Feyz Medical Sciences Journal
2025, Volume 29, Issue 5
Pages: 457-468
Doi: 10.48307/FMSJ.2025.29.5.457
Original Article

The combined effects of aerobic and resistance training with Ginger supplementation on the insulin resistance index in men with type 2 diabetes

Rohollah Ranjbar [1*], Hassan Darvakh [2], Milad Akrami [1], Aliakbar Alizadeh [1], Saeed Ahmadi Barati [1]

[1] Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
[2] Faculty of Engineering, Shohadaye Hoveizeh Campus of Technology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Dashte Azadegan, Iran

[*]**Corresponding author: Rohollah Ranjbar,** Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
Email: Ro.ranjbar@scu.ac.ir

Received: 6 May 2025 **Revised:** 12 October 2025 **Accepted:** 12 October 2025

Abstract

Background and Aim: Type 2 diabetes is a prevalent metabolic disorder worldwide, for which lifestyle modification is the primary therapeutic recommendation. This study aimed to evaluate the impact of combined aerobic and resistance training alongside ginger supplementation on the insulin resistance index in men with type 2 diabetes.

Methods: In this quasi-experimental study, 60 men with type 2 diabetes (aged 40-65 years) were randomly assigned to one of six groups (n=10 per group): aerobic training with ginger, aerobic training without ginger, resistance training with ginger, resistance training without ginger, ginger supplementation without training, and a control group. The exercise program lasted eight weeks, with aerobic training (three sessions per week at 50-70% of heart rate reserve) and resistance training (at 40-45% of one-repetition maximum). Ginger was administered orally on a daily basis. Fasting blood samples were collected 24 hours before and 48 hours after the intervention. The primary outcome measures were fasting glucose, serum insulin, and the Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR).

Results: Eight weeks of aerobic training combined with ginger supplementation (P=0.011), as well as eight weeks of resistance training combined with ginger supplementation (P=0.004), resulted in a significant improvement in the HOMA-IR index in obese men with type 2 diabetes. However, no statistically significant difference was observed between the combined effects of aerobic and resistance training with ginger on the HOMA-IR index (P=0.591).

Conclusion: Although both exercise modalities, when combined with ginger, led to improved insulin resistance, no significant synergistic effect was observed between the exercise training and ginger supplementation. It appears that each of these interventions alone can serve as an effective option in the management of type 2 diabetes.

Keywords: Aerobic exercise, Resistance training, Ginger, Insulin resistance, Type 2 diabetes mellitus

Copyright© 2025. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms. Downloaded from: http://feyz.kaums.ac.ir/

Extended Abstract

Background and Objective

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is one of the most prevalent metabolic disorders of the modern era, characterized by insulin resistance and impaired pancreatic β-cell function, leading to elevated blood glucose and multiple metabolic complications. The high prevalence of this disease is directly associated with sedentary lifestyles, obesity, and unhealthy dietary habits. Management of T2DM requires a multidimensional approach including dietary modification, weight control, and increased physical activity [1,2]. Several studies have demonstrated that physical exercise, particularly aerobic and resistance training, plays a key role in glycemic control through improving insulin sensitivity, enhancing muscular glucose uptake, reducing inflammation, and improving antioxidant capacity [3–5]. Alongside exercise interventions, the use of natural bioactive compounds such as ginger (Zingiber officinale) has gained attention due to its antioxidant, anti-inflammatory, and insulin-sensitizing properties [6,8,15]. Ginger contains bioactive constituents such as gingerols, shogaols, and paradols, which can modulate glucose metabolism by inhibiting the NF-κB inflammatory pathway, increasing GLUT4 translocation to the cell membrane, and reducing hepatic glucose-6-phosphatase activity [13,18,19,29]. Despite substantial evidence on the individual effects of exercise and ginger supplementation on insulin resistance, limited studies have explored their combined impact. Therefore, the present study aimed to investigate the effect of eight weeks of aerobic and resistance training, combined with ginger supplementation, on the insulin resistance index (HOMA-IR) in men with type 2 diabetes.

Methods

This quasi-experimental and applied study, with a pretest-posttest design, was approved by the Ethics Committee of Shahid Chamran University of Ahvaz (Code: IR.SCU.REC.1404.068). Sixty men with T2DM aged 40–65 years living in Dehdasht (Iran) were randomly divided into six groups (n=10 per group): (1) Aerobic training + Ginger, (2) Aerobic training without Ginger, (3) Resistance training + Ginger, (4) Resistance training without Ginger, (5) Ginger only, and (6) Control. The training protocol consisted of eight weeks of regular exercise (three sessions per week). Aerobic training involved continuous running at 50–70% of heart rate reserve (HRR), while resistance training included biceps curl, triceps extension, and calf raise exercises at 40–60% of one-repetition maximum (1RM). Exercise intensity was progressively increased every two weeks based on the overload principle. Participants in the ginger-supplemented groups consumed three 1-gram capsules of powdered ginger root (Zintoma®, Goldaru Co., Tehran, Iran) daily—one before each meal (breakfast, lunch, and dinner)—for eight weeks. Control groups received identical placebo capsules containing starch. Fasting blood samples were collected 24 hours before the intervention and 48 hours after the final training session.

The measured variables included fasting blood glucose (FBG), serum insulin, and HOMA-IR, calculated using the Matthews formula (1985):

HOMA-IR: fasting insulin (microU/L) x fasting glucose (nmol/L)/22.5

Data were analyzed using SPSS version 22. The normality of distribution was verified by the Shapiro–Wilk test. One-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test was used to determine intergroup differences. The significance level was set at $P < 0.05$.

Results

The results demonstrated that both exercise training and ginger supplementation, independently, had significant effects on reducing insulin resistance in men with T2DM. The mean fasting blood glucose decreased from 168.34 ± 5.42 mg/dL at baseline to 164.64 ± 5.77 mg/dL after intervention.

In the aerobic + ginger group, the HOMA-IR index significantly decreased ($F= 4.31$, $P=0.011$). Similarly, in the resistance + ginger group, insulin resistance significantly improved ($F= 5.28$, $P = 0.004$). Tukey's post hoc test indicated significant differences between the intervention groups (particularly the exercise + ginger groups) and the control group ($P = 0.001$). However, there was no significant difference between aerobic and resistance exercise with ginger supplementation ($P = 0.591$). Additionally, ginger supplementation alone led to a significant reduction in HOMA-IR compared to the control group ($P = 0.006$). These findings suggest that both physical activity and ginger independently improve insulin action and glucose homeostasis; however, their combination did not produce a synergistic effect.

Conclusion

Eight weeks of aerobic or resistance training and daily ginger supplementation independently improved insulin resistance indices in men with type 2 diabetes. However, their simultaneous application did not exhibit any synergistic effect on HOMA-IR. Thus, both regular structured exercise and ginger supplementation can be recommended as safe, cost-effective, and accessible non-pharmacological interventions to improve insulin sensitivity and metabolic health in diabetic patients. Future studies with longer intervention durations, different training intensities, varying ginger doses, and mechanistic molecular analyses are suggested to further elucidate the interaction between exercise and phytochemical compounds in metabolic regulation.

