

## Research Paper

**The Effect of 8 Weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) and Green Tea Consumption on Serum Levels of Thioredoxin Reductase-1, Paraoxonase-1, Interleukin-1 $\beta$ , Interleukin-6 and Galanin in Obese Elderly Untrained Men****H. Naghizadeh<sup>1</sup>, Z. Hemati Farsani<sup>2</sup>**

1. Assistant Professor of exercise physiology, Department of Sport Sciences, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran. (Corresponding author)

2. Assistant Professor of exercise physiology, Department of Sport Sciences, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran

Received: 2022/11/27

Accepted: 2022/12/02

**Abstract**

**Objectives:** Nowadays, the appropriate exercise pattern along with the consumption of medicinal plants plays an important role in regulating energy balance, reducing inflammatory indicators and increasing antioxidant defense in obese elderly people. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of 8 weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) and consumption of green tea on serum levels of antioxidant enzymes, inflammatory markers and galanin in obese elderly untrained men. **Methods & Materials:** In this study, 48 obese elderly untrained men were randomly divided into four groups including: HIIT, HIIT with Green Tea, Green Tea, and Control. HIIT were performed for 8 weeks (3 sessions per week) with 90% HRR. 450 mg of green tea was received daily (six capsules per day). Blood samples were taken before and 48 hours after the last training session. Statistical analysis was performed using Shapiro-Wilk test and two-way analysis of covariance. Data were analyzed using SPSS-26 software with a significance level of  $p < 0.05$ . **Findings:** The results showed that the combined effect of HIIT with green tea consumption and the main effect of HIIT alone caused a significant increase in the levels of thioredoxin reductase-1, paraoxonase-1 and a significant decrease in the levels of interleukin-1 $\beta$ , interleukin-6 and galanin ( $P < 0.05$ ). However, consumption of green tea alone showed no significant changes ( $P > 0.05$ ). The highest percentage of changes (increase and decrease) created in biochemical variables was attributed to the HIIT with green tea group. **Conclusion:** Performing HIIT with green tea consumption had the greatest effect on reducing inflammatory markers, increasing antioxidant enzymes and energy balance in obese elderly untrained men.

**Keywords:** Antioxidant, Inflammatory Markers, Galanin, HIIT, Green Tea.

1. Email: naghizadeh2011@gmail.com

2. Email: zhemati@ardakan.ac.ir



Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License

## Extended Abstract

### Background and Purpose

Obesity is associated with low-grade chronic systemic inflammation. This is partly due to an increased systemic proinflammatory environment imposed by proinflammatory cytokines (1). Fat cells are the main source of pro-inflammatory cytokines and play a role in the initiation and progression of obesity, insulin resistance, and cardiovascular diseases (2). Today, the effective role of medicinal plants with phenolic compounds in reducing inflammation and improving adipose tissue toxicity has been identified (3). Green tea is one of the medicinal plant's rich in polyphenols. The effectiveness of green tea is primarily due to the presence of catechins, polyphenols and caffeine, which have antioxidant, anti-inflammatory and genotoxic effects. Nowadays, one of the obesity treatment methods is increasingly focused on sports activity. It is possible that physical activity along with reducing the percentage of fat can reduce inflammation levels (4). High-intensity interval training (HIIT) consists of short, intermittent bouts of exercise ( $\geq 90 \dot{V}O_{2max}$ ) separated by a few minutes of rest or low-intensity exercise during the recovery period. Research shows that HIIT stimulates the muscular and vascular adaptations previously associated with endurance training (ET). Perhaps the most prominent feature of HIIT is the fact that these exercises require less time and weekly training volume compared to ET (5). Another effective factor in obesity is galanin (GAL). High levels of serum GAL have been observed in obese individuals, indicating that peripheral GAL plays a role in regulating energy balance, and increasing circulating GAL levels contributes to obesity and obesity-related metabolic disorders (6). Studying and understanding the responses of antioxidant enzymes to the body's oxidative stress is important, especially in old age. In the current research, according to the intended goals, a part of these needs has been addressed. Therefore, in the present study, this hypothesis was tested if the combined effect of 8 weeks of HIIT with green tea consumption was significant on the concentration of antioxidant enzymes (thioredoxin reductase-1, paraoxonase-1), inflammatory markers (IL-1 $\beta$  and IL-6) and GAL in obese elderly untrained men.

### Materials and Methods

The present research is a double-blind semi-experimental study with a pre-test and post-test design, which was conducted with a control group. After informing about the research, 103 volunteers willing to participate in the research were registered. According to previous studies, the sample size was determined to be 44 people based on the test power of 80% and the confidence level of 95%. Taking into account the possibility of subjects dropping out during the study, the total sample



size was determined to be 48 people. Through simple random sampling, 48 subjects were divided into four groups of 12 people including HIIT, HIIT with green tea consumption, green tea consumption and control-placebo. During the study, subjects received 450 mg of green tea or placebo (six capsules per day, i.e. two capsules with breakfast, lunch and dinner). In total, daily consumption of capsules containing green tea included 104 mg of caffeine and 573 mg of catechin, of which 323 mg was epigallocatechin gallate. Green tea capsules and placebo capsules were similar in all respects (shape, size and color). The HIIT program was implemented for eight weeks and three sessions per week (7). The form of training was implemented as speed interval runs with passive rest between repetitions and sets. Blood samples were taken before and 48 hours after the last training session. The weight and height of the subjects were measured by a Seca model 755 medical scale equipped with a height meter. The body composition of the subjects was measured using the Jawon X scan plus 970 body composition analyzers made in South Korea. To estimate the maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max), the Rockport walking protocol was used. Serum levels of GAL, TRX-1, PON1, IL-6 and IL-1 $\beta$  were measured by ELISA method. Data were expressed as mean and standard deviation. The normality of the data was confirmed using the Shapiro-Wilk statistical test. Homogeneity of variances was checked through Levene's test. Hypotheses were tested using repeated measures analysis of variance, bivariate covariance analysis, and Tukey's test. The significance level for all calculations was considered  $\alpha = 0.05$  and all calculations were done with SPSS26 software package.

### Findings

The results showed that the combined effect of HIIT with green tea consumption and the effect of HIIT alone caused a significant increase in the levels of TRX-1, PON1 and a significant decrease in the levels of IL-1 $\beta$ , IL-6 and GAL ( $P < 0.05$ ), while consumption of green tea alone did not show significant changes ( $P > 0.05$ ). The highest percentage of changes (increase and decrease) in biochemical variables were assigned to the HIIT group with green tea consumption. The highest percentage of significant changes (increase) in VO<sub>2</sub>max index (9.22%) and the highest percentage of significant changes (decrease) in body mass index (3.50%) and body fat percentage (11.07%) from pre-test to post-test were assigned to the group HIIT with green tea consumption.

### Conclusion

In general, from the results of the present study, it can be concluded that the effect of eight weeks of HIIT combined with green tea consumption in reducing the levels of inflammatory indicators, increasing antioxidant enzymes and energy



balance is greater than the corresponding effect in the HIIT group and the green tea consumption group.

**Keywords:** Antioxidant, Inflammatory Markers, Galanin, HIIT, Green Tea.

### **Article Message**

The increase in the activity of thioredoxin reductase-1 and paraoxonase-1, and the decrease in the activity of IL-1 $\beta$ , IL-6 and GAL, means that performing HIIT combined with green tea consumption is a suitable and efficient combined intervention to improve the health of obese elderly men in relation to inflammatory and antioxidant indicators and regulation of energy balance.

### **Ethical Considerations**

#### **Compliance with Ethical Guidelines**

Informed consent was obtained from all individual participants included in the study

#### **Funding**

This study received no funding from public, commercial, or non-profit organizations

#### **Authors' Contributions**

All authors have participated in designing, implementing and writing all parts of the present study

#### **Conflicts of Interest**

The authors declared no conflict of interest.

#### **Acknowledgments**

The authors thank all those who participated in this study.

### **References**

1. Liberale L, Montecucco F, Tardif JC, Libby P, Camici GG. Inflamm-aging: the role of inflammation in age-dependent cardiovascular disease. *European heart journal*. 2020;41(31):2974-82.
2. Nunan E, Wright CL, Semola OA, Subramanian M, Balasubramanian P, Lovern PC, Fancher IS, Butcher JT. Obesity as a premature aging phenotype—implications for sarcopenic obesity. *GeroScience*. 2022;44(3):1393-405.
3. Mokra D, Joskova M, Mokry J. Therapeutic Effects of Green Tea Polyphenol (–)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) in Relation to Molecular Pathways Controlling Inflammation, Oxidative Stress, and Apoptosis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(1):340.



4. Streb, A. R., Braga, P. G. S., de Melo, R. F., Botelho, L. J., Maranhão, R. C., & Del Duca, G. F. (2022). Effects of combined physical exercise on plasma lipid variables, paraoxonase 1 activity, and inflammation parameters in adults with obesity: a randomized clinical trial. *Journal of endocrinological investigation*, 2022. 45(10): 1991–1997.
5. Posnakidis G, Aphas G, Giannaki CD, Mougios V, Aristotelous P, Samoutis G, Bogdanis GC. High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022;36(3):615-23.
6. Herasymchuk U, Kravchun PG, Kadykova O. Galanin levels in hypertensive patients with obesity. *Wiad Lek*. 2022;75(1 p.1):79-84.
7. Karvinen S, Silvennoinen M, Vainio P, Sistonen L, Koch LG, Britton SL, Kainulainen H. Effects of Intrinsic Aerobic Capacity, Aging and Voluntary Running on Skeletal Muscle Sirtuins and Heat Shock Proteins. *Experimental Gerontology*. 2016;79:46-54.



## تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف چای سبز بر سطوح سرمی تیوردوکسین رودوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱، اینترلوکین یک بتا، اینترلوکین شش و گالانین در مردان چاق سالمند تمرین نکرده

حسن نقی زاده<sup>۱</sup>، زهرا همتی فارسانی<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران (نویسنده مسئول)

۲. استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶

### چکیده

امروزه الگوی تمرینی مناسب همراه با مصرف گیاهان دارویی نقش مهمی در تنظیم تعادل انرژی، کاهش شاخص‌های التهابی و افزایش دفاع ضد اکسایشی در افراد سالمند چاق دارد؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف چای سبز بر سطوح سرمی تیوردوکسین رودوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱، اینترلوکین یک بتا، اینترلوکین شش و گالانین در مردان چاق سالمند تمرین نکرده بود. در این مطالعه ۴۸ مرد سالمند چاق تمرین نکرده به‌طور تصادفی در چهار گروه شامل تمرین تناوبی شدید، تمرین تناوبی شدید همراه با مصرف چای سبز، مصرف چای سبز و کنترل قرار گرفتند. پروتکل تمرین به مدت هشت هفته، هفته‌ای سه جلسه و با شدت ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره اجرا شد. چای سبز روزانه به مقدار ۴۵۰ میلی‌گرم (شش کپسول در روز) دریافت شد. نمونه‌های خونی قبل و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی گرفته شد. داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و تحلیل کوارینانس دوره‌ای از طریق نرم‌افزار SPSS-26 تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که اثر ترکیبی تمرین همراه با مصرف چای سبز و همچنین اثر تمرین به تنهایی باعث افزایش معنادار سطوح تیوردوکسین رودوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱ و کاهش معنادار سطوح اینترلوکین یک بتا، اینترلوکین شش و گالانین شدند ( $P < 0.05$ )، ولی مصرف چای سبز به تنهایی تغییرات معناداری را نشان نداد ( $P > 0.05$ ). بیشترین درصد تغییرات (افزایش و کاهش) ایجاد شده در متغیرهای بیوشیمیایی به گروه تمرین همراه با مصرف چای سبز اختصاص داشت. انجام تمرین تناوبی شدید همراه با

1. Email: naghizadeh2011@gmail.com

2. Email: zhemati@ardakan.ac.ir



مصرف چای سبز، بیشترین تأثیر را بر افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کاهش نشان‌گرهای التهابی و تعادل انرژی در مردان سالمند چاق تمرین‌نکرده داشت.

**واژگان کلیدی:** آنتی‌اکسیدان، نشانگرهای التهابی، گالانین، تمرین تناوبی شدید، چای سبز.

## مقدمه

چاقی با التهاب سیستمیک مزمن با درجه کم، مرتبط است. این امر تاحدی به دلیل افزایش محیط سیستمیک پیش‌التهابی است که توسط سایتوکین‌های پیش‌التهابی تحمیل شده است (۱). سلول‌های چربی منبع اصلی سایتوکین‌های پیش‌التهابی هستند و در شروع و پیشرفت چاقی، مقاومت به انسولین و بیماری‌های قلبی عروقی نقش دارند (۲). امروزه نقش مؤثر گیاهان دارویی با ترکیبات فنولی در کاهش التهاب و بهبود سمیت بافت چربی مشخص شده است (۳).

یکی از گیاهان دارویی غنی از پلی‌فنول‌ها، چای سبز است. اثربخشی چای سبز در درجه اول به دلیل وجود کاتچین‌ها و پلی‌فنول‌ها، به‌ویژه اپی‌گالوکاتچین گالات، اپی‌کاتچین گالات، گالوکاتچین گالات، اپی‌کاتچین و کافئین است که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و همچنین اثرات ژنوتوکسیک<sup>۱</sup> (توانایی یک ماده برای جلوگیری از آسیب رساندن به DNA را گویند) هستند. نشان داده شده است که ترکیبات فنولی چای سبز با مهار کاتکول-O-متیل ترانسفراز<sup>۲</sup> (آنزیمی که نوراپی‌نفرین را تجزیه می‌کند) و مهار فسفودی استراز<sup>۳</sup> (آنزیمی که آدنوزین مونو فسفات حلقوی<sup>۴</sup> درون سلولی را تخریب می‌کند)، مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی را در ۲۴ ساعت افزایش می‌دهند (۴). اکبرزاده و همکاران گزارش کردند که در موش‌های پیر به دنبال ۱۲ هفته تمرین دویدن با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد حداکثر حجم اکسیژن مصرفی به مدت پنج روز در هفته، تغییرات معناداری در شاخص‌های آپوپتوزی<sup>۵</sup> و عوامل ضداکسایشی سلولی مشاهده نشد، ولی مصرف چای سبز به‌تنهایی موجب ایجاد تغییرات معنادار شد (۵). این نتیجه از پژوهش مذکور به نقش مفید چای سبز در سلامت دستگاه‌های بدن تأکید دارد. مکانیسم‌های درگیر در کاهش و کنترل استرس اکسیداتیو توسط ترکیبات فنولی چای سبز به فعال-

1. Genotoxic
2. Catechol O-methyltransferase
3. Phosphodiesterase
4. AMP
5. Apoptosis



سازی آنزیم‌های اکسیدانی، سرکوب پراکسیدان‌ها ( $COX^1$ ،  $NADPH-oxidase^2$ )، مهار مسیره‌های پیام‌رسانی استرس ( $TNF-\alpha^3$ ،  $NF-\kappa B^4$ ) (اثر مستقیم) یا افزایش پاک‌سازی و بیان ژن (اثر غیرمستقیم) نسبت داده می‌شود (۴).

امروزه یکی از روش‌های درمان چاقی به‌طور فزاینده بر فعالیت ورزشی متمرکز شده است. ممکن است فعالیت بدنی همراه با کاهش درصد چربی، سطوح التهاب را کاهش دهد (۶). تمرینات استقامتی سنتی<sup>۵</sup> (ET) (۵۵-۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی، ۶۰-۱۲۰ دقیقه) انواع سازگاری‌های مفید را القا می‌کند، اما دوزهای زیاد استرس اکسیداتیو مضر و پاسخ‌های سرکوب‌کننده سیستم ایمنی را تحمیل می‌کند. از یک سو ET سازگاری‌های طولانی‌مدت برای بهبود سلامت و طول عمر ایجاد می‌کند و از طرفی دیگر نشان داده شده است که این تمرینات شمشیری دولبه است؛ یعنی هنگامی که برای مدت طولانی یا با شدت شدید انجام شود، می‌تواند باعث استرس اکسیداتیو و سرکوب سیستم ایمنی شود. درمقابل، تمرینات تناوبی با شدت زیاد<sup>۶</sup> (HIIT) شامل دوره‌های کوتاه و متناوب تمرین (معمولاً  $\leq 90\%$  درصد  $\dot{V}O_{2max}$ ) است که با چند دقیقه استراحت یا تمرین با شدت کم در طول دوره بازیافت از هم جدا می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهند که HIIT سازگاری عضلانی و عروقی را تحریک می‌کند که قبلاً با ET مرتبط بود. شاید برجسته‌ترین ویژگی تمرینات HIIT این باشد که این تمرینات به زمان و حجم تمرین هفتگی کمتری در مقایسه با ET نیاز دارد (۷). یکی دیگر از عوامل مؤثر بر چاقی، گالانین<sup>۷</sup> (GAL) است. سطوح بالای GAL سرم در افراد چاق مشاهده شده است که نشان می‌دهد GAL محیطی در تنظیم تعادل انرژی نقش دارد و افزایش سطح GAL در گردش به ایجاد چاقی و اختلالات متابولیک مرتبط با چاقی کمک می‌کند (۸). گالانین با مهار سیری یا تحریک دریافت انرژی، کاهش مصرف انرژی، کاهش فعال‌سازی سمپاتیکی بافت چربی و اثراتش بر ترشح هورمون (هورمون رشد و انسولین) در تنظیم وزن بدن نقش دارد (۹). به‌طور کلی بافت چربی می‌تواند

1. Cyclooxygenase
2. Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate Oxidase
3. Tumour Necrosis Factor- $\alpha$
4. Nuclear Factor Kappa B
5. Traditional Endurance Training
6. High-Intensity Interval Training
7. Galanin





به افزایش تولید سیتوکین‌های التهابی مانند فاکتور نکروز تومور  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )، اینترلوکین-۱۶ (IL-6)، اینترلوکین- $1\beta$  (IL- $1\beta$ ) منجر شود (۱۰).

در سال‌های اخیر بر پروتئین‌های آنتی‌اکسیدان تیوردوکسین رودوکتاز-۱ (TRX) و پاراکسوناز-۱<sup>۳</sup> (PON-1) تمرکز بیشتری شده است. TRX یک پروتئین دی‌سولفیداکسیدو رودوکتاز قوی است که برای سیستم آنزیمی آنتی‌اکسیدانی اهمیت فراوانی دارد. علاوه بر اینکه مرکز حفظ سطح آنتی‌اکسیدان‌های مختلف و پراکسیدازهای آنزیمی است، ضمن مقابله با شرایط اکسیداتیو و مرگ سلولی بر عوامل رشد سلولی نیز تأثیر دارد (۱۱). از سوی دیگر، آنزیم PON-1 نیز آنتی‌اکسیدان مؤثر دیگری است که مقادیر شاخص‌های فشار اکسایشی را تغییر می‌دهد. پاراکسوناز-۱ آنزیمی است که در کبد تولید شده و از طریق تعامل با HDL و LDL مانع از اکسایش چربی‌های موجود در آن‌ها می‌شود (۱۲)؛ بنابراین مطالعه و شناخت پاسخ‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به وضعیت ردوکس و استرس اکسیداتیو بدن به‌ویژه در سنین سالمندی اهمیت دارد که در پژوهش حاضر نیز با توجه به اهداف مدنظر به بخشی از این ضروریات پرداخته شده است. در این راستا، نتایج پژوهش نادری و همکاران حاکی از آن است که اثر ترکیبی HIIT همراه با مصرف چای سبز در کاهش معنادار پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش معنادار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مؤثرتر از اثر جداگانه غیر-معنادار HIIT و چای سبز در زنان میانسال دارای اضافه‌وزن است (۱۳). سلیمی آوانسر و همکاران تأکید کردند که HIIT بهتر از تمرینات استقامتی التهاب را کاهش می‌دهد (۱۴). از طرفی، به دلیل اینکه در HIIT مصرف اکسیژن ۱۰ تا ۲۰ نسبت به زمان استراحت است، احتمال ارتباط بین پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و تولید رادیکال‌های آزاد و عوامل التهابی وجود دارد (۱۱)؛ بنابراین از طرفی به دلیل نبود پیشینه قوی و وجود اطلاعات اندک و نتایج متناقض نمی‌توان با قاطعیت در مورد اثرات ترکیبی و جداگانه HIIT و مصرف چای سبز بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و التهابی افراد چاق سالمند، به نتیجه‌گیری منسجم پرداخت. از طرف دیگر، انتخاب مداخله تمرینی همراه با مکمل غذایی مناسب برای افزایش ظرفیت دستگاه آنتی‌اکسیدانی و کاهش سیتوکین‌های التهابی در افراد چاق سالمند می‌تواند گامی مؤثر در کاهش عوارض چاقی در این افراد باشد؛ چراکه سالمندی دوره چالش برانگیز بر دستگاه‌های بدن است؛ به‌ویژه اگر چاقی و نبود فعالیت بدنی نیز بر این دوره سایه اندازد؛ بنابراین پژوهش حاضر درصدد پاسخ‌گویی به این سؤال اصلی است تا با بهره‌گیری از نتایج حاصل شده در

