Research Paper

The Effect of Eight Weeks of TRX Resistance Training Along With Using Taurine Supplementation on Glycemic Indices of Type 2 Diabetic Females

Shohre Samadpour Masouleh[1], Marefat Siahkouhian[1], *Amirali Jafarnezhadgero[2], Reza Farzizadeh[1]

1. Department of Sport Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Department of Sport Management and Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Samadpour Masouleh SH, Siahkouhian M, Jafarnezhadgero A, Farzizadeh R. [The Effect of Eight Weeks of TRX Resistance Training Along With Using Taurine Supplementation on Glycemic Indices of Type 2 Diabetic Females (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022; 11(4):548-559. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.2

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.2

Received: 20 Dec 2020
Accepted: 28 Feb 2021
Available Online: 23 Sep 2022

ABSTRACT

Background and Aims Type 2 diabetes is the most common endocrine disease in the world. Various methods, such as medication and exercise can be helpful, although information on the issue is scarce. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of eight weeks of TRX resistance training along with using taurine supplementation on glycemic indices of type 2 diabetic females.

Methods The sample of the present study consisted of 40 middle-aged females with inactive diabetes with an age range of 40 to 60 years. Subjects were randomly divided into four groups of ten, including the training group, supplement group, training+supplement group, and control group. Fasting blood glucose (FBS) and glycosylated hemoglobin (HBA1C) levels were measured before and after the training period. The duration of the training program for the training group was eight weeks for three sessions per week

Results The results showed that HBA1C levels decreased in the post-test compared to the pre-test in the supplement (P=0.027), exercise (P=0.001), and supplement+exercise (P=0.001) groups. While the levels of this variable did not show any significant difference in the control group in the post-test compared to the pre-test (P>0.05). The results showed that FBS levels in the exercise group were statistically lower than in the supplement + exercise group (P=0.012).

Conclusion According to the findings, it can be concluded that resistance training using the TRX method along with taurine supplement can reduce resting FBS and glycosylated hemoglobin (HBA1C) levels in type 2 diabetic women and increase women's health.

Keywords Type 2 diabetes, Taurine supplementation, Glycemic index, Suspension training, TRX

**** Corresponding Author:***
Amirali Jafarnezhadgero, PhD.
Address: Department of Sport Management and Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Tel: +98 (910) 5146214
E-Mail: a.jafarnezhad@uma.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Type 2 diabetes is the most common endocrine disease in the world. This disease is widely increasing despite the development of various treatments [1]. High blood pressure and fatty disorders increase the complications of diabetes mellitus and if left untreated, can lead to death [3].

Studies have shown that the prevalence of type 2 diabetes can increase due to environmental factors, namely improper behavior, and eating habits. In this regard, taurine is a sulfuric amino acid with the chemical formula of amino ethane sulfonic acid ($NH_2CH_2SO_3H$), which is abundant in mammalian tissue[5]. Evidence suggests that taurine may be an essential conditional amino acid in diseases, such as diabetes mellitus, obesity, metabolic syndrome, and coronary heart disease [7]. This leads to an improvement in glucose levels [9]. According to previous research, the role of "physical activity" in reducing diabetes and controlling its complications can be justified. In this regard, research today has shown that with resistance training, more muscle mass is involved; thus, it will increase the volume of skeletal muscle mass and the response to blood glucose [11].

One of the methods of resistance training that has been growing in recent decades is TRX suspension training, which has been introduced to the world in 1990 [4]. TRX is known as body weight resistance training and is in the category of instability training. The use of this system is suitable for health and improving athletic performance [17]. The TRX suspension training system is a unique exercise method that consists of two straps and handles and is easily tolerated [4]. According to studies, a training session with TRX suspension has a significant effect on metabolic and physiological parameters [18].

However, most of the results obtained on resistance training indicate that its effectiveness or lack of effect depends on other factors affecting the glycemic index. Limited research has been done on the effect of TRX resistance training on diabetes. It should be noted that most of the results and modulatory effects of taurine supplementation in Iran have been in vitro and on animal models, which indicates that no studies have been done using taurine supplementation along with TRX resistance training in humans to treat factors related to diabetes mellitus, such as glycemic indices. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of eight weeks of TRX resistance training with taurine supplementation on glycemic indices of inactive type 2 diabetic women.

Materials and Methods

In this quasi-experimental clinical trial, 40 eligible subjects who were referred to Rasht Medical Center were selected. Subjects were randomly divided into four groups of ten (exercise, exercise+supplement, supplement, and control). Subjects participated in selected TRX exercises that included movements (Swedish swimming, chest movement, boat movement, lounge movement, and squat movement) for eight weeks and three sessions per week [20]. Exercise intensity was also controlled by the Borg pressure perception scale (RPE). Exercises were performed at an intensity of 75-70% of a maximum repetition on the Borg scale, i.e. in the range of pressure perception 14 to 17 [21] and with 8-12 repetitions and in three sets. Finally, after eight weeks of practice and completion of the number of sessions by the subjects, the post-test tests and pre-test measurements were performed under the same conditions.

In this study, taurine supplement in the form of one gram capsules in packs of 500 anti-light was used. Five capsules of taurine were received daily in the morning and before bedtime. At each stage of blood sampling, about 5 ml of blood was taken from the subjects' forearm veins.

Results

For statistical analysis, after confirming the normality of the data, the Shapiro-Wilk test was used and Leven's test was used to test the assumption of variance equality. After determining the normality of the data distribution and the equality of variances, the pre-test values were compared between the groups using the ANOVA in cases with no statistically significant difference between the groups in the pre-test. Two-way analysis of variance (A NOVA) with repeated measures was used. Tukey's post hoc test was used to perform the pairwise comparison. In cases where there was a statistical difference bet w een the groups during the pre-test, the multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was used. The significance level in all analyzes was equal to 0.05. All statistical calculations were performed using SPSS v. 22.

The results showed that the levels of HBA1C significantly decreased in the post-test compared to the pre-test in the supplement (P=0.027), exercise (P=0.001), and supplement+exercise (P=0.001) groups. While the levels of this variable in the control group in the post-test did not show a significant change compared to the pre-test, and also the results showed that the levels of FBS in the exercise group were statistically less than in the supplement + exercise group (P=0.012).