مجله علوم پزشکی فیض
دوره ۲۹، شماره ۵، آذر و دی
صفحات: ۴۶۸-۴۵۷
Doi: 10.48307/FMSJ.2025.29.5.457
اصیل پژوهشی

اثرات ترکیبی تمرینات هوازی و مقاومتی با مکمل‌دهی زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو

روح الله رنجبر [۱]، حسن درواخ [۲]، میلاد اکرمی [۱]، علی اکبر علیزاده [۱]، سعید احمدی براتی [۱]

[۱] گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
[۲] گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه شهید چمران اهواز-پردیس صنعتی شهدای هویزه، دشت آزادگان، ایران

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۶ **اصلاح مقاله:** ۱۴۰۴/۰۷/۲۰ **پذیرش مقاله:** ۱۴۰۴/۰۷/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: دیابت نوع دو یکی از اختلالات متابولیکی شایع در جهان است که تغییر سبک زندگی اولین توصیه درمانی به این بیماران می‌باشد. این مطالعه با هدف ارزیابی تاثیر تمرینات هوازی و مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو انجام شد.

روش‌ها: در این مطالعه نیمه تجربی، ۶۰ مرد مبتلا به دیابت نوع دو (۴۰ تا ۶۵ ساله) به صورت تصادفی به شش گروه ده‌نفره تقسیم شدند: تمرین هوازی با مصرف زنجبیل، تمرین هوازی بدون زنجبیل، تمرین مقاومتی با زنجبیل، تمرین مقاومتی بدون زنجبیل، مصرف زنجبیل بدون تمرین، و گروه کنترل. برنامه تمرینی شامل هشت هفته تمرین هوازی (سه جلسه در هفته با شدت ۵۰-۷۰٪ ضربان قلب ذخیره) و تمرین مقاومتی (با شدت ۴۰-۴۵٪ یک تکرار بیشینه) بود. مصرف زنجبیل به صورت خوراکی و روزانه انجام شد. نمونه‌گیری خونی به صورت ناشتا ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت پس از پایان مداخله انجام شد. متغیرهای مورد بررسی شامل گلوکز ناشتا، انسولین سرمی و شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) بود.

یافته‌ها: هشت هفته تمرینات هوازی همراه با مصرف زنجبیل (P=۰/۰۱۱) و همچنین هشت هفته تمرینات مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل (P=۰/۰۰۴) بر شاخص مقاومت به انسولین در مردان چاق دارای دیابت نوع دو تاثیر معنی‌داری داشت. هیچ تفاوت معناداری بین اثرات ترکیبی تمرین هوازی و مقاومتی با زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین در مردان چاق دارای دیابت نوع دو مشاهده نشد (P=۰/۵۹۱).

نتیجه‌گیری: اگرچه هر دو نوع تمرین ورزشی در ترکیب با زنجبیل منجر به بهبود مقاومت به انسولین شدند، اما اثر هم‌افزایی قابل توجهی بین تمرینات ورزشی و زنجبیل مشاهده نشد. به نظر می‌رسد هر یک از این مداخلات به تنهایی می‌توانند گزینه‌های موثری در مدیریت دیابت نوع دو باشند.

کلیدواژه‌ها: تمرین هوازی، تمرین مقاومتی، زنجبیل، مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو

*نویسنده مسئول: **روح الله رنجبر** پست الکترونیک:Ro.ranjbar@scu.ac.ir
آدرس: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

مقدمه

دیابت نوع دو یکی از شایع‌ترین اختلالات متابولیکی در سراسر جهان است که به دلیل مقاومت به انسولین و اختلال در عملکرد آن، منجر به افزایش سطح گلوکز خون می‌شود. شیوع این بیماری به دلیل سبک زندگی کم‌تحرک، تغذیه نامناسب و افزایش میزان چاقی به طور قابل توجهی افزایش یافته است [۱]. این بیماری که عمدتاً ناشی از مقاومت به انسولین و اختلال در عملکرد سلول‌های β پانکراس است، با هیپرگلیسمی مزمن همراه بوده و پیامدهای جدی بر سیستم قلبی‌عروقی، کلیه، اعصاب و شبکیه دارد. مدیریت دیابت نوع ۲ نیازمند رویکردی چندبعدی شامل اصلاح الگوی غذایی، کنترل وزن، فعالیت بدنی منظم و در موارد لازم، مداخلات دارویی است [۲].

شواهد علمی نشان می‌دهد که فعالیت بدنی، به‌ویژه تمرینات هوازی و مقاومتی، با بهبود حساسیت به انسولین، افزایش برداشت گلوکز عضلانی، کاهش التهاب و بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، نقش کلیدی در کنترل بیماری ایفا می‌کند[۳, ۴]. ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی می‌تواند اثرات هم‌افزایی قابل توجهی بر بهبود شاخص‌های متابولیکی و کاهش مقاومت به انسولین ایجاد کند [۵].

در کنار تمرینات ورزشی، استفاده از ترکیبات طبیعی مانند زنجبیل که دارای خاصیت ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی است، به عنوان یک روش کمکی برای بهبود حساسیت انسولینی پیشنهاد شده است [۶]. هم اکنون داروهای متعددی جهت درمان بیماری دیابت ارائه شده است، که در لیست سازمان غذا و دارو گیاه زنجبیل داروی سالم معرفی گردیده است [۷]. زنجبیل حاوی ترکیبات زیست‌فعال مانند جینجرول‌ها و شوگاول‌ها است که می‌توانند از طریق کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش جذب گلوکز در سلول‌های عضلانی، به بهبود عملکرد انسولین کمک کنند [۸]. همچنین اثرات دارویی مختلفی مانند تنظیم‌کننده ایمنی، مهار تشکیل تومور، کاهش دهنده التهاب، ضد آپوپتوز و ضد تهوع نیز دارد [۹]. تا کنون بیش از ۴۰ ترکیب آنتی اکسیدانی نیز زنجبیل شناسایی شده است [۸]. یکی از اثرات احتمالی دیگر زنجبیل، مهار فعالیت آنزیم گلوکز ۶ فسفاتاز کبدی می‌باشد که منجر به کاهش گلوکز خون می‌گردد [۱۰].

در سال‌های اخیر، استفاده از ترکیبات گیاهی و مکمل‌های طبیعی به عنوان درمان کمکی دیابت نوع ۲ مورد توجه قرار گرفته است. زنجبیل (Zingiber officinale) یکی از گیاهان دارویی پرکاربرد با اثرات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، ضدآپوتوتیک و بهبود متابولیسم گلوکز است [۱۱, ۱۲]. ترکیبات فعال اصلی زنجبیل شامل جینجرول‌ها، شوگاول‌ها و پارادول‌ها هستند که از طریق مهار مسیر NF-κB، کاهش تولید سیتوکین‌های التهابی، افزایش ترانسلوکاسیون ناقل گلوکز-۴ (GLUT4) به غشای سلول و مهار آنزیم گلوکز-۶-فسفاتاز کبدی، به بهبود حساسیت به انسولین کمک می‌کنند [۱۳, ۱۴].

نتایج کارآزمایی‌های بالینی و مطالعات حیوانی نشان داده‌اند که مصرف زنجبیل می‌تواند منجر به کاهش شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR)، کاهش هموگلوبین گلیکوزیله (HbA1c)، بهبود پروفایل لیپیدی و کاهش التهاب سیستمیک شود [۱۴, ۱۵]. همچنین، شواهد اولیه بیانگر آن است که ترکیب تمرینات ورزشی با مصرف زنجبیل می‌تواند اثرات هم‌افزایی در بهبود شاخص‌های متابولیکی و کاهش مقاومت به انسولین داشته باشد [۱۶].

