

Original Article

## The effect of eight weeks of concurrent training combined with ginseng supplementation on serum fibroblast growth factor 21 concentration in overweight and obese women

Rejne Bahrami<sup>1</sup> , Hassan Faraji<sup>2</sup> \* , Mohammad Rahman Rahimi<sup>3</sup> ,  
Mahdi Ghahremani Moghaddam<sup>4</sup> 

<sup>1</sup> Sarovabad Education Department, Kurdistan, Iran

<sup>2</sup> Department of Physical Education and Sport Sciences, Mari.C. Islamic Azad University, Marivan, Iran

<sup>3</sup> Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

<sup>4</sup> Department of Exercise Physiology, School of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

### Abstract

**Background and Purpose:** The effect of ginseng supplementation and concurrent exercise on fibroblast growth factor 21 (FGF21) levels is not known. The aim of this study was to investigate the effect of ginseng supplementation with concurrent exercise on FGF21 levels in overweight and obese women.

**Materials and Methods:** Twenty four overweight and obese women (age, 34.9±6.8 yrs; body mass index, 31.9±4.5 kg.m<sup>-2</sup>) volunteered to participate in the study and were randomly divided into two equal groups of placebo and supplement. Both groups performed a concurrent training protocol for eight weeks, three sessions per week. The intensity of aerobic exercises started from 50% of the maximum heart rate (HRmax) and reached 70% of HRmax in the last week. Its duration started from 10 minutes and finally reached 30 minutes in the last weeks. The intensity of resistance training started from 50% of one repetition maximum (1-RM) the first week and finally reached 70% of 1-RM. The intensity of aerobic and resistance exercises was 50 to 70% of the maximum. Subjects in the supplementation group consumed 500 mg of ginseng daily after lunch and dinner in gelatin capsules. The placebo group also consumed wheat flour under the same conditions. Blood sampling was done 48 hours before and after the training period in fasting conditions. Two-way analysis of variance with repeated measures (2×2 design) and Tukey's post-hoc test were used to analyze the data. Significant level was set at p≤0.05.

**Results:** The levels of FGF21 in the supplement group were significantly higher compared to the placebo group in the post-test (F=5.73, p=0.03). FGF21 levels were also significantly higher in the supplement group in the post-test than in the pre-test (F=17.73, p=0.001). The interaction of time and group was also significant (F=10.96, p=0.005). There was no significant difference in glucose levels in the supplement group compared to the placebo group (F=2.19, p=0.16). Glucose levels in the supplement group had a significant decrease compared to the pre-test (F=14.07, p=0.003). The changes in FGF21 and glucose levels in the placebo group were not significant (p>0.05).

\* Corresponding Author's E-mail: faraji.hassan@iau.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.237132.1299>

Received: 07/10/2024

Revised: 11/01/2025

Accepted: 27/01/2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

**Conclusion:** A two-month period of 500 mg ginseng supplement daily with concurrent training may be associated with increased FGF21 levels and decreased blood glucose in overweight and obese women.

**Keywords:** Obesity, Ginseng, Parallel Exercise, Fibroblast Growth Factor 21

**How to cite this article:** Bahrami R, Faraji H, Rahimi MR, Moghaddam MG. The effect of eight weeks of concurrent training combined with ginseng supplementation on serum fibroblast growth factor 21 concentration in overweight and obese women. *J Sport Exerc Physiol.* 2025;18(2):69-86.



## تأثیر هشت هفته تمرین موازی همراه با مصرف مکمل جینسینگ بر غلظت عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ سرمی در زنان دارای اضافه وزن و چاق

ریژنه بهرامی<sup>۱</sup>، حسن فرجی<sup>۲\*</sup>، محمدرحمان رحیمی<sup>۳</sup>، مهدی قهرمانی مقدم<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> اداره آموزش و پرورش شهرستان سروآباد، کردستان، ایران

<sup>۲</sup> گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد مریوان، دانشگاه آزاد اسلامی، مریوان، ایران

<sup>۳</sup> گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

<sup>۴</sup> گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** به نظر می‌رسد مکمل جینسینگ و تمرین موازی با سطوح عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) در ارتباط است، اما تأثیر مکمل جینسینگ با و بدون تمرینات موازی بر سطوح FGF21 به خوبی مشخص نیست. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر مکمل جینسینگ با تمرین موازی بر سطوح FGF21 زنان دارای اضافه وزن و چاق بود.

**مواد و روش‌ها:** نمونه آماری این پژوهش ۲۴ زن (سن: ۳۴/۹±۶/۸ سال، شاخص توده بدن: ۳۱/۹±۴/۵ کیلوگرم بر متر مربع) میانسال داوطلب دارای اضافه وزن و چاقی بودند که به صورت تصادفی در دو گروه مساوی دارونما و مکمل قرار گرفتند. تمرین موازی به مدت هشت هفته با تواتر سه جلسه در هفته بود. شدت تمرینات هوازی از ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه آغاز شد و در هفته آخر به ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه رسید. مدت آن نیز از ۱۰ دقیقه شروع شد و در نهایت به ۳۰ دقیقه در هفته‌های آخر رسید. شدت تمرینات مقاومتی از ۵۰ درصد هفته اول آغاز شد و در نهایت به ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه رسید. آزمودنی‌های گروه جینسینگ روزانه ۵۰۰ میلی‌گرم جینسینگ پس از ناهار و شام در کپسول‌های ژلاتینی دریافت کردند. گروه دارونما نیز در شرایط مشابه، آرد گندم دریافت کردند. خون‌گیری ۴۸ ساعت پیش و پس از دوره تمرینی در شرایط ناشتا انجام گرفت. از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر (طرح ۲×۲) و آزمون تعقیبی توکی به منظور تحلیل داده‌ها استفاده شد. سطح معناداری  $P \leq 0/05$  در نظر گرفته شد.

**نتایج:** سطوح FGF21 گروه مکمل در مقایسه با گروه دارونما در پس‌آزمون به‌طور معناداری بالاتر بود ( $F=5/37$ ,  $p=0/03$ ). سطوح FGF21 همچنین در گروه مکمل در پس‌آزمون به‌طور معناداری نسبت به پیش‌آزمون ( $F=17/73$ ,  $p=0/001$ ) بالاتر بود. تعامل زمان و گروه نیز معنادار بود ( $F=10/96$ ,  $p=0/005$ ). سطوح گلوکز در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما در پس‌آزمون تفاوت معناداری نداشت ( $F=2/19$ ,  $p=0/16$ ). سطوح گلوکز در گروه مکمل کاهش معناداری نسبت به پیش‌آزمون داشت ( $F=14/07$ ,  $p=0/003$ ). تغییرات سطوح FGF21 و گلوکز گروه دارونما معنادار نبود ( $P > 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** مصرف مکمل جینسینگ همراه با تمرین موازی ممکن است با افزایش سطوح FGF21 و کاهش گلوکز خون در زنان دارای اضافه وزن و چاق همراه باشد.

**واژه‌های کلیدی:** چاقی، جینسینگ، تمرین موازی، عامل رشد فیبروبلاست ۲۱

\* رایانامه نویسنده مسئول: faraji.hassan@iau.ac.ir

**نحوه استناد به این مقاله:** بهرامی ر، فرجی ح، رحیمی م ر، مقدم م ق. تأثیر هشت هفته تمرین موازی همراه با مصرف مکمل جینسینگ بر غلظت عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ سرمی در زنان دارای اضافه وزن و چاق. نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی. ۱۴۰۴؛ ۱۸(۲): ۶۹-۸۶.

