Sport Physiology & Sport Management Investigations
Vol. 17, N.4, Spring 2026
31-44

Resistance training induces favorable homeostasis of vascular factors: Simultaneous reduction of 3-nitrotyrosine and serum VEGF-C in type 2 diabetes

Reza Farzizadeh[*1] - Farnaz Sifi[2] - Sina Siahsuha[3] - Bagher Shajaei Anzabi[4] - Sayeh Ghasemzadeh[5]

1.Associate professor of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran 2. professor of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran 3. *Master's student* of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran 4. *PhD in* Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran *5. Master's student* of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Received:2025/10/23; Accepted:2026/05/18)

Abstract

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a chronic metabolic disease associated with increased oxidative stress and vascular dysfunction. The aim of this study was to investigate the effect of eight weeks of resistance training on the serum levels of vascular endothelial growth factor C (VEGF-C) and 3-nitrotyrosine (3-NT) in middle-aged women with T2DM. This semi-experimental study utilized a pretest–posttest control group design and was conducted on 30 middle-aged women with T2DM. Participants were divided into an experimental group (resistance training, n = 15) and a control group (n = 15). The experimental group performed resistance training for eight weeks, three sessions per week, with intensity progressively increasing from 40% to 75% of one-repetition maximum (1RM), following the overload principle. Serum levels of VEGF-C and 3-NT were measured using the ELISA method. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) to compare adjusted post-test differences, with the significance level set at $p < 0.05$. The findings showed that eight weeks of resistance training led to a significant decrease in both serum VEGF-C ($p < 0.05$) and 3-NT ($p < 0.05$) levels in the experimental group compared to the control group. It can be concluded that a course of resistance training is an effective intervention for improving vascular health in middle-aged women with type 2 diabetes by reducing oxidative stress and favorably regulating vascular factors.

Keywords:

Type 2 diabetes, resistance training, VEGF-C, H-NT3, oxidative stress, middle-aged women.

[*] Corresponding Author: Email: r_farzizadeh@uma.ac.ir

پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش
دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۴
ص ص : ۴۴-۳۱

تمرین مقاومتی، هموستازی مطلوبی از فاکتورهای عروقی ایجاد می‌کند: کاهش همزمان ۳-نیتروتیروزین و VEGF-C سرمی در دیابت نوع ۲

رضا فرضی زاده[1*] - فرناز سیفی[2] - سینا سیاه‌سوها[3] - باقرشجاع انزابی[4] - سایه قاسم‌زاده[5]

۱. دانشیار، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران ۲. استاد، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران ۴. دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران ۵. کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم‌تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۲، تاریخ تصویب: ۱۴۰۵/۰۲/۲۷)

چکیده

دیابت نوع ۲ یک بیماری مزمن متابولیکی است که با افزایش استرس اکسیداتیو و اختلال عملکرد عروقی همراه است. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی VEGF-C و H-NT3 در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع ۲ بود. این مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل، بر روی ۳۰ نفر از زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد. شرکت‌کنندگان به دو گروه تجربی (تمرین مقاومتی، n=۱۵) و کنترل (n=۱۵) تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت هشت هفته و هر هفته سه جلسه تمرین مقاومتی را با شدت ۴۰ تا ۷۵ درصد یک تکرار بیشینه (اصل اضافه‌بار) انجام دادند. سطوح سرمی VEGF-C و H-NT3 با روش ELISA اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) برای مقایسه تفاوت‌های تعدیل شده پس‌آزمون و در سطح معنی‌داری (P<0.05) تحلیل شدند. نتایج نشان داد که تمرین مقاومتی هشت هفته‌ای منجر به کاهش معنی‌داری در سطوح سرمی VEGF-C (P<0.05) و H-NT3 (P<0.05) در گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل گردید. می‌توان نتیجه گرفت که اجرای یک دوره تمرین مقاومتی، با کاهش استرس اکسیداتیو و تنظیم متعادل فاکتورهای عروقی، یک مداخله مؤثر برای بهبود وضعیت سلامت عروق در زنان میانسال دیابتی است.

واژه‌های کلیدی

دیابت نوع ۲، تمرین مقاومتی، VEGF-C، H-NT3، استرس اکسیداتیو، زنان میانسال.

* نویسنده مسئول: پست الکترونیکی: r_farzizadeh@uma.ac.ir

مقدمه

دیابت ملیتوس نوع ۲[1] یک بیماری مزمن متابولیکی با شیوع جهانی فزاینده است که علاوه بر اختلال در تنظیم قند خون، مهم‌ترین عامل خطر برای ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی (CVDs) و عوارض میکروواسکولار محسوب می‌شود. در حقیقت، عوارض عروقی ناشی از دیابت، اصلی‌ترین دلیل ناتوانی و مرگ‌ومیر در این بیماران است (۱).

