



Research Article

## Effect of Eight Weeks High Intensity Interval Training (HIIT) and Combined Training on Serum Liver Enzymes and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes

Zahra Faze Najafabadi <sup>1</sup> , Akbar Azamian Jazi <sup>2,\*</sup> , Ebrahim Banitalebi <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

<sup>2</sup> Associated Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

\* **Corresponding author:** Akbar Azamian Jazi, Associated Professor of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.  
E-mail: azamianakbar@yahoo.com

DOI: [10.29252/nkjmd-110405](https://doi.org/10.29252/nkjmd-110405)

### How to Cite this Article:

Faze Najafabadi Z, Azamian Jazi A, Banitalebi E. Effect of 8 Weeks High Intensity Interval Training (HIIT) and Combined Training on Serum Liver Enzymes and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes. *J North Khorasan Univ Med Sci.* 2020;**11**(4):28-34. DOI: 10.29252/nkjms-110405

Received: 13 Apr 2019

Accepted: 16 Dec 2019

### Keywords:

Combined Training  
High Intensity Interval  
Training (HIIT)  
Type 2 Diabetes  
Non-alcoholic Fatty Liver

### Abstract

**Introduction:** Patients with type 2 diabetes with high insulin resistance are also at high risk for non-alcoholic fatty liver. The purpose of the present study was to investigate the effect of 8 weeks of HIIT and combined training on serum levels of liver enzymes and insulin resistance index in women with type 2 diabetes.

**Methods:** 54 women with type 2 diabetes (age  $55.77 \pm 5.92$  years, BMI  $28.98 \pm 4.9$  kg/m<sup>2</sup> and HbA1c  $9.41 \pm 0.82\%$ ) were randomly and equally divided into HIIT, combined training and control groups, and they received interventions for 8 weeks (3 sessions per week). Blood samples were taken 24 hours before and 48 hours after the protocol and after 12 hours fasting state. Two-way ANOVA (time\*group) tests for between-group comparisons and Paired-sample t tests for within-group comparisons were used.

**Results:** Significant differences were observed in HbA1c ( $P = 0.009$ ), glucose ( $P = 0.007$ ), insulin ( $P = 0.036$ ), insulin resistance ( $P = 0.008$ ) and AST ( $P = 0.005$ ) between study groups. Tukey post-hoc test revealed that there was a significant difference between HIIT and combined training groups compared to control group in HbA1c (Respectively,  $P = 0.001$  and  $P = 0.010$ ), glucose (Respectively,  $P = 0.001$  and  $P = 0.001$ ), insulin (Respectively,  $P = 0.001$  and  $P = 0.001$ ), insulin resistance (Respectively,  $P = 0.001$  and  $P = 0.001$ ) and AST (Respectively,  $P = 0.006$  and  $P = 0.006$ ). There were no significant differences between HIIT and combined training groups ( $P > 0.05$ ) in any of the markers.

**Conclusions:** Considering the significant changes in AST enzyme and insulin resistance, it seems that HIIT and combined training both have favorable effects on AST enzyme and insulin resistance. Therefore, both types of exercise are recommended for these patients.



## تأثیر ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص

### مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲

زهرا فاضل نجف‌آبادی<sup>۱</sup>، اکبر اعظمیان جزی<sup>۲\*</sup>، ابراهیم بنی‌طالبی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

\* نویسنده مسئول: اکبر اعظمیان جزی، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. ایمیل:

azamianakbar@yahoo.com

DOI: 10.29252/nkjms-110405

چکیده	تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۴
مقدمه: بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ با مقاومت به انسولین بالا به شدت در معرض ابتلا به کبد چرب غیر الکلی قرار دارند. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید و ترکیبی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد.	تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵
روش کار: ۵۴ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ (سن ۵/۹۲ ± ۵۵/۰۷ سال، شاخص توده بدنی ۴/۰۹ ± ۲۸/۹۴ کیلوگرم بر متر مربع و هموگلوبین گلیکولیزه ۰/۸۲ ± ۹/۴۱ درصد) به صورت تصادفی و با تعداد مساوی در گروه‌های تمرین تناوبی شدید، تمرین ترکیبی و کنترل تقسیم شدند و به مدت ۸ هفته (هر هفته ۳ جلسه) مداخله دریافت کردند. نمونه‌های خون ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت پس از پروتکل پژوهش و پس از ۱۲ ساعت حالت ناشتایی گرفته شد. آزمون‌های آنالیز واریانس دو طرفه جهت مقایسه‌های بین گروهی و زوجی جهت مقایسه‌های درون گروهی مورد استفاده قرار گرفت.	واژگان کلیدی: تمرین ترکیبی تمرین تناوبی شدید دیابت نوع ۲ کبد چرب غیر الکلی
یافته‌ها: تفاوت معنی‌داری در هموگلوبین گلیکولیزه ( $P = ۰/۰۰۹$ )، گلوکز ( $P = ۰/۰۰۷$ )، انسولین ( $P = ۰/۰۲۶$ )، مقاومت به انسولین ( $P = ۰/۰۰۸$ ) و AST ( $P = ۰/۰۰۵$ ) بین گروه‌های پژوهش مشاهده شد. آزمون تعقیبی توکی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تمرین تناوبی شدید و ترکیبی با گروه کنترل در هموگلوبین گلیکولیزه (به ترتیب، $P = ۰/۰۰۱$ و $P = ۰/۰۱۰$ )، گلوکز (به ترتیب، $P = ۰/۰۰۱$ و $P = ۰/۰۰۲$ )، انسولین (به ترتیب، $P = ۰/۰۰۱$ و $P = ۰/۰۰۱$ )، مقاومت به انسولین (به ترتیب، $P = ۰/۰۰۱$ و $P = ۰/۰۰۱$ ) و AST (به ترتیب، $P = ۰/۰۰۶$ و $P = ۰/۰۰۶$ ) وجود دارد. در هیچ یک شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری بین گروه تمرین تناوبی شدید و ترکیبی مشاهده نشد ( $P \leq ۰/۰۵$ ).	
نتیجه‌گیری: با توجه به تغییرات معنی‌دار آنزیم AST و مقاومت به انسولین، به نظر می‌رسد تمرین تناوبی شدید و تمرین ترکیبی به طور یکسان بر آنزیم AST و مقاومت به انسولین تأثیر مطلوبی دارند. بنابراین انجام هر دو نوع تمرین برای این بیماران توصیه می‌شود.	

