اولین همایش بین المللی علوم ورزشی، تربیت بدنی و مدیریت راهبردی در ورزش
Conferences and Congresses center of Bu-Ali Sina Farazandishan
HAMEDAN 2023

# تأثیرهشت هفته تمرین هوازی همراه با مصرف ویتامین D بر مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

**مریم قدیریان نجف آبادی[۱]، مهناز مروی اصفهانی[۲]، مهدی نصیران[۳]**

[۱]کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات طب ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
ایمیل: m.ghadirian.۲۷@gmail.com

[۲]استادیار، مرکز تحقیقات طب ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
ایمیل: mahnazmarvi۳@gmail.com

[۳]کارشناسی، مرکز تحقیقات طب ورزشی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
ایمیل: mahdinasiran۱۳۸۲۳@gmail.com

**چکیده:**

ویتامین D نقش مهمی در درمان و کاهش پیشرفت دیابت نوع ۲ و مقاومت به انسولین دارد که ممکن است مزایای تمرین ورزشی را افزایش دهد. هدف این مطالعه تعیین اثر ۸ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامینD بر مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد. در این مطالعه نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون، ۶۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ به صورت تصادفی در چهار گروه ویتامین ( ویتامینD هفته ای یکبار) (۱۵ نفر) ، تمرین هوازی به همراه ویتامین (ویتامین D۵۰۰۰۰ واحد، هفته ای یکبار) (۱۵ نفر)، تمرین هوازی (۱۵ نفر) و کنترل (۱۵ نفر) قرار گرفتند. میزان قند خون ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین که با استفاده ازHOMA-IR ارزیابی شد. برنامه تمرین به مدت ۸ هفته (سه جلسه در هفته، هر جلسه ۴۵ تا ۶۰ دقیقه) با شدت ۵۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب بیشینه بود. در طول این مدت، گروه کنترل هیچ فعالیت بدنی منظمی نداشتند و فقط پیگیری شدند. در این پژوهش، متغیرهای قند خون ناشتا وسطح انسولین قبل و بعد از دوره های تمرینی اندازه‌گیری شدند. داده های حاصل با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس در سطح معنی‌داری P<۰/۰۵ تجزیه و تحلیل شدند. نتایج تحقیق بیانگر تفاوت معنی‌داری بین میانگین قند خون ناشتا ، انسولین و مقاومت به انسولین در گروه های تجربی و کنترل بود (P<۰/۰۵) . نتایج این مطالعه نشان داد که ویتامینD به همراه تمرین هوازی موجب بهبودی مشخصی در میزان قند خون ناشتا، انسولین و مقاومت به انسولین می‌گردد.

**واژه های کلیدی:** تمرین هوازی، ویتامینD، مقاومت به انسولین، دیابت نوع ۲

## مقدمه

دیابت شایع‌ترین اختلال آندوکرین، در سرتاسر جهان است که به دلیل رشد جمعیت، افزایش روند سالمندی، شهرنشینی، شیوع چاقی و عدم تحرک، به سرعت درحال گسترش می‌باشد (وایلد[۱] و همکاران، ۲۰۱۴) که مشخصه آن سطوح بالای قند خون ، مقاومت به انسولین، کمبود نسبی انسولین و اختلال متابولیسم کربوهیدرات، چربی وپروتئین می‌باشد، که بیش از۱۵۰میلیون نفردرجهان به آن مبتلا هستند و موارد قابل توجهی از آنان ناشناخته باقی مانده‌اند (سالارینیا و همکاران، ۲۰۲۳). شیوع این بیماری در نقاط مختلف ایران بین ۴/۲ تا ۱۵/۹ درصد گزارش شده است که در افراد بالای ۳۰ سال حدود ۱۰/۶ درصد شیوع دارد. دیابت به سبب پیامدهای فراوان وایجاد معلولیت‌های مختلف در بین مردم، به‌عنوان یک بیماری ناتوان‌کننده شناخته شده است (خالدی و همکاران، ۲۰۲۳).

ازجمله مهم‌ترین اختلالی که در دیابت نوع دو نقش دارد، ایجاد مقاومت به انسولین (عدم پاسخ به میزان طبیعی انسولین در گردش خون) و ترشح غیرطبیعی انسولین است (دن مور و براون[۲] ، ۲۰۱۳). اصلی‌ترین عوامل ایجاد دیابت نوع طبیعی انسولین از: مقاومت به انسولین به دلیل نقص در پیام رسانی انسولین، انسولین پروتئین یا ژن‌های هدف انسولین، سایر نقص‌های متابولیکی و تقابل با سایر هورمون‌ها (شولمن[۳] ، ۲۰۰۰). به نظر می‌رسد مقاومت به انسولین بر اختلال ترشح آن تقدم دارد و این پدیده اغلب ۱۰ تا ۲۰ سال قبل از بروز علائم دیابت نوع دو ایجاد می‌شود (واتانابه[۴] ، ۲۰۱۰).

مقاومت به انسولین، شرایطی است که در آن سلول های بدن پاسخ مناسبی به انسولین نمی‌دهند و به دنبال آن جذب گلوکز دچار اختلال شده و به طور ثانویه باعث افزایش قند خون می‌شود. در حالت مقاومت به انسولین مقدار انسولین تولید شده در بدن طبیعی و حتی بیشتر از مقدار طبیعی است اما مشکل در پاسخ سلول‌ها به انسولین می‌باشد. مقاومت به انسولین معمولاً به صورت کشف نشده منجر به دیابت نوع دو می‌شود (کرستیس[۵] ، ۲۰۰۹). در مراحل این بیماری علی‌رغم مقاومت به انسولین تحمل گلوکز در حد طبیعی باقی می‌ماند، چون سلول‌های بتای پانکراس با افزایش تولیدانسولین این مشکل را جبران می‌کنند. با پیشرفت مقاومت به انسولین وهیپرانسولینمی جبرانی، جزایرپانکراس قادر به حفظ و تداوم افزایش انسولین خون نخواهد بود که در این حالت عدم تحمل به گلوکز ایجاد شده و کاهش بیشتر انسولین و افزایش تولید کبدی گلوکز، منجر به بروز دیابت آشکار همراه با هیپرگلیسمی ناشتا می‌شود و در نهایت ممکن است نارسایی سلول‌های بتا رخ دهد (سان و همکاران، ۲۰۲۳). اگرچه افزایش موقت مقاومت انسولین به افزایش توده سلول‌های بتا منجرمی شود (جتن[۶] و همکاران، ۲۰۰۵)؛ اما مقاومت به انسولین درطولانی مدت با کاهش تکثیر سلولهای بتا همراه است. درنتیجه در پاسخ به مقاومت انسولین طولانی مدت سطوح توده سلول‌های بتا حفظ