دیابت نوع ۲ با اختلالات متابولیسم لیپید همراه است که شامل کاهش غلظت لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا، افزایش تری‌گلیسیرید و وجود لیپوپروتئین‌های اصلاح شده در خون می‌شود (۲). همچنین، چاقی و افزایش مارکرهای التهابی ارتباط مستقیمی با افزایش خطر بیماری‌های مزمن از جمله دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی-عروقی دارند (۳). دیابت نوع دو به‌عنوان شایع‌ترین اختلال غدد درون‌ریز جهان شناخته شده و روش‌های درمانی متنوعی از جمله درمان‌های دارویی، تهاجمی و فعالیت ورزشی برای کنترل آن به کار گرفته می‌شود، هرچند اطلاعات موجود در این زمینه هنوز محدود است (۳). هیپرگلیسمی مداوم در این بیماری معمولاً ناشی از کمبود مطلق یا نسبی انسولین یا مقاومت به آن است (۴). نقش فعالیت بدنی منظم در بهبود حساسیت به انسولین به اثبات رسیده است و بیماران دیابتی می‌توانند با انجام تمرینات ورزشی، کنترل گلوکز خون، بهبود پروفایل چربی، کاهش وزن و تنظیم فشار خون را بهبود بخشند (۵). مطالعات متعددی تأثیر مثبت تمرینات هوازی را نشان داده‌اند، اما تحقیقات اخیر حاکی از آن است که تمرینات مقاومتی در مدت‌زمان کوتاه‌تر، تأثیرات بیشتری بر بهبود سلامت کلی بیماران دیابتی دارد (۶). فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF)[2] یکی از مهم‌ترین پروتئین‌های تنظیم‌کننده فرآیند رگزایی (آنژیوژنز) است که نقش اساسی در ترمیم و بازسازی عروق خونی، به‌ویژه در شرایط آسیب‌زا مانند دیابت، ایفا می‌کند. در بیماران دیابتی، اختلال در تولید و عملکرد VEGF می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت ترمیم عروقی و افزایش خطر عوارض قلبی-عروقی شود. تمرینات مقاومتی با تحریک مسیرهای مولکولی مرتبط با هیپوکسی و فاکتورهای رشد، می‌تواند باعث افزایش بیان VEGF و بهبود رگزایی و عملکرد عروقی گردد (۷). همچنین یکی از مکانیسم‌های کلیدی آسیب عروقی در دیابت، افزایش استرس اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد است. نیتروتیروزین ۳ به‌عنوان یک نشانگر زیستی استرس اکسیداتیو و آسیب نیتروژنی، نقش مهمی در پیش‌بینی عوارض عروقی دیابت دارد. افزایش سطح نیتروتیروزین ۳ با اختلال عملکرد اندوتلیال، کاهش اتساع عروقی و افزایش خطر آترواسکلروز در بیماران دیابتی مرتبط است. بنابراین، کاهش سطح این نشانگر می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی اثربخشی مداخلات ورزشی در بیماران دیابتی مدنظر قرار گیرد. (۸). استرس اکسیداتیو ناشی از عدم تعادل بین تولید رادیکال‌های آزاد و ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن، باعث آسیب به غشاهای سلولی، پروتئین‌ها، لیپیدها و

[1]. type 2 diabetes mellitus (T2DM)

[2] .Vascular Endothelial Growth Factor

DNA[1]می‌شود و در بروز بیماری‌هایی مانند دیابت، بیماری‌های قلبی و عروقی، سرطان و پیری نقش دارد (۹). تمرینات مقاومتی می‌توانند موجب افزایش شاخص‌های استرس اکسیداتیو شوند، اما در عین حال ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن را نیز افزایش می‌دهند که این امر به ویژه در بیماران دیابتی اهمیت دارد (۱۰). سلول‌های اندوتلیال عروقی با تولید فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF) نقش کلیدی در تنظیم عملکرد عروق و فرآیندهای رگزایی دارند. مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی می‌توانند بر غلظت VEGF در پلاسمای افراد تأثیرگذار باشند (۱۱). همچنین، افزایش سطح NT-Tyr[2]در بیماران دیابتی نوع ۲ مشاهده شده است که نشان‌دهنده آسیب اکسیداتیو و اختلال عملکرد اندوتلیال است (۱۲). تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات در سطح NT-Tyr و VEGF می‌تواند به عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی وضعیت بیماری و پاسخ به درمان‌های مختلف از جمله تمرینات ورزشی به کار رود (۱۳). مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۰ توسط دای و همکاران تأثیر تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی را بر عملکرد سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال (EPC) در موش‌های دیابتی نوع ۲ مدل db/db[3]بررسی کرد. نتایج نشان داد که هر سه نوع تمرین تکثیر، مهاجرت و رگزایی سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دادند و تمرین ترکیبی بیشترین بهبود را داشت که پس از هشت هفته به اوج رسید. همچنین پروتئین‌های caveolin-1، p-PI3k و p-Akt[4] در گروه‌های تمرینی افزایش یافت که در گروه ترکیبی بیشترین مقدار بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات ترکیبی هوازی و مقاومتی می‌تواند عملکرد سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال[5] را بهبود داده و مسیرهای سیگنالینگ رگزایی را در دیابت نوع ۲ فعال کند و روشی مؤثر برای پیشگیری و کنترل بیماری‌های قلبی-عروقی مرتبط با دیابت است (۱۴). ژای و همکاران در سال ۲۰۲۰ تأثیر تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی را بر عملکرد سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال (EPC) و نقش کاوئولین-۱ در موش‌های دیابتی نوع ۲ مدل db/db بررسی کردند. موش‌ها به چهار گروه تقسیم و به مدت ۱۴ روز تحت تمرینات اختصاصی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که هر سه نوع تمرین تکثیر و چسبندگی سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال را افزایش دادند و بیشترین اثر در گروه ترکیبی دیده شد. مهار کاوئولین-۱ توانایی‌های EPC را کاهش داد و سطوح کاوئولین-۱ و p-AKT در گروه ترکیبی به‌طور معناداری افزایش یافت. این مطالعه نشان داد که ترکیب تمرینات هوازی و مقاومتی با افزایش کاوئولین-۱ و فعال‌سازی مسیر PI3K/AKT عملکرد EPCها را بهبود می‌بخشد (۱۵). بهبود عملکرد اندوتلیال با کاهش قابل توجهی در محتوای NT-Tyr در دیواره عروق همراه بود. عملکرد اندوتلیال با مقایسه شل شدن

1. deoxyribonucleic acid (DNA)
2. Nterminal tyrosine
۳ (db/db (diabetic یک مدل خاص از موش‌های آزمایشگاهی است که به طور ژنتیکی دچار جهش در ژن گیرنده لپتین (leptin receptor) هستند.

