مجله‌ی غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی شهید بهشتی
دوره‌ی بیست و هفتم، شماره‌ی ۱، صفحه‌های ۱۴ ـ ۱ (۱۴۰۴)

مقاله‌ی پژوهشی

تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و تمرین هوازی بر سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز و شاخص‌های کنترل گلیسمی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

علی نعمتی، دکتر فرناز سیفی اسگ شهر، سجاد رمضانی، پری‌ناز طبیب‌وند

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، **نشانی مکاتبه با نویسنده مسئول:** اردبیل، انتهای خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، صندوق پستی: ۵۶۱۹۹۱۱۳۶۷،
دکتر فرناز سیفی اسگ شهر؛ e-mail: f.seify@yahoo.com

چکیده

مقدمه: دیابت نوع ۲ با عوارض متابولیک متعددی همراه است و در پی نارسایی در ترشح انسولین در بافت‌ها به وجود می‌آید. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و تمرین هوازی بر سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز و شاخص‌های کنترل گلیسمی (قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله) در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ انجام شد. مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۲۱ زن ۶۰-۳۵ ساله مبتلا به دیابت به صورت تصادفی به سه گروه تمرین مقاومتی (N=۷)، تمرین هوازی (N=۷) و شاهد (N=۷) تقسیم شدند. تمرین مقاومتی به مدت ۸ هفته، با شدت ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه (1RM) در هفته اول شروع و به ۷۵ درصد 1RM رسید. تمرین هوازی نیز با ۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب در هفته اول شروع و به ۷۰ درصد ضربان قلب رسید. نمونه‌گیری خون پس از ۱۲ ساعت ناشتایی پیش و پس از مداخله انجام گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس تک و چند متغیره در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گردید. یافته‌ها: در گروه تمرین هوازی، افزایش معنادار آلکالین فسفاتاز در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد (P=۰/۰۳۴)، با این‌حال، هیچ‌یک از مداخلات ورزشی تأثیر معناداری بر قندخون ناشتا (P=۰/۹۶۷) و هموگلوبین گلیکوزیله نداشت (P=۰/۱۰۷). همچنین بین گروه تمرین مقاومتی و شاهد، از نظر سطوح آلکالین فسفاتاز تفاوت معناداری مشاهده نشد (P =۰/۵۹۸). نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد هشت هفته تمرین هوازی می‌تواند بر سطوح آلکالین فسفاتاز تأثیر مثبت داشته باشد، در حالی‌که این مدت زمان برای ایجاد تغییرات معنادار در شاخص‌های گلیسمی کافی نیست. ترکیب دو تمرین در برنامه مدیریت جامع بیماران مبتلا به دیابت توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین مقاومتی، تمرین هوازی، آلکالین فسفاتاز، قند خون ناشتا، هموگلوبین گلیکوزیله، دیابت نوع ۲

دریافت مقاله:۱۴۰۴/۹/۱۷ـ دریافت اصلاحیه: ۱۴۰۴/۱۰/۹ ـ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۵

شماره ثبت در مرکز کارآزمایی بالینی ایران: IRCT20241001063236N1

مقدمه

دیابت ملیتوس نوع ۲[i] یک اختلال متابولیک با مشخصه هایپرگلیسمی[ii] است که در اثر نقص در ترشح انسولین، مقاومت به آن یا هر دو ایجاد می‌شود و با عوارض بلندمدت قلبی-عروقی، کلیوی، عصبی و چشمی همراه است.[۱] شیوع این بیماری به دلیل بی‌تحرکی، پیری جمعیت، چاقی و رشد جمعیت جهانی رو به افزایش است.[۲] مطالعات مشخص کرده‌اند که در سال ۲۰۱۳ تعداد ۳۲۸ میلیون نفر مبتلا به دیابت در جهان وجود داشته که انتظار می رود این میزان تا

i-Type 2 Diabetes Mellitus
ii-Hyperglycemia

سال ۲۰۳۵ به ۵۹۲ میلیون نفر برسد. پیش بینی می شود که میزان شیوع دیابت در جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۲۱ درصد برسد.[۳] کنترل نامطلوب قند خون و مقاومت به انسولین، همراه با فشار خون و چربی خون بالا، زمینه‌ساز تصلب شرایین و افزایش خطر بیماری‌های عروق کرونر و محیطی در دیابت نوع ۲ است.[٤]

ارتباط دیابت با سالمندی پیچیده است و به نظر می‌رسد مقاومت به انسولین ناشی از افزایش سن، به دلیل افزایش بافت چربی، کاهش فعالیت بدنی و کم‌ماهیچگی (سارکوپنی[i]) باشد.[٥] در واقع، دیابت نوع ۲ منجر به کاهش بارزتر توده عضلانی اسکلتی نسبت به افراد هم‌سن با سطح قند خون طبیعی می‌شود.[٦] فعالیت بدنی نقش ثابت‌شده‌ای در کاهش خطر ابتلا و کنترل عوارض دیابت دارد.[۷] تمرین مقاومتی، با درگیر کردن حجم بیشتری از عضلات و افزایش توده عضلانی اسکلتی، تعامل با گلوکز خون را بهبود می‌بخشد.[۸] از آنجا که دیابت با تحلیل عضلانی همراه است، این نوع تمرین که اغلب برای بیماران قابل تحمل‌تر از تمرین هوازی با شدت بالا است، می‌تواند برای بازسازی بافت عضلانی هدف‌مند باشد.[۹]

بهبود آمادگی عضلانی و قلبی-تنفسی با کاهش مرگ‌ومیر مرتبط است[۱۰] و ارتباط معکوسی بین آمادگی قلبی-تنفسی و هموگلوبین گلیکوزیله (HbA_1c)[ii] وجود دارد.[۱۱] تمرین منظم ورزشی، به همراه درمان دارویی و غذایی، از ارکان اصلی کنترل دیابت نوع ۲ محسوب می‌شود. اگرچه تأثیر ورزش بر آنزیم‌های کبدی در مطالعات گاه متناقض گزارش شده است،[۱۲،۱۳] اما به‌طورکلی، انواع تمرین‌های هوازی با شدت کم تا متوسط در کنترل قند خون مؤثرند[۱٤] و با افزایش آمادگی قلبی-تنفسی، از عوارض دیابت می‌کاهند.[۱۵] این تمرین‌ها را می‌توان به تدریج و به صورت فزاینده تنظیم کرد.[۱٦] با این‌حال، شواهد نوین نشان می‌دهند تمرین مقاومتی ممکن است در مدت زمان کوتاه‌تر، نتایج بهتری برای سلامت کلی فرد داشته باشد.[۱۷] به عنوان مثال، کایوزا[iii] و همکاران گزارش کردند که تمرین مقاومتی در مقایسه با تمرین استقامتی، منجر به بهبود بیشتر حساسیت به انسولین و کاهش قند خون ناشتا[iv]، انسولین و فشار خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ شد.[۱۸]