### مقدمه

دیابت نوع ۲ یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه می‌باشد. تخمین زده شده که افراد مبتلا به دیابت در سطح جهان از ۱۷۱ میلیون در سال ۲۰۰۰ به ۳۶۶ میلیون در سال ۲۰۳۰ برسد [۱]. دیابت نوع ۲ با تجمع بیش از حد و نامناسب چربی در بافت‌های مختلف (همچون کبد، عضلات اسکلتی و قلب) ارتباط دارد [۲]. بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک بیش از ۹۰ درصد افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ مبتلا به درجات مختلف کبد چرب غیر الکلی هستند [۲]. همچنین بیان شده است که مقاومت به انسولین بالا، خطر ابتلا به کبد چرب غیر الکلی را ۴ تا ۱۱ برابر افزایش می‌دهد [۳]. کبد چرب و دیابت نوع ۲ مکانیسم‌های پاتوفیزیولوژیکی مشابهی دارند [۴، ۵]. بیماری کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) معمول‌ترین بیماری کبدی مزمن وابسته به مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع ۲ می‌باشد که نقش مهمی در پیشرفت مقاومت به انسولین دارد [۶، ۷]. آنزیم‌های آسپاراتات

آمیلاوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و گاما گلوتامیل ترانسفراز (GGT) متداول‌ترین آنزیم‌ها در تشخیص و درمان کبد چرب هستند [۸]. سطوح این آنزیم‌ها در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ و نیز بیماران مبتلا به NAFLD بالاتر از افراد سالم است [۹]. GGT به عنوان شاخص حساس در آسیب کبدی محسوب می‌شود. همچنین GGT، AST و ALT علاوه بر اینکه ابتلا به کبد چرب غیر الکلی را مستقل از شاخص توده بدنی (BMI) و مصرف الکل پیش بینی می‌کنند، به عنوان عامل خطر مستقل دیابت نوع ۲ نیز مطرح هستند. بعلاوه GGT نشانگر زیستی ذخیره چربی کبدی و احشایی به حساب می‌آید و در واقع نشانگر مهمی در مقاومت به انسولین کبدی است [۱۰]. مداخلات تغییر سبک زندگی بویژه فعالیت ورزشی یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل و درمان دیابت نوع ۲ و کبد چرب غیر الکلی می‌باشد. فعالیت بدنی یک راهکار درمانی اثبات شده برای بهبود بیماری

آزمودنی و تخصیص تصادفی کلیه مراحل نمونه‌گیری، تخصیص تصادفی، اجرای پروتکل‌های تمرینی و آنالیز آماری توسط افرادی غیر از مجریان طرح انجام شد. آزمودنی‌های پژوهش از بین بیماران مراجعه کننده به بیمارستان و انجمن دیابت شهرکرد و بر اساس معیارهای ورود به مطالعه از جمله: تشخیص دیابت نوع ۲ توسط پزشک، هموگلوبین گلیکولیزه  $\geq 6.5\%$ ، قند خون ناشتا  $\geq 126$  میلی گرم بر دسی لیتر (۷ میلی مول بر لیتر)، بی تحرکی (با توجه به عدم فعالیت ورزشی منظم در طول ۶ ماه گذشته)، همچنین عدم فشار خون بالا ( $\geq 160$ )، تری‌گلیسیرید ناشتا ( $\geq 500$  میلی گرم بر دسی لیتر)، سابقه بیماری قلبی و عروقی، اختلال تیروئید، سرطان، اختلالات هورمونی، بیماری‌های کلیوی و کبدی، جراحی، استعمال سیگار و مصرف الکل انتخاب شدند. از ۱۵۰ آزمودنی فراخوانده شده ۵۴ آزمودنی معیارهای ورود به مطالعه را داشتند. به آزمودنی‌ها در مورد پروتکل پژوهش اطلاعات لازم داده شد و از خطرات و مزایای احتمالی پژوهش مطلع شدند. حداقل حجم نمونه ۱۰ تا ۲۰ نفر با توان آماری بالاتر از ۸۰ درصد، سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و اندازه اثر ۲۰ درصد برای مقایسه اثر تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی در مقایسه با گروه کنترل و با استفاده از نرم افزار  $G * Power$  بر اساس شاخص هموگلوبین گلیکولیزه (HbA1c) تعیین شد [۲۰]. نهایتاً ۱۸ آزمودنی در هر گروه بر اساس ۲۰ درصد خروج از مطالعه و متغیر هموگلوبین گلیکولیزه تعیین شد و ۵۴ آزمودنی مبتلا به دیابت نوع ۲ پس از اخذ رضایت نامه کتبی شرکت آگاهانه در پژوهش به صورت تصادفی به گروه‌های تمرین ترکیبی (۱۸ نفر)، تمرین تناوبی شدید (۱۸ نفر) و کنترل (۱۸ نفر) تقسیم شدند. تصادفی‌سازی در بلوک‌های ۴ تایی و توسط دستیار پژوهش و به این صورت انجام شد. ابتدا آزمودنی‌ها بر اساس هموگلوبین گلیکولیزه توسط توالی‌سازی کامپیوتری طبقه‌بندی شدند. سپس هر توالی در بسته‌های مهر و موم شده توسط دستیار تحقیق در هر گروه قرار گرفتند.

### پروتکل تمرین

تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی): آزمودنی‌های گروه تمرین ترکیبی به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۵۰ دقیقه و بر اساس دستورالعمل کالج آمریکایی طب ورزشی (ACSM) به تمرین پرداختند. در طول ۸ هفته بر شدت و مدت تمرینات افزوده شد (جدول ۱). تمرین هوازی به انتخاب آزمودنی روی تردمیل یا دوچرخه کارسنج انجام شد. جلسات تمرین هوازی از ۱۵ تا ۲۰ دقیقه با شدت ۶۰٪ ضربان قلب بیشینه آغاز شد و تا ۳۰ دقیقه با شدت ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه افزایش یافت. در طول مدت تمرین ضربان قلب توسط ضربان سنج پلار (Polar T31, Oy, Kempele, Finland) کنترل شد. تمرینات مقاومتی با یک ست ۱۵ تکراره برای هر حرکت در دو هفته ابتدایی آغاز شد و در نهایت شدت تمرین به ۳ ست ۱۰-۱۲ تکراره در هفته هشتم افزایش یافت (جدول ۱) [۱۰]. کلیه تمرینات مقاومتی با استفاده از دستگاه‌های بدنسازی انجام شد و شامل حرکات پرس سینه، پرس پا، زیر بغل سیم کش، جلو بازو سیم کش و پشت بازو سیم کش بود.