---

[۱] Wild
[۲] Dunmore & Brown
[۳] Shulman
[۴] Watanabe
[۵] Keresztes
[۶] Jetto

نمی‌شود (ویر[1]، ۲۰۰۴). آسیب حساسیت سلول های بتا به گلوکز و ناتوانی این سلول‌ها در جبران مقاومت انسولین در افراد چاق یا دیابتی‌های نوع دو بارها مشاهده‌شده است (چنگ[2] و همکاران، ۲۰۰۶).

هزینه و فشار اقتصادی که این بیماران و درمان‌های مورد نیاز آن ها به جامعه تحمیل می‌کنند، قابل ملاحظه است؛ به عنوان مثال در آمریکا سالانه ۱۳۸ میلیارد دلار صرف مخارج این بیماران دیابتی می‌شود. بدون تردید در کشور ما نیز به دلیل هزینه های مرتبط با عوارض دیابت نوع دو این مسئله احتمالا پیامدهای اقتصادی و اجتماعی شگرفی برجای خواهد گذاشت (لطفی وهمکاران، ۲۰۲۳). ورزش و فعالیت جسمانی از جمله درمان‌های غیردارویی دیگری است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای درمان های پرهزینه دیگر باشد. انجام یک برنامه وپروتکل ورزشی به منظور کاهش عوارض بیماری دیابت، جزو کم هزینه‌ترین و بی خطرترین روش های درمانی محسوب می‌شود. ورزش نقش اثبات شده‌ای در بهبود عملکردهای متابولیکی و کنترل موثر قند خون درافراد دیابتی دارد. انجام مرتب تمرینات ورزشی می‌تواند کمک شایانی به جلوگیری یا به تعویق افتادن عوارض بعدی بیماری دیابت داشته باشد. کاهش قند خون و کنترل مؤثر قند خون در افراد دیابتی جزو اولین اهداف یک برنامه تمرینی در این بیماران است. محققان سال‌هاست که می‌دانند ورزش از طریق تحریک عضلات نسبت به تأثیرات انسولین، باعث بر طرف شدن مقاومت به انسولین می‌شود (چن و همکاران، ۲۰۲۳). نشان داده شده است که فعالیت ورزشی تغییرات مفیدی در تحمل گلوکز و مقاومت به انسولین ایجاد خواهد کرد. البته در شرایطی که شدت و مدت این تمرینات به اندازه کافی باشد (گومز[3] و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعات انجام شده روی تأثیر تمرینات ورزشی بر تحمل گلوکز واختلالات آن، بیشتر تمرینات هوازی مورد بررسی قرارگرفته شده است. مستندات قابل توجهی وجود دارند که نشان می‌دهند فعالیت‌های هوازی می‌توانند پاسخ به انسولین را در افراد عادی و افراد با تحمل گلوکز مختل افزایش دهند (فراسیگ و ریچر[4]، ۲۰۰۹). تمرین هوازی به عنوان یک راهبرد درمانی برای مدیریت دیابت نوع دوپذیرفته شده است. تمرین هوازی وضعیت دیابت را بهبود می‌بخشد و ریسک فاکتورهای متابولیکی مربوط به بیماری قلبی-عروقی را کاهش می‌دهد و مقاومت انسولین را بهبود می‌بخشد (بیات و همکاران، ۲۰۲۳). شایان ذکر است پروتکل‌های تمرینی و رژیم های غذایی در دو قاعده مثلث سلامتی واقع هستند و اثرات تمرینات ورزشی در سایه‌ای از رژیم‌های غذایی مناسب به نتایج مطلوب و اثربخشی دست خواهند یافت. ویتامینD، ازجمله مکمل‌های غذایی ضروری است که در فرآیندهای متابولیکی مختلفی حضور دارد. شواهد اخیر پیشنهاد می‌کند ویتامینD می‌تواند هم در جلوگیری از بروز بیماری دیابت نوع دو و هم در درمان آن مؤثر باشد. مطالعات نشان می‌دهند که ویتامین D در ترشح انسولین و حساسیت به آن نقش دارد و از این طریق می‌تواند در کنترل بیماری زایی دیابت مؤثر باشد. این نکته مشابهت نقش ورزش بر این بیماری را نیز بیان می‌دارد (روموزی و همکاران، ۲۰۲۳). در این پژوهش به اثر تمرین هوازی و ویتامین D به طور مجزا و تأثیر همزمانی تمرین هوازی و مصرف ویتامینD بر مقاومت به انسولین بیماران دیابتی بررسی می شود. آیا تمرین هوازی می‌تواند مقاومت به انسولین را بهبود بخشد؟ آیا ویتامینD بر مقاومت به انسولین اثر بخش است؟ آیا تمرینات هوازی و ویتامین D در کنار یکدیگر قادر هستند این عوارض را به حداقل برساند؟

[1] Weir
[2] Chang
[3] Gomes
[4] Frosig & Richter

## روش کار

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی و کاربردی است که با به کار بردن متغیرهای مستقل (تمرینات هوازی و مصرف ویتامینD) پیامدها و تغییراتی که در متغیرهای وابسته (قندخون، انسولین و مقاومت به انسولین) در زنان مبتلا به دیابت نوع دو را بررسی می نماید. جامعه آماری پژوهش را زنان مبتلا به دیابت نوع دو که در انجمن دیابت جنان واقع در شهرستان نجف‌آباد پرونده پزشکی داشتند تشکیل می‌دادند. که از میان آن ها ۶۲ نفر به‌عنوان نمونه آماری و با توجه به شرایط ورود به پژوهش انتخاب شدند. برای گروه های تجربی پس از هماهنگی های به عمل آمده، برنامه تمرینی و میزان مصرف ویتامین D ارائه شد. تعداد آن ها ۴۷ نفر (تمرینات هوازی، تمرینات هوازی و ویتامین D و مصرف ویتامین D) بود که پس از پر کردن فرم های رضایت نامه و اندازه گیری‌های اولیه در برنامه تمرینی شرکت کردند. در ادامه تحقیقات۲ نفر از بیماران گروه تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین D از ادامه تمرینات به علت نیاز به تزریق انسولین باز ماندند و از گروه کنار گذاشته شدند. در پایان دوره تمرینی تعداد افراد گروه تجربی ۴۵ نفر بود. اعضای گروه کنترل ۱۵ نفر بودند. اعضای گروه کنترل در طول دوره تحقیق هیچ‌گونه تمرین و فعالیت بدنی منظمی را انجام ندادند و فعالیت های روزمره خود را انجام می دادند. در جدول ۱ اطلاعات دموگرافیک ۴ گروه ارائه شده است.

