

The effect of 10 weeks of total body resistance training with chamomile extract supplementation on serum lipocalin-2 levels and glycemic indices in type 2 diabetic women

Maryam Niknam^{id}, Bahloul Ghorbanian^{*id}, Yousef Saberi^{id}

Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz, Iran.

Background and Purpose: Type 2 diabetes is one of the most common metabolic disorders worldwide. Considering the complications and problems caused by diabetes, the use of herbal medicines can be a therapeutic and controlling method. Also, exercise is an important therapeutic component of type 2 diabetes. Given the limited information in these cases, the aim of the present study is to investigate the effect of 10 weeks of total body resistance training with chamomile extract supplementation on serum lipocalin-2 levels and glycemic indices in type 2 diabetic women.

Materials and Methods: For this purpose, in a double-blind clinical trial, 44 inactive diabetic women aged 40 to 60 years (mean height 159.45 cm, weight 76.83 kg, age 51.25 years, BMI 30.24 kg/m²) were voluntarily selected and randomly divided into four groups of 11 people each, including the exercise + supplement group (T + Cham), exercise + placebo group (T + P), chamomile group (Cham), and placebo group (P). The intervention consisted of 10 weeks of TRX training and 3 sessions per week (with a pressure intensity of 13 to 17 Borg). The supplement and placebo groups received 3 500 mg capsules daily containing chamomile extract and corn starch powder. Lipocalin 2, fasting blood sugar, insulin, and insulin resistance levels were measured before and after the intervention. Data were analyzed using ANOVA, Tukey's post hoc and paired t-tests at a significance level of $P \geq 0.05$.

Results: Blood glucose, insulin and insulin resistance index levels in all three study groups showed a significant decrease compared to the placebo group ($P = 0.001$). However, lipocalin 2 was significantly reduced only in the exercise+supplement and exercise+placebo groups compared to the placebo group ($P = 0.001$). Also, the exercise+supplement group had a significant difference in blood glucose, insulin and insulin resistance index variables compared to the exercise+placebo and chamomile groups ($P \leq 0.005$). In addition, in the case of lipocalin-2, the exercise+supplement group had a significant difference compared to the chamomile group ($P \leq 0.005$), but there was no significant difference compared to the exercise+placebo group.

Conclusion: According to the findings, it can be concluded that performing whole body resistance training with chamomile extract supplementation can reduce fasting blood sugar, insulin, insulin resistance, and lipocalin 2 levels in women with type 2 diabetes and be beneficial in improving women's health. Also, this intervention can be used as a complementary and non-pharmacological strategy in improving the condition of patients with type 2 diabetes.

Keywords: TRX, type 2 diabetes, chamomile extract, lipocalin 2, glycemic indices

How to cite this article: Niknam M, Rahimi A, Ghorbanian B, Saberi Y. The effect of 10 weeks of total body resistance training with chamomile extract supplementation on serum lipocalin-2 levels and glycemic indices in type 2 diabetic women. J Sport Exerc Physiol. 2026;19(1):?-?.

*Corresponding Author's E-mail: b.ghorbanian@azaruniv.ac.ir

<https://doi.org/10.48308/joeppa.2025.240768.1381>

نشریه فیزیولوژی ورزش و فعالیت بدنی
۱۴۰۵، دوره ۱۹، شماره ۱، صفحه‌های ۴-۹

مقاله پژوهشی

تاثیر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی کل بدن با مصرف مکمل عصاره بابونه بر سطح سرمی لیپوکالین-۲ و شاخص‌های گلیسمیک زنان دیابتی نوع ۲

مریم نیک نام^{ID}، بهلول قربانیان*^{ID}، یوسف صابری^{ID}

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

چکیده

زمینه و هدف: دیابت نوع ۲ یکی از شایع‌ترین اختلالات متابولیک در سراسر جهان است. با توجه به عوارض و مشکلات ناشی از دیابت، استفاده از داروهای گیاهی یک راه درمانی و کنترل‌کننده می‌تواند باشد. همچنین فعالیت ورزشی، به عنوان یک جزء درمانی مهم دیابت نوع ۲ است. با توجه به اطلاعات محدود در این موارد هدف مطالعه حاضر، بررسی تاثیر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی کل بدن با مصرف مکمل عصاره بابونه بر سطح سرمی لیپوکالین-۲ و شاخص‌های گلیسمیک زنان دیابتی نوع ۲ است. **مواد و روش‌ها:** بدین منظور در یک کار آزمایشی بالینی دو سویه کور، ۴۴ زن دیابتی غیرفعال با دامنه سنی ۴۰ تا ۶۰ سال (میانگین قد ۱۵۹/۴۵ سانتی متر، وزن ۷۶/۸۳ کیلوگرم، سن ۵۱/۲۵ سال، BMI ۳۰/۲۴ کیلوگرم بر مترمربع) به صورت داوطلبانه انتخاب و با آرایش تصادفی به چهار گروه ۱۱ نفری شامل گروه تمرین+مکمل (T+Cham)، گروه تمرین+دارونما (T+P)، گروه بابونه (Cham) و گروه دارونما (P) تقسیم شدند. مداخله شامل ۱۰ هفته تمرین TRX و ۳ جلسه در هفته (با شدت فشار ۱۳ تا ۱۷ بورگ) بود. گروه‌های مکمل و دارونما روزانه ۳ عدد کپسول ۵۰۰ میلی گرم حاوی عصاره بابونه و پودر نشاسته ذرت دریافت کردند. قبل و بعد از مداخله سطوح لیپوکالین ۲، قند خون ناشتا، انسولین و مقاومت انسولینی اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس، تعقیبی توکی و t همبسته در سطح معناداری $P \leq 0.05$ تحلیل شدند.

نتایج: میزان سطوح گلوکز خون، انسولین و شاخص مقاومت انسولینی در هر سه گروه مورد مطالعه نسبت به گروه دارونما کاهش معناداری نشان دادند ($P = 0.001$). اما لیپوکالین ۲، فقط در گروه‌های تمرین+مکمل و تمرین+دارونما نسبت به گروه دارونما کاهش معناداری داشت ($P = 0.001$). همچنین گروه تمرین+مکمل در مورد متغیرهای گلوکز خون، انسولین و شاخص مقاومت انسولینی نسبت به گروه‌های تمرین+دارونما و گروه بابونه تفاوت معناداری داشت ($P \geq 0.005$). علاوه بر این در مورد لیپوکالین-۲، گروه تمرین+مکمل نسبت به گروه بابونه تفاوت معناداری داشت ($P \geq 0.005$)، اما نسبت به گروه تمرین+دارونما تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که انجام تمرین مقاومتی کل بدن با مصرف مکمل عصاره بابونه می‌تواند موجب کاهش سطوح قند خون ناشتا، انسولین، مقاومت انسولینی و لیپوکالین ۲ در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شود و در جهت افزایش سلامت زنان مفید باشد. همچنین این مداخله می‌تواند به عنوان یک راهکار مکمل و غیردارویی در بهبود وضعیت بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تی آر ایکس، دیابت نوع دو، عصاره بابونه، لیپوکالین ۲، شاخص‌های گلیسمیک

نحوه استناد به این مقاله: نیک نام م، قربانیان ب، صابری ی. تاثیر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی کل بدن با مصرف مکمل عصاره بابونه بر سطح سرمی لیپوکالین-۲ و شاخص‌های گلیسمیک زنان دیابتی نوع ۲. ۱۹؛۱۴۰۵ (۱): ۴-۴.
* رایانامه نویسنده مسئول: b.ghorbanian@azaruniv.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰

مقدمه

دیابت نوع ۲ (T2DM) شایع ترین اختلالات متابولیک است که بیش از ۹۰ درصد از کل دیابت را تشکیل می‌دهد (۱)، و با هیپرگلیسمی مزمن مشخص می‌شود که عمدتاً ناشی از اختلال در تولید انسولین و کاهش تنظیم متابولیسم گلوکز است (۲). این بیماری تقریباً از هر ۱۱ بزرگسال، ۱ نفر را مبتلا می‌کند و مسئول ۱۱ درصد مرگ و میر سالانه است (۳). فدراسیون بین‌المللی دیابت (IDF) در سال ۲۰۲۱ گزارش داد که تقریباً ۵۳۶ میلیون فرد بین ۲۰ تا ۷۹ سال در سراسر جهان به دیابت مبتلا هستند که پیش‌بینی‌ها حاکی از افزایش به ۷۸۴ میلیون بزرگسال تا سال ۲۰۴۵ است و بیش از ۹۰ درصد از آنها به T2DM تعلق دارند (۴). یک مطالعه متاآنالیز جامع در بازه زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۳ شیوع قابل توجه تخمینی ۱۰,۸ درصدی دیابت نوع ۲ را در ایران نشان می‌دهد (۵).

اکثر بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ دارای مقاومت به انسولین و اختلال در ترشح انسولین هستند؛ در این حالت افزایش تقاضا برای عملکرد انسولین ناشی از مقاومت، با ترشح انسولین جبران نمی‌شود (۶). انسولین تنظیم کننده اصلی متابولیسم گلوکز، چربی و پروتئین است. انسولین عمدتاً بر روی بافت‌های محیطی (عضله، کبد و بافت چربی) اثر می‌گذارد و باعث افزایش جذب گلوکز، استفاده از آن در سنتز گلیکوژن و مهار فرآیند گلوکونئوژنز در کبد می‌شود (۷، ۸). مقاومت به انسولین به طور کلی به عنوان کاهش پاکسازی گلوکز در عضلات اسکلتی، اختلال در سرکوب تولید گلوکز توسط کبد و کاهش نرخ لیپولیز در بافت چربی تعریف می‌شود. و نه تنها T2DM را پیش‌بینی می‌کند بلکه با بیماری‌های قلبی-عروقی نیز مرتبط است (۹).