## مقدمه

با توسعه نظام‌های اجتماعی، اقتصادی و در نتیجه تغییر سبک زندگی، بروز اضافه وزن، چاقی، نشانگان سوخت‌وسازی، التهاب سراسری و دیابت نوع دو در حال افزایش است و بار پزشکی سنگینی را به همراه دارد (۱). گزارش شده است که فعالیت منظم بدنی با اثرگذاری بر بافت‌های مختلف بدن از جمله کبد، عضلات اسکلتی و چربی وسیله‌ای مؤثر برای کنترل وزن، نشانگان سوخت‌وسازی، دیابت نوع دو و بیماری‌های قلبی است (۲).

عامل رشد فیبروبلاست ۲۱ (FGF21) پروتئینی است که در پستانداران توسط ژن FGF21 کدگذاری می‌شود و به‌عنوان بخشی از خانواده عامل رشد فیبروبلاست (FGF) شناخته می‌شود که نقش مهمی در تنظیم سوخت‌وساز، به‌ویژه در هومئوستاز گلوکز و لیپید دارد. FGF21 در بافت کبد، عضلات اسکلتی، چربی، پانکراس و مغز نیز بیان می‌شود (۲، ۳). FGF21 به‌تازگی به‌دلیل کاربردهای بالقوه درمانی در اختلالات سوخت‌وسازی شناخته شده است و در چندین فرایند سوخت‌وسازی نقش دارد، به‌طوری‌که جذب گلوکز را در سلول‌های چربی افزایش می‌دهد و حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشد (۳). نشان داده شده است که سطح گلوکز پلاسما را در الگوهای حیوانی مختلف، از جمله موش‌هایی که الگوهایی برای چاقی و دیابت هستند، کاهش می‌دهد (۴). این هورمون اکسایش اسیدهای چرب را ترویج و سوخت‌وساز لیپید را تنظیم می‌کند و به‌طور بالقوه به کاهش وزن و بهبود نیمرخ چربی در افراد چاق و دیابتی کمک می‌کند (۴). FGF21 نقش کلیدی در پاسخ انطباقی به روزه‌داری دارد و فرایندهایی مانند کتوزن و گلوکونئوزن را برای کمک به حفظ تعادل انرژی در طول محرومیت از مواد مغذی القا می‌کند (۳). یافته‌ها نشان می‌دهد که تجویز FGF21 می‌تواند به کاهش وزن چشمگیر و بهبود شاخص‌های سوخت‌وسازی در الگوهای

حیوانی و انسان منجر شود (۵). بهبود حساسیت به انسولین و کاهش هیپرگلیسمی با سطوح FGF21 مرتبط است و آن را به عامل درمانی بالقوه برای مدیریت دیابت نوع دو تبدیل می‌کند (۴، ۵). گزارش شده است که FGF21 التهاب وابسته به چاقی را در بافت چربی کاهش می‌دهد و تأثیرات محافظتی در برابر تجمع چربی کبد دارد (۶). مطالعات با استفاده از الگوهای چاقی ناشی از مونوسدیم گلوتامات مشخص کرده‌اند که درمان با FGF21 به‌طور چشمگیری نشانگرهای التهابی را در سلول‌های چربی و پیش‌آدیپوسیت‌ها بهبود می‌بخشد (۷). تحقیقات آزمایشگاهی با ماکروفاژهای RAW 264.7 نشان دادند که FGF21 سایتوکین‌های پیش‌التهابی مانند TNF- $\alpha$ ، IL-1 $\beta$  و IL-6 را کاهش می‌دهد، درحالی‌که سطح IL-10 ضدالتهابی را افزایش می‌دهد. این نشان می‌دهد که FGF21 ظرفیت ضداکسایشی ماکروفاژها را افزایش و در نتیجه فشار اکسایشی و التهاب را کاهش می‌دهد (۸).

اگرچه برخی پژوهش‌ها تأثیر فعالیت منظم ورزشی بر سطوح FGF21 در گردش را بررسی کرده‌اند، اما با بررسی نتایج این تحقیقات نتیجه مشخصی از آنان قابل برداشت نیست. در پژوهش‌های حیوانی گزارش شده است که ۱۲ هفته فعالیت منظم ورزشی FGF21 را در موش‌ها افزایش می‌دهد (۹)، درحالی‌که FGF21 با انجام چهار هفته تمرین هوازی کاهش یافته است (۱۰). در پژوهش‌های انسانی نیز نتایج ناهم‌سویی دیده می‌شود. برای مثال نشان داده شده است که تمرینات هوازی با افزایش (۱۱، ۱۲) کاهش (۱۳) و عدم تغییر (۱۴) سطوح گردش FGF21 همراه بوده و پس از تمرینات مقاومتی افزایش (۱۵) و کاهش آن (۱۶) گزارش شده است. تمرینات موازی نیز با کاهش (۱۷) و افزایش (۱۸) سطوح آن مرتبط بوده‌اند. بنابراین، تأثیر تمرینات منظم ورزشی بر FGF21 در خون یا بافت‌ها

هنوز به خوبی درک نشده است. در چند سال گذشته، استفاده از تمرینات موازی به منظور بهره‌مندی از تأثیر فواید هر دو نوع شیوه تمرینات استقامتی - مقاومتی، توجه بیشتر مربیان و پژوهشگران ورزشی را به خود جلب کرده و به‌کارگیری این شیوه از تمرینات ورزشی، توسط دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا پیشنهاد شده است (۱۹). افزون بر این بررسی تأثیرات تمرینات مقاومتی و هوازی ترکیبی بر FGF21 به دلیل نقش حیاتی آن در سوخت‌وساز، تأثیرات متفاوت انواع مختلف ورزش بر سطوح آن و پیامدهای بالقوه برای درمان اختلالات سوخت‌وسازی ضروری است. درک این روابط می‌تواند به مداخلات ورزشی مؤثرتر با هدف بهبود نتایج سلامت در بین جمعیت‌های مختلف منجر شود.

امروزه تحقیقات زیادی در حال بررسی تأثیر گیاهان دارویی و عوامل اثرگذار آنها در راستای بهبود تندرستی و مدیریت یا درمان بیماری‌های مختلف‌اند. یکی از این مواد گیاهی که یافته‌هایی درباره فواید فیزیولوژیکی آن گزارش شده است، جینسینگ است. جینسینگ حاوی انواع مختلفی از ترکیبات فعال زیستی است که به خواص دارویی آن کمک می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها جینسنوزیدها و جینتونین هستند. علاوه بر جینسنوزیدها، پلی‌ساکاریدها، فیانوونوئیدها، داکوسترین، مواد مخاطی، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، کولین، پکتین و روغن چرب نیز در جینسینگ وجود دارد (۲۰). جینسنوزیدهای Rb2 و Rd به‌طور شایان توجهی تجمع چربی را در سلول‌های کبدی مهار می‌کنند و همچنین جینسینگ قرمز و اجزای آن جینسنوزید با فعال شدن پروتئین کیناز / سیرتوئین ۱ فعال شده با آدنوزین مونوفسفات و هم در داخل بدن و هم در شرایط آزمایشگاهی، از استئاتوز الکلی و آسیب کبدی جلوگیری می‌کنند و در کل عملکرد کبد را بهبود می‌بخشند (۲۱). پژوهش‌های بسیاری گزارش کرده‌اند که مکمل جینسینگ موجب کاهش توده بافت چربی و

جلوگیری از چاقی در موش‌های چاق ناشی از رژیم غذایی می‌شود (۲۲). دریافت جینسینگ بر وزن بدن، مصرف غذا و کاهش تجمع چربی تأثیر می‌گذارد و موجب تغییر در تنظیم سوخت‌وساز انرژی و کنترل قند خون می‌شود (۲۳). پیش از این مشخص شده بود که مصرف دو هفته جینسینگ با تمرین استقامتی موجب افزایش اکسایش چربی در حین ورزش می‌شود (۲۴). همبستگی بین جینسینگ و FGF21 به‌خوبی مشخص نیست؛ اما در درجه اول با تنظیم سوخت‌وسازی و التهاب مرتبط است. ژانک و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که جینسینگ می‌تواند به‌طور چشمگیری بیان FGF21 را در بافت‌های مختلف از جمله بافت چربی قهوه‌ای و کبد افزایش دهد (۲۵). عصاره‌های جینسینگ با تعدیل بیان ژن مرتبط با التهاب همراه است و با کاهش بیان نشانگرهای التهابی، جینسینگ شاید به‌طور غیرمستقیم از عملکردهای سوخت‌وسازی FGF21 حمایت کند (۲۶). توانایی جینسینگ برای تقویت بیان FGF21 شاید به تأثیرات آن بر مدیریت وزن و سلامت سوخت‌وسازی، به‌ویژه در زمینه چاقی و اختلالات سوخت‌وسازی وابسته کمک کند. بنابراین با توجه به نبود اطلاعات کامل درباره اثر تمرین ورزشی بر سطوح FGF21 و نبود پژوهشی درباره اثر مصرف جینسینگ بر سطوح FGF21، در تحقیق حاضر اثر یک دوره تمرین موازی هوازی و مقاومتی همراه با دریافت جینسینگ بر سطوح خونی FGF21 بررسی شد.