Discussion

According to the findings, it can be concluded that resistance training with the TRX method along with taurine supplementation can reduce resting fasting blood sugar levels and HBA1C levels of type 2 diabetic women and increase women's health.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

In the implementation of the research, ethical considerations have been considered in accordance with the instructions of the ethics committee of the Tehran Institute of Physical Education and the ethics code number IR.SSRI.REC.1400.971 has been received.

Funding

This study was extracted from the MSc thesis of the first author at the Department of Sports Physiology of the University of Mohaghegh Ardabili.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We thank all participants for their voluntary participation in this study and Mohaghegh Ardabili University.

مقاله پژوهشی

تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی برای کل بدن با مصرف مکمل تورین بر شاخص‌های گلایسمیک زنان دیابتی نوع ۲

شهره صمدپور ماسوله[۱]، معرفت سیاه کوهیان[۱]، *امیرعلی جعفرنژاد گرو[۲]، رضا فرضی‌زاده[۱]

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲. گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Samadpour Masouleh SH, Siahkouhian M, Jafarnezhadgero A, Farzizadeh R. [The Effect of Eight Weeks of TRX Resistance Training Along With Using Taurine Supplementation on Glycemic Indices of Type 2 Diabetic Females (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2022; 11(4):548-559. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.2

doi https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.11.4.2

چکیده

زمینه و هدف دیابت نوع ۲ به‌عنوان شایع‌ترین بیماری غدد درون‌ریز در جهان به شمار می‌آید. روش‌های مختلفی همچون دارو و انجام فعالیت ورزشی می‌تواند برای این بیماری مفید فایده باشد. هرچند اطلاعات در این مورد مهم اندک است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر ۸ هفته تمرین مقاومتی کل بدن با مصرف مکمل تورین بر قند خون ناشتا و هموگلوبین گلیکوزیله زنان دیابتی نوع ۲ است.

مواد و روش‌ها نمونه پژوهش حاضر شامل ۴۰ زن غیرفعال دیابتی با دامنه سنی ۴۰ تا ۶۰ سال بودند. آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به ۴ گروه ۱۰ نفری شامل گروه تمرین، گروه مکمل، گروه تمرین+مکمل و گروه کنترل تقسیم شدند. قبل و بعد از دوره تمرینی، سطح قند خون ناشتا و درصد هموگلوبین گلیکوزیله آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان برنامه تمرینی برای گروه تمرین ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه بود.

یافته‌ها یافته‌ها نشان داد مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه مکمل (P=۰/۰۲۷)، گروه تمرین (P=۰/۰۰۱) و گروه مکمل+تمرین (P=۰/۰۰۱) ازنظر آماری کاهش معناداری را داشت، درحالی‌که مقادیر این متغیر در گروه کنترل طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون تغییر معناداری را از خود نشان نداد. یافته‌ها نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه تمرین نسبت به گروه مکمل+تمرین ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۱۲).

نتیجه‌گیری باتوجه‌به یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که انجام تمرین مقاومتی به‌روش تمرین مقاومتی برای کل بدن با مصرف مکمل تورین می‌تواند باعث کاهش سطوح استراحتی قند خون ناشتا و درصد هموگلوبین گلیکوزیله زنان دیابتی نوع ۲ شود و در جهت افزایش سلامت زنان مفید فایده باشد.

کلیدواژه‌ها دیابت نوع ۲، مکمل تورین، شاخص گلایسمیک، تمرینات معلق، تمرین مقاومتی کل بدن

تاریخ دریافت: ۳۰ آذر ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۱۰ اسفند ۱۳۹۹
تاریخ انتشار: ۰۱ مهر ۱۴۰۱

* **نویسنده مسئول:**
دکترامیرعلی جعفرنژاد گرو
نشانی: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی.
تلفن: ۵۱۴۶۲۱۴ (۹۱۰) ۹۸+
رایانامه: a.jafarnezhad@uma.ac.ir

مقدمه

دیابت نوع ۲[1] به‌عنوان شایع‌ترین بیماری غدد درون‌ریز در جهان به شمار می‌آید [۱]. این بیماری با وجود پیشرفت روش‌های درمانی متعدد، به‌طور گسترده‌ای رو به افزایش است [۱]. تقریباً یک نفر از هر ۱۱ نفر به این بیماری مبتلا می‌شود. براساس آمار مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌های ایالت متحده در سال ۲۰۲۰، بیماری دیابت بیش از ۳۰ میلیون آمریکایی‌ها را مبتلا می‌کند و پیش‌بینی شده است که تعداد مبتلایان به دیابت تا سال ۲۰۳۵ به ۶۰۰ میلیون نفر افزایش خواهد یافت. همچنین براساس آمار انجمن دیابت ایران، حدود ۴ میلیون نفر مبتلا به دیابت در رده سنی بزرگسال در ایران وجود دارد که با توجه به آمارهای بین‌المللی، هر ۱۵ سال جمعیت این بیماران ۳ برابر می‌شود [۲]. اگر بیماری دیابت از سنین پایین شروع و در مدت‌زمان طولانی درمان نشود، خطر ابتلا به دیابت شیرین[2] در بیماران دیابتی را افزایش می‌دهد [۳]. همچنین هایپرگلایسمی[3] مزمن موجب مقاومت به انسولین در دیابت شیرین نوع ۲[4] می‌شود [۴].