آلکالین فسفاتاز[v] (ALP) آنزیمی هیدرولیتیک است که می‌تواند نشانگر بیماری‌های کبدی یا استخوانی باشد. ارتباط بین دیابت و عملکرد کبد ممکن است از طریق نقش ALP در بیماری استخوانی باشد.[۱۹،۲۰،۲۱] افزایش ALP یک شاخص پیش‌آگهی منفی در بیماران مبتلا به دیابت با انفارکتوس حاد میوکارد[vi] است.[۲۲] از آنجا که دیابت نوع ۲ با افزایش خطر بیماری‌های استخوانی و کبدی همراه است، آلکالین فسفاتاز می‌تواند به عنوان یک نشانگر کلیدی در این تقاطع عمل کند. ALP سرم به طور گسترده به عنوان جانشین متابولیسم مواد معدنی در نظر گرفته شده است. عدم تعادل در متابولیسم استخوان و مواد معدنی تقریباً در تمام بیماران مبتلا به دیابت مشاهده می‌شود.[۲۳،۲٤] همچنین در مطالعه‌ای مشخص شده که، انسولین تکثیر و تمایز استئوبلاست‌ها را تحریک می‌کند و منجر به افزایش سطح ALP اختصاصی استخوان در شرایط آزمایشگاهی می‌شود. هایپرگلیسمی و التهاب مزمن ناشی از دیابت است که هم بر متابولیسم استخوان (از طریق تأثیر بر استئوبلاست‌ها) و هم بر عملکرد کبد تأثیر گذاشته و منجر به تغییر در سطوح سرمی این آنزیم شده است.[۲۲،۲۵] تمرین هوازی متوسط می‌توانند با افزایش بیان ALP، سطوح سرمی آن و ویتامین D را بهبود بخشند که برای سلامت استخوان مفید است.[۲٦] تمرین تناوبی هوازی نیز با بهبود شاخص‌های ترکیب بدن و افزایش سطح ALP سرم می‌تواند در پیشگیری از پوکی استخوان نقش داشته باشد.[۲۷] تأثیر تمرین مقاومتی بر ALP پیچیده‌تر است؛ بهبود کنترل گلیسمیک ممکن است تولید کبدی ALP را کاهش دهد، در حالی‌که تمرین مقاومتی همراه با مصرف ویتامین D متابولیسم استخوان را تحریک کرده و می‌تواند به طور موقت سطح ALP استخوانی را افزایش دهد.[۲۸] این تعامل، رابطه ساده‌ای بین بهبود گلیسمی و تغییرات ALP را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مداخلات مؤثر، از جمله ترکیب ورزش هوازی و ذهن‌آگاهی، می‌توانند با کنترل HbA_1c به بهبود سلامت بیماران کمک کنند.[۲۹]

با توجه به اهمیت دیابت در جهان و اثرات چند جانبه ورزش بر این بیماری، ورزش و فعالیت بدنی به طور قابل

i-Sarcopenia
ii-Glycosylated hemoglobin
iii-Cauza
iv-Fasting blood sugar
v-Alkaline phosphatase
vi-Acute myocardial infarction

توجهی برای کاهش آتروفی عضلانی و افزایش مواد معدنی و تراکم استخوان توصیه می‌شود. مطالعات گسترده‌ای برای بررسی تاثیر فعالیت ورزشی به عنوان مداخله‌ای غیر داروئی در بهبود شاخص‌هایی مرتبط با دیابت صورت گرفته است و کاهش تحلیل عضلانی در بیماران مبتلا به دیابت انجام شده است. در مطالعه حاضر سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز و شاخص‌های کنترل گلیسمی به عنوان شاخص‌های جایگزین تحلیل عضلانی و استخوانی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ که تحت مداخلات ورزشی قرار گرفته اند، با این هدف که شاید بتوان یک روش بالینی مناسب برای جلوگیری از تحلیل عضلانی و کنترل شاخص‌های قندی در زنان مبتلا به دیابت نوع دو مورد ارائه داد، ارزیابی شده است. بدین‌منظور، به بررسی تاثیر هشت هفته تمرین مقاومتی و تمرین هوازی بر سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز و شاخص‌های کنترل گلیسمی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ پرداختیم.

مواد و روش‌ها

شرکت‌کنندگان

شرکت‌کنندگان در این مطالعه از بین بیماران سرپایی زن مراجعه‌کننده به بیمارستان‌های اردبیل و انجمن دیابت شهر اردبیل بودند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بود از، بیشتر از یک سال ابتلا به دیابت نوع ۲ بر اساس مدارک پزشکی ، قرار داشتن در محدوده سنی ۶۰-۳۵ سال، دارا بودن شاخص توده بدنی (BMI)[i] بین ۲۱ کیلوگرم بر متر مربع و ۳۸ کیلوگرم بر متر مربع و سبک زندگی بی‌تحرک. عدم انجام بیشتر از ۲۰ دقیقه ورزش ساختاری از هر نوع در هفته در شش ماه گذشته یا هر سطح از تمرین تناوبی با شدت بالا به عنوان بی‌تحرکی تعریف شد. معیارهای خروج یا عدم ورود عبارت بود از: فشار خون سیستولی و دیاستولی در حالت استراحت بالاتر یا مساوی با ۱۶۰/ ۱۰۰ میلی‌متر جیوه، تری‌گلیسرید ناشتا بالاتر یا مساوی ۵/۷ میلی‌مول/لیتر، سابقه بیماری قلبی-عروقی، ابتلا به اختلال تیروئید، سرطان، اختلال غدد درون‌ریز (غیر از دیابت)، ابتلا به بیماری‌های شدید کلیوی یا کبدی (سابقه هپاتیت حاد، مزمن، بیماری‌های کبدی مرتبط با دارو، استئاتوز، هپاتیت مزمن نوع B و C، و هپاتیت مرتبط با خودایمنی) سابقه جراحی، استفاده از سیگار، الکل و سایر مواد مخدر. این موضوع مورد توجه بود که تمام شرکت‌کنندگان در مطالعه باید از داروهای خوراکی کاهش قند خون مثل متفورمین[ii] و گلی بنکلامید[iii] برای کنترل دیابت خود استفاده کنندو در طول مطالعه نیز هیچ تغییری در مصرف داروها رخ ندهد. در خصوص رژیم غذایی، اگرچه برنامه غذایی استاندارد و یکسانی برای شرکت‌کنندگان تجویز نشد، اما به تمامی افراد توصیه شد که الگوی غذایی معمول خود را در طول دوره مطالعه حفظ کنند و از ایجاد تغییرات عمده در دریافت کالری، مصرف مکمل‌ها یا رژیم‌های خاص غذایی خودداری نمایند. همچنین، شرکت‌کنندگان از مصرف مکمل‌های ویتامینی و مواد مؤثر بر متابولیسم استخوان و قند خون در طول مطالعه منع شدند. پس از اعمال معیارهای عدم ورود، از میان ۱۲۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ ثبت نام شده تنها ۲۱ بیمار معیارهای ورود را برآورده کردند. پیش از شروع طرح پژوهشی؛ تمامی شرکت‌کنندگان در مطالعه در یک جلسه توجیهی شرکت کرده و با تمامی مراحل آشنا شدند و به آن‌ها اطمینان داده شده تمامی نتایج به صورت محرمانه نگه‌داری می‌شوند. پس از آشنایی با نحوه اجرا و هدف پژوهش، فرم رضایت‌نامه کتبی را دریافت و همراه با پرسش‌نامه آمادگی فعالیت بدنی را تکمیل کردند شرکت‌کنندگان به صورت تصادفی در سه گروه تمرین مقاومتی (۷ نفر) تمرین هوازی (۷ نفر) و گروه شاهد (۷ نفر) تقسیم شدند. حجم نمونه مطالعه حاضر (۲۱ نفر، ۷ نفر در هر گروه) با توجه به ماهیت مداخله‌ای، طراحی نیمه‌تجربی و محدودیت‌های بالینی در دسترسی به بیماران واجد شرایط انتخاب شد. اگرچه حجم نمونه نسبتاً کوچک است، اما با توجه به همگن بودن نمونه‌ها، رعایت معیارهای دقیق ورود و خروج، و تخصیص تصادفی شرکت‌کنندگان به گروه‌ها، از دقت درونی مطالعه حمایت می‌کند. علاوه بر این، مطالعات پیشین در حوزه تمرین ورزشی و دیابت نوع ۲، به‌ویژه مطالعات آزمایشی یا مطالعات بالینی اولیه، از حجم نمونه‌های مشابه یا حتی کوچک‌تر استفاده کرده‌اند و نتایج معنادار فیزیولوژیک گزارش نموده‌اند.[۳۰،۳۱] فرآیند تصادفی‌سازی توسط فردی که از چگونگی اجرای تمرین آگاه نبود تمرین انجام شد تا از بروز سوگیری تخصیص جلوگیری شود. این روش مطابق با -استانداردهای منسجم

i-Body mass index

ii-Metformin
iii-Glybenclamide

گزارش‌دهی کارآزمایی‌ها[i] برای تخصیص تصادفی افراد در مطالعات مداخله‌ای انجام گرفت.[۳۲]

پس از تقسیم‌بندی گروه‌ها و ۷۲ ساعت قبل از شروع طرح شاخص‌های تن‌سنجی شامل: قد، وزن، شاخص توده بدنی و ترکیب بدنی اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری شاخص‌های تن‌سنجی و ۴۸ ساعت قبل از شروع پژوهش؛ شرکت‌کنندگان توسط پزشک معتمد معاینه و مجوز اجرای فعالیت ورزشی را دریافت کردند و برای انجام خون‌گیری مرحله پیش آزمون به آزمایشگاه مرکزی علوم پزشکی شهر اردبیل معرفی شدند. پس از انجام خون‌گیری مرحله اول از شرکت‌کنندگان، افراد گروه‌های مداخله جهت آشنایی با روند پژوهش و انجام تمرین ورزشی به مرکز تندرستی دانشگاه محقق اردبیلی مراجعه کردند. در این جلسه به شرکت‌کنندگان در گروه شاهد پیشنهاد شد در طول زمان انجام پژوهش هیچ گونه فعالیت ورزشی نداشته باشند و به زندگی عادی خود بپردازند. چهل و هشت ساعت پس از انجام آخرین وهله تمرین؛ اندازه‌گیری شاخص‌های تن‌سنجی و خونگیری از شرکت‌کنندگان، همانند مرحله پیش آزمون انجام شد.