تمرینات هوازی و مقاومتی نیز به طور مستقل بر شاخص‌های تن‌سنجی تأثیر مثبت دارند[۱۷]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مصرف همزمان مکمل زنجبیل با انجام تمرینات هوازی می‌تواند سطوح سرمی عوامل التهابی را کاهش دهد و حساسیت به انسولین را بهبود بخشد.[۱۸]. همچنین، تحقیقاتی حاکی از آن است که هشت هفته تمرین مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل می‌تواند غلظت CRP(پروتئین واکنش‌گر C) را کاهش دهد، که این امر بر شاخص‌های التهابی بیماران دیابت نوع دو مؤثر است [۱۹].

با این حال، هنوز مشخص نیست که ترکیب تمرینات ورزشی و مصرف زنجبیل می‌تواند اثر هم‌افزایی بر کاهش مقاومت به انسولین داشته باشد یا خیر. با توجه به این شواهد، بررسی تأثیر ترکیبی تمرینات هوازی و مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو ضروری می‌نماید. این مطالعه می‌تواند بینشی جدید در مورد مزایای بالقوه ترکیب این روش‌ها برای مدیریت دیابت ارائه کند. با توجه به بار اقتصادی و اجتماعی دیابت نوع دو، یافتن راهکارهای کم‌هزینه و مؤثر مانند ترکیب ورزش و زنجبیل می‌تواند گامی مهم در مدیریت این بیماری باشد. این مطالعه با پر کردن شکاف‌های پژوهشی موجود، می‌تواند به ارائه پروتکل‌های درمانی جامع‌تر کمک کند. با وجود این شواهد، مطالعات اندکی به بررسی همزمان تأثیر تمرینات ترکیبی هوازی–مقاومتی همراه با مکمل زنجبیل بر مقاومت به انسولین در بیماران دیابت نوع ۲ پرداخته‌اند. بنابراین، هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر تمرینات هوازی و مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل بر گلوکز ناشتا، انسولین سرمی و شاخص HOMA-IR در مردان مبتلا به دیابت نوع دو است.

روش‌ها

جامعه و نمونه آماری: تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع کاربردی است، که با طرح تحقیق پیش آزمون و پس آزمون شامل ۶ گروه انجام شد. جامعه آماری در تحقیق حاضر شامل بیماران مبتلا به دیابت نوع دو در دامنه سنی ۴۰ تا ۶۵ سال ساکن شهر دهدشت استان کهگیلویه و بویر احمد بودند. تحقیق در بهار تا اوایل تابستان ۱۴۰۴ (اردیبهشت تا تیر ۱۴۰۴) اجرا شد. نمونه‌ها

شامل ۶۰ مرد مبتلا به دیابت نوع دو بودند که به صورت تصادفی از بیماران داوطلب از بیمارستان امام خمینی (ره) شهر دهدشت انتخاب شدند. معیارهای ورود به این مطالعه شامل : ۱. مردان با دامنه سنی ۴۰ تا ۶۵ سال ۲. ابتلا به بیماری دیابت نوع دو۳. سبک زندگی کم تحرک در یک سال اخیر ۴.در سطح کم خطر فعالیت بدنی(با استفاده از پرسشنامه PAR-Q) ۵. عدم ابتلا به بیماری های مزمن بودند. پس از انتخاب نمونه‌های تحقیق به صورت تصادفی به ۶ گروه ۱۰ نفره شامل گروه مصرف زنجبیل به همراه تمرین هوازی، گروه تمرین هوازی بدون مصرف زنجبیل، گروه مصرف زنجبیل به همراه تمرین مقاومتی، گروه تمرین مقاومتی بدون مصرف زنجبیل، گروه دریافت کننده مصرف زنجبیل بدون تمرین و گروه کنترل تقسیم شدند (جدول-۱).

جدول-۱. میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن و ترکیب بدن آزمودنی‌های تحقیق

متغییر	گروه	انحراف معیار ± میانگین
سن (سال)	تمرینات هوازی به همراه مصرف زنجبیل	۵۳/۳۰±۷/۸۹
	تمرینات هوازی بدون مصرف زنجبیل	۵۵/۲۰±۸/۰۱
	تمرینات مقاومتی به همراه مصرف زنجبیل	۵۱/۸۰±۶/۴۶
	تمرینات مقاومتی بدون مصرف زنجبیل	۴۹/۶۰±۷/۸۵
	مصرف زنجبیل بدون تمرین	۵۲/۸۰±۶/۸۹
	کنترل	۵۳/۶۰±۹/۰۲
قد (سانتی متر)	تمرینات هوازی به همراه مصرف زنجبیل	۱۶۰/۳۰±۳/۹۵
	تمرینات هوازی بدون مصرف زنجبیل	۱۶۲/۱۰±۴/۵۱
	تمرینات مقاومتی به همراه مصرف زنجبیل	۱۶۱/۸۰±۵/۱۴
	تمرینات مقاومتی بدون مصرف زنجبیل	۱۶۰/۲۰±۳/۸۵
	مصرف زنجبیل بدون تمرین	۱۶۲/۱۰±۴/۰۴
	کنترل	۱۶۲/۲۰±۴/۴۷
وزن (کیلوگرم)	تمرینات هوازی به همراه مصرف زنجبیل	۸۲/ ۳۰±۴/۰۴
	تمرینات هوازی بدون مصرف زنجبیل	۸۲/۶۰±۳/۵۴
	تمرینات مقاومتی به همراه مصرف زنجبیل	۸۱/۹۰±۴/۹۴
	تمرینات مقاومتی بدون مصرف زنجبیل	۸۱/۶۰±۵/۷۲
	مصرف زنجبیل بدون تمرین	۸۲/۲۰±۴/۶۹
	کنترل	۸۲/۷۰±۴/۱۴
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	تمرینات هوازی به همراه مصرف زنجبیل	۳۰/۸۰±۱/۰۴
	تمرینات هوازی بدون مصرف زنجبیل	۳۱/۰۰±۱/۰۶
	تمرینات مقاومتی به همراه مصرف زنجبیل	۳۰/۹۰±۱/۱۰
	تمرینات مقاومتی بدون مصرف زنجبیل	۳۱/۳۰±۱/۳۴
	مصرف زنجبیل بدون تمرین	۳۰/۹۰±۱/۱۴
	کنترل	۳۱/۱۰±۱/۴۵

مدت زمان مداخله در این تحقیق ۸ هفته بود و آزمودنی‌ها بر اساس مداخله در نظر گرفته شده با توجه به گروه تحقیق پروتکل‌ها را تکمیل کردند. ۲۴ ساعت قبل از شروع مداخلات ورزشی و مکمل و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه مداخلات اندازه‌گیری‌ها به‌صورت ناشتا انجام شد و متغیرهای تن سنجی و نمونه‌های خونی سنجیده شدند. در طول مداخله تحقیق در گروه کنترل هیچ مداخله‌ای توسط محقق انجام نشد و آزمودنی‌ها همان سبک زندگی خود را ادامه دادند و تنها در پیش آزمون و پس آزمون شرکت کردند.

تمرینات هوازی: در این تحقیق برنامه تمرین هوازی شامل هشت هفته، به صورت دویدن با شدت ۷۰-۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود که در سه جلسه غیر متوالی در هفته انجام شد. در قسمت اول تمرین برنامه گرم کردن عمومی و اختصاصی به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه اجرا شد. سپس برنامه اصلی تمرین هوازی به صورت دویدن به صورت تداومی با شدت متوسط ۷۰-۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره انجام شد. در انتهای تمرین نیز برنامه ریکاوری برای بازگشت به حالت اولیه، به مدت ۱۰ دقیقه اجرا شد.