### روش پژوهش

**نمونه‌های پژوهش:** این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی، تقسیم تصادفی، دوسوکور و کنترل‌شده با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. جامعه آماری تحقیق شامل زنان (۲۶ تا ۴۲ سال) چاق غیرفعال (عدم انجام دست کم ۱۵۰-۳۰۰ دقیقه فعالیت بدنی هوازی با شدت متوسط، یا ۷۵-۴۵۰ دقیقه فعالیت بدنی هوازی با شدت

همه داوطلبان برگه رضایت آگاهانه در پژوهش را امضا کردند و از جزئیات طرح شامل نحوه اجرا، فواید و خطرهای احتمالی آگاه شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل دامنه سنی بین ۲۵ تا ۴۵ سال، نداشتن سابقه هرگونه بیماری، داشتن شاخص توده بدنی بالاتر از ۲۵، مصرف نکردن دخانیات یا دارو و مکمل، شرکت نکردن در فعالیت‌های ورزشی منظم طی شش ماه قبل از پژوهش بود. معیارهای خروج نیز شامل مصرف هرگونه دارو یا مکمل، غیبت بیش از دو جلسه متداوم، عدم تمایل و اجرای صحیح حرکات و عدم مصرف منظم مکمل یا دارونما بود.

شدید، یا ترکیبی برابر از فعالیت با شدت متوسط و شدید در طول هفته (۲۷) و غیربیمار (دیابت، قلب و عروق، حرکتی و غیره) بود که بر اساس پرسشنامه آمادگی فعالیت بدنی (PAR-Q)<sup>۱</sup> و سابقه پزشکی محدودیتی برای انجام تمرینات بدنی نداشتند. به منظور کاهش احتمال تغییرات در واکنش‌های هورمونی، جامعه آماری فقط شامل زنان در وضعیت مرحله اولیه فولیکولی چرخه قاعدگی (روزهای اول تا دهم) بود. در نهایت از میان ۲۹ داوطلب واجد شرایط، ۲۴ نفر به صورت تصادفی ساده انتخاب و به طور تصادفی به دو گروه ۱۲ نفره مکمل و دارونما تقسیم شدند (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد)

گروه	سن	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)	چربی (درصد)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
جینسینگ	۳۴/۴±۶/۶	۱۶۴/۱±۶/۷	۸۵/۱±۹/۸	۳۰/۴±۴/۵	۳۱/۶±۴/۸
دارونما	۳۵/۴±۷/۳	۱۵۹/۸±۸/۹	۸۲/۴±۸/۶	۳۱/۱±۴/۱	۳۲/۳±۴/۱

از پس‌آزمون نیز تغذیه مشابه با شرایط قبلی را داشته باشند (جدول ۲). برنامه تمرینی در جدول ۳ مشخص شده است (۱۸، ۲۸). ضربان قلب بیشینه از طریق فرمول سن - ۲۲۰ محاسبه شد. برنامه تمرینی به مدت دو ماه با تواتر سه جلسه در هفته بود. با توجه به مبتدی بودن و احتمال خستگی کلی آزمودنی‌ها، آن‌ها در هر جلسه تمرینی ابتدا تمرینات مقاومتی را انجام می‌دادند، سپس به انجام تمرینات هوازی روی نوار گردان می‌پرداختند. شدت تمرینات هوازی از ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه آغاز شد و در هفته آخر به ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه رسید. مدت آن نیز از ۱۰ دقیقه شروع شد و در نهایت به ۳۰ دقیقه در هفته‌های آخر رسید. ضربان قلب با ضربان‌سنج پولار متصل به دستگاه نوار گردان کنترل می‌شد. شدت تمرینات مقاومتی از ۵۰ درصد هفته اول آغاز شد و در نهایت به ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه رسید. پیش از اجرای فعالیت اصلی هر جلسه،

**روش اجرای پژوهش:** در ابتدا طی جلسات آشناسازی پس از ارائه توضیحات کامل درباره روند اجرای پژوهش و نحوه انجام تمرینات و دستورالعمل‌های مربوط، اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی (قد، وزن و درصد چربی) و عملکردی (یک تکرار بیشینه با فرمول برزیسکی<sup>۲</sup> در ایستگاه‌های به ترتیب پرس سینه، پرس پا، جلوپا، جلوپا و با هالتر، اسکات با دستگاه و سرشانه با هالتر) اندازه‌گیری (۱۹) و رضایت‌نامه کتبی از آنان اخذ شد. وزن بدن و درصد چربی آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه بیومپدانس برند گایا<sup>۳</sup> ۳۵۹ پلاس (محصول کره جنوبی) محاسبه شد. از داوطلبان خواسته شد طی دوره پژوهش از مصرف هرگونه دارو یا مکمل ضد اکسایشی و انجام فعالیت بدنی منظم غیر از فعالیت ورزشی تجویزی توسط پژوهشگر دوری کنند. فرم یادآمد غذایی ۲۴ ساعت پیش از اندازه‌گیری‌ها در اختیار آزمودنی‌ها قرار داده شد و از آن‌ها درخواست شد که ۲۴ ساعت پیش

نوبت‌ها سه‌تایی بود و استراحت بین نوبت‌ها یک دقیقه و بین ایستگاه‌ها دو دقیقه در نظر گرفته شد (۱۸). در هفته اول تعداد تکرارها ۱۰-۱۵ تکرار (نوبت اول با تکرار بالا و نوبت دوم با تکرار کمتر) آغاز شد و در پایان هفته دوازدهم به ۸-۱۰ تکرار رسید (۱۹). تمرینات در روزهای فرد، سه ساعت پس از صرف ناهار، سر ساعت چهار تا پنج بعد از ظهر انجام می‌شد.

حرکات گرم کردن به مدت ۱۰ دقیقه و پس از اتمام تمرینات پنج دقیقه سرد کردن بدن زیر نظر مربی انجام می‌شد. آزمودنی‌ها در هر جلسه پس از انجام تمرینات هوای آزمودنی‌ها بین سه تا پنج دقیقه استراحت می‌کردند، سپس تمرینات مقاومتی را در ایستگاه‌های پرس سینه، پرس پا، جلوران، جلو بازو با هالتر، اسکات با دستگاه و سرشانه با هالتر انجام می‌دادند. تعداد

جدول ۲. میانگین مقدار کربوهیدرات، پروتئین، چربی و انرژی دریافتی، ۲۴ ساعت قبل از آزمون

انرژی دریافتی (کیلوکالری)	۲۵۵۲/۷۵±۸۵/۵۴
پروتئین (گرم)	۹۸/۰۸±۴۱/۵۶
کربوهیدرات (گرم)	۳۵۶/۹۸±۱۱۲/۶۴
چربی (گرم)	۸۱/۳۹±۴۵/۸۹

جدول ۳. برنامه تمرینی آزمودنی‌ها

متغیرهای تمرین	هفته‌های تمرینی							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تمرین شدت (درصد ضربان قلب بیشینه)	۵۰	۵۰-۶۰	۵۰-۶۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰
هوای مدت (دقیقه)	۱۰	۱۰	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵	۳۰	۳۰
تمرین شدت (درصد یک تکرار بیشینه)	۵۰	۵۰-۶۰	۵۰-۶۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰	۶۰-۷۰

آموزش لازم داده شد. جزئیات روش کار تحقیق حاضر با کد اخلاق شماره IR.IAU.SDJ.REC.1400.038 تأیید شده و به ثبت رسیده بود.