1. Interleukin-6
2. Interleukin- $1\beta$
3. Paraoxonase-1 (PON-1)



پیشینه مطالعات در این زمینه، تقویت شود و در مقایسه با گذشته دورنمای علمی قوی‌تری پیش روی محققان آتی گذاشته شود: آیا اثر ترکیبی هشت هفته HIIT و مصرف چای سبز بر غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (تیوردوکسین رودوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱)، نشانگرهای التهابی ( $IL-1\beta$  و  $IL-6$ ) و GAL سرم مردان چاق سالمند تمرین‌نکرده، معنادار است؟ به مرحله اجرا درآمد

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی دوسوکور با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود که با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری پژوهش، مردان سالمند شهر یزد بودند. پس از اطلاع‌رسانی درمورد پژوهش، ۱۰۳ نفر داوطلب مایل به شرکت در پژوهش ثبت‌نام شدند. براساس معیارهای ورود به پژوهش، ۶۷ نفر دارای شرایط لازم ورود به مطالعه بودند. حجم نمونه با توجه به مطالعات قبلی و براساس انحراف معیار، توان آزمون ۸۰ درصد و میزان اطمینان ۹۵ درصد، ۴۴ نفر تعیین شد. با در نظر گرفتن احتمال ریزش آزمودنی‌ها در طول مطالعه، حجم نمونه در مجموع ۴۸ نفر تعیین شد. به منظور رعایت اصول اخلاق در پژوهش، قبل از شروع مطالعه، مراحل اجرایی مطالعه و اهمیت پژوهش برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و همه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در مطالعه و نیز پرسش‌نامه جمعیت‌شناختی، سبک زندگی و سابقه پزشکی را تکمیل و امضا کردند. در ادامه از طریق نمونه‌گیری تصادفی ساده، ۴۸ نفر آزمودنی در چهار گروه شامل HIIT (۱۲ نفر)، HIIT با مصرف چای سبز (۱۲ نفر)، مصرف چای سبز (۱۲ نفر) و کنترل-دارونما (۱۲ نفر) قرار گرفتند.

معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بود از: دامنه سنی ۶۰ تا ۷۰ سال، جنسیت مذکر، شاخص توده بدن بیشتر از ۲۹/۹۹ کیلوگرم بر متر مربع، مبتلانی بودن به بیماری‌های خاص بالینی و متابولیک، مصرف نکردن دخانیات و مشروبات الکلی، مصرف نکردن مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و مولتی ویتامین، نداشتن سابقه انجام فعالیت بدنی منظم در ۱۲ ماه قبل از شروع مطالعه (بررسی از طریق پرسش‌نامه بین‌المللی فعالیت فیزیکی<sup>۱</sup> (IPAQ))، نداشتن محدودیت حرکتی و منع پزشکی برای شرکت در فعالیت‌های بدنی. معیارهای خروج آزمودنی‌ها از مطالعه نیز عبارت بود از: شرکت در فعالیت‌های بدنی دیگر در طول هشت هفته پژوهش، تغییر رژیم غذایی، غیبت بیش از دو جلسه در جلسات تمرینی، مصرف نامنظم چای سبز، ابتلا به بیماری‌های خاص یا سایر بیماری‌های منع‌کننده فعالیت‌های بدنی. شایان ذکر است در هفته دوم یک نفر از گروه کنترل به دلایل شخصی از ادامه همکاری انصراف داد.

### 1. International Physical Activity Questionnaire



قبل از شروع مداخله، از همه شرکت‌کنندگان خواسته شد تا از هرگونه تغییر در رژیم غذایی روزانه خود در طول مطالعه اجتناب کنند و همچنین از مصرف هر محصولی که حاوی چای سبز باشد و متخصص تغذیه مصرف آن را منع کرده است، خودداری کنند. آزمودنی‌ها پرسش‌نامه یادآمد رژیم غذایی را (یک روز هفته و یک روز آخر هفته) قبل و بعد از مداخله تکمیل کردند. برای کاهش دادن اثر سایر محصولات غذایی با محتوای پلی‌فنول زیاد، از آزمودنی‌ها خواسته شد مصرف میوه، آب میوه، چای، شکلات و کاکائو را به مدت ۴۸ ساعت قبل و بعد از نمونه‌گیری خون (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) محدود کنند. در طول مطالعه، آزمودنی‌ها ۴۵۰ میلی‌گرم چای سبز یا دارونما (شش کپسول در روز یعنی دو کپسول با صبحانه، ناهار و شام) دریافت کردند. ترکیب کپسول چای سبز با HPLC آنالیز شد که در جدول شماره یک آورده شده است. در مجموع، مصرف کپسول‌های حاوی چای سبز روزانه ۱۰۴ میلی‌گرم کافئین و ۵۷۳ میلی‌گرم کاتچین را شامل می‌شد که ۳۲۳ میلی‌گرم آن اپی‌گالوکاتچین گالات بود. کپسول‌های چای سبز و کپسول‌های دارونما از همه نظر (شکل، اندازه و رنگ) مشابه بودند. برای جلوگیری از تداخل احتمالی در نتایج، زمان‌بندی و دوز مصرفی چای سبز به این شکل رعایت شد که در زمان وعده‌های صبحانه، ناهار و شام به آزمودنی‌های مصرف‌کننده چای سبز و دارونما یادآوری می‌شد که دو کپسول چای سبز یا دارونما را مصرف کنند. همچنین برای اطمینان نسبی از مصرف چای سبز از آزمودنی‌ها خواسته شد بعد از وعده‌ها، مصرف چای سبز را اطلاع دهند. با توجه به اهمیت کورسازی که به محقق این امکان را می‌دهد اثرات عوامل مزاحم بر نتایج پژوهش را کنترل کند، در پژوهش حاضر فرایند کورسازی به این شکل اجرا شد: ۱- محل تمرین گروه‌های مداخله جدا بود، ۲- گروه‌های مصرف‌کننده چای سبز و دارونما از محتویات کپسول‌های مصرفی یکدیگر اطلاع نداشتند، ۳- گروه‌بندی افراد و اجرای تمرین توسط مربی متخصص به غیر از پژوهشگران اصلی صورت گرفت، ۴- متخصص آمار زیستی که اطلاعی از ماهیت داده‌ها نداشت، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها را انجام داد. با توجه به زمان‌بندی طرح پژوهش، ۴۸ ساعت قبل از شروع اولین جلسه تمرین، آزمودنی‌ها برای سنجش ویژگی‌های آنترپومتریک (قد، وزن و ترکیب بدن) و نمونه‌گیری خونی به آزمایشگاه مراجعه کردند. برنامه HIIT مطابق جدول شماره دو به مدت هشت هفته اجرا شد (۱۵). برنامه تمرینی در ساعت ۱۸ عصر در روزهای شنبه، دوشنبه و چهارشنبه اجرا شد. تعداد کل جلسه‌های تمرین ۲۴ جلسه بود که در مدت هشت هفته انجام شد. شکل اجرای تمرین به صورت دوهای تناوبی سرعتی با استراحت غیرفعال بین تکرارها و ست‌ها اجرا شد. تمامی شرایط از قبیل درجه حرارت



محیط، زمان اجرای تمرین و طول دوره برای آزمودنی‌ها یکسان بود. قبل و بعد از شروع هر جلسه تمرینی، ۱۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن انجام شد.

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

**Table 1- Composition of green tea capsules and placebo (mg/capsule)**

دارونما Placebo	چای سبز Green Tea	
	17.25	کافئین Caffeine
	95.46	کاتچین کل Total Catechin
	1.01	کاتچین Catechin
	5.76	اپی کاتچین Epicatechin
	1.11	گالوکاتچین Gallocatechin
	3.77	اپی گالوکاتچین Epigallocatechin
	0.81	کاتچین گالات Catechin Gallate
	20.74	اپی کاتچین گالات Epicatechin Gallate
	8.45	گالوکاتچین گالات Gallocatechin Gallate
	53.81	اپی گالوکاتچین گالات Epigallocatechin Gallate
450	337.29	بی‌اثر Ineffective
450	450	کل Total



جدول ۲- پروتکل تمرین تناوبی شدید

Table 2- High Intensity Interval Training protocol (HIIT)

استراحت بین ست‌ها (ثانیه) Rest Between Set (S)	استراحت بین تکرارها (ثانیه) Rest Between Repetiti ons (S)	شدت تمرین Intensity of Training	تعداد تکرار Repetiti ons NO	تعداد ست Set NO	زمان (ثانیه) Time	شکل تمرین Type of Training	هفته‌ها weeks
240	60	90% HRR	3	3	30	دویدن تناوبی سرعتی Speed interval running	1-2
240	60	90% HRR	5	4	30	دویدن تناوبی سرعتی Speed interval running	3-4
240	60	90% HRR	6	5	30	دویدن تناوبی سرعتی Speed interval running	5-6
240	60	90% HRR	6	5	30	دویدن تناوبی سرعتی Speed interval running	7-8

با گذشت ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی، برای از بین رفتن اثرهای کوتاه‌مدت جلسه آخر تمرین، دوباره از همه آزمودنی‌ها مانند مرحله اول خون‌گیری شد و اندازه‌گیری‌های مرتبط انجام شد. نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت قبل و بعد از آخرین جلسه تمرینی در محل آزمایشگاه گرفته شدند. سپس نمونه‌های گرفته‌شده در لوله‌های مخصوص سرم ریخته شدند و در دستگاه سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ به مدت پنج دقیقه قرار داده شدند. در ادامه، سرم جدا و فریز شد و در یخچال در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش‌های مرتبط نگهداری شد.

