

Research Paper

Effect of Chromium Picolinate Supplementation Combined With Resistance Training on Liver Enzymes Levels and Insulin Resistance in Patients With Type 2 Diabetes



*Mohammad Parastesh¹, Abbas Saremi², Meisam Ebadianejad³

1. Assistant professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.
3. MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.



Citation: Parastesh M, Saremi A, Ebadianejad M. [Effect of Chromium Picolinate Supplementation Combined With Resistance Training on Liver Enzymes Levels and Insulin Resistance in Patients With Type 2 Diabetes (Persian)]. Complementary Medicine Journal. 2019; 9(3):3792-3803. <https://doi.org/10.32598/cmja.9.3.3792>

doi <https://doi.org/10.32598/cmja.9.3.3792>



Article Info:

Received: 14 May 2019

Accepted: 02 Sep 2019

Available Online: 01 Oct 2019

Key words:

Diabetes, Resistance training, Chromium picolinate supplement, Liver enzymes, Insulin resistance index

ABSTRACT

Objective The aim of this study was to investigate the effect of supplementation with chromium picolinate combined with resistance training on the serum level of liver enzymes and insulin resistance index (HOMA-IR) in male patients with Type 2 Diabetes (T2D).

Methods In this study, participants were 30 male patients with T2D (Mean±SD weight: 75.1±6.3 kg and BMI= 26.1±2.3 kg/m²). They were divided into three groups (two experimental and one control). In addition to resistance training for 8 weeks, experimental groups consumed 400-mg chromium picolinate daily and placebo. Serum levels of liver enzymes, insulin and glucose were measured before and after the training period. Data were analyzed using one-way ANOVA and Bonferroni correction test (P<0.05).

Results Both resistance training combined with chromium picolinate supplementation (P=0.04) and resistance training with placebo (P=0.11) significantly reduced HOMA-IR compared to the control group. They both also resulted in a significant decrease in Alanine Aminotransferase (ALT) and Aspartate Aminotransferase (AST) enzymes level compared to the diabetic control group (P=0.01). Resistance training along with chromium picolinate supplementation (P=0.01) significantly reduced the waist-hip ratio (P=0.04) and fat percentage (P=0.01) compared to controls.

Conclusion training combined with chromium picolinate supplementation is more effective in improving the liver enzymes level in T2D patients.

Extended Abstract

1. Introduction

There is much evidence to suggest the role of oxidative stress and subsequent production of free radicals in the pathogenesis of diabetes [3]. Eye, nervous system, kidney and liver failures have been identified as

the leading causes of mortality in diabetic patients [4]. An increase in liver enzymes has been suggested to be a predictor of diabetes [6]. Diabetes increases the level of liver enzymes in the blood, which is mainly due to the increased oxidative stress in tissue areas and can be partly because of increased blood sugar [6].

Chromium deficiency is associated with glucose intolerance, increased serum insulin levels and decreased num-

* Corresponding Author:

Mohammad Parastesh, PhD.

Address: Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Arak University, Arak, Iran.

Tel: +98 (933) 1528384

E-mail: m-parastesh@araku.ac.ir

ber of insulin receptors which are the symptoms of Type 2 Diabetes (T2D) [9]. Studies have shown that serum concentrations of chromium picolinate in diabetic patients and in those with glucose intolerance are significantly lower than in controls [11].

Physical activity can enhance the skeletal muscle response to insulin by increasing the expression or activity of proteins involved in metabolism and insulin-signal transduction. Physical activity increases the glycogen synthase activity and expression of glucose transporter proteins. In diabetic patients with insulin deficiency, regular physical exercise can facilitate the entry of glucose into muscle cells and consequently, increase insulin sensitivity and cause the absence of insulin [13]. Overall, there is high controversy on the effects of chromium picolinate supplementation, and the beneficial effect of resistance training mechanism combined with chromium picolinate supplementation on liver enzymes is not clear yet.

2. Materials and Methods

The present study is a quasi-experimental study with pre-test/post-test design. Thirty-four middle-aged men with T2D referred to Shiraz Medical Center were voluntarily participated in this study. They were randomly divided into three groups of diabetic control (n=10), resistance training with placebo (n=12) and resistance training with chromium picolinate supplementation (n=12). The subjects' skinfold thickness was measured using a caliper (Seahan, South Korea)

and the fat percentage was measured according to Pollock and Jackson (1976)'s method. Blood parameters including liver enzymes were analyzed using Pars Azmoon kits (Pars Azmoon Inc., Tehran, Iran). Fasting blood glucose was measured by a glucose assay kit (Pars Azmoon) with a sensitivity of 5 mg/dL. For serum insulin level measurement, ELISA kit (Monobind Co. US) with a sensitivity of 0.15 Mg/mL was used. To observe the overload principle, intensity of exercise program from 1-4 weeks was 40-50% of one Repetition Maximum (1RM), 2-3 sets each with 15-20 reps; from 6-8 weeks, the intensity was 75%-85% of 1RM intensity, 2-3 sets each with 8-10 reps [18]. Experimental groups received chromium picolinate supplementation at a dose of 400 mg per day for 8 weeks, twice per day after breakfast and dinner.

Statistical analysis was performed in SPSS V. 22 software by using ANCOVA and Bonferroni Post Hoc test at $P \leq 0.05$ after testing the assumption of normality by Shapiro-Wilk test and the equality of variances by Levene' test.

3. Result

ANCOVA results showed no significant difference in fasting blood sugar ($F=6.48$, $P=0.66$) between the study groups after intervention, but in terms of serum insulin levels ($F=116.97$, $P=0.001$) and insulin resistance index (HOMA-IR) ($F=23.26$, $P=0.001$) the difference between groups was significant after intervention. Based on Bonferroni test results, the serum insulin level ($P=0.001$) and HOMA-IR ($P=0.001$) \ddagger in the training group with chromium picolinate

Table 1. Evaluation of glucose homeostasis and body composition indicators in the study groups

Variables	Phases	Mean±SD			P
		Diabetic Control	Training With Placebo	Training With Supplementation	
ALT (U/L)	Pre-test	15.60±6.48	18.30±3.36	19.70±4.58	0.001
	Post-test	24.10±11.90	18.01±4.02	14.50±4.07a	0.001
ALP (U/L)	Pre-test	258.2±49.08	241.71±45.2	252.20±54.82	0.001
	Post-test	277.9±66.2	218.71±19.02	235.36±56.41a	0.002
AST (U/L)	Pre-test	21.40±4.19	31.80±3.12	30.50±9.32	0.001
	Post-test	21.20±4.10	17.30±29.41	22.20±7.61	0.139
GGT (U/L)	Pre-test	28.60±11.75	52.95±29.41	33.18±20.64	0.002
	Post-test	26.63±9.49	40.90±9.89	27.78±16.84	0.666

ANCOVA and Bonferroni post hoc test results. ^a compared to diabetic control group; ^a compared to training with placebo group; ALP: Alkaline Phosphatase; GGT: Gamma-Glutamyl Transferase

supplementation, and HOMA-IR ($P= 0.02$) in the training group with placebo showed a significant decrease after intervention compared to the diabetic control group. Moreover, HOMA-IR level of the training group with chromium picolinate supplementation in post-test phase significantly decreased compared to the placebo group ($P= 0.045$).