اکثر بیماران مبتلا به T2DM چاق هستند یا درصد چربی بدنشان بیشتر است که عمدتاً در ناحیه شکم توزیع شده است. این بافت چربی خود مقاومت به انسولین را از طریق مکانیسم‌های التهابی مختلف، از جمله افزایش ترشح اسید چرب آزاد (FFA) و اختلال در تنظیم آدیپوکین، افزایش می‌دهد (۱۰). لیپوکالین ۲ (LCN2) آدیپوکالینی که چندین سال قبل شناخته شد و همچنین به عنوان لیپوکالین مرتبط با ژلاتیناز نوتروفیل (NGLA) شناخته می‌شود، یک پروتئین ترشح شده ۲۵ کیلو دالتون است که برای اولین بار در نوتروفیل‌ها مشخص شد (۱۱). توسط استئوبلاست‌ها تولید می‌شود و در متابولیسم انرژی، LCN-2 با اتصال به گیرنده ملانوکورتین ۴ (MC4R) در هیپوتالاموس، اشتها را سرکوب می‌کند و یک سیگنال بی‌اشتهایی برای کنترل وزن بدن تولید می‌کند. همچنین با تحریک ترشح انسولین در جزایر پانکراس، سطح گلوکز را تنظیم می‌کند و با افزایش بیان پروتئین ناقل گلوکز نوع ۱ (GLUT-1) در استئوبلاست‌ها، که برای جذب گلوکز در طول استخوان‌زایی ضروری است، متابولیسم استخوان را تنظیم می‌کند (۱۲). در مواقع بیماری، بیان LCN2 افزایش می‌یابد. این پروتئین به عنوان یک پروتئین فاز حاد عمل می‌کند که التهاب و استرس اکسیداتیو را در طول عفونت اندام تشدید می‌کند. در بیماری‌های متابولیک مرتبط با چاقی، افزایش سطح LCN2 تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین را به خطر می‌اندازد و پیشرفت بیماری را تشدید می‌کند (۱۳، ۱۴).

امروزه با وجود بسیاری از داروهای خوراکی که برای کاهش سطح قند خون همراه با انسولین استفاده می‌شود، هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. از سوی دیگر، تقاضا برای توسعه درمان‌های جدید به دلیل عوارض جانبی متعدد مرتبط با داروهای موجود در حال افزایش است. این عوارض جانبی، همراه با هزینه‌های بالای داروهای کنترل کننده قند خون، منجر به افزایش علاقه به تحقیق

Type 2 diabetes mellitus

International Diabetes Federation

Free fatty acid

Lipocalin 2

Neutrophil gelatinase-associated lipocalin

Melanocortin 4 receptor

Glucose transporter type 1

در مورد طب مکمل و جایگزین برای درمان دیابت شده است (۱۵). یکی از این گیاهان دارویی بابونه آلمانی^۱ است، یک گونه گیاهی درمانی محبوب از خانواده Asteraceae خواص دارویی و معطر آن باعث شده تا به آن لقب ستاره گیاهان پزشکی داده شود (۱۶). یکی از پرمصرفترین گیاهان دارویی در جهان بوده و دارای اثرات بیولوژیکی و دارویی بسیاری از جمله فعالیت ضدالتهابی، خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد سرطان، اثرات ضد اسپاسم و آرام بخش است. بابونه به دلیل وجود مولکولهای فعال زیستی مختلف از جمله ترپنوئیدها و ترکیبات فنولی مانند آپیزنین، کوئرستین و لوتئولین، ویژگیهای آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی از خود نشان می دهد (۱۷). استفاده از بابونه در درمان بیماریهای مزمن مانند دیابت به نظر می رسد موفقیت آمیز باشد زیرا منبع غنی از ترپنوئیدها و مواد شیمیایی فنلی است (۱۸). به طور کلی می توان نتیجه گرفت که بابونه در کنترل دیابت می تواند نقش داشته باشد. به عنوان مثال مطالعات گزارش داده اند که مصرف مکمل بابونه نقش مهمی در بهبود پروفایل های گلیسمی و چربی و شاخص های استرس اکسیداتیو در دیابت شیرین و عوارض مرتبط دارد (۱۷).

تمرین ورزشی به عنوان یک جزء درمانی مهم T2D، حساسیت به انسولین و کنترل قند خون را بهبود می بخشد و به پیشگیری طولانی مدت از بیماریهای قلبی-عروقی و بهبود رفاه روانی کمک می کند. ورزش متابولیسم را تحریک، جذب گلوکز را تقویت، حساسیت به انسولین را افزایش و به کاهش گلوکز خون کمک می کند. در نتیجه این اثرات، تمرین ورزشی طولانی مدت می تواند سطح گلوکز خون را در طول زمان در بیماران مبتلا به دیابت نوع دوم کاهش دهد (۱۹). کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (ACSM) توصیه می کند که تمرینات مقاومتی حداقل سه بار در هفته انجام گیرند (۲۰). امروزه تحقیقات نشان داده است که با تمرینات مقاومتی، توده عضلانی بیشتری درگیر می شود که در نتیجه آن حجم توده عضلانی اسکلتی و پاسخ به گلوکز خون را افزایش می یابد. یکی از روش های تمرینات مقاومتی که در دهه های اخیر رو به رشد است، تمرینات معلق کل بدن است که از سال ۱۹۹۰ به دنیا معرفی شده است. تمرین مقاومتی کل بدن (TRX) به عنوان تمرین مقاومتی با وزن بدن شناخته می شود و در دسته تمرینات تعادلی و ناپایدار قرار می گیرد. TRX، یک روش ورزشی بی نظیر است که از دو تسمه و دسته تشکیل شده است و به راحتی قابل حمل است (۲۱، ۲۲). ویژگی منحصر به فرد تمرین TRX این است که با تغییر وضعیت بدن می توان به شدت عضلات ثبات دهنده مرکزی بدن را فعال نمود و با استفاده از یک سری تمرینات در مدت زمان کمتری، بیشترین سود را از تمرین برد و شدت تمرین را بدون افزایش مقاومتی خارجی، بیشتر کرد که می تواند باعث کاهش ریسک آسیب شود (۲۳). این نوع تمرین در درجه اول با هدف درمان و توانبخشی انجام می گرفت، اما آثار فیزیولوژیکی آن سبب شد تا به سرعت طرفداران خود را در تمامی گروه ها به ویژه در زنان پیدا کند که نوعاً تمایل چندانی به انجام شیوه های رایج تمرینات مقاومتی مثل کار با دستگاه و وزنه های آزاد ندارند. پژوهش ها نشان داده اند این نوع تمرینات می توانند آثار مثبتی بر سوخت و ساز گلوکز و چربی و حساسیت به انسولین داشته باشند (۲۴).

مطالعات کارآزمایی بالینی زمستانی و همکاران (۲۰۱۶) و رافراف و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر مثبت مصرف دمنوش بابونه را بر شاخص های گلیسمی و پارامترهای آنتی اکسیدانی بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ نشان داده اند (۲۵، ۲۶). همچنین، متآنالیز اخیر آخگرنژاد و همکاران (۲۰۲۴) به وضوح کاهش معنادار در سطوح گلوکز سرم و HbA1c پس از مصرف بابونه را تأیید کرده است. از نظر مکانیزمی، ترکیبات فعال بابونه با مهار مسیرهای التهابی و استرس اکسیداتیو، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی از جمله سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) و کاتالاز (CAT) را افزایش داده و در نتیجه تعادل اکسیداتیو را بهبود می بخشد. این فرآیندها موجب کاهش آسیب های اکسیداتیو سلولی و بهبود حساسیت به انسولین می شوند که در نهایت به کنترل بهتر گلیسمی در بیماران دیابتی منجر می گردد (۲۷). تحقیق مروری حاجی زاده و همکاران (۲۰۲۰) نشان می دهد که در مطالعات حیوانی و انسانی اثرات مثبتی بر نمایه های گلیسمی و نشانگرهای اکسیداتیو گزارش شده است. این مروری همچنین تأکید

^۱Matricaria chamomilla

^۲American College of Sports Medicine

Total body resistance exercise

می‌کند که شواهد انسانی به دلیل تنوع در فرم مصرف (دمنوش در برابر عصاره)، دوزها و مدت زمان مداخلات و تعداد محدود کارآزمایی‌ها ناهمگن است و مطالعات متمرکزتر و مکانیستی برای اثبات قطعی لازم است (۱۷). همچنین مطابق بررسی‌های صورت گرفته، در مطالعات انسانی مرتبط با تأثیر بابونه بر کنترل قند خون و شاخص‌های گلیسمیک، نتایج متناقضی مشاهده شده است؛ در حالی که برخی داده‌های آزمایشگاهی و حیوانی اثرات مثبتی گزارش کرده‌اند، اما شواهد بالینی انسانی هنوز قطعی و قابل تعمیم نیست و نیازمند مطالعات گسترده‌تر و دقیق‌تر می‌باشد (۲۸، ۲۹).

مطالعات متعددی تأثیر مثبت تمرینات مقاومتی TRX را بر شاخص‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی نشان داده‌اند. صمدپور و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که ترکیب این تمرینات با مصرف مکمل تورین باعث کاهش معنادار در شاخص‌های گلیسمی و هموگلوبین گلیکوزیله در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌گردد (۲۱). با این حال اکبرپور و همکاران (۲۰۲۲) در تحقیق خود به بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی سنتی و TRX بر شاخص‌های آسیب عضلانی در زنان غیرفعال پرداخته است. نتایج نشان داد که هر دو نوع تمرین باعث کاهش معنادار شاخص‌های آسیب عضلانی شدند. با این حال، هیچ‌کدام از این تمرینات تأثیر معناداری بر سطوح گلوکز خون، انسولین یا مقاومت انسولینی نداشتند (۳۰).

اگرچه شواهدی مبنی بر تأثیر مطلوب مکمل بابونه و تمرین TRX بر شاخص‌های گلیسمیک و لیپوکالین ۲ وجود دارد، اما مطالعه‌ای بر اثر ترکیبی از این دو وجود ندارد. افزودن یک مکمل به همراه تمرین TRX ممکن است برای تأثیر مثبت بر شاخص‌های گلیسمیک و لیپوکالین ۲ در افراد مبتلا به T2D ضروری باشد. همچنین تحقیقات محدودی در ارتباط با نتایج و اثرات عصاره بابونه و بیماری دیابت انجام شده است و اغلب تحقیقات در محیط‌های آزمایشگاهی و روی مدل‌های حیوانی بوده است. این موضوع بیانگر این است که هیچ گونه مطالعه‌ای در رابطه با اثر مکمل عصاره بابونه بر روی انسان و تمرین TRX برای بهبود وضعیت بیماری دیابت انجام نشده است. بنابراین، ضروری بوده است که این تحقیق با هدف بررسی تأثیر ۱۰ هفته تمرین TRX با مصرف مکمل عصاره بابونه بر شاخص‌های گلیسمیک و لیپوکالین ۲ در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شود.