**جدول ۱: ویژگی‌های جمعیت‌شناختی گروه‌های شرکت‌کننده**

| متغیر | گروه | M±SD |
|---|---|---|
| وزن (کیلوگرم) | تمرینات هوازی و مصرف ویتامین D | ۷۴/۱۸ ± ۱۲/۹ |
| | تمرینات هوازی | ۷۴/۸۷ ± ۱۲/۵۹ |
| | مصرف ویتامین D | ۷۹/۳۷ ± ۹/۱ |
| | کنترل | ۷۵/۲۵ ± ۷/۷۹ |
| شاخص توده بدنی (کیلوگرم/ مترمربع) | تمرینات هوازی و مصرف ویتامین D | ۲۹/۷۸ ± ۵/۰۶ |
| | تمرینات هوازی | ۲۹/۳۸ ± ۵ |
| | مصرف ویتامین D | ۲۹/۹۲ ± ۲/۹ |
| | کنترل | ۲۸/۹۹ ± ۳/۹ |
| نسبت دور کمر به دور باسن (سانتی متر) | تمرینات هوازی و مصرف ویتامین D | ۰/۸۳۱ ± ۰/۰۸ |
| | تمرینات هوازی | ۰/۸ ± ۰/۰۵ |
| | مصرف ویتامین D | ۰/۸۰۳ ± ۰/۰۵ |
| | کنترل | ۰/۸ ± ۰/۰۷ |

در ابتدا بیماران مبتلا به دیابت نوع دو در یک جلسه حضوری شرکت کردند و به طور کامل و واضح توضیحاتی درباره موضوع پژوهش، هدف از اجرای پژوهش، مدت کلی دوره تمرینی، تعداد جلسات در هفته و مدت زمان برنامه تمرینی داده شد. همچنین از آن ها خواسته شد تنها کسانی که علاقه و پشتکار زیادی در رابطه با دوره تمرینی مورد نظر دارند در این پژوهش شرکت نمایند. سپس از بیماران خواسته شد تا در صورت تمایل، فرم رضایت‌نامه کتبی را برای حضور در طرح تحقیق پر نمایند. سپس سوابق

پزشکی بیمارانی که رضایت خود را اعلام کردند مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. معیارهای ورود به تحقیق شامل قرارگیری در دامنه سنی ۳۰ تا ۵۵ سال، ابتلا به بیماری دیابت نوع دو، نداشتن بیماری همراه و ناتوان‌کننده (برای مثال زخم پای دیابتی و رتینوپاتی و...)، عدم تزریق انسولین، نداشتن سابقه حملات هیپوگلایسمی، توانایی حضور در پروتکل به مدت ۲ ماه، نداشتن فعالیت بدنی منظم در طول یک سال گذشته و معیارهای خروج از مطالعه شامل غیبت در برنامه‌های تمرینی، ابتلا به بیماری حاد حین مطالعه که بر متابولیسم ویتامینD مؤثر باشند مانند بیماری های کلیوی، کبدی و...، شرکت در تمرینات ورزشی دیگر به غیراز پروتکل پژوهش حاضر، مصرف مکمل‌های ویتامینD، کلسیم و امگا ۳ در حین ورود به مطالعه و نیاز به دریافت انسولین بودند. پس از جلب رضایت آزمودنی ها و تکمیل رضایت نامه، در این مرحله اطلاعات مربوط به سن، وزن، قد، دورکمر، دور باسن، طول مدت ابتلا به دیابت، سابقه ابتلا به بیماری های قلبی، فشارخون و چربی خون آن ها از طریق پرسشنامه و اندازه‌گیری جمع‌آوری شد. در ادامه خون گیری از آزمودنی ها جهت اندازه‌گیری قند خون، سطح انسولین جهت طرح پژوهش که به صورت پیش آزمون و پس آزمون بود انجام شد و پس از آن آزمودنی ها به صورت تصادفی در سه گروه تجربی شامل تمرین هوازی(۱۵نفر)، تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین (۱۵نفر)، ویتامینD (۱۵ نفر) و یک گروه کنترل (۱۵نفر) قرار گرفتند. گروه ویتامین D هیچ گونه تمرین ورزشی خاصی انجام ندادند و فقط مصرف ویتامینD (۵۰۰۰۰ واحد خوراکی، یکبار در هفته) را در برنامه داشتند و دو گروه تجربی دیگر در یک برنامه تمرین هوازی ۸ هفته‌ای شرکت کردند. گروه تمرین هوازی+ مصرف ویتامینD، علاوه بر فعالیت بدنی منظم هر هفته یک عدد ویتامینD خوراکی به میزان۵۰۰۰۰ واحد به شکل کپسول دریافت می‌کردند. گروه کنترل هم بدون داشتن فعالیت بدنی منظم زندگی روزمره خود را دنبال می کردند.

