ± 39.57 سال، میانگین قدی و وزنی 173.64 ± 7.04 سانتی متر و 79.72 ± 6.02 کیلوگرم و شاخص توده بدنی 22.31 ± 1.43 کیلوگرم بر متر مربع بودند. جدول ۱ در برگزیده مقادیر میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، توده چربی (FM)، توده بدون چربی (FFM) و FGF21 است.

به طور خلاصه، یافته‌های ما نشان می‌دهد که در مقایسه با گروه تمرین، تغییرات قابل‌توجهی در اکثر متغیرها مشاهده شده است. اندازه اثر

خانوادگی از حضور در جلسه‌ای بازمی‌ماندند، جلسه تمرینی بلافاصله روز بعد جبران می‌شد.

جدول ۱ شدت و بار تمرین در ۸ هفته تمرین ترکیبی

Figure 1. Changes in Training Intensity and Load Over 8 Weeks of Combined exercise

هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	هفته هفتم	هفته هشتم
۶۰٪	۶۰٪	۶۵٪	۶۵٪	۷۰٪	۷۰٪	۷۵٪	۸۰٪
MHR	MHR	MHR	MHR	MHR	MHR	MHR	MHR
۵۵٪	۵۵٪	۶۰٪	۶۰٪	۶۵٪	۶۵٪	۷۰٪	۷۵٪
1RM	1RM	1RM	1RM	1RM	1RM	1RM	1RM

مکمل سازی با چای:

در ابتدای مداخله، روش تهیه و مصرف چای به همراه سایر اطلاعات ضروری به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد. از آن‌ها خواسته شد در طول مطالعه از مصرف هر نوع چای دیگر خودداری کنند. برای کنترل مصرف چای، بسته‌های هفتگی چای در اختیار شرکت‌کنندگان قرار می‌گرفت. همچنین، از طریق نرم‌افزار واتساپ، اطلاع‌رسانی و نظارت روزانه بر مصرف چای انجام می‌شد و جعبه‌های خالی در پایان هر هفته جمع‌آوری می‌شدند تا اطمینان از رعایت دقیق مصرف حاصل شود. شرکت‌کنندگان هر گروه با توجه به نوع چای اختصاصی خود (سفید، ترش یا سبز)، به مدت هشت هفته، روزانه سه مرتبه (دو ساعت پس از هر وعده غذایی اصلی)، یک عدد چای کیسه‌ای (۲ گرم) را در ۲۴۰ میلی‌لیتر آب جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) اضافه کرده و پس از ۳ تا ۵ دقیقه دم کشیدن مصرف می‌کردند. چای‌های کیسه‌ای از شرکت گلستان (ایران) تهیه شده بود. در طول مطالعه، همه شرکت‌کنندگان رژیم غذایی معمول خود را حفظ کردند که توسط یک متخصص مراقبت‌های بهداشتی برای اطمینان از پایبندی به آن نظارت می‌شد. برای اطمینان از رعایت رژیم، بسته‌های چای هفتگی توزیع می‌شد و مصرف روزانه از طریق واتساپ بررسی می‌شد و کیسه‌های چای در پایان هر هفته جمع‌آوری می‌شدند.

اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک

قد و وزن

قد بدون کفش و در حالت ایستاده با استفاده از قدسنج سکا (SECA)؛ ساخت کشور آلمان (و وزن با ترازوی پزشکی سکا (SECA)؛ ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد. آزمودنی‌ها هنگام اندازه‌گیری وزن، لباس سبک پوشیده و بدون کفش بودند. دقت هر دو ابزار ۱ درصد بود.

