



Review Paper

The effect of exercise training and green tea supplementation on improving glycemic indices in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-Analysis

Fatemeh Kazeminasab¹ , * Rahman Soori² , Omid Zafarmand³

1. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Science, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran.
2. Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Master of Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, School of Humanities, University of Yasouj, Yasouj, Iran.



Citation: Kazeminasab F, Soori R, Zafarmand O. The effect of exercise training and green tea supplementation on improving glycemic indices in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-Analysis. *Journal of Preventive Medicine*. 2024; 11(3):291-308. [In Persian]

10.48312/JPM.11.3.775.1

Article Info:

Received: 18 Aug 2024
Accepted: 5 Nov 2024
Available Online: 20 Dec 2024

ABSTRACT

Introduction: Exercise training along with the consumption of green tea has been recommended as an important way to control and prevent obesity and its complications such as diabetes and insulin resistance. The aim of this meta-analysis was to investigate the effect of exercise training and green tea supplementation on improving glycemic indices in adults with overweight and obesity.

Information Sources or Data: A systematic search of English and Persian articles published in PubMed, Web of Science, Scopus, Sid, and Magiran databases was conducted until June 2024.

Selection Methods for Study: Mean difference and 95% confidence interval (CI) were calculated using random effect model. Heterogeneity was evaluated using the (I²) test, and publication bias was evaluated by visual analysis of the funnel plot and Egger's test.

Combine Content and Results: A total of 11 studies and 245 adults with overweight and obesity were included in the present meta-analysis. The combination of exercise training and green tea supplement causes a significant reduction in glucose [WMD= -2.899 (-1.124 to -4.673), P=0.001], compared to the control group in adults with overweight and obese. The combination of exercise training and green tea supplement did not significantly change in insulin [WMD= -1.648 (1.053 to -4.348), P=0.232], and HOMA-IR [WMD= -0.427 (1.297 to -2.151), P=0.627], compared to the control group in adults with overweight and obesity.

Discussion: The findings of this research showed that the combination of exercise training and green tea supplementation causes a significant reduction in glucose. Therefore, the combination of these two interventions can be suggested as a practical and non-pharmacological solution to control diabetes.

Key Words:

Exercise Training, Green Tea, Insulin Resistance, Obesity.

* Corresponding Author:

Dr Rahman Soori
Address: University of Tehran, Tehran, Iran, Iran.
Tel: +98 9122077862
E-mail: soori@ut.ac.ir



Copyright © 2024 The Author[s];
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



Extended Abstract

Introduction:

Today's new lifestyle has led to a decrease in physical activity and as a result the spread of various diseases. The prevalence of obesity and overweight has increased significantly in all societies and will probably continue in the future.

Insulin resistance, a hallmark of metabolic syndrome, is frequently associated with obesity. This combination significantly elevates the risk of obesity-related cardiovascular disease and mortality. Substantial evidence supports the role of obesity in the development of insulin resistance. Insulin, a crucial hormone, regulates energy metabolism by orchestrating the storage and utilization of fuel molecules in skeletal muscle, liver, and adipose tissue. In states of insulin resistance, pancreatic β -cells compensate for impaired insulin sensitivity by increasing insulin secretion to maintain glycemic control.

Physical activity effectively reduces body fat mass and weight loss in obese and overweight people. It can play a significant role in improving glucose tolerance, insulin sensitivity and insulin action in skeletal muscle glucose transport.

Medicinal plants with antioxidant properties along with a regular physical activity with moderate intensity are recommended especially for overweight and obese people. In addition to mitigating exercise-induced oxidative stress, green tea consumption may offer a promising strategy to counteract obesity-related oxidative stress. Epigallocatechin gallate (EGCG), a potent compound found in green tea, has been shown to reduce body fat through its antioxidant properties and by potentiating the effects of fat-burning hormones like norepinephrine. Given the lower side effect profile of herbal remedies compared to synthetic drugs, the combination of exercise training and green tea supplementation may offer a beneficial approach to improving glycemic control and reducing obesity-related disorders. Green tea, particularly EGCG, has been widely studied for its potential benefits in various health conditions, including cardiovascular disease, diabetes, and liver

inflammation.

In the study of Sobhani et al. (2019), they evaluated the effect of eight weeks of aerobic exercise and green tea supplementation on older women with type 2 diabetes, and the subjects of the combination of aerobic exercise and green tea group received 500 mg three times a day for eight weeks. Capsules containing green tea extract after each meal, they stated that the combination of aerobic exercise and green tea caused a significant reduction in glucose, insulin and insulin resistance.

While the impact of exercise on insulin resistance and obesity has been extensively studied, a comprehensive understanding of the underlying mechanisms remains elusive. Given the pivotal role of exercise in managing obesity, cardiovascular disease, and diabetes, optimizing exercise protocols for therapeutic interventions is crucial. However, no meta-analysis has yet evaluated the combined effects of exercise training and green tea supplementation on glycemic indices. This study aimed to investigate the synergistic effects of exercise and green tea on glycemic indices in overweight and obese adults, ultimately assessing the efficacy of this combined approach in regulating glycemic control.

Methods:

A systematic search of English and Farsi articles published in PubMed, Web of Science, Scopus, Sid and Magiran databases was conducted until June 2024. Mean difference and 95% Confidence interval (CI) were calculated using random effect model. Based on the search in scientific information databases until June 2024, several 1002 articles were found, of which 692 duplicate articles were removed after initial review, and after removing duplicate articles, there were 310 articles, of which 266 articles were removed again after reviewing the titles and abstracts of the articles. Finally, 44 articles were selected for full-text evaluation, after reviewing the full text of 33 articles for reasons such as: 8 studies due to lack of post-test data, seven studies due to lack of research variables, seven studies due to In the absence of the full-text of the article, 11 studies were excluded due to the lack of a control group in



the current study. Finally, 11 studies were included in the present meta-analysis. Therefore, in glyce-mic indices, there were 11 studies for the glucose variable, eight studies for the insulin variable, and eight studies for the HOMA-IR variable. Data analysis was performed using a random effects model, and weighted mean difference (WMD) and 95% confidence interval were considered. The (I²) test was used to determine heterogeneity of studies. Publication bias was also examined using visual interpretation of funnel plots, and if bias was observed, the Egger test was used as a secondary deterministic test.

Results:

A total of 11 studies and 245 overweight and obese adult subjects were included in the meta-analysis, of which 127 subjects were in the combined group of exercise training and green tea supplementation with an average age of 41.80 ± 2.66 and BMI with an average of 29.47 ± 2.27 . There were 118 subjects in the control group with

an average age of 42.11 ± 3.70 and BMI with an average of 28.42 ± 4.01 . The combination of exercise training and green tea supplement causes a significant reduction in glucose [WMD= -2.899 (-1.124 to -4.673), $P=0.001$], compared to the control group in adults with overweight and obese. The combination of exercise training and green tea supplement did not significantly change in insulin [WMD= -1.648 (1.053 to -4.348), $P=0.232$], and HOMA-IR [WMD= -0.427 (1.297 to -2.151), $P=0.627$], compared to the control group in adults with overweight and obesity.

Conclusion:

Since the use of medicinal herbs has fewer side effects compared to chemical drugs, it seems that the combination of exercise and green tea supplementation can be used as a useful method in creating positive changes related to reducing glycemic indices and reducing disorders related to overweight and obesity in adults, especially cardiovascular diseases, diabetes, and liver inflammation.



مقاله مروری

تأثیر تمرین ورزشی و مکمل چای سبز بر بهبود شاخص‌های گلیسمیک در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق: مرور نظام‌مند و فراتحلیل

فاطمه کاظمی نسب^۱ ID، * رحمان سوری^۲ ID، امید ظفرمند^۳ ID

۱. استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
۲. استاد، گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation: Kazeminasab F, Soori R, Zafarmand O. The effect of exercise training and green tea supplementation on improving glycemic indices in adults with overweight and obesity: A systematic review and meta-Analysis. *Journal of Preventive Medicine*. 2024; 11(3):291-308. [In Persian]



10.48312/JPM.11.3.775.1

چکیده

هدف: تمرین ورزشی به همراه مصرف چای سبز، به عنوان شیوه‌ای مهم در کنترل و پیشگیری از چاقی و عوارض ناشی از آن مانند دیابت و مقاومت به انسولین توصیه شده است. هدف فراتحلیل حاضر، اثر تمرین ورزشی و مکمل چای سبز بر بهبود شاخص‌های گلیسمیک در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق بود.

منابع اطلاعات یا داده‌ها: جستجوی سیستماتیک مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده از پایگاه‌های اطلاعاتی SID، Scopus، Web of Science، PubMed و Magiran تا ژوئن سال ۲۰۲۴ انجام شد.