جهت اندازه گیری قد از قدسنج سکا SACA، برای ارزیابی وزن از ترازوی دیجیتال KIA ساخت کشور ایران با دقت اندازه‌گیری ۱۰۰ گرم، برای اندازه گیری شاخص توده بدن از تقسیم وزن (برحسب کیلوگرم) بر مجذور قد (برحسب گرم)، برای ارزیابی نسبت دور کمر به دور لگن از متر، برای اندازه‌گیری سطح گلوکز خون از کیت تشخیصی شرکت پارس آزمون (در این پژوهش سطح گلوکز سرم به واسطه نمونه خون دریافت شده قبل و بعد از دوره تمرینات با روش رنگ سنجی آنزیمی گلوکز اکسیداز با حساسیت 5mg/dl و درصد ضریب تغییرات درون آزمون ۱/۱۹و دستگاه SELECTR اندازه گیری شد)، برای ارزیابی سطح انسولین خون از کیت تشخیصی Diasovin (سطح انسولین خون ۴۸ ساعت قبل و بعد از برنامه تمرینی، از تمام آزمودنی ها در حالت ناشتا (پس از ۱۰ساعت ناشتایی) خون گیری به عمل آمد. از هر کدام از آزمودنی ها ۵ میلی لیتر خون از ورید بازویی سمت چپ گرفته شد و نمونه های خونی در داخل دستگاه سانتریفیوژ با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و بعد از جداسازی سطوح سرمی خونی، سرم ها داخل میکروتیوپ ها ریخته و بلافاصله در دمای۷۰- درجه سانتی گراد فریز شدند. غلظت انسولین سرم به روش کیلومینسانس با حساسیت ۵۰۰-۰/۲ و درصد ضریب تغییرات درون آزمون ۱۱٪ اندازه گیری شد) و برای اندازه‌گیری شاخص مقاومت به انسولین با استفاده از فرمول مدل هموستاز (HOMA-IR) به صورت زیر محاسبه شد (فرمول شماره ۱).

فرمول شماره ۱ $$HOMA\text{-}IR = (Glucose \times Insulin) / 405$$

واحد گلوکز خون mg/dl و انسولین در واحدmu/mL، ارقام HOMA-IR زیر ۳ طبیعی و ≥۳ به‌عنوان مقاومت به انسولین در نظر گرفته شد.

پروتکل تمرینی به بدین شرح اجرا شد. زنان شرکت کننده در این پژوهش ( گروه های تجربی) به مدت ۸ هفته در برنامه تمرینات هوازی( ایروبیک) شرکت کردند. برنامه هر هفته شامل ۳ جلسه، به مدت ۶۰ دقیقه اجرا شد. اولین جلسه تمرینی ۲۰ دقیقه به طول انجامید؛ اما در پایان دو ماه (جلسه بیست و چهارم) زمان تمرین به شست دقیقه فعال رسیده بود. به طوری که جلسه های اول باکم ترین شدت آغاز و به تدریج با افزایش تعداد جلسه‌ها، بر شدت و حجم تمرین افزوده می‌شد. در اولین جلسات، آموزش های لازم برای به دست آوردن ضربان قلب (از طریق سرخرگ کاروتید) داده شد. برای تعیین شدت تمرینات هوازی از پروتکل کالج طب ورزشی آمریکا استفاده شد به طوری که برای تعیین شدت تمرینات هوازی از۷۰-۵۰ درصد حداکثرضربان قلب بیشینه توسط فرمول کارونن (سن-۲۲۰) استفاده شد. یک جلسه تمرینی شامل حرکات کششی سبک برای گرم کردن، حرکات ایروبیک ساده و قابل اجرا برای همه افراد، و ۵ الی۱۰دقیقه حرکات کششی ساده و سبک برای سرد کردن استفاده می‌شد. حرکات ایروبیک در ابتدا در دو مقطع ۱۰ دقیقه‌ای اجرا می‌شد و هر۲ هفته یکبار دو دقیقه به این زمان افزوده شد تا به دو زمان ۱۶دقیقه‌ای رسید (مجموعا ۳۲ دقیقه). ده دقیقه از ابتدای جلسه به گرم کردن و حدود ۸ دقیقه ما بین زمان اصلی به حرکات آهسته و یا استراحت به دلیل جلوگیری از افت قند خون و ده دقیقه انتهایی هم به سرد کردن اختصاص یافته بود. در صورت کاهش گلوکز سرم بیماران به کمتر از۱۰۰ میلی گرم بر دسی لیتر هنگام جلسات تمرین درمانی، حدود۱۵ گرم کربوهیدرات و مکمل های غذایی به آنان داده شد و پس از افزایش مجدد گلوکز سرم تمرینات آغاز گردید. در صورت وجود گلوکز سرم بالاتر از۲۵۰ میلی‌گرم بر دسی لیتر و یا وجود نشانه‌های هایپوگلایسمی در این دسته از بیماران (در هر جلسه) تمرینات انجام نمی‌شد. در طول این دوره دو ماهه، بیماران گروه کنترل و گروه ویتامین در هیچ برنامه تمرینی منظم شرکت نداشتند. پس از ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرینی گروه های تجربی و کنترل برای انجام دوباره معاینات دعوت شدند. و مراحل پس‌آزمون همانند مراحل پیش‌آزمون به اجرا درآمد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارspss نسخه ۲۴ تحلیل شد. از آزمون شاپیرو ویلک برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس ها استفاده شد. هم چنین جهت تحلیل فرضیه ها از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. سطح معناداری آزمون‌ها برای تمام تجزیه و تحلیل‌ها $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

## یافته ها

نتایج آزمون شاپیرو - ویلک در هر گروه نشان داد که توزیع داده‌ها در همه متغیرهای اندازه‌گیری شده طبیعی است ($p>۰/۰۵$). نتایج حاصل از آزمون لون برای پیش فرض برابری واریانس‌ها نیز نشان داد که تفاوت معنی داری بین میانگین سه گروه در پیش آزمون وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). شرکت کنندگان سه گروه از نظر شاخص‌های سن ($p>۰/۷۷$) و قد ($p>۰/۸۲$)؛ تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند.

مطابق با جدول ۲، نتایج تحلیل کوواریانس در مورد متغیرهای میزان قند خون، سطح انسولین و مقاومت نسبت به انسولین نشان داد که اثر کووریت در مورد این متغیرها معنی‌دار است ($p<۰/۰۰۰۱$) که نشان می دهد تفاوت درون‌گروهی وجود دارد. به همین منظور، آزمون t همبسته به اجرا درآمد. نتایج این آزمون نشان داد که اجرای ۸ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین D ، باعث کاهش معنی‌دار قند خون ($p<۰/۰۱$)، سطح انسولین ($p<۰/۰۱$) و مقاومت نسبت به انسولین ($p<۰/۰۱$) شد (جدول ۲).