روش پژوهش

نمونه‌های پژوهش: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی دو سوکور در قالب ۴ گروه با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش زنان مبتلا به دیابت نوع دو شهرستان بناب بودند. معیارهای ورود به پژوهش شامل داشتن سابقه بیماری دیابت بیش از ۶ ماه، زنان با محدوده سنی بین ۴۰ تا ۶۰ سال، عدم تزریق انسولین، محدوده قند خون ناشتا ۱۱۰ الی ۲۵۰ میلی گرم در دسی لیتر، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی، کلیوی، تیروئید، روماتیسم مفصلی و بیماری‌های خاص، نداشتن فعالیت ورزشی طی ۳ ماه اخیر، عدم استفاده از مکمل، تغییر ندادن داروهای کاهنده قند خون، عدم بارداری و شیردهی و عدم مصرف قرص‌های رقیق کننده خون، آرام بخش و ضدافسردگی بود. بعد از فراخوان و اعلام آمادگی به صورت داوطلبانه از سوی آزمودنی‌ها، توضیحات مربوط به تحقیق به تمام آزمودنی‌ها به صورت شفاهی و کتبی ارائه شد. پرسشنامه PAR-Q و فرم سابقه پزشکی اخذ و بررسی شد. ۴۴ زن مبتلا به دیابت نوع دو با میانگین سن ۵۱/۲۵ سال، قد ۱۵۹/۴۵ سانتی متر، وزن ۷۶/۹۰ کیلوگرم و شاخص توده بدنی ۳۰/۲۷ کیلوگرم بر متر مربع به طور هدفمند انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*Power (نسخه ۳،۱) محاسبه شد. برای تعیین اندازه اثر از نتایج یکی از مطالعات پیشین با مداخله مشابه (۲۱)، استفاده گردید. با در نظر گرفتن سطح معناداری ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸۰ و چهار گروه، حجم نمونه کل ۴۴ نفر (۱۱ نفر در هر گروه) برآورد شد. غیبت بیش از ۳ جلسه در جلسات تمرینی، عدم مصرف منظم مکمل، حساسیت به عصاره بابونه و عدم تمایل به همکاری به عنوان معیارهای خروج از پژوهش در نظر گرفته شد.

روش اجرای پژوهش: در جلسه توجیهی قبل از شروع پژوهش تمامی روند پژوهش به آزمودنی‌ها تشریح و به سوالات آنان پاسخ داده شد. پس از اخذ فرم رضایت آگاهانه به صورت کتبی از آزمودنی‌ها، اندازه گیری‌های مربوط به شاخص‌های آنترپومتریک انجام

شد. اندازه‌گیری وزن بدن، با کم‌ترین لباس ممکن و بدون کفش، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ کیلوگرم استفاده شد. قد نیز با استفاده از قدسنج با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. اندازه دور کمر و باسن با استفاده از متر خیاطی با دقت ۰/۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. BMI (شاخص توده بدنی) نیز با استفاده از فرمول: وزن (کیلوگرم) تقسیم بر مجذور قد (متر) به دست آمد (۳۱).

سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در ۴ گروه ۱۱ نفری، تمرین+مکمل (T+Cham)، تمرین+دارونما (T+P)، مکمل بابونه (Cham) و گروه دارونما (P) قرار گرفتند. با توجه به اهمیت کورسازی که امکان کنترل عوامل مداخله‌گر بر نتایج پژوهش را می‌دهد، در پژوهش حاضر اقدام‌های کورسازی عبارت بودند از: بی اطلاعی گروه‌های مصرف کننده مکمل و دارونما و پژوهشگر از نوع و محتویات کپسول‌های مصرفی. آزمودنی‌های گروه‌های مصرف کننده عصاره بابونه (گروه‌های Cham, T+Cham) روزانه یک و نیم گرم کپسول عصاره خشک بابونه (تهیه شده از شرکت گیاه کالا با مجوز رسمی سازمان غذا و دارو) را در دوز ۵۰۰ میلی گرم، بلافاصله بعد از وعده‌های غذایی اصلی (صبح، ظهر، شب) به مدت ۱۰ هفته مصرف کردند (۳۲). آزمودنی‌های گروه تمرین+دارونما و دارونما نیز کپسول دارونما کاملاً مشابه (از نظر شکل، رنگ و بسته بندی) با کپسول‌های عصاره بابونه (روزانه یک و نیم گرم کپسول حاوی ۵۰۰ میلی گرم پودر نشاسته ذرت) ۳ وعده در روز به مدت ۱۰ هفته دریافت کردند. پیگیری بیماران به منظور کنترل آن‌ها از نظر مصرف کپسول‌های بابونه و دارونما و جلوگیری از ریزش نمونه‌ها روزانه به صورت تلفنی و هر دو هفته یک بار از طریق مراجعه بیماران به انجمن دیابت شهرستان بناب جهت دریافت کپسول‌های بعدی برای دو هفته آینده صورت گرفت. همچنین به آنان یادآوری شد که از مصرف مکمل یا داروهای خاص دیگر به جز داروهای مصرفی خودداری کنند. شرکت کنندگان در مطالعه تحت درمان دارویی شامل متفورمین (۵۰۰ میلی گرم، دو بار در روز همراه با وعده‌های غذایی) و گلی‌بن‌کلامید (۵ تا ۱۰ میلی گرم، صبح‌ها در حالت ناشتا) قرار داشتند. این تحقیق مطابق دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهش دانشگاه شهید مدنی تبریز با شناسه (IR.AZARUNIV.REC.1403.007) و همچنین کد بالینی با شناسه (IRCT20240929063198N1) مورد مطالعه قرار گرفت.

گروه‌های تمرینی (T+P و Cham+T) یک هفته قبل از شروع پروتکل تمرین با نحوه اجرای صحیح حرکات آشنا شدند. برنامه تمرینی شامل ۱۰ هفته تمرین TRX و هر هفته ۳ جلسه به صورت یک روز در میان بود. هر جلسه تمرینی شامل ۱۵ دقیقه گرم کردن (پیاده روی سریع، دویدن و حرکات کششی و جنبشی)، انجام تمرینات اختصاصی و ۱۰ دقیقه سرد کردن بود. شدت تمرینات بر اساس مقیاس درک فشار بورگ (RPE) در دامنه درک فشار ۱۳ تا ۱۷ کنترل شد (۲۱، ۳۳). پس از آشنایی آزمودنی‌ها با این مقیاس جلسات اولیه با کم‌ترین فشار شروع و به تدریج به شدت تمرینات اضافه شد. مدت زمان اجرای تمرینات در دو هفته اول ۲۰ تا ۲۵ دقیقه بود که با افزایش تدریجی در دو هفته پایانی به ۴۰ تا ۴۷ دقیقه رسید. تعداد حرکات تمرین، دو هفته اول شامل شش حرکت (۲ حرکت بالاتنه، ۲ حرکت میان تنه، ۲ حرکت پایین تنه) و سپس در ۲ هفته پایانی به ۱۵ حرکت رسید. تمرینات منتخب تی آر ایکس شامل پرس سینه، پشت بازو، تی فلای، جلو بازو، پارویی، دراز نشست، پرس پالوف، پلانک، کرانچ، پایک، اسکوات، لانگز ضربدری، همسترینگ کرل، هیپ پرس و همسترینگ رانر بود (۲۰، ۲۱، ۳۴-۳۹).

جدول ۱، جزئیات برنامه تمرینی TRX

هفته	هفته	هفته	هفته	هفته	
۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۸	۹-۱۰	
۱۴۷	۱۵۷	۱۶۷	۱۷۷	۱۸۷	فاصله نقطه حلق آویز تا ایستادن به سمت روبروی بند TRX

۱۱۰	۹۵	۸۰	۶۵	۵۰	فاصله نقطه حلق آویز تا ایستادن به سمت روبروی بند TRX
۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	شدت بر اساس مقیاس بورگ
۱۴	۱۲	۱۰	۸	۶	تعداد تمرین
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	زمان تمرین (ثانیه)
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	زمان استراحت بین هر تمرین (ثانیه)
۳	۳	۳	۳	۳	تعداد ست
۲	۲	۲	۲	۲	زمان استراحت بین ست‌ها (دقیقه)
۴۷	۴۲	۳۶	۳۱	۲۴	مدت زمان کل تمرین (دقیقه)

روش‌های آزمایشگاهی: به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی ۴۸ ساعت قبل و بعد از مداخله صبح پس از ۱۰-۱۲ ساعت ناشتایی، ۵ میلی لیتر از ورید قدامی بازویی توسط متخصصان خون‌گیری آزمایشگاه از آزمودنی‌ها دریافت شد. سپس سرم خون توسط دستگاه سانتریفیوژ ۱۰ دقیقه با ۳ هزار دور در دقیقه جدا نموده سرمی آن جدا و سطح گلوکز ناشتا اندازه‌گیری شد. مابقی سرم‌ها در میکروتیوب‌ها جمع‌آوری و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام تحلیل فریز شد. به منظور سنجش می‌زان لیپوکالین ۲ سرمی از کیت پژوهشی مربوطه از شرکت zellbio GmbH ساخت کشور آلمان به روش الایزا (ELISA)، با ضریب تغییرات درون آزمودنی‌ها ۱۰٪ و با درجه حساسیت ۲/۵ ng/ml (دامنه تخمینی ۲۰-۶۴۰ ng/ml) و برای سنجش سطح انسولین سرم نیز از کیت پژوهشی Monobind Inc ساخت کشور آلمان به روش ELISA با CV=۸٪ و حساسیت ۰/۷۵ μIU/ml (دامنه مرجع ۰/۷-۲۵ μIU/ml) استفاده شد. اندازه‌گیری گلوکز پلاسما نیز به روش آنزیماتیک (گلوکز اکسیداز) صورت گرفت. اندازه‌گیری شاخص مقاومت به انسولین (IR) با استفاده از روش هموستازی (HOMA) و طبق فرمول گلوکز ناشتا × انسولین/۴۰۵ محاسبه گردید (۴۰).