مطالعه حاضر به صورت یک مطالعه مقطعی در دانشگاه محقق اردبیلی و به مدت ۸ هفته با شماره کارآزمایی بالینی ایران (IRCT20241001063236N1) براساس استانداردهای منسجم گزارش‌دهی کارآزمایی‌ها انجام شد. این مطالعه توسط کمیته اخلاق تحقیق دانشگاه محقق اردبیلی تائید و با کد IR.UMA.REC.1403.055 ثبت گردید. تمامی شرکت‌کنندگان جهت شرکت در پژوهش رضایت‌نامه آگاهانه امضا کردند.

شیوه آزمایش

پیش از شروع آزمایش همه شرکت‌کنندگان در جلسات آشنایی شرکت کردند تا از مطالعه اهداف و روش مطالعه مطلع شوند. در طی این جلسات تمامی شرکت‌کنندگان با تجهیزات ورزشی آشنا شدند. پیش از شروع آزمایش شاخص‌های تن‌سنجی و فشارخون اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری خونی در حالت ناشتا در ساعت ۱۰-۸ صبح در محیط آزمایشگاه و توسط متخصص آزمایشگاه انجام شد.

پس از گذشت ۸ هفته از مداخلات تحقیق و ۴۸ ساعت پس از آخرین دفعه تمرین اندازه‌گیری شاخص‌های تن‌سنجی و نمونه‌گیری خونی همانند پیش آزمون صورت پذیرفت جهت ارزیابی حداکثر ضربان قلب از فرمول (سن -۲۲۰) استفاده شد. همچنین برای ارزیابی شدت تمرین مقاومتی از آزمون حداکثر یک تکرار بیشینه (1RM)[ii] جهت انتخاب وزنه اولیه قبل از شروع دوره مداخله و افزایش شدت تمرین در طول ۸ هفته از فرمول برزیسکی[۳۳] زیر استفاده گردید:

((تعداد تکرار×۰/۰۲۷۸) – ۱/۰۲۷۸) ÷ وزنه جابه‌جا شده= (Kg) یک تکرار بیشینه (1RM)

برنامه تمرین

برنامه تمرینی برای ورزش مقاومتی و هوازی به مدت ۸ هفته و سه جلسه در هفته در نظر گرفته شد. هر جلسه تمرینی ۴۵ دقیقه که طی هفته اول تا هشتم به ۱ ساعت افزایش یافت. در افراد مبتلا به دیابت زمانی که فعالیت ورزشی بیش از ۳۰ دقیقه طول می‌کشید؛ هر ۳۰ الی ۶۰ دقیقه ۱۵ الی ۳۰ گرم کربوهیدرات، دریافت می شد. بدین‌منظور، خرما به عنوان ماده قندی در نظر گرفته شد. گروه تمرین ورزشی مقاومتی تمرین خود را که متشکل از ۱۰ دقیقه گرم کردن با حرکات نرم هوازی و سپس انجام ۶ حرکت اصلی و در انتهای تمرین ۵ دقیقه حرکات کششی سبک برای سرد کردن بود؛ انجام دادند. شدت تمرین مقاومتی با رعایت اصل اضافه بار در هفته اول با ۴۰ درصد 1RM، دو ست با تکرارهای ۱۲-۱۰ تکرار شروع شد. هفته دوم نیز با ۴۰ درصد 1RM، در هفته سوم با ۴۵ درصد، هفته چهارم ۵۰ درصد، هفته پنجم ۶۰ درصد و هفته ششم ۷۰ درصد 1RM با سه ست ۱۰ تکراری تمرین کردند. همچنین در هفته‌های هفتم و هشتم شدت تمرین با ۷۵ درصد 1RM با سه ست و تکرارهای ۸ تایی انجام شد. همچنین گروه تمرین هوازی پس از بدست آوردن حداکثر ضربان قلب بیشینه تمرین خود را با شدت ۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب خود بر روی دوچرخه ثابت شروع کردند. تمرین استقامتی متشکل از ۱۰ دقیقه گرم کردن با حرکات نرم و هوازی انجام بدنه اصلی تمرین و ۵ دقیقه سرد کردن بود. جهت بدست آوردن حداکثر ضربان قلب شرکت‌کنندگان از فرمول ۲۲۰ – سن استفاده شد. برنامه تمرین استقامتی در هفته اول با شدت ۴۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۱۶ دقیقه، هفته دوم با ۴۰ درصد به مدت ۲۴ دقیقه، هفته سوم با ۴۵ درصد، هفته چهارم با ۵۰ درصد، هفته پنجم با ۵۰ درصد هفته ششم ۶۰ درصد و هفته هفتم با ۶۵ درصد و هشتم با ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت

i-Consistent standards for reporting trials

ii-One repetition maximum

۳۲ دقیقه انجام شد. برنامه‌های تمرین با توجه به پژوهش‌های انجام شده و با توجه به ملاحظات تمرینی عنوان شده در کالج پزشکی ورزشی آمریکا[i] برای بیماران و سالمندان طراحی شد. خلاصه برنامه تمرین در جدول ۱ آورده شده است.[۳۴،۳۵]

جدول۱ – برنامه تمرین مقاومتی و هوازی

هفته‌های تمرین مقاومتی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
گرم کردن				**۱۰دقیقه**				
پرس سینه هالتر	۱۰-۱۲× ۲			۱۰×۳			۸×۳	**۸×۳**
جلوران	۱۰-۱۲× ۲			۱۰×۳			۸×۳	**۸×۳**
پشت پا	۱۰-۱۲× ۲			۱۰×۳			۸×۳	**۸×۳**
پرس سرشانه دمبل	۱۰-۱۲× ۲			۱۰×۳			۸×۳	**۸×۳**
جلو بازو هالتر	۱۰-۱۲× ۲			۱۰×۳			۸×۳	**۸×۳**
پشت بازو تک دمبل	۱۰-۱۲× ۲			۱۰×۳			۸×۳	**۸×۳**
1RM%	٤٠	٤٠	٤٥	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥	**٧٥**
استراحت بین هر ست	٦٠ثانیه	٦٠ثانیه	۹۰ثانیه	۹۰ثانیه	۹۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	**۱۲۰ثانیه**
استراحت بین هر حرکت	۹۰ثانیه	۹۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۲۰ثانیه	۱۸۰ثانیه	۱۸۰ثانیه	**۱۸۰ثانیه**
سرد کردن				**۵ دقیقه**				

هفته‌های تمرین هوازی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
گرم کردن				۱۰ دقیقه				
دویدن (دقیقه)	۲×۸	۳×۸	٤×۸	٤×۸	٤×۸	٤×۸	٤×۸	٤×۸
شدت MHR%	٤٠	٤٠	٤٥	٥٠	٥٠	٦٠	٦٥	٧٠
استراحت بین هر ست (دقیقه)	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤
سرد کردن				۵ دقیقه				