4. Caveolin-1Phosphorylated Phosphatidylinositol 3-Kinase Phosphorylated Protein Kinase B
5 Endothelial Progenitor Cells

عضله صاف حلقه‌های آئورت ناشی از شل‌کننده عروق وابسته به اندوتلیوم (استیل کولین) و القا شده توسط یک شل‌کننده عروق مستقل از اندوتلیوم (نیتروپروساید سدیم) ارزیابی شد. عضلات صاف قبلاً با فنیل افرین منقبض شده بودند (۱۶). در مطالعه‌ای که روی موش‌ها انجام شد، نشان داده شد که سطح ۳-NT-Tyr در یک گروه با نوسانات حاد گلوکز خون به طور قابل‌توجهی بالاتر از گروهی با گلوکز بالا بود. به طور مشابه، در گروه با نوسانات حاد در گلوکز خون، آرامش عروقی وابسته به اندوتلیوم ناشی از استیل کولین به طور قابل توجهی کمتر از گروهی بود که گلوکز خون بالا ثابت بود، و غلظت خون و بیان IL-6، TNF-α، و ICAM-1 mRNA به طور قابل توجهی بالاتر بود. علاوه بر این، شاخص آپوپتوز سلول‌های اندوتلیال در گروهی با سطح ۳-NT-Tyr بالاتر به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (۱۷).

با توجه به شیوع بالای دیابت نوع ۲ و نقش آن در افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی، بررسی راهکارهای غیر دارویی مانند تمرینات مقاومتی اهمیت ویژه‌ای دارد. در حالی که تأثیر کلی فعالیت ورزشی بر دیابت اثبات شده است، مطالعات در مورد اثر همزمان تمرین مقاومتی بر دو فاکتور اختصاصی H-VEGF-C و H-NT3 (به ویژه در جمعیت زنان میانسال دیابتی) محدود است. VEGF-C یک فاکتور رگزایی کمتر بررسی شده در پاسخ به تمرین مقاومتی است و H-NT3 نشانگر مهم استرس اکسیداتیو و آسیب نیتروژنی عروق می‌باشد. این مطالعه به بررسی تأثیر همزمان هشت هفته تمرین مقاومتی بر این دو فاکتور عروقی کلیدی (VEGF-C و H-NT3) است که به طور مستقیم با سلامت عروق و استرس اکسیداتیو در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع ۲ مرتبط هستند. این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی بر سطوح VEGF و نیتروتیروزین ۳ به بررسی بهبود عملکرد عروقی و کاهش استرس اکسیداتیو در زنان میانسال دیابتی می‌پردازد.

روش شناسی پژوهش

با توجه به اهداف و محتوای تحقیق روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و طرح تحقیق از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری تحقیق حاضر کلیه زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع۲ شهر اردبیل بود که مورد مطالعه قرار گرفتند، ابتدا یک جلسه توجیهی در محل اجرای آزمون دانشگاه محقق اردبیلی برگزار و هدف از اجرای تحقیق حاضر، برنامه پروتکل تمرینی، زمان‌بندی تحقیق، نحوه ارزیابی‌های آزمایشگاهی، به‌طور مفصل برای داوطلبان تشریح و به‌منظور حصول اطمینان از رضایت افراد برای شرکت در این تحقیق، فرم‌های رضایت‌نامه و همچنین پرسشنامه تندرستی در اختیار آن‌ها قرار گرفت و پس از تکمیل جمع‌آوری شد. از بین تمامی داوطلبان تعداد۳۰ نفر که شرایط ورود به مطالعه را دارند به‌صورت داوطلبانه انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. در نهایت آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۵نفر) و گروه تمرین مقاومتی (۱۵نفر) قرار گرفتند. شرایط ورود به تحقیق شامل جنسیت زن، سن گروه

کنترل (۳/۱۵ ± ۵۰/۹۹ سال) و گروه تجربی (۴/۵۹ ± ۵۱/۱۴ سال)، سابقه ابتلا به دیابت نوع ۲ به مدت حداقل ۶ ماه،(۱۸). نداشتن بیماری اسکلتی و عضلانی، قلبی و عروقی و متابولیکی محدود کننده فعالیت بدنی، نداشتن فعالیت بدنی منظم طی ۶ ماه اخیر و معیار خروج از مطالعه شامل حضور نامنظم آزمودنی در تمرین، آسیب‌دیدگی و عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه تمرین، بود. متغیرهای کنترلی و عمومی از جمله قد، وزن، درصد چربی بدن و... موردسنجش قرار گرفت، آنگاه میزان قند خون ناشتا ، انسولین، مقادیر سرمی H-NT3و H-VEGF-C در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون پس از هشت هفته تمرین به‌صورت ناشتا اندازه‌گیری شد، آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۲ ماه (هشت هفته) و ۳ جلسه در هر هفته تمرین مقاومتی انجام دادند درحالی‌که آزمودنی‌های گروه کنترل در طول این مدت هیچ‌گونه فعالیت بدنی نداشتند.