تحلیل آماری: به منظور توصیف داده‌ها از میانگین و انحراف معیار استفاده شد. همچنین برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک و به منظور بررسی همگن بودن واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. همچنین به منظور بررسی درون‌گروهی از آزمون t همبسته برای تحلیل بین‌گروهی از آزمون واریانس تک‌راهه (بررسی تغییرات (▲) بین گروهی پس از مداخله) و برای بررسی دو به دو گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری (۰/۰۵) استفاده شد. تجزیه تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۷ انجام شد. تمامی نمودارها با استفاده از نرم افزار Graph pad prism نسخه ۱۰ رسم شده‌اند.

نتایج

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در جدول ۲ به صورت میانگین ± انحراف معیار در گروه‌های چهار گانه به تفکیک ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۲ تفاوت معناداری در ابتدای پژوهش وجود نداشت و گروه‌ها با هم همگن بودند ($P \geq 0/05$).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

گروه	متغیر	تمرین+مکمل	تمرین+دارونما	بایونه	دارونما
سن (سال)		۵۱/۵۴ ± ۶/۳۹	۵۰/۲۷ ± ۸/۲۷	۵۳/۰۹ ± ۶/۲۲	۵۰/۰۹ ± ۷/۱۳
قد (سانتی متر)		۱۶۰/۲۷ ± ۵/۰۶	۱۵۹ ± ۴/۶۹	۱۵۸/۳۶ ± ۵/۶۷	۱۶۰/۱۸ ± ۵/۸۶
وزن (کیلوگرم)	پیش آزمون	۷۸/۴۴ ± ۴/۰۷	۷۷/۸۱ ± ۳/۳۶	۷۶/۱۰ ± ۳/۴۲	۷۵ ± ۵/۱۲
	پس آزمون	۶۶/۳۱ ± ۴/۵۸	۶۶/۷۹ ± ۴/۶۸	۷۳/۱۶ ± ۴/۷۹	۷۵/۰۵ ± ۴/۸۶
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	پیش آزمون	۳۰/۵۷ ± ۱/۹۳	۳۰/۸۳ ± ۱/۸۳	۳۰/۲۰ ± ۱/۹۶	۲۹/۳۵ ± ۳/۰۶
	پس آزمون	۲۵/۸۴ ± ۲/۰۱	۲۶/۴۳ ± ۱/۸۰	۲۹ ± ۱/۷۴	۲۹/۳۵ ± ۲/۹۶

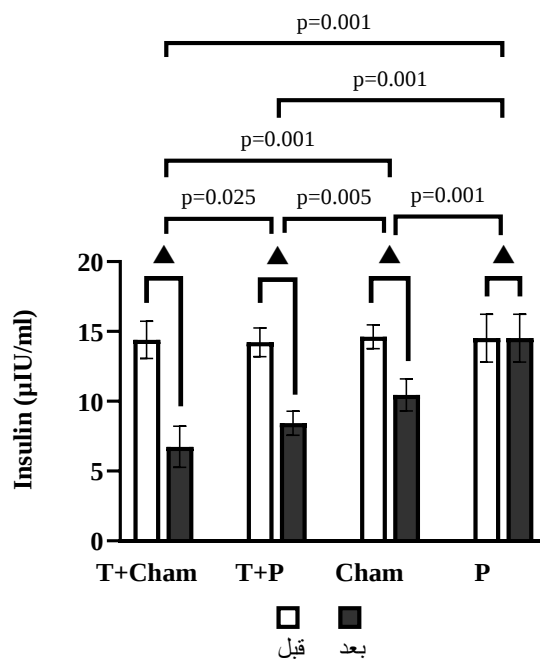
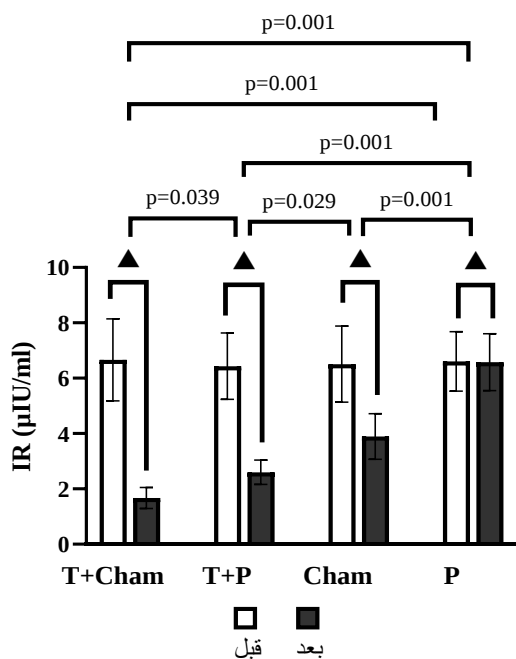
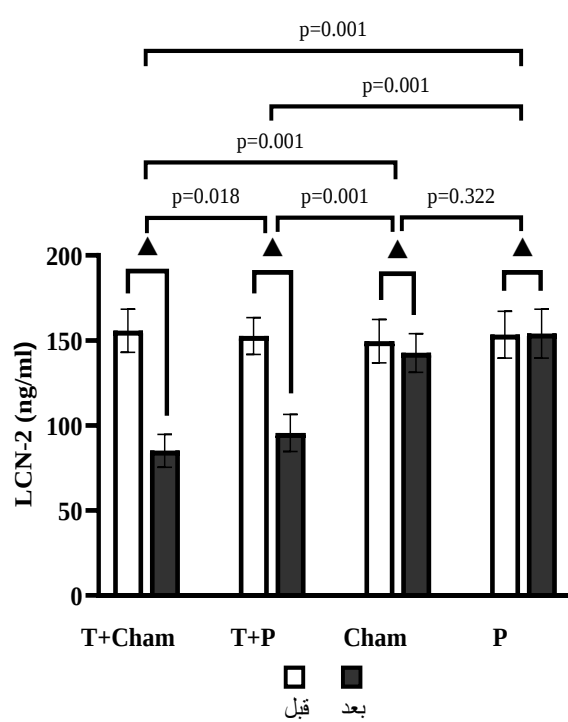
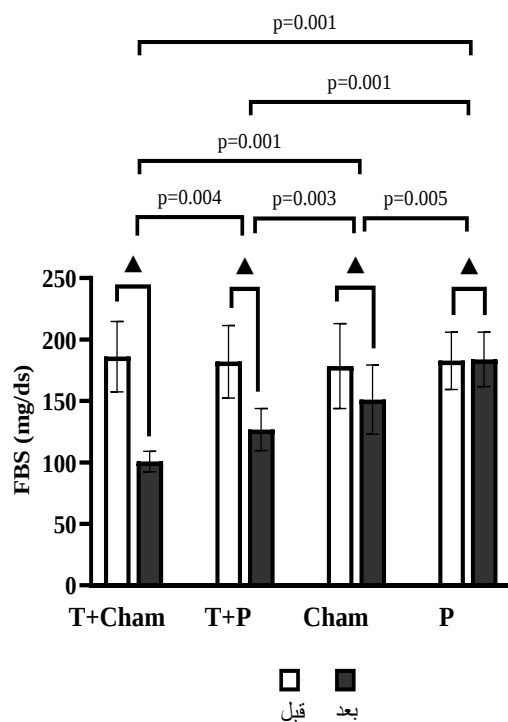
بر اساس نتایج آزمون t همبسته (جدول ۳)، در گروه‌های Cham+T، T+P، Cham و میانگین متغیرهای مورد بررسی در مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کاهش معناداری نشان داد ($P \geq 0/05$).

همچنین بر اساس نتایج آزمون واریانس یک‌طرفه، ۱۰ هفته مصرف عصاره بایونه همراه با تمرین TRX منجر به کاهش معنادار سطوح گلوکز ناشتا (FBS)، لیپوکالین-۲ (LGN2)، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در مقایسه با گروه دارونما در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد ($P = 0/001$) (جدول ۳). علاوه بر این با استفاده از آزمون تعقیبی توکی تفاوت بین گروه‌های مختلف دو به دو برای همه متغیرها مشخص شد که نتایج آن در جدول ۳ و شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون‌های t همبسته و تحلیل واریانس تک راهه متغیرهای مورد بررسی در طول مداخله

متغیر	گروه‌ها	زمان اندازه‌گیری		درصد تغییر	t همبسته	P درون گروهی	F	P بین گروهی
		پیش‌آزمون	پس آزمون					
گلوکز خون (mg/ds)	تمرین+مکمل	۱۸۶/۱ ± ۲۸/۶۳	۱۰۰/۶۳ ± ۸/۳۲	↓ ۴۴/۹۵	-۱۰/۵۷	*۰/۰۰۱	۴۵	*۰/۰۰۱
	تمرین+دارونما	۱۸۱/۹ ± ۲۹/۵۲	± ۱۷/۰۶ ۱۲۶/۶۹	↓ ۲۹/۶۰	-۸/۵۷	*۰/۰۰۱		
	بایونه	۱۷۸/۴ ± ۳۴/۶۱	۱۵۱/۱ ± ۲۸/۲۰	↓ ۱۴/۷۲	-۴/۶۴	*۰/۰۰۱		
	دارونما	± ۲۳/۲۹ ۱۸۲/۷۲	± ۲۲/۰۸ ۱۸۳/۸۱	↑ ۰/۶۸	۱/۷۰	۰/۱۱۹		