1RM:یک تکرار بیشینه، MHR: حداکثر ضربان قلب

i-American college of sports medicine

اندازه‌گیری شاخص‌های تن‌سنجی

هفتادو دو ساعت پیش از شروع مداخله ورزشی و پس از آخرین دفعه تمرین، شاخص‌های تن‌سنجی شامل BMI، درصد چربی و درصد عضله توسط دستگاه تحلیل ترکیب بدن ایکس کانتکت[i] ۳۵۶ ساخت کمپانی جاوون مدیکال[ii] ساخت کشور کره جنوبی اندازه‌گیری شد. قد بدون کفش و وزن با دستگاه کالیبره شده سکا ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد. دور کمر در نقطه میانی بین تاج ایلیاک و حاشیه دنده پایین و با دقت ۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. دور باسن در نقطه برجستگی بیشینه باسن از نمای جانبی با دقت ۱ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نسبت دور کمر به دور باسن[iii] (WHR) با تقسیم دور کمر بر دور باسن محاسبه شد.[۳۶]

اندازه‌گیری شاخص‌های خونی

۴۸ ساعت پیش از شروع مداخله‌های ورزشی و ۴۸ ساعت پس از آخرین وهله تمرینی تمامی شرکت‌کنندگان گروه‌های سه گانه تحقیق با مراجعه به آزمایشگاه علوم پزشکی اردبیل جهت خون‌گیری توسط متخصص آزمایشگاه معرفی شدند. نمونه‌گیری پس از حداقل ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد و در هر مرحله خون‌گیری حدود ۱۰ میلی‌لیتر خون از ورید آنتی‌کوبیتال شرکت‌کنندگان در مطالعه در حالت نشسته و استراحت توسط مسئول آزمایشگاه در محل آزمایشگاه گرفته شد. پس از هر وهله خون‌گیری سرم نمونه‌های خونی با استفاده از دستگاه سانترفیوژ یونیورسال ۱۸ شاخه ساخت ایران (به مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه برای قندخون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله و ۱۵ دقیقه برای آلکالین فسفاتاز) جدا شدند و در میکروتوب‌ها جمع آوری و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد فریز و پس از اتمام کامل پژوهش به آزمایشگاه ارسال شد. اندازه‌گیری سطوح سرمی ALP با استفاده از کیت آنزیمی ساخت شرکت پارس آزمون به صورت واحد در لیتر به روش اسپکتروفتومتری[iv] انجام شد و حساسیت این کیت ۰/۰۵ گرم بر دسی‌لیتر بود. گلوکز ناشتا، هموگلوبین گلیکولیزه با استفاده از کیت گلوکز اکسیداز (پارس آزمون) از طریق دستگاه‌های آنالیز خودکار (هیتاچی[v]، مدل‌های ۷۰۴ و ۹۰۲، ژاپن) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از آزمون شاپیرو ویلک[vi] برای بررسی نرمال بودن و آزمون لون[vii] بررسی همگنی داده‌ها استفاده شد. جهت بررسی تأثیر مداخلات ورزشی بر سطوح سرمی ALP شاخص‌های کنترل گلیسمی قندخون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله ابتدا از آزمون تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA)[viii] برای تحلیل هم زمان متغیرهای وابسته استفاده شد. در صورت معنادار بودن اثر گروه در تحلیل MANOVA برای بررسی دقیق‌تر تفاوت هر متغیر از تحلیل واریانس یک طرفه[ix] (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی[x] استفاده گردید.

آستانه معنی‌داری آماری در تمامی تحلیل‌ها $P<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد کلیه تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

یافته‌ها

یافته‌های بدست آمده نتایج اولیه داده‌های تحقیق نشان داد اختلاف معناداری در بین پیش آزمون گروه‌های مختلف مطالعه وجود ندارد. این یافته‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است که توسط آزمون آنالیز واریانس یک راهه بررسی شد.

نتایج آزمون MANOVA نشان داد که بین سه گروهی که مورد بررسی قرار گرفتند (تمرین مقاومتی، تمرین هوازی، شاهد) در شاخص‌های مرتبط با کنترل گلیسمی (FBS[xi], HbA_1c) و همچنین ALP سرمی تفاوت معناداری وجود ندارد ($P=۰/۰۸۱$، $F=۲/۰۹۵$، Wilks' Lambda $=۰/۵۱۵$).

اثر شاخص‌های گلیسمی مرتبط با دیابت در مطالعه حاضر، قندخون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله و همچنین سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز در بین گروه‌های تحقیق در جدول۳ بررسی شد

با توجه به عدم معناداری آزمون چندمتغیره، از انجام آزمون‌های تعقیبی معمول خودداری شد. با این‌حال، به

i-X-Contact
ii-Jawon medical
iii-Waist-to-hip ratio
iv-Spectrophotometry

v-Hitachi
vi-Shapiro-wilk test
vii-Levene's test
viii-Multivariate analysis of variance
ix-Analysis of variance
x-Tukey post hoc test
xi-Fasting blood sugar

منظور بررسی اکتشافی، تحلیل‌های واریانس یک متغیره (ANOVA) برای هر متغیر به صورت جداگانه انجام شد. نتایج آزمون ANOVA حاکی از آن بود که اثر گروه‌ها بر تغییرات قندخون ناشتا (P=۰/۹۶۷، F=۰/۰۳۳) و هموگلوبین گلیکوزیله (P=۰/۱۰۷، F =۲/۵۳۳) معنادار نبود. (شکل ۱و۲)

جدول۲- شاخص‌های تن‌سنجی گروه‌های تحقیق

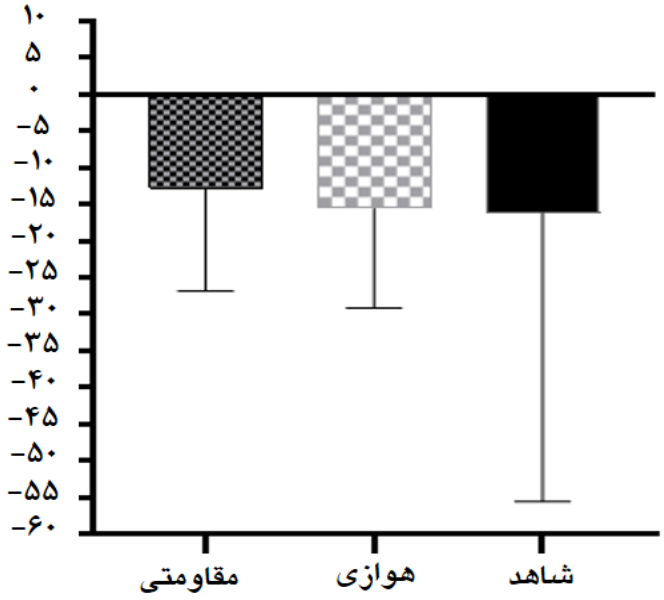
متغیرها	گروه	میانگین±انحراف استاندارد	دامنه (حداکثر-حداقل)	P
سن (سال)	مقاومتی	۵۱/۱۴ ± ۴/۵۹	۵۸ – ۴۶	۰/۱۱۴
	هوازی	۴۹/۲۷ ± ۳/۵۹	۵۶ – ۴۴	
	شاهد	۴۶/۴۰ ± ۵/۱۵	۵۴ – ۳۷	
قد (متر)	مقاومتی	۱۵۷/۵۷ ± ۶/۳۴	۱۶۶ – ۱۴۸	۰/۵۲۹
	هوازی	۱۵۹/۲۸ ± ۴/۸۸	۱۶۴ – ۱۵۱	
	شاهد	۱۵۴/۸۵ ± ۶/۶۶	۱۶۳ – ۱۴۵	
وزن (کیلوگرم)	مقاومتی	۷۴/۹۱ ± ۱۰/۸۴	۹۲/۱۰ – ۵۸/۵۰	۰/۵۷۴
	هوازی	۶۹/۹۹ ± ۱۳/۲۶	۸۵/۴۰ – ۴۹/۵۰	
	شاهد	۷۰/۹۳± ۷/۸۰	۸۰/۷۰ – ۵۶/۸۰	
BMI	مقاومتی	۳۰/۴۱ ± ۳/۸۰	۳۶/۴۰ – ۲۶/۷۰	۰/۴۷۸
	هوازی	۲۹/۱۰ ± ۶/۰۱	۳۷/۶۰ – ۲۱/۷۰	
	شاهد	۳۰/۰۱ ± ۳/۸۹	۳۵/۱۰ – ۲۴/۶۰	
WHR	مقاومتی	۰/۸۸ ± ۰/۰۴	۰/۹۵ – ۰/۸۴	۰/۲۲۹
	هوازی	۰/۸۹ ± ۰/۰۷	۰/۹۷ – ۰/۷۹	
	شاهد	۰/۸۶ ± ۰/۰۳	۰/۹۰ – ۰/۸۲	