کبد چرب است [۱۱]. بر اساس پیشنهاد انجمن دیابت آمریکا بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ به حداقل ۱۵۰ دقیقه فعالیت ورزشی با شدت متوسط یا حداقل ۹۰ دقیقه فعالیت ورزشی با شدت بالا در هر هفته نیاز دارند [۱۲]. در گذشته، تمرینات طولانی مدت با شدت متوسط به عنوان یک استراتژی درمانی برای کنترل بیماری‌های متابولیک از جمله دیابت و کبد چرب مطرح بود. شواهدی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد تمرین طولانی مدت از طریق افزایش فعالیت آدنوزین مونو فسفات کیناز (AMPK) در کبد و از طریق غیر فعال کردن استیل کو آ کربوکسیلاز (ACC) کبدی سنتز لیپیدها را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر، از طریق کاهش وزن، بهبود ترکیب بدنی، افزایش آدیپونکتین، تنظیم سطوح لیپید و شاخص‌های التهابی موجب کاهش چربی کبد می‌شود [۱۳، ۱۴]. با این وجود، دانشمندان فیزیولوژی ورزشی هنوز در مورد بهترین نوع فعالیت ورزشی برای بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ به اتفاق نظر نرسیده‌اند، اما به نظر می‌رسد شدت‌های بالاتر فعالیت ورزشی مزایای سلامتی بیشتری برای این افراد داشته باشد [۱۵]. متخصصین علوم ورزشی و بالینی در این نکته اتفاق نظر دارند که استفاده از تمرینات تناوبی شدید (HIIT) نسبت به تمرینات طولانی مدت با شدت متوسط به نحو بهتری موجب بهبود بیماری دیابت نوع ۲ می‌شود [۱۶]. از طرفی کمبود وقت یکی از اصلی‌ترین بهانه‌های افراد چاق و مبتلا به دیابت برای عدم فعالیت بدنی است. از این رو، تمرینات تناوبی شدید با صرف زمان کمتر و هزینه انرژی بیشتر رویکرد مناسب در بهبود وضعیت متابولیکی این بیماران می‌باشد [۱۵]. پیش از این نیز مشخص شده است که تمرینات با شدت بالا و تمرینات سرعتی موجب بهبود معنی‌دار آنزیم‌های کبدی در بیماران دیابتی نوع ۲ و بیماران مبتلا به کبد چرب می‌شود. همچنین مشخص شده است که تمرینات تناوبی شدید آنزیم‌های کبدی را همسو با کاهش قابل توجه توده بدنی بهبود می‌بخشد [۱۷، ۱۸].

به طور خلاصه، با توجه به احتمال بروز نقص عملکرد کبد در بیماران دیابتی نوع ۲ که به طور معمول با افزایش سطوح آنزیم‌های کبدی و نیز وخامت بیشتر مقاومت به انسولین همراه است و نیز با عنایت به اینکه تمرینات ورزشی ممکن است تأثیر مطلوبی روی سطوح آنزیم‌های کبدی داشته باشد، بررسی تأثیر تمرینات ورزشی به طور عام و نیز بررسی تأثیر شدت‌های مختلف تمرینات ورزشی بر عملکرد کبد و مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع ۲ می‌تواند اهمیت و ارزش ویژه‌ای داشته باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه تأثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی و تناوبی شدید بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولین زنان در مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد.

### روش کار

این پژوهش یک کارآزمایی بالینی تصادفی یک سو کور است که در دانشگاه شهرکرد و بر اساس بیانیه و چک لیست کانسورت (CONSORT 2012) انجام شد [۱۹]. کلیه مراحل این پژوهش توسط کمیته اخلاق دانشگاه شهرکرد (SKU94/210) تأیید شده است. همچنین این پروتکل در مرکز کارآزمایی بالینی ایران با کد IRCT2014111801995N10 ثبت شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های تمرین ورزشی ترکیبی و تناوبی شدید

هفته	ست	استراحت بین ست‌ها (دقیقه)	تکرار	تمرین مقاومتی		هوازی		تناوبی شدید	
				تعداد جلسات (روز)	زمان (دقیقه)	شدت (درصد ضربان قلب بیشینه)	تعداد جلسات (روز)	زمان (دقیقه)	شدت (تکرار (روز) / هفته)
۲-۱	۱	۳-۲	۱۵	۳	۲۰-۱۵	۶۰	۳	۴×۳۰	۳
۴-۳	۲	۳-۲	۱۵	۳	۲۵	۶۰	۳	۴×۳۰	۳
۶-۵	۳	۳-۲	۱۲	۳	۳۰	۷۰	۳	۴×۳۰	۳
۸-۷	۳	۳-۲	۱۲	۳	۳۰	۷۰	۳	۴×۳۰	۳

جدول ۲. مقایسه ویژگی‌های توصیفی گروه‌های تمرین ترکیبی، تناوبی شدید و کنترل در پیش‌آزمون (نتایج آزمون آنالیز واریانس)