نتایج مطالعات حاکی از آن است که شیوع دیابت نوع ۲ می‌تواند به‌دلیل عوامل محیطی، یعنی رفتار و عادات غذایی نادرست افزایش یافته باشد [۲]. در این زمینه، تورین[5] یک اسیدآمینه سولفوریک با فرمول شیمیایی آمینو اتانزولفونیک اسید[6] است که در بافت پستانداران فراوان است [۵]. این اسیدآمینه نیمه‌ضروری، ازطریق موادغذایی و هم از واکنش متیونین با سیستئین درون کبد، در بدن تأمین می‌شود [۶]. شواهد نشان می‌دهد تورین ممکن است یک اسیدآمینه ضروری از نوع شرطی در بیماری‌هایی مانند دیابت قندی، چاقی، سندرم متابولیک[7] و تصلب شرائین[8] باشد [۷]. تورین، نقش محافظتی در کنترل پیشرفت دیابت دارد و کاهش تورین موجب ایجاد اختلال در متابولیسم گلوکز می‌شود [۸]. علاوه‌براین به نظر می‌رسد تورین در مسیر سیگنالیک انسولین تداخل ایجاد می‌کند و بر ترشح انسولین سلول‌های β، تأثیر می‌گذارد و این‌گونه به بهبود گلوکز منجر می‌شود [۹]. همچنین تورین خواص ضدآتروژنیک دارد. به این صورت که سطح کلسترول و هموسیستئین[9] را کاهش می‌دهد و سنتز نمک‌های صفراوی را تحریک می‌کند [۱۰]. نتایج تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد مکمل تورین در بسیاری از کارکردهای بیوشیمیایی مانند تنظیم میزان متابولیسم گلوکز، لیپیدها، کنترل اشتها و همچنین

1. Type 2 Diabetes
2. Diabetes Mellitus
3. Hyperglycemia
4. T2DM
5. Taurine
6. NH2CH2SO3H
7. Metabolic syndrome
8. Atherosclerotic
9. Homocysteine

مدیریت چاقی و دیابت نقش دارد. روزانه در بدن یک فرد بالغ حدود ۵۰۰ میلی‌گرم کلسترول تجزیه و به صفرا تبدیل می‌شود که برای انجام این کار به اسیدآمینه خاص مانند تورین نیاز است [۱۰]. تحقیقات محدودی در این مورد وجود دارد. تورین ممکن است باعث افزایش عملکرد ورزشی در برخی افراد شود. همچنین در مطالعات انسانی نشان داده شده است که تورین مواد زائدی که به خستگی منجر شود و باعث سوختگی عضلات می‌شوند را از بین می‌برد و عضلات را از آسیب سلولی و استرس اکسیداتیو محافظت می‌کند. علاوه‌براین، باعث افزایش چربی‌سوزی در هنگام ورزش می‌شود، اما همچنان اطلاعات کاملی در این زمینه دردسترس نیست [۱۱]. مطابق با بهترین شواهد موجود، تورین در مقادیر توصیه‌شده عوارض جانبی منفی ندارد. رایج‌ترین دُزهای تورین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در روز است. بااین‌حال مقادیر حداکثری برای ایجاد سمیت بسیار بالاتر بوده و حتی به نظر می‌رسد دُزهای بالاتر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم هم به‌خوبی تحمل می‌شوند. تحقیقات درمورد ایمنی تورین نشان می‌دهند که حداکثر ۳۰۰۰ میلی‌گرم در روز، حتی اگر در کل طول عمر مصرف شود، همچنان بی‌خطر است. به‌طورکلی هنگامی‌که تورین در مقادیر مناسب توسط یک فرد سالم مصرف شود، هیچ عارضه جانبی شناخته‌شده‌ای ندارد [۱۲].

باتوجه‌به نتایج تحقیقات پیشین، نقش فعالیت بدنی را هم در کاهش ابتلا به دیابت و همچنین کنترل عوارض آن می‌توان توجیه کرد [۲]. در این راستا امروزه پژوهش‌ها نشان داده‌اند در انجام تمرینات مقاومتی، توده عضلانی بیشتری درگیر می‌شود، بنابراین موجب افزایش حجم توده عضله اسکلتی می‌شود که سبب افزایش پاسخ نسبت به گلوکز خون خواهد شد [۱۳]. ازآنجایی‌که در بیماران دیابتی، تحلیل عضلانی و آتروفی[10] رخ می‌دهد، برای بهبود این آسیب‌های عضلانی، اجرای تمرینات مقاومتی برای این بیماران الزامی است. بااین‌حال برخلاف تمرین هوازی، شدت‌های بالاتر تمرین مقاومتی، توسط افراد دیابتی قابل‌تحمل‌تر است، زیرا برخی از عوارض دیابت مانند «زخم‌های کف پا»، به محدودیت این بیماران در انجام برخی تمرینات ورزشی منجر می‌شود، درحالی‌که تمرینات مقاومتی برای بسیاری از افراد قابل‌اجراست [۱۴]. طبق تحقیقات انجام‌شده توسط پژوهشگران، تمرینات مقاومتی به کاهش قند خون، هموگلوبین گلیکوزیله[11]، توده و درصد چربی، فشارخون سیستولیک، افزایش حساسیت انسولین منجر می‌شود [۱۵، ۱۶].

یکی از روش‌های تمرینات مقاومتی که از تمرینات رو به رشد در دهه‌های اخیر است، تمرینات معلق کل بدن[12] است و از سال ۱۹۹۰ به دنیا معرفی شده است [۴]. تمرین مقاومتی کل بدن به‌عنوان تمرین مقاومتی با وزن بدن شناخته می‌شود و در دسته