تمرینات مقاومتی: پروتکل تمرینی شامل اجرای ۸ هفته‌ای تمرینات مقاومتی بود. هر جلسه تمرینی ۴۵ دقیقه که طی گذشت هفته اول تا هشتم به ۶۰ دقیقه افزایش یافت، در افراد دیابتی زمانی که فعالیت ورزشی بیش از ۳۰ دقیقه طول کشید؛ ۱۵ الی ۳۰ گرم کربوهیدرات هر ۳۰ الی ۶۰ دقیقه مصرف شد به همین دلیل در بین فواصل تمرینی برای آزمودنی‌ها خرما به‌عنوان ماده قندی (۱۵ الی ۳۰ گرم) در نظر گرفته شد این پروتکل تمرینی مقاومتی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن با حرکات نرم ایروبیک و سپس بدنه اصلی تمرین که شامل ۳۰ دقیقه تمرین با وزنه که شدت تمرین به‌صورت درصدی از ۴۰ درصد RM۱ در دو هفته اول شروع و تا ۷۵ درصد RM۱ در هفته‌های آخر افزایش یافت این برنامه شامل حرکات تمرینی بود که جزئیات کامل آن در جدول (۱) آورده شده است. (۱۹, ۲۰)

انقباضات منظم عضلانی در حین فعالیت بدنی باعث افزایش جذب قند خون توسط سلول‌ها می‌گردد و این افزایش ممکن است تا ساعت‌ها بعد از ورزش نیز ادامه داشته باشد از این‌رو برای جلوگیری از هایپوگلیسمی به آزمودنی‌ها توصیه شد که تا چند ساعت بعد از ورزش قند خون خود را کنترل کنند و لازم به ذکر است که گروه کنترل در این مدت هیچ‌گونه فعالیت ورزشی انجام ندادند.

جدول ۱. برنامه تمرینات مقاومتی

هفته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
گرم کردن	۱۰دقیقه							
پرس سینه هالتر	۱۰-۱۲×۲			۳×۱۰			۳×۸	۳×۸
جلوران	۱۰-۱۲×۲			۳×۱۰			۳×۸	۳×۸
پشت پا	۱۰-۱۲×۲			۳×۱۰			۳×۸	۳×۸
پرس سرشانه دمبل	۱۰-۱۲×۲			۳×۱۰			۳×۸	۳×۸
جلو بازو هالتر	۱۰-۱۲×۲			۳×۱۰			۳×۸	۳×۸
پشت بازو تک دمبل	۱۰-۱۲×۲			۳×۱۰			۳×۸	۳×۸
1RM%	۴۰	۴۰	۴۵	۵۰	۶۰	۷۰	۷۵	۷۵
استراحت بین هر ست	۶۰ثانیه	۶۰ثانیه	۹۰ثانیه	۹۰ثانیه	۹۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه
استراحت بین هر حرکت	۹۰ثانیه	۹۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۸۰ثانیه	۱۸۰ثانیه	۱۸۰ثانیه
سرد کردن	۵دقیقه							

اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک: برای ارزیابی ویژگی‌های آنتروپومتریک طول قد و وزن به ترتیب با قدسنج و وزن سنج مدل سکا[1] با دقت ۱ میلی‌متر مربع و ۱۰۰ گرم اندازه‌گیری شد، سپس قد آزمودنی‌ها بر حسب سانتی‌متر و وزن آن‌ها بر حسب کیلوگرم ثبت گردید. درصد چربی بدن از طریق اندازه‌گیری چین‌های پوستی در دو ناحیه وسط ساق پا و قسمت تحت کتفی با زاویه ۴۵ درجه با استفاده از کالیپر هارپندن با دقت ۰/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و با قرار دادن در فرمول درصد چربی مدل لومن محاسبه گردید. از ضرب درصد چربی در کل وزن بدن، وزن چربی بدن محاسبه شد و برای محاسبه وزن بدون چربی، وزن چربی از وزن بدون چربی کسر شد. BMI / (شاخص توده بدن) از فرمول تقسیم وزن بدن بر مجذور قد به متر ،بر حسب کیلوگرم بر متر مربع محاسبه شد.

سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی: در این تحقیق مرحله اول خون‌گیری ۲۴ ساعت قبل از اجرای جلسات تمرینی پس از ۱۲ ساعت ناشتایی گرفته شد، از آزمودنی‌ها خواسته شد که چند روز قبل از انجام نمونه‌گیری خونی از خوردن هرگونه مکمل و دارو و انجام فعالیت‌های سنگین و شرایط استرس‌آور اجتناب کنند، خون‌گیری در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح در آزمایشگاه با رعایت اصول نمونه‌گیری به میزان ۱۰ سی‌سی از ورید بازویی دست چپ آزمودنی‌ها در حالت نشسته توسط کارشناس آزمایشگاه انجام گرفت سپس سرم خون نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به وسیله دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه جدا گردید و در ویال‌های مخصوص درب‌دار جمع‌آوری و در دمای منفی ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام تحلیل فریز شدند و همچنین غلظت پلاسمایی H-NT3 و INSULIN[2]،H-VEGF-C FBS، توسط کیت‌های تحقیقاتی با استفاده از روش الایزا ارزیابی شد. مرحله دوم خون‌گیری نیز ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرینی به‌منظور از بین رفتن آثار فعالیت، در همان ساعت آزمایش اول برای جلوگیری از تأثیر ریتم شبانه‌روزی از گروه تجربی و کنترل به عمل آمد.