Resistance training combined with chromium picolinate supplementation ($P=0.04$) and resistance training with placebo ($P=0.11$) resulted in a significant decrease in HOMA-IR compared to the control group. Also, resistance training combined with supplementation ($P=0.01$) significantly reduced the waist-to-hip ratio ($P=0.04$) and fat percentage ($P=0.01$) compared to diabetic controls. Resistance training combined with supplementation ($P=0.01$) and placebo ($P=0.01$) resulted in a significant decrease in Alanine Aminotransferase (ALT) and Aspartate Aminotransferase (AST) compared to diabetic controls (Table 1).

4. Conclusion

It was concluded that resistance training alone can have favorable effects on hepatic markers and improvement of body composition. Supplementation of chromium picolinate can improve hepatic markers in T2D men, while combination of resistance training with chromium picolinate supplementation has a significant effect on both body composition improvement and hepatic markers in men with T2D.

Less studies have been conducted on the effect of resistance training combined with chromium picolinate supplementation on the serum levels of enzymes and liver failures in T2D men. In order to clarify and confirm the effect of chromium picolinate supplementation along with physical activity on liver enzymes, other training methods are suggested in future studies.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This study was approved by the Research Ethics Committee of Arak University of Medical Sciences (Code: IR.ARAKMU.REC.1397.172).

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not for profit sectors.

Authors' contributions

Conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, writing—original draft Preparation, writing—review & editing, visualization, supervision, funding acquisition by all authors; Project administration by Mohammad Parastesh.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank the staff of the Faculty of Physical Education and Sport Sciences at Arak University of Medical Sciences for their valuable cooperation.

تأثیر تمرین مقاومتی همراه با مصرف مکمل پیکولینات کروم بر سطح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولین مردان دیابت نوع ۲

* محمد پرستش^۱، عباس صارمی^۲، میثم عبادی نژاد^۳

۱. استادیار، گروه آسیب‌شناسی و فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۲. دانشیار، گروه آسیب‌شناسی و فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۳. کارشناس ارشد، گروه آسیب‌شناسی و فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

چکیده

مقدمه: هدف این مطالعه، بررسی تأثیر تمرین مقاومتی همراه با مکمل پیکولینات کروم بر سطح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولین در مردان دارای دیابت نوع ۲ بود.

مواد و روش‌ها: نمونه آماری این پژوهش را ۳۰ مرد مبتلا به دیابت نوع ۲ با میانگین و انحراف معیار وزن $75/1 \pm 6/3$ کیلوگرم و شاخص توده بدن $26/1 \pm 2/3$ کیلوگرم بر مترمربع تشکیل دادند که به طور تصادفی به سه گروه مساوی (دو گروه تجربی و یک گروه کنترل) تقسیم شدند: گروه‌های تجربی علاوه بر هشت هفته تمرین مقاومتی مکمل پیکولینات کروم به مقدار ۴۰۰ میکروگرم در روز و یا دارونما مصرف نمودند. سطوح سرمی آنزیم‌های کبدی، انسولین و قند خون قبل و بعد از دوره تمرینی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شد ($P < 0/05$).

یافته‌ها: تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل کروم ($P = 0/04$) و مقاومتی همراه با دارونما ($P = 0/11$) موجب کاهش معنادار شاخص مقاومت به انسولین نسبت به گروه کنترل شد. همچنین تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم ($P = 0/01$) موجب کاهش معنادار نسبت محیط کمر به لگن ($P = 0/04$) و درصد چربی ($P = 0/01$) نسبت به گروه کنترل دیابتی شد. تمرین مقاومتی به همراه مصرف پیکولینات کروم ($P = 0/01$) و مقاومتی همراه با دارونما ($P = 0/01$) موجب کاهش معنادار ALT و AST نسبت به گروه کنترل دیابتی شد.

نتیجه‌گیری: تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم تأثیر بیشتری از هر یک از این موارد به تنهایی در بهبود وضعیت آنزیم‌های کبدی در بیماران دیابتی نوع ۲ دارد.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۱ شهریور ۱۳۹۸

تاریخ انتشار: ۰۹ مهر ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:

دیابت، تمرین مقاومتی، مکمل پیکولینات کروم، آنزیم‌های کبدی، شاخص مقاومت به انسولین

مقدمه

دیابت ملیتوس^۱ یک بیماری مزمن غدد درون‌ریز است که با هیپرگلیسمی مداوم همراه است که اغلب ناشی از کمبود مطلق یا نسبی ترشح انسولین یا مقاومت به انسولین است [۱]. نتایج مطالعات اخیر فدراسیون بین‌المللی دیابت^۲ مشاهده کردند که در سراسر جهان ۳۸۲ میلیون کودک و بزرگسالان در سال ۲۰۱۳ از دیابت رنج می‌برند و پیش‌بینی شده است تعداد بیماران مبتلا به دیابت تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۵۹۲ میلیون نفر در جهان می‌رسد [۲]. شواهد زیادی حکایت از نقش استرس اکسیداتیو و

به دنبال آن تولید رادیکال‌های آزاد در پاتوژنز بیماری دیابت دارند [۳]. از جمله اختلالات چشم، اعصاب، کلیه و نارسایی‌های کبدی از عوامل عمده مرگ‌ومیر در بیماران دیابتی شناخته شده‌اند [۴].

کبد، اندامی مؤثر در حفظ سطح گلوکز خون در محدوده طبیعی است و افزایش قند خون به تعادل نداشتن واکنش‌های اکسیداسیون - احیای سلول‌های کبدی منجر می‌شود [۵]. افزایش در آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز^۳ و گاما گلوتامیل ترانسفراز^۴، آسپاراتات آمینوترانسفراز^۵، آلکالین فسفاتاز^۶

3. Alanine Aminotransferase (ALT)

4. Gamma-Glutamyl Transferase (GGT)

5. Aspartate Trans-aminase (AST)

6. Alkaline Phosphatase (ALP)

1. Diabetes Mellitus (DM)

2. International diabetes federation

* نویسنده مسئول:

دکتر محمد پرستش

نشانی: اراک، دانشگاه اراک، دانشکده علوم ورزشی، گروه آسیب‌شناسی و فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۱۵۲۸۳۸۴ (۹۳۳) +۹۸

پست الکترونیکی: m-parastesh@araku.ac.ir

است، اکنون با توجه به نتایج تحقیقات جدید روشن شده است هنگامی که سلامت کلی فرد، «فوائد عملکردی برای افراد» در نظر گرفته می‌شود، تمرین مقاومتی نسبت به استقامتی معمولاً نتایج مطلوب‌تری را در زمان کوتاه‌تری حاصل کرده است [۱۴]. به طوری که در تحقیق کاوزا و همکاران به‌وضوح مشخص شد که تمرین مقاومتی نسبت به استقامتی، موجب کاهش بیشتر قند خون ناشتا و میزان انسولین و افزایش بیشتر حساسیت به انسولین در افراد دارای دیابت نوع ۲ شد [۱۵].