برنامه تمرین هوازی یک برنامه محقق ساخته بود که شدت آن بر اساس مطالعه کی‌خسروی و همکاران که روی مردان غیرورزشکار انجام شده است انتخاب شد و حجم تمرین در این تحقیق با توجه به وضعیت بدنی و احتمال توانایی جسمانی پایین‌تر و با توجه به اصل اضافه بار از ۱۰ دقیقه تمرین اصلی شروع شد و هر هفته ۵ دقیقه به تمرین اصلی افزوده شد ولی شدت تمرین در طول ۳ هفته اول ۶۰-۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود. در

هفته چهارم زمان تمرین ثابت ماند (۲۰ دقیقه) ولی شدت تمرین به ۷۰-۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره افزایش یافت. حجم تمرین اصلی در هفته‌های پنجم و ششم به ۲۵ دقیقه و در هفته‌های هفتم و هشتم به ۳۰ دقیقه رسید ولی تغییری در شدت تمرین داده نشد [۲۰] (جدول-۲) .

جدول-۲. برنامه هشت هفته ای تمرین هوازی

هفته	گرم کردن (دقیقه)	تمرین اصلی		سرد کردن (دقیقه)
		زمان تمرین	شدت تمرین	
اول	۱۵ -۱۰	۱۰	۵۰-۶۰ درصد	۱۰
دوم	۱۵ -۱۰	۱۵	۵۰-۶۰ درصد	۱۰
سوم	۱۵ -۱۰	۲۰	۵۰-۶۰ درصد	۱۰
چهارم	۱۵ -۱۰	۲۰	۶۰-۷۰ درصد	۱۰
پنجم – ششم	۱۵ -۱۰	۲۵	۶۰-۷۰ درصد	۱۰
هفتم – هشتم	۱۵ -۱۰	۳۰	۶۰-۷۰ درصد	۱۰

تمرینات مقاومتی: در این تحقیق برنامه تمرین مقاومتی شامل حرکات جلو بازو با هالتر، پشت بازو با هالتر و بلند شدن روی پنجه پا با دمبل می‌باشد که با شدت ۴۵- ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه در سه جلسه غیر متوالی در هفته به مدت ۸ هفته انجام شد.

در قسمت اول تمرین برنامه گرم کردن عمومی و اختصاصی به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه اجرا شد. سپس برنامه اصلی تمرین مقاومتی با حرکات جلو بازو با هالتر، پشت بازو با هالتر و بلند شدن روی پنجه پا با دمبل انجام شد. اصل اضافه بار به گونه‌ای است که بعد از هر دو هفته تمرین، آزمون یک تکرار بیشینه برای هر فرد در هر ایستگاه انجام و مقدار وزنه بر اساس آن تنظیم می‌شود. یک تکرار بیشینه یعنی حداکثر مقدار وزنه‌ای که شخص بتواند در دامنه کامل یک حرکت خاص، فقط برای یک بار بلند کند. در جدول- ۳ طول دوره تمرین در گروه مقاومتی با رعایت اصول اضافه بار و مقاومت فزاینده هر دو هفته یک بار با میزان (RM۱) حرکات اندازه‌گیری می‌شود و بار تمرین بر اساس تمرین (RM۱) جدید تنظیم می‌گردید. در انتهای تمرین نیز برنامه ریکاوری برای بازگشت به حالت اولیه، به مدت ۱۰ دقیقه اجرا شد. برنامه تمرین یک برنامه محقق ساخته بود که بر اساس مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۷) [۲۱] که بر روی بیماران دیابتی نوع دو انجام شده است، انتخاب شد و حجم تمرین در این تحقیق با توجه به وضعیت بدنی و احتمال توانایی جسمانی پایین‌تر و با توجه به اصل اضافه بار از ۱۵ دقیقه تمرین اصلی شروع شد و هر دو هفته یک بار ۵ دقیقه به تمرین اصلی افزوده شد. شرکت کنندگان هفته اول و دوم ۳ دوره با ۱۲-۱۰ تکرار و با شدت ۴۵-۴۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام دادند و در هفته سوم و چهارم ۳ دوره با ۱۵-۱۲ تکرار و با شدت ۵۰-۴۵ درصد یک تکرار بیشینه، در هفته پنجم و ششم ۳ دوره با ۱۸-۱۵ تکرار و با ۴۵-۴۰ درصد تکرار یک تکرار بیشینه و دو هفته آخر ۳ دوره با ۱۲-۸ تکرار و با ۴۵-۴۰ درصد تکرار یک تکرار بیشینه اجرا کردند (جدول-۳). به منظور اصل اضافه بار RM۱ آزمودنی‌ها هر دو هفته یک بار مورد محاسبه قرار گرفتند و در هر جلسه بار تمرینی به دقت کنترل شد.

جدول-۳. برنامه هشت هفته ای تمرین مقاومتی

هفته	گرم کردن (دقیقه)	تمرین اصلی				سرد کردن (دقیقه)
		زمان تمرین	نوبت	تکرار	شدت تمرین (1RM)	
اول	۱۵ -۱۰	۱۵	۳	۱۰-۱۲	۴۰-۴۵ درصد	۱۰
دوم	۱۵ -۱۰	۱۵	۳	۱۰-۱۲	۴۰-۴۵ درصد	۱۰
سوم	۱۵ -۱۰	۲۰	۳	۱۲-۱۵	۴۵-۵۰ درصد	۱۰
چهارم	۱۵ -۱۰	۲۰	۳	۱۲-۱۵	۴۵-۵۰ درصد	۱۰
پنجم	۱۵ -۱۰	۲۵	۳	۱۵-۱۸	۵۰-۵۵ درصد	۱۰
ششم	۱۵ -۱۰	۲۵	۳	۱۵-۱۸	۵۰-۵۵ درصد	۱۰
هفتم	۱۵ -۱۰	۳۰	۳	۸-۱۲	۵۵-۶۰ درصد	۱۰
هشتم	۱۵ -۱۰	۳۰	۳	۸-۱۲	۵۵-۶۰ درصد	۱۰

آزمودنی‌ها در گروه‌های مصرف‌کننده مکمل، زنجبیل را به شکل خوراکی شامل ۳ قرص ۱ گرمی از پودر ریشه زنجبیل (هر قرص زنجبیل حاوی ۱ گرم پودر ریشه زنجبیل با نام تجاری زینتوما، شرکت گل دارو، تهران) ۳ نوبت در روز با فواصل منظم (صبحانه، نهار و شام) قبل از هر وعده غذایی، همراه با ۲۵۰ میلی لیتر آب، به مدت ۸ هفته مصرف کردند. گروه‌های تمرینی بدون

مصرف زنجبیل قرص‌های حاوی ۱ گرم نشاسته را با همان شیوه و مدت زمان گروه‌های مکمل، دریافت کردند. قرص‌های حاوی زنجبیل و دارونما کاملاً مشابه از نظر (رنگ، اندازه، شکل و عطر) بودند. تعداد بسته‌های مصرف شده توسط افراد در پایان هر هفته کنترل شد [۲۱].

برای بررسی متغیرهای بیوشیمی عمل خون‌گیری ۲۴ ساعت قبل از شروع مداخلات ورزشی و مکمل و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه مداخلات اندازه گیری ها به صورت ناشتا در آزمایشگاه دکتر نیکخو شهر دهدشت در بهار ۱۴۰۴ انجام شد. سپس نمونه‌های خونی برای سنجش متغیرهای خونی شامل گلوکز سرمی و انسولین سرمی، با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی تجزیه و تحلیل شد.