وزن و قد آزمودنی‌ها توسط ترازوی پزشکی سکا مدل ۷۵۵ مجهز به قدسنج، بدون کفش و جوراب با حداقل لباس بعد از هشت ساعت ناشتایی اندازه‌گیری شد. ترکیب بدنی افراد با استفاده از دستگاه



تجزیه و تحلیل ترکیبات بدن مدل jawon X scan plus 970 ساخت کره جنوبی اندازه‌گیری شد. برای برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max)، از پروتکل راه‌رفتن راکپورت استفاده شد؛ بنابراین از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پس از گرم کردن بدن، مسافت یک مایل (۱۶۰۹ متر) را با سرعت ممکن راه بروند. ضربان قلب آزمودنی‌ها به کمک ضربان‌سنج الکترونیکی مدل پولار برای مدت‌زمان ۱۵ ثانیه بلافاصله پس از پایان مسافت یک مایل، ثبت شد. سپس برای محاسبه VO2max از فرمول زیر استفاده شد (۱۶):

$$\text{VO2max} = 132/85 - (0/1692 \times \text{وزن بدن}) - (0/3877 \times \text{سن}) + (6/315 \times \text{جنسیت}) - \\ (\text{ml/kg/min}) \\ (\text{ضربان قلب} \times 0/1565) - (\text{زمان} \times 3/2649)$$

در این فرمول وزن بدن فرد برحسب کیلوگرم، سن برحسب سال، جنسیت (مردان= ۱ و زنان= صفر)، زمان کامل کردن یک مایل برحسب دقیقه و ضربان قلب پس از انجام این تست برحسب ضربه بر دقیقه وارد شد.

غلظت گالانین سرم با استفاده از روش الایزا و کیت تجاری گالانین شرکت ووهان چین (Catalog Number CEB084Hu-Wuhan USCN Business Co., Ltd) با میزان حساسیت ۵/۲۵ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، دامنه تغییرات ۱۲/۳۵ تا ۱۰۰۰ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درونی و بیرونی به ترتیب کمتر از ۱۲ درصد و ۱۰ درصد اندازه‌گیری شد. میزان TRX-1 با استفاده از روش الایزا و کیت تجاری تیوردوکسین رودوکتاز-۱ ساخت کشور آمریکا (TRX; Cloud-Clone Corp, SEA702Hu, USA) با میزان حساسیت ۰/۵۷ نانوگرم بر میلی‌لیتر، دامنه تغییرات ۱/۵۶ تا ۱۰۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درونی و بیرونی به ترتیب کمتر از ۱۲ درصد و ۱۰ درصد اندازه‌گیری شد. مقادیر سرمی PON1 با استفاده از روش الایزا و کیت تجاری PON1 (DIY ELISA Kit HumanParaoxonase 1, MBS2088491) شرکت MyBioSource آمریکا با حساسیت ۱/۳۹ نانوگرم بر میلی‌لیتر، دامنه تغییرات ۳/۱۲ تا ۲۰۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درونی و بیرونی به ترتیب کمتر از ۷/۶ درصد و ۵/۴ درصد اندازه‌گیری شد. مقادیر سرمی IL-6 با استفاده از روش الایزا و کیت تجاری IL-6 (Human IL-6 ELISA Pro kit) شرکت Mabtech، Inc کشور سوئد با حساسیت ۲ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، دامنه تغییرات ۱۰ تا ۳۱۶۰ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درونی و بیرونی به ترتیب کمتر از ۸/۳ درصد و ۵/۷ درصد اندازه‌گیری شد. مقادیر سرمی IL-1β با استفاده از روش الایزا و کیت تجاری IL-1β (Human IL-1β ELISA Pro kit) شرکت Mabtech، Inc کشور سوئد با حساسیت ۰/۴ پیکوگرم بر میلی‌لیتر، دامنه تغییرات ۱۰ تا ۳۱۶



پیکوگرم بر میلی‌لیتر و ضریب تغییرات درونی و بیرونی به ترتیب کمتر از ۲۱/۲ درصد و سه درصد اندازه‌گیری شد.

داده‌ها به صورت میانگین و انحراف استاندارد بیان شدند. طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون آماری شاپیرو-ویلک<sup>۱</sup> تأیید شد. تجانس واریانس‌ها از طریق آزمون لون<sup>۲</sup> بررسی شد. برای بررسی تغییرات درون گروهی، بین گروهی و مقایسه دو به دو گروه‌ها به ترتیب از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر<sup>۳</sup>، تحلیل کواریانس دوره‌ها<sup>۴</sup> و آزمون توکی<sup>۵</sup> استفاده شد. سطح معناداری برای تمام محاسبات  $\alpha=0.05$  در نظر گرفته شد و تمام محاسبات با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

در پژوهش حاضر موازین اخلاقی حاکم بر پژوهش از جمله رضایت آگاهانه، رازداری، رعایت حریم خصوصی شرکت‌کنندگان، حراست آزمودنی‌ها در برابر فشارها، آسیب‌ها و خطرهای جسمی و روانی و آگاهی از نتیجه رعایت شد. پژوهش حاضر دارای تأییدیه کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه یزد با کد IR.YAZD.REC.1401.028 است.

## نتایج

میانگین و انحراف استاندارد پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشخصات جسمانی گروه‌های پژوهش در جدول شماره سه گزارش شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد، بین گروه‌ها در مرحله پیش‌آزمون در مشخصات جسمانی تفاوت معناداری وجود نداشت ( $P>0.05$ ) و گروه‌ها از این لحاظ همگن بودند. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که توزیع تمام متغیرهای مطالعه طبیعی بود ( $P>0.05$ ). قبل از مداخله و در پیش‌آزمون، مصرف انرژی روزانه گروه‌ها از لحاظ درشت‌مغذی‌ها (کربوهیدرات، چربی و پروتئین) اختلاف معناداری نداشت ( $P>0.05$ ). در طول دوره مداخله مصرف درشت‌مغذی‌ها افزایش داشت، اما تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد ( $P>0.05$ ). براساس نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر به منظور بررسی تفاوت درون گروهی به تفکیک گروه‌ها (جدول شماره سه)، مشخص شد که در گروه HIIT و HIIT همراه با مصرف چای سبز بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون متغیرهای وزن بدن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و  $VO_{2max}$  تفاوت معنادار وجود داشت ( $P<0.05$ ). در گروه مصرف چای سبز فقط بین مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون درصد چربی بدن تفاوت معنادار

1. Shapiro-Wilk
2. Leven's Test
3. Analysis of variance with repeated measures
4. Two-way ANCOVA
5. Tukey's test



مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). بیشترین درصد تغییرات (افزایش) معنادار شاخص  $VO_{2max}$  (۹/۲۲ درصد) و بیشترین درصد تغییرات (کاهش) معنادار وزن بدن (۳/۵۰ درصد)، شاخص توده بدن (۳/۵۰ درصد) و درصد چربی بدن (۱۱/۰۷ درصد) از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، همگی به گروه HIIT همراه با مصرف چای سبز در مقایسه با سایر گروه‌ها مربوط بود.

نتایج درج‌شده در جدول شماره سه نشان می‌دهد که تفاوت معنادار بین گروهی براساس تفاضل میانگین‌ها در متغیرهای وزن بدن ( $P = 0.001$ )، شاخص توده بدن ( $P = 0.001$ )، درصد چربی بدن ( $P = 0.012$ ) و  $VO_{2max}$  ( $P = 0.018$ ) وجود داشت؛ به‌طوری‌که نتایج آزمون تعقیبی توکی مشخص کرد که تفاوت معنادار در متغیرهای وزن بدن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و  $VO_{2max}$  بین گروه HIIT همراه با مصرف چای سبز با گروه مصرف چای سبز و کنترل بود ( $P < 0.05$ ). به‌علاوه بین گروه HIIT با گروه مصرف چای سبز و کنترل در متغیرهای وزن بدن، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و  $VO_{2max}$  تفاوت معنادار مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). همچنین بین گروه HIIT همراه با مصرف چای سبز با گروه HIIT در متغیرهای مذکور تفاوت معنادار به دست آمد ( $P < 0.05$ ).





جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد برخی متغیرهای توصیفی آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

Table 3- Mean and standard deviation of some descriptive variables of the subjects (Mean  $\pm$  Standard deviation)

نتایج بین گروهی Between groups results		کنترل Control	تمرین با چای سبز Training with green tea	چای سبز Green tea	تمرین Training	متغیر Variable
P	F					
0.909	0.181	65.43 $\pm$ 3.16	65.08 $\pm$ 3.60	66.00 $\pm$ 2.86	65.33 $\pm$ 3.20	سن Age (years)
0.820	0.307	174.09 $\pm$ 4.85	173.42 $\pm$ 4.56	175.08 $\pm$ 3.63	174.25 $\pm$ 4.02	قد Height (Cm)
0.110	0.410	95.71 $\pm$ 6.92	97.26 $\pm$ 6.83	96.81 $\pm$ 4.37	98.08 $\pm$ 6.42	وزن Weight (kg)
*0.001	61.270	96.26 $\pm$ 6.92	93.79 $\pm$ 5.46	95.97 $\pm$ 4.24	95.83 $\pm$ 6.39	Pre Post PC P
		-0.57	3.50	0.86	2.27	
		0.102	*0.011	0.093	*0.031	
0.657	0.387	31.54 $\pm$ 1.00	32.31 $\pm$ 1.23	31.58 $\pm$ 1.20	32.26 $\pm$ 1.07	شاخص توده بدن BMI (kg/m <sup>2</sup> )
		31.72 $\pm$ 0.97	31.18 $\pm$ 1.05	31.36 $\pm$ 1.17	31.52 $\pm$ 0.95	Pre Post PC P
*0.001	61.270	-0.57	3.50	0.86	2.27	
		0.102	*0.011	0.093	*0.031	
0.921	1.487	33.09 $\pm$ 2.70	32.33 $\pm$ 2.53	33.25 $\pm$ 2.45	34.58 $\pm$ 2.50	درصد چربی بدن Body Fat Percentage (%)
		33.55 $\pm$ 2.74	28.75 $\pm$ 2.22	32.14 $\pm$ 2.40	31.92 $\pm$ 2.35	Pre Post PC P
*0.012	122.160	-1.47	11.07	2.76	7.71	
		0.067	*0.001	*0.026	*0.013	
0.104	0.411	31.65 $\pm$ 5.09	30.81 $\pm$ 4.35	32.08 $\pm$ 4.27	31.46 $\pm$ 5.11	حداکثر اکسیژن مصرفی VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)
		31.60 $\pm$ 5.07	33.94 $\pm$ 5.10	32.37 $\pm$ 4.35	33.70 $\pm$ 5.86	Pre Post PC P
*0.018	73.164	-0.16	9.22	0.90	6.65	
		0.246	*0.037	0.145	*0.047	