10. Atrophy
11. Glycosylated Hemoglobin (HBA1C)
12. Total Body Resistance Exercise (TRX)

تمرینات ناپایداری[13] قرار می‌گیرد. استفاده از این سیستم، برای سلامت و بهبود عملکرد ورزشی مناسب است [۱۷]. سیستم معلق تمرینی مقاومتی کل بدن، یک روش ورزشی بی‌نظیر است که از ۲ تسمه و دسته تشکیل شده است و به‌راحتی قابل‌حمل است [۴]. طبق مطالعات انجام‌شده، ۱ جلسه تمرینی توسط سیستم تعلیق تمرین مقاومتی کل بدن بر روی شاخص‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی تأثیر بسیار چشمگیری دارد [۱۸]. بااین‌حال اغلب نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با تمرینات مقاومتی، نشان‌دهنده این است که اثربخشی یا عدم آن، بر شاخص گلایسمیک، به عوامل دیگری هم وابسته است. همچنین تحقیقات محدودی در ارتباط با تأثیر تمرینات مقاومتی کل بدن و بیماری دیابت انجام شده است. اغلب نتایج و اثرات تعدیل‌کننده مکمل تورین در ایران، درون محیط‌های آزمایشگاهی و روی مدل‌های حیوانی بوده است و این موضوع حاکی از آن است که هیچ‌گونه مطالعه‌ای در رابطه با اثر مکمل تورین بر روی انسان همراه با تمرین مقاومتی کل بدن برای درمان فاکتورهای مرتبط به بیماری دیابت، ازجمله شاخص گلایسمیک انجام نشده است. بنابراین هدف محقق از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی برای کل بدن با مصرف مکمل تورین، بر شاخص‌های گلایسمیک زنان دیابتی نوع ۲ است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی در قالب ۴ گروه با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون بود. پس از ارزیابی‌های اولیه و لحاظ معیارهای سن در محدوده ۴۰ تا ۶۰ سال، نداشتن سابقه بیماری قلبی‌عروقی، داشتن سابقه بیماری دیابت بیشتر از ۶ ماه، شرکت نداشتن در فعالیت بدنی منظم در ۶ ماه اخیر، نداشتن فشارخون بیشتر از ۹۵/۱۶۰ میلی‌متر جیوه، استعمال نکردن دخانیات، مصرف نکردن مکمل، تغییر ندادن مصرف داروهای کاهنده قند خون، کنترل فشار خون و چربی‌خون با نظارت متخصص غدد در ۲ ماه اخیر، ۴۰ آزمودنی واجد شرایط انتخاب شدند.

بعد از فراخوان و آگهی و اعلام آمادگی به‌صورت داوطلبانه از سوی آزمودنی‌ها، توضیحات مربوط به تحقیق به تمامی آزمودنی‌ها به‌صورت کتبی و شفاهی ارائه شد. فرم پرسش‌نامه و رضایت‌نامه در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت. بعد از دریافت رضایت‌نامه، اندازه‌گیری‌های مربوط به شاخص‌های آنتروپومتریک و فشار خون و غیره انجام شد. سپس آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی به ۴ گروه ۱۰ نفری (تمرین، تمرین+مکمل، مکمل، کنترل) تقسیم شدند.

مصرف مکمل

در این پژوهش از مکمل تورین به شکل کپسول‌های یک‌گرمی در بسته‌های ۵۰۰ عددی ضدنور استفاده شد که با صدور مجوز وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و بخش نظارت بر دارو و مواد مخدر توسط شرکت پیک‌دارو از شرکت پریمافورس آمریکا تهیه شد. مصرف مکمل تورین به‌صورت روزانه ۵ کپسول در ۲ نوبت صبح و قبل از خواب بود [۱۹].

نحوه خون‌گیری

در هر مرحله خون‌گیری حدود ۵ میلی‌لیتر خون از ورید پیش‌آرنجی آزمودنی‌ها گرفته شد. ۲ میلی‌لیتر از آن در لوله‌های بدون ماده ضدانعقاد منتقل شد. نمونه خونی پایانی ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی از آزمودنی‌ها گرفته شد. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و در آزمایشگاه سرم خون با دستگاه سانتریفیوژ ۵ دقیقه با ۳ هزار دور در دقیقه جدا شد و در میکروتیوب‌ها جمع‌آوری و در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام تحلیل فریز شد [۱۹].

پروتکل تمرین

گروه تمرین و تمرین+مکمل یک هفته قبل از شروع پروتکل تمرینی با نحوه اجرای صحیح حرکات آشنا شدند. پروتکل تمرینی شامل ۸ هفته تمرین مقاوتی برای کل بدن، دربرگیرنده ۳ جلسه تمرین ۶۰ دقیقه‌ای با دوره گرم کردن و بازگشت به حالت اولیه بود. بدین‌منظور ۱۰ دقیقه گرم کردن قبل از اجرای برنامه اصلی و ۵ دقیقه سرد کردن پس از اجرای برنامه در هر جلسه انجام شد. گرم کردن به وسیله حرکات کششی، راه رفتن، جاگینگ[14] و دویدن نرم انجام شد. به‌منظور برآورد توان افراد ۲ هفته مانده به شروع طرح اصلی، تمرینات سبک تا متوسط برای ایجاد آمادگی و آشنا شدن با روش اجرای حرکات انجام شد [۲۰].

آزمودنی‌ها در تمرین به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه در تمرینات منتخب تی آر ایکس که شامل شنای سوئدی، حرکت پرس‌سینه، حرکت قایقی، حرکت لانچ و حرکت اسکوات بود شرکت کردند. تمرینات به‌صورت اصل اضافه بار انجام شد [۲۰].

تمامی تمرینات مقاومتی برای کل بدن تحت نظارت مربی حرفه‌ای انجام شد. شدت تمرین نیز با مقیاس درک فشار بورگ[15] کنترل شد. تمرینات در شدتی معادل ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه در مقیاس بورگ، یعنی در دامنه درک فشار ۱۴ تا ۱۷ [۲۱] و با ۸ تا ۱۲ تکرار در ۳ ست اجرا شد. درنهایت، پس از ۸ هفته تمرین و کامل کردن تعداد جلسات توسط آزمودنی‌ها، بار دیگر از تمام آزمودنی‌ها، پس‌آزمون شامل تمام آزمون‌ها و

13. Unstable Training

14. Joging
15. Rating of Perceived Exertion (RPE)

اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون در شرایط مشابه (ساعت مشابه، تکرار رژیم غذایی روز پیش‌آزمون و غیره) گرفته شد. برای اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها در پژوهش حاضر، از دستگاه سنجش قد و وزن مدل سکا[16] استفاده شد و برای اندازه‌گیری چربی زیرجلدی آزمودنی‌ها از کالیپر، برند Harpenden، از کمپانی BATY، ساخت کشور انگلستان استفاده شد. ضمناً، تمامی نتایج به جهت رعایت اصول اخلاقی در پژوهش کاملاً محرمانه ماند.