BMI: شاخص توده بدنی، WHR: نسبت دور کمر به باسن

جدول۳ – اثر تمرین ورزشی بر متغیرها

متغیرها	گروه	پیش آزمون (میانگین ± انحراف استاندارد)	پس آزمون (میانگین ± انحراف استاندارد)	تفاضل بین میانگین‌ها (Δ)	فاصله اطمینان ٪۹۵	P*	مقایسه زوجی	P**	اندازه اثر
قندخون ناشتا (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	مقاومتی	۱۴۹/۱۴ ± ۲۶/۳۲	۱۳۶/۲۸ ± ۱۵/۶۲	-۱۲/۸۵ ± ۱۴/۰۱	-۲۵/۸۲ , ۰/۱۰	۰/۹۶۷		-	۰/۲۸۲
	هوازی	۱۴۷/۲۸ ± ۲۷/۵۷	۱۳۱/۷۱ ± ۲۲/۲۶	-۱۵/۰۷ ± ۱۳/۶۳	-۲۸/۱۸ , -۲/۹۵			-	
	شاهد	۱۹۴/۲۸ ± ۳۷/۷۹	۱۷۸/۱۴ ± ۳۲/۶۱	-۱۶/۱۴ ± ۳۹/۴۷	-۵۲/۶۴ , ۲۰/۳۶			-	
هموگلوبین گلیکوزیله ٪	مقاومتی	۸/۰۴ ± ۱/۴۰	۷/۰۰ ± ۱/۰۹	-۱/۰۳ ± ۰/۷۷	-۱/۷۵ , -۰/۳۱	۰/۱۰۷		-	۰/۲۸۲
	هوازی	۷/۸۳ ± ۰/۸۰	۶/۶۵ ± ۱/۱۹	-۱/۱۸ ± ۰/۸۷	-۱/۹۸ , -۰/۳۷			-	
	شاهد	۷/۶۸ ± ۰/۹۷	۷/۴۴ ± ۰/۸۴	-۰/۲۴ ± ۰/۸۷	-۱/۰۴ , ۰/۵۶			-	
آلکالین فسفاتاز (ALP)	مقاومتی	۲۲۶/۷۱ ± ۴۵/۷۹	۲۲۰/۲۹ ± ۳۹/۶۰	-۶/۴۲ ± ۱۹/۵۳	-۲۴/۴۹ , ۱۱/۶۳	۰/۰۴۰***	مقاومتی-هوازی	۰/۲۱۱	۰/۲۸۲
	هوازی	۱۹۵/۱۴ ± ۴۴/۸۱	۲۲۲/۸۶ ± ۶۴/۹۵	۲۷/۷۱ ± ۴۱/۶۸	-۱۰/۸۳ , ۶۶/۲۶		مقاومتی-شاهد	۰/۵۹۸	
	شاهد	۲۶۶/۰۰ ± ۹۸/۶۵	۲۴۰/۵۷ ± ۷۸/۱۰	-۲۵/۴۲ ± ۴۲/۷۳	-۶۴/۹۴ , ۱۴/۰۹		هوازی-شاهد	۰/۰۲۴***	

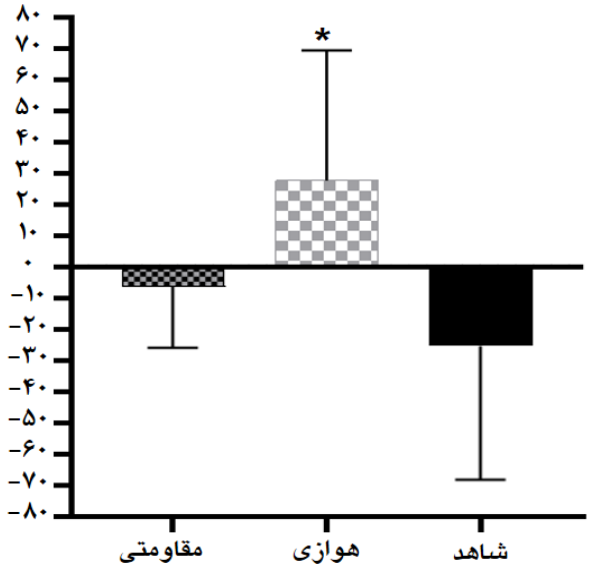
داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد ارائه شده‌اند. نشان‌دهنده تفاضل میانگین Δ بین پیش آزمون و پس آزمون است که به صورت (نمره پس آزمون-نمره پیش آزمون) محاسبه می‌شود. P* برای تحلیل واریانس تک متغیره (ANOVA)، P** برای آزمون توکی، *** : P<۰/۰۵.



شکل ۱- میزان تغییرات شاخص قند خون ناشتا در بین گروه‌ها

شکل ۲-میزان تغییرات شاخص هموگلوبین گلیکوزیله در بین گروه‌ها

با این‌حال، با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک متغیره، یک اثر معنادار برای تغییرات سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز مشاهده شد (P=۰/۰٤۰، F= ۳/۸٦۰). برای تعیین محل تفاوت‌ها در متغیر ALP از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. مقایسه‌های زوجی نشان داد که میانگین تغییرات در گروه هوازی افزایش معناداری نسبت به گروه شاهد داشت (P=۰/۰۳٤). در ادامه هیچ تفاوت معناداری بین گروه تمرین مقاومتی و گروه شاهد (P=۰/۵۹۸) و نیز بین گروه تمرین مقاومتی و گروه هوازی یافت نشد (P=۰/۲۱۱). (شکل۳)



شکل۳- میزان تغییرات شاخص آلکالین فسفاتاز(Alp) در بین گروه‌ها
* اختلاف معنادار در سطح ۰۳٤ /۰ با گروه شاهد

بحث

پژوهش حاضر با هدف مقایسه تاثیرات یک برنامه تمرینی هشت هفته‌ای شامل تمرین مقاومتی و هوازی بر سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز و شاخص‌های کنترل گلیسمی در زنان ٦۰-۳۵ ساله مبتلا به دیابت نوع ۲ بود. بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه، انجام تمرین ورزشی و داشتن فعالیت‌های بدنی پویا هم به صورت ورزشی مقاومتی و هم هوازی باعث بهبود و کاهش وزن و ترکیب بدنی، کاهش درصد چربی بدن و بهبود عوامل مربوط به فشارخون می‌شود. با توجه به رویکردهای فعلی ارائه شده در سطح ملی و بین‌المللی برای اجرای فعالیت بدنی، انجام تمرین‌های مقاومتی و هوازی برای بیماران مبتلا به T2DM پیشنهاد می‌شود.[۳۷]

مطالعه حاضر یک الگوی متمایز از پاسخ‌های متابولیک را در برابر مداخلات ورزشی مختلف آشکار کرد. اگرچه هیچ‌یک از برنامه‌های تمرینی (مقاومتی یا هوازی) بر شاخص‌های مستقیم کنترل گلیسمی (قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله) تأثیر معناداری نداشتند، اما تمرین هوازی به طور خاص منجر به افزایش معنادار سطح آلکالین فسفاتاز (ALP) در مقایسه با گروه شاهد شد. این ناهمگونی در پاسخ‌ها نشان می‌دهد که مسیرهای تاثیرگذاری ورزش بر متابولیسم بدن، خاص-بافت و خاص-شاخص هستند یک برنامه تمرینی ۸ هفته‌ای ممکن است برای ایجاد تغییرات بالینی معنادار در این شاخص کافی نباشد. این مشاهده با گزارش کولبرگ[i] و همکاران همسوست که اشاره کرده‌اند برای دستیابی به بهبودهای پایدار در کنترل گلیسمی، مداخلات ورزشی معمولاً باید بیش از ۱۲ هفته ادامه یابند.[۳۸،۳۸] دلایل متعددی می‌تواند در پس عدم مشاهده تغییر در قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله وجود داشته باشد. اولاً، مدت زمان مداخله (هشت هفته) ممکن است برای القای تغییرات بالینی معنادار در این شاخص‌ها ناکافی بوده باشد. به ویژه HbA_{1c} که میانگین گلیسمی را در یک بازه ۲ تا ۳ ماهه منعکس می‌کند، اغلب به دوره‌های طولانی‌تر ورزش (۱۲

i-Colberg

هفته یا بیشتر) برای نشان دادن بهبود واضح نیاز دارد.[۳۹] ثانیاً، امکان دارد شدت یا حجم تمرین اعمال شده در این مطالعه، هرچند کافی برای ایجاد تغییر در شاخص‌های کبدی/استخوانی، برای غلبه بر مقاومت به انسولین عمیق‌تر در جمعیت مورد مطالعه کافی نبوده است.[۴۰]

