

The Effect of 12 Weeks of Aerobic Exercise Combined with *Galega officinalis* Extract Supplementation on Glycemic Indices, Insulin Resistance, Insulin Sensitivity, Liver Enzymes, and Lipid Profile in Women with Type 2 Diabetes.

Esmaeil Gholinezhad¹, Asghar Tofighi^{2*}, Kazem Khodaei³, Farhad Behzadi⁴

1- M.Sc in Exercise Physiology, Sports Sciences Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

ORCID ID: 0000-0003-1896-8784

2- Professor in Exercise Physiology, Sports Sciences Faculty, Urmia University, Urmia, Iran

ORCID ID: 0000-0003- 3626-1782

3- Associate Professor in Exercise Physiology, Sports Sciences Faculty, Urmia University, Urmia, Iran. ORCID ID: 0000-0003- 1566-2851

4- Assistant Professor in Department of Clinical Sciences, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran. ORCID ID: 0000-0002-2697-0756

*Corresponding author: Asghar Tofighi, Professor of Exercise Physiology, Urmia University, Email: a.tofighi@urmia.ac.ir

Abstract

Background and Aim :Type 2 diabetes is a metabolic disorder characterized by elevated blood glucose levels in conditions of insulin resistance. The consumption of *Galega officinalis* (commonly known as goat's rue) and the implementation of exercise may represent a beneficial approach to disease management. The aim of the present study was to investigate the effects of 12 weeks of aerobic exercise and *Galega* on glycemic indices, insulin resistance, insulin sensitivity, and lipid profiles in women with type 2 diabetes. **Materials and Methods:** Forty women with type 2 diabetes (mean age 57.27 years and body mass index of 30.66 kg/m²) were selected following a call for participation and were randomly divided into four groups: aerobic exercise (10 participants), *Galega* supplement (10 participants), aerobic exercise combined with *Galega* supplement (10 participants), and a control group (10 participants). The exercise group performed 12 weeks of aerobic walking, three days a week, at an intensity of 50 to 70% of heart rate reserve, while the supplement group consumed 2 grams of *Galega* as tea daily (in the evenings) for 12 weeks. The combined group received both the aerobic exercise and the *Galega* supplement. Blood samples were collected from the participants fasting before and after the intervention. Serum levels of fasting glucose, hemoglobin A1C, and lipid profiles were measured using enzymatic staining methods, and insulin was measured using the ELISA method. Insulin resistance and insulin sensitivity indices were estimated based on specific formulas. To validate the hypotheses and evaluate group differences, a two-way mixed analysis of variance (ANOVA) was employed to examine the interaction effects between two time points and four groups. Tukey's post-hoc test was subsequently conducted to further elucidate specific group comparisons. Within-group changes were analyzed using paired t-tests. All statistical analyses were conducted using SPSS software version 26, with a significance level set at $p \leq 0.05$. **Results:** Insulin, glucose, and hemoglobin A1C levels, low-density lipoprotein (LDL), triglyceride (TG), Total cholesterol (TC), liver enzymes, and HOMA-IR decreased significantly in all three experimental groups compared to the control group, while HOMA- β , high-density lipoprotein (HDL), QUICKI (Quantitative Insulin Sensitivity Check Index), which indicates insulin sensitivity, and McAuley increased significantly ($p \leq 0.05$). Furthermore, the reductions in insulin, glucose, hemoglobin A1C, and HOMA-IR, along with the increase in QUICKI, were more significant in the combined group receiving both aerobic exercise, and *Galega* than in the groups receiving either intervention alone ($p \leq 0.05$). **Conclusion:** Both interventions, aerobic exercise and *Galega* supplementation, whether independently or in combination, can lead to improvements in glycemic indices, lipid profiles, liver



enzymes, and measures of insulin resistance and sensitivity. However, their combined effectiveness in enhancing glycemic status, insulin resistance, and insulin sensitivity is greater than that of either intervention alone.

Keywords: Type 2 Diabetes, Aerobic exercise, Glycemic status, Lipid profile, Galega plant.

تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی به همراه مکمل یاری عصاره گیاه گالگا بر میزان شاخص‌های گلیسمیک، مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی، آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

اسماعیل قلی نژاد^۱، اصغر توفیقی^{۲*}، کاظم خدائی^۳، فرهاد بهزادی^۴

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
ORCID ID: 0000-0003-1896-8784

۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
ORCID ID: 0000-0003-3626-1782

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
ORCID ID: 0000-0003-1566-2851

۴. استادیار گروه آموزشی علوم بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
ORCID ID: 0000-0002-2697-0756

*نویسنده مسئول: اصغر توفیقی استاد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه ارومیه، ایمیل: a.tofighi@urmia.ac.ir

چکیده

مقدمه و هدف: دیابت نوع ۲ نوعی اختلال متابولیکی است که با افزایش گلوکز خون در شرایط مقاومت به انسولین شناسایی می‌شود. مصرف گالگا و انجام تمرین ممکن است رویکرد مفیدی در کنترل بیماری باشد. هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی و گیاه گالگا بر شاخص‌های گلیسمیک، مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود. **روش‌ها:** ۴۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ (میانگین سنی ۵۷/۲۷ و شاخص توده بدنی ۳۰/۶۶ کیلوگرم بر مترمربع) پس از فراخوان انتخاب و به طور تصادفی به چهار گروه تمرین هوازی (۱۰ نفر)، مکمل گالگا (۱۰ نفر)، تمرین هوازی به همراه مکمل گالگا (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرین ۱۲ هفته و ۳ روز در هفته تمرین هوازی پیاده‌روی با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره انجام دادند و گروه مکمل هر روز (عصرها) دو گرم گالگا بصورت دمنوش (۱۲ هفته) مصرف کردند. گروه ترکیبی نیز علاوه بر تمرین هوازی از مکمل گالگا استفاده کردند. خونگیری از افراد مورد مطالعه قبل و بعد از مداخله در حالت ناشتایی انجام شد. سطوح سرمی و ناشتایی گلوکز، هموگلوبین A1C و نیمرخ لیپیدی با روش رنگ آمیزی آنزیمی و انسولین به روش الایزا اندازه‌گیری شد. شاخص‌های مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی بر اساس فرمول برآورد شدند. جهت تایید فرضیه‌ها و تفاوت بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس دو راهه ترکیبی و آزمون توکی استفاده شد. تغییرات درون گروهی با استفاده از آزمون t زوجی مورد استفاده قرار گرفت. **یافته‌ها:** سطوح انسولین، گلوکز و هموگلوبین A1C، لیپوپروتئین کم چگال (LDL)، کلسترول تام (TC)، تری گلیسرید (TG)، آنزیم‌های کبدی و HOMA-IR در هر سه گروه نسبت به گروه کنترل کاهش معنادار و McAuley، لیپوپروتئین پرچگال (HDL)، QUICKI، HOMA-β (Quantitative Insulin Sensitivity Check Index) که نشان دهنده حساسیت به انسولین است افزایش معناداری داشتند (p<۰/۰۵). همچنین، کاهش انسولین، گلوکز، هموگلوبین A1C و HOMA-IR و افزایش QUICKI در گروه ترکیبی تمرین



هوازی و گالکا بیشتر از گروه‌های تمرین هوازی و گالگا به تنهایی بود ($p < 0.05$). نتیجه‌گیری: هر دو مداخله تمرین هوازی و مکمل گالگا به تنهایی یا اثرات توأم آنها می‌تواند باعث بهبود شاخص‌های گلیسمیک، نیمرخ لیپیدی، آنزیم‌های کبدی و شاخص‌های مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی شود. با این حال اثربخشی ترکیبی آنها در بهبود وضعیت گلیسمیک، مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی بیشتر است.

واژگان کلیدی: دیابت نوع ۲، تمرین هوازی، وضعیت گلیسمیک، نیمرخ لیپیدی، گیاه گالگا.

مقدمه

بیماری دیابت نوع ۲ نوعی اختلال در متابولیسم بدن است که با بالا بودن گلوکز خون در شرایط مقاومت به انسولین و کمبود نسبی انسولین تعیین می‌شود. میزان شیوع دیابت نوع ۲ حدود ۴۰۰ میلیون نفر برآورد شده است (۱). عوارض دیابت می‌تواند شامل آسیب به شبکه چشم، نوروپاتی و مشکلات قلبی عروقی باشد. از جمله علل بروز بیماری دیابت می‌توان به الگوی زندگی نامناسب، رژیم غذایی ناسالم، کاهش فعالیت بدنی و همچنین صنعتی شدن جوامع اشاره کرد. بدیهی است که هریک از این اختلالات می‌تواند کیفیت زندگی فرد را متأثر سازد و هزینه‌هایی را بر سیستم خدمات درمانی هر جامعه تحمیل کند (۲).

بی تحرکی و کم تحرکی از عوامل اصلی خطر ابتلا به دیابت نوع ۲ است. بنابراین، انجام تمرینات جسمانی به ویژه تمرین هوازی، یکی از مناسب‌ترین روش‌های تمرینی در دنیا است که می‌تواند یک راهکار موثر جهت مقابله با دیابت نوع ۲ باشد (۳). گزارش شده است که تمرین هوازی باعث افزایش میزان پروتئین انتقال دهنده گلوکز-۴ (GLUT-4)، کاهش قند خون ناشتا و مقاومت به انسولین و در نهایت افزایش حساسیت به انسولین می‌گردد (۳). ورزش هوازی با شدت متوسط، باعث بهبود عملکرد انسولین و جذب گلوکز توسط عضلات اسکلتی می‌شود. هرچند به دنبال فعالیت بدنی شدید ممکن است افزایش گلوکز خون موقت رخ دهد (۴).