افرادی که قصد شرکت در فعالیت‌های ورزشی را دارند، نمی‌توانند خستگی برای پرداختن به فعالیت مقاومتی را در این گونه تمرینات بهانه کنند، زیرا تمرین مقاومتی نسبت به تمرینات استقامتی دارای وهله‌های استراحت بوده و زمان برگشت به حالت اولیه را در بین ست‌ها و حرکات فراهم می‌کند [۱۶]. همچنین به این دلیل که معمولاً بیماران دیابتی دارای اضافه وزن هستند و شیوه زندگی غیرفعال دارند، انجام این تمرینات استقامتی برای همه این افراد امکان‌پذیر نیست. چنین افرادی انگیزه و توان کافی برای فعالیت‌های بدنی استقامتی را ندارند. لازمه فعالیت بدنی در بیماران دیابتی مسن، داشتن مقدار معینی از قدرت و استقامت عضلانی است که می‌تواند از طریق تمرینات مقاومتی حاصل شود [۱۷].

در مجموع، در مورد نتایج اثر مکمل پیکولینات کروم تناقض زیادی وجود دارد و از سویی سازوکار تأثیر مفید تمرینی مقاومتی همراه با مکمل پیکولینات کروم بر آنزیم‌های کبدی به‌خوبی روشن نیست. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر همزمان مصرف مکمل پیکولینات کروم و تمرین مقاومتی بر سطح سرمی آنزیم‌های کبدی و شاخص مقاومت به انسولین مردان دیابت نوع ۲ بود تا بتوان راه‌کار بهتری در پیشگیری و بهبود عوارض دیابت با کنترل شاخص‌هایی مرتبط ارائه دهیم.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی در قالب سه گروه با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون است که از میان مردان میان‌سال مبتلا به دیابت نوع ۲ که به مرکز درمانی شهر شیراز مراجعه کرده بودند، ۳۴ نفر داوطلب شرکت در این تحقیق شدند که پس از ارزیابی‌های اولیه و لحاظ معیارهای سن در محدوده ۴۵ تا ۶۰ سال، نداشتن سابقه بیماری قلبی-عروقی، نداشتن سابقه بیماری دیابت بیشتر از شش ماه، شرکت نداشتن در فعالیت بدنی منظم در شش ماه اخیر، نداشتن فشار خون بیشتر از ۱۶۰/۹۵ میلی‌متر جیوه، استعمال نکردن دخانیات، مصرف نکردن مکمل، تغییر ندادن مصرف داروهای کاهنده قند خون، کنترل فشار خون و چربی خون با نظارت متخصص غدد در دو ماهه اخیر، ۳۴ آزمودنی واجد شرایط انتخاب شدند.

پس از توضیح مراحل مطالعه و اخذ رضایت‌نامه آگاهانه از

به عنوان پیش‌بینی‌کننده دیابت مطرح شده است [۶]. بیماری دیابت، سطح آنزیم‌های کبدی را در خون افزایش می‌دهد که علت اصلی آن، افزایش استرس اکسیداتیو در نواحی بافتی است و می‌تواند تا حدی به علت افزایش قند خون باشد [۶]. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که غلظت پلاسمایی این آنزیم‌ها، بهترین شاخص برای ارزیابی وضعیت کبد هستند، زیرا با آسیب سلول‌های کبدی، میزان آن‌ها در خون افزایش می‌یابد [۷].

از طرفی پیکولینات کروم یک مکمل است که برای سوخت‌وساز کربوهیدرات، پروتئین و چربی طبیعی مورد نیاز است و به دلیل بهبود وضعیت گلیسمی خون، درباره آن بحث می‌شود و تا به امروز، استفاده از آن به روش بالینی پیشنهاد نشده است. کروم یک ماده معدنی ضروری است که برای متابولیسم طبیعی گلوکز و لیپید ضروری است و از آنجا که تحمل گلوکز را افزایش می‌دهد و سطح قند خون را متعادل می‌کند، کمبود کروم ممکن است به برخی از اختلالات مثل کاهش تحمل گلوکز، افزایش سطح انسولین سرم و کاهش تعداد گیرنده‌های انسولین که از علائم دیابت نوع ۲ است، منجر شود [۹، ۸]. جین و همکاران نیز گزارش کرده‌اند که مکمل کروم می‌تواند از طریق افزایش ویتامین C و آدیپونکتین پلازما و مهار NfκB، AKT، GLUT2 در کبد موجب کاهش گلوکز، ICAM-1، MCP-1، CRP و کراتینین در موش‌های چاق دیابتی شود [۱۰].

در پژوهش‌های صورت‌گرفته در ایران، مشاهده شده است که غلظت کرومیوم در سرم بیماران دیابتی و افرادی که اختلال تحمل گلوکز دارند، به طور معناداری از گروه کنترل کمتر است [۱۱]. با این حال نتایج یافته‌های مربوط به تجویز مکمل کروم در افراد سالم و بیماران مبتلا به دیابت متفاوت بوده است. یافته‌های مطالعات پیشین نشان داده مصرف مکمل کروم در افراد دارای سندرم متابولیک می‌تواند سبب افزایش سوخت چربی‌های بدن با بهبود سوخت‌وساز گلوکز شود [۱۲].

همچنین فعالیت بدنی می‌تواند پاسخ عضله اسکلتی به انسولین را از طریق افزایش بیان و یا فعالیت‌های پروتئین‌های درگیر در متابولیسم و سیگنالینگ انسولین افزایش دهد. به طوری که فعالیت بدنی فعالیت گلیکوژن سنتاز و بیان پروتئین‌های ناقل گلوکز را افزایش می‌دهد. در افراد مبتلا به دیابت نیز آمادگی بدنی با کاهش اکسیداسیون چربی و جابه‌جایی به سمت اکسیداسیون بیشتر کربوهیدرات در تمام شدت‌های ورزشی همراه است. در بیماران دیابتی که نقص در عملکرد انسولین دارند، تمرینات بدنی منظم موجب می‌شود از طریق افزایش حساسیت به انسولین و همچنین در غیاب انسولین، ورود قند به داخل سلول‌های عضلانی و در نتیجه مصرف آن تسهیل شود. همچنین فعالیت‌های ورزشی با افزایش سطوح پروتئین‌های ناقل گلوکز باعث کاهش مقاومت به انسولین می‌شود [۱۳].

اثرات مثبت تمرینات استقامتی در مطالعات علمی انکارناپذیر

به آزمایشگاه منتقل شد و در آزمایشگاه سرم خون توسط دستگاه سانتریفیوژ (به مدت پنج دقیقه با سه هزار دور در دقیقه) جدا شد و در میکروتیوبها جمع آوری و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتیگراد تا زمان انجام تحلیل فریز شد. شاخصهای خونی اندازه گیری شده شامل آنزیمهای کبدی با استفاده از کیتهای پارس آزمون و و با استفاده از دستگاه اتوآنالیزور RA Tec- 1000 nicon ساخت شرکت Technicon آمریکا و براساس دستورالعمل استاندارد اندازه گیری شد. همچنین قند خون ناشتا با کیت تشخیص کمی گلوکز در سرم با روش فتومتریک، ساخت شرکت پارس آزمون ایران با حساسیت پنج میلی گرم در دسی لیتر، انسولین سرمی با روش الایزا و با استفاده از کیت شرکت Mono bind آمریکا با درجه حساسیت ۰/۱۵ میکروگرم بر میلی لیتر، مقاومت انسولین با استفاده از فرمول شماره ۱ به دست آمد.