**روش‌های آزمایشگاهی:** خون‌گیری از آزمودنی‌ها طی دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون با ۱۲ ساعت ناشتایی انجام گرفت و در هر مرحله شش سی‌سی خون از بازوی راست از ورید آرنجی گرفته شد. نمونه‌گیری خونی پیش‌آزمون ۴۸ ساعت پیش از آغاز دوره تمرینی یا مکمل‌دهی گرفته شد و خون‌گیری پس‌آزمون نیز ۴۸ ساعت پس از اتمام دوره هشت‌هفته‌ای مطالعه انجام گرفت. نمونه‌های خونی به‌منظور جداسازی سرمی به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه

بر اساس مطالعات قبلی (۲۹) و همچنین دستور مصرف شرکت تولیدکننده مکمل، آزمودنی‌های گروه جینسینگ روزانه ۵۰۰ میلی‌گرم جینسینگ شرکت قائم دارو (محصول ایران) را دو نوبت (بلافاصله پس از ناهار و شام) در کپسول‌های ژلاتینی غیرشفاف به مدت هشت هفته دریافت کردند. گروه دارونما نیز مقادیری مشابه حاوی آرد گندم در کپسول‌های همسان را در زمان‌های مشابه دریافت کردند (۱۸). به‌منظور نظارت و جدیت در مصرف مکمل و دارونما، در ساعت‌های نزدیک اتمام ناهار و شام آزمودنی‌ها، با پیامک تلفنی، جهت مصرف مکمل یا دارونما یادآور می‌شدند. درباره مصرف رژیم غذایی طی دوره پژوهش به همه آزمودنی‌ها



## نتایج

با توجه به نتایج آزمون توزیع طبیعی، همه داده‌های دو گروه دارای توزیع طبیعی با واریانس‌های همسانی بودند. نتایج آماری درباره مقادیر FGF21 و گلوکز در جدول ۴ نشان داده شده است. سطوح FGF21 گروه مکمل در پس‌آزمون به‌طور معناداری نسبت به پیش‌آزمون ( $P=0/001$ ) و گروه دارونما ( $P=0/002$ ) بالاتر بود، اما در گروه دارونما تفاوت معناداری نسبت به پیش‌آزمون دیده نشد ( $P=0/67$ ). سطوح گلوکز در گروه مکمل کاهش معناداری نسبت به پیش‌آزمون داشت ( $P=0/01$ ) و در گروه دارونما تغییر معناداری نداشت ( $P=0/11$ ). تفاوت سطوح گلوکز در پس‌آزمون بین گروه مکمل و دارونما معنادار نبود ( $P=0/15$ ). تغییرات وزن، درصد چربی و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر این متغیرها در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در هر دو گروه به‌طور معناداری کاهش یافته است و تفاوت معناداری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین گروه‌ها دیده نشد.

سانتریفیوژ شده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد و برای بررسی‌های بعدی ذخیره شدند. بررسی‌های زیست‌شیمیایی و سنجش مقادیر FGF21 به روش الایزا و با استفاده از کیت تجاری (EE1983Hu) محصول چین (با CV درون‌سنجی و برون‌سنجی به‌ترتیب کمتر از ۸ و ۱۰ درصد) و سطوح گلوکز به روش رنگ‌سنجی آنزیمی با استفاده از کیت پارس آزمون (محصول ایران) سنجیده شد که حساسیت این روش برابر یک میلی‌گرم درصد بود.

**تحلیل آماری:** از آزمون شاپیروویلیک برای نشان دادن توزیع طبیعی داده‌ها و از آزمون لون برای نشان دادن تجانس واریانس‌ها استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌گیری مکرر (طرح  $2 \times 2$ ) استفاده شد و آزمون تعقیبی توکی جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد. برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون تی استفاده شد. همه محاسبات با نرم‌افزار SPSS21 در سطح آماری  $P < 0/05$  تجزیه و تحلیل شد.

جدول ۴. مقایسه میانگین متغیرهای تحقیق در پیش و پس‌آزمون (میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد)

متغیر	مرحله	گروه (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد)	اثر زمان (تغییرات درون گروهی)		اثر گروه (تغییرات بین گروهی)		تعامل زمان و گروه	
			p	F	p	F	p	F
FGF21 (نانوگرم بر لیتر)	پیش‌آزمون	۱۷۱/۱ $\pm$ ۴۱/۱	۰/۰۰۱	۱۷/۷۳	۰/۰۳	۵/۷۳	۱/۰۹۶	۰/۰۰۵
	پس‌آزمون	۲۷۱/۴ $\pm$ ۴۷/۸ #						
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)	پیش‌آزمون	۹۴/۳ $\pm$ ۵/۲	۰/۰۰۳	۱۴/۰۷	۰/۱۶	۲/۱۹	۲/۱۳	۰/۱۷
	پس‌آزمون	۸۳/۳ $\pm$ ۸/۴ *						
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۸۵/۹ $\pm$ ۱/۸	۰/۰۱	۹/۲۴	۰/۵۶	۱۲/۰۸	۳/۸۲	۰/۲۹
	پس‌آزمون	۸۱/۱۰ $\pm$ ۳/۲ *						
چربی (درصد)	پیش‌آزمون	۳۰/۴ $\pm$ ۴/۵	۰/۰۰۱	۱۰/۵۲	۰/۱۶	۳/۳۷	۵/۲۱	۰/۱۸
	پس‌آزمون	۲۸/۴ $\pm$ ۲/۸ *						
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	پیش‌آزمون	۳۱/۴ $\pm$ ۶/۸	۰/۰۰۶	۱۱/۰۷	۰/۲۰	۷/۷۴	۸/۶۴	۰/۲۰
	پس‌آزمون	۳۰/۳ $\pm$ ۱/۹ *						

\* تفاوت معنادار با پیش‌آزمون ( $p < 0/05$ )# تفاوت با گروه دارونما ( $p < 0/05$ )