استفاده از مکمل‌های مختلف گیاهی و دارویی همراه با ورزش هوازی اخیراً برای هم‌افزایی اثر مثبت فعالیت ورزشی هوازی در بیماران مورد تأکید قرار گرفته است (۵). در یک مطالعه با عنوان «تأثیر تمرینات هوازی و مکمل‌دهی ویتامین D3 و تعامل این دو بر مورفولوژی جزایر پانکراس و شاخص مقاومت به انسولین در رت‌های نر مبتلا به دیابت نوع ۲ القا شده توسط رژیم پرچرب-استرپتوزوتوسین»، گزارش شده است که دیابت نوع ۲ باعث کاهش تعداد و اندازه جزایر پانکراسی می‌شود. هر دو مداخله تمرین و مکمل ویتامین D3 سطح و تعداد جزایر پانکراس را افزایش داد، در مقایسه با گروه دیابت مقاومت به انسولین در هر سه گروه مداخله کاهش معنی‌دار نشان داد. همچنین در گروه مداخله تمرین هوازی مکمل ویتامین D3، سطوح انسولین و گلوکز پلاسمای ناشتا در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری کمتر بود (۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی، اعم از فعالیت‌های هوازی و مقاومتی، می‌توانند با کاهش محتوای چربی کبد، چربی احشایی و مقاومت به انسولین، سطوح آنزیم‌های کبدی ALT¹ و AST² را نیز کاهش دهند (۷). ارزیابی آنزیم‌های کبدی به عنوان شاخص‌های مهم آسیب کبدی مطرح است، به‌طوری‌که افزایش سطح این آنزیم‌ها در خون، به‌ویژه

¹ - Alanin Amino Transferase

² - Aspartate Amino Transferase



AST، با بیماری کبدچرب، سندرم متابولیک، دیابت نوع ۲ و مشکلات قلبی مرتبط می‌باشد. زمانی که بافت کبد دچار آسیب شود مقدار این آنزیم‌ها زیاد می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر تأثیر مصرف عصاره زعفران همراه با تمرین هوازی بر شاخص‌های گلیسمی در موش‌های صحرایی نر دیابتی بررسی شده است که FBG در گروه عصاره زعفران + تمرین هوازی به طور معناداری کمتر از گروه کنترل و تمرین هوازی بود. هموگلوبین گلیکوزیله در گروه عصاره زعفران + تمرین هوازی کمتر از گروه کنترل و مقاومت به انسولین در گروه عصاره زعفران کمتر از گروه کنترل با تمرین هوازی بود (۸). در سال ۲۰۰۰ نمایه جدیدی تحت عنوان QUICKI برای ارزیابی حساسیت انسولین توسط کاتز و همکارانش ارائه گردید که نسبت به HOMA index ارتباط بهتری با متدهای استاندارد مستقیم داشت. این نمایه نیز با استفاده از گلوکز و انسولین ناشتای سرم محاسبه می‌گردد (۹، ۱۰). مقاومت به انسولین یا متغیر متقابل آن، حساسیت به انسولین با چندین روش ارزیابی می‌شود. تکنیک کالمپ گلوکز روش "استاندارد طلایی" برای ارزیابی مقاومت به انسولین در انسان است. این روش نیازمند مهارت، هزینه و زمان است که استفاده از آن را در مطالعات دشوار می‌کند (۱۱). روش‌های جایگزین دقیق و کاربردی دیگر برای ارزیابی مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی شامل ارزیابی مدل هموستاز مقاومت به انسولین (HOMA-IR)، شاخص بررسی کمی حساسیت انسولینی در روش QUICKI و McAuley است. بالا بودن شاخص HOMA-IR نشان دهنده مقاومت به انسولین و پایین بودن آن نشانه حساسیت بالا به انسولین و وضعیت متابولیکی سالم است. همچنین QUICKI و McAuley شاخص‌هایی برای ارزیابی حساسیت به انسولین بوده و معمولاً در مطالعات مربوط به دیابت استفاده می‌شود. این شاخص‌ها با استفاده از سطوح انسولین و گلوکز ناشتا محاسبه می‌شود. بالا بودن این شاخص‌ها نشان‌دهنده حساسیت بالای انسولین است که به طور معمول با وضعیت متابولیکی سالم و کاهش خطر ابتلا به دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی عروقی مرتبط است. پایین بودن آنها نشان‌دهنده کاهش حساسیت به انسولین و احتمال ابتلا به مقاومت به انسولین، دیابت نوع ۲ و شرایط متابولیک نامناسب است (۹، ۱۲).

گالگا (*Galega officinalis*) گیاهی علفی و چند ساله متعلق به تیره پروانه‌آسا می‌باشد و به عنوان منبعی از متفورمین برای درمان دیابت و استفاده در فارماکولوژی استفاده می‌شوند (۱۳). گیاه گالگا حاوی متابولیت‌های ثانویه مختلفی مانند آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، فلاونوئیدها، تانن‌ها، اسیدهای چرب و فیتواستروژن‌ها است که در طب سنتی برای افزایش شیر مادر و به عنوان یک فرآورده ضد دیابت استفاده می‌شوند (۱۴). اثر هیپوگلیسمی گالگا، به گالگین و گوانیدین موجود در آن مربوط است. گالگین جذب گلوکز توسط آدیپوسیت را بالا می‌برد که به عمل هیپوگلیسمی آن کمک کند. همچنین، عصاره‌ی گالگا سبب تحریک ترشح انسولین شده (۱۳) و دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است و از آسیب کبدی ناشی از دیابت جلوگیری می‌کند. همچنین از تغییر شکل هپاتوسیت‌ها و تخریب سلول‌های بتا جلوگیری کرده و در برابر تنش اکسیداتیو از تغییرات ساختاری آنها محافظت می‌نماید (۵). براساس یافته‌های متعدد پیشین خاصیت ضد هیپرگلیسمی گیاه گالگا به ترکیبات متعدد موجود در آن به‌ویژه ساپونین و گالگین مربوط است و داروی متفورمین، در واقع فرم مصنوعی گالگین است که در دیابت نوع دو مورد استفاده قرار می‌گیرد و سبب بهبود مقاومت به انسولین می‌شود. گالگا با توجه به ترکیب بیگوانید می‌تواند سبب محافظت از سلول‌های بتا در برابر تنش اکسیداتیو گردد (۱۶). استرس اکسیداتیو که در نتیجه عدم تعادل بین تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر و سیستم آنتی‌اکسیدانی رخ می‌دهد، یکی از دلایل مهم بیماری دیابت بوده و استرس اکسیداتیو در ایجاد مقاومت به انسولین و پیشرفت دیابت و عوارض آن نقش دارد. بنابراین، کنترل استرس اکسیداتیو در جلوگیری و مدیریت مقاومت به انسولین و جلوگیری از آسیب کبدی در دیابت اهمیت زیادی دارد (۱۷). در مطالعه‌ای گزارش شده است که عصاره گیاه گالگا با غلظت ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کلسترول تام (TC^2)، تری‌گلیسیرید (TG^3) و لیپوپروتئین با چگالی پایین

1 - Leguminosae

2 - Total cholesterol

3 - Triacylglyceride



(LDL¹) را کاهش داد ولی باعث افزایش سطح لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL²) شد یکی از دلایلی که گیاه گالگا باعث بهبود نیمرخ لیپیدی می‌شود وجود آنتی اکسیدان‌های فراوان از جمله فلاونوئیدها است (۱۷). در پژوهشی بیان شده است که عصاره گالگا با دوز ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن، به طور معنی‌داری استرس اکسیداتیو، گلوکز و انسولین پلاسما را کاهش داد (۱۸). نتایج مطالعه دیگری نشان داده‌است که عصاره گالگا می‌تواند به طور معناداری موثرتر از متفورمین در کاهش سطح گلوکز خون باشد (۱۹). همچنین گزارش شده است که اثر کاهش قند خون عصاره گیاه گالگا به دلیل افزایش ترشح انسولین و بهبود وضعیت ساختاری و عملکردی دستگاه جزایر پانکراس و همچنین افزایش تحمل گلوکز است (۲۰). می‌توان پیشنهاد کرد که اثر محافظت سلولی عصاره گیاه گالگا بر سلول‌های β می‌تواند تا حد زیادی به دلیل توانایی اجزای آن در جلوگیری از تولید بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال و مهار تشکیل سیتوکین پیش التهابی $TNF-\alpha$ و در نتیجه کاهش سمیت سلولی آنها باشد (۲۱).

با توجه به شیوع فزاینده دیابت نوع ۲ و عوارض جدی مرتبط با آن، از جمله بیماری‌های قلبی، نارسایی کلیه و آسیب به اعصاب، شناسایی و توسعه راهکارهای مؤثر برای مدیریت این بیماری ضرورت دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات ورزشی، به‌ویژه تمرینات هوازی، می‌توانند به طور معناداری مقاومت به انسولین را کاهش دهند و حساسیت انسولینی را بهبود بخشند. از آنجا که بسیاری از بیماران دیابتی به دلیل سبک زندگی غیرفعال و کم‌حرکتی نمی‌توانند به طور منظم ورزش کنند، بررسی اثرات ترکیبی تمرینات ورزشی و مکمل‌های گیاهی، نظیر گالگا، می‌تواند به عنوان یک رویکرد مؤثر و عملی در کنترل دیابت نوع ۲ مطرح شود. گیاه گالگا با ترکیبات مؤثر خود، از جمله گالگین و متفورمین، به عنوان یک منبع طبیعی برای کنترل قند خون شناخته می‌شود و این مطالعه می‌تواند به عنوان یک رویکرد نوین در درمان دیابت نوع ۲ به‌ویژه برای بیمارانی که تمایلی به مصرف داروهای شیمیایی ندارند، اهمیت داشته باشد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی به همراه مکمل‌یاری عصاره گیاه گالگا بر میزان شاخص‌های گلاسمیک، مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود.

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طراحی پیش‌آزمون و پس‌آزمون می‌باشد که در آن، ۳ گروه تجربی و ۱ گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین این تحقیق از نظر طول زمان اجرای پژوهش از نوع مقطعی و از جنبه اهداف پژوهش از نوع کاربردی می‌باشد. جامعه آماری را زنان مبتلا به دیابت نوع دو (سابقه بیماری به طور متوسط ۱۰ تا ۱۲ سال) تشکیل دادند که بیماری آنها از طریق پزشک متخصص داخلی تعیین شده است می‌باشند. معیارهای ورود به تحقیق شامل زنان مبتلا به دیابت نوع دو با محدوده قند خون ۱۲۶ تا ۳۰۰ میلی گرم در دسی لیتر وضعیت ناشتایی، HbA_{1c} بالای ۶/۵ درصد، دامنه سنی ۴۵-۶۵، داشتن مصرف منظم متفورمین، نداشتن فعالیت منظم ورزشی طی شش ماه اخیر، نداشتن مصرف گیاه گالکا طی شش ماه اخیر، نداشتن بیماری‌های مزمن قلبی-عروقی و یا التهاب مزمن، زخم پای دیابتی و هپاتیت، عدم استعمال دخانیات بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل استفاده از مکمل‌های ویتامینی حین دوره مداخله، غیبت بیش از ۳ جلسه در تمرینات، عدم مصرف منظم عصاره گیاه گالگا بود. پس از فراخوان در انجمن دیابت شهر ارومیه، تعداد ۵۰ نفر از داوطلبان به ثبت نام کردند. تعداد نمونه بر اساس اندازه اثر مطالعات

1 - Low-density lipoprotein

2 - High-density lipoprotein



قبل از ۰/۳۰، توان ۰/۸۰ و سطح آلفای ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و با استفاده از نرم افزار G*power ۳۶ نفر برآورد شد ولی با توجه به احتمال ریزش آزمودنی‌ها ۴۰ نفر به عنوان شرکت کننده نهایی انتخاب شدند. تمامی شرکت کنندگان پرسشنامه آمادگی شرکت در فعالیت ورزشی و رضایت نامه آگاهانه شرکت در پژوهش را تکمیل و امضا کردند. قبل از شروع مداخله پژوهش، جلسه آشناسازی آزمودنی‌ها با نحوه انجام تمرین ورزشی و نحوه استفاده از عصاره گیاه گالگا برگزار شد. پژوهش حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه ارومیه با کد IR.URMIA.REC.1403.014 به تصویب رسید. سپس شرکت کنندگان به صورت تصادفی ساده به چهار گروه، ۱- گروه تمرین هوازی (۱۰ نفر)، ۲- گروه مکمل گالگا (۱۰ نفر)، ۳- گروه تمرین هوازی و مکمل گالگا (۱۰ نفر) و ۴- گروه کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند.