روش آماری

برای تحلیل آماری پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون برآورد نرمالی شاپیرو ویلک[17] و برای بررسی فرض برابری واریانس‌ها از آزمون لون[18] استفاده شد. پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها و برقراری فرض برابری واریانس‌ها، در ادامه با استفاده از آزمون آنووا[19] مقادیر پیش‌آزمون بین گروه‌ها مقایسه شد. در مواردی که بین پیش‌آزمون گروه‌ها اختلاف معناداری ازنظر آماری وجود نداشت، از آزمون تحلیل واریانس دوسویه با اندازه‌های تکراری استفاده شد. جهت انجام مقایسه جفتی از آزمون تعقیبی توکی[20] استفاده شد. در مواردی که طی پیش‌آزمون به لحاظ آماری اختلاف بین گروه‌ها وجود داشت، از آزمون تحلیل کوواریانس چندسویه یا مانکووا[21] استفاده شد. سطح معناداری در تمام تحلیل‌ها برابر با ۰/۰۵ بود. تمام محاسبات آماری با استفاده از نسخه ۲۲ نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفت.

یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد اثر عامل گروه در مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله ازنظر آماری معنا دار نیست (P=۰/۲۰۴) (جدول شماره ۱). نتایج نشان داد اثر عامل زمان در مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله ازنظر آماری معنادار است (P=۰/۰۰۰) (جدول شماره ۱)، به‌طوری‌که مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله طی پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کمتر بود. همچنین یافته‌ها نشان داد اثر تعاملی زمان و گروه در مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله ازنظر آماری معنادار است (P=۰/۰۰۱) (جدول شماره ۱). تست تعقیبی نشان داد مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه مکمل (P=۰/۰۲۷)، گروه تمرین (P=۰/۰۰۱) و گروه مکمل+تمرین (P=۰/۰۰۱) ازنظر آماری کاهش معناداری را داشته است و درنهایت آزمون تعقیبی هیچ‌گونه اختلاف معناداری را در مقادیر هموگلوبین گلیکوزیله طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون در گروه کنترل نشان نداد (P=۰/۰۶۹).

16. Seca
17. Shapiro-Wilk Test
18. Levene's test
19. ANOVA
20. Tukey
21. MANCOVA

آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد مقادیر قند خون ناشتا[22] در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۰۵) (جدول شماره ۲). همچنین آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه مکمل+تمرین نسبت به گروه کنترل ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۰۰) (جدول شماره ۲). نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه تمرین نسبت به مکمل+تمرین ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۱۲). آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه مکمل نسبت به تمرین ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۰۰).

یافته‌ها نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه مکمل نسبت به مکمل+تمرین ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۰۰). یافته‌های تحلیل کوواریانس نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه مکمل نسبت به تمرین ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۰۰). نتایج نشان داد مقادیر قند خون ناشتا در گروه مکمل نسبت به مکمل+تمرین ازنظر آماری کمتر است (P=۰/۰۰۰).

بحث

هدف محقق از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی برای کل بدن با مصرف مکمل تورین، بر شاخص‌های گلایسمیک زنان دیابتی نوع ۲ بود.

باتوجه‌به نتایج تحقیق انجام‌شده در گروه تمرین، ۸ هفته تمرین مقاومتی برای کل بدن تأثیر معناداری بر میزان هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون ناشتا زنان دیابتی نوع ۲ دارد. همسو با نتایج حاضر برخی از مطالعات، کاهش میزان هموگلوبین گلیکوزیله را به دنبال تمرینات مقاومتی گزارش داده‌اند. در این رابطه لی و همکاران تأثیر تمرینات مقاومتی بر کنترل قند، قدرت عضلاتی و توده بدون چربی به‌صورت متاآنالیز ارزیابی کردند و شاهد کاهش هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون ناشتا بودند [۱۹].

همچنین یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج مطالعه لیو و همکاران همسو است که با هدف بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی با شدت‌های مختلف بر غلظت هموگلوبین گلیکوزیله، انسولین و قند خون در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ را بررسی کردند و کاهش معناداری را در میزان هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون ناشتا مشاهده کردند [۲۲]. آکوستا و همکاران، با هدف بررسی ارزیابی اثرات تمرینات هایپرتروفی و تمرینات استقامتی عضلانی بر کنترل شاخص گلایسمیک بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ پژوهشی انجام دادند. درنهایت هر دو تمرینات هایپرتروفی و تمرینات استقامتی‌عضلانی باعث بهبود سطح و حساسیت انسولین شدند [۲۳] که با نتایج تحقیق انجام‌شده هم‌خوانی دارد. آذری و همکاران در پژوهشی مروری با هدف بررسی نقش

22. Fasting Blood Sugar (FBS)

جدول ۱. مقایسه هموگلوبین گلیکوزیله طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در ۴ گروه

متغیر	میانگین±انحراف معیار								اثر عامل گروه	اثر عامل زمان	اثر تعاملی زمان و گروه
	مکمل		تمرین		مکمل+تمرین		کنترل				
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			
هموگلوبین گلیکوزیله	۸/۰۴±۰/۶۹	۷/۵۹±۰/۶۴	۷/۴۱±۱/۲۳	۷/۰۳±۰/۹۷	۷/۷۲±۰/۹۸	۶/۵۳±۰/۵۰	۷/۳۹±۰/۵۴	۷/۲۳±۰/۵۵	۰/۲۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰۱

تمرینات مقاومتی بر نشانگرهای بالینی در درمان بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ در ایران، گزارشی ارائه کردند. درنهایت این متاآنالیز نشان داد برنامه تمرینی مقاومتی در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ تأثیر معناداری در کنترل میزان قندخون دارد و توصیه می‌شود متخصصان ورزشی و پزشکان از ورزش مقاومتی به‌عنوان یک مداخله‌گر غیردارویی برای معالجه بیماران دیابتی نوع ۲ استفاده کنند [۲۴] که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است. از دلایل همسو بودن نتایج می‌توان به نوع آزمودنی‌های پژوهش، شدت، حجم تمرینات و نوع تمرین مقاومتی به کار برده‌شده در هر دو تحقیق اشاره کرد. البته تمرینات مقاومتی با افزایش حجم توده عضلانی، موجب افزایش پاسخ‌ها به گلوکز و انسولین در برابر گلوکز خون می‌شود. افزایش حساسیت در پاسخ به تمرینات مقاومتی طولانی‌مدت، به کاهش وزن منجر می‌شود. همچنین کاهش گلوکز خون پس از فعالیت ورزشی، ریشه در بهتر شدن عملکرد انسولینی و پاسخ سلول‌ها به انسولین دارد [۱۴]. از سوی دیگر در گروهی دیگر از بیماران دیابتی نوع ۲ تغییر معناداری در میزان هموگلوبین گلیکوزیله در اثر تمرینات مقاومتی مشاهده نشد [۱۵].