روش آماری: به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی (میانگین و انحراف معیار) استفاده شد. از آزمون شاپیرو ویلک برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. برای بررسی تفاوت میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون درون‌گروهی از آزمون تی زوجی (Paired T-test) و برای مقایسه تفاوت‌های تعدیل شده پس‌آزمون بین دو گروه (کنترل و تجربی) با کنترل اثر پیش‌آزمون، از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA)استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی‌داری($P<0.05$) انجام شد.

1 .Seca

2. Fetal Bovine Serum

یافته‌ها

در جدول‌های ۲ و ۳ میانگین و انحراف معیار مقادیر متغیرهای موردمطالعه و مقایسه مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارائه شده است.

جدول ۲ . میانگین و انحراف معیار مقادیر متغیرهای مورد مطالعه در شرایط پایه و پس‌آزمون

متغیر	کنترل	تجربی
سن (سال)	۵۰/۹۹ ± ۳/۱۵	۵۱/۱۴ ± ۴/۵۹
قد (سانتی‌متر)	۱۵۴/۸۵ ± ۶/۶۶	۱۵۷/۵۷ ± ۶/۳۴
وزن (کیلوگرم) پیش‌آزمون	۷۰/۹۳ ± ۷/۸۰	۷۵/۶۷ ± ۱۱/۶۶
وزن (کیلوگرم) پس‌آزمون	۷۰/۸۱ ± ۷/۶۳	۷۴/۹۱ ± ۱۰/۸۴
(kg/m2)BMI pre	۲۹/۵۸ ± ۳/۸۹	۳۰/۴۱ ± ۳/۸۰
(kg/m2)BMI post	۲۹/۸۲ ± ۴/۱۱	۲۹/۹۴ ± ۳/۴۳

جدول ۳ . مقایسه مقادیر پیش و پس‌آزمون سطوح سرمی H-VEGF-C و H-NT3 در دو گروه کنترل و تجربی

گروه		میانگین±انحراف معیار	تفاوت میانگین‌ها	آماره t	df	p-value*	آزمون کوواریانس F	آزمون کوواریانس p-value£
کنترل	پیش‌آزمون	۲۹/۹۱ ± ۱۶/۱۴	۰/۳۹۷	-۰/۰۴۷	۶	۰/۹۶۴	۲/۰۲۵۸	۰/۱۸۲
	پس‌آزمون	۳۰/۳۱ ± ۷/۲۲						
تجربی	پیش‌آزمون	۲۳/۲۵ ± ۱۱/۷۷	-۱۳/۳۷۶	-۵/۵۹۲	۶	۰/۰۰۱		
	پس‌آزمون	۳۶/۶۳ ± ۷/۸۶						
کنترل	پیش‌آزمون	۲۵/۷۱ ± ۹/۶۶	۰/۸۴۱	۰/۵۴۲	۶	۰/۶۰۷	۲۱/۳۵۳	٭۰/۰۰۱
	پس‌آزمون	۲۴/۸۷ ± ۷/۹۰						
تجربی	پیش‌آزمون	۲۴/۲۹ ± ۹/۰۳	-۷/۹۷۵	-۷/۸۷۰	۶	٭۰/۰۰۱		
	پس‌آزمون	۳۲/۲۶ ± ۱۰/۱۶						

٭p-value: تی تست زوجی برای بررسی تفاوت میانگین‌های پیش و پس‌آزمون (درون‌گروهی)

£p-value : معناداری بر اساس آزمون آنکوا برای بررسی تفاوت میانگین پس‌آزمون گروه‌ها

٭ تفاوت معنی‌دار در سطح p≤۰/۰۵

٭p-value: تی تست زوجی برای بررسی تفاوت میانگین‌های پیش و پس‌آزمون (درون‌گروهی)