روش اندازه‌گیری شاخص‌های فردی و ترکیب بدنی

قبل از شروع تمرینات، قد شرکت کنندگان به طور ایستاده با دید افقی و چسباندن پاشنه‌ها، باسن و پشت سر به دیواره دستگاه قدسنج و وزن آنها نیز با حداقل لباس به صورت ایستاده و پا برهنه روی ترازو، پس از چند ثانیه بی تحرکی ثبت شد. شاخص توده بدنی از تقسیم وزن (بر حسب کیلوگرم) به توان دوم قد (بر حسب متر) محاسبه شد.

نحوه مصرف مکمل گیاهی گالگا

در این پژوهش، به شرکت کنندگان مکمل پودر برگ گیاه گالگا داده شد. آنان هر روز ۲ گرم از این پودر را به همراه یک لیوان آب جوش به صورت دمنوش به مدت ۱۲ هفته مصرف کردند (۲۲). همچنین برای میزان و زمان مصرف، توصیه‌های ضروری داده شد. توصیه شده بود مصرف عصاره گالگا ۲ تا ۳ ساعت بعد از مصرف متفورمین انجام شود تا اثرات تداخل دارویی وجود نداشته باشد. همچنین نباید در کنار عصاره گالگا از سایر دمنوش‌ها و عصاره گیاهان دارویی مصرف نمود. رژیم غذایی آزمودنی‌ها تحت نظر یک متخصص تغذیه یک هفته قبل از شروع برنامه تمرینی تا پایان مطالعه یک هفته قبل از شروع تمرین و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین کنترل شد. اندام‌های هوایی گیاه گالگا در سال ۱۴۰۲ از شرکت شفا پژوهان سبز تبریز تهیه شد. همچنین از شرکت کنندگان خواسته شد در طول دوره تحقیق از مصرف چای سیاه، قهوه، ماءالشعیر، آب میوه، هر گونه قرص یا مکمل دارویی ضد اکسایشی و انجام تمرین تناوبی شدید و فعالیت بدنی شدید پرهیز کنند. رژیم غذایی آزمودنی‌ها تحت نظر یک متخصص تغذیه از طریق فرم یادآمد خوراکی یک هفته قبل از شروع برنامه تمرینی تا پایان مطالعه و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین کنترل شد.

پروتکل تمرین هوازی

گروه تمرین هوازی و گروه تمرین هوازی به همراه مکمل گالگا به مدت ۱۲ هفته فعالیت هوازی پیاده‌روی انجام دادند. در تمامی مراحل انجام فعالیت‌های ورزشی، افراد تحت مراقبت و نظارت کامل بودند تا موقع افت ناگهانی قند خون و یا سایر مشکلات جسمی، در صورت ضرورت سریعاً به واسطه آمبولانس به اورژانس بیمارستان انتقال داده شوند. مدت جلسه تمرینی از ۳۰ دقیقه در هفته اول شروع و به تدریج به زمان تمرین اضافه شد تا در نهایت در هفته ۱۲ آزمودنی‌ها به ۵۲ دقیقه پیاده‌روی با شدتی معادل ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره رسیدند. هر جلسه تمرین شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن با انواع حرکات کششی، نرمشی، راه رفتن و دویدن بود سپس پیاده‌روی با آهنگ ثابت به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره آغاز شد. در پایان هر جلسه تمرین ورزشی به مدت ۱۰ دقیقه بازگشت بدن به حالت اولیه و سرد کردن (راه رفتن آهسته و حرکات کششی) انجام شد. فعالیت ورزشی در هر جلسه از طریق ضربان سنج پلار کنترل شد (۲۳). برنامه تمرین هوازی به طور خلاصه در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است. ضربان قلب ذخیره با استفاده از فرمول کارونن محاسبه گردید:

ضربان قلب استراحت + (ضربان قلب استراحت - ضربان قلب بیشینه) × درصد شدت فعالیت ورزشی = ضربان قلب هدف
 سن - ۲۲۰ = ضربان قلب بیشینه

جدول ۱. برنامه تمرین هوازی

شدت تمرین (درصدی از ضربان قلب ذخیره‌ای)	سرد کردن (دقیقه)	جلسات تمرینی			گرم کردن (دقیقه)	هفته
		جلسه سوم (دقیقه)	جلسه دوم (دقیقه)	اول جلسه (دقیقه)		
۵۰	۱۰	۳۱	۳۰	۳۰	۱۰	اول
۶۰	۱۰	۳۳	۳۲	۳۱	۱۰	دوم
۶۰	۱۰	۳۵	۳۴	۳۳	۱۰	سوم
۷۰	۱۰	۳۷	۳۶	۳۵	۱۰	چهارم
۷۰	۱۰	۳۹	۳۸	۳۷	۱۰	پنجم
۷۰	۱۰	۴۱	۴۰	۳۹	۱۰	ششم
۵۰	۱۰	۴۳	۴۲	۴۱	۱۰	هفتم
۵۰	۱۰	۴۵	۴۴	۴۳	۱۰	هشتم
۶۰	۱۰	۴۷	۴۶	۴۵	۱۰	نهم
۶۰	۱۰	۴۹	۴۸	۴۷	۱۰	دهم
۷۰	۱۰	۵۱	۵۰	۴۹	۱۰	یازدهم
۷۰	۱۰	۵۳	۵۲	۵۱	۱۰	دوازدهم

اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی

خونگیری در دو مرحله شامل ابتدای دوره و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین صورت گرفت. علاوه بر این، از شرکت کنندگان خواسته شده بود که ۴۸ ساعت قبل از مراحل خونگیری، هیچگونه فعالیت بدنی شدیدی نداشته باشند. خونگیری در بین ساعات ۸ تا ۹ صبح در آزمایشگاه از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی ۶ میلی لیتر خون در وضعیت نشسته و در حالت استراحت انجام شد و نمونه‌های خونی در لوله‌های استریل وارد و ۱۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه گردید و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سرم از لخته خون جدا گردید و سرم حاصل تا زمان استخراج داده‌ها در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. آنالیز مقادیر سرمی انسولین از طریق کیت‌های انسانی شرکت ROCHE (COBAS E 411 Plus) ساخت کشور آلمان با روش اندازه‌گیری الایزا انجام شد. هموگلوبین A1C، FBS، TC، TG، HDL، LDL، AST و ALT با کیت‌های شرکت ROCHE (COBAS Integra 400 Plus) ساخت کشور آلمان به روش سنجش آنزیمی اندازه‌گیری شد.

روش‌های محاسبه شاخص‌های مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی



مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش



شاخص مقاومت به انسولین و شاخص‌های حساسیت انسولینی طبق فرمول‌های ذیل و بر اساس میزان گلوکز ناشتا (FBG)، انسولین ناشتا (FI) و تری‌گلیسیرید ناشتا (TG) محاسبه گردید (۲۴).

$$\text{HOMA-IR} = [(\text{FBG in mmol/l}) \times (\text{FI in } \mu\text{U/ml})] / 22.5$$

$$\text{HOMA-}\beta = (\text{FI in } \mu\text{U/ml}) \times 20 / (\text{FBG in mmol/l}) - 3.5$$

$$\text{QUICKI} = 1 / [\log (\text{FBG in mg/dl}) + \log (\text{FI in } \mu\text{U/ml})]$$

$$\text{McAuley's index} = \exp [2.63 - 0.28 \ln (\text{FI in } \mu\text{U/ml}) - 0.31 \ln (\text{TG in mmol/l})]$$

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری اطلاعات، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس با استفاده از آزمون لون بررسی شد. جهت تایید فرضیه‌ها و تفاوت بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس دو راهه ترکیبی (بررسی اثر تعاملی ۲ زمان × ۴ گروه) و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. تغییرات درون گروهی با استفاده از آزمون t زوجی مورد استفاده قرار گرفت. تمامی بررسی‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و در سطح معناداری $p \leq 0.05$ انجام شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های تن سنجی و توصیفی آزمودنی‌های تحقیق به تفکیک گروه (کنترل، گالگا، تمرین هوازی، گالگا و تمرین هوازی) در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آنوا یک راهه نشان داده است که بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت.

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های تن سنجی و توصیفی آزمودنی‌های تحقیق

متغیرها	گروه‌ها				مقادیر p بین-گروهی
	کنترل (n=۱۰)	گالگا (n=۱۰)	تمرین هوازی (n=۱۰)	گالگا و تمرین هوازی (n=۱۰)	
سن (سال)	۵۹/۳۰ ± ۱/۲۸	۵۴/۳۰ ± ۱/۶۴	۵۷/۶۰ ± ۱/۹۳	۵۷/۹۰ ± ۱/۷۴	۰/۲۰
قد (سانتیمتر)	۱۵۸/۵۰ ± ۲/۱۹	۱۵۷/۵۰ ± ۲/۳۲	۱۵۹/۱۰ ± ۱/۰۳	۱۵۷/۴۰ ± ۱/۱۶	۰/۴۵
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۶۰ ± ۳/۷۲	۷۷/۳۰ ± ۲/۰۲	۷۵/۹۰ ± ۱/۹۰	۷۴/۹۰ ± ۱/۷۰	۰/۱۲
شاخص توده بدنی (kg/m ²)	۳۰/۶۷ ± ۱/۱۹	۳۱/۴۲ ± ۰/۶۰	۳۰/۱۱ ± ۰/۵۸	۳۰/۴۴ ± ۰/۳۲	۰/۰۸

نتایج جدول ۳ نشان داده است که نتایج تعاملی زمان درگروه در شاخص‌های گلاسمیک FI ($p=0.001$)، FBG ($p=0.005$) و هموگلوبین A1C ($p=0.002$) تفاوت معناداری داشته است. نتایج آزمون توکی بین گروهی نشان داد که میزان FI در هر سه گروه تمرین هوازی، مکمل گالگا و تمرین هوازی با مکمل گالگا کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل داشته است ($p=0.001$).