همچنین در پژوهشی دیگر بعد از ۴ هفته تمرین مقاومتی تأثیر معناداری بر مقاومت انسولینی و گلوکز پلاسمایی ایجاد نشد [۲۵]. علت ناهمسویی در نتایج مطالعات انجام‌شده می‌تواند وجود تفاوت در ژنتیک آزمودنی‌ها باشد، زیرا آزمایش A1C در برخی از افراد نتایج کاذب ایجاد می‌کند، آزمایشات A1C می‌توانند تحت تأثیر تغییرات گلبول قرمز یا هموگلوبین قرار گیرند. مثلاً شرایطی که طول عمر گلبول‌های قرمز را تغییر دهد مانند خون‌ریزی، درمان اریتروپویتین، همودیالیز یا انتقال خون می‌توانند A1C را تغییر دهند. همچنین اگر فرد دچار بیماری داسی شکل یا پیوند خارجی باشد آزمایش A1C برای تشخیص و پیشگیری از دیابت قابل‌اطمینان نیست، زیرا افراد در این گروه‌ها ممکن است نوع دیگری از هموگلوبین را داشته باشند که می‌تواند درنتیجه برخی از آزمایشات A1C اختلال ایجاد کند [۲۶] که این مورد (تشخیص بیماری داسی‌شکل و پیوند خارجی) یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر است. ازآنجایی‌که تمرینات مقاومتی، یک مداخله‌گر درمانی قوی برای مدیریت دیابت نوع ۲ است، انجام منظم تمرینات مقاومتی، جذب گلوکز را با افزایش اندازه تارهای عضلانی بهبود می‌بخشد [۲۷].

در گروه مکمل، نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد ۸ هفته مصرف مکمل تورین تأثیر معناداری بر میزان هموگلوبین گلیکوزیله زنان دیابتی نوع ۲ غیرفعال دارد و بعضی از تحقیقات همسو با نتایج تحقیق حاضر، کاهش میزان هموگلوبین گلیکوزیله را به دنبال مصرف مکمل تورین گزارش داده‌اند. در این راستا کیونگ و همکاران در پژوهشی با هدف تعیین اثرات مکمل تورین در بهبود اختلالات متابولیکی و عوارض دیابت در مدل حیوانی گزارش کردند که مصرف مکمل تورین موجب کاهش سطح گلوکز خون و مقاومت به انسولین می‌شود [۲۸] که همسو با یافته‌های پژوهش حاضر است. همچنین اسماعیلی و همکاران در پژوهشی اثرات مکمل تورین بر پروفایل متابولیکی، پنتوزیدین و گیرنده‌های محلول گلیکاسیون در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ را ارزیابی کردند. درنهایت در گروه مکمل، میانگین سطح سرمی قند خون ناشتا، هموگلوبین گلیک‌شده، انسولین و مقاومت به انسولین در مقایسه با گروه دارونما به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت [۲۹] که با یافته‌های پژوهش حاضر همسو است. از دلایل

جدول ۲. مقایسه قند خون ناشتا در ۴ گروه

متغیر	میانگین±انحراف معیار				سطح معناداری					
	مکمل (۱)	تمرین (۲)	مکمل+تمرین (۳)	کنترل (۴)	۱ و ۴	۲ و ۴	۳ و ۴	۱ و ۲	۱ و ۳	۲ و ۳
قند خون ناشتا	۱۵۱/۲۱ ± ۹/۲۹	۱۳۸/۸۸±۷/۹۹	۱۳۵/۱۸±۶/۴۸	۱۵۸/۹۵±۷/۱۵	۰/۰۶۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲

همسو بودن یافته‌های پژوهش حاضر با سایر نتایج تحقیقات می‌توان به یکسان بودن مکمل مصرفی و نوع بیماری زمینه‌ای مشترک در آزمودنی‌ها اشاره کرد.

از مطالعات ناهمسو با نتایج پژوهش حاضر می‌توان به پژوهش پاتریشیا و همکاران اشاره کرد که با هدف بررسی تأثیر مکمل تورین بر بیان IDE در کبد و ترشح انسولین، در موش‌های آزمایشگاهی پژوهشی انجام دادند. در این مطالعه هیچ تغییری در ترشح انسولین توسط سلول‌های بتا مشاهده نکردند [۳۰]. در ارتباط با علت ناهمسویی با پژوهش حاضر می‌توان چنین گفت که اغلب نتایج و اثرات تعدیل‌کننده مکمل تورین در محیط‌های آزمایشگاهی بر روی مدل‌های حیوانی بودند، درحالی‌که در پژوهش حاضر آزمودنی‌ها انسان بودند. باتوجه‌به اینکه نقش حفاظتی تورین در کنترل پیشرفت دیابت ثابت شده است. به نظر می‌رسد تورین در مسیر سیگنالینگ انسولین تداخل ایجاد می‌کند که به کنترل بهتر متابولیسم گلوکز منجر می‌شود [۹].

البته در گروه مکمل نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد ۸ هفته مصرف مکمل تورین تأثیر معناداری بر میزان قند خون ناشتا زنان دیابتی نوع ۲ ندارد که با یافته‌های حاصل از پژوهش پاتریشیا و همکاران [۲۷] همسو است. از دلایل همسویی می‌توان به یکسان بودن مکمل مصرفی اشاره کرد و با نتایج تحقیقات کیونگ و همکاران [۲۸] و اسماعیلی و همکاران [۲۹] ناهمسو است. از دلایل ناهمسویی نتایج تحقیقات انجام‌شده با یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان به مدت‌زمان مصرف مکمل، رژیم غذایی متفاوت و وجود بیماری زمینه‌ای در آزمودنی‌ها اشاره کرد.