**جدول ۲: میانگین و انحراف معیار در متغیرهای میزان قند خون، سطح انسولین و مقاومت نسبت به انسولین در چهار گروه شرکت کننده**

| متغیر | گروه | M± SD | |
|---|---|---|---|
| | | پیش‌آزمون | پس‌آزمون |
| میزان قند خون (میلی گرم در دسی لیتر) | تمرینات هوازی و مصرف ویتامین D | ۱۶۸/۳۷ ± ۳۵/۸۵ | ۱۴۳/۸۷ ± ۲۶/۴ |
| | تمرینات هوازی | ۱۶۲ ± ۲۲/۹۱ | ۱۳۹/۲۵ ± ۲۳/۴ |
| | مصرف ویتامین D | ۱۵۵/۶۲ ± ۳۱/۰۷ | ۱۳۰/۱۲ ± ۱۱/۲ |
| | کنترل | ۱۶۴/۵۰ ± ۲۲/۱ | ۱۶۳/۷ ± ۶۸/۶۴ |
| سطح انسولین (میکروویونیت بر میلی لیتر) | تمرینات هوازی و مصرف ویتامین D | ۷/۳۷ ± ۳/۶ | ۴/۷ ± ۳/۲ |
| | تمرینات هوازی | ۸/۶۲ ± ۶/۶۷ | ۷/۸ ± ۴/۶۲ |
| | مصرف ویتامین D | ۷/۷۲ ± ۸/۵ | ۴/۲۵ ± ۱/۳۸ |
| | کنترل | ۸/۳۷ ± ۲/۳ | ۸/۵ ± ۱۶/۶ |
| مقاومت نسبت به انسولین mu/mL × mg/dl | تمرینات هوازی و مصرف ویتامین D | ۲/۷۵ ± ۱/۴۴ | ۱/۷± ۱/۶۵ |
| | تمرینات هوازی | ۳/۱۱ ± ۱/۸۲ | ۲/۱ ± ۱/۶۲ |
| | مصرف ویتامین D | ۳/۳۹ ± ۲/۲۸ | ۲/۸ ± ۱/۴۸ |
| | کنترل | ۲/۵ ± ۰/۵۱ | ۲/۴۵ ± ۱/۰۲ |

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی (مقایسه گروه‌ها) حاکی از آن است که با توجه به سطح معنی‌داری مشاهده شده در جدول ۳ که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، رابطه معناداری بین ۸ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین D، تمرین هوازی و مصرف ویتامین D بر میزان قند خون زنان مبتلا به دیابت نوع ۲وجود دارد.

**جدول ۳: آزمون تعقیبی بونفرونی ( مقایسات بین گروهی) در متغیر قند خون**

| گروه | با | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | تمرین هوازی | ۴/۶۷ ± ۳/۶ | ۰/۰۴۵ |
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | مصرف ویتامین D | ۱۳/۷۵ ± ۹/۵ | ۰/۰۲۷ |
| تمرین هوازی | با | مصرف ویتامین D | ۹ ± ۴/۵۴ | ۰/۰۳۹ |
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | کنترل | ۱۹/۸۳ ± ۷/۴۳ | ۰/۰۰۰ |
| تمرین هوازی | با | کنترل | ۲۴/۵ ± ۸/۷۶ | ۰/۰۰۰ |
| مصرف ویتامین D | با | کنترل | ۳۳/۵۸ ± ۱۷/۶۵ | ۰/۰۰۰ |

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی (مقایسه گروه‌ها) حاکی از آن است که با توجه به سطح معنی‌داری مشاهده شده در جدول ۴ که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، رابطه معناداری بین ۸ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین D، تمرین هوازی و مصرف ویتامین D بر سطح انسولسن زنان مبتلا به دیابت نوع ۲وجود دارد.

**جدول ۴: آزمون تعقیبی بونفرونی ( مقایسات بین گروهی) در متغیر سطح انسولین خون**

| گروه | با | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | تمرین هوازی | ۳/۱ ± ۱/۹۶ | ۰/۰۰۳ |
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | مصرف ویتامین D | ۰/۰۲ ± ۲/۱۱ | ۰/۰۵۷ |
| تمرین هوازی | با | مصرف ویتامین D | ۳/۱۸ ± ۱/۳۴ | ۰/۰۰۳ |
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | کنترل | ۲/۸ ± ۰/۹۷ | ۰/۰۰۲ |
| تمرین هوازی | با | کنترل | ۰/۷ ± ۱/۱ | ۰/۰۲ |
| مصرف ویتامین D | با | کنترل | ۰/۶۸ ± ۱/۲۳ | ۰/۰۲ |

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی (مقایسه گروه‌ها) حاکی از آن است که با توجه به سطح معنی‌داری مشاهده شده در جدول ۵ که کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، رابطه معناداری بین ۸ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین D، تمرین هوازی و مصرف ویتامین D بر مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ وجود دارد.

**جدول ۵: آزمون تعقیبی بونفرونی ( مقایسات بین گروهی) در متغیر مقاومت به انسولین**

| گروه | با | گروه | اختلاف میانگین | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|---|
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | تمرین هوازی | ۰/۴ ± ۱/۰۲ | ۰/۰۴ |
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | مصرف ویتامین D | ۱/۱ ± ۰/۸۲ | ۰/۰۰۱ |
| تمرین هوازی | با | مصرف ویتامین D | ۰/۷ ± ۰/۸۵ | ۰/۰۳۵ |
| تمرین هوازی و مصرف ویتامین D | با | کنترل | ۰/۷۵ ± ۰/۹۱ | ۰/۰۳ |
| تمرین هوازی | با | کنترل | ۰/۳۵ ± ۱/۱ | ۰/۰۴۵ |
| مصرف ویتامین D | با | کنترل | ۰/۳۵ ± ۰/۹۳ | ۰/۰۴ |

## بحث و نتیجه گیری

یافته های تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی برگلوکز خون ناشتا، سطح انسولین خون و مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معنادار، هشت هفته مصرف ویتامینD برگلوکز خون ناشتا، سطح انسولین خون و مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معنادار، هشت هفته تمرین هوازی همراه با مصرف ویتامین D برگلوکز خون ناشتا، سطح انسولین خون و مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو تفاوت معناداری نشان داد تاثیرات تمرینات هوازی همراه با مصرف ویتامین D اثر بیشتری بر کاهش قند خون ناشتا، سطح انسولین و مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو داشت. تمرینات هوازی همراه با مصرف ویتامین D بر بهبود مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع دو اثر بیشتری داشت. براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، می‌توان اظهار داشت که انجام تمرینات هوازی و مصرف همزمان ویتامین D در مبتلایان دیابت نوع دو منجر به بهبودی مقاومت به انسولین می‌شود. مقایسه تغییرات غلظت انسولین وگلوکز خون ناشتا در گروه مصرف ویتامینD