جدول ۳. تغییرات شاخص‌های گلاسمیک، نیمرخ لیپیدی و آنزیم‌های کبدی بعد از مدخله تمرینی و گیاه گالگا

متغیرها	گروه‌ها	پیش آزمون	پس آزمون	درصد تغییرات (%)	اثر تعاملی	مقادیر p
انسولین ناشتا (μU/ml)	کنترل	۷/۰۴ ± ۱/۲۴	۶/۹۵ ± ۱/۲۸	-۱/۲	زمان	۰/۰۰۱
	گالگا	۶/۵۲ ± ۲/۷۹	۵/۳۳ ± ۲/۵۶	-۲۲/۳	زمان × گروه	۰/۰۰۱
	تمرین هوازی	۷/۷۱ ± ۱/۵۴	۶/۵۲ ± ۱/۷۶	-۱۸/۲۵		
	گالگا + تمرین هوازی	۷/۲۶ ± ۲/۲۲	۵/۵۷ ± ۱/۳۸	-۳۰/۳۴		
	کنترل	۱۰/۱۲ ± ۱/۳۸	۱۰/۱۴ ± ۱/۳۹	+۰/۲۰		

۰/۰۰۱ ۰/۰۰۵	زمان زمان×گروه	-۲۵/۴۱	a* ۸/۴۲±۱/۷۱	۱۰/۵۶±۱/۷۶	گالگا	گلوکز ناشتا (mmol/L)
		-۲۲/۴۸	a* ۸/۴۵±۲/۲۶	۱۰/۳۵±۲/۳۶	تمرین هوازی	
		-۳۰/۸۲	abc* ۷/۹۸±۰/۵۷	۱۰/۶۴±۱/۷۹	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۰۲	زمان زمان×گروه	-۰/۹	۶/۶۵±۰/۲۲	۶/۷۱±۰/۳۵	کنترل	هموگلوبین A1C (%)
		-۹/۳۶	a* ۶/۴۱±۰/۱۶	۷/۰۱±۰/۱۷	گالگا	
		-۱۰/۰۱	a* ۶/۶۹±۰/۴۴	۷/۳۶±۰/۵۸	تمرین هوازی	
		-۲۳/۴۰	abc* ۶/۲۸±۰/۲۲	۷/۷۵±۰/۴۸	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۲۲	زمان زمان×گروه	+۰/۹۶	۱۳۴/۴۰±۱۳/۲۷	۱۳۳/۱۰±۱۲/۲۵	کنترل	LDL (mg/dL)
		-۱۴/۸۳	a* ۱۱۲/۴۲±۱۱/۹۹	۱۲۹/۱۰±۱۴/۳۰	گالگا	
		-۱۵/۳۷	a* ۱۰۷/۳۰±۱۲/۴۲	۱۲۳/۸۰±۲۰/۶۹	تمرین هوازی	
		-۱۷/۳۲	a* ۱۰۸/۱۶±۱۴/۳۳	۱۲۶/۹۰±۱۲/۰۶	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۱۲	زمان زمان×گروه	۰	۳۴/۱۰±۲/۵۴	۳۴/۱۰±۲/۵۱	کنترل	HDL (mg/dL)
		+۲۱/۰۸	a* ۴۵/۸۹±۴/۳۸	۳۷/۹۰±۵/۹۷	گالگا	
		+۱۵	a* ۵۲/۰۰±۴/۸۵	۴۴/۲۰±۴/۸۳	تمرین هوازی	
		+۱۹/۲۹	a* ۵۰/۰۶±۴/۰۰	۴۰/۴۰±۶/۷۵	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۱۸	زمان زمان×گروه	-۰/۲۳	۲۱۵/۳۰±۱۴/۹۴	۲۱۵/۸۰±۱۶/۰۹	کنترل	کلسترول تام (mg/dL)
		-۱۶/۲۲	a* ۱۷۵/۷۰±۱۷/۰۶	۲۰۴/۲۰±۲۳/۱۶	گالگا	
		-۱۲/۷۶	a* ۱۸۰/۲۰±۱۳/۰۶	۲۰۳/۲۰±۱۴/۱۶	تمرین هوازی	
		-۱۸/۸۸	a* ۱۷۴/۷۰±۱۵/۵۵	۲۰۷/۷۰±۱۴/۷۰	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۰۶	زمان زمان×گروه	-۰/۶۹	۱۸۶/۱۰±۱۶/۰۸	۱۸۷/۴۰±۱۵/۹۵	کنترل	تری گلیسیرید (mg/dL)
		-۲۳/۶۱	a* ۱۷۷/۴۰±۱۲/۳۲	۲۱۹/۳۰±۱۱/۱۶	گالگا	
		-۲۰/۹۸	a* ۱۷۶/۸۰±۶/۸۶	۲۱۳/۹۰±۶/۹۳	تمرین هوازی	
		-۲۵/۱۵	a* ۱۷۲/۱۰±۱۴/۴۶	۲۱۵/۴۰±۱۷/۷۳	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۰۲	زمان زمان×گروه	+۱/۵۵	۳۲/۲۰±۱/۸۰	۳۱/۷۰±۱/۸۵	کنترل	AST (IU/L)
		-۲۵	a* ۲۵/۶۰±۲/۰۵	۳۲/۰۰±۳/۰۴	گالگا	
		-۳۵/۱۰	a* ۲۴/۵۰±۱/۰۷	۳۳/۱۰±۱/۴۲	تمرین هوازی	
		-۳۹/۰۸	a* ۱۹/۷۰±۲/۳۲	۲۷/۴۰±۲/۹۳	گالگا + تمرین هوازی	
۰/۰۰۱ ۰/۰۰۵	زمان زمان×گروه	+۱/۷۴	۳۴/۴۰±۱/۴۵	۳۳/۸۰±۱/۸۰	کنترل	ALT (IU/L)
		-۱۷/۵۷	a* ۳۲/۳۲±۳/۵۹	۳۸/۰۰±۴/۹۰	گالگا	
		-۲۴/۲۹	a* ۲۳/۹۱±۰/۷۸	۲۹/۷۲±۱/۲۹	تمرین هوازی	
		-۳۶/۴۲	a* ۲۱/۹۹±۰/۴۰	۳۰/۰۰±۱/۴۹	گالگا + تمرین هوازی	

علامت a نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل، b نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه گالگا، c نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه هوازی. * نشان دهنده تفاوت معنادار پس آزمون نسبت به پیش آزمون ($p=0/05$) است. داده ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد گزارش شده است.

میزان FBG در هر سه گروه تمرین هوازی، مکمل گالگا و تمرین هوازی با مکمل گالگا نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است ($p=0/001$). همچنین، کاهش معناداری در گروه تمرین هوازی با مکمل گالگا نسبت به دو گروه تمرین هوازی ($p=0/001$) و

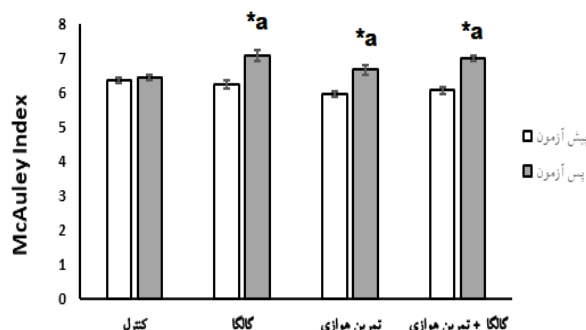
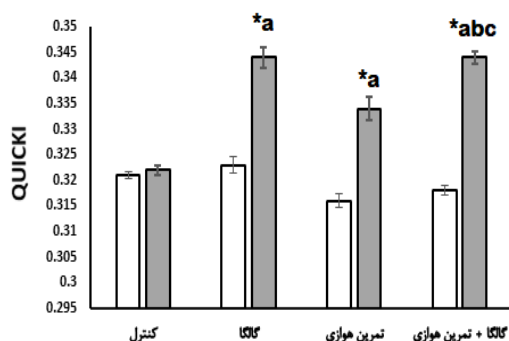
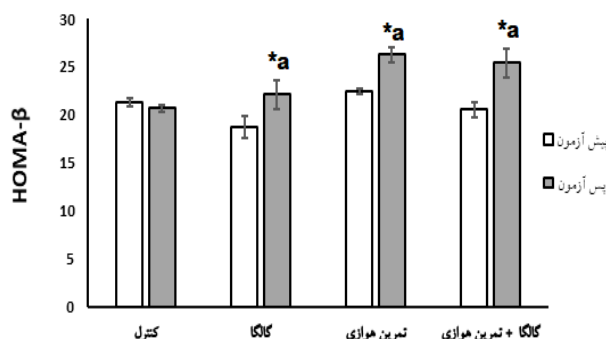
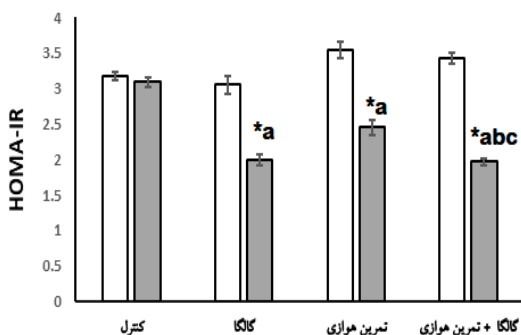


مکمل گالگا ($p=0/005$) مشاهده شده است. میزان هموگلوبین A1C در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/002$)، مکمل گالگا ($p=0/001$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. همچنین، کاهش معناداری در گروه تمرین هوازی با مکمل گالگا نسبت به دو گروه تمرین هوازی ($p=0/001$) و مکمل گالگا ($p=0/004$) مشاهده شده است. نتایج تغییرات درون گروهی کاهش معنادار شاخص‌های گلیسمیک در هر سه گروه تمرین هوازی، مکمل گالگا و تمرین هوازی با مکمل گالگا را نشان داده است ($p=0/001$).