Pre: پیش‌آزمون-Pre-test، Post: پس‌آزمون-Pos-test، PC: درصد تغییرات-Percentage of Changes

‡ تفاوت معنادار درون گروهی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون ( $P < 0.05$ )

‡ Significant difference within groups from pre-test to post-test ( $P < 0.05$ )

\* تفاوت معنادار بین گروهی براساس تفاضل میانگین‌ها ( $P < 0.05$ )

\* Significant difference between groups based on mean difference ( $P < 0.05$ )

نتایج آزمون تحلیل کواریانس دوراهه براساس تغییرات ایجادشده از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در جدول شماره چهار حاکی از آن است که اثر ترکیبی هشت هفته HIIT و مصرف چای سبز باعث افزایش معنادار سطوح سرمی TRx-1 ( $P=0.0001$ ) و PON-1 ( $P=0.0001$ ) شد. سطوح سرمی IL-1 $\beta$  ( $P=0.001$ )، IL-6 ( $P=0.002$ ) و گالانین ( $P=0.010$ ) به دنبال هشت هفته مداخله هم‌زمان HIIT و مصرف چای سبز کاهش معنادار داشتند. همچنین نتایج درج‌شده در جدول شماره چهار نشان می‌دهد که هشت هفته مداخله HIIT به‌تنهایی نیز باعث افزایش معنادار سطوح سرمی TRx-1 ( $P=0.002$ ) و PON-1 ( $P=0.0001$ ) و کاهش معنادار سطوح سرمی IL-1 $\beta$  ( $P=0.011$ )، IL-6 ( $P=0.003$ ) و گالانین



(P=0.019) شد. مصرف چای سبز به تنهایی با ایجاد تغییرات در متغیرهای بیوشیمیایی مطالعه شده همراه بود، ولی این تغییرات معنادار نشد ( $P>0.05$ ). به علاوه، براساس نتایج تحلیل واریانس با اندازه-گیری مکرر (اثر درون گروهی) مشاهده شد که بیشترین درصد تغییرات (افزایش) معنادار در سطوح سرمی TRx-1 (۲۰/۹۷ درصد) و PON-1 (۲۶/۱۵ درصد) و بیشترین درصد تغییرات (کاهش) معنادار در سطوح سرمی IL-1 $\beta$  (۲۵/۸۷ درصد)، IL-6 (۲۳/۷۱ درصد) و GAL (۱۰/۸۶ درصد) از پیش آزمون تا پس آزمون به گروه HIIT همراه با مصرف چای سبز مربوط بود (جدول شماره چهار). نتایج بین گروهی براساس تفاضل میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح سرمی TRX-1، PON-1، IL-1 $\beta$ ، IL-6 و GAL چهار گروه تفاوت معنادار وجود داشت ( $P>0.05$ )؛ به طوری که نتایج آزمون توکی نشان داد تفاوت معنادار بین گروهی در متغیرهای مذکور بین گروه‌های HIIT و HIIT همراه با چای سبز با گروه‌های مصرف چای سبز و کنترل بود ( $P<0.05$ ) (شکل‌های شماره یک و شماره دو).

جدول ۴- توصیف و مقایسه مقادیر سرمی تیوردوکسین ردوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱، اینترلوکین یک بتا،

اینترلوکین شش و گالانین در گروه‌های مطالعه شده

**Table 4- Description and comparison of serum levels of TRx-1, PON-1, IL-1 $\beta$ , IL-6 and Galanin in the studied groups**

نتایج کوواریانس دوره Two-way covariance results E×GT GT E	کنترل Control	تمرین با چای سبز Training with green tea	چای سبز Green tea	تمرین Training	متغیر Variable
*0.0001 0.073 *0.002	1.65 ± 0.28	1.67 ± 0.25	1.69 ± 0.26	1.64 ± 0.27	Pre
	1.63 ± 0.27	2.01 ± 0.27	1.74 ± 0.27	1.91 ± 0.29	Post
	1.53 0.101	-20.97 ‡0.0001	-3.03 0.055	-16.98 ‡0.0001	PC P
*0.0001 0.086 *0.0001	62.45 ± 19.62	63.08 ± 16.76	62.58 ± 18.79	61.17 ± 16.94	Pre
	61.18 ± 19.59	78.58 ± 17.19	64.66 ± 18.84	71.92 ± 17.83	Post
	2.25	-26.15	-3.63	-19.05	PC
	0.263	‡0.0001	0.057	‡0.0001	P



ادامهٔ جدول ۴- توصیف و مقایسه مقادیر سرمی تیوردوکسین ردوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱، اینترلوکین یک بتا، اینترلوکین شش و گالانین در گروه‌های مطالعه‌شده

**Table 4- Description and comparison of serum levels of TRx-1, PON-1, IL-1 $\beta$ , IL-6 and Galanin in the studied groups**

نتایج کوواریانس دوره Two-way covariance results E×GT GT E	نتایج کوواریانس دوره Two-way covariance results	کنترل Control	تمرین با چای سبز Training with green tea	چای سبز Green tea	تمرین Training	متغیر Variable
*0.001 0.102 *0.011	4.86 ± 1.55	4.63 ± 1.53	4.71 ± 1.48	4.54 ± 1.11	Pre	اینترلوکین
	4.89 ± 1.55	3.42 ± 1.26	4.63 ± 1.47	3.81 ± 1.06	Post	یک بتا
	-0.62	25.87	1.61	16.30	PC	IL-1 $\beta$
	0.174	‡0.0001	0.083	‡0.0001	P	(pg/ml)
*0.002 0.114 *0.003	5.66 ± 1.61	5.87 ± 1.57	5.72 ± 1.45	5.95 ± 1.48	Pre	اینترلوکین
	5.68 ± 1.61	4.55 ± 1.51	5.68 ± 1.45	4.91 ± 1.45	Post	شش
	-0.38	23.71	0.76	18.37	PC	IL-6
	0.324	‡0.0001	0.091	‡0.0001	P	(pg/ml)
*0.010 0.149 * 0.019	108.73 ± 11.80	105.83 ± 12.38	109.83 ± 11.98	107.67 ± 10.63	Pre	گالانین
	109.45 ± 11.97	94.33 ± 11.55	107.80 ± 11.81	101.42 ± 10.31	Post	Galanin
	-0.68	10.86	1.81	5.79	PC	(pg/ml)
	0.232	‡0.0001	0.064	‡0.002	P	

Pre: پیش‌آزمون-Pre-test, Post: پس‌آزمون-Pos-test, PC: درصد تغییرات-Percentage of Changes

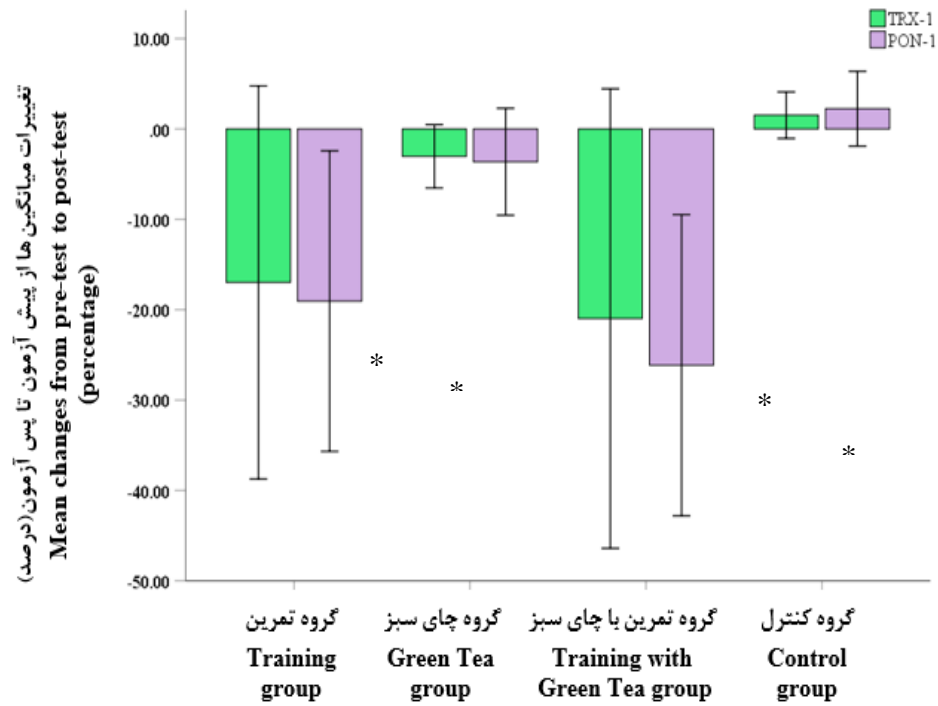
‡ تفاوت معنادار درون‌گروهی (p<0.05), (p<0.05)

\* تفاوت معنادار بین‌گروهی (p<0.05), (p<0.05)

E: اثر اصلی تمرین-Main effect of exercise; GT: اثر اصلی چای سبز-Main effect of green tea

E×GT: اثر ترکیبی تمرین و چای سبز-Interactive effect of exercise and green tea





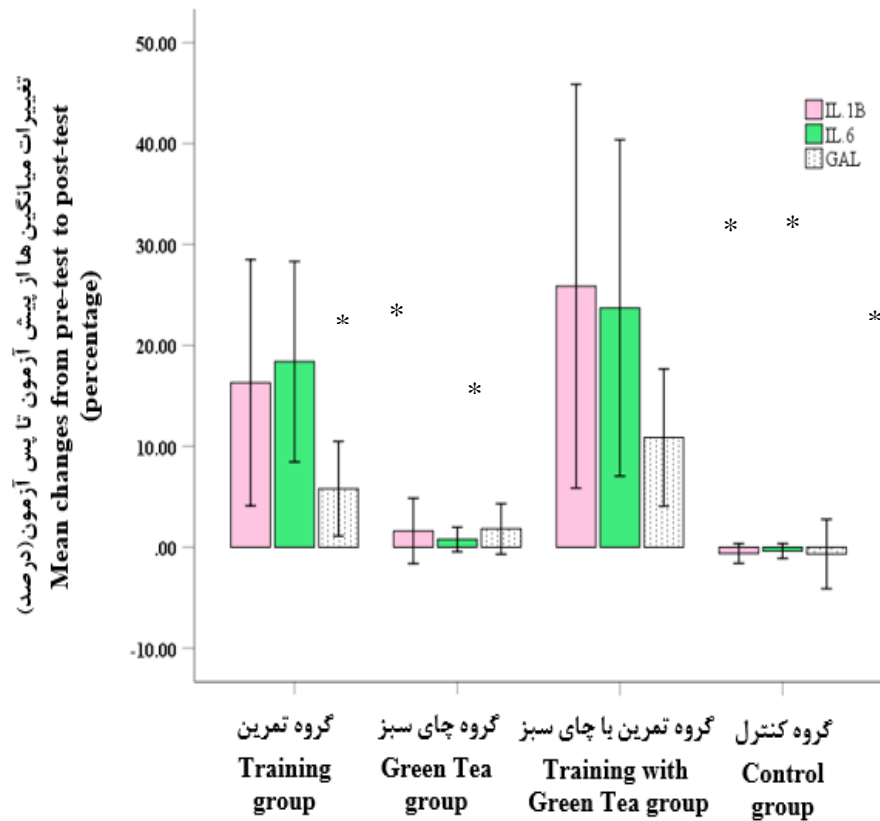
شکل ۱- درصد تغییرات مقادیر TRX-1 و PON-1 در چهار گروه