شاخص توده بدن (BMI)، توده چربی (FM) و توده بدون چربی (FFM)

($P = 0.036$) تفاوت معنی داری داشت. با این حال، هیچ تفاوت معنی داری بین گروه‌های تمرین+چای ترش و تمرین ($P = 1.000$) و همچنین بین گروه‌های تمرین+چای ترش و تمرین+چای سبز ($P = 0.052$) مشاهده نشد. توده چربی (FM) نیز در گروه‌های تمرین+چای سفید ($P = 0.001$) و تمرین+چای سبز ($P = 0.028$) در مقایسه با گروه تمرین به طور معنی داری کاهش یافت. علاوه بر این، FM در گروه تمرین+چای سفید به طور قابل توجهی کمتر از گروه تمرین+چای ترش بود. ($P = 0.001$) در مقابل، هیچ تغییر قابل توجهی در توده بدون چربی (FFM) در هیچ یک از گروه‌های مداخله پس از پروتکل ۸ هفته‌ای مشاهده نشد. در مورد FGF21، با اندازه اثری کمتر از متغیرهای ترکیب بدنی ($\eta^2 p = 0.280$)، مقایسه‌های تعقیبی افزایش معنی داری را در گروه تمرین + چای سفید در مقایسه با گروه تمرین ($P = 0.001$) و تمرین + چای ترش ($P = 0.014$) نشان داد. تغییرات بین بقیه گروه‌ها معنی دار نبود.

قابل توجهی برای وزن بدن ($\eta^2 p = 0.511$) و BMI ($\eta^2 p = 0.506$) مشاهده شد و حداقل اندازه اثر برای FM ($\eta^2 p = 0.395$) ثبت شد. درحالی که تغییرات در FFM معنی دار نبود. طبق نتایج آزمون بوفرونی، کاهش قابل توجهی در وزن بدن در هر دو گروه تمرین+چای سفید ($P = 0.001$) و تمرین+چای سبز ($P = 0.005$) در مقایسه با گروه تمرین مشاهده شد. علاوه بر این، وزن بدن در گروه تمرین+چای سفید به طور قابل توجهی کمتر از گروه تمرین+چای ترش ($P = 0.001$) و گروه تمرین+چای سبز ($P = 0.022$) بود. درحالی که هیچ تفاوت معنی داری بین گروه‌های تمرین+چای ترش در مقایسه با تمرین ($P = 1.000$) و تمرین+چای سبز ($P = 0.070$) وجود نداشت. الگوهای مشابهی برای BMI مشاهده شد که در آن کاهش معنی داری در گروه‌های تمرین+چای سفید ($P = 0.001$) و تمرین+چای سبز ($P = 0.002$) در مقایسه با گروه تمرین مشاهده شد. علاوه بر این، مقادیر BMI بین گروه‌های تمرین+چای ترش و تمرین+چای سفید ($P = 0.001$) و همچنین بین گروه‌های تمرین+چای ترش و تمرین+چای سبز

جدول ۲ تغییرات ترکیب بدنی و FGF21 بعد از ۸ هفته مداخله در چهار گروه

Table 2. Changes in Body Composition and FGF21 After 8 Weeks of Intervention in Four

متغیرها								
° P	تمرین + چای سبز		تمرین + چای سفید		تمرین + چای ترش		تمرین	
	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون
FGF21	۶۹.۴۰±۴.۰۰۰	۶۸.۷۵±۴.۰۰۰	۶۹.۶۱±۵.۰۰۰	۶۸.۶۹±۵.۰۰۰	۶۷.۳۳±۴.۰۰۰	۶۶.۸۴±۴.۰۰۰	۷۰.۷۹±۵.۰۰۰	۷۰.۴۶±۵.۰۰۰
	۸۳	۷۹	۴۲	۴۱	۴۳	۴۹	۳۴	۳۴
*P		۰.۰۰۱		۰.۰۰۱		۰.۰۰۱		۰.۰۰۲
وزن (Kg)	۹۰.۳۵±۵.۰۰۰	۹۱.۹۵±۵.۰۰۰	۹۱.۰۴±۶.۰۰۰	۹۳.۴۵±۶.۰۰۰	۹۳.۱۷±۶.۰۰۰	۹۴.۰۷±۶.۰۰۰	۹۴.۰۸±۵.۰۰۰	۹۴.۷۲±۶.۰۰۰
	۷۷	۷۵	۰۲	۰۰	۷۷	۵۸	۹۱	۰۲
*P		۰.۰۰۱		۰.۰۰۱		۰.۰۰۱		۰.۰۰۱
شاخص توده بدنی (BMI) (Kg/m ²)	۳۰.۴۹±۱.۰۰۰	۳۱.۰۳±۱.۰۰۰	۲۹.۵۹±۲.۰۰۰	۳۰.۳۷±۲.۰۰۰	۳۰.۶۷±۲.۰۰۰	۳۰.۹۷±۲.۰۰۰	۳۱.۲۲±۱.۰۰۰	۳۱.۴۳±۱.۰۰۰
	۲۵	۱۳	۰۳	۰۸	۹۳	۹۲	۴۳	۴۳