نتایج تعاملی زمان در گروه در نیمرخ لیپیدی (جدول ۳) تفاوت معناداری در ($p=0/022$) LDL، ($p=0/012$) HDL، ($p=0/018$) TC و ($p=0/006$) TG را نشان داد. نتایج آزمون توکی بین گروهی نشان داد که میزان LDL در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/022$)، مکمل گالگا ($p=0/010$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. میزان HDL در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/005$)، مکمل گالگا ($p=0/012$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/002$) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. میزان TC در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/005$)، مکمل گالگا ($p=0/020$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/002$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. میزان TG در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/001$)، مکمل گالگا ($p=0/006$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. نتایج تغییرات درون گروهی کاهش معنادار LDL، TC، TG و افزایش معنادار HDL در هر سه گروه تمرین هوازی، مکمل گالگا و تمرین هوازی با مکمل گالگا را نشان داده است ($p\leq 0/05$).

نتایج تعاملی زمان در گروه در آنزیم‌های کبدی (جدول ۳) تفاوت معناداری در میزان AST ($p=0/002$) و ALT ($p=0/005$) را نشان داد. نتایج آزمون توکی بین گروهی نشان داد که میزان AST در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/007$)، مکمل گالگا ($p=0/002$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. میزان ALT در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/015$)، مکمل گالگا ($p=0/002$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. نتایج تغییرات درون گروهی کاهش معنادار AST و ALT در هر سه گروه تمرین هوازی، مکمل گالگا و تمرین هوازی با مکمل گالگا را نشان داده است ($p\leq 0/05$).

شکل ۱ نشان داد که نتایج تعاملی زمان در گروه در شاخص‌های مقاومت به انسولین ($p=0/001$)، شاخص حساسیت انسولینی HOMA- β ($p=0/010$)، QUICKI ($p=0/002$) و McAuley index ($p=0/003$) تفاوت معناداری داشته است. نتایج آزمون توکی بین گروهی نشان داد که HOMA-IR در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/002$)، مکمل گالگا ($p=0/002$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری داشته است. همچنین، در گروه تمرین هوازی با مکمل گالگا نسبت به دو گروه تمرین هوازی ($p=0/001$) و مکمل گالگا ($p=0/001$) و مکمل گالگا ($p=0/001$) کاهش معناداری مشاهده شد. HOMA- β در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/010$)، مکمل گالگا ($p=0/005$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. شاخص QUICKI در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/002$)، مکمل گالگا ($p=0/015$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/001$) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. همچنین، در گروه تمرین هوازی با مکمل گالگا نسبت به دو گروه تمرین هوازی ($p=0/001$) و مکمل گالگا ($p=0/003$) کاهش معناداری مشاهده شد. شاخص McAuley index در هر سه گروه تمرین هوازی ($p=0/002$)، مکمل گالگا ($p=0/002$) و تمرین هوازی با مکمل گالگا ($p=0/005$) نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری داشته است. نتایج تغییرات درون-گروهی کاهش معنادار شاخص HOMA-IR و افزایش معنادار HOMA- β ، QUICKI و McAuley index در هر سه گروه تمرین هوازی، مکمل گالگا و تمرین هوازی با مکمل گالگا را نشان داده است ($p\leq 0/05$).



شکل ۱. تغییرات شاخص های مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی بعد از مداخله های تمرینی و گیاه گالاک. علامت a نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل، b نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه گالاک، c نشان دهنده تفاوت معنادار نسبت به گروه هوازی. * نشان دهنده تفاوت معنادار پس آزمون نسبت به پیش آزمون است. داده ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد گزارش شده است.

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پس از ۱۲ هفته تمرینات هوازی و مصرف مکمل گالاک، FBG، FI و هموگلوبین A1C در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ کاهش یافته است. به علاوه، تأثیر همزمان تمرینات ورزشی و مصرف گالاک در مقایسه با انجام تمرینات ورزشی و مصرف گالاک به تنهایی، به طور معناداری بیشتر بوده است. مطالعه ای که تأثیر همزمان ورزش هوازی و گیاه گالاک را بر سطح گلوکز خون بررسی کرده باشد، یافت نشد. با این حال، مطالعات مشابهی که به بررسی اثرات ترکیبی ورزش و گیاهان دارویی پرداخته اند، نتایج مشابهی در کاهش FBG، FI و هموگلوبین A1C گزارش کرده اند. در مطالعه ای تأثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی هوازی - مقاومتی به همراه مصرف مکمل عصاره برگ شاتوت بر سطوح سرمی کمربین و پنتراکسین-۳ در مردان سالمند مبتلا به دیابت نوع ۲ گزارش شده است که در گروه های تمرین، عصاره و تمرین + عصاره کاهش معنادار سطوح گلوکز (۹/۱۲ درصد) مشاهده شد (۲۵). همچنین برخی از مطالعات نقش گیاهان دارویی مانند سیر، دارچین، گزنه، توت سفید، گردو و شنبلیله را در کاهش FBG موثر دانسته اند که،



گالگا، شنبلیله، سیر، گزنه و توت سفید به دلیل داشتن ترکیبات آنتی اکسیدانی از طریق تحریک تولید و آزاد سازی انسولین از سلول های بتا جزایر لانگرهانس منجر به ورود گلوکز به داخل سلول و کاهش قند خون می شود (۲۶). در مطالعه ای گزارش شده است که در برخی از افراد مبتلا به دیابت نوع ۲، تأثیر تمرینات هوازی بر کنترل قند خون محدود بوده است و به تغییرات قابل توجهی در سطح گلوکز منجر نشده است که با یافته های این تحقیق مطابقت نداشت.

مغایر با نتایج حاضر، سایر محققان نشان داده اند که پس از ۴ ماه تمرینات هوازی، آزمودنی های مبتلا به دیابت نوع ۲ کاهش معناداری در سطح FBG مشاهده نکرده اند. در این تحقیق، مدت زمان تمرینات در هر جلسه بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه بود (۲۷)، که ممکن است علت عدم تغییر معنادار در سطح FBG باشد. در مطالعه دیگری، تأثیر ۸ هفته تمرینات هوازی بر کاهش FBG نیز معنادار نبود. در این تحقیق نیز شدت و مدت تمرینات نسبتاً پایین گزارش شده است (۲۸) که می تواند دلیل عدم کاهش گلوکز خون باشد. شدت کافی تمرینات ورزشی از عوامل مؤثر در کاهش گلوکز خون به شمار می رود. به طور کلی، تناقض در نتایج مطالعات می تواند ناشی از عوامل متعددی از جمله نوع تغذیه، برنامه تمرینی، نوع آزمودنی، و شدت و مدت فعالیت ورزشی باشد.

به نظر می رسد تمرینات ورزشی طولانی مدت از طریق کاهش دادن تجمع اسیدهای چرب سبب بهبود حساسیت به انسولین شده و از مقاومت به انسولین جلوگیری می کند. تمرین استقامتی (حاد و طولانی مدت) نیز از طریق انقباض موقتی عضلات و بالا بردن جذب گلوکز و توده عضله اسکلتی سبب بهبود مقاومت به انسولین می گردد (۲۹). تأثیرات مطلوب ورزش هوازی در کاهش مقاومت به انسولین می شوند (۳۰). مطالعات نشان داده است که عواملی مانند افزایش چگالی مویرگی، افزایش حساسیت گیرنده های انسولین، تغییر در ترکیب فسفولیپید سارکولما، افزایش فعالیت آنزیم های اکسیداتیو و افزایش آنزیم گلیکوژن سنتتاز از مهمترین فاکتورهای کاهش دهنده قند خون می باشند (۳۱). در پژوهشی با عنوان تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل ایزوفلاون سویا بر تغییرات هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون بیماران دیابتی نوع ۲ گزارش شد که تمرین هوازی و مکمل ایزوفلاون سویا (با دوز ۵۰ میلی گرم در روز) موجب بهبود در فاکتورهای گلیکوزیله و قند خون در بیماران دیابتی نوع ۲ می شود (۲۳). در اثر فعالیت ورزشی، میزان انتقال دهنده های گلوکز در عضلات تمرین کرده افزایش می یابد، که منجر به بهبود عملکرد انسولین و متابولیسم گلوکز می شود. در نتیجه، سطح هموگلوبین گلیکوزیله نیز کاهش می یابد (۳۲).

بر اساس نتایج این پژوهش، کاهش معنادار در میزان HDL، TG، TC، LDL و افزایش در HDL بعد از ۱۲ هفته تمرین هوازی، مصرف گیاه گالکا و ترکیب این تمرین هوازی و مصرف گالگا مشاهده شد. اما بین این مداخله ها تفاوتی مشاهده نشد. در مطالعه ای تأثیر هشت هفته تمرین هوازی و مکمل دانه گیاه خرفه بر شاخص های سندروم متابولیک در مردان میان سال مبتلا به دیابت نوع ۲ در آستانه چاقی گزارش کردند که مقادیر نیمرخ لیپیدی در سه گروه تجربی (تمرین هوازی، مکمل خرفه و تمرین هوازی با مصرف مکمل خرفه) نسبت به گروه کنترل معنادار بود و مصرف مکمل دانه گیاه خرفه و تمرین هوازی سبب بهبود نیمرخ لیپیدی و قند ناشتایی در مردان میان سال دیابت نوع دو می شود (۲۳). علاوه بر این، در حین فعالیت ورزشی در زنان، ترشح هورمون بتا استرادیول افزایش می یابد و به تبع آن، استفاده از ذخایر چربی به عنوان منبع انرژی در طول فعالیت بدنی افزایش می یابد (۳۳). مطالعات نشان داده است فعالیت ورزشی با افزایش فعالیت لیپاز حساس به هورمون و کاهش فعالیت لیپاز کبدی در افزایش لیپوپروتئین با چگالی بالا موثر است (۳۴). همچنین، افزایش لیسیتین کلسترول اسیل ترانسفراز^۱ باعث افزایش استریفیه شدن کلسترول و مصرف آن شده و نهایتاً لیپوپروتئین با چگالی بالا می شود. بالا رفتن فعالیت لیپاز حساس نیز که در اثر تمرین زیاد می شود باعث هیدرولیز لیپوپروتئین غنی از TRL^۲