Figure 1- Percentage changes values of TRX-1 and PON-1 in four groups

\* تفاوت معنادار با گروه چای سبز و گروه کنترل ( $P < 0.05$ )

\* Significant difference with green tea group and control group ( $P < 0.05$ )





شکل ۲- درصد تغییرات مقادیر IL-1β، IL-6 و GAL در چهار گروه

Figure 2- Percentage changes values of IL-1β, IL-6 and GAL in four groups.

\*تفاوت معنادار با گروه چای سبز و گروه کنترل ( $P < 0.05$ )

\* Significant difference with green tea group and control group ( $P < 0.05$ )

### بحث و نتیجه‌گیری

امروزه از HIIT با توجه به تنوع، جذابیت، سازگاری متابولیک بیشتر، مفید در کاهش وزن و کارایی بیشتر آن در کاهش چربی، به جای تمرینات استقامتی سنتی استفاده می‌شود؛ البته این تمرینات می‌تواند موجب تولید رادیکال‌های آزاد در عضلات اسکلتی و بافت‌های دیگر بدن شود. مصرف گیاهان دارویی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی از جمله چای سبز همراه با این تمرینات، پاسخ‌های



دستگاه‌های بدن ناشی از ورزش را دستخوش تغییرات می‌کند. براساس نتایج پژوهش حاضر، هشت هفته تمرین HIIT و مصرف چای سبز (ترکیبی و جداگانه) موجب تغییرات معنادار در غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (تیوردوکسین رودوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱)، نشانگرهای التهابی ( $\beta$ -1 IL و IL-6) و GAL سرم مردان سالم چاق تمرین‌نکرده شد، اما تغییرات در گروه ترکیبی یعنی HIIT همراه با مصرف چای سبز بیشتر بود.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر، افزایش معنادار غلظت آنزیم‌های تیوردوکسین رودوکتاز-۱ و پاراکسوناز-۱ به دنبال هشت هفته HIIT همراه با مصرف چای سبز بود؛ این در حالی است که در گروه HIIT نیز افزایش معنادار مشاهده شد، ولی تغییرات (افزایش) در گروه ترکیبی بیشتر بود. در واقع علت افزایش فعالیت این آنزیم‌ها می‌تواند پاسخ جبرانی به‌منظور مقابله با افزایش فشار اکسایشی ناشی از تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد باشد. به نظر می‌رسد که انجام HIIT با اختصاص زمان کمتر و تأثیر بر رادیکال‌های آزاد و نیز مصرف اکسیژن حین دوره ریکاوری پس از تمرین شدید به تقویت دستگاه آتی‌اکسیدانی منجر می‌شود (۱۷) و مصرف چای سبز همراه با HIIT اثر تعاملی و هم‌افزایی بر تقویت دستگاه آنتی‌اکسیدانی بدن ناشی از ورزش می‌گذارد. از نتایج همسو با نتایج پژوهش حاضر درمورد اثر تمرین و مصرف چای سبز بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌توان به نتایج مطالعات کاظمی و همکاران (۱۷)، شهیدی و همکاران (۱۸) و جوکو<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹) اشاره کرد؛ زیرا در چاقی، به‌ویژه چاقی شکمی با افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش توانایی آنتی‌اکسیدانی بدن مواجه هستیم و چاقی میزان استرس اکسیداتیو عضله قلبی و پراکسیداسیون لیپیدی را افزایش می‌دهد (۲۰) و استرس اکسیداتیو، گونه‌های فعال اکسیژن (آنیون سوپراکسید ( $O_2^-$ ))، رادیکال‌های هیدروکسیل (OH-) و پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) می‌توانند باعث آسیب گسترده به اجزای سلولی مانند لیپیدهای غشاء، آنزیم‌های میتوکندری و DNA شوند (۲۱) و این رادیکال‌های اکسیژن ممکن است از فرایندهای بیولوژیک مختلف در بدن مشتق شوند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای حذف گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند (۲۲). فرض بر این است که تمرین ورزشی ممکن است این آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را برای تقویت بیشتر مقاومت بافت‌های عضلانی در برابر آسیب اکسیداتیو تحریک کند (۲۱).

در مطالعات گذشته نشانه‌های قوی یافت می‌شود مبنی بر اینکه تمرین با شدت زیاد به تشکیل رادیکال‌های آزاد در عضلات انسان منجر می‌شود. این نوع تمرین به حداکثر میزان تولید انرژی از

## 1. Jowko



طریق دفسفوریلایسیون آدنوزین تری فسفات و کراتین فسفات از طریق گلیکولیز نیاز دارد؛ درحالی که سیستم‌های انرژی اکسیداتیو عمدتاً در فازهای استراحت بین دو سرعت برای بازیابی ذخایر انرژی موردنیاز هستند. میزان زیاد گردش انرژی که در عضله فعال در حین تمرینات دویدن متناوب نیاز است، ممکن است سطح مشخصی از استرس اکسیداتیو را القا کند (۲۲). در مدل‌های حیوانی، میزان تولید رادیکال‌های آزاد در عضله نیز با افزایش شدت تمرین افزایش می‌یابد. از آنجاکه در این پژوهش سطح آنزیم آنتی‌اکسیدان به‌طور چشمگیری بالاتر از سطوح قبل از تمرین بعد از هفته هشتم تمرین بود، به نظر می‌رسد که تمرینات با شدت زیاد، سطح بیشتری از استرس اکسیداتیو را بر عضله تحمیل می‌کرد؛ بنابراین براساس پژوهش‌های قبلی می‌توان پیشنهاد کرد که سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در عضله با مصرف اکسیژن بافت مرتبط است (۲۲). استفاده از چای سبز علاوه بر خنثی کردن استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش می‌تواند راهبرد مناسبی برای مقابله با استرس اکسیداتیو ناشی از چاقی نیز باشد (۱۵). تصور می‌شود که چای سبز می‌تواند اثرات آنتی‌اکسیدانی مستقیم و غیرمستقیم را بر سیستم قلبی عروقی اعمال کند (۲۳). فعالیت آنتی‌اکسیدانی چای سبز از طریق مهار ROS، مهار آنزیم‌های پرواکسیدان و القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نمایان می‌شود. به‌طور کلی مطالعات انسانی و حیوانی گزارش کرده‌اند که چای سبز می‌تواند نشانگرهای زیستی استرس اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما را افزایش دهد (۲۳). مکانیسم مهار رادیکال‌های آزاد توسط چای سبز ممکن است شامل تغییر مکان الکترون‌ها، تشکیل پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی و بین‌مولکولی و بازآرایی مولکول‌ها باشد که ممکن است در اکسیداسیون دخیل باشند. به دلیل تعداد و آرایش گروه‌های هیدروکسیل در چای سبز، ترکیبات فنولی چای سبز اهداکننده‌های عالی الکترون و جذب‌کننده کارآمد رادیکال‌های آزاد مانند آنیون‌های سوپراکسید، اکسیژن منفرد، اکسید نیتریک (NO) و پراکسی نیتريت هستند. همان‌طور که اشاره شد، با توجه به اینکه بیشتر مطالعات قبلی اثرات آنتی‌اکسیدانی چای سبز و نقش آن را در مهار رادیکال‌های آزاد نشان داده‌اند، اما چندین مطالعه حیوانی و انسانی اثر معنادار چای سبز بر فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های پلاسما را نشان ندادند که مغایر با نتایج پژوهش حاضر است (۲۴، ۲۵). پیشنهاد شده است که این مغایرت نتایج می‌تواند به دلیل غلظت ناکافی ترکیبات فنولی در گردش چای سبز باشد که برای اعمال اثر آنتی‌اکسیدانی در داخل بدن لازم است (۲۶) و همچنین اختلاف در یافته‌های بین مطالعات نشان

## 1. Reactive Oxygen Species



می‌دهد که نوع، فراوانی و شدت تمرین استفاده‌شده در تمرین ممکن است بر پاسخ در سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی تأثیر بگذارد.

هنگام تمرینات تناوبی شدید متابولیسم پورین با افزایش سطح گزانتین اکسیداز همراه می‌شود که به بالا رفتن فشار اکسایشی منجر می‌شود و در زمان ریکاوری با فعالیت متابولیسم هوازی موجب ایجاد سازگاری دفاع ضد اکسایشی می‌شود. متابولیسم هوازی در زمان ریکاوری بین وهله‌های تناوبی شدید با تنظیم کاهشی سیتوکروم اکسیداز و افزایش استفاده از کوآنزیم Q به‌عنوان یک گیرنده الکترون به کاهش استفاده از اکسیژن برای تبدیل به رادیکال سوپراکسید منجر می‌شود. علاوه بر این، نشان داده شده است که در تمرینات شدید، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نشان‌دهنده حرکت آنزیم‌های ضد اکسایشی از منابع ذخیره و تقویت دفاع ضد اکسایشی است. از طرفی اثر بارزتر تمرینات تناوبی شدید بر دستگاه آنتی اکسایشی را می‌توان به مسیرهای متابولیک نسبت داد؛ به‌گونه‌ای که تغییرات متابولیک با تأثیر بر مسیرهای AMPK و PGC-1 $\alpha$  با تقویت سیستم ضد اکسایشی همراه می‌شود (۲۲).