شاخص	تناوبی شدید	ترکیبی	کنترل	P-value
سن (سال)	۵۵/۳۶ ± ۵/۹۴	۵۴/۱۴ ± ۵/۴۳	۵۵/۷۱ ± ۶/۴۰	۰/۷۶
سابقه بیماری (سال)	۸/۹۳ ± ۴/۵۱	۹/۰۷ ± ۵/۲۶	۹/۸۶ ± ۶/۳۹	۰/۴۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۲/۲۱ ± ۸/۰۲	۱۵۹/۲۱ ± ۴/۴۹	۱۵۹/۱۴ ± ۵/۲۰	۰/۳۲
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۳۵ ± ۱۱/۹۹	۷۱/۴۴ ± ۱۳/۲۰	۷۶/۳۰ ± ۹/۵۹	۰/۴۹
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	۲۹/۵۷ ± ۲/۷۷	۳۰/۵۷ ± ۲/۹۷	۲۹/۷۰ ± ۴/۱۷	۰/۵۸
چربی بدن (درصد)	۴۸/۶۴ ± ۲/۲۳	۴۵/۵۷ ± ۲/۱۷	۴۲/۶۴ ± ۴/۹۵	۰/۵۴
نسبت دور کمر به دور لگن	۱/۰۰ ± ۰/۱۳	۱/۰۳ ± ۰/۱۹	۱/۰۱ ± ۰/۱۸	۰/۹۰
هموگلوبین گلیکولیزه (درصد)	۹/۶۴ ± ۱/۰۷	۹/۴۹ ± ۰/۸۵	۹/۱۰ ± ۰/۵۱	۰/۲۳
گلوکز ناشتا (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)	۲۱۰/۰۷ ± ۳۲/۹۱	۲۱۴/۶۴ ± ۲۷/۶۷	۲۰۰/۸۶ ± ۴۶/۸۸	۰/۶۰
انسولین (میکروواحد/میلی‌لیتر)	۷/۷۲ ± ۲/۶۳	۹/۱۰ ± ۲/۶۲	۶/۵۷ ± ۲/۰۶	۰/۲۳
شاخص مقاومت به انسولین	۳/۵۱ ± ۱/۹۷	۲/۲۸ ± ۰/۴۲	۲/۸۴ ± ۰/۹۹	۰/۲۷
آسپارات آمیلوترانسفراز (AST) (IU/L)	۱۶/۹۳ ± ۲/۲۷	۱۵/۹۳ ± ۱/۵۴	۱۹/۲۹ ± ۳/۵۳	۰/۰۶
آلانین آمینوترانسفراز (ALT) (IU/L)	۱۳/۹۳ ± ۱/۹۴	۱۳/۵۷ ± ۲/۲۸	۱۴/۳۶ ± ۱/۷۸	۰/۳۴
گاما گلوتامیل ترانسفراز (GGT) (IU/L)	۱۶/۲۴ ± ۵/۴۵	۱۶/۸۸ ± ۴/۸۷	۱۸/۶۱ ± ۵/۶۴	۰/۲۹
فشار سیستولیک (میلی‌متر جیوه)	۱۳۳/۵۷ ± ۱۸/۶۴	۱۳۱/۴۳ ± ۱۶/۵۸	۱۲۷/۱۴ ± ۲۳/۹۹	۰/۹۷
فشار دیاستولیک (میلی‌متر جیوه)	۷۷/۸۶ ± ۸/۹۳	۷۷/۱۴ ± ۱۲/۰۴	۷۴/۲۹ ± ۱۲/۲۳	۰/۶۷
میانگین فشار خون شریانی (میلی‌متر جیوه)	۸/۸۵ ± ۱/۱۶	۹/۴۷ ± ۱/۲۶	۹/۶۱ ± ۱/۱۳	۰/۲۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلو-گرم/دقیقه)	۳۲/۵۱ ± ۷/۳۰	۳۴/۳۷ ± ۵/۳۷	۳۱/۰۶ ± ۵/۳۳	۰/۳۶

اطلاعات در جدول به صورت میانگین ± انحراف معیار آمده است.

اصلاح شده استفاده شد [۲۱]. کلیه اندازه‌گیری‌ها در ابتدا و انتهای ۸ هفته پروتکل تمرینی این پژوهش تکرار شدند. چگالی بدن =  $۱/۰۹۹۴۹۲۱ - ۰/۰۰۰۹۹۲۹$  (مجموع سه ناحیه) +  $۰/۰۰۰۰۲۳$  (مجموع سه ناحیه) -  $۰/۰۰۰۱۳۹۲$  (سن) درصد چربی بدن = (چگالی بدن/۴۹۵) - ۴۵۰

### آنالیز نمونه‌های خونی

نمونه‌های خون (۱۰ سی سی) از ورید بازویی و در حالت نشسته ۲۴ ساعت قبل از آغاز پروتکل و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه پس از ۱۲ ساعت ناشتایی گرفته شد. گلوکز ناشتا با استفاده از کیت پارس آزمون (Pars Azmon, Tehran, Iran) به روش گلوکز اکساید (Hitachi®, Model704902, Japan) اندازه‌گیری شد. غلظت انسولین سرم به روش الایزا (microplate reader) محاسبه گردید. مقاومت به انسولین از طریق فرمول HOMA-IR و از طریق معادله زیر محاسبه شد [۲۲].

$$\text{HOMA-IR} = \text{قند خون ناشتا [mmol/L]} \times \text{انسولین ناشتا [mIU/L]}$$

همچنین سطوح آنزیم‌های ALT (GPT)، AST (GOT) و GGT با استفاده از کیت‌های تشخیص کمی (شرکت پارس آزمون) با روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند.

تمرین تناوبی شدید: تمرین تناوبی شدید روی دوچرخه کار سنج (Ergomedic 894E Peak Bike, Monark EB, Verberg, Sweden) انجام شد. ابتدای هر جلسه ۵ دقیقه زمان برای گرم کردن روی دوچرخه کارسنج تعیین شد. تمرین اصلی شامل ۴ دوره ۳۰ ثانیه‌ای بود که آزمودنی با تمام توان خود و تا مرز واماندگی رکاب می‌زدند. بین دوره‌ها ۲ دقیقه زمان برای بازیافت در نظر گرفته شد و در پایان هر جلسه نیز ۵ دقیقه زمان برای سرد کردن در نظر گرفته شد. هر دو هفته ۱۰ درصد بر مقاومت دوچرخه کارسنج جهت اعمال اضافه بار افزوده شد [۱۵].

### اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژیکی

درصد چربی بدن در ۳ نقطه سه سر، فوق خاصره و ران و با ۳ مرتبه اندازه‌گیری با استفاده از کالیپر (Lafayette Skinfold Caliper, Model 01128) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد. قد بدون کفش با قد سنج پرتابل با دقت ۱ میلی‌متر و وزن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ کیلوگرم اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از آنها شاخص توده بدنی محاسبه گردید. دور کمر در سطح خار خاصره و دور لگن در سطح حفره گلوتهال اندازه‌گیری شد. نسبت دور کمر به دور لگن (WHR) از تقسیم دور کمر به دور لگن محاسبه شد [۱۴]. برای محاسبه حداکثر اکسیژن مصرفی ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) آزمودنی‌ها از تست بروس

جدول ۳. مقایسه تأثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی و تناوبی شدید بر شاخص‌های آنتروپومتریک، شاخص‌های کبدی، گلوکز، انسولین و مقاومت به