*./..	۱۳۲/۴۹	*./..	-۱۴/۹۶	↓ ۴۵/۰۲	۸۵/۰۷ ± ۹/۶	± ۱۲/۶۴ ۱۵۵/۶۵	تمرین+مکمل	لیپوکالین ۲ (ng/ml)
		*./..	-۱۵/۲۵	↓ ۳۷/۲۸	۹۵/۵۵ ± ۱۰/۹۴	۱۵۲/۶۳ ± ۱۰/۸	تمرین+دارونما	
		*./..	-۵/۱۸	↓ ۴/۵۵	± ۱۱/۴۱ ۱۴۲/۶۳	± ۱۲/۷۶ ۱۴۹/۵۶	بابونه	
		./۲۰۴	+۱/۳۵	↑ ۰/۳۸۷	۱۵۴ ± ۱۴/۳۹	± ۱۳/۷۲ ۱۵۳/۳۶	دارونما	
*./..	۷۲/۱۲۸	*./..	-۱۵/۷۱	↓ ۵۳/۱۲	۶/۷۳ ± ۱/۴۷	۱۴/۳۹ ± ۱/۳۳	تمرین+مکمل	انسولین (μIU/ml)
		*./..	-۳۹/۹۹	↓ ۴۰/۸۲	۸/۴۲ ± ۰/۸۵	۱۴/۲۲ ± ۱/۰۲	تمرین+دارونما	
		*./..	-۱۵/۴۴	↓ ۲۸/۵۷	۱۰/۴۴ ± ۱/۱۴	۱۴/۶۲ ± ۰/۸۴	بابونه	
		./۶۹۰	./۴۱۰	↑ ۰/۰۱۱	۱۴/۵۳ ± ۱/۷۱	۱۴/۵۲ ± ۱/۷۱	دارونما	
*./..	۵۲/۱۷	*./..	-۱۱/۲۵	↓ ۷۴	۱/۶۷ ± ۰/۳۸	۶/۶۶ ± ۱/۴۸	تمرین+مکمل	مقاومت انسولینی (μIU/ml)
		*./..	-۱۳/۳۳	↓ ۵۹/۰۴	۲/۶ ± ۰/۴۴	۶/۴۳ ± ۱/۲	تمرین+دارونما	
		*./..	-۱۰/۲۴	↓ ۳۹/۸۲	۳/۸۹ ± ۰/۸۲	۶/۵ ± ۱/۳۷	بابونه	
		./۶۴۸	./۴۷۱	↓ ۰/۲۲۱	۶/۵۸ ± ۱/۰۲	۶/۶ ± ۱/۰۷	دارونما	



شکل ۱. داده‌های (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد)، لیپوکالین ۲، گلوکز خون، انسولین و مقاومت انسولینی در گروه‌های تمرین+مکمل، تمرین+دارونما، مکمل بابونه و دارونما پیش و پس از ۱۰ هفته تمرین TRX. سطح معناداری برای نشان دادن نتایج آزمون توکی، محل تفاوت تغییرات داده‌های بین گروه‌ها نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

براساس یافته‌های پژوهش حاضر، ۱۰ هفته تمرین TRX به همراه مکمل دهی عصاره بابونه، موجب کاهش معنادار LCN2 در زنان مبتلا به دیابت نوع دو شد، اما مصرف عصاره بابونه به تنهایی در متغیر مذکور نشد. بررسی درصد تغییرات ایجادشده دلالت بر آن دارد که با انجام تمرین TRX و مصرف عصاره بابونه به طور همزمان بهبود بیشتری در LCN2 زنان دیابتی نوع ۲ می‌شود. همچنین یافته‌ها نشان داد که به دنبال ۱۰ هفته تمرین TRX و مصرف عصاره بابونه شاخص‌های قندخون، انسولین و مقاومت انسولینی کاهش معنادار داشت.

در زمینه تغییرات LCN2، نتایج پژوهش حاضر در مورد سازگاری به ۱۲ هفته تمرین TRX و مصرف عصاره بابونه، کاهش معنادار LCN2 را در هر دو گروه تمرین+مکمل و تمرین+دارونما نشان داد. با این حال این کاهش در گروه مکمل عصاره بابونه معنی دار نبود. مردنی و همکاران (۲۰۲۳)، نیز نشان دادند تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و هوازی موجب کاهش LCN2 و افزایش CTRP-12 در زنان مبتلا به دیابت نوع دو شد (۴۱). محققین دیگر نیز در مردان دارای اضافه‌وزن و چاقی (۴۲)، مردان مبتلا به دیابت نوع ۲ (۴۳) و زنان میانسال چاق (۴۴)، نتایج پژوهش حاضر را تایید کردند. شاید یکی از دلایل کاهش LCN2 به دنبال تمرین TRX، کاهش التهاب سیستمیک و مهار سیگنال‌های پیش‌التهابی مانند IL-1 β و TNF- α باشد. همچنین تنظیم آدیپوکاین‌های ضدالتهابی مانند CTRP-12 و آمنتین-۱ در پاسخ به تمرین ورزشی نیز نقش مهمی در کاهش لیپوکالین-۲ ایفا می‌کند. همچنین از دیگر نتایج همسو با این پژوهش میتوان به یافته‌های دهقانی و همکاران (۲۰۲۱)، که تأثیر تمرینات مقاومتی و مصرف میکروجلبک اسپیرولینا را به مدت هشت هفته در مردان دارای اضافه وزن و چاقی بررسی کردند و نشان دادند که لیپوکالین ۲ کاهش معناداری داشته است (۴۵)، اشاره کرد. علاوه بر اسدالهی و همکاران (۲۰۲۴)، نشان دادند که ۸ هفته تمرین تناوبی با شدت متوسط همراه به مصرف عصاره زیره کوهی در زنان چاق مبتلا به فشار خون نیز کاهش معنادار LCN2 را به همراه داشته (۴۶). این همسویی احتمالاً به دلیل اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی ترکیبات طبیعی (مثل اسپیرولینا و بابونه) در کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب و بهبود حساسیت به انسولین است. همچنین کاسب و همکاران نیز در مطالعه‌ای نشان دادند که مصرف بابونه به عنوان یک مکمل غذایی می‌تواند به کاهش التهاب و بهبود کنترل قند خون در بیماران دیابتی کمک کند. این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت بابونه بر نشانگرهای التهابی است (۴۷). در مطالعه‌ای که توسط بهنداری انجام شد، نشان داد که مصرف بابونه تأثیر معناداری بر سطح لیپوکالین ۲ و سایر نشانگرهای التهابی در بیماران دیابتی ندارد. این نتایج ممکن است به دلیل دوز مصرفی، مدت زمان مطالعه یا ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان باشد (۴۸). کاهش سطح لیپوکالین ۲ به عنوان یک نشانگر التهابی می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار گیرد. لیپوکالین ۲ به عنوان یک پروتئین ضدالتهابی شناخته شده است و عدم تغییر در سطح آن ممکن است به این معنا باشد که مصرف بابونه نتوانسته است به طور مؤثری بر مکانیسم‌های التهابی در زنان دیابتی نوع دو تأثیر بگذارد. عوامل ژنتیکی و محیطی می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر سطح پروتئین‌های التهابی داشته باشند. همچنین، ممکن است که مدت زمان ۱۰ هفته‌ای مصرف بابونه برای مشاهده تغییرات معنی‌دار در سطح لیپوکالین ۲ کافی نبوده باشد.

از مطالعات ناهمسو صفرزاده و همکاران با هدف تأثیر تمرین مقاومتی بر غلظت پلاسمایی لیپوکالین-۲، تعداد سلول‌های سفید خون و شاخص مقاومت به انسولین در مردان مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام دادند. در این مطالعه افزایش معنی‌دار لیپوکالین ۲ گزارش شد (۴۹). همچنین قربانیان و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان اثر یک دوره تمرین مقاومتی فزاینده بر سطوح لیپوکالین ۲ و نیم‌رخ لیپیدی در مردان غیر فعال مشاهده کردند که هشت هفته تمرین مقاومتی باعث کاهش مقادیر LDL، تری‌گلیسرید، کلسترول تام و فشار خون شد اما تغییر معناداری در مقادیر لیپوکالین ۲ و قند خون دیده نشد (۵۰). این نتیجه متناقض ممکن است به تغییر در پروتکل‌های تمرین و تفاوت در جنسیت افراد نسبت داده شود. همچنین شمشکی و همکاران (۲۰۱۶)، بیان داشتند ۶ هفته تمرین هوازی بر سطوح پلاسمایی لیپوکالین ۲، انسولین و مقاومت به انسولین در موش‌های نر دیابتی شده با استرپتوزوتوسین موجب افزایش معنادار سطح LCN2 شد (۵۱). اختلاف نتایج مطالعه حاضر با برخی پژوهش‌ها که افزایش LCN2 را گزارش کرده‌اند، می‌تواند ناشی از تفاوت در مدل‌های تحقیقاتی و ماهیت دیابت باشد. در مدل‌های حیوانی دیابت القاشده با استرپتوزوتوسین، که بیشتر شبیه دیابت نوع ۱ یا مراحل پیشرفته دیابت است، افزایش LCN2 ممکن است نقش جبرانی در مهار التهاب و آسیب بافتی ایفا کند. در مقابل، در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، کاهش LCN2 اغلب با کاهش التهاب مزمن و بهبود حساسیت به انسولین همراه است. علاوه بر این، نوع و مدت مداخله و تفاوت‌های فیزیولوژیکی بین انسان و مدل‌های جوندگان می‌تواند پاسخ متفاوتی در مسیرهای تنظیم LCN2 ایجاد نماید.