روش‌های انتخاب برای مطالعه: در تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 و سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات و آزمون Egger بررسی شدند.

ترکیب مطالب و نتایج: در مجموع ۱۱ مطالعه و ۲۴۵ آزمودنی بزرگسال دارای اضافه وزن و چاق وارد فراتحلیل حاضر شدند. ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز سبب کاهش معنادار گلوکز $P=0/001$ ، $[-4/673$ الی $-1/124]$ ، $WMD=-2/899$ نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق شد. ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز سبب تغییر معنادار انسولین $P=0/232$ ، $[-4/438$ الی $-1/053]$ و $HOMA-IR$ $P=0/627$ ، $[-2/151$ الی $1/297]$ ، $WMD=-0/427$ نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق نشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان داد که ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز سبب کاهش معنادار گلوکز می‌شود. بنابراین ترکیب این دو مداخله می‌تواند به عنوان یک راهکار غیردارویی و کاربردی برای کنترل دیابت پیشنهاد می‌شود.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۸ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۵ آبان ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۳۰ آذر ۱۴۰۳

کلیدواژه‌ها:

تمرین ورزشی، چای سبز، مقاومت به انسولین، چاق.

*نویسنده مسئول:

دکتر رحمان سوری

نشانی: دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تلفن: +98 9122077862

پست الکترونیک: soori@ut.ac.ir



Copyright © 2024 The Author[s].

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC-BY-NC: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>], which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.



مقدمه:

سبک زندگی نوین امروزی به کاهش فعالیت بدنی و در نتیجه شیوع بیماری‌های گوناگون منجر شده است. شیوع چاقی و اضافه وزن به‌طور قابل توجهی در همه جوامع افزایش یافته است و چه بسا در آینده ادامه خواهد داشت [۱]. از نظر برخی محققین می‌توان چاقی را به عنوان عامل اولیه در بروز دیابت نوع دو و متعاقب آن ایجاد مقاومت به انسولین مطرح نمود [۲].

مقاومت به انسولین یکی از علایم سندرم متابولیک می‌باشد که در ارتباط با چاقی می‌باشد. این رویدادها در ترکیب با یکدیگر خطر بیمارهای قلبی-عروقی و مرگ و میر وابسته با چاقی را افزایش می‌دهند و شواهد زیادی وجود دارد که به نقش چاقی در شروع مقاومت به انسولین اشاره می‌کنند. انسولین با هماهنگی ذخیره و مصرف مولکول‌های سوختی عضلات اسکلتی، کبد، بافت چربی، نقش بسیار مهمی در حفظ تعادل سوخت و ساز انرژی در بدن ایفا می‌کند. در وضعیت مقاومت به انسولین، سلول‌های بتای پانکراس در تلاش برای حفظ قند خون در سطح نرمال بوده و برای غلبه بر کاهش توانایی بعضی از بافت‌ها برای پاسخ به انسولین، با ترشح انسولین بیشتر به گلوکز مازاد پلاسما پاسخ می‌دهند [۳].

فعالیت بدنی در کاهش توده چربی بدنی و از دست دادن وزن در افراد چاق و دارای اضافه وزن موثر است و می‌تواند به عنوان عاملی تاثیرگذار در بهبود تحمل گلوکز، حساسیت انسولین و عملکرد انسولین در انتقال گلوکز عضله اسکلتی، نقش بسزایی داشته باشد [۴]. از طرفی مشخص گردیده که فعالیت بدنی و تمرین ورزشی به افزایش سوخت و ساز گلوکز به واسطه‌ی انسولین منجر می‌شود و به‌طور کلی، تمرین ورزشی شدید یا متوسط می‌تواند تحمل گلوکز، حساسیت انسولین کل بدن و عملکرد انسولین عضله‌ی اسکلتی را بهبود بخشند [۵]. همچنین به‌نظر می‌رسد بیان پروتئین GLUT-4 و نیز پاسخ‌های انتخابی آنزیم‌های درگیر، فسفوریلاسیون و اکسیداسیون گلوکز ارتباط دارد. براساس این مشاهدات، تمرین ورزشی مشارک زیادی در بهبود وضعیت متابولیکی افراد مبتلا به

مقاومت به انسولین دارد [۵]. علاوه بر انقباض‌های عضلانی و فعالیت‌های ورزشی، استفاده از برخی گیاهان دارویی هم می‌تواند ضمن ایجاد سازگاری بهینه، در پیشگیری و کنترل چاقی نقش بسزایی داشته باشد [۶]. گیاهان دارویی با خاصیت آنتی اکسیدانی به همراه یک فعالیت بدنی منظم با شدت متوسط به‌ویژه برای افراد دارای اضافه وزن و چاق توصیه شده است [۷]. استفاده از چای سبز علاوه بر خنثی نمودن استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش، می‌تواند استراتژی مناسبی در جهت مقابله با استرس اکسیداتیو ناشی از چاقی هم باشد [۸]. EGCG از قدرتمندترین ترکیبات چای سبز محسوب می‌شود که به واسطه مواد آنتی اکسیدانتی و با تقویت اثرات هورمون‌های موثر در چربی سوزی مانند نوراپی نفرین منجر به کاهش چربی بدن شده [۹، ۱۰]. همچنین حاوی کافئین بوده که این ماده نیز در لیپولیز چربی و رهایش آنها در جریان خون نقش هم‌افزا دارد [۱۱]. به علاوه، فلاونوئیدهای چای سبز علاوه بر تاثیر بر سوخت و ساز چربی، موجب بهبود عملکرد انسولین و ارتقاء توانایی تولید انسولین می‌شود [۱۲].

با توجه به تاثیرات مصرف چای سبز و فعالیت بدنی، به نظر می‌رسد که استفاده همزمان از هر دو عامل به عنوان راهکاری مناسب به منظور هم افزایشی تاثیرات برای کنترل و درمان اضافه وزن و چاقی باشد که این موضوع در پژوهش‌های متعددی نیز مورد بررسی قرار گرفته است [۱۳-۱۵]. در مطالعه سیحانی و همکاران تاثیر هشت هفته تمرین هوازی و مکمل چای سبز بر روی زنان سالمند مبتلا به دیابت نوع دو را مورد ارزیابی قرار دادند و آزمودنی‌های گروه ترکیب تمرین هوازی و چای سبز به مدت هشت هفته سه بار در روز ۵۰۰ میلی گرم کپسول حاوی عصاره چای سبز بعد از هر وعده‌ی غذای دریافت نمودند، بیان کردند که ترکیب تمرین هوازی و چای سبز موجب کاهش معنادار گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین شد [۱۵]. در مطالعه دیگر، حیدری شرف آبادی و تقیان تاثیر ده هفته تمرین تناوبی شدید و چای سبز بر روی زنان مبتلا به دیابت نوع دو را مورد بررسی قرار دادند و آزمودنی‌های گروه ترکیب تمرین تناوبی شدید و چای سبز به مدت ده هفته سه بار



پژوهش حاضر از نوع مطالعات مرور نظام‌مند و فراتحلیل است که براساس دستورالعمل کاکرین و پریزما انجام شده است [۱۶].

برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed, Web of Science و Scopus تا ژوئن ۲۰۲۴ (بدون محدود کردن سال انتشار) با استفاده از کلمات کلیدی زیر انجام گرفت.

"Aerobic Exercise" or "HIIT" or "Interval training" or "Aerobic Interval Training" or "Aerobic Interval" or "Intermittent Training" or "High Intensity Intermittent" or "High Intensity Interval Exercise" or "High Intensity" or "High Intensity Interval Training" or "Sprint Interval Exercise" or "SIT" or "Moderate-Intensity Continuous Exercise" or "Resistance training" or "resistance" or "SIT" or "Exercise" or "sports" or "training" or "Exercise training" or "Physical Activity" or green tea" or "green tea extract" or "catechin" or "catechins" or "Camellia sinensis" or "Thea sinensis" or "Insulin" or "Fasting Insulin" or "glucose" or "Fasting Glucose" or "Insulin Resistance" or "IR" or "HOMA-IR" or "Homeostatic Model Assessment For Insulin Resistance" or "Insulin Sensitivity" or "Tolerance Test" or "Oral Glucose Tolerance Test" or "Ogtt" or "Gtt" or "Insulin tolerance test" or "Adults" or "Overweight" or "Fat" or "Obese".