آزمون	تناوبی شدید	ترکیبی	کنترل	P-value، گروه زمان *
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۳۵ ± ۱۱/۹۹	۷۱/۴۴ ± ۱۳/۲۰	۷۶/۳۰ ± ۹/۵۹	۰/۴۲
پیش آزمون	۷۷/۰۰ ± ۱۲/۳۴	۷۱/۱۹ ± ۱۳/۹۹	۰/۷۵/۵۵ ± ۹/۲۳	
پس آزمون	۰/۳۷۲	۰/۴۸۳	۰/۴۸۳	
P درون گروهی				
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	۲۹/۵۷ ± ۲/۷۷	۳۰/۵۷ ± ۲/۹۷	۲۹/۷۰ ± ۴/۱۷	۰/۲۸
پیش آزمون	۲۷/۱۹ ± ۷/۸۲	۳۱/۵۸ ± ۸/۶۱	۲۹/۵۷ ± ۴/۱۴	
پس آزمون	۰/۳۶۸	۰/۶۸۰	۰/۵۸۷	
P درون گروهی				
چربی بدن (درصد)	۴۸/۶۴ ± ۲/۲۳	۴۵/۵۷ ± ۲/۱۷	۴۲/۶۴ ± ۴/۹۵	۰/۱۴
پیش آزمون	۴۱/۱۴ ± ۴/۳۴	۴۱/۴۳ ± ۴/۱۸	۴۴/۵۰ ± ۲/۱۷	
پس آزمون	۰/۳۱۷	۰/۳۴۷	۰/۳۴۷	
P درون گروهی				
نسبت دور کمر به دور لگن	۱/۰۰ ± ۰/۱۳	۱/۰۳ ± ۰/۱۹	۱/۰۱ ± ۰/۱۸	۰/۷۷
پیش آزمون	۰/۹۵ ± ۰/۰۵	۰/۹۶ ± ۰/۰۸	۰/۹۷ ± ۰/۰۶	
پس آزمون	۰/۱۴۸	۰/۲۰۲	۰/۳۷۴	
P درون گروهی				
هموگلوبین گلیکوزیله (درصد)	۹/۶۴ ± ۱/۰۷	۹/۴۹ ± ۰/۸۵	۹/۱۰ ± ۰/۵۱	**۰/۰۰۹
پیش آزمون	۷/۸۲ ± ۰/۹۳	۸/۲۵ ± ۱/۲۲	۹/۱۲ ± ۱/۴۱	
پس آزمون	*۰/۰۰۱	*۰/۰۱۰	۰/۹۵۴	
P درون گروهی				
گلوکز ناشتا (میلی-گرم/دسی لیتر)	۲۱۰/۰۷ ± ۳۲/۹۱	۲۱۴/۶۴ ± ۳۷/۶۷	۲۰۰/۸۶ ± ۴۶/۸۸	**۰/۰۰۷
پیش آزمون	۱۴۷/۹۲ ± ۴۱/۱۷	۱۶۳/۸۵ ± ۷۱/۴۷	۱۹۳/۲۶ ± ۶۰/۷۰	
پس آزمون	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۲	۰/۶۹۰	
P درون گروهی				
انسولین (میکرو واحد/میلی لیتر)	۷/۷۲ ± ۲/۶۳	۹/۱۰ ± ۲/۶۲	۶/۵۷ ± ۲/۰۶	**۰/۰۳۶
پیش آزمون	۴/۹۷ ± ۱/۳۰	۵/۹۳ ± ۲/۲۴	۶/۲۱ ± ۲/۱۱	
پس آزمون	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۱	۰/۰۸۰	
P درون گروهی				
شاخص مقاومت به انسولین	۹/۸۳ ± ۳/۰۸	۹/۴۰ ± ۳/۰۸	۹/۴۴ ± ۴/۳۶	**۰/۰۰۸
پیش آزمون	۹۳/۴۴ ± ۳/۰۳	۹۲/۵۰ ± ۳/۱۸	۹۷/۰۰ ± ۴/۵۳	
پس آزمون	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۱	۰/۷۳۴	
P درون گروهی				
آسپاراتات آمیلوترانسفراز (AST) (IU/L)	۱۶/۹۳ ± ۲/۲۷	۱۵/۹۳ ± ۱/۵۴	۱۹/۲۹ ± ۳/۵۳	**۰/۰۰۵
پیش آزمون	۱۱/۲۱ ± ۲/۰۸	۱۲/۷۱ ± ۲/۵۸	۱۸/۵۰ ± ۳/۲	
پس آزمون	*۰/۰۰۶	*۰/۰۰۶	۰/۳۵۲	
P درون گروهی				
آلانین آمینوترانسفراز (ALT) (IU/L)	۱۳/۹۳ ± ۱/۹۴	۱۳/۵۷ ± ۲/۲۸	۱۴/۳۶ ± ۱/۷۸	۰/۵۸
پیش آزمون	۱۲/۹۲ ± ۲/۰۹	۱۱/۲۱ ± ۲/۳۳	۱۵/۰۷ ± ۲/۸۴	
پس آزمون	۰/۰۹۳	*۰/۰۲۰	۰/۴۷	
P درون گروهی				
گاما گلوتامیل ترانسفراز (GGT) (IU/L)	۱۶/۲۴ ± ۵/۴۵	۱۶/۸۸ ± ۴/۸۷	۱۸/۶۱ ± ۵/۶۴	۰/۴۸
پیش آزمون	۱۳/۷۸ ± ۵/۶۷	۱۵/۸۲ ± ۴/۷۵	۱۸/۴۷ ± ۴/۴۹	
پس آزمون	۰/۰۰۹	۰/۵۷	۰/۹۲	
P درون گروهی				

اطلاعات در جدول به صورت میانگین ± انحراف معیار آمده است.

\* نشان دهنده تفاوت معنی دار در نتیجه آزمون t زوجی

\*\* نشان دهنده تفاوت معنی دار در نتیجه آزمون آنالیز واریانس دو راه

شد. در صورت معنی داری آزمون آنالیز واریانس دو راه از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ و در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد.

### نتایج

نتایج آزمون آنالیز واریانس یک راه جهت مقایسه‌های بین گروهی در پیش آزمون نشان داد که تفاوت معنی داری در هیچ یک از ویژگی‌های

### تجزیه و تحلیل آماری

پس از محاسبه میانگین و انحراف معیار، جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. به منظور مقایسه داده‌ها در پیش آزمون از آزمون آنالیز واریانس یک راه یا کروسکال والیس استفاده شد. آزمون t زوجی برای مقایسه‌های درون گروهی و آزمون آنالیز واریانس دو راه جهت مقایسه‌های بین گروهی استفاده

مورد اندازه‌گیری وجود نداشت ( $P < 0/05$ ) جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس دو راهه تفاوت معنی‌داری در هموگلوبین گلیکولیزه ( $P = 0/009$ )، گلوکز ( $P = 0/007$ )، انسولین ( $P = 0/036$ )، مقاومت به انسولین ( $P = 0/008$ )، AST ( $P = 0/005$ ) بین گروه‌های پژوهش پس از ۸ هفته مداخله نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در شاخص هموگلوبین گلیکولیزه در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/007$ ) نسبت به گروه کنترل، شاخص گلوکز در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/002$ )، نسبت به گروه کنترل، شاخص انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/031$ ) و ترکیبی ( $P = 0/005$ ) نسبت به گروه کنترل، شاخص مقاومت به انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/019$ ) و ترکیبی نسبت به گروه کنترل و شاخص AST در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/002$ ) نسبت به گروه تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی در شاخص‌های مورد اندازه‌گیری مشاهده نشد ( $P \leq 0/05$ )

همچنین در مقایسه‌های درون گروهی، تفاوت معنی‌داری بین پیش آزمون و پس آزمون شاخص هموگلوبین گلیکولیزه در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/010$ )، شاخص گلوکز در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/002$ )، شاخص انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/001$ )، شاخص مقاومت به انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/001$ )، شاخص AST در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/006$ ) و ترکیبی ( $P = 0/006$ ) و شاخص ALT در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/020$ ) مشاهده شد.