لیپوکالین دو (LCN2) یک پروتئین است که به عنوان یک نشانگر التهابی و متابولیکی در بدن شناخته می‌شود. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که سطح بافتی LCN-2 در اختلالات متابولیکی مانند چاقی و دیابت نوع ۲ افزایش می‌یابد که نشان دهنده ارتباط بین LCN-2 و حساسیت به انسولین و هموستاز گلوکز است (۵۲). کاهش قند خون بهبود متابولیسم و کاهش التهاب را به همراه دارد که ممکن است منجر به کاهش تولید لیپوکالین دو شود. در دیابت نوع ۲، التهاب و استرس اکسیداتیو نقش مهمی در پاتوفیزیولوژی بیماری دارند. با کنترل قند خون و کاهش انسولین، ممکن است التهاب کاهش یابد و در نتیجه تولید لیپوکالین دو نیز کاهش یابد (۵۳، ۵۴). یکی دیگر از دلایلی که در تحقیق حاضر انجام تمرینات ورزشی سبب کاهش معنادار LCN2 شد، کاهش وزن و شاخص توده بدن و در نتیجه کاهش آدیپوسایتوکاین‌ها و فاکتورهای التهابی بود (۵۵). در حین اجرای تمرینات TRX، کشیدگی ماهیچه‌ها و ایجاد تنش مکانیکی باعث افزایش فسفوریلاسیون AMPK و فعال شدن مسیر PGC-1 α می‌شود که به نوبه خود بیان ژنی فاکتورهای تنظیم‌کننده بیوژنز میتوکندری را تقویت می‌کند و متابولیسم چربی را بهبود می‌بخشد (۵۶). این تغییرات متابولیک با کاهش استرس اکسیداتیو و القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همراه بوده که از طریق مهار NF- κ B موجب کاهش تولید سایتوکاین‌های التهابی نظیر TNF- α و IL-6 می‌شوند؛ به این ترتیب، بیان پروتئینی LCN2 در بافت چربی و گردش خون تعدیل می‌گردد (۵۷). همچنین عصاره بابونه به واسطه ترکیبات فنولی مانند آپی‌ژنین و گابازولن دارای خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی است. این فلاونوئیدها با مهار مسیرهای MAPK و NF- κ B از آپاستریم تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی جلوگیری می‌کنند و به کاهش بیان LCN2 در سلول‌های اندوتلیال و ماکروفاژها کمک می‌نمایند (۲۸). علاوه بر این، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD و GPx در پاسخ به مصرف عصاره بابونه، موجب کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) شده و فرآیندهای التهابی مزمن را کنترل می‌کند؛ در نتیجه کاهش سیگنال‌دهی التهابی می‌تواند بیان ژن LCN2 را به‌طور مستقیم سرکوب کند (۲۹). بر این اساس به‌نظر می‌رسد کاهش مقادیر لیپوکالین ۲ احتمالاً ناشی از اثرات ضدالتهابی تمرین و عصاره بابونه باشد.

بر پایه یافته‌های پژوهش حاضر مقادیر قندخون، انسولین و مقاومت انسولینی در گروه‌های تجربی پس از ۱۰ هفته تمرین TRX، مکمل دهی عصاره بابونه یا هر دو کاهش معنادار داشتند. این کاهش‌ها گویای این مطلب است که تمرین TRX و مکمل دهی عصاره بابونه پژوهش حاضر اثر مشابهی بر این شاخص‌ها داشته است که این اثر در گروه تمرین TRX به همراه مکمل عصاره بابونه نیز بیشتر بود. این نتایج با یافته‌های لیو و همکاران (۵۸)، سو و همکاران (۵۹) و وان و همکاران (۶۰)، که نشان دادند پس از تمرین مقاومتی، قند خون، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین کاهش می‌یابد، همخوانی داشت. صمد پور و همکاران (۲۰۲۲)، بیان داشتند، ۸ هفته تمرین TRX همراه با مکمل دهی تائورین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲، تاثیر معناداری بر قندخون، انسولین و مقاومت انسولینی دارد (۶۱). که کاملاً هم‌راستا در نوع مداخله، جمعیت مورد مطالعه و نتایج نهایی، نشان‌دهنده همسویی کامل این پژوهش با تحقیق حاضر است. در پژوهشی به بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل عصاره گیاه گالگا بر شاخص‌های گلیسمیک، مقاومت به انسولین، حساسیت انسولینی، آنزیم‌های کبدی و نیمرخ لیپیدی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ پرداخته‌اند و بهبود معنادار شاخص‌های گلیسمیک، کاهش مقاومت به انسولین، افزایش حساسیت انسولینی، بهبود عملکرد آنزیم‌های کبدی و بهبود نیمرخ لیپیدی در زنان دیابتی را گزارش کردند (۶۲). کاهش شاخص‌های گلیسمیک در این مطالعه احتمالاً به دلیل بهبود حساسیت به انسولین ناشی از تمرین هوازی و اثرات ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی عصاره گالگا بوده است.

از مطالعات ناهمسو می‌توان به مطالعه رستمی زاده و همکاران (۲۰۱۹)، اشاره داشت، که بیان داشتند ۸ هفته تمرین مقاومتی در مردان دارای اضافه وزن بهبود معناداری در سطح گلوکز خون صورت نگرفت (۶۳). این ناهمسویی احتمالاً به دلیل تفاوت در نوع و شدت تمرین، مدت زمان تمرین، ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه یا روش‌های اندازه‌گیری متغیرهای بیوشیمیایی باشد. همچنین صراف و همکاران (۲۰۱۸)، بعد از ۴ هفته تمرین ترکیبی همراه با مکمل دهی بذر کتان، بیان داشتند که هیچ یک از مداخلات تأثیر قابل توجهی بر گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی نداشتند (۶۴). تفاوت در مدت زمان، نوع و شدت تمرین، نوع مکمل و طراحی مطالعه می‌تواند دلیل ناهمسویی نتایج باشد.

تمرین مقاومتی باعث ایجاد پاسخ هیپرتروفیک و تغییر نوع فیبر عضلانی در عضلات در حال تمرین می‌شود که باعث افزایش استفاده از گلوکز در کل بدن می‌شود. مکانیسم‌های زمینه‌ای احتمالی برای اثرات مثبت تمرینات مقاومتی شامل افزایش تعداد پروتئین‌های ناقل گلوکز (GLUT)، افزایش توده عضلانی کل، و افزایش تعداد گیرنده‌های انسولین در سلول‌های عضلانی است (۶۵). RT می‌تواند محتوای پروتئین GLUT4 را افزایش دهد و افزایش توده عضلانی می‌تواند جذب گلوکز را افزایش دهد. یک مکانیسم غیرمستقیم که توسط آن

RT می‌تواند کنترل قند خون را بهبود بخشد، از طریق افزایش نرخ متابولیسم پایه است که به کاهش چربی کمک می‌کند کاهش سطح بافت چربی می‌تواند حساسیت به انسولین را افزایش دهد، زیرا چاقی یک عامل کمک کننده به مقاومت محیطی به انسولین است (۶۶). همچنین مطالعات نشان داده است که عواملی مانند افزایش چگالی مویرگی، افزایش حساسیت گیرنده‌های انسولین، تغییر در ترکیب فسفولیپید سارکولما، افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو و افزایش آنزیم گلیکوژن سنتتاز از مهمترین فاکتورهای کاهش دهنده قند خون می‌باشند (۶۲). همچنین فعالیت ورزشی با تحریک انقباض عضلانی باعث کاهش نسبت ATP به AMP و کراتینین به فسفوکراتین شده که این موضوع AMPK را فعال می‌کند. AMPK نقش کلیدی در افزایش انتقال دهنده گلوکز GLUT4 به سطح سلول‌های عضلانی دارد و این فرآیند به افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و انتقال گلوکز در سلول‌های عضلانی کمک می‌کند، به‌ویژه در زمان انقباض عضلات (۴۹).

علاوه بر این یافته‌های حاصل از پژوهش رفراف (۲۰۱۵)، زمستانی و همکاران (۲۰۱۶)، که با هدف بررسی تأثیر مصرف چای بابونه بر کنترل قند خون و نیمرخ لیپیدی سرم در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، با نتایج ما همسو است (۲۵، ۲۶). اگرچند و همکاران در مطالعه‌ای با هدف بررسی سیستماتیک و متاآنالیز جامع مدل‌های انسانی و حیوانی برای بررسی تأثیر مصرف بابونه بر کنترل قند خون، بیان داشتند که مصرف بابونه می‌تواند اثرات مطلوبی بر گلوکز خون و HbA1C سرم داشته باشد (۶۷). همچنین کرمانیان و همکاران در پژوهشی به بررسی اثرات چای بابونه بر کنترل قند خون، وضعیت افسردگی و پروفایل لیپیدی دیابت نوع ۲ پرداختند که در نهایت نتایج این مطالعه نشان داد که نوشیدن روزانه سه فنجان چای بابونه به مدت ۱۲ هفته توسط T2D مبتلا به افسردگی منجر به بهبود کنترل قند خون و وضعیت افسردگی می‌شود (۶۸). بابونه یکی از غنی‌ترین منابع پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدها مانند آپیزنین، لوتئولین، اسکولتین و کورستین است که ممکن است هضم و جذب کربوهیدرات را تنظیم کند. بر این اساس، به نظر می‌رسد فعالیت‌های ضد هیپرگلیسمی بابونه ممکن است نتیجه کاهش سرعت هضم و جذب کربوهیدرات، القای گلیکوژنز کبد، سرکوب آنزیم‌های گلوکونوژنز و گلیکوژنولیز، و حفظ سلول‌های بتا پانکراس باشد (۱۷). در کنار اثرات تمرین، عصاره بابونه نیز از طریق مسیرهای مشخصی اثرات ضد دیابتی نشان داده است. ترکیبات فلاونوئیدی موجود در بابونه نظیر آپیزنین و لوتئولین با فعال‌سازی گیرنده‌های هسته‌ای PPAR γ و PPAR α ، بیان ژن‌های مرتبط با متابولیسم گلوکز و چربی را تنظیم کرده و حساسیت به انسولین را بهبود می‌بخشند (۶۹). علاوه بر آن، بابونه با مهار آنزیم‌های گلوکونوژنز نظیر گلوکز-۶-فسفاتاز در کبد، موجب کاهش تولید داخلی گلوکز می‌شود که این مکانیسم به‌ویژه در کاهش قند خون ناشتا مؤثر است (۶۷). یکی دیگر از مکانیسم‌های کلیدی عصاره بابونه، خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن است. مطالعات نشان داده‌اند که مصرف بابونه فعالیت آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوکاتایون پراکسیداز را افزایش می‌دهد. این اثر موجب کاهش استرس اکسیداتیو و جلوگیری از آسیب به سلول‌های بتای پانکراس می‌شود و در نتیجه به حفظ ترشح انسولین کمک می‌کند (۲۶).