در پایگاه‌های اطلاعاتی مرکز اطلاعات علمی جهاد SID و Magiran برای مقالات فارسی تا خردادماه ۱۴۰۳ با استفاده از کلمات کلیدی "تمرین هوازی"، "تمرین اینتروال"، "تمرین تناوبی هوازی"، "تمرین متناوب"، "تمرین تناوبی با شدت بالا"، "تمرین تناوبی سرعتی"، "تمرین تناوبی با شدت متوسط"، "تمرین مداوم با شدت متوسط"، "تمرین مقاومتی"، "مقاومتی"، "ورزش"، "تمرین"، "تمرین ورزشی"، "فعالیت بدنی"، "چای سبز"

در روز ۵۰۰ میلی گرم کپسول حاوی عصاره چای سبز بعد از هر وعده‌ی غذایی دریافت نمودند، بیان کردند ترکیب تمرین تناوبی شدید و چای سبز موجب کاهش معنادار گلوکز ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین نسبت به گروه کنترل شد [۱۳]. همچنین در مطالعه، زندگی دره غریبی و همکاران ده هفته تمرین هوازی و چای سبز بر روی زنان چاق دیابتی را مورد ارزیابی قرار دادند و آزمودنی‌های گروه ترکیب تمرین هوازی و چای سبز به مدت ده هفته سه بار در روز ۱۵۰۰ میلی گرم کپسول حاوی عصاره چای سبز دریافت نمودند، بیان کردند که ترکیب تمرین هوازی و چای سبز موجب کاهش معنادار گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین شد [۱۴].

پیرامون تاثیر تمرین‌های ورزشی در مقاومت به انسولین و چاقی توجه زیادی شده است، با این حال اطلاعات یکپارچه‌ای درباره تاثیر تمرینات ورزشی به عنوان یک مداخله گر درمانی بر سازوکارهای مهارکننده مقاومت به انسولین و رابطه آنها با یکدیگر وجود ندارد. بنابراین مطالعات محدودی در زمینه تاثیر همزمان تمرینات ورزشی و چای سبز بر مقاومت به انسولین وجود دارد [۱۴]. همچنین این بررسی‌ها در زمینه تاثیر همزمان تمرینات ورزشی و چای سبز بر مقاومت به انسولین در افراد دارای اضافه وزن و چاق محدود هستند. با توجه به این که تمرین ورزشی یکی از مداخلات اصلی و مهم در مدیریت چاقی، بیماری‌های قلبی - عروقی و دیابت است، انتخاب بهترین پروتکل ورزشی برای درمان بیماری‌های و عوارض آنها بسیار حائز اهمیت است. اما تاکنون مطالعه‌ای فراتحلیلی که در زمینه جمع‌بندی تمام مطالعات تاثیر همزمان تمرین ورزشی و چای سبز بر شاخص‌های گلیسمی در یک مطالعه مورد ارزیابی قرار داده باشند، وجود نداشت. لذا محققین برای روشن سازی نقش ترکیبی تمرین ورزشی و چای سبز بر شاخص‌های گلیسمی در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق، پژوهشی با هدف ترکیب تمرین ورزشی و چای سبز بر شاخص‌های گلیسمی در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق طراحی نمودند.

مواد و روش‌ها:



مسئول مقاله، استخراج داده‌ها از نمودار مقالات با استفاده از Getdata یا تخمین انحراف استاندارد از خطای استاندارد میانگین صورت گرفت [۲۱-۱۹].

بررسی کیفیت مقالات نیز توسط محققان به‌طور مستقل انجام شد. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک لیست ۹ سوالی Pedro انجام شد [۲۱-۱۹]. معیارهای ارزیابی شامل موارد زیر می‌باشد: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها، ۲- اختصاص شرکت کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های مختلف، ۳- آشنایی نداشتن شرکت کنندگان نسبت به گروه بندی‌هایشان، ۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های مختلف مطالعه، ۵- وجود ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش، ۶- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت کنندگان از پژوهش، ۷- انجام تجزیه و تحلیل به صورت، ۸- وجود گزارش تفاوت‌های آماری بین گروه‌ها برای متغیر اصلی پژوهش، ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری. به تمام سوالات چک لیست Pedro، با دو گزینه‌ی بله و یا خیر پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود، که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود.

در این مطالعه، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی انجام شد و تفاوت میانگین وزنی و فاصله اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای تعیین عدم تجانس ناهمگونی مطالعات از آزمون (I^2) استفاده شد که طبق دستورالعمل کوکران مقدار ناهمگونی به ترتیب کمتر از ۲۵ درصد ناهمگونی خفیف، ۲۵-۵۰ درصد ناهمگونی کم، ۵۰-۷۵ درصد ناهمگونی متوسط، بیشتر از ۷۵ درصد ناهمگونی بالا تفسیر شد [۱۹]. در صورت عدم ناهمگونی در ادامه تحلیل حساسیت از طریق روش یک به یک مطالعات انجام شد. سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری فونل پلات بررسی گردید که در صورت مشاهده سوگیری، تست Egger به عنوان یک تست تعیین کننده ثانویه استفاده شد [۲۲].

"عصاره چای سبز"، "کاتچین"، "انسولین"، "انسولین ناشتا"، "گلوکز"، "گلوکز ناشتا"، "مقاومت به انسولین"، "حساسیت به انسولین"، "بزرگسال"، "اضافه وزن"، "چاق" انجام شد. در ادامه، فهرست منابع مقالات استخراج شده و همچنین مقالات استناد کننده به آن‌ها به روش دستی در Google Scholar مورد بررسی قرار گرفت. جستجو پایگاه‌های اطلاعاتی به صورت مستقل توسط هر سه محقق انجام شد.

برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی شده، منتشر شده به زبان فارسی یا انگلیسی. ۲- مطالعات انجام شده بر روی بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق. ۳- مطالعات بررسی کننده اثر همزمان تمرین ورزشی و چای سبز در برابر گروه کنترل. ۴- مطالعات اندازه‌گیری کننده بر روی شاخص‌های گلیسمی (گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین). ۵- دارا بودن داده‌های میانگین و انحراف استاندارد برای پس آزمون و پیش آزمون متغیرهای مذکور برای آزمودنی‌های هر دو نوع گروه (ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز و کنترل). لازم به ذکر است که گروه کنترل تحت تمرین ورزشی و مصرف چای سبز قرار نگرفته اند. معیارهای خروج شامل ۱- مطالعات حیوانی، ۲- چکیده مقالات ارائه شده در همایش‌ها، ۳- پایان‌نامه‌ها، ۴- مطالعات مقطعی، ۵- مطالعات مروری، ۶- مطالعات فراتحلیل بود، از پژوهش فراتحلیل حاضر خارج شدند. بررسی اولیه مقالات به صورت مستقل توسط دو محقق انجام گرفت و هرگونه اختلاف نظر با مشورت هر سه محقق حل شد.

اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده‌ی اول، سال انتشار، تصادفی یا غیر تصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی‌های آزمودنی‌ها شامل سن، جنسیت و پروتکل تمرین (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد [۱۸-۱۶]. در صورت نبود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده‌ی مسئول مکاتبه صورت گرفت و داده‌های مورد نیاز مطالعه فراتحلیل حاضر دریافت شد. همچنین در صورت عدم پاسخگویی یا عدم دریافت از سوی نویسنده



یافته‌ها:

۲۴۵ آزمودنی وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که همه شرکت کنندگان، بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق بودند. ۱۲۷ آزمودنی در گروه ترکیبی تمرین ورزشی و مکمل چای سبز با میانگین سنی $41/80 \pm 2/66$ و BMI با میانگین $29/47 \pm 2/27$ بودند که ۱۱۸ آزمودنی در گروه کنترل با میانگین سنی $42/11 \pm 3/70$ و BMI با میانگین $28/42 \pm 4/01$ بودند. همه‌ی شرکت کنندگان پیش از شروع پروتکل ورزشی غیرفعال بودند و همچنین در تمام مطالعات گروه کنترل هیچ‌گونه فعالیت بدنی انجام ندادند. تعداد آزمودنی‌های مطالعات با حداقل ۱۸ نفر و حداکثر ۳۰ نفر بود [۲۳، ۲۴].

۱۱ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند، مدت هر جلسه تمرین ورزشی حداقل ۵ تا ۱۰ دقیقه و حداکثر ۹۰ دقیقه بود. شدت تمرین برای تمرین ورزشی حداقل ۵۰ تا ۶۰ درصد و حداکثر ۷۵ تا ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه بود (جدول ۱) [۱۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶].

براساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا ژوئن ۲۰۲۴، تعداد ۱۰۰۲ مقاله یافت شد، که تعداد ۶۹۲ مقالات تکراری پس از بررسی اولیه حذف شد و پس از حذف مقالات تکراری ۳۱۰ مقاله وجود داشت که تعداد ۲۶۶ مقاله پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات مجدد حذف شدند، در نهایت تعداد ۴۴ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند که پس از بررسی متن کامل مقالات تعداد ۳۳ مقاله به دلایلی از جمله: ۸ مطالعه به دلیل عدم داده پس از آزمون، ۷ مطالعه به دلیل وجود متغیرهای پژوهش، ۷ مطالعه به دلیل عدم متن کامل مقاله، ۱۱ مطالعه به دلیل عدم وجود گروه کنترل از مطالعه خارج شدند. در نهایت، ۱۱ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند. بنابراین در شاخص‌های گلیسمی ۱۱ مطالعه برای متغیر HOMA-IR، ۸ مطالعه برای متغیر انسولین و ۸ مطالعه برای متغیر HOMA-IR وجود داشت.

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل ورزشی

مطالعه - سال	نوع مطالعه - کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی‌های متغیرها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر)	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین
مروی اصفهانی و عالیزاده ۲۰۲۱ [۲۷]	RCT - ایران	۲۰ زن	چاق	گلوکز	تمرین + چای سبز (۱۰ نفر): $30/77 \pm 5/16$ کنترل (۱۰ نفر): $30/37 \pm 7/11$	۸ (۳)	۳۰ تا ۴۰ دقیقه	تمرین ایروبیک موزمن با شدت ۶۰ تا ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه
سبحانی و همکاران ۲۰۱۹ [۱۵]	RCT - ایران	۲۲ زن	چاق و دیابت نوع دو	گلوکز انسولین HOMA-IR	تمرین + چای سبز (۱۱ نفر): $62/75 \pm 6/10$ کنترل (۱۱ نفر): $60/83 \pm 4/90$	۸ (۳)	۶۰ دقیقه	تمرین پیاده روی نوردیک با شدت ۵۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره
عموزاد و همکاران ۲۰۱۸ [۲۵]	RCT - ایران	۲۶ زن	چاق و اضافه وزن	گلوکز	تمرین + چای سبز (۱۳ نفر): $28/14 \pm 7/48$ کنترل (۱۳ نفر): $28/13 \pm 6/54$	۸ (۳)	۹۰ دقیقه	تمرین دویدن بر روی تردمیل با شدت ۴۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب هدف



جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل ورزشی

مطالعه - سال	نوع مطالعه - کشور	نمونه (جنسیت) آزمودنی‌ها	ویژگی‌های متغیرها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر)	طول مداخله به هفته (تعداد جلسات در هفته)	مدت تمرین (دقیقه)	شدت تمرین
حیدری شریف آبادی و تقیان ۲۰۱۸ [۱۳]	RCT - ایران	۲۴ زن	چاق و دیابت نوع دو	تمرین + چای سبز (۱۲ نفر): ۴۹/۱۶±۳/۴۰ کنترل (۱۲ نفر): ۴۹/۵۸±۳/۱۴	تمرین + چای سبز: ۳۱/۲۴±۱/۴۷ کنترل: ۳۱/۳۱±۱/۲۱	۱۰ (۳)	۵ تا ۱۰ دقیقه	تمرین دویدن در مسافت ۲۰ متر به صورت رفت و برگشت با شدت ۷۵ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه
زندى دره غریبی و همکاران ۲۰۱۸ [۱۴]	RCT - ایران	۲۲ زن	چاق و دیابت نوع دو	تمرین + چای سبز (۱۲ نفر): ۵۰/۰۰±۵/۲۲ کنترل (۱۰ نفر): ۵۵/۹۰±۴/۹۹	تمرین + چای سبز: ۳۳/۹۶±۴/۳۲ کنترل: ۳۴/۶۱±۴/۸۶	۱۰ (۳)	۴۰ تا ۵۰ دقیقه	تمرین موزون ایروبیک همراه با موسیقی با شدت ۴۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه
عابدی و همکاران ۲۰۱۷ [۲۴]	RCT - ایران	۳۰ مرد	چاق و دارای اضافه وزن	تمرین + چای سبز (۱۵ نفر): ۳۶/۴۵±۳/۸۲ کنترل (۱۵ نفر): ۳۲/۹۲±۳/۲۱	تمرین + چای سبز: ۳۰/۶۶±۲/۳۴ کنترل: ۲۸/۰۵±۲/۱۷	۸ (۳)	۹۰ دقیقه	-
قهرمان و همکاران ۲۰۱۶ [۲۶]	RCT - استرالیا	۲۰ مرد	اضافه وزن	تمرین + چای سبز (۱۰ نفر): ۲۶/۰۰±۰/۷۰ کنترل (۱۰ نفر): ۲۶/۰۰±۰/۷۰	تمرین + چای سبز: ۲۹/۰۴±۱/۲۸ کنترل: ۲۹/۵۱±۱/۳۱	۱۲ (۳)	۶۰ دقیقه	تمرین دوی سرعت ۵۰ تا ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه
فتحی و همکاران ۲۰۱۶ [۲۸]	RCT - ایران	۲۰ زن	اضافه وزن	تمرین + چای سبز (۱۰ نفر): ۴۰/۱۰±۳/۴۷ کنترل (۱۰ نفر): ۴۱/۴۰±۲/۴۱	تمرین + چای سبز: ۲۵/۲۷±۲/۹۲ کنترل: ۲۹/۱۷±۳/۳۴	۸ (۳)	۴۵ تا ۶۰ دقیقه	تمرین با شدت ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه
ایزدی قهفرخی و همکاران ۲۰۱۵ [۲۹]	RCT - ایران	۲۲ زن	چاق و دیابت نوع دو	تمرین + چای سبز (۱۲ نفر): ۴۵ تا ۶۰ سال کنترل (۱۰ نفر): ۴۵ تا ۶۰ سال	تمرین + چای سبز: - کنترل: -	۱۰ (۳)	۴۰ تا ۵۰ دقیقه	تمرین ایروبیک همراه با موسیقی با شدت ۴۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه
حقیقی و همکاران ۲۰۱۳ [۱۲]	RCT - ایران	۲۱ مرد	اضافه وزن و چاق	تمرین + چای سبز (۱۱ نفر): ۲۶/۰۰±۰/۷۰ کنترل (۱۰ نفر): ۲۶/۰۰±۰/۷۰	تمرین + چای سبز: - کنترل: -	۱۰ (۳)	۲۵ دقیقه	تمرین دویدن مداوم با روند ثابت با شدت ۶۵ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه
ذوالفقاری و همکاران ۲۰۱۳ [۲۳]	RCT - ایران	۱۸ زن	چاق	تمرین + چای سبز (۱۱ نفر): ۳۳/۴۵±۵/۴۴ کنترل (۷ نفر): ۳۱/۰۸±۴/۴۱	تمرین + چای سبز: ۳۲/۹۱±۲/۵۵ کنترل: ۳۲/۳۷±۲/۳۷	۱۲ (۳)	۱۵ تا ۵۰ دقیقه	تمرین تردمیل با شدت ۶۰ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب بیشینه

(جدول ۲).

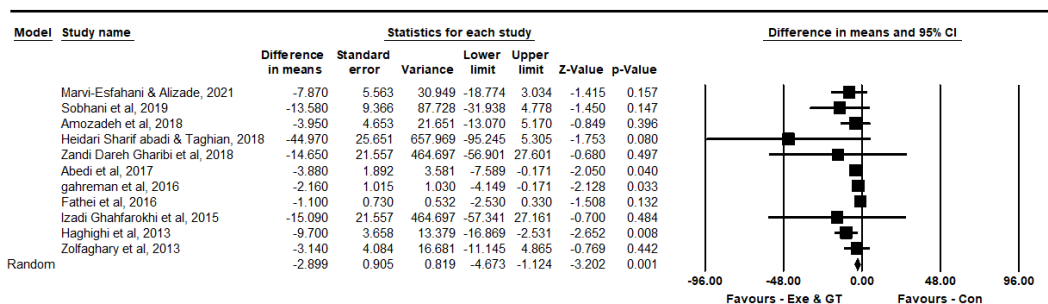
نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۷ و حداکثر ۸ بود

جدول ۲: بررسی کیفیت مطالعات									
مطالعه - سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹ امتیاز
مروی اصفهانی و عالیزاده ۲۰۲۱ [۲۷]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۸
سبحانی و همکاران ۲۰۱۹ [۱۵]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	۷
عموزاد و همکاران ۲۰۱۸ [۱۵]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۸
حیدری شریف آبادی و تقیان ۲۰۱۸ [۱۳]	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	۸
زندى دره غربی و همکاران ۲۰۱۸ [۱۴]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	۷
عابدی و همکاران ۲۰۱۷ [۲۴]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	۷
قهرمان و همکاران ۲۰۱۶ [۲۶]	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	۷
فتحی و همکاران ۲۰۱۶ [۲۸]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۸
ایزدی قهرخی و همکاران ۲۰۱۵ [۲۹]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	۷
حقیقی و همکاران ۲۰۱۳ [۱۲]	✓	✓	✓	✓	×	✓	×	✓	۷
ذوالفقاری و همکاران ۲۰۱۳ [۲۳]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	۸

نتایج نشان داد ناهمگونی معنادار وجود ندارد ($P=0/204$ ، $I^2=25/218$).