۱.

$$HOMA-IR = \text{گلوکز ناشتا} (\mu U/mL) \times \text{انسولین ناشتا} (mmol/l) \div 22.5$$

برنامه تمرینات مقاومتی

در ابتدا از شرکت کنندگان در هفته اول پس از آشنایی با انجام تمرینات مقاومتی آزمون یک تکرار بیشینه برای تعیین قدرت عضلانی آزمودنیها گرفته شد و سپس قبل از شروع هفته پنجم نیز آزمون یک تکرار بیشینه مجدد برای تعیین قدرت عضلانی گرفته شد. برنامه مقاومتی متشکل شش حرکت سرشانه دستگاه، پرس سینه دستگاه، زیربغل از جلو با دستگاه سیم کش، پرس پا دستگاه، جلو پا دستگاه و پشت پا ایستاده دستگاه بود که شرکت کنندگان ابتدا حرکتهای بالاتنه و سپس حرکتهای پایین تنه را انجام می دادند. در پایان تمرین شرکت کنندگان با انجام حرکات کششی سبک فاز سرد کردن را انجام می دادند. به منظور رعایت اصل اضافه بار تمرین، شدت تمرین از هفته اول تا چهارم با ۴۰ تا ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه، دو تا سه ست با ۱۵-۲۰ تکرار و از هفته شش تا هشتم با ۷۵ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه، دو تا سه ست با ۸ تا ۱۰ تکرار انجام شد [۱۸]. مراحل اجرای پروتکل تمرین مقاومتی با جزئیات در جدول شماره ۱ توضیح داده شده است.

آزمودنیها، آنها به طور تصادفی در سه گروه کنترل دیابتی (۱۰ نفر)، تمرین مقاومتی به همراه دارونما (۱۲ نفر) و تمرین مقاومتی به همراه مکمل پیکولینات کروم (۱۲ نفر) قرار گرفتند. دو نفر از آزمودنیها به دلیل شرکت نکردن مرتب در گروه تمرین مقاومتی در گروه دارونما و دو نفر به دلیل مصرف نکردن مرتب مکمل پیکولینات کروم در گروه تمرین مقاومتی به همراه مکمل، در مرحله پایانی خون گیری از تحقیق حذف شدند و در نهایت این تحقیق با ۳۰ آزمودنی دیابتی اجرا شد.

حجم نمونه بر اساس مطالعات قبلی در این زمینه و سپس بر اساس برآورد نرم افزار G*power انجام پذیرفت. یک هفته پیش از شروع برنامه تمرینی همه آزمودنیها فرم رضایت نامه شرکت در تحقیق و پرسش نامه غذایی سه روزه شامل یک روز تعطیل را تکمیل کردند و سپس در صورت لزوم، کارشناس تغذیه توصیه های غذایی لازم را برای دوره هشت هفته ای پروتکل تمرینی ارائه کرد. سپس آزمودنیها ساعت هشت صبح پیش از صرف صبحانه در وضعیت ناشتا در محل آزمایشگاه حضور یافتند و اولین نمونه خونی از ورید بازویی اخذ شد.

دومین مرحله خون گیری نیز ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی در زمان یکسان از آزمودنیها اخذ شد. وزن آزمودنیها با ترازو دیجیتال بیورر مدل PS07 ساخت شرکت آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم، قد آنها با قدسنج مدل یاگامی ساخت ژاپن و شاخص توده بدنی با تقسیم وزن به کیلوگرم بر مجذور قد به متر محاسبه شد. ضخامت چین پوستی آزمودنیها با کالیپر Seahen مدل B00653TZNY ساخت کره جنوبی و درصد چربی با اندازه گیری چین پوستی سه نقطه ران، تحت کتفی، فوق خاصره و محاسبه چگالی بدن و قرار دادن آن در فرمول سیری پولاک و جکسون (۱۹۷۶) تعیین شد.

اندازه گیری های بیوشیمیایی

در هر مرحله خون گیری حدود ۵ میلی لیتر خون از ورید پیش آرنجی آزمودنیها گرفته شد. ۲ میلی لیتر از آن در لوله های بدون ماده ضد انعقاد منتقل شد. نمونه خونی پایانی ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی از آزمودنیها گرفته شد. نمونهها بلافاصله

جدول ۱. ویژگی برنامه تمرین مقاومتی طی هشت هفته تمرینی مقاومتی

هفته	ست	تکرار	شدت بر اساس درصدی از یک تکرار بیشینه (1RM%)	فاصله استراحت بین ستها	فاصله استراحت بین حرکات
۱-۲	۲-۳	۱۵-۲۰	۴۰-۵۰	۳۰-۶۰ ثانیه	۱۲۰-۱۸۰ ثانیه
۲-۴	۲-۳	۱۲-۱۵	۵۰-۶۰	۳۰-۶۰ ثانیه	۱۲۰-۱۸۰ ثانیه
۴-۶	۲-۳	۱۰-۱۲	۶۰-۷۰	۳۰-۶۰ ثانیه	۱۲۰-۱۸۰ ثانیه
۶-۸	۲-۳	۸-۱۰	۷۰-۷۵	۳۰-۶۰ ثانیه	۱۲۰-۱۸۰ ثانیه

پروتکل مصرف مکمل و دارونما

مکمل پیکولینات کروم از تنها نوع موجود در بازار مربوط به شرکت قرن بیست و یکم^۲ آمریکا تهیه شد. با توجه به تعیین دز مصرفی ۴۰۰ میکروگرم در روز، آزمودنی‌های گروه تمرین و مکمل به مدت هشت هفته و هر روز دو عدد از مکمل را پس از صبحانه و پس از شام مصرف کردند. همچنین دارونما از خط تولید دارو دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی شیراز تهیه شد. در محتویات دارونما از یک ماده بی‌اثر (نشاسته) استفاده شد و تلاش شد دارونما نزدیک‌ترین شکل و اندازه را نسبت به مکمل اصلی استفاده‌شده داشته باشد.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به صورت میانگین و انحراف استاندارد برای نمونه‌های موجود در هر گروه بیان شد. جهت آنالیز آماری پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون برآورد نرمالی شاپیرو-ویلک و برای بررسی فرض برابری واریانس‌ها از آزمون لون

7. 21th Century

استفاده شد. پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها و برقراری فرض برابری واریانس‌ها، به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه بین گروه‌ها، آزمون تحلیل کوواریانس^۸ و آزمون تعقیبی بونفرونی^۹ در سطح معناداری $P \leq 0/05$ استفاده شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفت.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار سنی آزمودنی‌های سه گروه تمرین به همراه پیکولینات، تمرین به همراه دارونما و کنترل دیابتی به ترتیب $48/2 \pm 4/5$ ، $48/2 \pm 7/9$ و $55/2 \pm 11/2$ سال بود. تمامی متغیرهای مطالعه حاضر توزیع طبیعی داشتند.

