

Research Paper

The Effect of Adjusting Iron Stores on Glycemic Control in Adaptation to Bodypump Training



Ajet Soleymani khezerabad¹, *Sedigheh Hosseinpour Delavar¹, Homeira Rashidi², Mehran Ghahramani¹

1. Department of Physical Education, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.

2. Diabetes Research Center, Health Research Institute, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.



Citation Soleymani khezerabad A, Hosseinpour Delavar S, Rashidi H, Ghahramani M. [The Effect of Adjusting Iron Stores on Glycemic Control in Adaptation to Body Pump (Persian)]. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*. 2022; 21(3):422-435. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.3.2819>

doi <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.3.2819>



ABSTRACT

Background and Objectives Iron overload is seen in various tissues, including the pancreas, liver, and muscles in type 2 diabetes. The aim of the present study was to investigate the effect of high-intensity BodyPump training on indicators related to iron stores and blood glycemic control in women with type 2 diabetes.

Subjects and Methods In the present quasi-experimental study, 20 women with type 2 diabetes were randomly selected and divided into two groups: BodyPump and control. BodyPump training was done for eight weeks, three sessions per week and each training session included 90-60 minutes of moderate-intensity BodyPump training (75-80% of the reserve heart rate). Fasting blood sampling was performed before and after the intervention period. For statistical analysis, the paired sample t-test and independent t-test were used at a significance level of $P \leq 0.05$.

Results The results of the present study showed that BodyPump significantly reduced glycosylated hemoglobin ($P < 0.001$), insulin resistance ($P < 0.001$), serum iron ($P = 0.041$), and ferritin ($P = 0.019$) compared to the control group.

Conclusion BodyPump training may reduce excess iron in pancreatic, liver, and muscle tissues by modulating iron and ferritin stores, resulting in reduced insulin resistance, which causes glycemic control in women with type 2 diabetes.

Keywords Type 2 diabetes, BodyPump, Glycemic control, Iron, Ferritin

Received: 11 Apr 2022

Accepted: 02 Jul 2022

Available Online: 23 July 2022

*Corresponding Author:

Sedigheh Hosseinpour Delavar, PhD.

Address: Department of Exercise Physiology, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.

Tel: +98 (916) 6165642

E-Mail: delavar2009@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction

Diabetes is a chronic metabolic disorder that is rapidly increasing worldwide and affects approximately one-third of the world's population [1]. Iron overload is seen in various tissues, including the pancreas, liver, and muscles in type 2 diabetes [3, 7]. The relationship between iron metabolism and insulin resistance is based on several pathological pathways, which are influenced by oxidative stress and increased inflammatory cytokines. Considering the role of iron overload in insulin resistance, modulating iron stores can be a therapeutic target in type 2 diabetes [3]. Among all treatment options for type 2 diabetes, including several new drugs, exercise as part of lifestyle is an efficient strategy that can control blood sugar in these patients through independent and insulin-dependent molecular pathways [4, 5]. Considering the lack of research on the effect of exercise on the interaction of iron metabolism and insulin resistance in type 2 diabetes, as well as the difference in the results obtained [3, 13, 14], more research is needed in this regard. It has also been stated that high-intensity exercise can be one of the factors affecting metabolic adaptations in people with type 2 diabetes [17, 18], and on the other hand, iron metabolism is affected by the intensity of exercise [3, 19]. Considering that the intensity of exercise is important in blood sugar control and no research has been done specifically to investigate the effect of high-intensity BodyPump training as one of the new styles of exercise on iron reserves in patients with type 2 diabetes. Therefore, the aim of the present study was to determine the effect of eight weeks of high-intensity BodyPump training on variables related to iron reserves and glycemic control in women with type 2 diabetes.