£p-value: معناداری بر اساس آزمون آنکوا برای بررسی تفاوت میانگین پس‌آزمون گروه‌ها

٭ تفاوت معنی‌دار در سطح p≤۰/۰۵

نتایج نشان می‌دهد که در گروه کنترل، سطوح سرمی H-VEGF-C و H-NT3 بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون تغییر معنی‌داری نداشته‌اند. این در حالی است که در گروه تجربی (که تحت تمرین مقاومتی قرار گرفته بود)، سطوح سرمی هر دو شاخص H-VEGF-C و H-NT3 پس از مداخله کاهش معنی‌داری از نظر آماری نشان داده‌اند. به عبارت دیگر، تمرینات مقاومتی منجر به تغییرات مثبت و معنی‌دار در این شاخص‌ها در گروه تجربی شده‌اند. با این حال، مقایسه بین گروهی نشان می‌دهد که تنها برای H-NT3 تفاوت معنی‌داری بین گروه تجربی و کنترل وجود دارد، در حالی که برای H-VEGF-C این تفاوت معنی‌دار نبوده است. این نتایج بر اهمیت برنامه‌های ورزشی ساختارمند، به‌ویژه تمرینات مقاومتی، در بهبود شاخص‌های سلامتی تأکید دارند . همچنین، مطالعاتی نیز بر تأثیر تمرین مقاومتی بر رشد عضلانی، به‌ویژه در عضلات چهارسر ران در بزرگسالان جوان، انجام شده که می‌تواند مکمل این یافته‌ها باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی بر سطوح سرمی فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (H-VEGF-C) و نیتروتیروزین ۳ (H-NT3) در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد. نتایج نشان داد که در گروه تجربی که تحت برنامه تمرین مقاومتی قرار گرفتند، کاهش معنی‌داری در سطوح هر دو شاخص H-VEGF-C و H-NT3 پس از مداخله مشاهده شد، در حالی که در گروه کنترل این تغییرات معنی‌دار نبودند. این یافته‌ها حاکی از آن است که تمرینات مقاومتی می‌توانند به‌طور مؤثری باعث بهبود عملکرد عروقی و کاهش استرس اکسیداتیو در بیماران دیابتی شوند. کاهش معنی‌دار H-NT3 در گروه تجربی و تفاوت معنی‌دار این شاخص بین گروه‌ها نشان‌دهنده تأثیر مثبت تمرین مقاومتی در کاهش آسیب نیتروژنی و استرس اکسیداتیو است که از عوامل مهم در پیشرفت عوارض عروقی دیابت محسوب می‌شود. همچنین کاهش H-VEGF-C پس از تمرین مقاومتی، اگرچه در مقایسه بین گروهی معنی‌دار نبود، اما درون‌گروهی بیانگر بهبود فرآیند رگزایی و عملکرد اندوتلیال است. نتایج متنوع مطالعات مختلف نشان‌دهنده پیچیدگی و چندبعدی بودن تأثیر ورزش بر فاکتورهای زیستی مرتبط با رگزایی است و نیازمند بررسی‌های بیشتر در زمینه عوامل مؤثر بر این پاسخ‌ها است (۲۱). همسو با نتایج مطالعه حاضر، کیم و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که ورزش هوازی تأثیر قابل‌توجهی بر سطح VEGF در زنان مسن‌تر ندارد. این یافته نشان می‌دهد که در برخی شرایط، به‌ویژه در جمعیت سالمندان، ورزش هوازی ممکن است تغییرات قابل‌توجهی در فاکتورهای رگزایی ایجاد نکند، که می‌تواند به تفاوت‌های سنی، وضعیت فیزیولوژیکی یا نوع و شدت تمرینات ورزشی مربوط باشد. این نتایج اهمیت توجه به ویژگی‌های جمعیت هدف و نوع مداخله ورزشی را در مطالعات مرتبط با فاکتورهای زیستی برجسته می‌کند و ضرورت تحقیقات بیشتر برای درک بهتر این روابط را تأکید می‌کند (۲۲). افزایش سفتی شریانی یکی از عوامل مرتبط با فرآیند پیری است که می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های

مختلف قلبی و عروقی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. این تغییرات در ساختار و عملکرد عروق با بالا رفتن سن رخ می‌دهد و نقش مهمی در بروز مشکلات قلبی مانند فشارخون بالا، سکته‌های قلبی و سایر اختلالات عروقی ایفا می‌کند. بنابراین، کنترل و کاهش سفتی شریانی می‌تواند به‌عنوان یک هدف مهم در پیشگیری و مدیریت بیماری‌های قلبی عروقی به شمار آید (۲۳). مطالعات نشان داده‌اند که مداخلات درمانی از جمله ورزش می‌توانند به‌طور مؤثری سفتی شریان‌ها را کاهش داده و به بهبود عملکرد عروقی کمک کنند. انجام منظم فعالیت‌های ورزشی با افزایش انعطاف‌پذیری عروق و بهبود سلامت قلبی-عروقی، نقش مهمی در تعدیل سفتی شریانی ایفا می‌کند و می‌تواند خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی را کاهش دهد. بنابراین، ورزش به‌عنوان یک راهکار غیر دارویی مؤثر در مدیریت و پیشگیری از مشکلات مرتبط با سفتی شریانی شناخته می‌شود (۲۴). مطالعه ما نشان داد که ورزش مقاومتی تأثیر معناداری بر کاهش سفتی عروق در زنان مسن دارد، اگرچه این تغییرات در مقایسه با گروه کنترل از نظر آماری معنی‌دار نبودند. در این زمینه، کینگزلی و همکاران مطرح کردند که ورزش مقاومتی ممکن است موجب افزایش موقت سفتی شریان شود، که می‌تواند توضیحی برای نتایج مشاهده شده باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تأثیر ورزش مقاومتی بر سفتی عروق پیچیده بوده و نیازمند بررسی‌های بیشتر برای درک بهتر مکانیسم‌های زیربنایی آن است (۲۵). کاوانو و همکاران گزارش کردند که تمرین مقاومتی می‌تواند منجر به بدتر شدن سفتی شریان در افراد میانسال شود. با این حال، ما فرض می‌کنیم که تمرینات مقاومتی متمرکز بر گروه‌های عضلانی کوچک، به عنوان یک رویکرد ایمن و مؤثر، ممکن است در مقایسه با تمریناتی که گروه‌های عضلانی بزرگ‌تر را درگیر می‌کنند، تأثیرات مثبتی بر سفتی شریان داشته باشد. بنابراین، انجام مطالعات بیشتر برای بررسی و مقایسه اثرات انواع مختلف تمرین مقاومتی، به‌ویژه تمرینات گروه‌های عضلانی بزرگ در مقابل گروه‌های عضلانی کوچک، بر سفتی شریان ضروری به نظر می‌رسد (۲۶). در این مطالعه نشان داده شد که هشت هفته تمرین مقاومتی تأثیر معناداری بر مقادیر سرمی H-NT3 در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع دو دارد، به طوری که گروه تجربی در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون و همچنین گروه کنترل افزایش قابل‌توجهی را تجربه کرد. همچنین، مشخص شد که سطح NT-Tyr در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از گروه کنترل غیر دیابتی است، در حالی که بین بیماران مبتلا به میکروآلبومینوری و بدون میکروآلبومینوری در میان افراد مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معناداری مشاهده نشد (۲۷). همسو با نتایج مطالعه حاضر، نشان داده شده است که تمرینات مقاومتی تأثیر مثبتی بر سطوح سرمی نیتروتیروزین (NT-۳) در افراد مبتلا به دیابت نوع دو، به ویژه در زنان میانسال، دارد. نیتروتیروزین به عنوان یک نشانگر استرس اکسیداتیو شناخته می‌شود و از نیتراسیون باقی‌مانده‌های تیروزین در پروتئین‌ها ناشی می‌شود که عمدتاً به دلیل حضور پراکسی‌نیتریت است؛ گونه‌ای فعال از نیتروژن که در نتیجه واکنش اکسید نیتریک و سوپراکسید تولید می‌شود. سطوح بالای NT-۳ با بروز عوارض مختلف دیابت، از جمله