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه^{۱۰} نشان داد در پیش‌آزمون کلیه متغیرهای مورد مطالعه تفاوت معناداری در بین

8. ANCOVA

9. Bonferroni

10. ANOVA

جدول ۲. بررسی هم‌مستاز گلوکز و شاخصه‌ها ترکیب بدنی در گروه‌های مورد مطالعه

P	میانگین \pm انحراف معیار			مراحل	متغیرها
	تمرین و مکمل	تمرین و دارونما	کنترل دیابتی		
0/001	70/10 \pm 8/20	83/7 \pm 59/49	70/9 \pm 10/97	پیش‌آزمون	وزن (کیلوگرم)
0/66	69/10 \pm 8/88	84/7 \pm 02/49	69/11 \pm 01/05	پس‌آزمون	
0/001	24/3 \pm 08/68	28/3 \pm 59/21	23/3 \pm 55/40	پیش‌آزمون	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)
0/865	23/3 \pm 99/57	28/3 \pm 72/22	23/3 \pm 52/70	پس‌آزمون	
0/010	16/6 \pm 54/31	19/2 \pm 39/65	17/3 \pm 89/70	پیش‌آزمون	درصد چربی بدن
0/022	17/3 \pm 81/8 ^a	18/1 \pm 18/66	17/3 \pm 73/28	پس‌آزمون	
0/001	0/0 \pm 97/07	0/0 \pm 99/04	0/0 \pm 96/06	پیش‌آزمون	نسبت محیط کمر به لگن (WHR)
0/04	0/0 \pm 92/35 ^a	0/0 \pm 95/24	0/0 \pm 95/01	پس‌آزمون	
0/001	15/02 \pm 8/23	215/27 \pm 12/44	212/58 \pm 10/60	پیش‌آزمون	قند خون ناشتا (میلی‌مول بر لیتر)
0/23	134/18 \pm 1/42	133/32 \pm 9/42	237/99 \pm 9/3	پس‌آزمون	
0/001	9/1 \pm 28/20	8/3 \pm 74/03	4/1 \pm 83/03	پیش‌آزمون	سطح سرمی انسولین (میکرو واحد بر میلی‌لیتر)
0/01	4/0 \pm 83/95 ^a	7/2 \pm 81/41	5/1 \pm 12/20	پس‌آزمون	
0/001	3/0 \pm 43/63	3/0 \pm 19/95	2/0 \pm 51/73	پیش‌آزمون	شاخص مقاومت به انسولین (HOMA-IR)
0/001	1/0 \pm 61/46 ^a	2/5 \pm 40/88 ^a	2/1 \pm 98/18	پس‌آزمون	

نتایج آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی: **h** اختلاف با گروه کنترل دیابتی

جدول ۳. بررسی هموستاز گلوکز و شاخصه‌ها ترکیب بدنی در گروه‌های مورد مطالعه

P	میانگین ± انحراف معیار			مراحل	متغیرها
	کنترل دیابتی	تمرین و دارونما	تمرین و مکمل		
۰/۰۰۱	۶۰/۴۸±۱۵/۶	۳۰/۶۲±۱۸/۳	۷۰/۵۷±۱۹/۴	پیش‌آزمون	آلانین آمینوترانسفراز (ALT) (واحد بین‌المللی در لیتر)
۰/۰۰۱	۲۴/۱۱±۱/۹	۱۸/۴±۰/۱۰۲	۱۴/۴±۵/۰۷ [#]	پس‌آزمون	
۰/۰۰۱	۲۵۸/۴۹±۲۰/۰۸	۲۴۱/۵۷±۶۰/۷۵	۲۵۲/۵۴±۲۰/۸۲	پیش‌آزمون	آلکالین فسفاتاز (ALP) (واحد بین‌المللی در لیتر)
۰/۰۰۲	۲۷۷/۶۶±۹۰/۲۰	۲۱۸/۴۵±۷۱/۲۰	۲۳۵/۵۶±۲۶/۴۱ [#]	پس‌آزمون	
۰/۰۰۱	۴۰/۱۹±۲۱/۴	۸۰/۲۲±۳۱/۱۹	۵۰/۳۳±۳۰/۹	پیش‌آزمون	آسپارات آمینوترانسفراز (AST) (واحد بین‌المللی در لیتر)
۰/۱۳۹	۲۱/۴±۲۰/۱۰	۳۰/۱۲±۱۷/۳	۲۲/۷±۲۰/۶۱	پس‌آزمون	
۰/۰۰۲	۶۰/۷۵±۲۸/۱۱	۹۵/۴۱±۵۲/۲۹	۳۳/۲۰±۱۸/۶۴	پیش‌آزمون	گاما گلوتامیل ترانسفراز (GGT) (واحد بین‌المللی در لیتر)
۰/۶۶۶	۶۳/۴۹±۲۶/۹	۹۰/۸۹±۴۰/۹	۷۸/۸۴±۲۷/۱۶	پس‌آزمون	



نتایج آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی: α اختلاف با گروه کنترل دیابتی

در پس‌آزمون گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد. با توجه به تفاوت معنادار بین متغیرهای مذکور در پس‌آزمون گروه‌های تحت بررسی، آزمون تعقیبی بونفرونی میانگین‌های چندگانه مقایسه شد و نشان داد سطح سرمی انسولین ($P=۰/۰۰۱$) و شاخص مقاومت انسولین^{۱۴} ($P=۰/۰۰۱$) در پس‌آزمون گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات و شاخص مقاومت انسولین ($P=۰/۰۲۲$) در گروه تمرین مقاومتی و دارونما نسبت به گروه کنترل دیابتی کاهش معناداری یافته است. همچنین شاخص مقاومت انسولین در پس‌آزمون گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات نسبت به گروه تمرین دارونما کاهش معناداری را نشان داد ($P=۰/۰۴۵$) (جدول شماره ۲).

همچنین در مورد متغیرهای سطح سرمی آنزیم‌های کبدی نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد بین سطح سرمی آسپارات آمینوترانسفراز^{۱۵} ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۱۳$) و سطح سرمی گاما گلوتامیل ترانسفراز^{۱۶} ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۶۶$) در پس‌آزمون در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود ندارد. اما نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که سطح سرمی آلانین آمینوترانسفراز^{۱۷} ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۰۱$) و سطح سرمی آلکالین فسفاتاز^{۱۸} ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۰۲$) در پس‌آزمون در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد. با توجه به تفاوت معنادار

گروه‌ها وجود داد، بنابراین جهت بررسی پس‌آزمون این متغیرها از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد و مقادیر پیش‌آزمون به عنوان متغیر هم‌پراش در نظر گرفته شد. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد بین وزن ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۶۶۶$) شاخص توده بدنی^{۱۱} ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۸۶۵$) در پس‌آزمون در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود ندارد، اما بین نسبت محیط کمر به لگن^{۱۲} ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۰۴$) تفاوت معناداری وجود دارد؛ به طوری که آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد نسبت محیط کمر به لگن در پس‌آزمون گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات نسبت به گروه کنترل دیابتی ($P=۰/۰۴۱$) کاهش معناداری یافته است. همچنین نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که بین درصد چربی در پس‌آزمون در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود دارد ($F=۴/۴۴$, $P=۰/۰۲۲$)، به طوری که آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد درصد چربی بدن در پس‌آزمون گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات نسبت به گروه کنترل دیابتی ($P=۰/۰۱۹$) کاهش معناداری یافته است (جدول شماره ۲).