اختلال در ترشح انسولین توسط سلول‌های بتای پانکراس و کاهش حساسیت به انسولین در گیرنده‌ها و سلول‌های هدف با افزایش سن و بی‌تحرکی ایجاد می‌شود که می‌تواند در نهایت به از بین رفتن سلول‌های بتا و بروز دیابت میلتوس در میانسالی منجر شود.[۴۱] ترشح اسیدهای چرب آزاد در مقاومت به انسولین، به علت لیپولیز در بافت‌های چربی افزایش می‌یابد، در حالی‌که تولید و سنتز چربی در کبد با مصرف بیش از حد اسید چرب آزاد تشدید می‌یابد.[۴۲،۴۳] که به دنبال آن شایعترین بیماری مزمن مربوط به کبد، یعنی بیماری کبد چرب غیر الکلی (NAFLD)[i] با افزایش تجمع و ذخیره‌سازی چربی در سلول‌های کبد ایجاد می‌شود که با دیابت نوع دو مرتبط می‌باشد.[۴۲،۴۴]

به دنبال هشت هفته تمرین مقاومتی و تمرین هوازی سطوح سرمی آلکالین فسفاتاز در زنان ۶۰-۳۵ ساله مبتلا به دیابت نوع ۲ ، تنها بین گروه هوازی و گروه شاهد افزایش معناداری مشاهده شد. همسو با یافته مربوط امینی و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که یک جلسه تمرین مقاومتی تأثیر معنی‌داری بر سطوح آلفا فیتوپروتئین[ii]، گاما گلوتامیل ترانسفراز[iii] و آلکالین فسفاتاز در پلاسمای مردان تمرین کرده و تمرین نکرده ایجاد نکرد. همچنین، پس از یک جلسه تمرین مقاومتی، سطح گاما گلوتامیل ترانسفراز، آلکالین فسفاتاز و آلفا فیتوپروتئین در پلاسمای گروه تمرین نکرده تغییر معنی‌داری نداشت.[۴۵] از طرفی در مطالعه‌ای که توسط رجبی و همکاران صورت گرفت، ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش پیلاتس بر آنزیم‌های کبدی آسپارتات آمینوترانسفراز[iv]،آلانین آمینوترانسفراز[v] و آلکالین فسفاتاز در زنان سالمند مبتلا به دیابت هیچ تفاوت معناداری را ایجاد نکرد.[۴۶] پوتافکند و همکاران در پژوهشی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که هیچ‌یک از برنامه‌های تمرین استقامتی و مقاومتی تأثیر معنی‌داری بر غلظت سرمی آیریزین و فعالیت آلکالین فسفاتاز کل نداشتند. هیچ تفاوت معنی‌داری بین گروهی بین آلکالین فسفاتاز کل و آیریزین شرکت‌کنندگان در پژوهش در پایان برنامه‌ها مشاهده نشد که این پژوهش با یافته مطالعه حاضر در تمرین مقاومتی همسو و با تمرین هوازی ناهمسو است.[۴۷]

این الگوی ثابت در مطالعات مختلف می‌تواند ناشی از سازوکارهای تاثیرگذاری فیزیولوژیک این دو نوع تمرین در گروه‌های سنی مختلف تمرین باشد. همچنین شدت و حجم ناکافی تمرین مقاومتی در این مطالعه ممکن است آستانه تحریک لازم را برای ایجاد تغییرات لازم متابولیک در بافت کبد و استخوان فراهم نکند. مدت زمان مداخله و ویژگی تمرین مقاومتی این‌که بر چه گروهی از عضلات بزرگ یا کوچک متمرکز باشد و الگوی حرکتی مناسبی را ایجاد کند هم در نتایج مطالعه موثر است.[۴۰،۴۶]

افزایش مشاهده شده در ALP پس از تمرین هوازی بازتاب یک فرآیند سازگاری فیزیولوژیک مثبت است.[۲۱] سازوکارهای این نوع تمرین که به عنوان یک محرک آنابولیک برای بافت استخوانی محسوب می‌شوند،[۲۶] شامل تحریک متابولیسم استخوان، بار مکانیکی مکرر و ملایم ناشی از ورزش هوازی، فعالیت استئوبلاست‌ها را افزایش می‌دهد. از آنجا که ALP یک نشانگر کلیدی در فرآیند معدنی‌سازی استخوان است که توسط استئوبلاست‌ها ترشح می‌شود، افزایش موقت سطح سرمی آن می‌تواند نشان‌دهنده فعال‌شدن چرخه بازسازی استخوان باشد.[۲۶،۲۷] سازوکار بعدی بهبود عملکرد کبد که ورزش هوازی با کاهش استئاتوز کبدی و التهاب، می‌تواند به بهبود عملکرد کبدی منجر شود. از آنجا که بخشی از ALP سرم از منشأ کبدی است، این بهبود ممکن است در الگوی ترشح آنزیم تأثیر بگذارد.[۲۸] این تفسیر با مطالعاتی که ارتباط مثبت بین فعالیت بدنی و سلامت استخوان را در جمعیت‌های در معرض خطر نشان داده‌اند، همخوانی دارد. ناهمسو با نتیجه مطالعه حاضر خورشیدی و همکاران پس از ده هفته تمرین هوازی تغییر معناداری را در غلظت های سرمی آلکالین فسفاتاز، استئوکلسین و انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع دو مشاهده نکردند.[۴۸] با توجه به مطالعه حاضر، ترتیبیان و همکاران نشان دادند که ۹ هفته تمرین هوازی شدید (با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب برآوردی) باعث افزایش آلکالین فسفاتاز در زنان جوان می‌شود،[۴۹] لیکن نوع برنامه تمرین هوازی به کار رفته در مطالعه آن‌ها شامل فعالیت‌های

i-Non-alcoholic fatty liver disease
ii-Alpha-fetoprotein
iii-Gamma glutamyl transferase
iv-Aspartate aminotransferase
v-Alanine aminotransferase

با شدت بالاتری مثل طناب زنی، دویدن و حرکات پرشی بود. رشوند و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که تمرین ترکیبی (مقاومتی و هوازی) با و بدون محدودیت جریان خون تأثیر مثبتی بر سطح آلکالین فسفاتاز در زنان سالمند دارد. همچنین آن‌ها نشان دادند که مصرف مکمل ویتامین D موجب بهبود سطح آلکالین فسفاتاز در زنان سالمند می‌شود.[۵۰] در نهایت هم راستا با یافته مطالعه ما، در پژوهشی که کاظمی و همکاران در یک دوره ۸ هفته‌ای تمرین تناوبی با شدت بالا انجام دادند، مشاده شد که تمرین مورد نظر می‌تواند همراه با بهبود ویژگی‌های تن‌سنجی، مقادیر سرمی پاراتورمون، آلکالین فسفاتاز و مواد معدنی استخوان را در زنان یائسه افزایش دهد.[۵۱] تفاوت‌های مرتبط با شدت تمرین بین مطالعات می‌تواند حداقل بخشی از دلیل نتایج ناهمگن باشد، چرا که شدت تمرین در مطالعه حاضر هم در نوع تمرین مقاومتی و هم تمرین هوازی به صورت فزاینده در هر هفته افزایش می‌یافت. با توجه به همین موضوع اگر شدت تمرین در این دوره زمانی هشت هفته‌ای، شدت متوسط رو به بالا و ثابتی بود، در این حالت ما شاهد نتایج بهتر و مطلوب‌تری بودیم. همچنین این تناقض میان نتایج مطالعات گوناگون ممکن است به دلیل تفاوت در حجم و مدت تمرین، روش اجرا و شدت تمرین، سن و جنسیت افراد تحت مطالعه، وضعیت سلامتی و وضعیت آمادگی بدنی افراد مورد آزمون باشد.