Methods

In this semi-experimental research, 20 women with diabetes were selected by random sampling from type 2 diabetes patients referring to the Ahvaz diabetes clinic and divided into two groups, including high-intensity BodyPump training and control. The training program was carried out for 24 sessions over eight weeks and in each session, every other day (three days a week), and each training session included 60-90 minutes of BodyPump training at 9-10 AM. The exercise intensity was controlled based on the target heart rate of 75-80% of the maximum reserve heart rate and using the stored heart rate of the patients [4, 23]. Considering that to increase the intensity of training in air pump exercises, you can use

variables of training load and rhythm of songs; accordingly, in the present research, both variables were used to control the intensity of exercise. Blood sampling was done while fasting 24 hours before the start of research interventions and 48 hours after the last training session. For the statistical analysis of the data obtained from the subjects, the Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data distribution, and Levene's test was used to check the equality of variances. An independent t-test and paired sample t-test were used to check the changes in research variables. Statistical analysis was done with SPSS software, version 26 and a significant level of $P \leq 0.05$ was considered.

Results

There was no significant difference in the demographic variables of the subjects, including age, weight, height, body mass index, and body fat percentage between the two training and control groups and both groups were homogeneous. According to the obtained results, there was no significant difference in the amount of calories, carbohydrates, fat, protein, and iron intake in the diet of the two training and control groups. Regarding intra-group changes, the paired sample t-test showed that there was a significant decrease in HbA1c levels ($P < 0.001$), insulin resistance ($P < 0.001$), red blood cell count ($P = 0.023$), serum iron levels ($P = 0.012$), and ferritin levels ($P = 0.013$) in the BodyPump training group, but no significant difference was observed in other investigated variables in the training group. In the control group, no significant difference was observed in any of the investigated variables compared to the baseline values. Regarding inter-group changes assessed by independent t-test, the results showed that changes in HbA1c levels ($P < 0.001$), insulin resistance ($P < 0.001$), serum iron levels ($P = 0.041$), and ferritin levels ($P = 0.019$) were significant in the training group compared to the control group.

Discussion

Regarding the effect of BodyPump training on glycemic control, eight weeks of air pump exercises caused a significant decrease in HbA1c levels by 12.4% and a significant decrease in insulin resistance (HOMA-IR) by 25.71% in women with type 2 diabetes. Regarding the chronic effect of regular exercise on glycemic control in diabetic patients, it can be said that exercise reduces hyperglycemia by increasing cell sensitivity with insulin-dependent molecular pathways that improve insulin signaling (ACC and PI3-kinase MAPKs), and pathways independent of insulin (β Akt and mTOR AMP-kinase), can control glycemia in patients with type 2 diabetes [3,

[4]. Concerning the effect of exercise on iron-related variables, the results of this study showed that after the exercise period, a significant decrease in serum iron (-12.40%) and serum ferritin (-23.49%) levels were observed compared to the control group. It can be said that exercise can increase insulin sensitivity in these tissues by adjusting iron reserves in the body [3], resulting in better control of blood sugar in diabetic women. According to the results of the present research, eight weeks of air pump exercises with an intensity of 75-80% of the reserve heart rate decreased insulin resistance and, as a result, glycemic control in the form of a decrease in HbA1c in women with type 2 diabetes. According to the dynamics and use of different muscles in BodyPump training, it can be said that this style of exercise by involving different muscles reduces insulin resistance in patients with type 2 diabetes. Also, BodyPump training showed a decrease in systemic inflammation in these patients by decreasing plasma ferritin iron levels as a factor related to iron reserves and also as a positive acute phase protein. It is possible that reducing ferritin and modulating iron stores is one of the adaptations associated with exercise training in reducing insulin resistance and glycemic control in women with type 2 diabetes.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles were observed in this study. This study was approved by the ethics committee of Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences (Code: IR.AJUMS.REC.1399.064).

Funding

This study was extracted from the PhD thesis of Ajet Soleymani khezerabad, approved by Islamic Azad University, Kermanshah Branch.

Authors contributions

The authors contributed equally to preparing this paper.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants and the Diabetes Research Center of Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences.