از مهم‌ترین محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم کنترل کالری مصرفی شرکت‌کنندگان و عدم بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرین و دوزهای متفاوت مکمل اشاره کرد. بنابراین، توصیه می‌شود در تحقیقات آینده این عوامل به‌صورت دقیق‌تری مورد بررسی قرار گیرند. همچنین با توجه به ارتباط ترکیبات فعال زیستی موجود در بابونه (مانند آپیزنین و کامازولن) با کاهش التهاب سیستمیک و مزمن به‌ویژه در شرایط چاقی و دیابت، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های مشابه، مارکرهای التهابی نظیر IL-6، IL-1 β ، TNF- α و CRP نیز مورد ارزیابی قرار گیرند تا نقش احتمالی این گیاه در بهبود وضعیت التهابی بیماران روشن‌تر شود.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که انجام تمرین مقاومتی کل بدن با مصرف مکمل عصاره بابونه می‌تواند موجب کاهش سطوح قند خون ناشتا، انسولین، مقاومت انسولینی و لیپوکالین ۲ در زنان دیابتی نوع ۲ شود و در جهت افزایش سلامت زنان مفید باشد.

تشکر و قدردانی

از همه آزمودنی‌هایی که در انجام این پژوهش شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

حمایت مالی:

پژوهش حاضر هیچگونه حمایت مالی از سازمان خاصی دریافت نکرده و برگرفته از پایاننامه کارشناسی ارشد است.

مشارکت نویسندگان:

همه نویسندگان به طور مساوی در تمام مراحل اجرای این پژوهش مشارکت داشتند.

تعارض منافع:

در این مقاله هیچ گونه تعارض منافی در دست نیست.

منابع

1. Zhao X, Wang Y, Zhou L, Ye A, Zhu Q. Changes of CA19-9 levels and related influencing factors in patients with type 2 diabetes mellitus after antidiabetic therapy. *Scientific Reports*. 2025;15(1):1264. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85807-4>.
2. Zhang Q, Liu H, Zhang J, Ouyang Y, Fu X, Xie C. The efficacy and safety of qiwei baizhu san in the treatment of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Pharmacology*. 2025;15:1501990. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1501990>.
3. Chandrasekaran P, Weiskirchen R. The role of obesity in type 2 diabetes mellitus—An overview. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(3):1882. <https://doi.org/10.3390/ijms25031882>.
4. Poon ETC, Li HY, Kong AP, Little JP. Efficacy of high-intensity interval training in individuals with type 2 diabetes mellitus: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2025. <https://doi.org/10.1111/dom.16220>.
5. Chandrasekaran P, Weiskirchen S, Weiskirchen R. Structure, functions, and implications of selected lipocalins in human disease. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(8):4290. <https://doi.org/10.3390/ijms25084290>.
6. Bandeira CP, Schaan BD, Cureau FV. Association of BMI and WC for insulin resistance and type 2 diabetes among Brazilian adolescents. *Jornal de Pediatria*. 2025;101(1):30-7. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.07.007>.
7. Lu S, Li Y, Qian Z, Zhao T, Feng Z, Weng X, Yu L. Role of the inflammasome in insulin resistance and type 2 diabetes mellitus. *Frontiers in Immunology*. 2023;14:1052756. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1052756>.
8. Norton L, Shannon C, Gastaldelli A, DeFronzo RA. Insulin: The master regulator of glucose metabolism. *Metabolism*. 2022;129:155142. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155142>.
9. Roden M, Petersen KF, Shulman GI. Insulin resistance in type 2 diabetes. *Textbook of diabetes*. 2024:238-49. <https://doi.org/10.1002/9781119697473.ch17>.
10. Goyal R, Singhal M, Jialal I. Type 2 diabetes. *StatPearls [Internet]*. 2023.
11. Lindstrom E, Deis J, Bernlohr DA, Chen X. Lipocalin 2 in Obesity and Diabetes: Insights into Its Role in Energy Metabolism. *Endocrines*. 2025;6(1):4. <https://doi.org/10.3390/endocrines6010004>.
12. Sólis-Suarez DL, Cifuentes-Mendiola SE, González-Alva P, Rodríguez-Hernández AP, Martínez-Dávalos A, Llamas-Hernandez FE, et al. Lipocalin-2 as a fundamental protein in type 2 diabetes and periodontitis in mice. *Journal of Periodontology*. 2024. <https://doi.org/10.1002/jper.24-0215>.
13. Qiu R, Cai Y, Su Y, Fan K, Sun Z, Zhang Y. Emerging insights into Lipocalin-2: Unraveling its role in Parkinson's Disease. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2024;177:116947. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.116947>.
14. Jaber SA, Cohen A, D'Souza C, Abdulrazzaq YM, Ojha S, Bastaki S, Adeghate EA. Lipocalin-2: Structure, function, distribution and role in metabolic disorders. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2021;142:112002. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112002>.
15. Mehrabi F, Safdari A, Moslemi A, Salehi M, Agharazi A, Rezvanfar MR. Efficacy of Ma'aljobon Aftimouni (Cuscuta Reflexa and whey) on HbA1c and blood glucose levels in patients with type 2 diabetes: a randomized triple-blind clinical trial. *Contemporary Clinical Trials Communications*. 2025;43:101401. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2024.101401>.

16. Akram W, Ahmed S, Rihan M, Arora S, Khalid M, Ahmad S, et al. An updated comprehensive review of the therapeutic properties of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *International Journal of Food Properties*. 2024;27(1):133-64. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2293661>.
17. Hajizadeh-Sharafabad F, Varshosaz P, Jafari-Vayghan H, Alizadeh M, Maleki V. Chamomile (*Matricaria recutita* L.) and diabetes mellitus, current knowledge and the way forward: A systematic review. *Complementary therapies in medicine*. 2020;48:102284. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102284>.
18. Parveen A, Perveen S, Naz F, Ahmad M, Khalid M. Chamomile. *Essentials of Medicinal and Aromatic Crops*: Springer; 2023. p. 1009-40. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35403-8_39.
19. Chiang SL, Heitkemper MM, Hung YJ, Tzeng WC, Lee MS, Lin CH. Effects of a 12-week moderate-intensity exercise training on blood glucose response in patients with type 2 diabetes: A prospective longitudinal study. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(36):e16860. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016860>.
20. Akbarpour M, Sabagheyani Rad S, Chamani N. Comparison of the effects of eight weeks of traditional resistance training and TRX on oxidative and antioxidant indicators in women with type 2 diabetes. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2023;16(3):66-75. <https://doi.org/10.48308/joeppa.2023.103908>. [In Persian].
21. Samadpour Masouleh S, Siahkhouhian M, Jafarnezhadgero A, Farzizadeh R. The Effect of Eight Weeks of TRX Resistance Training Along With Using Taurine Supplementation on Glycemic Indices of Type 2 Diabetic Females. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2022;11(4):548-59. <https://doi.org/10.32598/SJRM.11.4.2>. [In Persian].
22. Smith L, Snow J, Fargo J, Buchanan C, Dalleck L. The Acute and Chronic Health Benefits of TRX Suspension Training® in Healthy Adults. *International Journal of Research in Exercise Physiology*. 2016;11:1-15.
23. Mohammaddoost O, Shabkhiz F, Akbar Nejad A. Effect of six weeks of Total Body Resistance Training (TRX) and oral intake of aqueous extract of mango leaves (*Mangifera indica*) on serum TNF- α level and body mass index in non-athletic men. *Feyz Medical Sciences Journal*. 2024;28(3):281-9. <http://dx.doi.org/10.48307/FMSJ.2024.28.3.281>. [In Persian].
24. Movaghar F, Samadi A, Isanezhad A, Kharesi M. The effect of eight-week total-body resistance training (TRX) on hemodynamic parameters and body composition in overweight and obese pre-hypertensive women. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2024;17(3):56-70. <https://doi.org/10.48308/joeppa.2024.235981.1266>. [In Persian].
25. Zemestani M, Rafraf M, Asghari-Jafarabadi M. Chamomile tea improves glycemic indices and antioxidants status in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition*. 2016;32(1):66-72. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.07.011>.
26. Rafraf, M., Zemestani, M., & Asghari-Jafarabadi, M. (2015). Effectiveness of chamomile tea on glycemic control and serum lipid profile in patients with type 2 diabetes. *Journal of endocrinological investigation*, 38(2), 163–170. <https://doi.org/10.1007/s40618-014-0170-x>.
27. Akhgarjand, C., Moludi, J., Ebrahimi-Mousavi, S., Bagheri, A., Bavani, N. G., Beigmohammadi, M. T., & Malekhamadi, M. (2023). The effect of chamomile consumption on glycemic markers in humans and animals: a systematic review and meta-analysis. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 23(1), 189–198. <https://doi.org/10.1007/s40200-023-01345-8>.
28. Srivastava, J. K., Shankar, E., & Gupta, S. (2010). Chamomile: A herbal medicine of the past with bright future. *Molecular medicine reports*, 3(6), 895–901. <https://doi.org/10.3892/mmr.2010.377>.
29. McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2006). A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.). *Phytotherapy research : PTR*, 20(7), 519–530. <https://doi.org/10.1002/ptr.1900>.
30. Akbarpour BM, Ghanji M, HASANI M, Tape RG, Hashemi MR. Comparison of the Effect of Eight Weeks of Traditional Resistance Training and TRX on Muscle Injury Indices of Inactive Women. 2022. <https://sid.ir/paper/1002743/en>. [In Persian].
31. Haff GG, Dumke C. *Laboratory manual for exercise physiology: Human Kinetics*; 2021.
32. Jafari M, tartibian b, Tayebi SM. The effect of chamomile extract on antioxidant indices in young female futsal players. *New Approaches in Exercise Physiology*. 2023;5(9):102-17. doi: 10.22054/NASS.2023.76545.1147.
33. Denolin H. *Guidelines for exercise testing and prescription*, edited by American college of sports medicine lea & febiger, philadelphia (1991) 314 pages, illustrated, \$15.00 isbn: 0-8121-1324-1. Wiley Online Library; 1992. <https://doi.org/10.1002/clc.4960150224>.
34. Derakhti F, Ghorbanian B, Saberi Y. The effect of eight weeks of TRX exercises with sesame seed supplementation on serum levels of alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase and lipid profile in obese women. *Metabolism and Exercise*. 2023;13(2):115-30.
35. Gharah Dashkhany Gordeh Sh, Banaeifar AA, Kazemzadeh Y, Sedaghaty S, Molanorouzi K. The Effect of 8 TRX on Myeloperoxidase and Total Antioxidant Capacity as Indicators of Vascular Endothelial Function in Obese Women. *J Nutr Fast Health*. 2023; 11(3): 200-207. DOI: 10.22038/JNFH.2023.74009.1456.
36. Housaini SL, Eizadi M. The effect of 8 weeks TRX training on glutathione peroxidase (GPx) and hydrogen peroxide (H₂O₂) in sedentary middle-aged obese men. 2020. <https://sid.ir/paper/387656/en>. [In Persian].