										*P
		0.001		0.556		0.851		0.065		
0.00	33.37±2.	34.45±2.	32±2.29	33.52±2.	34.82±2.	35.31±2.	33.77±3.	34.22±2.	(FM)	توده چربی
1	29	22		29	59	59	07	85		(Kg)
										*P
		0.001		0.001		0.001		0.004		
0.49	54.82±4.	54.49±4.	57.42±4.	56.93±4.	55.95±6.	55.75±6.	58.80±6.	57.99±7.		توده
7	96	89	19	21	23	32	46	72	(FF)	بدون چربی
										(Kg) M
										p*
		0.103		0.258		0.381		0.340		

حجم توده بدون چربی شد، اما این افزایش معنادار نبود. این یافته‌ها با برخی پژوهش‌های پیشین تفاوت دارد. برای مثال، پژوهش مارویل و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که تمرینات مقاومتی منجر به افزایش توده بدون چربی در افراد دارای اضافه وزن می‌شود (۲۵). مطالعه دیگری نشان داد که تمرین مقاومتی و هوازی همزمان منجر به افزایش توده بدون چربی و توده عضلانی اسکلتی در مردان دارای اضافه وزن می‌شود. شرکت کنندگان در این گروه در مقایسه با افرادی که به تنهایی تمرینات مقاومتی یا هوازی داشتند، بهبود قابل توجهی در توده عضلانی نشان دادند (۳۸). علاوه بر این، یک کارآزمایی نشان داد که تمرینات مقاومتی همراه با مداخله غذایی شامل تنظیم کالری و درشت‌مغذی‌ها با تأکید بر مصرف پروتئین ۳.۱ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، منجر به افزایش قابل توجهی در توده بدون چربی شد و اهمیت تغذیه در کنار ورزش را برجسته کرد این امر بر اثر هم افزایی ترکیب روش‌های مختلف تمرین تأکید می‌کند (۳۹). عدم تأثیر قابل توجه تمرینات ترکیبی و مصرف چای بر افزایش توده بدون چربی ممکن است ناشی از نوع و شدت تمرینات باشد که تمرکز کمتری روی هیپرتروفی دارند (۴۰، ۴۱). از سوی دیگر، شواهد نشان می‌دهد که ترکیبات فعال چای سبز عمدتاً مسیرهای مرتبط با چربی‌سوزی را هدف قرار می‌دهند و تأثیر مستقیمی بر افزایش حجم عضلانی ندارند (۴۲). در همین راستا، به نظر می‌رسد که دوز مصرفی رایج چای سبز (مانند دو کیسول ۵۰۰ میلی‌گرمی در روز به مدت چهار هفته)، برای دستیابی به افزایش توده عضلانی و سایر مزایای مورد نظر ناکافی است (۴۳). باین‌حال، در برخی مطالعات، مانند یک بررسی ۱۲ هفته‌ای با مصرف روزانه ۶۰۰ میلی‌گرم عصاره‌ی چای سبز، مشاهده شده که حتی بدون فعالیت ورزشی منظم نیز این ترکیب می‌تواند موجب حفظ توده عضلانی و بهبود قدرت در افراد مسن شود (۴۴). بنابراین، به نظر می‌رسد دوز مصرفی و شرایط مداخله، در تعیین نتایج حاصل از مصرف چای نقش مؤثری دارند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که اگرچه تمرینات ورزشی و مصرف انواع چای می‌توانند به بهبود شاخص‌های ترکیب بدنی کمک کنند، اما ترکیب تمرینات ترکیبی با مصرف چای، به‌ویژه چای سفید، تأثیرات مثبت‌تری دارد و می‌تواند به کاهش وزن و بهبود سطوح FGF21 مردان دارای اضافه‌وزن و چاقی منجر شود. باین‌حال، برخی از یافته‌های مطالعات پیشین که به تأثیرات احتمالی چای سبز بر بهبود توده عضلانی اشاره داشتند، در پژوهش حاضر تأیید نشدند. این عدم تطابق ممکن است به عواملی مانند نوع تمرینات ترکیبی، شدت و حجم تمرین، یا عدم کنترل کامل بر رژیم غذایی آزمودنی‌ها مرتبط باشد.