درنهایت نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد ۸ هفته تمرین مقاومتی برای کل بدن و مصرف مکمل تورین تأثیر معناداری در میزان بهبود هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون ناشتا دارد. بنابراین باتوجه‌به نبود مطالعات جامع در ارتباط با اثر همزمان تمرینات مقاومتی برای کل بدن و مصرف مکمل تورین بر میزان A1C، پژوهشگران سعی کردند نتایج پژوهش حاضر را با مطالعات مشابه بررسی کنند. از مطالعات مشابه در این زمینه، پژوهش احمدیان و همکاران است که در ارتباط با اثر ضدآتروژنیک و شاخص‌های التهابی مکمل تورین قبل و بعد از ورزش در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی[۲۳]، پژوهشی را انجام دادند که درنهایت در گروه مکمل+تمرین شاخص‌های التهابی کاهش یافت [۳۱]. به‌عبارتی انجام تمرینات مقاومتی با مصرف مکمل تورین دارای خواص ضدالتهابی است که ممکن است تا حدودی با کاهش هموگلوبین گلیکوزیله و قند خون ناشتا رابطه مستقیم داشته باشد [۳۲]. تمرین مقاومتی و مکمل مصرفی یکسان در هر دو پژوهش، ممکن است علت همسویی با یافته‌های پژوهش حاضر باشد.

همچنین می‌توان به تأثیر تمرینات مقاومتی در بهتر شدن نیمرخ گلوکزی اشاره کرد. در یک مطالعه ناهمسو، مصطفایی و همکاران با هدف بررسی اثر مکمل‌سازی تورین بر برخی شاخص‌های قلبی‌متابولیکی و اجزای آمادگی جسمانی در وضعیت استراحت و متعاقب یک جلسه ورزش وامانده‌ساز در مردان فعال نشان دادند یک دوره مصرف مکمل تورین تأثیری بر پاسخ گلوکز، انسولین و مقاومت انسولینی به یک جلسه ورزش در مردان فعال نداشت. از دلایل ناهمسو بودن این مطالعات می‌توان به نوع آزمودنی‌ها و مدت‌زمان مکمل‌دهی اشاره کرد. همچنین سازوکار بهبود در کنترل گلایسمیک بعد از تمرینات مقاومتی نامشخص است و ممکن است تغییرات در کل توده چربی و وزن بدن به بهبود شاخص گلایسمیک منجر شود که وجود تفاوت در ژنتیک آزمودنی‌ها، مدت‌زمان اجرای طرح، شدت تمرینات و رژیم غذایی متفاوت افراد در نتایج تأثیرگذار است. بااین‌حال تحلیل رفتن عضلات در بیماران دیابتی امری شایع است. در این راستا در بیماران دیابتی سنتز پرتئولیز افزایش می‌یابد و عضله آسیب‌دیده به‌دلیل تجزیه پروتئین، توانایی ترمیم بافت اسکلتی را نخواهد داشت. بنابراین تمرینات مقاومتی موجب افزایش سطح مقطع عضلانی می‌شود و با توجه به تأثیر تمرینات مقاومتی بر عضلات اسکلتی در افراد دیابتی، می‌توان از این روش تمرینی استفاده کرد [۲۷]. از طرف دیگر، تورین نقش محافظتی در کنترل پیشرفت دیابت دارد و بر ترشح انسولین سلول‌های β تأثیر می‌گذارد و این‌گونه به بهبود گلوکز منجر می‌شود. درنتیجه می‌توان گفت که مصرف مکمل تورین با محدود کردن پاسخ‌های التهابی به ورزش خاص با فشار متوسط، مفید است [۹].

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که انجام تمرین مقاومتی به‌روش تمرین مقاومتی برای بدن با مصرف مکمل تورین می‌تواند باعث کاهش سطوح استراحتی قند خون ناشتا و درصد هموگلوبین گلیکوزیله زنان دیابتی نوع ۲ شود و در جهت افزایش سلامت زنان مفید فایده باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی تهران در نظر گرفته شده است و کد اخلاق به شماره IR.SSRI.REC.1400.971 دریافت شده است.

23. Heart Failure ((HF))

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه خانم شهره صمدپور ماسوله با راهنمایی آقای دکتر معرفت سیاهکوهیان در گروه علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از همه شرکت‌کنندگان برای شرکت داوطلبانه در این مطالعه و از دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

[1] Zheng Y, Ley SH, Hu FB. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. Nature Reviews Endocrinology. 2018; 14(2):88-98. [DOI:10.1038/nrendo.2017.151] [PMID]

[2] 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(4):421-6. [DOI:10.1001/jama.296.4.421] [PMID]

[3] Asmat U, Abad K, Ismail K. Diabetes mellitus and oxidative stress-A concise review. Saudi Pharmaceutical Journal. 2016; 24(5):547-53. [DOI:10.1016/j.jsps.2015.03.013] [PMID] [PMCID]

[4] Mooradian AD. Dyslipidemia in type 2 diabetes mellitus. Nature Reviews Endocrinology. 2009; 5(3):150-9. [DOI:10.1038/ncpendmet1066] [PMID]

[5] Bouckenooghe T, Remacle C, Reusens B. Is taurine a functional nutrient? Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. 2006; 9(6):728-33. [DOI:10.1097/01.mco.0000247469.26414.55] [PMID]

[6] Sarkar P, Basak P, Ghosh S, Kundu M, Sil PC. Prophylactic role of taurine and its derivatives against diabetes mellitus and its related complications. Food and Chemical Toxicology. 2017; 110:109-21. [DOI:10.1016/j.fct.2017.10.022] [PMID]

[7] Imae M, Asano T, Murakami S. Potential role of taurine in the prevention of diabetes and metabolic syndrome. Amino Acids. 2014; 46(1):81-8. [DOI:10.1007/s00726-012-1434-4] [PMID]

[8] Ito T, Yoshikawa N, Ito H, Schaffer SW. Impact of taurine depletion on glucose control and insulin secretion in mice. Journal of Pharmacological Sciences. 2015; 129(1):59-64. [DOI:10.1016/j.jphs.2015.08.007] [PMID]