نتیجه تست آزمون Egger براساس خروجی CMA نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار برای گلوکز ($P=0/073$) بود، در ضمن این آزمون فاقد نمودار است.

اثر همزمان تمرین ورزشی و چای سبز بر گلوکز: تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۱ مداخله نشان داد که ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز سبب کاهش معنادار گلوکز [$WMD=-2/899$ ، $P=0/001$ ، $(-1/124$ الی $-4/673)$] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق شد (شکل ۲). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد و



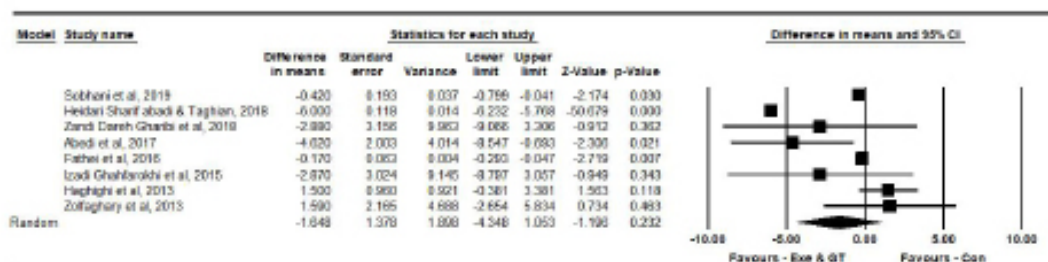
نمودار ۲: اثر تمرین ورزشی و مکمل چای سبز بر گلوکز در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق. Exe & GT: گروه تمرین ورزشی و چای سبز. Con: گروه کنترل

[$WMD=-1/648$ ، $P=0/232$ ، $(-1/053$ الی $-4/438)$] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق نشد (شکل ۳). با استفاده از آزمون (I^2) ناهمگونی بررسی شد

اثر همزمان تمرین ورزشی و چای سبز بر انسولین: تجزیه و تحلیل داده‌های ۸ مداخله نشان داد که ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز سبب تغییر معنادار انسولین

برای انسولین ($P=0/386$) بود، در ضمن این آزمون فاقد نمودار است.

و نتایج نشان داد ناهمگونی معنادار وجود دارد ($P=0/001$). نتیجه تست آزمون Egger براساس خروجی CMA نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار معنادار

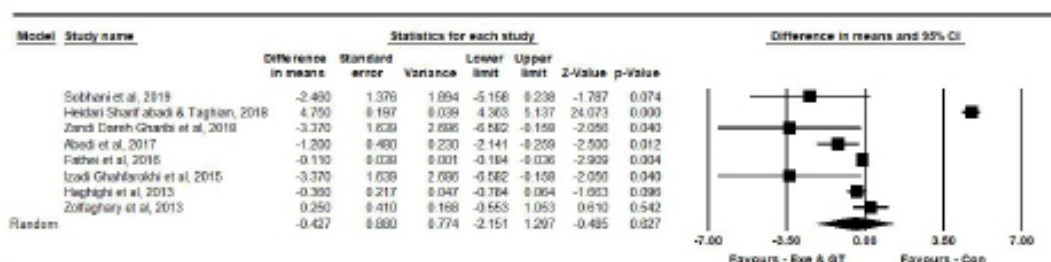


نمودار ۲: اثر تمرین ورزشی و مکمل چای سبز بر انسولین در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق. Exe & GT: گروه تمرین ورزشی و چای سبز. Con: گروه کنترل

(I^2) ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد ناهمگونی معنادار وجود دارد ($P=0/001$, $I^2=98/848$).

اثر همزمان تمرین ورزشی و چای سبز بر مقاومت به انسولین (HOMA-IR): تجزیه و تحلیل داده‌های ۸ مداخله نشان داد که ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز سبب تغییر معنادار [$P=0/627$, $-2/151$ الی $1/297$], $[WMD=-0/427]$ نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق نشد (شکل ۴). با استفاده از آزمون

نتیجه تست آزمون Egger براساس خروجی CMA نشان‌دهنده عدم وجود سوگیری انتشار برای HOMA-IR بود، در ضمن این آزمون فاقد نمودار است.



نمودار ۳: اثر تمرین ورزشی و مکمل چای سبز بر HOMA-IR در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق. Exe & GT: گروه تمرین ورزشی و چای سبز. Con: گروه کنترل

به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق نشد.

بحث و نتیجه‌گیری:

داده‌های موجود در مورد تأثیر ورزش به همراه مکمل چای سبز بر گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین، نتایج متناقضی را نشان می‌دهند. برخی مطالعات کاهش معناداری در شاخص‌های گلیسمی را گزارش کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر تغییر معناداری را مشاهده نکرده‌اند. برای مثال، حیدری شرف آبادی و تقیان در مطالعه خود بر روی زنان چاق و مبتلا به دیابت نوع دو، نشان دادند

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر ورزش و مکمل چای سبز بر بهبود شاخص‌های گلیسمیک در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق انجام گرفت. نتایج نشان داد که تمرین ورزشی به همراه مکمل چای سبز باعث کاهش گلوکز نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان دارای اضافه وزن و چاق شد. اما اثر تمرین ورزشی به همراه مکمل چای سبز سبب تغییر معنادار انسولین و مقاومت به انسولین نسبت



فراهم می‌کند، به‌طوری که ذخایر گلیکوژن تخلیه می‌شود و همچنین جذب گلوکز خون و اسیدهای چرب آزاد شده از بافت چربی افزایش می‌یابد [۳۱]. در حین تمرین ورزشی طولانی‌مدت ذخایر چربی درون عضلانی منبع در دسترس‌تری به‌شمار می‌رود، زمانی که مدت تمرین ورزشی افزایش می‌یابد، تولید گلوکز از گلیکوژنولیز کبدی به گلوکونئوزنز جابجا می‌شود [۳۱].

یکی دیگر از مکانیسم‌های کاهش گلوکز پس از فعالیت بدنی، تحریک سلول‌های بتای پانکراس که منجر به افزایش ترشح انسولین، بالا بردن جریان خون، بالا بردن میزان حساسیت به انسولین است که نهایتاً در کاهش قند خون موثر است [۳۲-۳۴]. در پایان می‌توان گفت که در حین تمرینات ورزشی، احتمالاً استفاده از گلوکز خون توسط عضلات افراد چاق میانسال بیش از تولید گلوکز کبدی باشد که در نتیجه باعث کاهش گلوکز خون و سطوح انسولین پلاسمایی خواهد شد [۳۵]. همچنین ثابت شده است که تا ۱۲ ساعت پس از یک جلسه تمرین هوازی، گلوکز خون کاهش یافته و مسیرهای سیگنالی که درگیر جذب گلوکز به درون عضلات اسکلتی، فعال خواهد شد [۳۵] و همچنین سبب بالا بردن میزان سوخت و ساز این عضلات و افزایش مصرف گلوکز می‌شود [۳۴، ۳۵]. همچنین چای سبز از طریق مهار جذب گلوکز در روده باریک سبب کاهش میزان گلوکز پلازما می‌شود. از طرف دیگر چای سبز می‌تواند به‌طور مستقیم بر متابولیسم گلوکز در کبد اثر گذاشته و مانع گلوکونئوزنز کبدی شود [۳۶]. همچنین این مکمل باعث مهار فعالیت آنزیم آمیلاز بزاق در روده [آنزیم مسئول و هضم نشاسته] می‌شود. با مهار فعالیت این آنزیم، نشاسته با سرعت بسیار آهسته‌ای می‌شکند و در نتیجه قند خون با سرعت کمی بالا می‌رود. مصرف چای سبز به همراه یک وعده غذایی سرشار از کربوهیدرات منجر به کاهش سرعت رها شدن گلوکز و کاهش جذب آن می‌شود و به این وسیله از ترشح انسولین جلوگیری می‌کند [۳۲]. کاتچین چای سبز همچنین ممکن است بر بهبود متابولیسم گلوکز خون از طریق افزایش ترشح نوراپی نفرین تاثیر مفید داشته باشد [۳۳]. مصرف چای سبز به واسطه کاتچین‌ها باعث کاهش غلظت گردش گلوکز پس

که ۱۰ هفته تمرین تناوبی شدید همراه با مکمل چای سبز منجر به کاهش معنادار گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین می‌شود [۱۳]. سبحانی و همکاران نشان دادند که هشت هفته تمرین هوازی به همراه مکمل چای سبز منجر به کاهش معنادار گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین در زنان سالمند مبتلا به دیابت نوع دو شد [۱۵]. در مطالعه دیگر، زندگی دره غریبی و همکاران با بررسی اثر ۱۰ هفته تمرین هوازی به همراه مکمل چای سبز به این نتیجه رسیدند که پس از مداخله تفاوت معناداری در گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین را بر روی زنان چاق دیابتی ایجاد نشد [۱۴]. حقیقی و همکاران گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرین هوازی به همراه مکمل چای سبز سبب تغییر معنادار گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین نشد [۱۲]. همچنین در مطالعه، ذوالفقاری و همکاران بیان کردند که ۱۲ تمرین هوازی به همراه مکمل چای سبز تغییر معنادار گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین در زنان چاق نشد [۲۳]. علت این ناهم‌سویی در نتایج، ممکن است به دلیل طبیعی بودن مقادیر گلوکز و انسولین آزمودنی‌ها در حالت پایه، پروتکل تمرینات مختلف، دوزهای متفاوت مصرفی مکمل چای سبز، زمان‌بندی نمونه‌گیری و وضعیت فیزیولوژیکی و پاتولوژیک مختلف آزمودنی‌ها باشد.