کافئین و کاتچین‌ها، از طریق مکانیسم‌های متفاوتی بر وزن بدن تأثیر می‌گذارند. کاتچین‌های چای عمدتاً از طریق فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و افزایش ترموژن، میکروبیوتای روده، مهار آنزیم‌های گوارشی و لیپوژنیک، بیان ژن، پروتئین‌کیناز فعال شده با AMP و کنترل اشتها در کنترل وزن بدن نقش دارند. این مسیرها در مطالعات انسانی نشان داده شده است (۲۱). چای سفید و چای سبز به‌واسطه محتوای بالای کاتچین‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، باعث افزایش اکسیداسیون چربی‌ها و افزایش مصرف انرژی به‌ویژه در حین فعالیت بدنی می‌شوند (۳۳).

در مقابل، در مطالعه ما مصرف چای ترش تأثیر معناداری بر شاخص‌های مورد بررسی نداشت. این نتیجه با برخی پژوهش‌های پیشین که اثرات مثبت چای ترش را گزارش کرده‌اند، متفاوت است. برای مثال، ناتالیا و همکاران (۲۰۲۲) افزایش سیری و مصرف انرژی را پس از مصرف چای ترش گزارش کردند (۳۴). و کاترینا و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش FGF21 را در بافت چربی و کبد با مصرف چای ترش را مشاهده کردند (۳۵). از آنجا که مداخله ما همراه با تمرین بوده است، ممکن است اثرات تمرین باعث کاهش تمایز اثر چای نسبت به گروه تمرین تنها شده باشد؛ در نبود تمرین، احتمال مشاهده تفاوت‌های معنی‌دار بیشتر می‌بود. به علاوه، تفاوت نتایج ممکن است به عواملی مانند دوز مصرفی، مدت مداخله، یا شرایط فیزیولوژیکی افراد مرتبط باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که مداخلات کمتر از ۱۲ هفته یا استفاده از پودر چای ترش غیراستاندارد، ممکن است اثرات کمتری داشته باشند. یک فراتحلیل در سال ۲۰۲۴ نیز بیان کرد که دوزهای مختلف چای ترش تأثیر بالینی معناداری در درمان چاقی ندارند (۳۶). همچنین این مسئله می‌تواند به‌طور خاص به ترکیب متفاوت این چای مرتبط باشد. برخلاف چای سفید و سبز، چای ترش حاوی ترکیبات متفاوتی مانند آنتوسیانین‌ها است که شاید بر مسیرهای مرتبط با بیوژنز میتوکندری و متابولیسم چربی‌ها اثر کمتری داشته باشند. از سوی دیگر، ترکیبات فعال چای ترش مانند آنتوسیانین‌ها اگرچه در کاهش استرس اکسیداتیو و تنظیم فشار خون مؤثرند، اما تأثیر آن‌ها بر مسیرهای متابولیک مرتبط با اکسیداسیون چربی‌ها کمتر شناخته شده است (۴). در یک مطالعه متاآنالیز در سال ۲۰۲۳ هم اشاره شده که درحالی‌که نقش آنتوسیانین‌ها در افزایش اکسیداسیون چربی تأیید شده است، شواهد غالب از اثربخشی آنها در مدیریت فشار خون و استرس اکسیداتیو حمایت می‌کند، که نشان می‌دهد نقش مهم تری در سلامت قلب و عروق نسبت به مسیرهای متابولیک دارد (۳۷).