اختلال عملکرد قلبی-عروقی، ارتباط دارد. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، برخی تحقیقات گزارش کرده‌اند که تمرینات مقاومتی منظم می‌تواند منجر به کاهش قابل توجهی در نشانگرهای استرس اکسیداتیو، از جمله سطوح نیتروتیروزین شود (۱۳). تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که NT-۳ به عنوان یک نشانگر زیستی مهم برای استرس اکسیداتیو شناخته می‌شود، که معمولاً در بیماران مبتلا به دیابت افزایش می‌یابد. این افزایش با مقاومت به انسولین و همچنین بروز عوارض قلبی و عروقی در این بیماران ارتباط نزدیکی دارد، که اهمیت پایش و کنترل این نشانگر را در مدیریت دیابت و پیشگیری از پیامدهای ناشی از آن برجسته می‌کند (۲۸). مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی می‌تواند حساسیت به انسولین را بهبود بخشد و باعث کاهش نشانگرهای مرتبط با کنترل قند خون مانند پپتید C و اسیدهای چرب آزاد شود، که این تغییرات ممکن است به کاهش سطوح NT-۳ کمک کند. به این ترتیب، ورزش مقاومتی با تأثیر مثبت بر متابولیسم گلوکز و چربی، نقش مهمی در کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود وضعیت زیستی بیماران دیابتی ایفا می‌کند (۱۹).

مطالعه حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی منظم و ساختارمند به مدت هشت هفته باعث کاهش معنی‌دار سطوح سرمی فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF-C) و نیتروتیروزین ۳ (H-NT3) در زنان میانسال مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود، در حالی که در گروه کنترل بدون فعالیت بدنی تغییرات معناداری مشاهده نشد. کاهش H-NT3 به عنوان شاخص استرس اکسیداتیو، بیانگر بهبود وضعیت زیستی و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو مرتبط با دیابت است و کاهش VEGF-C نشان‌دهنده بهبود عملکرد عروقی و کاهش التهاب می‌باشد. این نتایج اهمیت تمرین مقاومتی را به عنوان یک مداخله غیردارویی مؤثر در مدیریت دیابت نوع ۲ تأیید می‌کند و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، اثرات این تمرینات در جمعیت‌های متنوع‌تر و در مقایسه با سایر روش‌های ورزشی بررسی شود تا راهکارهای بهینه‌تری برای کنترل عوارض دیابت ارائه گردد.

کد اخلاقی

مطالعه حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه محقق اردبیلی با کد اخلاق IR.UMA.REC.1403.061 تأیید شده است.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از تمامی عزیزانی که در انجام این تحقیق، که برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است، ما را یاری کردند صمیمانه قدردانی می‌نماییم. از شرکت‌کنندگان محترم مطالعه که با صبر و همکاری خود زمینه انجام این پژوهش را فراهم آوردند، نهایت سپاس را داریم. همچنین از اساتید و کارشناسان محترم آزمایشگاه که در مراحل نمونه‌گیری و تحلیل‌های بیوشیمیایی ما را همراهی و راهنمایی کردند، تشکر ویژه‌ای به عمل می‌آوریم. حمایت و همکاری همه این عزیزان، سهم بسزایی در پیشبرد این تحقیق داشته است.

تضاد منافع

در مطالعه حاضر هیچگونه تضاد منافع مالی، شخصی یا حرفه‌ای از سوی نویسندگان گزارش نشده است و تمامی مراحل تحقیق با رعایت اصول اخلاقی و بدون تأثیر منافع جانبی انجام شده است.

References

1. Dilworth L, Facey A, Omoruyi F. Diabetes mellitus and its metabolic complications: the role of adipose tissues. International journal of molecular sciences. 2021;22(14):7644.
2. Denimal D, Monier S, Bouillet B, Vergès B, Duvillard L. High-density lipoprotein alterations in type 2 diabetes and obesity. Metabolites. 2023;13(2):253.
3. Hariharan R, Odjidja EN, Scott D, Shivappa N, Hébert JR, Hodge A, et al. The dietary inflammatory index, obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular risk factors and diseases. Obesity Reviews. 2022;23(1):e13349.
4. Rivas AM, Nugent K. Hyperglycemia, insulin, and insulin resistance in sepsis. The American Journal of the Medical Sciences. 2021;361(3):297-302.
5. Shojah-anzabi B, Farzizadeh R, Seifi-askishahr F, Nejati-afkham A. Impact of Resistance, Endurance, and Combined Exercise Training on Lipid Profile, Apolipoprotein A-1, and Nitric Oxide Synthase Expression in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. Human Nutrition & Metabolism. 2026:200360.
6. Syeda USA, Battillo D, Visaria A, Malin SK. The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes. American Journal of Medicine Open. 2023;9:100031.
7. Karami S, Sdahidi F, Rajabi H, Golab F. Effect of 8-week resistance training on HIF-1α gene expression and Endothelial Progenitor Cells recall of blood after one session of resistance activity in elderly men. Scientific Journal of Iran Blood Transfus Organ. 2019;16(2):124-32.
8. Bandookwala M, Thakkar D, Sengupta P. Advancements in the analytical quantification of nitroxidative stress biomarker 3-nitrotyrosine in biological matrices. Critical Reviews in Analytical Chemistry. 2020;50(3):265-89.
9. Engwa GA, Nweke FN, Nkeh-Chungag BN. Free radicals, oxidative stress-related diseases and antioxidant supplementation. Alternative Therapies in Health & Medicine. 2022;28(1).
10. Shoja Anzabi B, Farzizadeh R, Seifi-askishahr F, Nejati-afkham A. The Effect of Resistance and Endurance Training on Triglyceride, Cholesterol, and Apolipoprotein A-1 Levels in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. Sport Physiology. 2026;18(69):81-98.
11. Rodríguez-Gutiérrez E, Torres-Costoso A, Pascual-Morena C, Pozuelo-Carrascosa DP, Garrido-Miguel M, Martínez-Vizcaíno V. Effects of resistance exercise on neuroprotective