مکانیسم کاهش گلوکز پس از فعالیت بدنی، براساس حفظ گلوکز طبیعی خون حین استراحت و تمرین ورزشی به هماهنگی و یکپارچگی اعصاب سمپاتیک و سیستم درون ریز بستگی دارد [۳۰]. انقباض عضلانی جذب گلوکز خون به عضلات را افزایش می‌دهد، اگر چه سطح گلوکز خون معمولاً از طریق تولید گلوکز طی فرایند گلیکوژنولیز کبدی و فراخوانی مواد سوختی دیگر، از جمله اسیدهای چرب آزاد حفظ می‌شود [۳۰]. تمرین ورزشی باعث افزایش برداشت گلوکز در عضلات بدن می‌شوند که این تغییرات وابسته به تغییرات عملکردی در سیگنال‌های انسولینی و مرتبط با افزایش محتویات پروتئین GLUT4 است [۳۱]. با افزایش شدت تمرین ورزشی اتکا به کربوهیدرات موجود در خون و عضله بیشتر می‌شود [۳۱]. در اوایل تمرین ورزشی، گلیکوژن حجم زیادی از سوخت عضله در حال فعالیت را



از مصرف وعده‌های غذایی، بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود وضعیت التهابی می‌شود [۳۴].

مقاومت به انسولین و اختلال سوخت و ساز گلوکز به طور معمول یک روند تدریجی است و با زیاد شدن بیش از حد وزن و چاقی شروع می‌شود. مقاومت به انسولینی پایه مرکزی سندرم متابولیک در نظر گرفته شده، و مطالعات نشان داده‌اند تمرین ورزشی سبب بهبود هموستاز گلوکز و افزایش حساسیت انسولین می‌شود [۳۷]. تمرین ورزشی به عنوان یک راهبرد غیردارویی در بهبود کنترل گلیسمی و کاهش گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین و عوارض ناشی از چاقی، دیابت و بیماری‌های قلبی-عروقی همواره مورد توجه قرار داده شده است [۳۸]. مکانیسم‌های موثر در افزایش عمل انسولین بعد از انجام تمرینات ورزشی شامل افزایش پیام‌رسانی پیش گیرنده‌ای انسولین، افزایش پروتئین انتقال دهنده گلوکز GLUT4، افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی گلیکوژن به علت افزایش فعالیت آنزیم کلیکوژن سنتاز و هگزوکیناز، افزایش رهایی گلوکز از خون به عضله به علت افزایش مویرگ‌های عضله و تغییرات در ترکیب عضله در جهت افزایش برداشت گلوکز و کاهش رهایی و افزایش پاک شدن اسیدهای چرب آزاد است [۳۹].

مکانیسم‌های کاهش مقاومت به انسولین پس از فعالیت بدنی، براساس تجمع چربی اضافی از دو مسیر اصلی مجزا، موجب مقاومت به انسولین می‌شود که شامل دگرگون شدن سیگنالینگ انسولین یا سایتوکین‌های ترشح شده از بافت چربی و آسیب یا مرگ سلول‌های بتای پانکراس در اثر تجمع اسیدهای چرب آزاد است، ولی فعالیت‌های ورزشی با کاهش تجمع چربی، احتمالاً ضمن تغییر در میزان برخی آدیپوکاین‌ها و کاهش تجمع اسیدهای چرب، حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشد و از مقاومت به انسولین نیز پیشگیری می‌کند [۴۰]. فعالیت‌های ورزشی مقاومت به انسولین را به دلیل انقباض موقتی عضله و افزایش جذب گلوکز و توده عضله‌ای اسکلتی بهبود می‌بخشد [۳]. مکانیسم‌های دیگری که در افزایش حساسیت به انسولین و کاهش مقاومت به انسولین پس از انجام فعالیت بدنی موثر هستند، شامل بالا رفتن میزان گلیکوژن سنتاز و

هگزوکیناز، بالا رفتن میزان سیگنالینگ انسولین بعد از گیرنده، بالا رفتن میزان پروتئین‌های ناقل گلوکز، پایین آمدن میزان رهایش اسیدهای چرب آزاد و بالا رفتن میزان پاک‌سازی آن‌ها و نیز بالا رفتن میزان تحویل گلوکز به عضله است [۴۱-۴۵]. بنابراین تمرینات ورزشی از طریق فعال سازی AMPK و افزایش فعالیت PI3-Kinase و Akt/PKB می‌تواند موجب افزایش حساسیت به انسولین شود. در نتیجه انسولین کمتری جهت تنظیم گلوکز خون پس از تمرین مورد نیاز است [۴۶]. همچنین چای سبز از طریق اثر بر سیستم سمپاتیک و به‌طور خاص در تجزیه‌ی کاتکولامین نورآدرنالین ایجاد می‌نماید [۴۷].

کاتچین مهمترین عامل مداخله‌گر آثار مثبت چای سبز است. تکثیر و تمایز سلول‌های 3T3-L1 را مهار، اکسایش چربی را افزایش و بیان GLUT-4 در بافت چربی نمونه‌ای حیوانی را افزایش می‌دهد. در مطالعه‌های انسانی، افزایش واضح در هزینه انرژی به اثبات رسیده است [۴۸]. نقش حفاظتی کاتچین در اختلال ناشی از سایتوکین‌ها در سلول‌های بتا از طریق مهار فعال سازی مسیر NF- κ B ایجاد می‌شود [۴۹]. کاتچین یک مهار کننده‌ی شناخته شده برای کاتکواومتیل ترانسفراز است که سبب تنزیل نورآدرنالین شده، بنابراین می‌تواند اثر نظارتی بر اعمال سمپاتیکی و تاثیر بر متابولیسم چربی‌ها داشته باشند [۴۷]. علاوه بر تاثیر بر سوخت و ساز چربی، چای سبز می‌تواند بر عمل گلوکز و انسولین تاثیر بگذارد [۱۵]. فلاونوئیدهای چای سبز موجب بهبود عملکرد انسولین و ارتقای توانایی تولید انسولین می‌شوند. کاتچین با افزایش فسفوریلاسیون تیروزین کیناز گیرنده انسولین و سوبسترای گیرنده انسولین عملکرد انسولین را در سلول‌های کبدی تقلید کرده و از سلول‌های کبدی در برابر سایتوکین‌ها محافظت می‌کند [۴۷]. همچنین چای سبز با افزایش بیان ژن انسولین، باعث افزایش ترشح آن از سلول‌های بتای پانکراس می‌شود و به این ترتیب مانع هیپرگلیسمی می‌شود [۳۶]. علت عدم تغییر نتایج انسولین و مقاومت به انسولین به تاثیر چای سبز در توقف سوخت و ساز لیپید و کاهش انباشت توده چربی و وزن بدن اشاره کرد.



قلبی-عروقی، دیابتی و التهاب کبدی استفاده کرد.

ملاحظات اخلاقی:

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این مقاله مروری نیاز به کد اخلاق ندارد.

حامی مالی

این مطالعه هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

فاطمه کاظمی نسب: استخراج داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، نوشتن مقاله و ویرایش نهایی مقاله؛ رحمان سوری: نوشتن مقاله و ویرایش نهایی مقاله؛ امید ظفرمند: استخراج داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، نوشتن مقاله و ویرایش نهایی مقاله.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع در پژوهش حاضر وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

از نویسندگانی که داده‌های مطالعات خود را در اختیار ما قرار دادند، تشکر می‌نماییم.