37. Katsanis G, Chatzopoulos D, Barkoukis V, Lola AC, Chatzelli C, Paraschos I. Effect of a school-based resistance training program using a suspension training system on strength parameters in adolescents. *Journal of Physical Education and Sport*. 2021;21(5):2607-21. DOI:10.7752/jpes.2021.05349.
38. Irani E, Khorshidi D. The effect of total body resistance exercise and *Vaccinium arctostaphylos* supplementation on body composition and C-reactive protein in obese women. *Daneshvar Medicine*. 2021;29(3):66-77. <https://doi.org/10.22070/daneshmed.2021.14251.1058>. [In Persian].
39. Piralaee L, Barati AH, Hasanzadeh Ghafouri M. The Effect of Eight Weeks of TRX Training on the Pain, Quality of Life and Core Muscle Endurance and Quality of Life in Patients with Chronic Non-Specific Low Back Pain. *Irtiga Imin Pishgiri Masdumiyat*. 2022;10(1):1-11. doi: 10.22037/iipm.v10i1.34816. [In Persian].
40. Scott, D. A., Ponir, C., Shapiro, M. D., & Chevli, P. A. (2024). Associations between insulin resistance indices and subclinical atherosclerosis: A contemporary review. *American journal of preventive cardiology*, 18, 100676. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2024.100676>.
41. Fattahpour Marandi, M., & Babaei, S. (2023). Effect of 12 Weeks of Resistance and Aerobic Training on Serum Levels of CTRP-12 and LCN-2 in Women With Type-2 Diabetes. *Journal of Sport Biosciences*, 15(2), 43-55. <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.357093.1581>. [In Persian].
42. Atashak S, Stannard SR, Daraei A, Soltani M, Saeidi A, Moradi F, et al. High-intensity interval training improves Lipocalin-2 and Omentin-1 levels in men with obesity. *International journal of sports medicine*. 2022;43(04):328-35. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-254389/v1>.
43. Amini M, Abdi A, ABBASSI DA. Synergistic Effects of Aerobic Training and *Momordica Charantia* L. on Serum Lipocalins in Men with Type 2 Diabetes. 2020. doi: 10.22049/JAHSSP.2023.28394.1548. [In Persian].
44. Alipour Ghazichaki N, Abdi A, Barari A. The Effect of Pilates Training with Resveratrol on Serum Levels of Sestrin 2, Lipocalin 2, Oxidative Stress and Metabolic Syndrome in Obese Middle-Aged Women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023;10(2):94-109. doi: 10.22049/JAHSSP.2023.28394.1548. [In Persian].
45. Dehghani K, Mogharnasi M, Sarir H, Malekaneh M. Changes in lipocalin-2 levels after resistance training (RT) and consumption of spirulina microalgae in overweight and obese men. *Feyz Medical Sciences Journal*. 2021;25(5):1184-93. <http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-4422-en.html>. [In Persian].
46. Asadollahi Sohi Danial, Faizali Sanaz, & Gholami Mehrabadi Maedeh. (2024). The effect of eight weeks of moderate-intensity interval training with cumin extract consumption on lipocalin-2, interleukin-1 beta levels and body composition in obese women with hypertension. [In Persian].
47. Kaseb F, Yazdanpanah Z ,Biregani AN, Yazdi NB, Yazdanpanah Z. The effect of chamomile (*Matricaria recutita* L.) infusion on blood glucose, lipid profile and kidney function in type 2 diabetic patients: a randomized clinical trial. *Prog Nutr*. 2018;20(1):110-8.
48. Abubakar IB, Malami I, Yahaya Y, Sule SM. A review on the ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacology of *Alpinia officinarum* Hance. *Journal of Ethnopharmacology*. 2018;224:45-62. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.05.027>.
49. Safarzade A, Barzegari-Marzoni H, Talebi-Garakani E, Fathi R. Effect of Resistance Training on Plasma Lipocalin-2 Concentration, White Blood Cell Count, and Insulin Resistance Index in Type 2 Diabetic Men. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2017;13(25):187-96. <https://doi.org/10.22080/jaep.2017.1598>. [In Persian].
50. GHorbanian B, Esmaeilzadeh D. Effect of Progressive Resistance Training on Serum Lipocalin-2 and Lipid Profiles in In-active Men. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2017;18(5):378-85. <http://ijem.sbm.ac.ir/article-1-2106-en.pdf>. [In Persian].
51. Shemshaki, A., Hosseini, M., Saghebjo, M., & Arefi, R. (2016). The effect of 6 weeks of aerobic training on plasma levels of lipocalin-2, insulin and insulin resistance in streptozotocin-induced diabetic male rats. *Sport Physiology & Management Investigations*, 8(1), 51-61. [In Persian].
52. Jaber, S. A., Cohen, A., D'Souza, C., Abdulrazzaq, Y. M., Ojha, S., Bastaki, S., & Adeghe, E. A. (2021). Lipocalin-2: Structure, function, distribution and role in metabolic disorders. *Biomedicine & pharmacotherapy* = *Biomedecine & pharmacotherapie*, 142, 112002. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112002>.
53. Elkhidir, A. E., Eltaher, H. B., & Mohamed, A. O. (2017). Association of lipocalin-2 level, glycemic status and obesity in type 2 diabetes mellitus. *BMC research notes*, 10(1), 285. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2604-y>.
54. Mosialou, I., Shikhel, S., Luo, N., Petropoulou, P. I., Panitsas, K., Bisikirska, B., Rothman, N. J., Tenta, R., Cariou, B., Wargny, M., Sornay-Rendu, E., Nickolas, T., Rubin, M., Confavreux, C. B., & Kousteni, S. (2020). Lipocalin-2 counteracts metabolic dysregulation in obesity and diabetes. *The Journal of experimental medicine*, 217(10), e20191261. <https://doi.org/10.1084/jem.20191261>.
55. Domieh, A. M., & Khajehlandi, A. (2010). Effect of 8 weeks endurance training on plasma visfatin in middle-aged men. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 4(3), 174-179.
56. Wang Y, Lam KS, Kraegen EW, Sweeney G, Zhang J, Tso AW, et al. Lipocalin-2 is an inflammatory marker closely associated with obesity, insulin resistance, and hyperglycemia in humans. *Clinical chemistry*. 2007;53(1):34-41. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2006.075614>.

57. Law, I. K., Xu, A., Lam, K. S., Berger, T., Mak, T. W., Vanhoutte, P. M., Liu, J. T., Sweeney, G., Zhou, M., Yang, B., & Wang, Y. (2010). Lipocalin-2 deficiency attenuates insulin resistance associated with aging and obesity. *Diabetes*, 59(4), 872–882. <https://doi.org/10.2337/db09-1541>.
58. Liu, Y., Ye, W., Chen, Q., Zhang, Y., Kuo, C. H., & Korivi, M. (2019). Resistance Exercise Intensity is Correlated with Attenuation of HbA1c and Insulin in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), 140. <https://doi.org/10.3390/ijerph16010140>.
59. Su, W., Tao, M., Ma, L., Tang, K., Xiong, F., Dai, X., & Qin, Y. (2023). Dose-response relationships of resistance training in Type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in endocrinology*, 14, 1224161. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1224161>.
60. Wan, Y., & Su, Z. (2024). The Impact of Resistance Exercise Training on Glycemic Control Among Adults with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Biological research for nursing*, 26(4), 597–623. <https://doi.org/10.1177/10998004241246272>.
61. Samadpour Masouleh, S., Bagheri, R., Ashtary-Larky, D., Cheraghloo, N., Wong, A., Yousefi Bilesvar, O., Suzuki, K., & Siahkouhian, M. (2021). The Effects of TRX Suspension Training Combined with Taurine Supplementation on Body Composition, Glycemic and Lipid Markers in Women with Type 2 Diabetes. *Nutrients*, 13(11), 3958. <https://doi.org/10.3390/nu13113958>.
62. Gholinezhad E, Tofighi A, Khodaei K, Behzadi F. 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. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2025. doi:10.22077/jpsbs.2025.9113.1955. [In Persian].
63. Rostamizadeh Mehdi, Elmiyeh Alireza, & Shabani Ramin. (2019). The effect of 8 weeks of resistance training on adiponectin levels, insulin resistance and sensitivity, and glycosylated hemoglobin in overweight men. <https://sid.ir/paper/967125/fa>. [In Persian].
64. Sari-Sarraf V, Amirsasan R, Halalkhor F. Effect of concurrent training and flaxseed supplementation on Insulin Indicators and body composition in overweight women. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2018;21(8):9-21. <https://doi.org/10.22038/ijogi.2018.11963>. [In Persian].
65. Qadir, R., Sculthorpe, N. F., Todd, T., & Brown, E. C. (2021). Effectiveness of Resistance Training and Associated Program Characteristics in Patients at Risk for Type 2 Diabetes: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine - open*, 7(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00321-x>.
66. Akhgarjand, C., Moludi, J., Ebrahimi-Mousavi, S., Bagheri, A., Bavani, N. G., Beigmohammadi, M. T., & Malekhamadi, M. (2023). The effect of chamomile consumption on glycemic markers in humans and animals: a systematic review and meta-analysis. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 23(1), 189–198. <https://doi.org/10.1007/s40200-023-01345-8>.
67. Kermanian S, Mozaffari-Khosravi H, Dastgerdi G, Zavar-Reza J, Rahmanian M. The Effect of Chamomile Tea versus Black Tea on Glycemic Control and Blood Lipid Profiles in Depressed Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Nutrition and Food Security*. 2018;3(3):157-66. <http://jnfs.ssu.ac.ir/article-1-197-en.html>. [In Persian].
68. Weidner, C., Wowro, S. J., Rousseau, M., Freiwald, A., Kodelja, V., Abdel-Aziz, H., Kelber, O., & Sauer, S. (2013). Antidiabetic effects of chamomile flowers extract in obese mice through transcriptional stimulation of nutrient sensors of the peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR) family. *PloS one*, 8(11), e80335. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080335>.