## بحث و نتیجه‌گیری

FGF21 نقش کلیدی در تنظیم هومئوستاز انرژی، سوخت‌وساز گلوکز و لیپید و حساسیت به انسولین ایفا می‌کند (۲). کاربردهای بالقوه‌ای در پزشکی بالینی برای چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن مانند بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت نوع دو دارد، زیرا می‌تواند به‌طور مستقل سفتی آنورت را در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو پیش‌بینی کند (۴). یکی از بازیگران کلیدی در فرایندهای سوخت‌وسازی وابسته به چاقی، FGF21 ۲۱ است. FGF21 اکسایش لیپید را افزایش می‌دهد و لیپوژنز را در بافت‌های چربی تنظیم می‌کند. جذب گلوکز را از طریق مسیر پیام‌رسانی AMPK-SIRT1- $PGC-1\alpha$  تحریک می‌کند، که برای هومئوستاز انرژی بسیار مهم است. این هورمون با افزایش حساسیت به انسولین و کاهش سطح گلوکز خون، نقش بسزایی در حفظ سطح گلوکز دارد. افزایش سطح FGF21 در افراد چاق دیده شده است که نشان‌دهنده پاسخ جبرانی به مقاومت به انسولین است (۶). نشان داده شده است که FGF21 موجب افزایش هزینه انرژی و کاهش وزن در الگوهای حیوانی می‌شود. این کار را با افزایش استفاده از چربی و دفع چربی در حالی که لیپوژنز در کبد را سرکوب می‌کند، انجام می‌دهد (۳۰). FGF21 از طریق گیرنده‌های خاص، از جمله FGFR و  $\beta$ -klotho، که به‌وفور در بافت چربی بیان می‌شوند، عمل می‌کند (۸). تجویز FGF21 با بهبود حساسیت به انسولین و کاهش مقاومت به انسولین، به‌ویژه در بافت چربی وابسته است (۳). این اثر برای مدیریت اختلالات سوخت‌وسازی وابسته به چاقی بسیار مهم است. FGF21 بر ترشح آدیپونکتین، تأثیر می‌گذارد. با این همه، در افراد چاق، در حالی که سطوح FGF21 افزایش می‌یابد، سطح آدیپونکتین اغلب کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده وجود یک محور ناکارآمد-FGF21 آدیپونکتین است که شاید به نشانگان سوخت‌وسازی وابسته به چاقی کمک کند

(۹). با توجه به نقش FGF21 در تنظیم سوخت‌وسازی، این هورمون به‌عنوان یک هدف درمانی بالقوه برای چاقی و اختلالات سوخت‌وسازی وابسته بررسی شده است. بنابراین، تلاش شد تا نوع و میزان همبستگی بین تمرین موازی و مقدار FGF21 مشخص شود و به این پرسش پاسخ داده شود که مکمل جینسینگ چه اثری می‌تواند بر سطوح FGF21 داشته باشد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمرین موازی به‌تنهایی اثری روی سطوح FGF21 در زنان دارای اضافه وزن و چاقی نداشته است، اما مکمل جینسینگ با افزایش سطوح FGF21 همراه بوده است. همچنین سطوح گلوکز با مصرف مکمل جینسینگ کاهش پیدا کرده است. بر اساس دانش ما، این پژوهش، نخستین پژوهشی است که به بررسی اثر دریافت جینسینگ و تمرین موازی بر سطوح FGF21 پرداخته است. یافته‌ها نشان داد که سطح FGF21 تنها در گروه تمرین + جینسینگ افزایش معناداری داشته و به‌عبارت دیگر تمرین موازی به‌تنهایی اثر معناداری روی سطح FGF21 نداشته است. اگرچه تاکنون تنها چهار مطالعه اثر تمرین موازی بر سطح FGF21 را بررسی کرده‌اند، اما همسو با نتیجه تحقیق به‌تازگی مطهری راد و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین ترکیبی هوازی و مقاومتی اثر معناداری روی سطح FGF21 در مردان دچار دیابت قندی نداشته است (۳۱). پرز-لوپز و همکاران (۲۰۲۱) نیز در پژوهشی روی زنان یائسه، غیرفعال و مبتلا به چاقی مشاهده کردند که پس از ۱۲ هفته تمرین استقامتی و موازی، تمرینات استقامتی با کاهش سطوح FGF21 همراه بوده، اما تمرینات موازی اثر معناداری روی سطوح FGF21 نداشته است (۳۲). گنگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تمرین ورزشی بیان‌گیرنده FGF-1 (FGFR1) و کبد کیناز B1 (LKB1) را بدون تغییر غلظت FGF21 از طریق فعال‌سازی رونویسی PPAR-c در بافت چربی موش افزایش داده

افزایش دهد و مقاومت به انسولین را بهبود بخشد. به نظر می‌رسد تمرین استقامتی با افزایش سطوح FGF-21 همراه بوده و تمرین مقاومتی این افزایش را کاهش داده و به نوعی تعدیل کرده است. با این همه، افزایش FGF-21 ناشی از تمرین، انسولین را فعال کرده و به افزایش سوخت‌وساز گلوکز عضلانی با تنظیم بالادستی فعالیت کیناز فعال‌شده با AMP کمک می‌کند. این فرایند به این دلیل رخ می‌دهد که FGF-21 بیوسنتز میتوکندری را تحریک می‌کند و ظرفیت اکسایشی میوفیبریل‌ها را افزایش می‌دهد (۳۳). افزون بر این، افزایش سطح FGF-21 در هومئوستاز لیپیدی موجب کاهش سطح اسیدهای چرب آزاد می‌شود (۶)، بنابراین از رسوب مشکل‌ساز لیپیدها در کبد و عضلات جلوگیری می‌کند. در نتیجه، افزایش سطح FGF-21 به بهبود هومئوستاز گلوکز و لیپید کلی منجر می‌شود (۳۴). در پژوهش کیم و همکاران (۲۰۲۳) به جز اثر نوع تمرین بر سطوح FGF21، وضعیت سلامتی و سالمندی نیز بر سطوح FGF21 ناشی از تمرین نیز اثرگذارند و نتایج ناهمسو در این زمینه را می‌توان به این عوامل مرتبط دانست که در این زمینه به تحقیقات بیشتری درباره اثر تمرینات ورزشی به‌ویژه تمرین موازی بر سطوح FGF21 نیاز است که عوامل سن، جنس، وضعیت سلامتی و متغیرهای تمرین را در نظر بگیرد.

نتیجه دیگر پژوهش حاضر این بود که دریافت جینسینگ با افزایش سطوح FGF21 همراه بود. تاکنون هیچ تحقیقی به بررسی اثر جینسینگ بر سطوح FGF21 در جمعیت انسانی نپرداخته است. در پژوهش‌های حیوانی نشان داده شده که مکمل جینسینگ به بازیابی بیان FGF21 در بافت چربی قهوه‌ای موش‌های هیپوتیروئیدی منجر می‌شود که نقش بالقوه‌ای را در افزایش سلامت سوخت‌وسازی و گرمزایی نشان می‌دهد (۲۵). سازوکار افزایش سطوح FGF21 به‌روشنی مشخص نشده است؛ اما ترکیبات

است (۱۰). در واقع، تمرینات موازی شاید با افزایش حساسیت بافت‌ها به FGF21، عدم تغییر غلظت کلی و عمومی FGF21 را توجیه کنند (۳۱). با این همه، یافته‌های این پژوهش نمی‌تواند پاسخ قطعی به تأثیرات تمرین بر حساسیت به FGF21 طی هشت هفته تمرینات موازی ارائه دهد. شایان یادآوری است که فلاح و همکاران (۱۴۰۱) گزارش کردند که ۱۲ هفته تمرین موازی هوازی و مقاومتی در ۴۴ مرد دیابتی چاق با کاهش سطوح FGF21 همراه بوده است (۱۷). هرچند در تحقیقی دیگر تکلیمی و همکاران (۱۴۰۱) پس از انجام هشت هفته تمرینات موازی روی ۴۰ مرد سالمند مبتلا به دیابت نوع دو، گزارش کردند که سطوح استراحتی FGF21 افزایش یافته است (۱۸). با توجه به یافته‌ها، به نظر می‌رسد اثر تمرینات موازی بر سطوح FGF21 پیچیده است. لیو و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی مروری و فراتحلیلی که به‌تازگی منتشر کرده‌اند، بیان کردند که تمرینات ورزشی اثری بر سطوح FGF21 ندارد؛ اما در صورتی که تمرینات موازی بیشتر از ۱۰ هفته تداوم داشته باشد، می‌تواند با کاهش سطوح FGF21 همراه باشد (۲). با این همه، در تحقیق ما هشت هفته تمرین به‌کار گرفته شد. از سوی دیگر، کیم و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش مروری نظام‌مند و فراتحلیل گزارش کردند که با وجود پیچیدگی و ناهمخوانی یافته‌های بررسی‌شده، به نظر می‌رسد تمرینات مقاومتی و استقامتی به‌ترتیب با کاهش و افزایش سطوح FGF21 همراه باشند (۱). نتایج ما درباره عدم تغییر معنادار سطوح FGF21 می‌تواند از این نظر هم قابل بیان باشد، به این دلیل که تمرینات موازی در این تحقیق ترکیبی از تمرینات مقاومتی و استقامتی بود، نتایج به‌دست‌آمده توجیه‌پذیر به نظر می‌رسد. در تحقیق آنها بیان شد که تمرین هوازی و FGF-21 می‌تواند هومئوستاز گلوکز را بهبود بخشد، استفاده از چربی را تنظیم کند، گرمزایی در چربی قهوه‌ای را