مقاومت به انسولین در تحقیق حاضر برای برآورد مقاومت به انسولین از فرمول ارزیابی مدل هموستازی (HOMA-IR) و فرمول ماتیوس (۱۹۸۵) استفاده شد.

HOMA-IR: fasting insulin (microU/L) x fasting glucose (nmol/L)/22.5

محاسبات آماری: در تحقیق حاضر تجزیه و تحلیل آماری در دو بخش آمار توصیفی با استفاده از جداول و نمودارها و بر حسب میانگین و انحراف استاندارد بیان شد. جهت تعیین تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال از آزمون شاپیرو وبلکز استفاده شد، پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها و میزان تاثیرگذاری تمرینات هوازی و مقاومتی و نیز مصرف زنجبیل و ترکیبی از این دو، از آزمون آنالیز واریانس یک راهه (ANOVA) استفاده شد و در صورت معنی‌داری از آزمون توکی برای تعیین اختلاف بین گروه‌ها به‌صورت جفت استفاده شد. کلیه عملیات تجزیه و تحلیل آماری در سطح معنی‌داری P<۰,۰۵ و توسط نرم افزار SPSS-22 محاسبه گردید.

ملاحظات اخلاقی: این مطالعه با کد IR.SCU.REC.1404.068 در کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز ثبت شده است.

نتایج

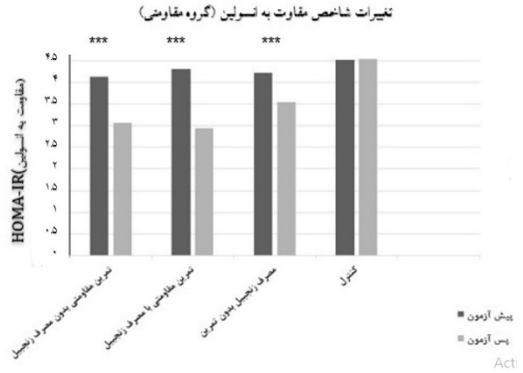
نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یک‌راهه نشان داد که هشت هفته مداخله در گروه‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر شاخص مقاومت به انسولین مردان مبتلا به دیابت نوع دو داشته است. به‌طور مشخص، تمرینات هوازی همراه با مصرف زنجبیل باعث کاهش معنی‌دار شاخص مقاومت به انسولین شد (F=۴/۳۱، P=۰/۰۱۱).

نتایج نشان داد که پس از ۸ هفته مداخله، گلوکز ناشتا، انسولین و HOMA-IR در گروه‌های مداخله کاهش معناداری نسبت به کنترل داشتند. تست‌های تشخیصی دیابت شامل قند ناشتا (FBS ≥126 mg/dl) و تأیید پزشکی متخصص بودند.

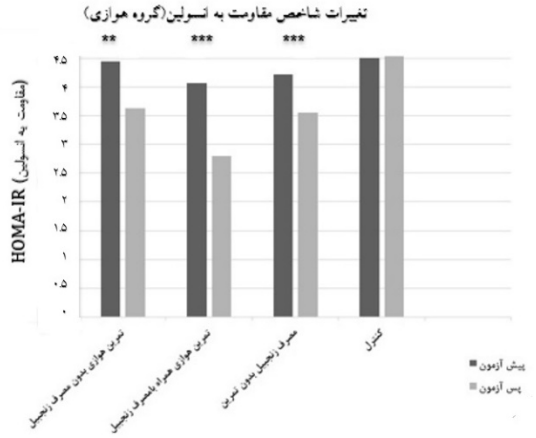
نتایج آزمون تعقیبی توکی جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه تمرین هوازی همراه با مصرف زنجبیل و گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، همچنین بین گروه مصرف زنجبیل بدون تمرین و گروه کنترل (P=۰/۰۰۶)، و نیز بین گروه تمرین هوازی بدون مصرف زنجبیل و گروه کنترل (P=۰/۰۱۸) وجود دارد. با این حال، بین گروه تمرین هوازی همراه با مصرف زنجبیل با گروه تمرین هوازی تنها (P=۰/۰۵۷) و گروه مصرف زنجبیل تنها (P=۰/۸۸۲) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (نمودار-۱).

در خصوص تمرینات مقاومتی نیز نتایج نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل اثر معنی‌داری بر کاهش شاخص مقاومت به انسولین دارد (F=۵,۲۸، P=۰,۰۰۴). آزمون تعقیبی توکی نیز کاهش معنی‌داری در شاخص مقاومت به انسولین در گروه تمرین مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل نسبت به گروه کنترل (P=۰/۰۰۱)، گروه مصرف زنجبیل بدون تمرین نسبت به گروه کنترل (P=۰/۰۰۶)، و گروه تمرین مقاومتی بدون مصرف زنجبیل نسبت به گروه کنترل (P=۰/۰۰۱) نشان داد (P<۰/۰۵) (نمودار-۲). اما همانند نتایج مربوط به تمرینات هوازی، تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه تمرین مقاومتی همراه با زنجبیل با دو گروه دیگر (تمرین مقاومتی تنها (P=۰/۹۹۴) و مصرف زنجبیل تنها (P=۰/۸۶۸) مشاهده نشد (P>۰/۰۵). (نمودار-۳).

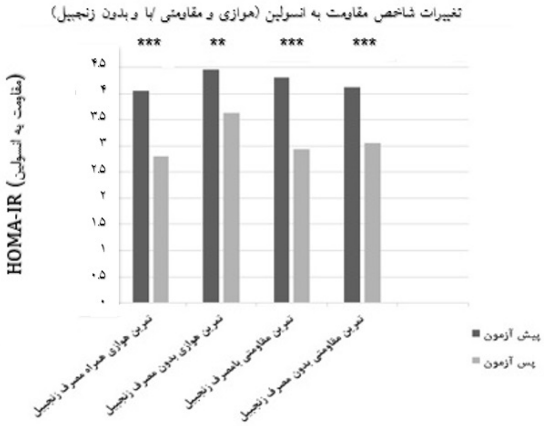
نتایج آزمون آنالیز واریانس یک راهه برای شاخص مقاومت به انسولین نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی همراه با مصرف زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین مردان دارای دیابت نوع دو تاثیر معنی‌داری داشته است (P=۰/۰۱۱، F= ۴/۳۱).



نمودار -۱. تغییرات میانگین شاخص مقاومت به انسولین در گروه های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون در گروه تمرین مقاومتی



نمودار-۲. تغییرات میانگین شاخص مقاومت به انسولین گروه های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون در گروه تمرین هوازی



نمودار -۳. تغییرات میانگین شاخص مقاومت به انسولین در تمرینات هوازی و مقاومتی همراه با و بدون مصرف زنجبیل در گروه‌های مختلف طی مراحل پیش آزمون و پس آزمون

این نتایج به‌طور کلی بیانگر آن است که هم تمرینات ورزشی (هوازی و مقاومتی) و هم مصرف زنجبیل به‌صورت مستقل اثرات مثبت و معنی‌داری بر بهبود مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو دارند. اما اثر هم‌افزایی قابل توجهی بین تمرینات ورزشی و مصرف زنجبیل مشاهده نشد. تفاوت معنی‌دار آماری بین گروه‌های آزمایشی مختلف به‌صورت P<۰/۰۵*، P<۰/۰۱**، P<۰/۰۰۱ *** نشان داده شد.