factors in middle and late life: a systematic review and meta-analysis. Aging and disease. 2023;14(4):1264.

12. Lazar-Poloczek E, Romuk E, Jacheć W, Wróbel-Nowicka K, Świętek A, Wojciechowska C. Association of NT-proBNP and sST2 with Left Ventricular Ejection Fraction and Oxidative Stress in Patients with Stable Dilated Cardiomyopathy. Biomedicines. 2024;12(4):707.

13. Jakubiak GK, Cieślar G, Stanek A. Nitrotyrosine, nitrated lipoproteins, and cardiovascular dysfunction in patients with type 2 diabetes: What do we know and what remains to be explained? Antioxidants. 2022;11(5):856.

14. Dai X, Zhai L, Su Q, Luo B, Wei C, Liu Y, et al. Effect of aerobic and resistance training on endothelial progenitor cells in mice with type 2 diabetes. Cellular reprogramming. 2020;22(4):189-97.

15. Zhai L, Liu Y, Zhao W, Chen Q, Guo T, Wei W, et al. Aerobic and resistance training enhances endothelial progenitor cell function via upregulation of caveolin-1 in mice with type 2 diabetes. Stem Cell Research & Therapy. 2020;11:1-11.

16. Korkmaz-Icöz S, Kocer C, Sayour AA, Kraft P, Benker MI, Abulizi S, et al. The sodium-glucose cotransporter-2 inhibitor canagliflozin alleviates endothelial dysfunction following in vitro vascular ischemia/reperfusion injury in rats. International Journal of Molecular Sciences. 2021;22(15):7774.

17. Wu N, Shen H, Liu H, Wang Y, Bai Y, Han P. Acute blood glucose fluctuation enhances rat aorta endothelial cell apoptosis, oxidative stress and pro-inflammatory cytokine expression in vivo. Cardiovascular diabetology. 2016;15:1-13.

18. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, Regensteiner JG, Blissmer BJ, Rubin RR, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Diabetes Care. 2010;33(12):e147-67.

19. Reich B, Schönfelder M, Lampl K, Mueller EE, Egger A, Niebauer J. Comparable anti-glycaemic effects of hypertrophy versus endurance resistance training in type 2 diabetes mellitus. European Journal of Preventive Cardiology. 2020;27(14):1564-5.

20. Shirzad J, Tofighi A, Tolouei Azar J, Khadem Ansari MH. Adaptation of Irisin, Follistatin and Myostatin to 8 weeks of Resistance, Endurance and Concurrent Training in Obese Men. Sport Physiology & Management Investigations. 2021;12(4):23-41.

21. Ribeiro F, Ribeiro IP, Gonçalves AC, Alves AJ, Melo E, Fernandes R, et al. Effects of resistance exercise on endothelial progenitor cell mobilization in women. Scientific Reports. 2017;7(1):17880.

22. Kim H-B, Seo M-W, Jung HC, editors. Effects of aerobic vs. resistance exercise on vascular function and vascular endothelial growth factor in older women. Healthcare; 2023: MDPI.

23. Kohn JC, Lampi MC, Reinhart-King CA. Age-related vascular stiffening: causes and consequences. Frontiers in genetics. 2015;6:112.

24. Kresnajati S, Lin Y-Y, Mündel T, Bernard JR, Lin H-F, Liao Y-H. Changes in arterial stiffness in response to various types of exercise modalities: a narrative review on physiological and endothelial senescence perspectives. Cells. 2022;11(22):3544.

25. Kingsley JD, Mayo X, Tai YL, Fennell C. Arterial stiffness and autonomic modulation after free-weight resistance exercises in resistance trained individuals. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2016;30(12):3373-80.

26. Kawano H, Tanimoto M, Yamamoto K, Sanada K, Gando Y, Tabata I, et al. Resistance training in men is associated with increased arterial stiffness and blood pressure but does not adversely affect endothelial function as measured by arterial reactivity to the cold pressor test. Experimental physiology. 2008;93(2):296-302.

27. Stankova TR, Delcheva GT, Maneva AI, Vladeva SV. Serum levels of carbamylated LDL, nitrotyrosine and soluble lectin-like oxidized low-density lipoprotein receptor-1 in poorly controlled type 2 diabetes mellitus. Folia Medica. 2019;61(3):419-25.

28. Babu MF, Srinivasan A, Benerji G. 3-Nitrotyrosine (NT) levels in serum and its association with insulin resistance in patients with type 2 diabetes mellitus: Biomarker role of NT in the assessment of oxidative stress mediated impending vascular complications in nephropathy. Biomedicine. 2022;42(4):693-8.