[9] Santos-Silva JC, Ribeiro RA, Vettorazzi JF, Irles E, Rickli S, Borck PC, et al. Taurine supplementation ameliorates glucose homeostasis, prevents insulin and glucagon hypersecretion, and controls β, α, and δ-cell masses in genetic obese mice. Amino Acids. 2015; 47(8):1533-48. [DOI:10.1007/s00726-015-1988-z] [PMID]

[10] Murakami S. Role of taurine in the pathogenesis of obesity. Molecular Nutrition & Food Research. 2015; 59(7):1353-63. [DOI:10.1002/mnfr.201500067] [PMID]

[11] Rosa FT, Freitas EC, Deminice R, Jordão AA, Marchini JS. Oxidative stress and inflammation in obesity after taurine supplementation: A double-blind, placebo-controlled study. European Journal of Nutrition. 2014; 53(3):823-30. [DOI:10.1007/s00394-013-0586-7] [PMID]

[12] Salze GP, Davis DA. Taurine: A critical nutrient for future fish feeds. Aquaculture. 2015; 437:215-29. [DOI:10.1016/j.aquaculture.2014.12.006]

[13] 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. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2012; 54(2):361-5. [DOI:10.1016/j.archger.2011.04.006] [PMID]

[14] Ashmore A. Timing resistance training: Programming the muscle clock for optimal performance. Champaign: Human Kinetics; 2020. [DOI:10.5040/9781718206762]

[15] Strasser B, Siebert U, Schobersberger W. Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome. Sports Medicine. 2010; 40(5):397-415. [DOI:10.2165/11531380-000000000-00000] [PMID]

[16] Braith RW, Stewart KJ. Resistance exercise training: Its role in the prevention of cardiovascular disease. Circulation. 2006; 113(22):2642-50. [DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.584060] [PMID]

[17] Byrne JM, Bishop NS, Caines AM, Crane KA, Feaver AM, Pearcey GE. Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014; 28(11):3049-55. [DOI:10.1519/JSC.0000000000000510] [PMID]

[18] Dolati M, Ghazalian F, Abednatanzi H. The effect of a period of trx training on lipid profile and body composition in overweight women. International Journal of Sports Science. 2017; 7(3):151-8. [DoI:10.5923/j.sports.20170703.09]

[19] Lee H, Paik I, Park T. [Effects of dietary supplementation of taurine, carnitine or glutamine on endurance exercise performance and fatigue parameters in athletes (Korean)]. Korean Journal of Nutrition. 2003; 36(7):711-9. [Link]

[20] Ranjbar R, Hasanvand H, Habibi A, Goharpey S. [Comparison of the effect of trx and traditional resistance training on some factors of body composition and balance in sedentary men (Persian)]. Jundishapur Scientific Medical Journal. 2018; 16(6):621-30. [DOI:10.22118/JSMJ.2018.58086]

[21] American college of sports medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lea & Febiger; 1991. [Link]

[22] Liu Y, Ye W, Chen Q, Zhang Y, Kuo CH, Korivi M. Resistance exercise intensity is correlated with attenuation of HbA1c and insulin in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019; 16(1):140. [DOI:10.3390/ijerph16010140] [PMID] [PMCID]

[23] Acosta-Manzano P, Rodriguez-Ayllon M, Acosta FM, Niederseer D, Niebauer J. Beyond general resistance training. Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. Obesity Reviews. 2020; 21(6):e13007. [DOI:10.1111/obr.13007] [PMID]

[24] Azari N, Rahmati M, Fathi M. The effect of resistance exercise on blood glucose, insulin and insulin resistance in Iranian patients with type II diabetes: A systematic review and meta-analysis. Iranian Journal of Diabetes and Obesity. 2018; 10(1):50-60. [Link]

[25] Ishiguro H, Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, Hirose AS, Hirasawa R, et al. In search of the ideal resistance training program to improve glycemic control and its indication for patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2016; 46(1):67-77. [DOI:10.1007/s40279-015-0379-7] [PMID]

[26] Porter JW, Pettit-Mee RJ, Ready ST, Liu Y, Lastra G, Chockalingam A, et al. Post meal exercise may lead to transient hypoglycemia irrespective of glycemic status in humans. Frontiers in Endocrinology. 2020; 11:578. [DOI:10.3389/fendo.2020.00578] [PMID] [PMCID]

[27] Chen GQ, Mou CY, Yang YQ, Wang S, Zhao ZW. Exercise training has beneficial anti-atrophy effects by inhibiting oxidative stress-induced MuRF1 upregulation in rats with diabetes. Life Sciences. 2011; 89(1-2):44-9. [DOI:10.1016/j.lfs.2011.04.018] [PMID]

[28] Kim KS, Kim JY, Lee BG, You JS, Chang KJ, Chung H, et al. Taurine ameliorates hyperglycemia and dyslipidemia by reducing insulin resistance and leptin level in Otsuka Long-Evans Tokushima fatty (OLETF) rats with long-term diabetes. Experimental & Molecular Medicine. 2012; 44(11):665-73. [DOI:10.3858/emm.2012.44.11.075] [PMID] [PMCID]

[29] Esmaeili F, Maleki V, Kheirouri S, Alizadeh M. The effects of taurine supplementation on metabolic profiles, pentosidine, soluble receptor of advanced glycation end products and methylglyoxal in adults with type 2 diabetes: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Canadian Journal of Diabetes. 2021; 45(1):39-46. [DOI:10.1016/j.jcjd.2020.05.0048] [PMID]

[30] Borck PC, Vettorazzi JF, Branco RC, Batista TM, Santos-Silva JC, Nakanishi VY, et al. Taurine supplementation induces long-term beneficial effects on glucose homeostasis in ob/ob mice. Amino Acids. 2018; 50(6):765-74. [DOI:10.1007/s00726-018-2553-3] [PMID]

[31] Ahmadian M, Roshan VD, Aslani E, Stannard SR. Taurine supplementation has anti-atherogenic and anti-inflammatory effects before and after incremental exercise in heart failure. Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease. 2017; 11(7):185-94. [DOI:10.1177/1753944717711138] [PMID] [PMCID]

[32] Katare C, Saxena S. Amelioration of selected cardiac risk factors through supplementation of diet with flaxseed and soya bean. International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases. 2013; 3(4):352-7. [DOI:10.4103/2231-0738.119844]