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات هوازی و مقاومتی تأثیر معناداری بر بهبود شاخص مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع دو دارند. همچنین مصرف زنجبیل به‌تنهایی نیز منجر به کاهش شاخص مقاومت به انسولین شد، اما ترکیب این مکمل با تمرینات ورزشی اثرات مضاعفی بر HOMA-IR نشان نداد. یافته‌های این پژوهش با برخی از مطالعات پیشین هم‌خوانی دارد، در حالی که برخی دیگر از پژوهش‌ها نتایج متفاوتی گزارش کرده‌اند که در ادامه به آنها پرداخته خواهد شد.

چاقی با رشد بافت چربی به دلیل افزایش و تعداد سلول‌های بافت چربی مشخص می‌شود. چاقی و تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از آن را می‌توان یک عامل خطر بالقوه برای سندرم متابولیک، دیابت نوع دو، بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان و سایر شرایط در نظر گرفت [۲۲]. ارتباط بین چاقی و مقاومت به انسولین در مطالعات قبل گزارش شده است، اما مکانیسم‌های مرتبط با مقاومت به انسولین در چاقی به خوبی تعریف نشده است [۲۳]. مقاومت به انسولین حمل و نقل گلوکز عضله اسکلتی نشان دهنده یک نقص عمده در حفظ طبیعی یوگلیسمی است. مقاومت به انسولین اغلب با انواع ناهنجاری های متابولیکی و قلبی عروقی، از جمله فشار خون بالا، عدم تحمل گلوکز، دیابت نوع دو، دیس لیپیدمی، آترواسکلروز و چاقی مرکزی همراه است، وضعیتی که به عنوان سندرم مقاومت به انسولین شناخته می‌شود [۲۴].

در خصوص اثر تمرینات ورزشی بر مقاومت به انسولین، نتایج تحقیق ما نشان داد که هشت هفته تمرینات هوازی همراه با مصرف زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین مردان چاق دارای دیابت نوع دو تاثیر دارد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات عابدی و یعقوبی (۲۰۲۱)، ریاحی ملایری و ساعی (۲۰۱۹)، ولی زاده و همکاران (۲۰۱۲)، هم خوانی داشتند. عابدی و یعقوبی (۲۰۲۱)، در تحقیقی با عنوان اثر هشت هفته تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل زنجبیل بر FGF21، آیریزین و مقاومت به انسولین در زنان دیابتی نوع دو به این نتیجه رسیدند که هشت هفته مداخله‌ی تمرین هوازی و مکمل‌گیری زنجبیل منجر به افزایش معناداری در سطوح آیریزین و نیز کاهش معنادار شاخص مقاومت به انسولین گردید [۲۵]. ریاحی ملایری و ساعی (۲۰۱۹)، در تحقیقی تاثیر تمرینات تناوبی شدید را بر سطوح پلاسمایی رزیستین، انسولین و نیم رخ لیپیدی مورد بررسی قرار دادند. آنان دریافتند در مردان چاق بعد از ۱۰ هفته تمرین تناوبی شدید مقادیر رزیستین بدون تغییر باقی ماند ولی عوامل خطرزای مقاومت به انسولین و نیم رخ لیپیدی آنان کاهش معناداری را تجربه کرد. احتمالاً تغییرات مقاومت انسولین و نیم رخ لیپیدی آزمودنی‌ها ناشی از تغییر در سطوح برخی آدیپوکاین‌های است که از سایر بافت‌ها مانند عضله اسکلتی ترشح می‌شود [۲۶].

Małkowska، در تحقیقی گزارش دادند که انجام تمرینات هوازی سبب کاهش مقاومت به انسولین و افزایش حساسیت به آن می‌شود. برای افزایش حساسیت به انسولین و کاهش مقاومت به آن پس از انجام فعالیت بدنی، چندین مکانیسم مهم از جمله بالا رفتن میزان گلیکوژن سنتتاز و هگزوکیناز، بالا رفتن میزان سیگنالینگ انسولین بعد از بالا رفتن میزان پروتئین‌های حاوی گلوکز mRNA و پایین آمدن میزان رهایش اسیدهای چرب آزاد و بالا رفتن میزان پاک‌سازی آنها و نیز بالا رفتن میزان تحویل گلوکز به عضله و تغییر در ترکیب عضله وجود دارد [۲۷]. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که درمان با آنتی‌اکسیدان‌ها سبب بهبود انتقال گلوکز و تحمل بهتر آن در بدن بیماران مبتلا به دیابت نوع دو و

حیوانات مبتلا به مقاومت به انسولین می‌شود. زنجبیل حاوی آنتی‌اکسیدان‌های زیادی از جمله جینجرول‌ها، شوگاول‌ها، پارادول‌ها و زینجرون‌ها است. مکانیسم دقیق تاثیر این ترکیبات هنوز به درستی شناخته نشده است. ممکن است این ترکیبات از طریق افزایش پروتئین GLUT4، گیرنده‌های انسولین و بهبود عملکرد سلول‌های β پانکراس عمل کنند. بنابراین به نظر می‌رسد که تاثیر زنجبیل بر حساسیت به انسولین، از طریق تاثیر ترکیبات فعال آن بر PPARγ و یا تنظیم افزایشی آدیپونکتین باشد [۲۸].

نتایج همچنین نشان داد که هشت هفته تمرینات مقاومتی همراه با مصرف زنجبیل بر شاخص مقاومت به انسولین مردان دارای دیابت نوع دو تاثیر دارد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات حسینی و همکاران، عسکری و همکاران، اسماعیل زاده و همکاران هم خوانی داشتند. حسینی و همکاران، در تحقیقی به بررسی تاثیر هشت هفته تمرین همزمان بر مقاومت انسولینی و مقادیر پلاسمایی رزیستین و گلوکز مردان میانسال دارای اضافه وزن و چاق پرداختند و گزارش کردند که مقاومت انسولینی، سطوح رزیستین و گلوکز پلاسمایی در پس آزمون در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشتند [۲۹]. عسکری و همکاران، در تحقیقی به بررسی اثر یک دوره تمرین ترکیبی (استقامتی–مقاومتی) و مصرف مکمل زنجبیل بر استقامت قلبی تنفسی، ترکیب بدن و مقاومت به انسولین زنان چاق دیابتی نوع دو پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در گروه تمرین شدید، دارونما و تمرین متوسط، مکمل نسبت به تمرین شدید و مکمل کاهش معنی‌داری وجود داشت [۳۰]. اسماعیل زاده و همکاران، نیز مشاهده کردند که ۱۰ هفته تمرین استقامتی همراه با مصرف مکمل زنجبیل تاثیر مطلوبی بر ترکیب بدنی و بهبود مقاومت به انسولین در زنان چاق دیابتی نوع دو دارد [۳۱]. می‌توان گفت که تمرینات مقاومتی از طریق سازوکار افزایش سرعت برداشت گلوکز، پروتئین انتقال‌دهنده گلوکز و افزایش بیان ژن یا فعالیت پروتئین‌های مختلف درگیر در پیام‌رسانی انسولین و افزایش فعالیت گلیکوژن‌سنتاز و در نهایت، افزایش ذخیره‌سازی گلیکوژن بر هموستاز گلوکز تاثیر دارد [۲۷]. همچنین کاهش تاثیر زنجبیل بر قند خون و انسولین را می‌توان به‌دلیل فعالیت هیپوگلیسمیک و سایر فعالیت‌های دارویی زنجبیل به‌دلیل داشتن فنول‌ها، ترکیبات پلی‌فنولی و فلاونوئیدهای باشد [۳۲]. به نظر می‌رسد زنجبیل با فعالیت آنتاگونیستی بر ضد گیرنده‌های سروتونین و بلوک کردن آنها سبب کاهش قند خون شود [۳۳] همچنین احتمالا زنجبیل سبب مهار فعالیت آنزیم‌های گلوکوزیداز و آمیلاز در روده شده و از این طریق جذب گلوکز را در بدن کاهش می‌دهد [۳۴].