در تعامل با تمرین هوازی تأثیر معنی‌داری بر میزان مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع دو را نشان داد. این یافته ها یعنی کاهش گلوکز خون و کاهش غلظت انسولین ناشتا پس از ۸ هفته مصرف ویتامین D به صورت تعاملی با ورزش هوازی بیانگر این مطلب هستند که میزان حساسیت محیطی به انسولین در این بیماران افزایش یافته است و میزان برداشت انسولین و پاسخ دهی به انسولین توسط سلول ها بیشتر شده است، در نتیجه میزان مقاومت به انسولین کاهش یافته است. این نتایج با تحقیق وون هورست (۲۰۱۰)، چیو (۲۰۰۴)، پیوتروواسکا (۲۰۲۳) هم خوانی دارد؛ اما با نتایج حامدی نیا (۱۳۹۱) و ویتهام (۲۰۱۰) همسو نیست. وون هورست و همکاران (۲۰۱۰) اثر تعاملی تمرین هوازی و مصرف قرص گلی بن کلامید بر غلظت پپتیدC، انسولین و مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع دو را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که با انجام تمرین هوازی در شکل و بیوشیمی عضلات و درنتیجه Vo۲max تغییرات مطلوبی ایجاد می‌گردد ( مثل افزایش آنزیم دی اکسیداتیو و افزایش دانسیته مویرگی) و بنابراین باعث بهبود فرایند حمل گلوکز شده و از میزان مقاومت به انسولین سلول ها کاسته می‌شود. در حقیقت سازگاری ایجاد شده بر اثر تمرین هوازی این است که اولاً در پاسخ به تمرین هوازی در بیماران دیابتی نوع دو افزایش دانسیته عروق عضلانی و همچنین بهبود در Vo۲max و فعالیت آنزیم های اکسیداتیو در عضلات اسکلتی دیده می‌شود، ثانیاً تمرین هوازی، حساسیت کلی نسبت به انسولین را افزایش می‌دهد درنتیجه انسولین کمتری جهت تنظیم گلوکز خون پس از تمرین نسبت به قبل از آن مورد نیاز است. این بهبود حساسیت به انسولین احتمالاً با ظرفیت اتصال انسولین به محل گیرنده های هر یک از یاخته های عضلانی مرتبط است. بنابراین به انسولین کمتری برای جذب گلوکز اضافی از گردش خون مورد نیاز است. در چنین موقعیتی تمرین هوازی می‌تواند اغلب سطوح انسولین پلاسما را در حالت استراحت کاهش دهد و تولید انسولین را هنگام آزمایش تحمل گلوکز پایین آورد که هر دو دال بر بهبود حساسیت به انسولین و کاهش نیاز به انسولین در افراد دیابتی نوع دو می‌باشد.

همچنین یافته های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین هوازی می‌تواند سطح گلوکز ناشتای خون و انسولین سرم ودر نتیجه مقاومت به انسولین زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ را به طور معنی داری کاهش دهد. این یافته همسو با نتایج کدگلو (۲۰۱۳) و تکماکیدیس (۲۰۰۴)، همچنین مغایر با نتایج گری (۲۰۰۹) و کوزا ( ۲۰۰۵) بود. کدگلو و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثرات ضد التهابی تمرینات ورزشی دربیماران مبتلا به دیابت نوع دو، نشان دادند که دو ماه تمرین ورزشی منجر به بهبود کنترل گلوکز، نیم رخ چربی، حداکثر اکسیژن مصرفی و کاهش معنی دار مقاومت به انسولین و فشارخون سیستولیک می‌گردد. تمرینات ورزشی می‌تواند از طریق افزایش حاملین گلوکز (GLUT۴) به درون سلول های عضلانی و سوبسترا های گیرنده انسولین (IRS) سبب افزایش پاسخ دهی بدن به انسولین شود. اسید های چرب تولید شده از بافت چربی با تجمع در سلول های عضلانی، انتقال GLUT۴ به سطح این سلول ها را مختل می‌کنند؛ تمرینات ورزشی با افزایش اکسیداسیون اسید های چرب از تجمع آن ها در سلول عضلانی جلوگیری می‌نماید. ازاین رو تغییرات شیوه زندگی با تمرکز بر کاهش وزن و افزایش فعالیت بدنی از راهکارهای اصلی مقابله با بروز عوامل خطرزای قلبی عروقی است. تکما کیدیس[۱] و همکاران (۲۰۰۴) بعد از ۴ و ۱۶ هفته تمرینات ورزشی، کاهش معنی دار گلوکز خون ناشتا و بهبود مقاومت به انسولین را در آزمودنی های دیابتی نوع دو مشاهده کردند. توفیقی و همکاران ( ۲۰۱۳ ) نیز ۴۰ زن مبتلابه دیابت نوع دو را به طور تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم کردند. ازجمله مکانیسم

[۱] Takmakidis

هایی که می‌توانند باعث افزایش عمل انسولین بعد از تمرین‌های هوازی شوند، افزایش پیام رسانی پس گیرنده ای انسولین؛ افزایش بیان پروتئین انتقال دهنده گلوکزGLUT۴ ؛ افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز و هگزوکیناز؛ کاهش رهایی و افزایش پاک شدن اسیدهای چرب آزاد؛ افزایش رهایی گلوکز از خون به عضله به علت افزایش مویرگ های عضله و تغییر در ترکیب عضله به منظور افزایش برداشت گلوکز می‌باشد. بنابراین، یکی از روش های کاهش مقاومت به انسولین و کاهش خطر ابتلا به بیماری دیابت نوع دوم به ویژه در افراد چاق، تمرین های هوازی است.

بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان اظهار کرد که مصرف ویتامین D به تنهایی و بدون داشتن برنامه تمرینات ورزشی سبب کاهش معنی دار سطوح گلوکز خون، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین گردید. این نتیجه مغایر با نتایج به دست آمده از مطالعات بروسیوا (۲۰۰۳) است که تغییر معنی داری در سطح گلوکز ناشتا و نیز سایر فازهای اندازه گیری گلوکز سرم در تست OGTT و IVGTT را گزارش نکرده‌اند. سطح انسولین و گلوکز ناشتا سرم در مطالعه اورول[۱] (۱۹۹۴) مورد بررسی قرار گرفت و هیچ تغییر معنی داری در میزان انسولین و گلوکز ناشتا سرم گزارش نشد، که علت این امر کوتاه بودن مدت مکمل یاری ( ۴ روز) ذکرشده است. بوچر[۲] و همکاران (۱۹۹۵)، اثر مثبت مکمل یاری ویتامینD بر سطح انسولین خاص انسانی پروانسولین را گزارش کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که مکمل یاری ویتامین D نه تنها ترشح انسولین را افزایش می‌دهد بلکه تبدیل پرو انسولین به انسولین را نیز بالا می‌برد. هر چه سطح ویتامین D اولیه بیشتر باشد، سطح قند ناشتا، انسولین و HOMA-IR بعد از درمان پایین تر خواهد بود، یعنی تأثیر ویتامین D بیشتر خواهد بود، که نشان می‌دهد سطح سرمی ویتامین D اولیه بیمار رابطه معکوسی با قند ناشتا، انسولین وHOMA-IR بعد از درمان با ویتامین D دارد. هر چه سطح اولیه ویتامین D بالاتر باشد، تأثیر آن در کاهش مقاومت به انسولین بیشتر است، زیرا تأثیر آن بر ژنوم سلولی یا عناصر پاسخ دهنده ژنوم به ویتامین D بیشتر است . بنابراین اثرات ویتامین D در این سطوح ممکن است محدود به تنظیم سطح کلسیم نباشد، بلکه با تأثیر بر ژنوم سلولی بتواند پاسخ هایی را در سطح گیرنده و سطح پیامبرهای داخل سلولی جهت انتقال پیام انسولین به سلول ایجاد کند و به این ترتیب مقاومت به انسولین را کاهش دهد. به نظر می‌رسد افزایش کلسیم سیتوزولی با واسطه ویتامین D در بافت های عضلانی مسئول افزایش انتقال گلوکز به عضله باشد. هم چنین ویتامین D گیرنده های هسته ای محیطی را تنظیم می‌کند، که در حساسیت به انسولین نقش مهمی دارند (اوجوکا[۳]، ۲۰۰۴).

درحالی که در مطالعات گذشته اثرات سودمند تمرین هوازی و ویتامینD هرکدام به تنهایی بر مقاومت به انسولین مورد بررسی قرار گرفته است. اما اثرات تعاملی این دو با یکدیگر روشن نیست. ازاین رو در پژوهش حاضر دریافت ویتامینD حین تمرین هوازی را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین هوازی به همراه مصرف ویتامین D (۵۰۰۰۰ واحد در هفته) منجر به پیشگیری، کنترل و بهبود مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع دو می‌شود و همچنین در مدیریت و بهبود گلوکز خون مؤثر هستند. این یافته ها از این باور که در آزمودنی های با کمبود ویتامینD، مکمل سازی این ویتامین مقاومت

[۱] Orwoll
[۲] Boucher
[۳] Ojuka

به انسولین را در حد قابل ملاحظه ای کاهش می‌دهد، حمایت می‌کند. البته وقتی با تمرین هوازی همراه باشد، اثرات آن مضاعف می‌گردد.

## منابع

حامدی نیا، م. امیری پارسا، ط. و همکاران. ۱۳۹۱. اثر تمرین‌های هوازی پنج‌دقیقه‌ای روزانه و ده‌هفته‌ای یک روز در میان‌بر برخی از شاخص‌های بیماری دیابت نوع دو در زنان مبتلا. دوماهنامه علمی- پژوهشی دانشگاه شاهد. سال ۱۹. شماره۹۹.

Bayat Z, Damirchi A, Hasannejad-Bibalan M, Babaei P. Concurrent high-intensity interval training and probiotic supplementation improve associative memory via increase in insulin sensitivity in ovariectomized rats. BMC Complementary Medicine and Therapies. ۲۰۲۳ Dec;۲۳(۱):۱-۹.

Borissova AM, Tankova T, Kirilov G,Dakovska L, Kovacheva R. The effect of vitamin D۳ on insulin secretion and peripheral insulin sensitivity in type ۲ diabetic patients. Int J Clin Pract ۲۰۰۳; ۵۷(۴): ۲۵۸-۶۱.

Boucher BJ, Mannan N, Noonan K, Hales CN, Evans SJ. Glucose intolerance and impairment of insulin secretion in relation to vitamin D deficiency in east London Asians. Diabetologia ۱۹۹۵; ۳۸(۱۰): ۱۲۳۹-۴۵.

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 ۲ Diabetes Mellitus. Arch Phys Med Rehabil ۲۰۰۵;۸۶(۶):۱۵۲۷-۱۵۳۳.

Chang AM, Smith MJ, Galecki AT, Bloem CJ, Halter JB. Impaired beta-cell function in human aging: response to nicotinic acid-induced insulin resistance. J Clin Endocrinol Metab. ۲۰۰۶ Sep; ۹۱(۹):۳۳۰۳-۹.

Chen T, Xing X, Huang L, Tu M, Lai X, Wen S, Cai J, Lin S, Zheng Y, Lin Y, Xu L. Efficacy and safety of high-dose intramuscular vitamin D۲ injection in type ۲ diabetes mellitus with distal symmetric polyneuropathy combined with vitamin D insufficiency: study protocol for a multicenter, randomized, double-blinded, and placebo-controlled trial. Frontiers in Endocrinology. ۲۰۲۳;۱۴.

Chiu KC, Chu A, Go VL, Saad MF. Hypovitaminosis D is associated with insulin ressistance and beta cell function. Am J Clin Nutr ۲۰۰۴; ۷۹: ۸۲۰-۵.

Dunmore SJ, Brown JE. The role of adipokines in beta-cell failure of type ۲ diabetes. J Endocrinol ۲۰۱۳ Jan ۲; ۲۱۶ (۱) :T۳۷-۴۵.