^۱ . Lecithin-cholesterol acyltransferase

^۲ . Triglyceride rich lipoprotein



شده، در نتیجه کلسترول موجود روی سطح TRL آزاد شده و این کلسترول به وسیله لیسیتین کلسترول اسیل ترانسفراز استریفیه شده و به درون HDL از لیپید منتقل شده و باعث افزایش HDL می شود (۳۴). محققان نیز نشان دادند که تمرینات هوازی سبب کاهش میزان TG می شود (۳۵). در مطالعات گیاهان دارویی روی تری گلیسیریدها مشخص شده است که ترکیبات پلی فنولی موجود در گیاهان تولید شیلوآتروژن از سلول های روده را کاهش داده و کاهش میزان شیلومیکرون ها و باقیمانده آن بعد غذا سبب کاهش میزان TG می گردد (۳۶). گزارش شده است که ساپونین و تانن موجود در گیاهان دارویی سبب کاهش جذب روده ای چربی شده و با مهار کلسترول استراز سبب افزایش نسبت HDL به LDL می شود (۳۷). به نظر می رسد گیاه گالگا نیز به دلیل داشتن ترکیبات ساپونین و تانن از چنین مکانیسمی برخوردار باشد که باعث کاهش TC و TG می شود. طبق برخی از مطالعات تمرین هوازی همراه با مکمل قره قات منجر به کاهش بیشتر چربی، TG، TC، LDL و مقاومت به انسولین و همچنین افزایش HDL در مقایسه با تمرین هوازی و مصرف مکمل به تنهایی می شود (۳۸) که با یافته های ما در این تحقیق مطابقت داشت. همچنین نتایج این مطالعه در خصوص تاثیر تمرین هوازی بر کاهش TC، LDL و افزایش HDL با نتایج ثاقبجو و همکاران (۳۹) شکیل اور و همکاران (۴۰) مطابقت داشت. ولی با نتایج آدوگو و همکاران (۴۱) و لاد و همکاران (۴۲) در یک راستا نبود. احتمالاً دلیل عدم انسجام می تواند نوع موضوعات، نوع فعالیت ورزشی، شدت و حجم فعالیت ورزشی یا تغذیه باشد. بسیاری از مطالعات نشان داده اند که انواع مختلف ورزش بر چربی خون تاثیر دارد (۴۳).

در مطالعه حاضر، کاهش آنزیم های کبدی پس از ۱۲ هفته تمرین هوازی، مصرف گیاه گالگا و ترکیب تمرین هوازی با مصرف گالگا مشاهده شد. همچنین، نتایج نشان دهنده عدم تفاوت معنادار بین گروه های تجربی بود. بعضی پژوهش ها نشان داده است که ۸ هفته تمرین هوازی به صورت دویدن آهسته میزان آنزیم های کبدی مانند ALT، AST، FI و FBG را کاهش داده است (۴۴). در تبیین نتایج بدست آمده می توان گفت ورزش هوازی به کاهش چربی کبدی و بهبود وضعیت کبدی کمک می کند، زیرا تجمع چربی در کبد می تواند منجر به افزایش سطح این آنزیم ها شود (۴۵). همچنین، ورزش هوازی با بهبود حساسیت به انسولین و کاهش مقاومت به انسولین، تولید گلوکز کبدی را تنظیم کرده و به کاهش بار متابولیکی بر روی کبد کمک می کند (۴۶). علاوه بر این، فعالیت بدنی منظم باعث کاهش التهاب سیستمیک و سطوح سیتوکین های التهابی می شود که خود عامل افزایش آنزیم های کبدی هستند (۳۰). همچنین، ورزش به بهبود ترکیب بدنی و کاهش وزن کمک می کند، که این امر نیز به کاهش چربی های احشایی و بهبود عملکرد کبد می انجامد (۴۷). در نهایت، افزایش ظرفیت اکسیداسیون چربی در اثر تمرینات هوازی به کاهش بار متابولیکی بر کبد و در نتیجه کاهش سطح آنزیم های ALT و AST کمک می کند (۴۸). فعالیت ورزشی با شدت متوسط نیز باعث سازگاری و حفاظت سلول در مقابل تنش اکسیداتیو شده و آنزیم های کبدی را کاهش می دهد (۴۹). اکثر گیاهان دارویی مانند گالگا و گونه های مختلف الوئه ورا دارای آنزیم های اکسیداز، کاتالاز، ویتامین های E و C بوده و مقاومت بدن را در مقابل رادیکال های آزاد بالا برده و دارای اثرات ضد سمی می باشد (۵۰). نتایج متناقضی در رابطه با تاثیر تمرین ورزشی بر آنزیم های کبدی و شاخص های گلیسمی گزارش شده است. به عنوان مثال، مطالعه ای نشان داده است که هشت هفته تمرینات هوازی تاثیر معناداری بر سطوح انسولین، حساسیت به انسولین و گلوکز ناشتا در مردان غیرفعال دیابتی نوع ۲ نداشته است (۴۵). به نظر می رسد تفاوت در سطوح پایه و نیز تنوع در جامعه آماری، از جمله دلایل ناهمبستگی بین این مطالعات باشد. همچنین، در یک مطالعه دیگر، شش هفته تمرینات اینتروال تاثیر قابل توجهی بر تغییرات آنزیم AST در زنان غیرفعال نداشته است، اما سطح آنزیم ALP را کاهش داده است (۵۱). به نظر می رسد شدت و نوع فعالیت ورزشی و تفاوت های موجود در جامعه آماری در این مطالعه، ممکن است دلایل مغایرت با یافته های مطالعه حاضر باشد.



نتایج این تحقیق نشان داد که ۱۲ هفته تمرین هوازی، مصرف گیاه گالگا و ترکیب توام این مداخله باعث کاهش مقاومت به انسولین و بهبود حساسیت انسولینی می‌شود. همچنین، اثربخشی ترکیب این دو روش به‌طور معناداری بیشتر از تأثیر هر یک به‌تنهایی بوده است. به‌نظر می‌رسد مهمترین مکانیسم تأثیر ورزش بر سوخت و ساز گلوکز، افزایش حساسیت به انسولین گزارش شده است. فعالیت ورزشی منظم برداشت گلوکز در یک غلظت ثابت انسولین را افزایش می‌دهد. مطالعات نشان داده است که مکانیسم تأثیر تمرین هوازی بر تعادل گلوکز و عمل انسولین بیشتر به عملکرد عضلات اسکلتی مربوط می‌شود. حدود نیمی از وزن بدن را عضلات اسکلتی تشکیل داده و مهمترین جایگاه مصرف گلوکز گزارش شده است. وقتی عضلات اسکلتی منقبض می‌شوند از آنجایی که دارای نقش شبه انسولینی می‌باشند سبب می‌شود تا مقدار زیادی گلوکز وارد سلول شده و برای تولید انرژی صرف گردد. احتمالاً این تغییرات به نفوذپذیری غشا به گلوکز و به علت افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشای پلاسمایی و افزایش بیان ژنی یا فعالیت پروتئین‌های مختلف درگیر در آبشار پیام‌رسانی انسولین، افزایش چگالی مویرگی و افزایش فعالیت گلیکوزن سنتتاز در انقباض‌های عضلانی ارتباط داده می‌شود (۵۲). بنابراین با انجام فعالیت ورزشی پیوسته در افراد دیابتی با افزایش انقباض‌های عضلانی ناشی از تمرین، میزان GLUT 4 در عضلات تمرین کرده افزایش می‌یابد که باعث بهبود در عبور گلوکز پلازما به درون سلول‌های عضلانی حتی از مسیرهای غیر وابسته به انسولین می‌شود (۲۹).

تحقیقات نشان داده است که افزایش فعالیت سلول‌های بتا برای غلبه بر مقاومت به انسولین در بیماران دیابت نوع ۲ و در یک دوره زمانی طولانی مدت سبب می‌شود توده این سلول‌ها و عملکرد آنها کاهش یابد. گزارش شده است توده سلول‌های بتا بیماران دیابتی نوع ۲ حدوداً بین ۴۰ تا ۶۰ درصد در مقایسه با افراد غیر دیابتی کمتر می‌باشد. برخی مطالعات حیوانی نیز نشان داده است که کاهش عملکرد سلول‌های بتا با کاهش بیان ژن ناقل گلوکز ارتباط تنگاتنگی دارد. مسیرهای پیام‌رسانی انسولین و فاکتورهای رشد شبه انسولین IGF-1 برای حفظ و عملکرد صحیح سلول‌های بتای پانکراس لازم می‌باشند. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد، که اختلال عملکرد سلول‌های بتا به تضعیف آبشارهای پیام‌رسانی انسولین و هورمون رشد شبه انسولین مربوط می‌باشد. همچنین پژوهش‌ها نشان داده است که فعالیت ورزشی منظم سبب افزایش عملکرد و ترمیم سلول‌های بتا در موش‌های دیابتی و سالم می‌شود. محققان نشان دادند که ۸ هفته تمرین ورزشی هوازی سبب بهبود عملکرد و توده سلول‌های بتا از طریق تحریک سطوح پروتئین IR-2 برای آبشارهای پیام‌رسانی انسولین IGF-1 در جزایر لانگرهانس موش‌های دیابتی شده است (۵۳). تمرین هوازی همراه رژیم غذایی کتوژنیک باعث افزایش شاخص‌های QUICKI و McAuley از مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون شدند (۵۴). گزارش شده است که در آزمایشی، بعد از تمرینات ورزشی هوازی و مقاومتی در افراد دیابتی، شاخص‌های حساسیت انسولینی، QUICKI و McAuley افزایش یافت در حالی که شاخص مقاومت به انسولین HOMA-IR، FI، FBG و TG کاهش معناداری پیدا کردند (۵۵). تمرینات هوازی همراه با رژیم غذایی کتوژنیک به بهبود حساسیت انسولینی و کاهش مقاومت انسولینی در افراد دیابتی منجر شده است، که این امر از طریق افزایش شاخص‌های QUICKI و McAuley و کاهش مقادیر HOMA-IR، انسولین، گلوکز خون و تری‌گلیسیرید قابل مشاهده است. رژیم کتوژنیک با کاهش وزن و ذخایر چربی، به ویژه چربی‌های احشایی، به کاهش التهاب و بهبود متابولیسم انسولین کمک می‌کند. همچنین، تغییر منبع انرژی بدن از گلوکز به چربی به بهبود حساسیت انسولینی منجر می‌شود. تمرینات ورزشی می‌توانند تعداد و عملکرد میتوکندری‌ها را افزایش دهند و ظرفیت اکسیداسیون چربی و استفاده از گلوکز را بهبود بخشند. علاوه بر این، کاهش التهاب و تأثیر بر ترشح هورمون‌هایی مانند آدیپونکتین، می‌تواند به افزایش حساسیت انسولینی کمک کند. در مجموع، ترکیب این دو عامل به مدیریت بهتر قند خون و بهبود وضعیت متابولیک در افراد دیابتی کمک می‌کند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، ترکیب تمرینات هوازی و مصرف عصاره گیاه گالگا به‌طور معناداری بر بهبود شاخص‌های گلاسمیک (مانند FBG و هموگلوبین A1C)، حساسیت انسولینی (QUICKI، HOMA-β) و نیمرخ لیپیدی (کاهش LDL، TC و افزایش HDL) تأثیر گذاشته است. این بهبودها ممکن است به دلیل افزایش جذب گلوکز توسط عضلات در حین فعالیت‌های ورزشی، افزایش



ترشح انسولین به واسطه مصرف گالگا، و بهبود عملکرد سلول‌های بتا در پانکراس باشد. همچنین، فعالیت ورزشی منظم منجر به افزایش بیان پروتئین‌های مربوط به انتقال‌دهنده‌های گلوکز (GLUT-4) و بهبود عملکرد انسولین می‌شود، در حالی که ترکیبات فعال موجود در گالگا مانند گالگین می‌توانند به کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود متابولیسم چربی‌ها کمک کنند. این مکانیسم‌ها به‌طور همزمان می‌توانند به کاهش مقاومت به انسولین و بهبود کنترل قند خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ منجر شوند.