در خصوص متغیرهای هموستاز گلوکز شامل قند خون ناشتا، انسولین و شاخص مقاومت انسولین^{۱۳} نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که بین قند خون ناشتا ($F=۶/۴۸$, $P=۰/۶۶$) در پس‌آزمون در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری وجود ندارد، اما مشاهده شد که سطح سرمی انسولین ($F=۱۱۶/۹۷۷$, $P=۰/۰۰۱$) و شاخص مقاومت انسولین ($F=۲۳/۲۶$, $P=۰/۰۰۱$)

15. AST
16. GGT
17. ALT
18. ALP

11. BMI
12. WHR
13. HOMA-IR

حساسیت به انسولین نقش مهمی در هموستاز داخلی چربی کبدی ایفا می‌کند. یافته‌های ما نیز از گزارش‌های دیگر پشتیبانی می‌کند، به طوری که استرینبرگ و همکاران بیان کردند برنامه تمرینی منظم باعث کاهش گلوکز خون از طریق افزایش جذب آن در بافت‌های بدن می‌شود که حداقل تا حدودی به دلیل افزایش بیان ژن ناقلین گلوکز نوع ۴ (GLUT4) در عضلات اسکلتی، گیرنده انسولین و ذخیره‌سازی گلیکوژن است [۲۰]. همچنین همخوان با نتایج مطالعه حاضر، شمس‌الدینی و همکاران گزارش دادند یک برنامه هشت‌هفته‌ای تمرین مقاومتی در مردان دارای کبد چرب غیرالکلی، موجب بهبود سطوح سرمی ALT و AST و شاخص مقاومت به انسولین همراه با کاهش توده چربی می‌شود [۲۱]. اما مخالف نتایج ما، زلیبر و همکاران که به بررسی اثر سه ماه تمرین مقاومتی بر آنزیم‌های کبدی بیماران مبتلا به کبد چرب پرداختند، مشاهده کردند که سه ماه تمرین مقاومتی، تأثیری بر این آنزیم‌ها نداشته است و علت این موضوع را شاید بتوان به این نسبت داد که درصد چربی این افراد پس از اجرای برنامه تمرین، تفاوت معناداری با گروه کنترل نداشت [۲۲].

از طرفی کبد در شرایط تغییرات متابولیکی که در طول تمرینات ورزشی بوجود می‌آید از طریق کنترل گلوکونئوژنز و تولید گلوکز به خون نقش مهمی در حفظ گلیسمی دارد [۲۳]. علاوه بر این در اختلالات متابولیکی مانند دیابت، کبد در معرض افزایش استرس اکسیداتیو و کاهش ظرفیت دفاعی آنتی‌اکسیدان است [۲۴]. به طوری که در مطالعه اسپجمازت و همکاران مشاهده کردن با تجویز مکمل رزوراتول موجب بهبود بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و متعاقب آن کاهش ALT، AST در کبد موش‌های صحرایی دیابتی شد [۲۵]. علاوه بر این فعالیت ورزشی به افزایش ظرفیت دفاعی آنتی‌اکسیدان‌تی و متعاقب آن دو نقش پیش‌گیری و درمانی در بیماری‌های عمده مرتبط با استرس اکسیداتیو دارد [۲۶، ۲۷].

همچنین نتایج ما نشان داد علاوه بر تغییر ندادن معناداری در وزن و شاخص توده بدنی، درصد توده چربی بدن در گروه تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم و همچنین تمرین و دارونما در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری یافته است. عدم از دست دادن وزن و کاهش شاخص توده بدن با تمرینات مقاومتی در یافته‌های این مطالعه با دیگر مطالعات همخوانی دارد زیرا این موضوع می‌تواند به دلیل ماهیت تمرینات مقاومتی باشد که علاوه بر کاهش درصد چربی بدن این تمرینات می‌توانند توده عضلانی را نیز افزایش دهند [۲۸].

مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم به میزان قابل توجهی چاقی شکمی (به وسیله اندازه‌گیری نسبت محیط شکم به محیط لگن)

بین متغیرهای مذکور در گروه‌های بررسی‌شده با آزمون تعقیبی بونفرونی میانگین‌های چندگانه مقایسه شد و نشان داد سطح سرمی آلانین آمینوترانسفراز^{۱۹} ($P=0/001$) و سطح سرمی آلکالین فسفاتاز ($P=0/001$) در پس‌آزمون گروه کنترل دیابتی نسبت به گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات بطور معناداری بیشتر بود. با وجود این، سطح سرمی آلانین آمینوترانسفراز ($P=0/16$) و سطح سرمی آلکالین فسفاتاز ($P=0/09$) در پس‌آزمون گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات نسبت به گروه تمرین به همراه دارونما تفاوت معناداری نداشتند (جدول شماره ۳).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داده است که تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم سبب کاهش معنی‌داری در سطوح آنزیم‌های کبدی (ALT و AST) در مقایسه با گروه کنترل شده است. این دو آنزیم در گروه تمرین به همراه مکمل پیکولینات کاهش داشت، اما این کاهش نسبت به گروه تمرین مقاومتی و دارونما تفاوت معناداری را نشان نداد. همچنین با وجود کاهش در آنزیم‌های AST و GGT این کاهش در گروه‌های مختلف تفاوت معناداری مشاهده نشد.

تغییرات شاخص گلیسمیکی و ترکیب بدنی پس از تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم نیز در تحقیق حاضر قابل توجه بود. به طوری که میزان قند خون ناشتا، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین بعد از هشت هفته تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم کاهش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل دیابتی را نشان داد که این کاهش نیز در شاخص مقاومت به انسولین، در گروه تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم نسبت به گروه تمرین مقاومتی به همراه دارونما نیز مشاهده شد. کاهش معنی‌دار در مقادیر وزن و شاخص توده بدنی، نسبت پس از تمرین مقاومتی به همراه مصرف مکمل پیکولینات کروم و همچنین تمرین و دارونما در مقایسه با گروه کنترل مشاهده نشد، اما درصد چربی بدن و دور شکم به دور لگن در هر دو گروه تمرین مقاومتی کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل دیابتی یافت.

همخوان با نتایج مطالعه حاضر، یافته‌های ارسلان و همکاران نشان داد مصرف مکمل کروم به همراه افزایش فعالیت‌های بدنی در افراد دارای سندرم متابولیک می‌تواند سبب کاهش بافت چربی و افزایش توده عضلانی و سوخت بیشتر چربی‌های بدن با بهبود سوخت‌وساز گلوکز شود [۱۲]. راسل و همکاران بیان می‌کنند که مکانیزم‌هایی که تغییرات کبدی را پس از یک برنامه تمرینی منظم تحت تأثیر قرار می‌دهند، احتمالاً منعکس‌کننده تغییرات حساسیت به انسولین، چربی‌های گردش خون و تعادل انرژی هستند [۱۹].