مقاله پژوهشی

اثر تعديل ذخایر آهن بر کنترل قند خون در سازگاری به بادی پامپ

آرت سلیمانی خضرآباد^۱، صدیقه حسینپور دلاور^۱، حمیرا رشیدی^۲، مهران قهرمانی^۱

۱. گروه فیزیولوژی ورزش، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

۲. مرکز تحقیقات دیابت، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

Use your device to scan
and read the article online



Citation: Soleymani khezerabad A, Hosseinpour Delavar S, Rashidi H, Ghahramani M. [The Effect of Adjusting Iron Stores on Glycemic Control in Adaptation to Body Pump (Persian)]. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*. 2022; 21(3):422-435. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.3.2819>

doi: <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.3.2819>

چکیده



زمینه و هدف: تحقیقات علمی نشان داده است که اضافه بار آهن در بافت‌های مختلف ارجمله پانکراس، کبد و عضله در دیابت نوع ۲ دیده می‌شود. هدف تحقیق حاضر بررسی اثر تمرینات بادی پامپ شدت بالا بر شاخص‌های مرتبط با ذخایر آهن و کنترل قند خون در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ بود.

(وشن یورسی) در تحقیق نیمه‌تجربی حاضر ۲۰ زن مبتلا به دیابت نوع ۲ به روش تصادفی انتخاب شدند و به طور تصادفی به ۲ گروه بادی پامپ و کنترل تقسیم شدند. تمرینات بادی پامپ به مدت ۸ هفته، ۲ جلسه در هر هفته و هر جلسه شامل ۶۰ تا ۹۰ دقیقه تمرین با شدت ۷۵ تا ۸۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود. قبل و پس از دوره مداخله خون‌گیری به صورت ناشتا انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های تی مستقل و وابسته در سطح معناداری $P < 0.05$ استفاده شد.

یافته‌ها نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات بادی پامپ موجب کاهش معناداری هموگلوبین گلیکوزیله ($P < 0.001$)، مقاومت به انسولین ($P < 0.001$)، آهن سرمی ($P = 0.041$) و فریتین ($P = 0.19$) نسبت به گروه کنترل شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج می‌توان گفت که احتمالاً تمرینات بادی پامپ با تعديل ذخایر آهن و فریتین موجب کاهش آهن اضافی در بافت‌های پانکراس، کبد و عضلات و در نتیجه کاهش مقاومت به انسولین شده است که نتیجه آن کنترل گلیسمیک در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: دیابت نوع ۲، بادی پامپ، کنترل قندخون، آهن، فریتین

تاریخ دریافت: ۲۲ فروردین ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۱ تیر ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۱۰ مرداد ۱۴۰۱

* نویسنده مسئول:

دکتر صدیقه حسینپور دلاور

نشانی: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، گروه فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: +۹۸ (۰)۶۱۶۵۶۴۲

ایمیل: delavar2009@yahoo.com

مقدمه

انجام شده است ولی نتایج به دست آمده از تحقیقات متفاوت می باشد؛ برای مثال ایلهان و همکاران گزارش کردند که کاهش مقاومت به انسولین متعاقب تمرینات نوردیک به علت اثر تمرین بر کاهش سطح آهن سرمی می باشد [۱۲]. در تحقیقات دیگر نیز که از تمرینات با شدت متوسط استفاده شده بود، گزارش کردند که تمرینات هوازی دویدن با شدت متوسط می تواند با اثر بر برخی پارامترهای ذخایر آهن موجب بهبود مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به اختلالات متابولیکی شود [۱۳، ۱۴] با این وجود، بیژه و حکاک دخت پس از هشت هفته تمرین هوازی کاهش معناداری در مقادیر سرمی گلوکز و مقاومت به انسولین گزارش کردند ولی تفاوت معناداری در فریتین گزارش نکردند [۱۴]. با توجه به تحقیقات محدود و تفاوت در نتایج به دست آمده، نیاز به تحقیقات بیشتری در این خصوص می باشد.