تحقیق حاضر با محدودیت‌هایی از جمله تعداد نمونه کوچک و مدت زمان کوتاه (۱۲ هفته) مواجه بود که ممکن است بر تعمیم‌پذیری نتایج تأثیر بگذارد. همچنین، عدم بررسی دقیق متغیرهای مؤثر دیگر مانند نوع رژیم غذایی، استرس و عوامل اجتماعی-اقتصادی و عدم کنترل کامل مصرف داروها می‌تواند به نتایج تحقیق لطمه بزند. با این حال، نتایج نشان داد که ترکیب ۱۲ هفته تمرین هوازی با مصرف عصاره گیاه گالگا به‌طور معناداری باعث بهبود شاخص‌های گلیسمیک، حساسیت انسولینی و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود. به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به بررسی تأثیرات طولانی‌مدت و مکانیزم‌های دقیق عمل این ترکیب بر روی شاخص‌های متابولیکی و سلامتی در جمعیت‌های مختلف دیابتی پرداخته و اثرات آن را در کنار عوامل اجتماعی و سبک زندگی مورد بررسی قرار دهند.

نتیجه‌گیری بر اساس نتایج مطالعه حاضر، انجام ۱۲ هفته تمرین هوازی با شدت متوسط به همراه مصرف گیاه گالگا، و همچنین ترکیب این دو روش، تأثیر معناداری بر بهبود شاخص‌های گلیسمیک، نیمرخ لیپیدی خون، آنزیم‌های کبدی، شاخص مقاومت به انسولین و حساسیت انسولینی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ دارد. این نتایج نشان می‌دهد که هر دو مداخله به‌صورت مستقل و به‌ویژه در ترکیب با یکدیگر، می‌توانند به‌عنوان راهکارهای مؤثر در مدیریت دیابت نوع ۲ مورد استفاده قرار گیرند. تحقیق حاضر همچنین تأکید می‌کند که اثر بخشی ترکیب تمرین هوازی با مصرف گیاه گالگا در بهبود شاخص‌های گلیسمیک و حساسیت به انسولین به‌طور معناداری بیشتر از تأثیر هر یک از این مداخلات به‌تنهایی است. این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای توسعه برنامه‌های درمانی جامع برای بیماران دیابتی مورد استفاده قرار گیرد و ضرورت توجه به ترکیب فعالیت‌های ورزشی و مکمل‌های گیاهی در مدیریت دیابت نوع ۲ را برجسته می‌سازد. با این حال، برای تعمیم‌پذیری بهتر نتایج، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده به بررسی تأثیرات طولانی‌مدت و مکانیزم‌های دقیق عمل این ترکیب بر روی شاخص‌های متابولیکی و سلامت در جمعیت‌های مختلف دیابتی پرداخته و اثرات آن را در کنار عوامل اجتماعی و سبک زندگی مورد بررسی قرار دهند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

از انجمن دیابت شعبه استان آذربایجان غربی و از همه شرکت کنندگان در این تحقیق که کمال همکاری را با پژوهشگران و عوامل اجرایی داشتند، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Javeed N, Matveyenko AV. Circadian Etiology of Type 2 Diabetes Mellitus. Physiology (Bethesda, Md). 2018;33(2):138-50. doi: 10.1152/physiol.00003.2018.



2. Riyahi Malayeri S, Abdolhay S, Behdari R, Hoseini M. The combined effect of resveratrol supplement and endurance training on IL-10 and TNF- α in type 2 diabetic rats. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2019;25(12):140-9. doi: 10.22038/MJMS.2020.17026. (In Persian)
3. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of sports medicine*. 2020;54(24):1451-62. doi: 10.1136/bjsports-2020-102955.
4. Kumar AS, Maiya AG, Shastri B, Vaishali K, Ravishankar N, Hazari A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Annals of physical and rehabilitation medicine*. 2019;62(2):98-103. doi: 10.1016/j.rehab.2018.11.001.
5. Veluswamy SK, Babu AS, Sundar LM. Complementary Role of Herbal Medicine and Exercise in Cardiovascular Disease Prevention and Management: A Review of Evidence. *Current pharmaceutical design*. 2017;23(8):1253-64. doi: 10.2174/1381612822666161010122252.
6. Salavati R, Rahimi MR, Ahmadi S, Ghaeini S. Effect of Aerobic Training and Vitamin D3 Supplementation and Their Interaction on Pancreatic Islet morphology and Insulin Resistance Index in Male Type 2 Diabetic Rats Induced by High-Fat Diet/Streptozotocin. *Journal of Pejouhesh dar Pezeshki (Research in Medicine)*. 2024;48(1):38-49. URL: <http://pejouhesh.sbmu.ac.ir/article-1-3341-en.html>
7. Hejazi K, Hackett D. Effect of exercise on liver function and insulin resistance markers in patients with non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(8):3011. doi: 10.3390/jcm12083011.
8. Mosadeghi M, Banaeifar A, Kazemzadeh Y, Arshadi S. The Effect of Saffron Extract Consumption Along with Aerobic Training on Glycemic Indices in Streptozotocin (STZ)-Induced Diabetic Male Wistar Rats. *Journal of Nutrition, Fasting and Health*. 2024;12(1):36-41. doi: 10.22038/JNFH.2023.69891.1427
9. McAuley KA, Williams SM, Mann JI, Walker RJ, Lewis-Barned NJ, Temple LA, et al. Diagnosing insulin resistance in the general population. *Diabetes Care*. 2001;24(3):460-4. doi: 10.2337/diacare.24.3.460
10. Katz A, Nambi SS, Mather K, Baron AD, Follmann DA, Sullivan G, et al. Quantitative insulin sensitivity check index: a simple, accurate method for assessing insulin sensitivity in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2000;85(7):2402-10. doi: 10.1210/jcem.85.7.6661
11. Park SE, Park C-Y, Sweeney G. Biomarkers of insulin sensitivity and insulin resistance: Past, present and future. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. 2015;52(4):180-90. doi: 10.3109/10408363.2015.1023429
12. Sarafidis P, Lasaridis A, Nilsson P, Pikilidou M, Stafilas P, Kanaki A, et al. Validity and reproducibility of HOMA-IR, 1/HOMA-IR, QUICKI and McAuley's indices in patients with hypertension and type II diabetes. *Journal of Human Hypertension*. 2007;21(9):709-16. doi:10.1038/sj.jhh.1002201
13. Luka C, Adoga G, Istifanus G. Phytochemical studies of different fractions of galega officinalis extract and their effects on some biochemical parameters in alloxan-induced diabetic rats. *European Journal of Medicinal Plants*. 2017; 19(1): 1-10. doi:10.9734/EJMP/2017/32145
14. Khezri M, Asghari-Zakaria R, Zare N. The Medicinal Potential and Application of In Vitro Techniques for Improvement of Galega officinalis L. Biosynthesis of Bioactive Compounds in Medicinal and Aromatic Plants: Manipulation by Conventional and Biotechnological Approaches: Springer; 2023. p. 331-50. doi:10.1007/978-3-031-35221-8_14

- 15.Kercher V, Kercher K, Levy P, Bennion T, Alexander C, Amaral P. Fitness trends from around the globe. ACSM's Health & Fitness Journal. 2023;27:19-30. doi:10.1249/FIT.0000000000000836.
- 16.Beysel S, Unsal IO, Kizilgul M, Caliskan M, Ucan B, Cakal E. The effects of metformin in type 1 diabetes mellitus. BMC Endocrine Disorders. 2018;18:1-6. <https://doi.org/10.1186/s12902-017-0228-9>.
- 17.Abtahi-Evari S-H, Shokoohi M, Abbasi A, Rajabzade A, Shoorei H, Kalarestaghi H. Protective effect of Galega officinalis extract on streptozotocin-induced kidney damage and biochemical factor in diabetic rats. Crescent Journal of Medical and Biological Sciences. 2017;4:108-14. URL: https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?pro...
- 18.Sanati E, Posti I, Gilanpour H, Hesarak S. Protective Effect of Hydroalcoholic Extracts of Galega officinalis and Cornus mas on Spermatogenesis and Oxidative Stress Associated With Diabetes in the Testes of Adult Rats: An Experimental Study. Crescent Journal of Medical & Biological Sciences. 2023;10(1). doi: 10.34172/cjmb.2023.07
- 19.Angouti F, Nourafcan H, Saeedi Sar S, Assadi A, Ebrahimi R. Optimizing antidiabetic properties of Galega officinalis extract: Investigating the effects of foliar application of chitosan and salicylic acid. Food Science & Nutrition. 2024; 12(8): 5844-5857. doi: 10.1002/fsn3.4204.
- 20.Hachkova H, Nagalievska M, Soliljak Z, Kanyuka O, Kucharska AZ, Sokół-Łętowska A, et al. Medicinal plants Galega officinalis L. and yacon leaves as potential sources of antidiabetic drugs. Antioxidants (Basel). 2021;10(9):1362. doi: 10.3390/antiox10091362
- 21.Sukhtezari S, Sahari MA, Barzegar M, Azizi MHJFS, Nutrition. In vitro antidiabetic and antioxidant activities of Galega officinalis extracts. Food Science and Nutrition. 2024;12(10):8137-49. doi: 10.1002/fsn3.4326
- 22.Healthcare T. PDR for herbal medicines. Montvale: Thomson Healthcare; 2004. URL: <https://www.amazon.com/PDR-Herbal-Medicines-Thomson-Healthcare/dp/1563636786>
- 23.Ghasemi Kahrizsangi A, Manoochehri A, Sadeghian H. The effect of an eight-week aerobic training plus a supplement of portulaca oleracea seed on metabolic syndrome factors in middle-aged men with diabetes type 2 on the threshold of obesity. Journal of Studies in Medical Sciences. 2023;34(5):268-77. doi: 10.61186/umj.34.5.268.
- 24.Khalili D, Khayamzadeh M, Kohansal K, Ahanchi NS, Hasheminia M, Hadaegh F, et al. Are HOMA-IR and HOMA-B good predictors for diabetes and pre-diabetes subtypes? BMC Endocrine Disorders. 2023;23(1):39. doi:10.1186/s12902-023-01291-9
- 25.Hajiforoosh m, Abedi b, fatolahi h. The effect of 8 weeks of combined exercises (aerobic and resistance) along with supplemental consumption of mulberry leaf extract on serum levels of chemerin and pentraxin 3 in elderly men with type 2 diabetes. Journal of Toloebehdasht. 2023;22(3):16-32. URL: <http://tbj.ssu.ac.ir/article-1-3485-en.html>.
- 26.Nazari P, Ebrahimi s, Cheraqi j, Rangin A. Comparison of Capparis spinosa L. Seeds and Morus alba L. Leaves Extracts with Glibenclamide on Blood Glucose and Lipids in Diabetic Rats. Journal of Babol University of Medical Sciences. 2014;16(12):39-47. doi:10.18869/acadpub.jbums.16.12.39
- 27.Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. The Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2005;86(8):1527-33. doi: 10.1016/j.apmr.2005.01.007.



مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش



28. Bello AI, Owusu-Boakye E, Adegoke BO, Adjei DN. Effects of aerobic exercise on selected physiological parameters and quality of life in patients with type 2 diabetes mellitus. *International Journal of General Medicine*. 2011;723-7. doi: 10.2147/IJGM.S16717
29. Azari N, Rahmati M, Fathi M. The Effect of Resistance Exercise on Blood Glucose, Insulin and Insulin resistance in Iranian Patients with Type II Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Iranian Journal of Diabetes & Obesity (IJDO)*. 2018;10(1). URL: <http://ijdo.ssu.ac.ir/article-1-385-en.html>
30. Małkowska PJ. Positive effects of physical activity on insulin signaling. *Current Issues in Molecular Biology*. 2024;46(6):5467-87. <https://doi.org/10.3390/cimb46060327>
31. Dadvar N, Ghalavand A, Zakerkish M, Hojat S, Alijani E, Mahmoodkhanikooshkaki R. The effect of aerobic training and *Urtica dioica* on lipid profile and fasting blood glucose in middle age female with type II diabetes. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2017;15(6):507-16. URL: https://jsmj.ajums.ac.ir/article_45368.html?lang=en
32. Banaei P, Tadibi V, Rahimi M. Comparing the effect of two protocols concurrent training (strength-aerobic) on fasting blood glucose, glycosylated hemoglobin, high-sensitivity C - reactive protein and insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Journal of Sport Physiology*. 2015;7(25):99-108. doi: 20.1001.1.2322164.1394.7.25.7.7.
33. Rashidlamir A, Alizadeh A, Ebrahimiatri A, Dastani M. The effect of four-week period of aerobic exercise with cinnamon consumption on lipoprotein indicators and blood sugar in diabetic female patients (type 2). *SSU_Journals*. 2013;20(5):605-14. URL: <http://jssu.ssu.ac.ir/article-1-2240-en.html>
34. Kodama S, Tanaka S, Saito K, Shu M, Sone Y, Onitake F, et al. Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Archives of internal medicine*. 2007;167(10):999-1008. doi:10.1001/archinte.167.10.999.
35. Aggarwala J, Sharma S, Saroochi JA, Sarkar A. Effects of aerobic exercise on blood glucose levels and lipid profile in Diabetes Mellitus type 2 subjects. *Al Ameen Journal of Medical Sciences*. 2016;9(1):65-9. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:38719186>
36. Esfanjani AT, Namazi N, Bahrami A. Effect of hydro-alcoholic nettle extract on lipid profiles and blood pressure in type 2 diabetes patients. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2012;13(5):449-458. URL: <http://ijem.sbmu.ac.ir/article-1-1187-en.html>. (In Persian).
37. Namazi N, Tarighat Esfanjani A, Avari M, Heshmati J. Effects of Hydroalcoholic Nettle Extract on Insulin Sensitivity and Some Inflammatory Indicator in type 2 Diabetic Patients. *Avicenna Journal of Clinical Medicine*. 2012;18(4):10-4. URL: <http://sjh.umsha.ac.ir/article-1-207-en.html>. (In Persian).
38. Yosefi A, Abedi B, Sayyah MJ. Effect of eight weeks of aerobic training with Moqlenjan supplementation on lipid profile and glycemic indices of overweight men. *Report of Health Care*. 2017;3(3):71-80. URL: https://journals.marvdasht.iau.ir/article_2951.html. (In Persian).
39. Saghebjo M, Nezamdoost Z, Ahmadabadi F, Saffari I, Hamidi AJD, Research MSC, et al. The effect of 12 weeks of aerobic training on serum levels high sensitivity C-reactive protein, tumor necrosis factor-alpha, lipid profile and anthropometric characteristics in middle-age women patients with type 2 diabetes. *Diabetes & Metabolic Syndrome Clinical*. 2018;12(2):163-8. doi: 10.1016/j.dsx.2017.12.008.
40. Shakil-ur-Rehman S, Karimi H, Gillani SA. Effects of supervised structured aerobic exercise training program on high and low density lipoprotein in patients with type II diabetes mellitus. *Pakistan Journal of Medical Sciences Online*. 2017;33(1):96. doi: 10.12669/pjms.331.11758.

41. Adogu P, Meludu S, Modebe I, Ubajaka CJOJoPM. Albumin and lipid profiles following treadmill exercise among student volunteers of Nnamdi Azikiwe University, Nnewi, Nigeria. *Open Journal of Preventive Medicine*. 2015;5(06):227. <https://doi.org/10.4236/ojpm.2015.56026>
42. De Lade CG, Marins JCB, Lima LM, de Carvalho CJ, Teixeira RB, Albuquerque MR, et al. Effects of different exercise programs and minimal detectable changes in hemoglobin A1c in patients with type 2 diabetes. *Diabetology & Metabolic Syndrome*. 2016;8:1-9. doi: 10.1186/s13098-016-0123-y.
43. Peng C-J, Chen S, Yan S-Y, Zhao J-N, Luo Z-W, Qian Y, et al. Mechanism underlying the effects of exercise against type 2 diabetes: A review on research progress. *World Journal of Diabetes*. 2024;15(8):1704. doi: 10.4239/wjd.v15.i8.1704.
44. Babaei S, Fattahpour marandi M. The effect of 8 weeks of aerobic training on changes in AST, ALT and metabolic indices of postmenopausal women with type 2 diabetes. *Journal of Sports and Biomotor Sciences*. 2023;15(30):99-107. doi:10.22034/SBS.2023.407528.1046.
45. Ghalandari K, Shabani M, Khajehlandi A, Mohammadi AJAoP, Biochemistry. Effect of aerobic training with silymarin consumption on glycemic indices and liver enzymes in men with type 2 diabetes. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2023;129(1):76-81. doi: 10.1080/13813455.2020.1797104.
46. Gregory JM, Muldowney JA, Engelhardt BG, Tyree R, Marks-Shulman P, Silver HJ, et al. Aerobic exercise training improves hepatic and muscle insulin sensitivity, but reduces splanchnic glucose uptake in obese humans with type 2 diabetes. *Nutrition Diabetes*. 2019;9(1):25. doi: 10.1038/s41387-019-0090-0.
47. Hsieh H-C, Chang W-P, Huang P-J, Wang C-H, Lin Y-HJDD, Sciences. Effectiveness of Exercise Interventions on Body Composition, Exercise Capacity, Fatigue, and Quality of Life in Patients with Liver Cirrhosis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Digestive Diseases and Sciences*. 2024;69(7):2655-66. doi: 10.1007/s10620-024-08447-0.
48. Zinvand Lorestani A, Rahmati MJY. The effect of eight weeks of aerobic training on the levels of enzymes associated with non-alcoholic fatty liver in obese children. *Yafte*. 2018;20(2). URL: <http://yafte.lums.ac.ir/article-1-2537-en.html>
49. Praphatsorn P, Thong-Ngam D, Kulaputana O, Klaikeaw N. Effects of intense exercise on biochemical and histological changes in rat liver and pancreas. *Asian Biomedicine*. 2010;4(4):619-25. doi:10.2478/abm-2010-0078.
50. Kuzuya H, Tamai I, Beppu H, Shimpo K, Chihara T. Determination of aloenin, barbaloin and isobarbaloin in Aloe species by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*. 2001;752(1):91-7. doi: 10.1016/s0378-4347(00)00524-7.
51. Seyyed A, Ghajari HJJoaimm. The effect of high-intensity interval training on liver enzymes in active and inactive women. *Journal of Archives in Military Medicine*. 2019;7(3):1-7. <https://doi.org/10.5812/jamm.98209>
52. Merz KE, Thurmond DCJCP. Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake. 2011;10(3):785-809.53. Park S, Hong SM, Sung SR. Exendin-4 and exercise promotes β -cell function and mass through IRS2 induction in islets of diabetic rats. *Life Sciences*. 2008;82(9-10):503-11. doi: 10.1016/j.lfs.2007.12.018.



مطالعات کاربردی

علوم زیستی در ورزش



54.Khodaie K, ASRI RS. Investigating the Effect of Two Types of Aerobic and Resistance Training during a Ketogenic Diet on the Serum Levels of Adipokines and Insulin Resistance in Overweight or Obese Men. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 2023;15(1):60-69. doi: 10.32592/nkums.15.1.60. (In Persian).

55.Mohammadi A, Bijeh N, Moazzami M, khodaie K, Rahimi N. Effect of exercise training on spexin level, appetite, lipid accumulation product, visceral adiposity index, and body composition in adults with type 2 diabetes. Biological Research for Nursing. 2022;24(2):152-62. doi: 10.1177/10998004211050596.

نسخه پیش از انتشار ویدئو پیش نهاده