در پژوهش حاضر، نتایج مربوط به توده بدون چربی نشان داد که هشت هفته تمرین ترکیبی به همراه مصرف چای‌های مختلف باعث افزایش

تشکر و قدردانی

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

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع مقابلی از انتشار آن ندارند.

که این می‌تواند یکی از محدودیت‌های تحقیق ما باشد. این نتایج می‌تواند به عنوان یک رویکرد مکمل در بهبود متابولیسم و مدیریت کاهش وزن در افراد چاق یا دارای اضافه وزن مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات آینده می‌توانند با بررسی مکانیسم‌های دقیق این تأثیرات، افزایش زمان مداخله، و مقایسه آن با سایر ترکیبات گیاهی، اطلاعات بیشتری در این زمینه ارائه دهند.

Reference

1. Puska P, Nishida C, Porter D, Organization WH. Obesity and overweight. World Health Organization. 2003;1-2.
2. Inoue Y, Qin B, Poti J, Sokol R, Gordon-Larsen P. Epidemiology of obesity in adults: latest trends. Current obesity reports. 2018;7:276-88.
3. Alebna PL, Mehta A, Yehya A, daSilva-deAbreu A, Lavie CJ, Carbone S. Update on obesity, the obesity paradox, and obesity management in heart failure. Progress in Cardiovascular Diseases. 2024.
4. Li J, Chen Q, Zhai X, Wang D, Hou Y, Tang M. Green tea aqueous extract (GTAE) prevents high-fat diet-induced obesity by activating fat browning. Food Sci Nutr. 2021;9(12):6548-58.
5. Fisher FM, Maratos-Flier E. Understanding the physiology of FGF21. Annual review of physiology. 2016;78:223-41.
6. Flippo KH, Potthoff MJ. Metabolic Messengers: FGF21. Nat Metab. 2021;3(3):309-17.
7. Li S, Zou T, Chen J, Li J, You J. Fibroblast growth factor 21: An emerging pleiotropic regulator of lipid metabolism and the metabolic network. Genes & Diseases. 2024;11(3):101064.
8. Yie J, Wang W, Deng L, Tam LT, Stevens J, Chen MM, et al. Understanding the Physical Interactions in the FGF21/FGFR/ β -Klotho Complex: Structural Requirements and Implications in FGF21 Signaling. Chemical biology & drug design. 2012;79(4):398-410.
9. Chau MD, Gao J, Yang Q, Wu Z, Gromada J. Fibroblast growth factor 21 regulates energy metabolism by activating the AMPK-SIRT1-PGC-1 α pathway. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010;107(28):12553-8.
10. Rosa G, Cruz L, De Mello DB, De Sa Rego Fortes M, Dantas EH. Plasma levels of leptin in overweight adults undergoing concurrent training. International SportMed Journal. 2010;11(3):356-62.
11. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. Exercise and hypertension. Medicine & science in sports & exercise. 2004;36(3):533-53.
12. Kazeminasab F, Hasanpour N. The effect of concurrent training on the levels of leptin, adiponectin, and body composition in adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024;11(1):278-303. (In Persian)
13. Khoo WY, Chrisfield BJ, Sae-Tan S, Lambert JD. Mitigation of nonalcoholic fatty liver disease in high-fat-fed mice by the combination of decaffeinated green tea extract and voluntary exercise. J Nutr Biochem. 2020;76:108262.
14. Scheel AK, Espelage L, Chadt A. Many Ways to Rome: Exercise, Cold Exposure and Diet-Do They All Affect BAT Activation and WAT Browning in the Same Manner? Int J Mol Sci. 2022;23(9).
15. Otton R, Petrovic N, Cannon B, Nedergaard J. On the Validity of Adipogenic Cell Lines as Model Systems for Browning Processes:

controlled trial. *Journal of Neurology*. 2021;268:1857-66.

24. Vizvari E, Farzanegi P, Abbas Zade Sourati H. Effect of Vigorous Aerobic Exercise on Serum Levels of SIRT1, FGF21 and Fetuin A in Women with Type II Diabetes. *Medical Laboratory Journal*. 2018;12(2):1-6. (In Persian)

25. Nejad HN, Abednatanzi H, Soheily S, Gholami M. Comparison of Resistance, Aerobic and Combined Trainings Effects on the FGF21 Serum Levels in Active Elderly Men. *Advances in Nursing & Midwifery*. 2020;29(4). (In Persian)

26. Neyrinck AM, Bindels LB, Geurts L, Van Hul M, Cani PD, Delzenne NM. A polyphenolic extract from green tea leaves activates fat browning in high-fat-diet-induced obese mice. *J Nutr Biochem*. 2017;49:15-21.

27. Aditya Rifqi M, Setyaningtyas SW, Rachmah Q. White tea drink (*Camellia sinensis*) improves endurance and body weight maintenance of rats. *Journal of Health Research*. 2022;36(1):46-55.

28. Chen L-H, Chien Y-W, Liang C-T, Chan C-H, Fan M-H, Huang H-Y. Green tea extract induces genes related to browning of white adipose tissue and limits weight-gain in high energy diet-fed rat. *Food & nutrition research*. 2017;61(1):1347480.

29. Yılmaz HK, Türker M, Kutlu EY, Mercantepe T, Pınarbaş E, Tümkaya L, Atak M. Investigation of the effects of white tea on liver fibrosis: An experimental animal model. *Food Sci Nutr*. 2024;12(4):2998-3006.

30. Hilal Y, Engelhardt U. Characterisation of white tea—Comparison to green and black tea. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2007;2:414-21.

31. Zhang Y, Yin R, Lang J, Fu Y, Yang L, Zhao D. Epigallocatechin-3-gallate ameliorates hepatic damages by relieve FGF21 resistance and promotion of FGF21-AMPK pathway in mice fed

In Authentic Brown, Brite/Beige, and White Preadipocytes, There is No Cell-Autonomous Thermogenic Recruitment by Green Tea Compounds. *Front Nutr*. 2021;8:715859.

16. Xu N, Chu J, Dong R, Lu F, Zhang X, Wang M, et al. Yellow Tea Stimulates Thermogenesis in Mice through Heterogeneous Browning of Adipose Tissues. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2021;65(2):2000864.

17. Yan Z, Zhong Y, Duan Y, Chen Q, Li F. Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Anim Nutr*. 2020;6(2):115-23.

18. Chacko SM, Thambi PT, Kuttan R, Nishigaki I. Beneficial effects of green tea: a literature review. *Chin Med*. 2010;5:13.

19. Sanlier N, Atik İ, Atik A. A minireview of effects of white tea consumption on diseases. *Trends in Food Science & Technology*. 2018;82:82-8.

20. Paes de Andrade L, da Silva Maeda TA, Adams MS, Rios de Araújo CA, Poletto Freitas Moro MB, dos Santos Arantes I, et al. Hibiscus Tea and its Therapeutic Potential in Weight Reduction: Integrative Review. *Journal of Health Sciences* (2447-8938). 2023;25(1).