**بحث**

هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسه تأثیر ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولینی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود. نتایج پژوهش حاضر حاکی از تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های هموگلوبین گلیکولیزه، گلوکز، انسولین، مقاومت به انسولین و AST بین گروه‌های تمرین تناوبی شدید و ترکیبی با گروه کنترل بود. با این حال در پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های مورد اندازه‌گیری بین گروه تمرین تناوبی شدید و ترکیبی وجود نداشت. در این زمینه تحقیقات بسیاری با مداخله تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی صورت گرفته است. با این حال تحقیقات اندکی در مورد تأثیر تمرینات تناوبی شدید یافت شد. در زمینه تأثیر تمرینات ترکیبی، اسکریپنیک و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) نسبت به تمرین هوازی موجب کاهش معنی‌داری سطوح آنزیم‌های ALT, AST, GGT همسو با کاهش در وزن بدن شاخص توده بدنی در زنان دارای چاقی شکمی می‌شود [۲۳]. همچنین در زمینه تأثیر تمرینات هوازی، اسماعیل زاده طلوعی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که ۱۰ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنی‌داری در سطوح آنزیم‌های کبدی (ALT, AST, GGT) گلوکز، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی زنان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود [۲۴]. همچنین تهرانی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که ۸ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنی‌داری در ALT و AST و همچنین زنان سالمند مبتلا به کبد چرب غیر الکلی می‌شود [۲۵]. علاوه بر این، در مورد تأثیر تمرینات مقاومتی، باکی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تمرین مقاومتی در کاهش میزان چربی کبدی، گلوکز خون و شاخص مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی نوع ۲ مبتلا به کبد چرب غیر الکلی مؤثر است [۱۳]. از طرف دیگر، گله‌داری و کاکلی (۱۳۹۶) نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید موجب کاهش معنی‌داری در غلظت ALT همراه با بهبود در قند خون، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی می‌شود [۱۸]. همچنین هالسورت و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید موجب کاهش معنی‌داری در ALT، انسولین، مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی و کاهش غیر معنی‌داری در GGT بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی می‌شود [۱۷]. با این وجود، برخی از تحقیقات نیز نتایج عکس را گزارش کردند. صادقی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که ۱۲ هفته تمرین استقامتی علی‌رغم کاهش معنی‌داری شاخص توده بدنی و درصد چربی تغییر معنی‌داری را در آنزیم‌های ALT و AST زنان چاق ایرانی ایجاد نمی‌کند [۲۶]. نتایج پژوهش حاضر از نظر کاهش معنی‌داری در ALT، گلوکز، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین با پژوهش‌های اسماعیل‌زاده طلوعی و همکاران [۲۴]، تهرانی‌زاده و همکاران [۲۵]، باکی و همکاران [۱۳]، گله‌داری و کاکلی [۱۸] و هالسورت و همکاران [۱۷] همسو و با پژوهش صادقی و همکاران [۲۶] ناهمسو می‌باشد. همچنین پژوهش حاضر از نظر عدم تغییر معنی‌داری در ALT با پژوهش صادقی و همکاران [۲۶] و از نظر تغییر غیر معنی‌داری در GGT با پژوهش هالسورت و همکاران [۱۷] همسو می‌باشد. در پژوهش حاضر هیچ یک از شاخص‌های ترکیب بدنی از جمله وزن، درصد چربی، شاخص توده بدنی و نسبت دور کمر به دور لگن در نتیجه تمرین تناوبی شدید و ترکیبی تغییر معنی‌داری نداشت که با پژوهش‌های فوق ناهمسو می‌باشد [۲۳-۲۶]. می‌توان گفت مغایرت نتایج مطالعات مختلف با پژوهش حاضر تفاوت در شدت و نوع تمرین ورزشی و همچنین ویژگی‌های ژنتیکی آزمودنی‌ها باشد. به نظر می‌رسد تمرینات تناوبی شدید با کاهش سطوح اسید چرب آزاد پلازما و نیز محتوای تری‌گلیسیرید درون عضلانی (IMTG) و به طور مستقل از تغییر در ترکیب بدنی، سطوح آنزیم‌های ALT را کاهش می‌دهد [۲۷]. هر چند در بیشتر تحقیقات انجام شده در زمینه آنزیم‌های کبدی از تمرینات ورزشی با شدت کم تا متوسط استفاده شده است، اما با توجه به افزایش ۱۰ تا ۲۰ برابری کاتکولامین‌های گردش خون در تمرینات شدید، متابولیسم کبدی گلوکز در این نوع تمرینات توسط کاتکولامین‌ها کنترل می‌شود [۲۸]. از طرف دیگر، به وضوح مشخص شده است که سنتز لیپیدها تحت تأثیر فعالیت ورزشی طولانی مدت و نیز در نتیجه افزایش آدنوزین مونوفسفات کیناز در کبد و همچنین فعال شدن استیل کو آ کربوکسیلاز کبدی کاهش می‌یابد. همچنین فعالیت ورزشی طولانی مدت از طریق بهبود در ترکیب بدنی و تنظیم آدیپوکاین‌ها و شاخص‌های التهابی موجب کاهش چربی کبدی و کاهش آنزیم‌های ALT و AST می‌شود [۱۳، ۲۹].