20. Glucose Transporter Type 4 (GLUT4)

19. ALT

با توجه به نتایج مطالعه به نظر می‌رسد اثر تمرین مقاومتی و مصرف مکمل پیکولینات کروم روی سطوح سرمی بر آنزیم‌ها و اختلالات کبدی مردان دیابتی نوع ۲، مطالعات کمی صورت گرفته است، بنابراین مطالعات بیشتری لازم است تا به طور عمیق‌تر سازوکارهای مؤثر بر تغییرات این آنزیم‌ها بررسی شود. از این رو جهت روشن شدن و تأیید اثر مکمل پیکولینات کروم همراه با فعالیت بدنی بر آنزیم‌های کبدی، استفاده از روش‌های تمرینی دیگر در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

کد اخلاق به شرح (IR.Arakmu.rec.1397.172) در کمیته اخلاق طرح‌های پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک اخذ شده است.

حامی مالی

این تحقیق هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشته‌اند و مدیریت پروژه پژوهشی بر عهده آقای محمد پرستش بوده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری صمیمانه همه عزیزان در دانشکده علوم ورزشی اراک و دانشگاه علوم پزشکی اراک، که ما را در انجام این مطالعه یاری رساندند، سپاسگزاریم.

و درصد چربی بدن زیر پوستی را کاهش می‌دهد. همخوان با این نتایج در مطالعه الیوسا و همکاران گزارش کردند که یک برنامه شانزده‌هفته‌ای تمرین مقاومتی متعاقب کاهش درصد چربی بدن و WHR موجب کاهش مقاومت به انسولین در مردان دیابتی نوع ۲ می‌شود [۲۹].

اهمیت چربی احشایی و مقاومت به انسولین و ارتباط آن با خطر بیماری‌های کبدی به اثبات رسیده است. همچنین شناخته شده است که تمرینات ورزشی هوازی می‌تواند به طور قابل توجهی کاهش چربی احشایی و به طور مداوم حساسیت به انسولین را بهبود بخشد [۳۰]. البته مطالعات کنترل شده به طور تصادفی کمتر اثرات تمرین مقاومتی بر چربی احشایی در افراد دارای چاق مبتلا به دیابت را بررسی کرده‌اند. به طوری که مخالف نتایج مطالعه حاضر دیویدسون و همکاران تأثیر معناداری بر چربی احشایی مشاهده نکردند [۳۱]. با این وجود، طراحی مطالعه آن‌ها شامل تنها ۲۰ دقیقه تمرین مقاومتی، سه بار در هفته بود و بنابراین شاید تفاوت در اجرای پروتکل تمرینات مقاومتی و همچنین تفاوت در جامعه و نمونه علت این اختلاف باشد.

در نهایت اشاره به این موضوع از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است که یکی از مهم‌ترین علل به‌وجود آمدن آسیب‌های کبدی مقاومت به انسولین است که با عوامل مختلف سندرم متابولیک در ارتباط است. این وضعیت حتی در شرایط نبود چاقی، اضافه وزن و دیابت نوع ۲ مشاهده شده است و مطالعات به‌وضوح رابطه منفی بین تجمع چربی و التهاب در کبد با حساسیت به انسولین را به اثبات رسانده‌اند [۳۲].

نتیجه‌گیری

به طور کلی تمرینات ورزشی مقاومتی به‌تنهایی می‌تواند تأثیرات مطلوبی روی شاخص‌های کبدی و بهبود ترکیب بدنی بگذارد و همچنین مصرف پیکولینات کروم می‌تواند سبب بهبود شاخص‌های کبدی در مردان دیابتی نوع ۲ شود، ولی ترکیب تمرین مقاومتی با مصرف مکمل پیکولینات کروم تأثیر بسزایی بر بهبود ترکیب بدنی و شاخص‌های کبدی در مردان دیابتی نوع ۲ دارد.

در مورد محدودیت‌های مطالعه حاضر، می‌توان به اندازه کوچک حجم نمونه این مطالعه اشاره کرد که یک محدودیت در نظر گرفته می‌شود. بدون شک، مطالعه بیشتر و حجم نمونه بالاتر برای افزایش اعتبار یافته‌های ما ضروری است. از دیگر محدودیت‌های تحقیق می‌توان به حالات روحی و روانی آزمودن‌ها اشاره کرد. همچنین در مطالعه حاضر، مطالعه بافت‌شناسی کبد به خاطر اجرای پروتکل‌های اخلاقی انجام نشد، بنابراین امکان بررسی داده‌های مربوط به بافت‌شناسی کبد جهت تأیید نتایج تحقیق حاضر مقدور نشد.