Frosig C, Richter EA. Improved insulin sensitivity after exercise: focus on insulin signaling Obesity. ۲۰۰۹; ۱۷:۱۵-۲۰.

Gomes RJ, Leme JA, de Moura LP, de Araújo MB, et al. Growth factors and glucose homeostasis in diabetic rats: effects of exercise training. Cell Biochem Funct. ۲۰۰۹; ۲۷: ۱۹۹-۲۰۴.

Gray S, Baker G, Wright A, Fitzsimons C, Mutrie N, Nimmo M. The effect of a ۱۲ week walking intervention on markers of insulin resistance and systemic inflammation. Prev Med ۲۰۰۹; ۴۸(۱): ۳۹-۴۴.

Jetton TL, Lausier J, LaRock K, Trotman WE, Larmie B, Habibovic A, et al. Mechanisms of compensatory beta-cell growth in insulin-resistant rats: roles of Akt kinase. Diabetes. ۲۰۰۵ Aug; ۵۴(۸):۲۲۹۴-۳۰۴.

Kadoglou NP, Fotiadis G, Kapelouzou A, Kostakis A, Liapis CD, Vrabas IS. The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with type ۲ diabetes. Diabet Med ۲۰۱۳; ۳۰(۲): ۴۱-۵۰.

Keresztes P A and Cisel MW ۲۰۰۹, ' Management of clients with functional cardiac disorder ' in Medical surgical nursing: clinical management for positive outcomes comps JM Black and JH Hawks, ۸th edn, Elsevier Sanders, USA.

Khaledi K, Hoseini R, Gharzi A. Effects of aerobic training and vitamin D supplementation on glycemic indices and adipose tissue gene expression in type ۲ diabetic rats. Scientific Reports. ۲۰۲۳ Jun ۲۳;۱۳(۱):۱۰۲۱۸.

Lotfi M, Behpoor N, Rahimi M, Jafari A. Separate and Combined Effects of Resistance Training and Cucumber (Cucumis sativus) Juice Consumption on the Diabetic Indicators and Lipid Profile in Women with Type ۲ Diabetes. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. ۲۰۲۳ Jun ۳۰;۲۷(۲).

Ojuka EO. Role of calcium and AMP kinase in the regulation of mitochondrial biogenesis and GLUT۴ levels in muscle. Proceedings of the Nutrition Society. **۲۰۰۴**;**۶۳**(۰۲):**۲۷۵-۲۷۸**.

Orwoll E, Riddle M, Prince M. Effects of vitamin D on insulin and glucagon secretion in non-insulin-dependent diabetes mellitus. Am J Clin Nutr **۱۹۹۴**; **۵۹**: **۱۰۸۳-۷**.

Piotrowska K, Zgutka K, Tkacz M, Tarnowski M. Physical Activity as a Modern Intervention in the Fight against Obesity-Related Inflammation in Type ۲ Diabetes Mellitus and Gestational Diabetes. Antioxidants. ۲۰۲۳ Jul ۲۵;۱۲(۸):۱۴۸۸.

Romuzi N. The effect of a period of Pilates and the supplementation of Royal Jelly on inflammatory indexes of diabetic obese women. Journal of Sports Physiology and Athletic Conditioning. ۲۰۲۳ Jan;۷(۷):۶۳.

Salarinia M, Azizi M, Tahmasebi W, Khalvandi H. Effect of Eight Weeks of Vitamin D Consumption and Exercise in Water on Liver Enzymes and Mental Health of Women with Type ۲ Diabetes. Modern Care Journal. ۲۰۲۳ Jul ۳۱;۲۰(۳).

Salarinia M, Azizi M, Tahmasebi W, Khalvandi H. Effect of eight weeks of vitamin D supplementation and water-based exercise on cardiometabolic profile in women with type ۲ diabetes. Science & Sports. ۲۰۲۳ May ۱;۳۸(۳):۲۸۳-۹۲.

Shulman GI. Cellular mechanisms of insulin resistance. J Clin Invest **۲۰۰۰** Jul; **۱۰۶** (**۲**): **۱۷۱-۶**.

Sun X, Yan T, Li Z, Zhou S, Peng W, Cui W, Xu J, Cao ZB, Shi L, Wang Y. Effects of Endurance Exercise and Vitamin D Supplementation on Insulin Resistance and Plasma Lipidome in Middle-Aged Adults with Type ۲ Diabetes. Nutrients. ۲۰۲۳ Jul ۳;۱۵(۱۳):۳۰۲۷.

Tofighi A, samadian A. Comparison of **۱۲** Weeks Aerobic with Resistance Exercise Training on Serum Levels of Resistin and Glycemic Indices in Obese Postmenopausal Women with Type **۲** Diabetes (Comparison of Two Exercise Protocols). Jundishapur Sci Med J. **۲۰۱۳**;**۱۲**(**۶**): **۶۶۵-۷۶**.

Tokmakidis SP, Christos EZ, Konstantinos AV, Kotsa K, Touvra AM. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type **۲** diabetes. Eur J Appl Physiol **۲۰۰۴**;**۹۲**(۴-۵):**۴۳۷-۴۴۲**.

von Hurst PR, Stonehouse W, Coad J. Vitamin D supplementation reduces insulin resistance in South Asian women living in New Zealand who are insulin resistant and vitamin D deficient–a randomised, placebo-controlled trial. British Journal of Nutrition. **۲۰۱۰**; **۱۰۳**(**۰۴**): **۵۴۹-۵۵۵**.

Watanabe RM. The genetics of insulin resistance: Where's Waldo? Curr Diab Rep **۲۰۱۰** Dec; **۱۰** (**۶**): **۴۷۶-۸۴**.

Weir GC, Bonner-Weir S. Five stages of evolving beta-cell dysfunction during progression to diabetes. Diabetes. **۲۰۰۴** Dec; **۵۳** (Suppl **۳**): S**۱۶-۲۱**.

Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year ۲۰۰۰ and projections for ۲۰۳۰. Diabetes Care ۲۰۰۴; ۲۷(۵): ۱۰۴۷-۵۳.

Witham M, Dove F, Dryburgh M, Sugden J, Morris A, Struthers A. The effect of different doses of vitamin D ۳ on markers of vascular health in patients with type ۲ diabetes: a randomised controlled trial. Diabetologia. ۲۰۱۰:۱-۸.