کاهش معنی‌داری در سطوح هموگلوبین گلیکولیزه، گلوکز، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین در گروه تمرین تناوبی شدید و ترکیبی با مطالعات گذشته همسو است که نشان دادند تمرینات تناوبی شدید و

مورد اندازه‌گیری وجود نداشت ( $P < 0/05$ ) جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس دو راهه تفاوت معنی‌داری در هموگلوبین گلیکولیزه ( $P = 0/009$ )، گلوکز ( $P = 0/007$ )، انسولین ( $P = 0/036$ )، مقاومت به انسولین ( $P = 0/008$ )، AST ( $P = 0/005$ ) بین گروه‌های پژوهش پس از ۸ هفته مداخله نشان داد. نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در شاخص هموگلوبین گلیکولیزه در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/007$ ) نسبت به گروه کنترل، شاخص گلوکز در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/002$ )، نسبت به گروه کنترل، شاخص انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/031$ ) و ترکیبی ( $P = 0/005$ ) نسبت به گروه کنترل، شاخص مقاومت به انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/019$ ) و ترکیبی نسبت به گروه کنترل و شاخص AST در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/002$ ) نسبت به گروه تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی در شاخص‌های مورد اندازه‌گیری مشاهده نشد ( $P \leq 0/05$ )

همچنین در مقایسه‌های درون گروهی، تفاوت معنی‌داری بین پیش آزمون و پس آزمون شاخص هموگلوبین گلیکولیزه در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/010$ )، شاخص گلوکز در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/002$ )، شاخص انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/001$ )، شاخص مقاومت به انسولین در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/001$ ) و ترکیبی ( $P = 0/001$ )، شاخص AST در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/006$ ) و ترکیبی ( $P = 0/006$ ) و شاخص ALT در گروه تناوبی شدید ( $P = 0/020$ ) مشاهده شد.

## بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسه تأثیر ۸ هفته تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی بر سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولینی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود. نتایج پژوهش حاضر حاکی از تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های هموگلوبین گلیکولیزه، گلوکز، انسولین، مقاومت به انسولین و AST بین گروه‌های تمرین تناوبی شدید و ترکیبی با گروه کنترل بود. با این حال در پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های مورد اندازه‌گیری بین گروه تمرین تناوبی شدید و ترکیبی وجود نداشت. در این زمینه تحقیقات بسیاری با مداخله تمرینات هوازی، مقاومتی و ترکیبی صورت گرفته است. با این حال تحقیقات اندکی در مورد تأثیر تمرینات تناوبی شدید یافت شد. در زمینه تأثیر تمرینات ترکیبی، اسکریپنیک و همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که تمرین ترکیبی (هوازی و مقاومتی) نسبت به تمرین هوازی موجب کاهش معنی‌داری سطوح آنزیم‌های ALT, AST, GGT همسو با کاهش در وزن بدن شاخص توده بدنی در زنان دارای چاقی شکمی می‌شود [۲۳]. همچنین در زمینه تأثیر تمرینات هوازی، اسماعیل زاده طلوعی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که ۱۰ هفته تمرین هوازی موجب کاهش معنی‌داری در سطوح آنزیم‌های کبدی (ALT, AST, GGT) گلوکز، انسولین، شاخص مقاومت به انسولین و ترکیب بدنی زنان چاق مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود [۲۴]. همچنین تهرانی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که ۸ هفته تمرین هوازی

همچنین مدت پروتکل پژوهش حاضر نیز با توجه به عدم تغییر معنی‌دار در شاخص‌های ترکیب بدنی به عنوان یک محدودیت پژوهش حاضر مطرح است و دوره‌های تمرینی طولانی مدت تر پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به تأثیر مستقیم وضعیت تغذیه بر ترکیب بدنی و چربی کبد، عدم کنترل تغذیه آزمودنی‌ها یکی دیگر از محدودیت‌های این پژوهش است که پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده مد نظر قرار گیرد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد بین تمرینات ترکیبی و تناوبی شدید از نظر تأثیر بر شاخص‌های کبد چرب و مقاومت به انسولین تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و هر دو مداخله ورزشی جهت بهبود شاخص‌های کبد چرب و بویژه بهبود مقاومت به انسولین مداخلات مؤثر هستند. هر چند توصیه می‌شود برای دستیابی به نتایج مطلوب‌تر شاخص‌های ترکیب بدنی و بهبود قابل توجه آنزیم‌های کبدی به دوره طولانی‌تری از تمرینات تناوبی شدید و ترکیبی نیاز است.

### سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه شهرکرد می‌باشد. از همه عزیزانی که در انجام این پژوهش ما را یاری رساندند و به ویژه بیماران محترم کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### References

- Simpson SH, Corabian P, Jacobs P, Johnson JA. The cost of major comorbidity in people with diabetes mellitus. *Cmaj*. 2003;168(13):1661-7.
- Perry RJ, Samuel VT, Petersen KF, Shulman GI. The role of hepatic lipids in hepatic insulin resistance and type 2 diabetes. *Nature*. 2014;510(7503):84-91. doi: 10.1038/nature13478 pmid: 24899308
- Nagle CA, Klett EL, Coleman RA. Hepatic triacylglycerol accumulation and insulin resistance. *J Lipid Res*. 2009;50 Suppl:S74-9. doi: 10.1194/jlr.R800053-JLR200 pmid: 18997164
- Smith BW, Adams LA. Nonalcoholic fatty liver disease and diabetes mellitus: pathogenesis and treatment. *Nat Rev Endocrinol*. 2011;7(8):456-65. doi: 10.1038/nrendo.2011.72 pmid: 21556019
- Matsuzaka T, Shimano H. Molecular mechanisms involved in hepatic steatosis and insulin resistance. *J Diabetes Investig*. 2011;2(3):170-5. doi: 10.1111/j.2040-1124.2011.00111.x pmid: 24843478
- Hazim A, Purnamasari D, Kalista KF, Lesmana CRA, Nugroho P. The influence of insulin resistance in the occurrence of non-alcoholic fatty liver disease among first degree relatives of type 2 diabetes. *Diabetes Metab Syndr*. 2019;13(2):1431-5. doi: 10.1016/j.dsx.2019.01.058 pmid: 31336502
- Aarsand AK, Villanger JH, Stole E, Deybach JC, Marsden J, To-Figueras J, et al. European specialist porphyria laboratories: diagnostic strategies, analytical quality, clinical interpretation, and reporting as assessed by an external quality assurance program. *Clin Chem*. 2011;57(11):1514-23. doi: 10.1373/clinchem.2011.170357 pmid: 21937752
- Andre P, Balkau B, Born C, Charles MA, Eschwege E, group DESIRs. Three-year increase of gamma-glutamyltransferase level and development of type 2 diabetes in middle-aged men and women: the D.E.S.I.R. cohort. *Diabetologia*. 2006;49(11):2599-603. doi: 10.1007/s00125-006-0418-x pmid: 16969645
- Mandal A, Bhattarai B, Kafle P, Khalid M, Jonnadula SK, Lamichane J, et al. Elevated Liver Enzymes in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus and Non-alcoholic Fatty Liver Disease. *Cureus*. 2018;10(11):e3626. doi: 10.7759/cureus.3626 pmid: 30697502
- 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. doi: 10.2337/dc10-9990 pmid: 21115758
- van der Windt DJ, Sud V, Zhang H, Tsung A, Huang H. The Effects of Physical Exercise on Fatty Liver Disease. *Gene Expr*. 2018;18(2):89-101. doi: 10.3727/105221617X15124844266408 pmid: 29212576
- Praet SF, van Loon LJ. Optimizing the therapeutic benefits of exercise in Type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (1985). 2007;103(4):1113-20. doi: 10.1152/jappphysiol.00566.2007 pmid: 17656625
- Bacchi E, Negri C, Targher G, Faccioli N, Lanza M, Zoppini G, et al. Both resistance training and aerobic training reduce hepatic fat content in type 2 diabetic subjects with nonalcoholic fatty liver disease (the RAED2 Randomized Trial). *Hepatology*. 2013;58(4):1287-95. doi: 10.1002/hep.26393 pmid: 23504926
- Babraj JA, Vollaard NB, Keast C, Guppy FM, Cottrell G, Timmons JA. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocr Disord*. 2009;9:3. doi: 10.1186/1472-6823-9-3 pmid: 19175906
- Higgins TP, Baker MD, Evans SA, Adams RA, Cobbald C. Heterogeneous responses of personalised high intensity interval training on type 2 diabetes mellitus and cardiovascular disease risk in young healthy adults. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2015;59(4):365-77. doi: 10.3233/CH-141857 pmid: 25000923
- Wormgoor SG, Dalleck LC, Zinn C, Borotkanics R, Harris NK. High-Intensity Interval Training Is Equivalent to Moderate-