21. Yılmaz B, Acar-Tek N. White tea: Its history, composition, and potential effects on body weight management. *eFood*. 2023;4(3):e89.

22. Wood TM, Maddalozzo GF, Harter RA. Accuracy of seven equations for predicting 1-RM performance of apparently healthy, sedentary older adults. *Measurement in physical education and exercise science*. 2002;6(2):67-94.

23. Kalron A, Mahameed I, Weiss I, Rosengarten D, Balmor GR, Heching M, Kramer MR. Effects of a 12-week combined aerobic and strength training program in ambulatory patients with amyotrophic lateral sclerosis: a randomized

Uptake in Men with Excess Weight. *Physical Education Theory and Methodology*. 2023;23(3):389-96.

39. Miller T, Mull S, Aragon AA, Krieger J, Schoenfeld BJ. Resistance training combined with diet decreases body fat while preserving lean mass independent of resting metabolic rate: a randomized trial. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(1):46-54.

40. de Souza EO, Tricoli V, Aoki MS, Roschel H, Brum PC, Bacurau AV, et al. Effects of concurrent strength and endurance training on genes related to myostatin signaling pathway and muscle fiber responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(11):3215-23.

41. Lee HS, Lee J. Effects of exercise interventions on weight, body mass index, lean body mass and accumulated visceral fat in overweight and obese individuals: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(5):2635.

42. Liu H-W, Chang S-J. Effects of green tea-derived natural products on resistance exercise training in sarcopenia: A retrospective narrative mini-review. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2023;31(3):381.

43. Andaki ACR, Oliveira JdS, Rosa Damiana Diniz GJ, Luiz Carlos R, da L C, Bressan J. Green tea capsules do not change body composition, energy expenditure and feeding behavior in women. *J Hum Nutr Food Sci*. 2014;2(1):1021.

44. Seo H, Lee S-H, Park Y, Lee H-S, Hong JS, Lim CY, et al. (-)-Epicatechin-enriched extract from *Camellia sinensis* improves regulation of muscle mass and function: Results from a randomized controlled trial. *Antioxidants*. 2021;10(7):1026.

a high fat diet. *Diabetol Metab Syndr*. 2022;14(1):53.

32. Haghighi AH, Hajinia M, Askari R, Abbasian S, Goldfied G. Effect of high-intensity interval training and high-intensity resistance training on irisin and fibroblast growth factor 21 in men with overweight and obesity. *Can J Physiol Pharmacol*. 2022;100(9):937-44.

33. Rostamian Mashhadi M, Hosseini SRA. The interaction effect of green tea consumption and exercise training on fat oxidation, body composition and blood lipids in humans: a review of the literature. *Sport Sciences for Health*. 2023;19(2):461-77.

34. Faria NC, Soares A, Graciano GF, Correia M, Pires MC, Valenzuela V, Anastácio LR. Hibiscus sabdariffa tea affects diet-induced thermogenesis and subjective satiety responses in healthy men but not in women: a randomized crossover trial. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2022;47(4):429-38.

35. Kartinah NT, Komara NK, Sianipar IR, Noyati ND. The Potential of Hibiscus sabdariffa Linn. for Treatment of Obesity: Focus on FGF21 in Liver and Adipose Tissue. *eJournal Kedokteran Indonesia*. 2019;7(2):380974.

36. Dilokthornsakul P, Rattanachaisit N, Thimkorn P, Pongpattanawut S, Dilokthornsakul W, Dhippayom T. Clinical effects of Hibiscus sabdariffa Linn. on obesity treatment: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*. 2024;84:103063.

37. Neyestani TR, Yari Z, Rasekhi H, Nikooyeh B. How effective are anthocyanins on healthy modification of cardiometabolic risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol Metab Syndr*. 2023;15(1):106.

38. Namboonlue C, Namboonlue S, Sriwiset P, Jaisuk J, Buttichak A, Muangritdech N, Saengjan W. Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Body Composition, Muscular Strength and Maximum Oxygen