کلیسترویل وابسته است و در کاهش دیس لیپیدمی شایع در نشانگان سوخت‌وسازی نقش دارد (۶). سطوح بالای سرمی FGF21 با تأثیرات محافظتی در برابر بیماری کبد چرب غیرالکلی با معکوس کردن استئاتوز کبدی و بهبود عملکرد کبد همراه است (۳۸). FGF21 با تنظیم هزینه انرژی از طریق سازوکارهایی که شامل فعال شدن دستگاه عصبی سمپاتیک است، تأثیرات ضدچاقی را نیز اعمال می‌کند (۵). یافته‌ها نشان می‌دهد که FGF21 شاید از طریق دخالت در محدودیت پروتئین رژیم غذایی در افزایش طول عمر نقش داشته باشد. موش‌هایی با بیان FGF21 افزایش یافته، سلامت سوخت‌وسازی و طول عمر بهتری را هنگام قرار گرفتن در رژیم‌های غذایی با پروتئین محدود نشان دادند (۳۰). فراتر از نقش‌های سوخت‌وسازی، FGF21 به دلیل تأثیرات محافظتی آن بر مغز و قلب، به طور بالقوه به بهبودی از آسیب‌ها و کاهش زوال شناختی مرتبط با پیری کمک می‌کند (۳۵).

در پژوهش حاضر دیده شد که سطوح گلوکز افرادی که جینسینگ مصرف کرده بودند، کاهش معناداری نسبت به پیش‌آزمون داشته است. در تأیید نتایج ما باید ذکر کرد که یک مطالعه فراتحلیل از ۱۶ کارآزمایی تصادفی‌سازی و کنترل‌شده نشان داد که جینسینگ به طور چشمگیری گلوکز خون ناشتا را در مقایسه با دارونما کاهش می‌دهد (۳۹). مطالعه فراتحلیل دیگری از هشت کارآزمایی نیز کاهش شایان توجهی در گلوکز ناشتا با مصرف مکمل جینسینگ گزارش کرد (۲۳). جینسینگ می‌تواند جذب گلوکز را، مستقل از انسولین، با تنظیم مثبت بیان GLUT افزایش دهد (۴۰). به نظر می‌رسد جینسینگ حساسیت به انسولین را افزایش می‌دهد و با تعدیل پاسخ بدن به انسولین، جینسینگ به تسهیل جذب گلوکز به سلول‌ها کمک می‌کند و در نتیجه سطح قند خون را کاهش می‌دهد. این اثر هم در افراد دیابتی و هم در افراد غیردیابتی

فعال موجود در جینسینگ، مانند جین‌سنوزیدها، مسیرهایی را فعال می‌کنند که تولید FGF21 را افزایش می‌دهند. برای مثال جین‌سنوزید Rb2 با بهبود حساسیت به انسولین و هزینه انرژی همراه است که این ارتباط از طریق سازوکارهایی که شاید شامل فعال‌سازی AMPK باشد (که به تنظیم بیان FGF21 معروف است)، همراه است (۳۵). دیده شده است که جین‌سنوزیدها قهوه‌ای شدن بافت چربی سفید را فعال می‌کنند که با افزایش هزینه انرژی همراه است. این فرایند شامل تنظیم مثبت UCP-1 (پروتئینی است که نقش مهمی در گرمزایی دارد) است که قهوه‌ای شدن بافت چربی می‌تواند تولید FGF21 را تحریک کند (۳۶). گزارش شده است که عصاره جینسینگ پاسخ‌های التهابی را سرکوب می‌کند، که می‌تواند به طور غیرمستقیم بر سطح FGF21 تأثیر بگذارد. التهاب مزمن اغلب با اختلال در تنظیم سوخت‌وسازی همراه است و کاهش التهاب شاید به بازیابی مسیره‌های پیام‌رسانی طبیعی FGF21 کمک کند (۳۷).

درباره فواید افزایش سطوح FGF21 نشان داده شده است که افزایش FGF21 با بهبود سوخت‌وساز لیپید و حساسیت به انسولین وابسته است، که نشان می‌دهد جینسینگ می‌تواند برای افراد مبتلا به این شرایط با افزایش مسیره‌های پیام‌رسانی FGF21 مفید باشد (۳۸). FGF21 جذب گلوکز را با ترویج بیان ناقل گلوکز مانند GLUT1 افزایش می‌دهد. این عمل به کاهش سطح گلوکز خون و بهبود حساسیت به انسولین کمک کرده و آن را برای افراد مبتلا به دیابت نوع دو و نشانگان سوخت‌وسازی مفید می‌سازد (۳۸). گزارش شده است که FGF21 با افزایش هزینه انرژی و افزایش اکسایش چربی موجب کاهش وزن می‌شود. تجزیه چربی‌ها را در بافت چربی تحریک می‌کند و به کاهش توده چربی بدن منجر می‌شود (۵). افزایش سطح FGF21 با بهبود نیمرخ لیپیدی، از جمله کاهش سطح تری‌گلیسیرید و

مقاومتی از طریق افزایش بافت عضلانی بدن، به افزایش سوخت‌وساز و انرژی کل مصرفی زمان استراحت منجر می‌شود، تغییراتی که در نهایت کاهش چربی و ذخایر آن در بدن را به دنبال دارد (۴۲). از سوی دیگر، تمرینات استقامتی نیز از طریق تحریک و ترشح کاتکولامین‌ها و هورمون رشد، موجب فعال شدن آنزیم‌های لیپولیز در سلول‌های چربی و از این رو تجزیه چربی‌ها در بافت آدیپوز می‌شوند (۴۲، ۴۴). افزون بر این، گزارش شده است که انجام تمرینات موازی در مقایسه با روش‌های دیگر تمرینی، تأثیرگذاری بیشتری در بهبود درصد چربی و ترکیب بدن دارد (۴۵). تفسیر یافته‌های پژوهش حاضر باید با در نظر گرفتن محدودیت‌های زیر باشد: عدم حضور یک گروه که تنها باید جینسینگ مصرف می‌کرد و کنترل نشدن انسولین، شاخص مقاومت انسولین، مقادیر دقیق ریزمغذی و درشت‌مغذی مصرفی آزمودنی‌ها طی دوره پژوهش. همچنین اثر ترکیبی دریافت جینسینگ همراه با دیگر انواع تمرین مثل تمرین هوازی و مقاومتی یا تناوبی شدید بررسی نشد.

پژوهش حاضر به‌طور کلی نشان داد که انجام هشت هفته تمرین موازی اثری روی سطوح FGF21 ندارد، اما مصرف یک دوره جینسینگ به مقدار روزانه ۵۰۰ میلی‌گرم همراه با تمرین موازی با افزایش سطوح FGF21 نسبت به گروه کنترل همراه است و شاید موجب کاهش گلوکز خون نیز می‌شود.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آزمودنی‌های پژوهش حاضر قدردانی می‌شود.

### حمایت مالی

این پژوهش بدون هیچ‌گونه حمایت مالی انجام شده است.