- Intensity Continuous Training for Short- and Medium-Term Outcomes of Glucose Control, Cardiometabolic Risk, and Microvascular Complication Markers in Men With Type 2 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018;9:475. doi: 10.3389/fendo.2018.00475 pmid: 30210450
17. Hallsworth K, Thoma C, Hollingsworth KG, Cassidy S, Anstee QM, Day CP, et al. Modified high-intensity interval training reduces liver fat and improves cardiac function in non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Clin Sci (Lond)*. 2015;129(12):1097-105. doi: 10.1042/CS20150308 pmid: 26265792
  18. Kaki A, Galedari M. The effect of 12 weeks high intensity interval training and resistance training on liver fat, liver enzymes and insulin resistance in men with nonalcoholic fatty liver. *Jundishapur Sci Med J*. 2017;16(5):493-505.
  19. Turner L, Shamsheer L, Altman DG, Weeks L, Peters J, Kober T, et al. Consolidated standards of reporting trials (CONSORT) and the completeness of reporting of randomised controlled trials (RCTs) published in medical journals. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;11:MR000030. doi: 10.1002/14651858.MR000030.pub2 pmid: 23152285
  20. Jolleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev*. 2015;16(11):942-61. doi: 10.1111/obr.12317 pmid: 26481101
  21. Han TS, Feskens EJ, Lean ME, Seidell JC. Associations of body composition with type 2 diabetes mellitus. *Diabet Med*. 1998;15(2):129-35. doi: 10.1002/(SICI)1096-9136(199802)15:2<129::AID-DIA535>3.0.CO;2-2 pmid: 9507913
  22. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102(2):127-32. doi: 10.1007/s00421-007-0557-x pmid: 17851681
  23. Skrypnik D, Ratajczak M, Karolkiewicz J, Madry E, Papek-Musialik D, Hansdorfer-Korzon R, et al. Effects of endurance and endurance-strength exercise on biochemical parameters of liver function in women with abdominal obesity. *Biomed Pharmacother*. 2016;80:1-7. doi: 10.1016/j.biopha.2016.02.017 pmid: 27133033
  24. Esmaelzadeh Toloe M, Faramarzi M, Noroozian P. Effect of Aerobic Training with Ginger Supplementation on some Liver Enzymes (AST, ALT, GGT) and Resistance to Insulin in Obese Women with Type 2 Diabetes. *med j mashhad univ med sci*. 2017;60(4):636-47.
  25. Tehrani zadeh T, Fathi M, Darzabi T, Hejazi K, Nasery H. Effects of Aerobic Training on HSP70, Liver Enzymes and Insulin Resistance index in Elderly Women with Non-Alcoholic Fatty Liver in Bojnourd. *Iran J nurs vulnerable J*. 2018;4(13):1-18.
  26. Sadeghi S. The effect of twelve weeks endurance training on liver enzymes levels in Iranian obese women. *Sci J Manage Syst*. 2017;15(13):49-60.
  27. Johnson NA, Sachinwalla T, Walton DW, Smith K, Armstrong A, Thompson MW, et al. Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss. *Hepatology*. 2009;50(4):1105-12. doi: 10.1002/hep.23129 pmid: 19637289
  28. Sigal RJ, Fisher S, Halter JB, Vranic M, Marliss EB. The roles of catecholamines in glucoregulation in intense exercise as defined by the islet cell clamp technique. *Diabetes*. 1996;45(2):148-56. doi: 10.2337/diab.45.2.148 pmid: 8549858
  29. Balducci S, Cardelli P, Pugliese L, D'Errico V, Haxhi J, Alessi E, et al. Volume-dependent effect of supervised exercise training on fatty liver and visceral adiposity index in subjects with type 2 diabetes The Italian Diabetes Exercise Study (IDES). *Diabetes Res Clin Pract*. 2015;109(2):355-63. doi: 10.1016/j.diabres.2015.05.033 pmid: 26047682
  30. Francois ME, Little JP. Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectr*. 2015;28(1):39-44. doi: 10.2337/diaspect.28.1.39 pmid: 25717277
  31. Hamed NS, Raoof NALA. Effect of high intensity interval training on diabetic obese women with polyneuropathy: a randomized controlled clinical trial. *Phys Ther Rehabil*. 2014;1(1). doi: 10.7243/2055-2386-1-4
  32. Trovato FM, Catalano D, Martines GF, Pace P, Trovato GM. Mediterranean diet and non-alcoholic fatty liver disease: the need of extended and comprehensive interventions. *Clin Nutr*. 2015;34(1):86-8. doi: 10.1016/j.clnu.2014.01.018 pmid: 24529325