در نهایت عدم کنترل دقیق رژیم غذایی و داروهای مصرفی افراد تحت مطالعه که از محدودیت‌های پژوهش حاضر بود می‌تواند بر نتایج کلی تأثیر مثبت یا منفی گذاشته باشد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که یک دوره هشت هفته‌ای تمرین هوازی موجب افزایش معنادار سطوح آلکالین فسفاتاز در زنان ۶۰-۳۵ ساله مبتلا به دیابت نوع دو شد، در حالی‌که هیچ یک از مداخلات ورزشی (هوازی و مقاومتی) تأثیر معناداری بر شاخص‌های کنترل گلیسمی (قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله) نداشتند. این الگوی پاسخ متابولیک متفاوت حاکی از آن است که فوائد تمرین هوازی بر شاخص‌های استخوانی/کبدی ممکن است زودتر از تأثیرات آن بر کنترل گلیسمی ظاهر شوند. اگرچه تمرین مقاومتی در این بازه زمانی کوتاه تأثیر معناداری بر این شاخص‌ها نشان نداد، اما استفاده از این نوع فعالیت بدنی، با توجه به اثرات شناخته شده آن، بر بهبود ترکیب بدنی و سلامت متابولیک، برای بیماران مبتلا به دیابت توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی کارآزمایی‌های تصادفی‌شده با حجم نمونه کافی (حداقل ۱۵ نفر در هر گروه بر اساس محاسبات این مطالعه) و دوره مداخله طولانی‌تر (۱۲ هفته یا بیشتر) برای ارزیابی تأثیر پایدار تمرین بر شاخص‌های گلیسمی و ALP صورت گیرد.

سپاس‌گزاری: این مطالعه بدون حمایت مالی صورت گرفت. از تمامی عزیزانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض منافع: تمامی نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچگونه تضاد منافعی در پژوهش حاضر وجود ندارد

References

1. Dostdar Y, Mohajeri D, Rezaii A. The effect of grape seed extract on cardiac cell apoptosis in diabetic rats Posted by streptozotocin. Med Sci J Islam Azad Univ Tehran Med Branch 2011; 21: 168-74.
2. Tahan P, Ghalavand A, Heydarzadi S, Maleki E, Delarannasab M. Effects of aerobic interval training on iron stores and glycemic control in men with type 2 diabetes. Razi J Med Sci 2020; 27: 105-14. [Farsi]
3. Rahmati M., Shariatzadeh Joneydi M., Azari N. The Effects of Endurance Exercise on Some Related Variables of Type II Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis of Studies in Iran. Sport Physiology 2019; 11: 81-104. doi: 10.22089/spj.2017.4341.1581 [Farsi]
4. Parastesh M, Zohrevandian K, Saremi A, Bahramsari A. Effect of High-Intensity-Interval Training (HIIT) on Hypoxia-Inducible Factor-1 Alpha (HIF-1α) Gene Expression in Heart Tissue and Insulin Resistance Index in Type 2 Diabetic Rats. J Sport Biosci 2022; 10: 14-27. Available from: URL: https://jsb.ut.ac.ir/article_8921-0.html [Farsi]
5. Scheen AJ. Diabetes mellitus in the elderly: insulin resistance and/or impaired insulin secretion? Diabetes Metab 2005; 31: 5S27-5S34.
6. Park SW, Goodpaster BH, Lee JS, Kuller LH, Boudreau R, de Rekeneire N, et al. Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. Diabetes Care 2009; 32: 1993-7.
7. Pavkov ME, Bennett PH, Knowler WC, Krakoff J, Sievers ML, Nelson RG. Effect of youth-onset type 2 diabetes mellitus on incidence of end-stage renal disease and mortality in young and middle-aged Pima Indians. JAMA 2006; 296: 421-6.
8. Bonganha V, Modeneze DM, Madruga VA, Vilarta R. Effects of resistance training (RT) on body composition, muscle strength and quality of life (QoL) in postmenopausal life. Arch Gerontol Geriatr 2012; 54: 361-5.
9. Ashmore A. Timing resistance training: Programming the muscle clock for optimal performance. Champaign: Human Kinetics; 2020.

10. Pan B, Ge L, Xun YQ, Chen YJ, Gao CY, Han X, et al. Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. Int J Behav Nutr Phys Act 2018; 15: 72.
11. Ghalavand A, Ghobadi MR, Motamedi P, Delaramnasab M. Reduction of fetuin B in adaptation to pyramidal aerobic exercises and its role in modulating insulin resistance and serum aminotransferases in patients with type 2 diabetes. EBNESINA 2023; 25: 13-20. [Farsi]
12. Ranjbar K, Matinhomaee H, Azarbayjani MA, Peeri M. Effect of zizyphus jujube extract and resistance exercise on liver damaging biomarkers in male toxicated by anabolic steroid. Metab Exerc 2015; 5: 35-44.
13. Praphatsorn P, Thong-Ngam D, Kulaputana O, Klaikeaw N. Effects of intense exercise on biochemical and histological changes in rat liver and pancreas. Asian Biomed 2010; 4: 619-25.
14. Sivaraman P. Effect of eight weeks aerobic exercises on physical and physiological variables among College men. Int J Phys Educ Fit Sport 2014; 3: 113-7.
15. Ghalavand A, Delaramnasab M, Ghanaati S, Gazari MA. Comparison of the effect of telenursing and aerobic training on cardio-metabolic and anthropometric indices in patients with type 2 diabetes. J Mil Med 2021; 23: 526-35. [Farsi]
16. Jokar M, Ghalavand A. Improving endothelial function following regular pyramid aerobic training in patients with type 2 diabetes. J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2021; 29: 3980-90. [Farsi]
17. Scherrenberg M, Dendale P. Exercise training in diabetes. In: Ebel B, editor. Handbook of Cardiac Rehabilitation. London: SAGE Publications; 2019. p. 698-700.
18. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. Arch Phys Med Rehabil 2005; 86: 1527-33.
19. Zhang Y, Zhou C, Li J, Zhang Y, Xie D, Liang M, et al. Serum alkaline phosphatase levels and the risk of new-onset diabetes in hypertensive adults. Cardiovasc Diabetol 2020; 19: 186.
20. Salman ZA, Azeez RA, Yaseen AK, AL-Rubaee EA. Effect of zinc oxide nanoparticles on serum alkaline phosphatase activity in male mice. Biochem Cell Arch 2018; 18: 1715-9. http://ijwph.ir/article-1-1138-en.html
21. Harmey D, Hessle L, Narisawa S, Johnson KA, Terkeltaub R, Millán JL. Concerted regulation of inorganic pyrophosphate and osteopontin by akp2, enpp1, and ank: an integrated model of the pathogenesis of mineralizeation disorders. Am J Pathol 2004; 164: 1199–209.
22. Nunes JP, Melão F, Godinho AR, Rodrigues JD, Maciel MJ. Plasma alkaline phosphatase and survival in diabetic patients with acute myocardial infarction. Ann Transl Med 2016; 4: 210.
23. Kalantar-Zadeh K, Kuwae N, Regidor DL, Kovesdy CP, Kilpatrick RD, Shinaberger CS, et al. Survival predicttability of time-varying indicators of bone disease in maintenance hemodialysis patients. Kidney Int 2006; 70: 771–80.
24. Chen H, Li X, Yue R, Ren X, Zhang X, Ni A. The effects of diabetes mellitus and diabetic nephropathy on bone and mineralmetabolism in T2DM patients. Diabetes Res Clin Pract 2013; 100: 272–6.
25. Yang J, Zhang X, Wang W, Liu J. Insulin stimulates osteoblast proliferation and differentiation throughERK and PI3K in MG-63 cells. Cell Biochem Funct 2010; 28: 334–41.
26. Malandish A, Ghasemi G, Tartibian B, Yagin FH. The effect of 12 weeks of aerobic exercise intervention on bone mineral density, expression of lymphocyte alkaline phosphatase gene and bone turnover markers in overweight postmenopausal women: a randomized controlled trial. J Exerc Organ Cross Talk 2021; 1: 66-76.
27. Bakhtiyari M, Fathi M, Hejazi K. Effect of eight weeks of aerobic interval training on the serum concentrations of alkaline phosphatase, osteocalcin and parathyroid hormone in middle-aged men. Gene Cell Tissue 2021; 8: e111298.
28. Gupta N, Agarwal A, Jindal R. Estimating vitamin D threshold for the Indian population: Delving into the actual disease burden. Medical Journal Armed Forces India 2023; 79: S224-S9.
29. Aslani F, Ranjbaripour T, Meschi F, Shokrgozar A, Sodagar S. The Effectiveness of Aerobic Exercise With or Without Mindfulness on Fasting Blood Sugar, Hemoglobin A1C, and Depression Levels in Women With Type 2 Diabetes. PTJ 2025; 15: 333-344 Available from: URL: http://ptj.uswr.ac.ir/article-1-688-en.html
30. Souri R, Khosravi N, Yazdan Dost H, Hossein Aiti M. A comparison of moderate intensity continuous training and high intensity interval training on serum levels of Resis-tin and Insulin resistance in type-2 diabetic obese women. JSB 2016; 8: 365-80. [Farsi]
31. Hajihasani A, Bahrpeyma F, Bakhtiari A, Tagikhani M. Effects of eccentric and concentric exercises on some blood biochemical parameters in patients with type 2 diabetes. Koomesh 2012; 13: 338. Available from: UR:: https://sid.ir/paper/36943/en [Farsi].
32. Schulz KF, Altman DG, Moher D, Consort Group. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. Journal of Clinical Epidemiology 2010; 63: 834-40.
33. Brzycki M. Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. J Phys Educ Recreat Dance 1993; 64: 88-90.
34. Libardi CA, De Souza GV, Cavaglieri CR, Madruga VA, Chacon-Mikahil MP. Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF-α, IL-6, and CRP. Med Sci Sports Exerc 2012; 44: 50-6.
35. 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 Physiol Manag Investig 2021;12: 23-41. Available from: URL: https://sid.ir/paper/392162/fa [Farsi]
36. Banitalebi E, Faramarzi M, Nasiri S, Mardaniyan M, Rabiee V. Effects of different exercise modalities on novel hepatic steatosis indices in overweight women with type 2 diabetes. Clin Mol Hepatol 2019; 25: 294-304.
37. Ambelu T, Teferi G. The impact of exercise modalities on blood glucose, blood pressure and body composition in patients with type 2 diabetes mellitus. BMC Sports Sci Med Rehabil 2023; 15: 153.
38. Colberg SR, Sigal RJ, Yardley JE, Riddell MC, Dunstan DW, Dempsey PC, et al. Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. Diabetes Care 2016; 39: 2065-79.
39. Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, Leitão CB, Zucatti AT, Azevedo MJ, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. JAMA 2011; 305: 1790-9.
40. Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, et al. Effects of aerobic training, resistance