References

- [1] Shi GJ, Shi GR, Zhou JY, Zhang WJ, Gao CY, Jiang YP, et al. Involvement of growth factors in diabetes mellitus and its complications: A general review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2018; 101:510-27. [DOI:10.1016/j.biopha.2018.02.105] [PMID]
- [2] Shi GJ, Zheng J, Wu J, Qiao HQ, Chang Q, Niu Y, et al. Beneficial effects of Lycium barbarum polysaccharide on spermatogenesis by improving antioxidant activity and inhibiting apoptosis in streptozotocin-induced diabetic male mice. *Food & Function*. 2017; 8(3):1215-26. [DOI:10.1039/C6FO01575A] [PMID]
- [3] Dehdashtian E, Mehrzadi S, Yousefi B, Hosseinzadeh A, Reiter RJ, Safa M, et al. Diabetic retinopathy pathogenesis and the ameliorating effects of melatonin; involvement of autophagy, inflammation and oxidative stress. *Life Sciences*. 2018; 193:20-33. [DOI:10.1016/j.lfs.2017.12.001] [PMID]
- [4] Shi GJ, Li Y, Cao QH, Wu HX, Tang XY, Gao XH, et al. In vitro and in vivo evidence that quercetin protects against diabetes and its complications: A systematic review of the literature. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019; 109:1085-99. [DOI:10.1016/j.biopha.2018.10.130] [PMID]
- [5] König M, Bulik S, Holzhütter HG. Quantifying the contribution of the liver to glucose homeostasis: A detailed kinetic model of human hepatic glucose metabolism. *PLoS Computational Biology*. 2012; 8(6):e1002577. [DOI:10.1371/journal.pcbi.1002577] [PMID] [PMCID]
- [6] Ahangarpour A, Shabani R, Farbood Y. The effect of betulinic acid on leptin, adiponectin, hepatic enzyme levels and lipid profiles in streptozotocin-nicotinamide-induced diabetic mice. *Research in Pharmaceutical Sciences*. 2018; 13(2):142-8. [DOI:10.4103/1735-5362.223796] [PMID] [PMCID]
- [7] Khalili M, Shuhart MC, Lombardero M, Feld JJ, Kleiner DE, Chung RT, et al. Relationship between metabolic syndrome, alanine aminotransferase levels, and liver disease severity in a multiethnic North American cohort with chronic Hepatitis B. *Diabetes Care*. 2018; 41(6):1251-9. [DOI:10.2337/dc18-0040] [PMID] [PMCID]
- [8] Cefalu WT, Hu FB. Role of chromium in human health and in diabetes. *Diabetes Care*. 2004; 27(11):2741-51. [DOI:10.2337/diacare.27.11.2741] [PMID]
- [9] Wang ZQ, Cefalu WT. Current concepts about chromium supplementation in type 2 diabetes and insulin resistance. *Current Diabetes Reports*. 2010; 10(2):145-51. [DOI:10.1007/s11892-010-0097-3] [PMID]
- [10] Jain SK, Kahlon G, Morehead L, Dhawan R, Lieblong B, Stapleton T, et al. Effect of chromium dinicotinate supplementation on circulating levels of insulin, TNF- α , oxidative stress, and insulin resistance in type 2 diabetic subjects: Randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2012; 56(8):1333-41. [DOI:10.1002/mnfr.201100719] [PMID] [PMCID]
- [11] Nourmohammadi L, Kocheiki-Shalmani I, Shaabani M, Gohari L, Nazari H. Zinc, copper, chromium, manganese and magnesium levels in serum and hair of insulin-dependent diabetics. 2000.
- [12] Arslan F, Güven ŞD, Özcan A, Vatanssev H, Taşgin Ö. The effect of exercise, reflexology and chrome on metabolic syndrome. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*. 2018; 7(8):77-85.
- [13] Roessner C, Paasch U, Kratzsch J, Glander HJ, Grunewald S. Sperm apoptosis signalling in diabetic men. *Reproductive Biomedicine Online*. 2012; 25(3):292-9. [DOI:10.1016/j.rbmo.2012.06.004] [PMID]
- [14] Scherrenberg M, Dendale P. Exercise training in diabetes. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2019; 26(7):698-700. [DOI:10.1177/2047487319829674] [PMID]
- [15] 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. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005; 86(8):1527-33. [DOI:10.1016/j.apmr.2005.01.007] [PMID]
- [16] Cassidy S, Thoma C, Hallsworth K, Parikh J, Hollingsworth KG, Taylor R, et al. High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: A randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2016; 59(1):56-66. [DOI:10.1007/s00125-015-3741-2] [PMID] [PMCID]
- [17] Saremi A, Parastesh M. Twelve-week resistance training decreases myostatin level and improves insulin sensitivity in overweight-obese women. *International Journal of Diabetes and Metabolism*. 2011; 19:63-8.
- [18] Swain DP, American College of Sports Medicine. ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
- [19] Russell-Guzmán J, Karachon L, Gacitúa T, Freundlich A, Poblete-Aro C, Rodrigo R. Role of exercise in the mechanisms ameliorating hepatic steatosis in non-alcoholic fatty liver disease. *Sport Sciences for Health*. 2018; 14(3):463-73. [DOI:10.1007/s11332-018-0459-9]
- [20] Steenberg DE, Jørgensen NB, Birk JB, Sjøberg KA, Kiens B, Richter EA, et al. Exercise training reduces the insulin-sensitizing effect of a single bout of exercise in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*. 2019; 597(1):89-103. [DOI:10.1113/JP276735] [PMID]
- [21] Shamsoddini AR, Sobhani V, Ghamar Chehreh ME, Alavian SM, Zaree A. Effect of aerobic and resistance exercise training on liver enzymes and hepatic fat in Iranian men with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatitis Monthly*. 2015; 15(10):e31434. [DOI:10.5812/hepatmon.31434] [PMID] [PMCID]
- [22] Zelber-Sagi Sh, Buch A, Yeshua H, Vaisman N, Webb M, Harari G, et al. Effect of resistance training on non-alcoholic fatty-liver disease a randomized-clinical trial. *World Journal of Gastroenterology*. 2014; 20(15):4382-92. [DOI:10.3748/wjg.v20.i15.4382] [PMID] [PMCID]
- [23] Gonzalez JT, Fuchs CJ, Betts JA, Van Loon LJ. Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2016; 311(3):E543-E53. [DOI:10.1152/ajpendo.00232.2016] [PMID]
- [24] George N, Kumar TP, Antony S, Jayanarayanan S, Paulose C. Effect of vitamin D 3 in reducing metabolic and oxidative stress in the liver of streptozotocin-induced diabetic rats. *British Journal of Nutrition*. 2012; 108(8):1410-8. [DOI:10.1017/S0007114511006830] [PMID]
- [25] Schmatz R, Perreira LB, Stefanello N, Mazzanti C, Spanevello R, Gutierrez J, et al. Effects of resveratrol on biomarkers of oxidative stress and on the activity of delta aminolevulinic acid dehydratase in liver and kidney of streptozotocin-induced diabetic rats. *Biochimie*. 2012; 94(2):374-83. [DOI:10.1016/j.biochi.2011.08.005] [PMID]
- [26] Oh S, Tanaka K, Warabi E, Shoda J. Exercise reduces inflammation and oxidative stress in obesity-related liver diseases. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2013; 45(12):2214-22. [DOI:10.1249/MSS.0b013e31829afc33] [PMID]
- [27] Chiş IC, Mureşan A, Oros A, Nagy AL, Clichici S. Protective effects of Quercetin and chronic moderate exercise (training) against oxidative stress in the liver tissue of streptozotocin-induced diabetic rats. *Acta Physiologica Hungarica*. 2016; 103(1):49-64. [DOI:10.1556/036.103.2016.1.5] [PMID]
- [28] Sigal RJ, Alberga AS, Goldfield GS, Prud'homme D, Hadjiyannakis S, Gougeon R, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on percentage body fat and cardiometabolic risk markers in obese

- adolescents: the healthy eating aerobic and resistance training in youth randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*. 2014; 168(11):1006-14. [DOI:10.1001/jamapediatrics.2014.1392] [PMID]
- [29] Olioso D, Dauriz M, Bacchi E, Negri C, Santi L, Bonora E, et al. Effects of aerobic and resistance training on circulating micro-RNA expression profile in subjects with type 2 diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2019; 104(4):1119-30. [DOI:10.1210/jc.2018-01820] [PMID]
- [30] Slentz CA, Bateman LA, Willis LH, Shields AT, Tanner CJ, Piner LW, et al. Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2011; 301(5):E1033-E9. [DOI:10.1152/ajpendo.00291.2011] [PMID] [PMCID]
- [31] Davidson LE, Hudson R, Kilpatrick K, Kuk JL, McMillan K, Janiszewski PM, et al. Effects of exercise modality on insulin resistance and functional limitation in older adults: A randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*. 2009; 169(2):122-31. [DOI:10.1001/archinternmed.2008.558] [PMID]
- [32] Chalasani N, Younossi Z, Lavine JE, Diehl AM, Brunt EM, Cusi K, et al. The diagnosis and management of non-alcoholic fatty liver disease: Practice guideline by the American Association for the study of liver diseases, American college of gastroenterology, and the American gastroenterological association. *Hepatology*. 2012; 55(6):2005-23. [DOI:10.1002/hep.25762] [PMID]