تمرین های بادی پامپ نوعی از تمرین ایروبیک است [۱۵]. بادی پامپ برنامه ای برای بهبود آمادگی جسمانی است که شامل حدود ۶۰ دقیقه تمرین در کلاس با وزنهای تمرین براساس تراک های از پیش تعیین شده است که در آن هماهنگ با آهنگ حرکت های مختلف ورزشی انجام می شود [۱۵]. سیستم اکسیداتیو هوازی برای فعالیت های طولانی مدت با شدت کم تا متوسط، سیستم گلیکولیتیک بی هوازی برای فعالیت های با طول مدت کوتاه تا متوسط با شدت بالاتر و سیستم فسفات زن با انرژی بالا برای فعالیت های کوتاه مدت با شدت زیاد استفاده می شود [۱۶، ۲]. با توجه به مدت زمان تمرین در بادی پامپ، و نقش سیستم بیوانزیک در فعالیت های با آن شدت تمرین [۲]، سیستم غالب بیوانزیک در این گروه تمرینات سیستم هوازی می باشد [۱۵]. این سبک تمرینات ورزشی موجب توسعه آمادگی جسمانی به خصوص افزایش قدرت و استقامت عضلانی در گروه های مختلف عضلات در کنار ارتقای سیستم قلبی- تنفسی می باشد [۱۵]. به طور کلی، تمرینات بادی پامپ یک برنامه تمرین مقاومتی معمولی با تعداد تکرار زیاد با بارهای های کم و متوسط می باشد که بر استقامت عضلانی و استقامت عمومی تمرکز دارد که می تواند در بعد سلامت و بهبود شرایط متابولیک در بیماری های مزمن از جمله دیابت نیز اثر بخش باشد [۱۵]. تحقیقات جدید نشان داده است که شدت تمرین می تواند از متغیرهای مؤثر بر کنترل گلیسمی در دیابت نوع ۲ باشد [۲]. در برخی تحقیقات پیشنهاد شده است که تمرینات شدت بالا در دیابت نوع ۲ اینمن و مؤثر هستند [۱۸، ۱۷]. شدت تمرین در تمرینات بادی پامپ را می توان با تراک های تمرین، بار وزنه مورد استفاده، با توجه به سطح توانایی آزمودنی ها و همچنین استراحت بین تراک های تمرین کنترل کرد [۱۵].

با توجه به کمبودن تحقیقات انجام شده در خصوص اثر ورزش بر تعامل متابولیسم آهن و مقاومت به انسولین در دیابت نوع ۲ و همچنین تفاوت در نتایج به دست آمده [۱۴، ۱۳، ۱۵] نیاز