training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. Ann Intern Med 2007; 147: 357-69.
41. Longo M, Bellastella G, Maiorino MI, Meier JJ, Esposito K, Giugliano D. Diabetes and aging: from treatment goals to pharmacologic therapy. Front Endocrinol (Lausanne) 2019; 10: 45.
42. Shah K, Stufflebam A, Hilton TN, Sinacore DR, Klein S, Villareal DT. Diet and exercise interventions reduce intrahepatic fat content and improve insulin sensitivity in obese older adults. Obesity (Silver Spring) 2009; 17: 2162-8.
43. Angulo P. Nonalcoholic fatty liver disease. N Engl J Med 2002; 346: 1221-31.
44. Ballestri S, Zona S, Targher G, Romagnoli D, Baldelli E, Nascimbeni F, et al. Nonalcoholic fatty liver disease is associated with an almost twofold increased risk of incident type 2 diabetes and metabolic syndrome. Evidence from a systematic review and meta-analysis. J Gastroenterol Hepatol 2016; 31: 936-44.
45. Amini M, Ghasemnian A, Gharehkhani H, Kheyrandish R. The Effect of a Strength Training Session on Alpha Phytoprotein, Gamma Glutamyl Transferase and Alkaline Phosphatase in People with Regular Training and Forced Non-Training Due to Covid-19._Armaghane Danesh 2024; 29: 35-49. [Farsi]
46. Rajabi H, Kheradmand S, Ahmadi A. The Effect of 12 Weeks of Resistance Training with Pilates Bands on Body Composition, Muscle Strength, and Liver Enzymes AST, ALT, ALP in Elderly Diabetic Women. J Pract Stud Biosci Sport. 2025; [Farsi]
47. Poutafkand F, Marefati H, Taherichadorneshin H. A comparison of the effects of resistance and endurance training protocols on serum irisin level and alkaline phosphatase activity in sedentary obese women. Pol J Sport Tour 2020; 27: 23-8.
48. Khorshidi D, Matinhomaee H, Azarbayjani MA, Hossein Nezhad A. Effect of one period of aerobic exercise on serum levels of alkaline phosphatase and osteocalcin in patients with type 2 diabetes. J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2012; 19: 676-85. [Farsi]
49. Tartibian B, Saei NM. Effects of 9-weeks high intensity aerobic exercises on hormones and marker of metabolism of bone formation in young women. Res J Biol Sci 2008; 3: 519-24.
50. Rashvand M, Shamlou Kazemi S, Hemati Afif A. Effects of Combined Exercises and Vitamin D Supplementation on Serum Levels of Alkaline Phosphatase in Elderly Women. Salmand Iran J Ageing 2025; 19: 590-603. [Farsi]
51. Kazemi F, Mohammadi Z. The effect of a course of high-intensity interval training (HIIT) on serum levels of parathyroid hormone, alkaline phosphatase, and bone minerals in postmenopausal women. Daneshvar Med 2025; 32: 68-80. [Farsi]

Original Article

The Effect of Eight Weeks of Resistance Training and Aerobic Training on Serum Alkaline Phosphatase Levels and Glycemic Control Indices in Women with Type 2 Diabetes

Nemati A, Seifi asgshahr F, Ramezani S, Tabibvand P

Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran

e-mail: f.seify@yahoo.com

Received: 08/12/2025 **Accepted**: 25/01/2026

Abstract

Introduction: Type 2 diabetes is associated with numerous metabolic complications and occurs as a result of a failure in insulin secretion in tissues. This study aimed to investigate the effect of eight weeks of resistance training and aerobic training on serum alkaline phosphatase levels and glycemic control indicators (fasting blood sugar and glycosylated hemoglobin) in women with type 2 diabetes. Materials and Methods: In this quasi-experimental study, 21 women aged 35-60 with diabetes were randomly divided into three groups: resistance training (N=7), aerobic training (N=7), and control (N=7). Resistance training was performed for 8 weeks, starting at 40% of 1RM in the first week and increasing to 75% of 1RM. Aerobic training was also performed at 40% of maximum heart rate in the first week, then increased to 70% in the second week.Blood samples were collected after 12 hours of fasting, both before and after the intervention. Data analysis was performed using MANOVA and ANOVA at the 0.05 significance level. Results: Aerobic exercise resulted in a significant increase in alkaline phosphatase compared with the control group (P=0.034). However, none of the exercise interventions had a significant effect on fasting blood sugar (P=0.967) or HbA1c (P=0.107). Also, no significant difference was observed between the resistance training and control groups in terms of alkaline phosphatase levels (P=0.598). Conclusion: Eight weeks of aerobic exercise can have a positive effect on alkaline phosphatase levels, while this period is not sufficient to create significant changes in glycemic indic es.Combining the two exercises in a comprehensive management program for diabetic patients is recommended.

Keywords: Resistance training, Aerobic training, Alkaline phosphatase, Fasting blood sugar, Glycosylated hemoglobin, Type 2 diabetes

IRCT20241001063236N1