دیده شده است (۲۳، ۴۰). مشخص شده است که جین‌سنوزیدها پروتئین کیناز فعال‌شده با AMP (AMPK)، یک تنظیم‌کننده کلیدی هومئوستاز انرژی را که جذب گلوکز را در بافت‌ها افزایش می‌دهد و اکسایش چربی را تقویت می‌کند، فعال کرده و در عین حال گلوکونئوز را در کبد مهار می‌کنند (۴۰). از سوی دیگر، کاهش گلوکز خون در گروه مکمل شاید با افزایش سطوح FGF21 نیز ارتباط داشته باشد. در حقیقت FGF21 از طریق اتصال به کمپلکس B-Klotho-FGFR سبب تحریک جذب گلوکز در سلول‌های چربی و در نتیجه کاهش سطوح گلوکز می‌شود (۴۱).

یافته‌های حاضر نشان داد که وزن، درصد چربی و شاخص توده بدن آزمودنی‌ها در هر دو گروه کاهش معناداری داشته است. این نتایج با یافته‌های ماهر و همکاران (۲۰۲۱) همسوست (۴۲). در تحقیق آنان گزارش شده است که ۴۵ زن چاق غیرفعال پس از انجام ۱۲ هفته تمرین موازی استقامتی-مقاومتی با شدت ۵۵ تا ۷۵ درصد ضربان قلب و شدتی مشابه در تمرینات مقاومتی با کاهش معنادار وزن، درصد چربی و شاخص توده بدن همراه بوده‌اند. همچنین همسو با یافته‌های ما، فرامرزی و همکاران (۲۰۱۸) (۱۹) دریافتند که هشت هفته تمرین موازی در زنان سالمند دارای اضافه وزن با بهبود ترکیب بدنی و شاخص‌های چاقی همراه بوده است. پینهیرو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۹) (۴۳) و باقری و همکاران (۲۰۲۰) (۴۴) نیز گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرین موازی با کاهش معنادار شاخص‌های ترکیب بدنی همراه بوده است.

برخی سازوکارهای بهبود ترکیب بدن در اثر تمرینات موازی پیشنهاد شده است که با توجه به تأثیرات جداگانه تمرینات هوازی و مقاومتی، استفاده ترکیبی این دو نوع تمرین با هم، تأثیرات هم‌افزایی در این زمینه داشته باشند. یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات

5. Yang M, Liu C, Jiang N, Liu Y, Luo S, Li C, et al. Fibroblast growth factor 21 in metabolic syndrome. *Frontiers in Endocrinology*. 2023;14:1220426. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1220426>
6. Arner P, Pettersson A, Mitchell PJ, Dunbar JD, Kharitonov A, Rydén M. FGF21 attenuates lipolysis in human adipocytes—a possible link to improved insulin sensitivity. *FEBS letters*. 2008;582(12):1725-30. doi: 10.1016/j.febslet.2008.04.038. Epub 2008 May 5.
7. Wang N, Zhao Tt, Li Sm, Sun X, Li Zc, Li Yh, et al. Fibroblast growth factor 21 exerts its anti-inflammatory effects on multiple cell types of adipose tissue in obesity. *Obesity*. 2019;27(3):399-408. doi: 10.1002/oby.22376. Epub 2019 Jan 31.
8. Yu Y, He J, Li S, Song L, Guo X, Yao W, et al. Fibroblast growth factor 21 (FGF21) inhibits macrophage-mediated inflammation by activating Nrf2 and suppressing the NF- $\kappa$ B signaling pathway. *International immunopharmacology*. 2016;38:144-52. doi: 10.1016/j.intimp.2016.05.026. Epub 2016 Jun 5.
9. Yang W, Liu L, Wei Y, Fang C, Zhou F, Chen J, et al. Exercise ameliorates the FGF21–adiponectin axis impairment in diet-induced obese mice. *Endocrine connections*. 2019;8(5):596-604. doi: 10.1530/EC-19-0034
10. Geng L, Liao B, Jin L, Huang Z, Triggler CR, Ding H, et al. Exercise alleviates obesity-induced metabolic dysfunction via enhancing FGF21 sensitivity in adipose tissues. *Cell reports*. 2019;26(10):2738-52. e4. doi: 10.1016/j.celrep.2019.02.014.

## مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، اجرا، تحلیل داده‌ها و نگارش مقاله مشارکت داشتند.

## تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

## پی‌نوشت‌ها

<sup>1</sup> Physical Activity Readiness Questionnaire

وزنه جابه‌جاشده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه<sup>2</sup>

( $1/0.278 \times$  تعداد تکرار تا خستگی) - ( $1/0.278$ )

<sup>3</sup> GAIA359 PLUS

<sup>4</sup> Pinheiro

## منابع

1. Kim H, Jung J, Park S, Joo Y, Lee S, Sim J, et al. Exercise-induced fibroblast growth factor-21: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(8):7284. <https://doi.org/10.3390/ijms24087284>
2. Liu C, Yan X, Zong Y, He Y, Yang G, Xiao Y, et al. The effects of exercise on FGF21 in adults: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*. 2024;12:e17615. DOI: 10.7717/peerj.17615
3. Chen Z, Yang L, Liu Y, Huang P, Song H, Zheng P. The potential function and clinical application of FGF21 in metabolic diseases. *Frontiers in pharmacology*. 2022;13:1089214. doi: 10.3389/fphar.2022.1089214.
4. Tezze C, Romanello V, Sandri M. FGF21 as modulator of metabolism in health and disease. *Frontiers in physiology*. 2019;10:419. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00419>

11. Dastah S, Babaei S. Effect of aquatic training on serum Fetuin-A, ANGPTL4 and FGF21 levels in type 2 diabetic obese women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2021;8(2):51-60. doi: 10.22049/JAHSSP.2021.27436.1390
12. Jamali R, Arshadi S, Banaeifar A, Azarbayjani MA. Effect of 8 Weeks of Incremental Aerobic Training on Adipsin, FGF21 and ABCA1 in Obese Men. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2023;30(7):1-9. DOI: 10.47176/rjms.30.129
13. Matsui M, Kosaki K, Tanahashi K, Akazawa N, Osuka Y, Tanaka K, et al. Relationship between physical activity and circulating fibroblast growth factor 21 in middle-aged and older adults. *Experimental Gerontology*. 2020;141:111081. doi: 10.1016/j.exger.2020.111081. Epub 2020 Sep 7.
14. Besse-Patin A, Montastier E, Vinel C, Castan-Laurell I, Louche K, Dray C, et al. Effect of endurance training on skeletal muscle myokine expression in obese men: identification of apelin as a novel myokine. *International journal of obesity*. 2014;38(5):707-13. doi: 10.1038/ijo.2013.158. Epub 2013 Aug 27.
15. Amiri Farsani P, Ghazalian F, Mobarak S, Radmanesh E, Gholami M. The Effect of Eight Weeks of Selected Resistance Training on the Levels of Irisin, Follistatin and FGF21 in Women Recovering from Covid-19. *Journal of Jiroft University of Medical Sciences*. 2023;9(4):1129-39. DOI: 10.32592/JSMJ.22.4.526
16. Fereidoonfar K, Monazzami A, Razimi Z, Rahimi M. Effects of eight-week resistance training on serum level of  $\beta$ Klotho and FGF21 in diabetic women with non-alcoholic fatty liver disease. *Iranian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2020;4(1):48-39. URL: <http://ijpp.phypha.ir/article-1-438-en.html>
17. Fallah E, Mirzayan SS, Banaifar A, Kazemzadeh Y, Sedaghati S. The Effect of Combined Exercise and Broccoli Supplementation on FGF-21 and Insulin Resistance in Type-2 Diabetes Obese Men. 2022. DOI: 10.22034/ascij.2022.1938916.1294
18. Ghiyami H, Afroundeh R, Pourvaghar MJP, Sadeghi A. The effect of 8 weeks of combined exercises with supplemental consumption of mulberry leaf extract on the serum levels of fibroblast growth factor 21, glucose and insulin in elderly men with type 2 diabetes. *Complementary Medicine Journal*. 2023;12(4):1-12. DOI: 10.61186/cmja.12.4.1
19. Faramarzi M, Bagheri L, Banitalebi E. Effect of sequence order of combined strength and endurance training on new adiposity indices in overweight elderly women. *Isokinetics and Exercise Science*. 2018;26(2):105-13. DOI: 10.3233/IES-172195
20. Lu J-M, Yao Q, Chen C. Ginseng compounds: an update on their molecular mechanisms and medical applications. *Current vascular pharmacology*. 2009;7(3):293-302. doi: 10.2174/157016109788340767
21. Iqbal R, Jahan N, Hanif A. Epidemiology and Management Cost of Myocardial Infarction in North Punjab, Pakistan. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. 2015;(۷)۱۷; DOI: <https://doi.org/10.5812/iremj.13776v2>