دیابت یک اختلال متابولیک مزمن است که به سرعت در سطح جهان در حال افزایش است. تقریباً یک سوم جمعیت جهان را تحت تأثیر قرار داده است [۱]. دیابت نوع ۲ که تقریباً ۹۰ درصد آمار ابتلایان به دیابت را شامل می شود، در ارتباط با چاقی و مقاومت به انسولین می باشد [۲]. توضیح ساده برای پاتوفیزیولوژی دیابت نوع ۲ این بیماری را به تعامل بین اختلال عملکرد سلول های بتا و مقاومت به انسولین مرتبط کرده است [۴، ۳]. اما این نقص خاص پیچیده می باشد و تاکنون به صورت کامل، شناخته شده نیست [۴، ۳]. مشخصه اصلی دیابت اختلال در متابولیسم کربوهیدرات است اما اختلال در متابولیسم سایر درشت مغذی ها و ریز مغذی ها در این اختلال متابولیک گزارش شده است [۵]؛ در واقع ریز مغذی ها شامل ویتامین ها و مواد معدنی نقش های متعددی در سلامت دارند [۶]. آهن یکی از مواد معدنی می باشد که به عنوان یکی از ریز مغذی های ضروری نقش مهمی در سلامت دارد و کمبود یا اضافه بار آن می تواند متابولیسم بدن را دچار اختلال کند [۳]. مشخص شده است که سطح بالای ذخایر آهن بدن و فریتین با مقاومت به انسولین در ارتباط است. این ناهنجاری متابولیک در جوامع غربی و شرقی مشاهده شده است [۷]. در افراد مبتلا به هیپرفریتینیمی ریسک ابتلاء به دیابت نوع ۲، به میزان ۲/۴ برابر افزایش می یابد [۸] و ارتباط معناداری بین هیپرفریتینیمی با سندروم اضافه بار آهن و مقاومت به انسولین وجود دارد [۷]. در مطالعات دیگر نیز همبستگی بین فریتین، سندروم متابولیک و مقاومت به انسولین بود و گزارش شده که این ارتباط مستقل از التهاب می باشد [۱۰، ۹]. ارتباط بین متابولیسم آهن و مقاومت به انسولین مبتنی بر چند مسیر پاتولوژیک می باشد، که با استرس اکسیداتیو و افزایش سایتوکین های التهابی تحت تأثیر قرار می گیرد [۲]. با توجه به نقش اضافه بار آهن در مقاومت به انسولین، تعديل ذخایر آهن می تواند یک هدف درمانی در دیابت نوع ۲ باشد [۳].

از بین تمام گزینه های درمانی دیابت نوع ۲، از جمله چندین داروی جدید، تمرینات ورزشی به عنوان بخشی از سبک زندگی، استراتژی کارآمدی است که می تواند از مسیرهای ملکولی مستقل ووابسته به انسولین موجب کنترل قند خون در این بیماران شود [۵، ۴]. با وجود اثرات ثابت شده ورزش بر کنترل قند خون و عوارض دیابت نوع ۲ [۵، ۴، ۲]، نیاز به تحقیقات بیشتری در خصوص مکانیسم اثرهای تمرین و فعالیت جسمانی منظم بر کنترل قند خون در این بیماران می باشد. اضافه بار آهن از عوامل مؤثر بر مقاومت به انسولین می باشد [۳] و از طرفی تمرینات ورزشی از عوامل مؤثر بر متابولیسم آهن می باشند [۱۱]؛ این موارد موجب توجه برخی پژوهشگران حیطه فیزیولوژی ورزش به بررسی اثر تمرینات ورزشی بر اثر تعاملی متابولیسم آهن و مقاومت به انسولین شده است. در همین خصوص، تحقیقاتی

به جز مداخله در نظر گرفته شده بود. تمامی مراحل تحقیق براساس کمیته اخلاق دانشگاه علوم پژوهشی جندی شاپور اهواز انجام شد (کد اخلاق: REC.1399.064). حجم نمونه در تحقیق حاضر براساس مطالعات پیشین و فرمول شماره ۱، ۲۰ نفر در نظر گرفته شد [۲۱].

1.

$$n = \frac{(z_{\frac{1-\alpha}{2}} + z_{1-\beta})^2 (s_1^2 + s_2^2)}{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}$$