یافته مهم دیگر پژوهش حاضر، کاهش معنادار نشانگرهای التهابی (IL-6 و IL-1 $\beta$ ) به دنبال هشت هفته HIIT توأم با مصرف چای سبز بود. در گروه HIIT نیز کاهش معنادار مشاهده شد، ولی تغییرات (کاهش) گروه ترکیبی بیشتر بود. مطالعات نشان داده‌اند که مصرف چای سبز و فعالیت بدنی سایتوکین‌های التهابی را کاهش می‌دهد. با بررسی پیشینه پژوهش، پژوهشی یافت نشد که اثر ترکیبی این دو عامل بر سیستم آنتی‌اکسیدانی، نشانگرهای التهابی و گالانین را در مردان سالمند چاق مطالعه کرده باشد. مطالعات قبلی بر تمرین استقامتی و مصرف چای سبز تمرکز داشتند (۲۷). به‌طور کلی پیشنهاد شده است که تغییرات ناشی از ورزش در نشانگرهای التهابی ممکن است به علت بهبود چاقی کل بدن باشد؛ زیرا بیشترین ترشح IL-6 و IL-1 $\beta$  از بافت چربی است و افزایش اکسیداسیون بافت چربی به کاهش التهاب کمک خواهد کرد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ورزش مزمن می‌تواند تولید سایتوکین‌های پیش‌التهابی را کاهش داده و فعال شدن واسطه‌های ضدالتهابی را افزایش دهد؛ بر این اساس، به‌خوبی مستند شده است که پروتکل HIIT می‌تواند التهاب را کاهش دهد (۲۸). مشخص شده است که افزایش سطح سایتوکین‌ها در گردش مانند IL-6 و IL-1 $\beta$  به توسعه بیماری‌های سیستمیک مانند دیابت نوع دو و تصلب شرایین کمک می‌کند (۲۹). کاهش نشانگرهای التهابی سیستمیک با کاهش بیماری‌های مزمن مرتبط است (۲۸).





نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین کاهش شاخص‌های التهابی در گروه ترکیبی (HIIT) توأم با مصرف چای سبز) روی داد؛ پس به نظر می‌رسد مصرف چای سبز نقش کمکی به فعالیت بدنی در کاهش التهاب ایفا می‌کند و احتمالاً التهاب ایجادشده در حین ورزش را از بین می‌برد (۳۰). این نتایج با نتایج مطالعات باقری و همکاران (۲۶)، بنی‌طالبی و همکاران (۲۹)، باسو<sup>۱</sup> و همکاران (۳۰)، رایو<sup>۲</sup> و همکاران (۳۱) همسوست که علت کاهش عوامل پیش‌التهابی را تأثیر ورزش بر کاهش درصد چربی بدن، کاهش دور کمر، BMI و لپتین و افزایش آدیپونکتین و حساسیت انسولینی می‌دانند. از مکانیسم‌های مؤثر دیگر در کاهش التهاب به‌وسیله ورزش، بهبود عملکرد سلول‌های آندوتلیال است. با توجه به اینکه فعال‌سازی سلول‌های آندوتلیال احتمالاً به تولید اینترلوکین‌ها منجر می‌شود و مولکول چسبان التهاب را در پی دارد، فعالیت منظم طولانی‌مدت موجب افزایش آنتی‌اکسیدانت از طریق افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود. نتیجه پژوهش حاضر در این راستا نیز بر این موضوع صحنه می‌گذارد. تمرین ورزشی به‌طور مستقیم از طریق کاهش تولید سایتوکین بافت آدیپوز، عضله و سلول‌های تک‌هسته‌ای و به‌طور غیرمستقیم به‌وسیله افزایش حساسیت انسولینی، افزایش عملکرد آندوتلیال و کاهش وزن بدن موجب کاهش عوامل پیش‌التهابی می‌شود. حال با توجه به کاهش معنادار میزان وزن بدن، درصد چربی بدن و BMI و افزایش معنادار فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌توان کاهش شاخص‌های التهابی در پژوهش حاضر را به تغییرات ایجادشده نسبت داد.

در نهایت نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سطوح GAL سرم در هر سه گروه کاهش داشت، اما این مقادیر در گروه ترکیبی (HIIT همراه با مصرف چای سبز) در مقایسه با گروه‌های دیگر تفاوت بیشتری را نشان داد. همسو با نتایج پژوهش حاضر، فتحی و همکاران گزارش کردند که هشت هفته تمرین هوازی همراه با دریافت چای سبز به کاهش GAL منجر می‌شود (۳۳). GAL در طیف گسترده‌ای از عملکردهای فیزیولوژیک نقش دارد، اما عمدتاً به دلیل نقش مهم آن در تعادل انرژی و متابولیسم گلوکز و انسولین شناخته شده است. همان‌طور که بیان شد، دوره سالمندی با تغییرات چالش برانگیز در دستگاه‌های بدن همراه است. هیپرگلیسمی<sup>۳</sup>، هیپرلیپیدمی<sup>۴</sup>، مقاومت به انسولین و سارکوپنی<sup>۵</sup> از جمله این تغییرات نامطلوب و نامتناسب با وضعیت جسمانی سالمندان هستند. در چنین

1. Basu
2. Ryu
3. Hyperglycemia
4. Hyperlipidemia
5. Sarcopenia



وضعیتی، بیان و تولید پپتید GAL در دستگاه عصبی مرکزی افزایش می‌یابد و این شرایط باعث اختلال در تنظیم تعادل انرژی بدن می‌شود. در چنین وضعیتی حتی در افراد غیرچاق ولی با سطوح بالای GAL بافت چربی افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین احتمال وجود دارد که در دوره سالمندی سطوح بالای GAL در گردش خون و کاهش فعالیت گیرنده‌های GAL روی دهد. یون<sup>۱</sup> و همکاران گزارش کردند که تزریق حاد GAL به هسته‌های جنب بطنی<sup>۲</sup> مغزی در موش‌ها به‌طور قابل توجهی فعالیت فسفوفروکتوکیناز<sup>۳</sup> را در عضله افزایش می‌دهد که نشان‌دهنده افزایش ظرفیت برای متابولیسم کربوهیدرات و کاهش سطح گلوکز در گردش است (۳۴).

همچنین فعالیت  $\beta$ -هیدروکسی اسیل-CoA دهیدروژناز<sup>۴</sup> را در عضله کاهش می‌دهد که نشان‌دهنده کاهش اکسیداسیون چربی است. همچنین بیان شده است که فعالیت لیپوپروتئین لیپاز<sup>۵</sup> بافت چربی افزایش و لیپوپروتئین لیپاز عضلانی کاهش داشت (۳۴)؛ بنابراین یکی از سودمندترین یافته‌های پژوهش حاضر در زمینه تعادل انرژی در سالمندان چاق، کاهش معنادار GAL همراه با کاهش معنادار ترکیب بدنی در گروه ترکیبی (HIIT همراه با مصرف چای سبز) است؛ این یافته به‌نوبه خود بر مداخله تمرینی درست در سالمندان چاق دلالت دارد. مکانیسم عمل فعالیت بدنی به این صورت است که تمرین جسمانی منظم به‌وسیله تغییر در پپتیدهای مختلف می‌تواند تجمع چربی در بدن را کاهش داده و از چاقی جلوگیری کند (۲۹، ۳۰). با افزایش بیان ژن GAL به دنبال تمرین، فعالیت گیرنده‌های GAL افزایش می‌یابد و در نتیجه سطوح آن در گردش خون کمتر نمایان می‌شود. همچنین بیان ژن GAL باعث مهار آنزیم آدنیلات سیکلاز در بافت چربی و کبد می‌شود و تبدیل AMP درون سلولی به AMP حلقوی به حداقل می‌رسد؛ در نتیجه با افزایش فعالیت فسفودی استرازها، انسولین بیشتری ترشح می‌شود؛ نیاز به مصرف کربوهیدرات افزایش می‌یابد؛ در عمل ترشح GAL به حداقل می‌رسد و نیاز به شکستن چربی‌ها کاهش می‌یابد (۳۳، ۳۵). از سوی دیگر، ثابت شده است که چای سبز میزان دریافت غذا، چربی یا وزن بدن را کاهش می‌دهد و از تجمع چربی در بدن جلوگیری می‌کند و همین عامل باعث کاهش سطوح GAL در گردش خون می‌شود (۳۵). در پژوهش حاضر مصرف چای سبز به‌تنهایی باعث کاهش سطوح GAL سرم در سالمندان چاق شد، ولی این تغییرات معنادار نبود. نتایج

1. Yun
2. Paraventricular Nucleus (PVN)
3. Phosphofructokinase
4.  $\beta$ -hydroxyacyl-CoA Dehydrogenase
5. Lipoprotein Lipase (LPL)



پژوهش حاضر و نتایج برگرفته از تحقیقات قبلی از مفهوم نوظهور مقاومت به GAL در انسان‌های چاق حمایت می‌کند؛ البته به انجام مطالعات بیشتری برای تأیید این نتایج نیاز است. پژوهش حاضر مانند دیگر تحقیقات محدودیت‌هایی داشت؛ اینکه در پژوهش حاضر غنی‌سازی چای سبز از نظر مهم‌ترین ترکیب فنولی (کاتچین) و مصرف آن برحسب وزن بدن آزمودنی‌ها صورت نگرفت. همچنین سنجش وضعیت پایه سطوح آنتی‌اکسیدانی درون‌زای بدن به دلیل تأثیر بر پاسخ‌های آنزیم-های آنتی‌اکسیدانی ضروری به نظر می‌رسد و از آنجاکه GAL در تعادل انرژی نقش آفرینی مؤثر دارد، اعمال محدودیت کالری مصرفی در نمونه‌های چاق می‌تواند نتایج را دستخوش تغییرات کند؛ بنابراین پژوهش‌های آتی با رفع چنین محدودیت‌هایی احتمالاً می‌توانند با درصد اطمینان بیشتری پاسخ‌گوی ابهام‌ها و نتایج متناقض در این زمینه باشند. نوآوری این پژوهش در آن بود که بر اهمیت تجویز مصرف چای سبز همراه با انجام HIIT در سالمندان چاق برای گذر موفق از چالش‌های سخت دوره سالمندی تأکید می‌کند.