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات اسماعیل و همکاران و اسدی و همکاران هم خوانی ندارند. اسماعیل و همکاران در تحقیقی گزارش کردند که هشت هفته تمرینات مقاومتی تغییر معنی داری در مقاومت به انسولین بیماران دیابتی ایجاد نکردند [۳۵]. اسدی و همکاران نیز مشاهده کردند که مداخله ۱۰ هفته تمرین هوازی با مصرف زنجبیل در زنان چاق دیابتی نوع دو تغییر معنی‌داری در انسولین و مقاومت به انسولین ایجاد نمی‌کند. پس از فعالیت ورزشی، افزایش سنتز آدنوزین‌تری‌فسفات و افزایش فعالیت عامل بیوژنز میتوکندریایی، حساسیت به انسولین را افزایش می‌دهد و یا افزایش نفوذپذیری غشا همراه با افزایش تحریک مویرگ‌ها توسط انسولین می‌تواند به نفع جذب گلوکز و افزایش حساسیت به انسولین باشد [۱۸]. عدم معناداری تمرینات مقاومتی برای افزایش حساسیت به انسولین در هر گروه، احتمالاً به دلیل عدم توانایی تمرینات مقاومتی در افزایش تراکم مویرگی عضله و یا تغییر نوع تار عضلانی در راستای بهبود حساسیت به انسولین بوده و یا ناشی از زمان‌بندی اندازه‌گیری حساسیت به انسولین پس از آخرین جلسه تمرینی می‌باشد [۱۸]. لازم به ذکر است که تغییرات میزان مقاومت به انسولین و حساسیت به انسولین با وجود غیرمعنادار بودن در هر گروه می‌تواند به عنوان استدلالی برای اثربخشی فعالیت بدنی بر دیابت در نظر گرفته شود.

این تفاوت‌ها می‌تواند به عواملی مانند روش تجویز زنجبیل، ترکیب رژیم غذایی شرکت‌کنندگان و میزان فعالیت بدنی آن‌ها مرتبط باشد.

بر اساس نتایج، می‌توان استفاده از برنامه‌های منظم تمرین هوازی یا مقاومتی و مصرف زنجبیل را به عنوان راهکارهای غیردارویی، کم‌هزینه و در دسترس برای بهبود مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی توصیه کرد. این مداخلات می‌توانند به عنوان مکمل درمان‌های دارویی به‌کار گرفته شوند.

تفاوت نتایج مطالعات قبلی با تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد: مدت زمان مداخله، شدت و نوع تمرین، دوز و شکل مصرف زنجبیل، و ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان (سن، جنس، شاخص توده بدنی). برای مثال، مطالعاتی که اثر قابل توجهی گزارش نکرده‌اند، معمولاً مدت مداخله کوتاه‌تر یا دوز پایین‌تری از مکمل زنجبیل استفاده کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، مطالعه حاضر تأیید می‌کند که ورزش و زنجبیل هر یک به‌تنهایی در بهبود مقاومت به انسولین مؤثرند، اما هم‌افزایی آنها نیازمند بررسی بیشتر است. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با مدت زمان طولانی‌تر، دوزهای مختلف زنجبیل و بررسی مکانیزم‌های مولکولی دقیق‌تر انجام شود.

تشکر و قدردانی: این مقاله منتج از طرح تحقیقاتی در دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید چمران اهواز می باشد و با حمایت مالی دانشگاه شهید چمران اهواز به انجام رسید. بدین وسیله از زحمات اساتید و تمام کسانی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند تقدیر و تشکر می گردد.

نقش نویسندگان: همه نویسندگان در نگارش اولیه مقاله یا بازنگری آن سهیم بودند و همه با تایید نهایی مقاله حاضر، مسئولیت دقت و صحت مطالب مندرج در آن را می‌پذیرند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Lu X, Xie Q, Pan X, Zhang R, Zhang X, Peng G, et al. Type 2 diabetes mellitus in adults: pathogenesis, prevention and therapy. Signal Transduct Target Ther. 2024; 9(1):262. doi.10.1038/s41392-024-01951-9 PMid:39353925 PMCid:PMC11445387
2. Sami A, Javed A, Ozsahin DU, Ozsahin I, Muhammad K, Waheed Y. Genetics of diabetes and its complications: a comprehensive review. Diabetol Metab Syndr. 2025; 17(1):185. doi.10.1186/s13098-025-01748-y PMid:40452079 PMCid:PMC12128284
3. Yoo J, Hwang J, Choi J, Ramalingam M, Jeong H, Jang S, et al. The effects of resistance training on cardiovascular factors and anti-inflammation in diabetic rats. Heliyon. 2024; 10(17):e37081. doi.10.1016/j.heliyon.2024.e37081
4. Han X, Yang Y, Liu S, Niu Y, Shao H, Fu L. Aerobic exercise ameliorates insulin resistance in C57BL/6J mice via activating Sestrin3. Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis. 2023; 1869(1):166568. doi.10.1016/j.bbadis.2022.166568 PMid:36220588
5. Zhang T, Liu Y, Yang Y, Luo J, Hao C. The effect and mechanism of regular exercise on improving insulin impedance: based on the perspective of cellular and molecular levels. Int J Mol Sci. 2025; 26(9): 4199. doi.10.3390/ijms26094199 PMid:40362436 PMCid:PMC12071773
6. Diakos A, Silva ML, Brito J, Moncada M, de Mesquita MF, Bernardo MA. The effect of ginger (Zingiber officinale Roscoe) aqueous extract on postprandial glycemia in nondiabetic adults: a randomized controlled trial. Foods. 2023; 12(5):1037. doi.10.3390/foods12051037 PMid:36900554 PMCid:PMC10001081
7. Blahova J, Martiniakova M, Babikova M, Kovacova V, Mondockova V, Omelka R. Pharmaceutical drugs and natural therapeutic products for the treatment of type 2 diabetes mellitus. Pharmaceuticals (Basel). 2021; 14(8):806. doi.10.3390/ph14080806 PMid:34451903 PMCid:PMC8398612
8. Shaukat MN, Nazir A, Fallico B. Ginger bioactives: a comprehensive review of health benefits and potential food applications. Antioxidants (Basel). 2023; 12(11): 2015. doi.10.3390/antiox12112015 PMid:38001868 PMCid:PMC10669910
9. Pázmándi K, Szöllősi AG, Fekete T. The "root" causes behind the anti-inflammatory actions of ginger compounds in immune cells. Front Immunol. 2024; 15:1400956. doi.10.3389/fimmu.2024.1400956
10. Kamari N, Moradinazar M, Qasemi M, Khosravy T, Samadi M, Abdolahzad H. Combination of the effect of ginger and anti-inflammatory diet on children with obesity with nonalcoholic fatty liver disease: a randomized clinical trial. Food Science & Nutrition. 2023; 11:1846–1859. doi.10.1002/fsn3.3218
11. Wang Y, Jiang Y, Han C, Zhou L, Hu H, Song H, et al. Ginger (Zingiber officinale Roscoe) bioactive components: potential resources for kidney health. J Food Biochemistry. 2025; 2625586:1–21. doi.10.1155/jfbc/2625586
12. Ayustaningwarno F, Anjani G, Ayu AM, Fogliano V. A critical review of ginger's (Zingiber officinale) antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory activities. Front Nutr. 2024; 11:1364836. doi.10.3389/fnut.2024.1364836 PMid:38903613 PMCid:PMC11187345
13. Jiang X. Biological mechanisms, pharmacological and pathological activities, and quality optimization of gingerols and shogaols. J Funct Foods. 2025; 127:106773. doi.10.1016/j.jff.2025.106773
14. Preciado-Ortiz ME, Gembe-Olivarez G, Martínez-López E, Rivera-Valdés JJ. Immunometabolic effects of ginger (Zingiber officinale Roscoe) supplementation in obesity: a comprehensive review. Molecules. 2025; 30(14):2933. doi.10.3390/molecules30142933 PMid:40733199 PMCid:PMC12298451
15. Gumbarewicz E, Jarząb A, Stepulak A, Kukula-Koch W. Zingiber officinale Rosc. In the treatment of metabolic syndrome disorders–a review of in vivo studies. Int J Mol Sci. 2022; 23(24):15545. doi.10.3390/ijms232415545 PMid:36555184 PMCid:PMC9779757
16. Salaramoli S, Mehri S, Yarmohammadi F, Hashemy SI, Hosseinzadeh H. The effects of ginger and its constituents in the prevention of metabolic syndrome: a review. Iran J Basic Med Sci. 2022; 25(6):664–674. doi.10.22038/IJBMS.2022.59627.13231 PMid:35949312 PMCid:PMC9320212
17. Samadi M, Bagherpoor Goll T, Fattahi MR, Rostamkhani F, Riyahi Malayeri S. Effect of continuous aerobic training and high-intensity interval training on some anthropometric indicators of overweight and obese military personnel. J Exercise Organ Cross Talk. 2022; 2(4):136–141. doi.10.22034/jeoct.2022.375308.1055
18. Asadi M, Banitalebi E, Esfadir Z, Ghafari M. The effect of a period rhythmic aerobic exercise with ginger consumption on serum levels of TNF-α, IL-6 and insulin resistance in obese middle-aged women with diabetes mellitus. Armaghan J. 2017; 22(1):32–47.
19. Mohammadi H, Avandi SM. Effect of eight weeks resistance training with ginger supplementation on malondialdehyde and body composition index in type 2 diabetes patients. Koomesh. 2019; 21(1):e153040.
20. Keykhosravi H, et al. Comparison of the effect of combined exercises (resistance–aerobic) with