برنامه تمرین به مدت ۲۶ جلسه طی هشت هفته و در هر جلسه به صورت یک روز در میان (۳ روز در هفته)، و هر جلسه تمرین شامل ۶۰-۹۰ دقیقه تمرینات بادی پامپ تحت نظر از پژوهشگر و پرستار در ساعت ۹-۱۰ صبح انجام شد. در هر جلسه قبل از شروع به تمرین ۱۰ دقیقه گرم کردن زیر نظر پژوهشگر انجام شد. زمان گرم کردن با توجه به توصیه های کارشناسان ورزشی در شرایط آب و هوای گرم منطقه حداکثر ۱۰ دقیقه [۲۱] در نظر گرفته شد. تمرینات گرم کردن شامل تمرینات هوایی به مدت ۵ دقیقه، سپس حرکات کششی ایستا و پویا نیز به مدت ۵ دقیقه اجرا شد. پس از اتمام تمرین اصلی نیز سرد کردن به مدت ۱۰ دقیقه با حرکات کششی و تمرینات تنفسی و آرام سازی، انجام شد [۲۲]. برنامه اصلی تمرین که شامل تمرینات بادی پامپ [۱۵] بود نیز زیر نظر محقق انجام شد. بنابر اصل اضافه بار تدریجی، مدت زمان اصلی تمرین در هر جلسه تمرین از ۳۰ دقیقه شروع شد و در هفته سوم تا ششم ۴۵ دقیقه و در هفته های هفتم و هشتم به ۶۰ دقیقه رسید. در تحقیق حاضر، این تروال های تمرین به صورت تراک های ۶ دقیقه ای بود (جدول شماره ۱) که استراحت تمرین در این تروال های تراک براساس شدت تمرین و آمادگی جسمانی آزمودنی ها تنظیم شد. در دو هفته اول از برنامه ۵ تراک، در هفته های سوم تا ششم از برنامه ۸ تراک و در دو هفته آخر از برنامه تمرینی ۱۰ تراک استفاده شد [۱۵].

شدت تمرین براساس ضربان قلب هدف ۷۵ تا ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره و با استفاده از ضربان قلب ذخیره بیماران کنترل شد [۲۳، ۴]. با توجه به اینکه برای افزایش شدت

به تحقیقات بیشتری در این خصوص می باشد، همچنین عنوان شده است که تمرینات ورزشی شدت بالا می تواند از عوامل مؤثر بر سازگاری های متابولیک در افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ باشد [۱۸، ۱۷]. از طرفی متابولیسم آهن تحت تأثیر شدت تمرین می باشد [۱۹، ۲۰]. احتمالاً تمرین با شدت بالاتر بتواند در تعديل ذخایر آهن در دیابت نوع ۲ مؤثرتر باشد؛ با این وجود، تاکنون تحقیقی که از تمرینات شدت بالا به خصوص تمرینات بادی پامپ در دیابت نوع ۲ انجام نشده است که ضرورت تحقیق حاضر را نشان می دهد.

با توجه به اهمیت شدت تمرین در کنترل قند خون و همچنین نبودن تحقیقی که به صورت خاصر به بررسی اثر تمرینات بادی پامپ با شدت بالا به عنوان یکی از سبک های نوین تمرین بر ذخایر آهن به عنوان یکی از ریز مغذی های مهم مرتبط با مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲، تحقیق حاضر، با هدف تعیین اثر هشت هفت تمرینات بادی پامپ شدت بالا بر متغیرهای مرتبط با ذخایر آهن و کنترل گلیسمیک در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ طراحی شد.

روش بررسی

در تحقیق حاضر پس از هماهنگی های لازم و کسب اجازه قانونی از دانشگاه علوم پژوهشی جندی شاپور اهواز و اعلام فرایدان از بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ مراجعه کننده به کلینیک فوق تخصصی دیابت اهواز تعداد ۲۰ زن مبتلا به دیابت به روش نمونه گیری تصادفی انتخاب شدند. این افراد به ۲ گروه ۱۰ نفره شامل دو گروه آزمایش تمرینات بادی پامپ با شدت بالا تقسیم شدند. شرایط ورود به تحقیق شامل زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ با دامنه سنی ۳۵ تا ۵۰ سال، سبک زندگی کم تحرک (نداشتن فعالیت جسمانی در شش ماه گذشته) و قرارگیری در دامنه چاقی براساس درصد چربی بدن بود [۲۰]. شرایط خروج از تحقیق نیز شامل بارداری، مصرف داروهای مؤثر بر ضربان قلب مثل بتا بلکرهای، عوارض دیابتی مانند نرودپاتی و نفropاتی، مصرف سیگار، تزریق انسولین، ابتلاء به بیماری های قلبی عروقی حاد، بیماری های تنفسی، بیماری های عضلانی و اسکلتی، سابقه هیپو گلیسمی مکرر یا هنگام ورزش و انجام هرگونه مداخله دیگر