به‌طور کلی از نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تأثیر هشت هفته HIIT توأم با مصرف چای سبز بر کاهش سطوح شاخص‌های التهابی، افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و تعادل انرژی، بیشتر از تأثیر متناظر در گروه HIIT و گروه مصرف چای سبز است.

### پیام مقاله

افزایش فعالیت آنزیم‌های تیوردوکسین رودوکتاز-۱ و پاراکسوناز-۱ و کاهش فعالیت IL-6، IL-1 $\beta$  و GAL، به این مفهوم است که انجام HIIT توأم با مصرف چای سبز مداخله ترکیبی مناسب و کارآمدی برای بهبود سلامت مردان سالمند چاق در ارتباط با شاخص‌های التهابی، آنتی‌اکسیدانی و تنظیم تعادل انرژی است.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از همه کسانی که در این پژوهش شرکت کردند، قدردانی و تشکر می‌کنند.

### منابع

1. Liberale L, Montecucco F, Tardif JC, Libby P, Camici GG. Inflamm-aging: the role of inflammation in age-dependent cardiovascular disease. *European Heart Journal*. 2020;41(31):2974-82.



2. Nunan E, Wright CL, Semola OA, Subramanian M, Balasubramanian P, Lovern PC, Fancher IS, Butcher JT. Obesity as a premature aging phenotype—implications for sarcopenic obesity. *GeroScience*. 2022;44(3):1393-405.
3. Mokra D, Joskova M, Mokry J. Therapeutic effects of green tea polyphenol (–)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG) in relation to molecular pathways controlling inflammation, oxidative stress, and apoptosis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(1):340.
4. Nobari H, Saedmocheshi S, Chung LH, Suzuki K, Maynar-Mariño M, Pérez-Gómez J. (2021). An overview on how exercise with green tea consumption can prevent the production of reactive oxygen species and improve sports performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021;19(1):218.
5. Arabzadeh E, Norouzi Kamareh M, Ramirez-Campillo R, Mirnejad R, Masti Y, Shirvani H. Twelve weeks of treadmill exercise training with green tea extract reduces myocardial oxidative stress and alleviates cardiomyocyte apoptosis in aging rat: the emerging role of BNIP3 and HIF-1 $\alpha$ /IGFBP3 pathway. *Journal of Food Biochemistry*. 2022;46(12):e14397.
6. Streb AR, Braga PGS, de Melo RF, Botelho LJ, Maranhão RC, Del Duca GF. Effects of combined physical exercise on plasma lipid variables, paraoxonase 1 activity, and inflammation parameters in adults with obesity: a randomized clinical trial. *Journal of endocrinological Investigation*. 2022;45(10):1991–7.
7. Posnakidis G, Aphas G, Giannaki CD, Mougios V, Aristotelous P, Samoutis G, Bogdanis GC. High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022;36(3):615-23.
8. Herasymchuk U, Kravchun PG, Kadykova O. Galanin levels in hypertensive patients with obesity. *Wiad Lek*. 2022;75(1):79-84.
9. Sun J, She Y, Fang P, Gu X, Zhang Z. Time-restricted feeding prevents metabolic diseases through the regulation of galanin/GALR1 expression in the hypothalamus of mice. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*. 2022;27(4):1415-25.
10. Hooshmand Moghadam B, Rashidlamir A, Attarzadeh Hosseini SR, Gaeni AA, Kaviani M. The effects of saffron (*crocus sativus* L.) In conjunction with concurrent training on body composition, glycemic status, and inflammatory markers in obese men with type 2 diabetes mellitus: a randomized double-blind clinical trial. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 2022;88(7):3256-3271.
11. Ghasemian A, Sojasi F, Karimiasl Akram A, Norouzi H. Effects of 8 week strenuous endurance and high intensity interval training on thioredoxin reductase-1 enzyme and malondialdehyde in lung tissue of male wistar rats. *Journal of Nurse and Physician within War*. 2022;9(33):26-36
12. Duan W, Zeng D, Huang J, Gu J, Li S, Zhou W, et al. Effect of modified total body recumbent stepper training on exercise capacity and thioredoxin in COPD: a randomized clinical trial. *Scientific Reports*. 2022;12(1):11139.



13. Naderifar H, Mohammad khani Gangeh M, Mehri F, Shamloo Kazemi S. Effects of high intensity interval training and consumption of matcha green tea on malondialdehyde and glutathione peroxidase levels in women. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2022;32(212):42-53.
14. Salimi Avansar M, Zar A. Comparing the effect of endurance and high intensity interval trainings on levels of Chemerin and protein of c-reactive plasma in obese children. *Journal of Arak University of Medical Sciences*. 2017;20(2):54-66.
15. Karvinen S, Silvennoinen M, Vainio P, Sistonen L, Koch LG, Britton SL, et al. Effects of intrinsic aerobic capacity, aging and voluntary running on skeletal muscle sirtuins and heat shock proteins. *Experimental Gerontology*. 2016;79:46-54.
16. Kline CJ, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, et al. Estimation of from a one-mile track walk, gender, age and body weight. *Med. Sports Exerc*. 1987;19:253-9.
17. Kazemi A, Behpour N, Hematfar A. Effect of 12 weeks of green tea extract consumption on total antioxidant capacity (TAC), malondialdehyde (MDA) levels and superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase activity of old rats' heart tissue in response to a bout acute exhaustive exercise. *YAFTEH*. 2020;22(2): 177-187.
18. Shahidi F, Shakeri C, Delfani Z. The effect of eight weeks interval aerobic exercise and consumption of green tea supplementation on oxidative stress indices of inactive young girls. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2019;25(11):72-84.
19. Jówko E, Długołęcka B, Makaruk B, Cieśliński I. The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *European Journal of Nutrition*. 2015;54(5): 783-791.
20. Marvi-Esfahani M, Alizade S. The effect of green tea supplement on some metabolic indicators and body composition after eight weeks of moderate intensity rhythmic aerobic exercise in obese women. *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*. 2021;64(2):2999-3013.
21. Hellsten Y, Apple FS, Sjödín B. Effect of sprint cycle training on activities of antioxidant enzymes in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 1996;81(4): 1484-1487.
22. Velayutham P, Babu A, Liu D. Green tea catechins and cardiovascular health: an update. *Current Medicinal Chemistry*. 2008;15(18):1840-1850.
23. Frei B, Higdon JV. Antioxidant activity of tea polyphenols in vivo: evidence from animal studies. *The Journal of Nutrition*. 2003;133(10):3275S-3284S.
24. Ghasemi E, Afzalpour ME, Nayebifar S. Combined high-intensity interval training and green tea supplementation enhance metabolic and antioxidant status in response to acute exercise in overweight women. *The Journal of Physiological Sciences*. 2020;70(1):1-9.
25. Rojano-Ortega D. Regular, but not acute, green tea supplementation increases total antioxidant status and reduces exercise-induced oxidative stress: a systematic review. *Nutrition Research*. 2021;94:34-43.



26. Bagheri R, Rashidlamir A, Ashtary-Larky D, Wong A, Grubbs B, Motevalli MS, et al. Effects of green tea extract supplementation and endurance training on irisin, pro-inflammatory cytokines, and adiponectin concentrations in overweight middle-aged men. *European Journal of Applied Physiology*. 2020;120(4):915-923.
27. Steckling FM, Farinha JB, Santos DL, Bresciani G, Mortari JA, Stefanello ST, et al. High Intensity interval training reduces the levels of serum inflammatory cytokine on women with metabolic syndrome. *Experimental And Clinical Endocrinology & Diabetes*. 2016; 124(10): 597-601.
28. Ihalainen JK, Hackney AC, Taipale RS. Changes in inflammation markers after a 10-week high-intensity combined strength and endurance training block in women: the effect of hormonal contraceptive use. *Journal Of Science and Medicine in Sport*. 2019; 22(9):1044-1048.
29. Banitalebi E, Razavi T, Norian M, Bagheri L. The effect of combined aerobic exercise training and green tea extract on serum TNF- $\alpha$  and IL-6 levels in obese women with type 2 diabetes. *Daneshvar Medicine*. 2016; 23(123):11-20.
30. Basu A, Du M, Sanchez K, Leyva MJ, Betts NM, Blevins S, et al. Green tea minimally affects biomarkers of inflammation in obese subjects with metabolic syndrome. *Nutrition*. 2011; 27(2):206-213.
31. Ryu OH, Lee J, Lee KW, Kim HY, Seo JA, Kim SG, et al. Effects of green tea consumption on inflammation, insulin resistance and pulse wave velocity in type 2 diabetes patients. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2006;71(3):356-358.
32. Fathie M, Khairabadi S, Dehbashi M, Ketabdar B. Effect of green tea supplementation and eight weeks of aerobic exercise on serum galanin and lipid profile in untrained obese women. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2016; 10(4):33-40.
33. Babaei Bonab S. The Effect of 12 Weeks of HIIT training and curcumin consumption on leptin and galanin levels in obese women. *J Ardabil Univ Med Sci*. 2020;20(2):188-199.
34. Yun R, Dourmashkin JT, Hill J, Gayles EC, Fried SK, Leibowitz SF. PVN galanin increases fat storage and promotes obesity by causing muscle to utilize carbohydrate more than fat. *Peptides*. 2005;26(11):2265-73.
35. Muenzner M, Tappenbeck N, Gemhardt F, Rülke R, Furkert J, Melzig MF, Siems WE, Brockmann GA, Walther T. Green tea reduces body fat via upregulation of neprilysin. *International Journal of Obesity*. 2016; 40(12):1850-1855.



**استناد به مقاله**

نقی‌زاده حسن، هم‌متی‌فارسانی زهرا. تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف چای سبز بر سطوح سرمی تیوردوکسین رودوکتاز-۱، پاراکسوناز-۱، اینترلوکین یک بتا، اینترلوکین شش و گالانین در مردان چاق سالمند تمرین‌نکرده. فیزیولوژی ورزشی. تابستان ۱۴۰۲؛ ۱۵(۵۸): ۶۹-۱۰۰.  
شناسه دیجیتال: 10.22089/SPJ.2023.13947.2223

H. Naghizadeh, Z. Hemati Farsani. The Effect of 8 Weeks of High Intensity Interval Training (HIIT) and Green Tea Consumption on Serum Levels of Thioredoxin Reductase-1, Paraoxonase-1, Interleukin-1 $\beta$ , Interleukin-6 and Galanin in Obese Elderly Untrained Men. Summer 2023; 15(58): 69-100. (In Persian). Doi: 10.22089/SPJ.2023.13947.2223