22. Jung S, Lee M-S, Shin Y, Kim C-T, Kim I-H, Kim Y. High hydrostatic pressure extract of red ginseng attenuates inflammation in rats with high-fat diet induced obesity. *Preventive Nutrition and Food Science*. 2015;20(4):253. doi: 10.3746/pnf.2015.20.4.253
23. Chen W, Balan P, Popovich DG. Review of ginseng anti-diabetic studies. *Molecules*. 2019;24(24):4501. doi: 10.3390/molecules24244501.
24. Hwang H, Kim J, Lim K. The Effect of a 2-Week Red Ginseng Supplementation on Food Efficiency and Energy Metabolism in Mice. *Nutrients*. 2020;12(6):1726. doi: 10.3390/nu12061726
25. Zhang X-Y, Khakisahneh S, Han S-Y, Song E-J, Nam Y-D, Kim H. Ginseng extracts improve circadian clock gene expression and reduce inflammation directly and indirectly through gut microbiota and PI3K signaling pathway. *npj Biofilms and Microbiomes*. 2024;10(1):24. doi: 10.1038/s41522-024-00498-5.
26. Delaye J, Lanznaster D, Veyrat-Durebex C, Fontaine A, Bacle G, Lefevre A, et al. Behavioral, hormonal, inflammatory, and metabolic effects associated with FGF21-pathway activation in an ALS mouse model. *Neurotherapeutics*. 2021;18(1):297-308. doi: 10.1007/s13311-020-00933-3. Epub 2020 Oct 6
27. Health UDo, Services H. 2018 Physical activity guidelines advisory committee. 2018 Physical activity guidelines advisory committee scientific report. 2018.
28. Bagheri R, Kargarfard M, Jalali K, Ashtary-Larky D, Cheraghloo N, Ghobadi H, et al. The effects of 12 weeks of concurrent and combined training on inflammatory markers, muscular performance, and body composition in middle-aged overweight and obese males. *Nutrients*. 2023;15(6):1482. doi: 10.3390/nu15061482.
29. Vakili J, Amirsasan R, Nourmohammadi O. The effect of four weeks HIIT training with ginseng supplementation on aerobic, anaerobic powers and body composition of Overweight and obese females. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2019;12(2):45-54. doi: 10.52547/JOEPPA.12.2.45
30. Hill CM, Albarado DC, Coco LG, Spann RA, Khan MS, Qualls-Creekmore E, et al. FGF21 is required for protein restriction to extend lifespan and improve metabolic health in male mice. *Nature communications*. 2022;13(1):1897. doi: 10.1038/s41467-022-29499-8.
31. Motahari Rad M, Bijeh N, Attarzadeh Hosseini SR, Raouf Saeb A. The effect of two concurrent exercise modalities on serum concentrations of FGF21, irisin, follistatin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2023;129(2):424-33. doi: 10.1080/13813455.2020.1829649. Epub 2020 Oct 12.
32. Pérez-López A, Gonzalo-Encabo P, Pérez-Köhler B, García-Honduvilla N, Valadés D. Circulating myokines IL-6, IL-15 and FGF21 response to training is altered by exercise type but not by menopause in women with obesity. *European Journal of Sport Science*. 2022;22(9):1426-35. doi: 10.1080/17461391.2021.1939430. Epub 2021 Jul 5.
33. Rockl KS, Hirshman MF, Brandauer J, Fujii N, Witters LA, Goodyear LJ. Skeletal



- muscle adaptation to exercise training: AMP-activated protein kinase mediates muscle fiber type shift. *Diabetes*. 2007;56(8):2062-9. doi: 10.2337/db07-0255. Epub 2007 May 18.
34. Saltiel AR, Kahn CR. Insulin signalling and the regulation of glucose and lipid metabolism. *Nature*. 2001;414(6865):799-806. doi: 10.1038/414799a.
35. Lin W, Zhang T, Zhou Y, Zheng J, Lin Z. Advances in biological functions and clinical studies of FGF21. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*. 2021;3281-90. doi: 10.2147/DMSO.S317096.
36. Park S-J, Park M, Sharma A, Kim K, Lee H-J. Black ginseng and ginsenoside Rb1 promote browning by inducing UCP1 expression in 3T3-L1 and primary white adipocytes. *Nutrients*. 2019;11(11):2747. doi: 10.3390/nu11112747.
37. Im D-S. Pro-resolving effect of ginsenosides as an anti-inflammatory mechanism of Panax ginseng. *Biomolecules*. 2020;۴۴(۳):۱۰۰; doi: 10.3390/biom10030444.
38. Inagaki T. Research perspectives on the regulation and physiological functions of FGF21 and its association with NAFLD. *Frontiers in endocrinology*. 2015;6:147. <https://doi.org/10.3389/fendo.2015.00147>
39. Shishtar E, Sievenpiper JL, Djedovic V, Cozma AI, Ha V, Jayalath VH, et al. The effect of ginseng (the genus panax) on glycemic control: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *PloS one*. 2014;9(9):e107391. doi: 10.1371/journal.pone.0107391.
40. Carella AM, Marinelli T, Melfitano A, Di Pumpo M, Conte M, Benvenuto A. Hypoglycemia by ginseng in type 2 diabetic patient: case report. *New Insights in Obesity: Genetics and Beyond*. 2017;1(1):001-6. DOI: 10.29328/journal.hodms.1001001
41. Li K, Li L, Yang M, Liu H, Boden G, Yang G. The effects of fibroblast growth factor-21 knockdown and over-expression on its signaling pathway and glucose-lipid metabolism in vitro. *Molecular and cellular endocrinology*. 2012;348(1):21-6. doi: 10.1016/j.mce.2011.07.026. Epub 2011 Jul 27.
42. Maheri S, Atashak S, Roshdi Bonab R. Comparison of the effect of endurance and strength concurrent training order on the level of the lipocalien  $\alpha$ -and insulin resistance in inactive obese women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2022;10(22):74-85. DOI: <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.4005.1611>
43. Pinheiro BN, Júnior LS, Uchoa PA, Almeida SB, Barroso FD, Cavalcante JF, et al. Does the exercise order affect body composition in ten weeks of concurrent training? *Motricidade*. 2019;15(2-3):32-9. DOI: <https://doi.org/10.6063/motricidade.19471>
44. Bagheri R, Moghadam BH, Church DD, Tinsley GM, Eskandari M, Moghadam BH, et al. The effects of concurrent training order on body composition and serum concentrations of follistatin, myostatin and GDF11 in sarcopenic elderly men. *Experimental gerontology*. 2020;133:110869. doi: 10.1016/j.exger.2020.110869. Epub 2020 Feb 5.

45. Alves AR, Marta CC, Neiva HP, Izquierdo M, Marques MC. Effects of order and sequence of resistance and endurance training on body fat in elementary school-

aged girls. *Biology of Sport*. 2017;34(4):379-84. doi: 10.5114/biolsport.2017.69826. Epub 2017 Sep 20.