ginger and cinnamon supplements on some glycemic indices in obese postmenopausal women with type 2 diabetes. J Sport Biomotor Sci. 2019; 22(22):38–47.
21. Mohammadi H, Avandi M, Akhlaghi M. The effect of eight weeks of resistance training and ginger supplementation on superoxide dismutase in patients with type 2 diabetes. J Mazandaran Univ Med Sci. 2019; 28(170): 94–106.
22. Horwitz A, Birk R. Adipose tissue hyperplasia and hypertrophy in common and syndromic obesity – the case of BBS obesity. Nutrients. 2023; 15(15):3445. doi.10.3390/nu15153445 PMid:37571382 PMCid:PMC10421039
23. Luo Y, Luo D, Li M, Tang B. Insulin resistance in pediatric obesity: from mechanisms to treatment strategies. Pediatr Diabetes. 2024; 2298306. doi.10.1155/2024/2298306 PMid:40302954 PMCid:PMC12016791
24. Li M, Chi X, Wang Y, Setrerrahmane S, Xie W, Xu H. Trends in insulin resistance: insights into mechanisms and therapeutic strategy. Signal Transduct Target Ther. 2022; 7(1):216. doi.10.1038/s41392-022-01073-0 PMid:35794109 PMCid:PMC9259665
25. Yaghoubi Z, Abedi B. Effect of eight weeks of aerobic exercise with ginger supplementation on FGF21, irisin and insulin resistance in women with type 2 diabetes. Iran J Diabetes Lipid Disord. 2021; 21(2):111–118.
26. Riyahi Malayeri S, Saei M. Changes in insulin resistance and serum levels of resistin after 10 weeks high-intensity interval training in overweight and obese men. Sport Physiol Manage Investig. 2019; 10(4):31–42.
27. Małkowska P. Positive effects of physical activity on insulin signaling. Curr Issues Mol Biol. 2024; 46(6):5467–5487. doi.10.3390/cimb46060327 PMid:38920999 PMCid:PMC11202552
28. Matin M, Joshi T, Wang D, Tzvetkov NT, Matin FB, Wierzbicka A, et al. Effects of ginger (Zingiber officinale) on the hallmarks of aging. Biomolecules. 2024; 14(8):940. doi.10.3390/biom14080940
29. Hosseini M, Mogharnasi M, Zafarmand O. The effect of eight weeks of concurrent training on insulin resistance and resistin and glucose plasma levels in middle-aged overweight and obese men. J Appl Health Stud Sport Physiol. 2022; 9(1):35–47. doi.10.22049/jahssp.2022.27610.1429
30. Askari R, Haghighi A, Badri N. The effect of combined training (endurance–resistance) and ginger supplementation on cardiorespiratory endurance, body composition and insulin resistance among obese females with type 2 diabetes. J Health. 2019; 10(4):489–503.
31. Esmaelzadeh Toloee M, Faramarzi M, Noroozian Ghahfarokhi P. Effect of aerobic training with ginger supplementation on some liver enzymes (AST, ALT, GGT) and resistance to insulin in obese women with type 2 diabetes. Med J Mashhad Univ Med Sci. 2017; 60(4):636–647.
32. Alharbi KS, Nadeem MS, Afzal O, Alzarea SI, Altamimi ASA, Almalki WH, et al. Gingerol, a natural antioxidant, attenuates hyperglycemia and downstream complications. Metabolites. 2022; 12(12):1274. doi.10.3390/metabo12121274 PMid:36557312 PMCid:PMC9782005
33. Lamuchi-Deli N, Aberomand M, Babaahmadi-Rezaei H, Mohammadzadeh G. Effects of the hydroalcoholic extract of Zingiber officinale on arginase I activity and expression in the retina of streptozotocin-induced diabetic rats. Int J Endocrinol Metab. 2017; 15(2):e42161. doi.10.5812/ijem.42161 PMid:28835766 PMCid:PMC5555732
34. Ademosun MT, Omoba OS, Olagunju AI. Antioxidant properties, glycemic indices, and carbohydrate hydrolyzing enzymes activities of formulated ginger-based fruit drinks. J Food Biochem. 2021; 45(3):e13324. doi.10.1111/jfbc.13324 PMid:32572973
35. Ismail AD, Alkhayl FFA, Wilson J, Johnston L, Gill JMR, Gray SR. The effect of short-duration resistance training on insulin sensitivity and muscle adaptations in overweight men. Exp Physiol. 2019; 104(4):540–545. doi.10.1113/EP087435 PMid:30697876

How to Cite this Article:
Ranjbar R, Darvakh H, Akrami M, Alizadeh A, Ahmadi barati S. The combined effects of aerobic and resistance training with Ginger supplementation on the insulin resistance index in men with type 2 diabetes. Feyz Med Sci J 2025; 29(5): 457-468. doi: 10.48307/FMSJ.2025.29.5.457