فرا تحلیل حاضر دارای چندین نقاط قوت است. با توجه به این که تفاوت در نوع تمرین، مدت و یا شدت تمرین و همچنین دوزهای مصرفی مختلف مکمل چای سبز می‌تواند بر نتایج کل فرا تحلیل تاثیرگذار باشد، پروتکل‌های ورزشی مطالعات وارد شده در این فرا تحلیل شامل انواع تمرینات ورزشی مختلف بود. از محدودیت‌های مطالعه حاضر به مطالعات وارد شده دارای حجم نمونه پایین اشاره کرد. از اطلاعات مطالعات موجود مشخص است که پنهان سازی تخصیص به اندازه کافی در همه کارآزمایی‌های تصادفی سازی شده گزارش نشده است، که ممکن است سوگیری انتخابی را در این ارزیابی وارد کند. همچنین هیچ یک از کارآزمایی‌های تصادفی سازی شده و کنترل شده که در این فرا تحلیل گنجانده شده‌اند، کور کردن ارزیابان پیامد را گزارش نکردند، که احتمال سوگیری انتخابی بالقوه را برای این ارزیابی این فرا تحلیل معرفی می‌کند. بنابراین، انجام مطالعات بیشتر با حجم نمونه‌های بیشتر برای تایید و تقویت یافته‌های فرا تحلیل حاضر ضروری است.

از آنجا که استفاده از گیاهان دارویی در مقایسه با داروهای شیمیایی از عوارض کمتری برخوردار است، به نظر می‌رسد می‌توان از ترکیب تمرین ورزشی و مکمل چای سبز به عنوان روشی مفید در ایجاد تغییرات مثبت مربوط به کاهش شاخص‌های گلیسمی و کاهش اختلالات مرتبط با اضافه وزن و چاقی در بزرگسالان و به خصوص بیماری‌های



References

1. Akter T, Zeba Z, Hosen I, Al-Mamun F, Mamun MA. Impact of the COVID-19 pandemic on BMI: Its changes in relation to socio-demographic and physical activity patterns based on a short period. *PLoS One*. 2022; 17(3):e0266024. DOI: [10.1371/journal.pone.0266024](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266024) PMID: [35325012](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35325012/).
2. Olefsky JM, Glass CK. Macrophages, inflammation, and insulin resistance. *Annu Rev Physiol*. 2010; 72:219-46. DOI: [10.1146/annurev-physiol-021909-135846](https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-021909-135846) PMID: [20148674](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20148674/)
3. Zou C, Shao J. Role of adipocytokines in obesity-associated insulin resistance. *J Nutr Biochem*. 2008; 19(5):277-86. DOI: [10.1016/j.jnutbio.2007.06.006](https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2007.06.006) PMID: [18054218](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18054218/)
4. DeFronzo RA, Gunnarsson R, Björkman O, Olsson M, Wahren J. Effects of insulin on peripheral and splanchnic glucose metabolism in noninsulin-dependent (type II) diabetes mellitus. *J Clin Invest*. 1985; 76(1):149-55. DOI: [10.1172/JCI111938](https://doi.org/10.1172/JCI111938) PMID: [3894418](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3894418/)
5. Kang DW, Lee J, Suh SH, Ligibel J, Courneya KS, Jeon JY. Effects of exercise on insulin, IGF Axis, Adipocytokines, and Inflammatory markers in breast cancer survivors: A systematic review and meta-analysis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2017; 26(3):355-65. DOI: [10.1158/1055-9965.EPI-16-0602](https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-16-0602) PMID: [27742668](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27742668/)
6. Kianbakht S. A Review on Medicinal Plants Used in Treatment of Obesity and Overweight. *J Med Plants*. 2010; 9(36):1-19. [In Persian]. [Link](#)
7. Tabatabai Molazi O, Larijani B. A review of obesity and its management in Iran. *IJDLD*. 2013; 12(5):357-74. [In Persian]. [Link](#)
8. Farzaei MH, Bahramsoltani R, Abbasabadi Z, Braid N, Nabavi SM. Role of green tea catechins in prevention of age-related cognitive decline: Pharmacological targets and clinical perspective. *J Cell Physiol*. 2019; 234(3):2447-59. DOI: [10.1002/jcp.27289](https://doi.org/10.1002/jcp.27289) PMID: [30187490](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30187490/)
9. Eng QY, Thanikachalam PV, Ramamurthy S. Molecular understanding of Epigallocatechin gallate (EGCG) in cardiovascular and metabolic diseases. *J Ethnopharmacol*. 2018; 210:296-310. DOI: [10.1016/j.jep.2017.08.035](https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.08.035) PMID: [28864169](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28864169/)
10. Lu H, Meng X, Yang CS. Enzymology of methylation of tea catechins and inhibition of catechol-O-methyltransferase by (-)-epigallocatechin gallate. *Drug Metab Dispos*. 2003; 31(5):572-9. DOI: [10.1124/dmd.31.5.572](https://doi.org/10.1124/dmd.31.5.572) PMID: [12695345](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12695345/)
11. Dulloo AG, Seydoux J, Girardier L, Chantre P, Vandermader J. Green tea and thermogenesis: interactions between catechin-polyphenols, caffeine and sympathetic activity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000; 24(2):252-8. DOI: [10.1038/sj.ijo.0801101](https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801101) PMID: [10702779](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10702779/)
12. Haghighi A, Ildarabadi A, Hamed Neya MR. The effect of aerobic training and green tea supplement on serum leptin and insulin resistance in overweight and obese men. *JSB*. 2013; 4(15):23-43. [In Persian] DOI: [10.22059/jsb.2013.29776](https://doi.org/10.22059/jsb.2013.29776)
13. Heidari Sharif abadi B, Taghian F. The effect of intensity interval training and green tea supplementation on serum levels of irisin and insulin resistance in obese women with type 2 diabetes. *IJDLD*. 2018; 17(6):307-16. [In Persian]. [Link](#)
14. Zandi Dareh Gharibi Z, Faramarzi M, Banitalebi E. The effect of rhythmic aerobic exercise and green tea supplementation on visfatin levels and metabolic risk factors in obese diabetic women. *J Med Plants*. 2018; 17(68):145-56. [In Persian]. [Link](#)
15. Sobhani F, Haghshenas R, Rahimi M. Effect of eight weeks aerobic training and supplementation of green tea on apelin plasma levels and insulin resistance in elderly women with type 2 diabetes. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2019; 28(170):84-93. [In Persian]. [Link](#)
16. Zafarmand O, Mogharnasi M, Moghadasi M. The effect of exercise training on serum levels of adipokines related to energy homeostasis (adropin, asprosin) and insulin resistance in patients with type 2 diabetes or obesity: A Systematic review and meta-Analysis. *JAHSPP*. 2024; 11(2):23-43. DOI: [10.22049/JAHSPP.2024.29339.1620](https://doi.org/10.22049/JAHSPP.2024.29339.1620)
17. Mogharnasi M, Kazeminasab F, Zafarmand O, Hassanpour N. The effect of aerobic and resistance training on Omentin-1 and Nesfatin-1 levels in adults: A systematic review and meta-Analysis. *J Birjand Univ Med Sci*. 2024; 30(4):295-315. DOI: [10.61186/JBUMS.30.4.295](https://doi.org/10.61186/JBUMS.30.4.295)
18. Kazeminasab F, Zafarmand O. Comparison of the effects of high-intensity intermittent training and moderate-intensity continuous training on cardiometabolic factors in type 2 diabetic patients: A systematic review and meta-analysis. *Feyz Med Sci J*. 2024; 28(1):96-109. [In Persian]. [Link](#)
19. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: A systemic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2021; 22(9):e13275. DOI: [10.1111/obr.13275](https://doi.org/10.1111/obr.13275) PMID: [33998135](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33998135/)
20. Kazeminasab F, Sharafifard F, Miraghajani M, Behzadnejad N, Rosenkranz SK. The effects of exercise training on insulin resistance in children and



- adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023; 14:1178376. DOI: [10.3389/fendo.2023.1178376](https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1178376) PMID: [37635963](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37635963/)
21. Khalafi M, Alamdari KA, Symonds ME, Nobari H, Carlos-Vivas J. Impact of acute exercise on immediate and following early post-exercise FGF-21 concentration in adults: Systematic review and meta-analysis. *Hormones (Athens)*. 2021; 20(1):23-33. DOI: [10.1007/s42000-020-00245-3](https://doi.org/10.1007/s42000-020-00245-3) PMID: [33151509](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33151509/)
 22. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*. 1997; 315(7109):629-34. DOI: [10.1136/bmj.315.7109.629](https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629) PMID: [9310563](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9310563/)
 23. Zolfaghari M, Taghian F, Hedayati M. The effects of green tea extract consumption, aerobic exercise and a combination of these on chemerin levels and insulin resistance in obese women. *IJEM*. 2013; 15(3):253-61. [In Persian]. [Link](#)
 24. Abedi B, Poorfakhimi Abarghu J, Ghadami A, Amini Rarani S. The effects of resistance training and green tea supplementation on lipid profile and insulin resistance in obese and overweight men. *CMJA*. 2017; 7(1):1767-76. [In Persian]. [Link](#)
 25. Amozadeh H, Shabani R, Nazari M. The effect of aerobic training and green tea supplementation on cardio metabolic risk factors in overweight and obese females: A randomized trial. *Int J Endocrinol Metab*. 2018; 16(4):e60738. DOI: [10.5812/ijem.60738](https://doi.org/10.5812/ijem.60738) PMID: [30464771](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30464771/)
 26. Gahreman D, Heydari M, Boutcher Y, Freund J, Boutcher S. The effect of green tea ingestion and interval sprinting exercise on the body composition of overweight males: A randomized trial. *Nutrients*. 2016; 8(8):510. DOI: [10.3390/nu8080510](https://doi.org/10.3390/nu8080510) PMID: [27548216](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27548216/)
 27. 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. *MJMS*. 2021; 64(2):2999-3013. [In Persian] DOI: [10.22038/mjms.2021.18779](https://doi.org/10.22038/mjms.2021.18779)
 28. Fathei M, Khairabadi S, Ramezani F, Hejazi K. The effects of eight weeks aerobic training, green tea supplementation and compound of them on serum liver enzymes and apolipoproteins in inactive overweight women. *MJMS*. 2016; 59(2):114-23. [In Persian] DOI: [10.22038/mjms.2016.7339](https://doi.org/10.22038/mjms.2016.7339)
 29. Izadi Ghahfarokhi M, Mogharnasi M, Faramarzi M. The Impact of 10 weeks of aerobic exercise and supplementation of green tea on lipid profile, insulin resistance and liver enzymes (ggt, alt, ast) in obese diabetic women (type 2). *Armaghane Danesh*. 2015; 20(2):161-71. [In Persian] [Link](#)
 30. Suh SH, Paik IY, Jacobs K. Regulation of blood glucose homeostasis during prolonged exercise. *Mol Cells*. 2007; 23(3):272-9. PMID: [17646701](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17646701/)
 31. O'Gorman DJ, Karlsson HK, McQuaid S, Yousif O, Rahman Y, Gasparro D, et al. Exercise training increases insulin-stimulated glucose disposal and GLUT4 (SLC2A4) protein content in patients with type 2 diabetes. *Diabetologia*. 2006; 49(12):2983-92. DOI: [10.1007/s00125-006-0457-3](https://doi.org/10.1007/s00125-006-0457-3) PMID: [17019595](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17019595/)
 32. Ferrari F, Bock PM, Motta MT, Helal L. Biochemical and molecular mechanisms of glucose uptake stimulated by physical exercise in insulin resistance state: Role of inflammation. *Arq Bras Cardiol*. 2019; 113(6):1139-48. DOI: [10.5935/abc.20190224](https://doi.org/10.5935/abc.20190224) PMID: [31644699](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31644699/)
 33. Gholamimoghadam S, Mogharnasi M. The Effect of spirulina supplementation and Circuit Resistance Training (CRT) on plasma values of resistin, and some indicators of body composition of overweight, and obese police officers. *J Police Med*. 2021; 10(3):149-58. [In Persian] DOI: [10.30505/10.3.149](https://doi.org/10.30505/10.3.149)
 34. Liu SX, Zheng F, Xie KL, Xie MR, Jiang LJ, Cai Y. Exercise reduces insulin resistance in type 2 diabetes mellitus via mediating the lncRNAMALAT1/MicroRNA-382-3p/Resistin Axis. *Mol Ther Nucleic Acids*. 2019; 18:34-44. DOI: [10.1016/j.omtn.2019.08.002](https://doi.org/10.1016/j.omtn.2019.08.002) PMID: [31479923](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31479923/)
 35. Baigzadeh M, Delavar SH, Safikhani H. The effect of training (aerobic and concurrent) and cinnamon supplementation on the plasma levels of visfatin and adiponectin in overweight diabetic men. *J Clin Res Paramed Sci*. 2020; 9(2). DOI: [10.5812/jcrps.90906](https://doi.org/10.5812/jcrps.90906)
 36. Wu CH, Lu FH, Chang CS, Chang TC, Wang RH, Chang CJ. Relationship among habitual tea consumption, percent body fat, and body fat distribution. *Obes Res*. 2003; 11(9):1088-95. DOI: [10.1038/oby.2003.149](https://doi.org/10.1038/oby.2003.149) PMID: [12972679](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12972679/)
 37. Lakka TA, Laaksonen DE. Physical activity in prevention and treatment of the metabolic syndrome. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2007; 32(1):76-88. DOI: [10.1139/h06-113](https://doi.org/10.1139/h06-113) PMID: [17332786](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17332786/)
 38. Aghamohammadi M, Habibi A, Ranjbar R. The effect of selective aerobic training on serum irisin levels and insulin resistance index in women with type 2 diabetes. *J Arak Univ Med Sci*. 2016; 18(11):1-9. [In Persian]. [Link](#)
 39. Jafari-Adli S, Jouyandeh Z, Qorbani M, Soroush A, Larijani B, Hasani-Ranjbar S. Prevalence of obesity and overweight in adults and children in Iran; A systematic review. *J Diabetes Metab Disord*. 2014; 13(1):121. DOI: [10.1186/s40200-014-0121-2](https://doi.org/10.1186/s40200-014-0121-2) PMID: [25610814](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25610814/)



40. Kim ES, Im JA, Kim KC, Park JH, Suh SH, Kang ES, et al. Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity* (Silver Spring). 2007; 15(12):3023-30. DOI: [10.1038/oby.2007.360](https://doi.org/10.1038/oby.2007.360) PMID: [18198311](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18198311/)
41. Uslu S, Kebapçı N, Kara M, Bal C. Relationship between adipocytokines and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus. *Exp Ther Med*. 2012; 4(1):113-120. DOI: [10.3892/etm.2012.557](https://doi.org/10.3892/etm.2012.557) PMID: [23060933](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23060933/)
42. Shahgholi Abasi R, Izadi M, Soheili SH, Imanzadeh R. Serum resistin and insulin resistance responses to long-term physical exercise in the absence of diet control in middle-aged obese men. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2012; 21(86):126-30. [In Persian] [Link](#)
43. Jung SH, Park HS, Kim KS, Choi WH, Ahn CW, Kim BT, et al. Effect of weight loss on some serum cytokines in human obesity: Increase in IL-10 after weight loss. *J Nutr Biochem*. 2008; 19(6):371-5. DOI: [10.1016/j.jnutbio.2007.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2007.05.007) PMID: [17614271](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17614271/)
44. Suh S, Jeong IK, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, et al. Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight Korean adolescents: A controlled randomized trial. *Diabetes Metab J*. 2011; 35(4):418-26. DOI: [10.4093/dmj.2011.35.4.418](https://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.4.418) PMID: [21977463](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21977463/)
45. Suntraluck S, Tanaka H, Suksom D. The relative efficacy of land-based and water-based exercise training on macro- and microvascular functions in older patients with type 2 diabetes. *J Aging Phys Act*. 2017; 25(3):446-52. DOI: [10.1123/japa.2016-0193](https://doi.org/10.1123/japa.2016-0193) PMID: [28095104](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28095104/)
46. Hosseini Kakhk SA, Attarzadeh Z, Haghighi A. A comparison of the effects of two aquatic exercise sessions with different duration on adiponectin and insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 1970; 20(4):563-72. [In Persian]. [Link](#)
47. Chacko SM, Thambi PT, Kuttan R, Nishigaki I. Beneficial effects of green tea: A literature review. *Chin Med*. 2010; 5:13. DOI: [10.1186/1749-8546-5-13](https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-13) PMID: [20370896](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20370896/)
48. Kim HM, Kim J. The effects of green tea on obesity and type 2 diabetes. *Diabetes Metab J*. 2013; 37(3):173-5. DOI: [10.4093/dmj.2013.37.3.173](https://doi.org/10.4093/dmj.2013.37.3.173) PMID: [23807919](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23807919/)
49. Wu LY, Juan CC, Hwang LS, Hsu YP, Ho PH, Ho LT. Green tea supplementation ameliorates insulin resistance and increases glucose transporter IV content in a fructose-fed rat model. *Eur J Nutr*. 2004; 43(2):116-24. DOI: [10.1007/s00394-004-0450-x](https://doi.org/10.1007/s00394-004-0450-x) PMID: [15083319](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15083319/)