جدول ۱. پروتکل تمرین ۸ هفته ای

شدت ضربان قلب ذخیره (درصد)	زمان (دقیقه)	تروک	تعداد جلسات در هفته	هفته
۸۰ تا ۷۵	۳۰	۵		اول و دوم
۸۰ تا ۷۵	۴۵	۸	۳	سوم تا ششم
۸۰ تا ۷۵	۶۰	۱۰		هفتم و هشتم

جدول ۲. شاخص‌های تن‌سنجه و سن در گروه‌های مورد مطالعه

میانگین ± انحراف معیار						گروه
چربی بدن (درصد)	شاخص توده بدن (کلیوگرم بر مترمربع)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	سن (سال)		گروه
۳۶/۹۸ ± ۲/۷۱	۲۸/۱۱ ± ۱/۷۹	۷۰/۲۹ ± ۵/۳۳	۱۵۸/۱۲ ± ۴/۲۸	۴۲/۱۰ ± ۴/۵۶	تمرين بادي پامپ	
۳۹/۷۷ ± ۳/۴۶	۲۹/۲۶ ± ۱/۸۴	۷۷/۳۴ ± ۳/۳۱	۱۵۷/۲۲ ± ۴/۴۲	۴۴/۶۰ ± ۴/۴۵	کنترل	

مجله علمی پژوهشی
جندی شاپور

سپس مقدار مصرفی هر ماده غذایی ثبت شده در فرم‌های یادآمد غذایی با استفاده از مقیاس‌های خانگی به گرم تبدیل شد. غذاها و نوشیدنی‌ها کدگزاری شدند و محتوای انرژی و مواد مغذی با استفاده از نرم‌افزار نوتریشن-۴ تجزیه و تحلیل شد.

به منظور اندازه‌گیری ساختارهای هماتولوژی در دو مرحله پیش‌آزمون (۲۴ ساعت قبل از شروع مداخلات تحقیق) و پس‌آزمون (۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرين) بیماران به صورت ناشتا در صبح به آزمایشگاه پاتولوژی و تشخیص طبی کلینیک فوق‌تخصصی دیابت گلستان اهواز مراجعه کردند. نمونه‌های خونی آن‌ها توسط پرستار آزمایشگاه گرفته شد. جهت نمونه‌گیری خون از هر بیمار ۵ سی سی خون از ورید دست راست آن‌ها گرفته شد. شیشه حاوی نمونه ۲۰ دقیقه در بن ماری در دمای ۳۷ درجه قرار داده شد. سپس نمونه را در سانتریفیوژ با دور سه هزار در ثانیه جهت جداسازی سرم قرار داده شد. پس از آن ۱ سی سی از سرم جدا شده را در کابهای مخصوص دستگاه

تمرين در تمرينات بادي پامپ می‌توان از متغیرهای باز تمرينی و ریتم آهنگ‌ها استفاده کرد، در تحقیق حاضر از هر دو متغیر برای کنترل شدت تمرين استفاده شد (فرمول شماره ۲).

2.

$$\text{HRmax} = 220 - \text{age}$$

$$\text{Heart Reserve Rate} = [(\text{max HR} - \text{resting HR}) \times \% \text{Intensity}] + \text{resting HR}$$

در پژوهش حاضر هیچ گونه مداخله‌ای تغذیه‌ای توسط پژوهشگر انجام نشد. تغذیه بیماران با استفاده از فرم یادآمد غذایی توسط کارشناس تغذیه بررسی شد. کالری مصرفی از آزمودنی‌ها با استفاده از فرم یادآمد غذایی بررسی شد؛ به همین منظور از آزمودنی‌ها خواسته شد که میزان غذای مصرفی خود را در دو روز متوالی در شروع هفته شامل یک روز تمرين و یک روز استراحت و همچنین یک روز آخر هفته در فرم یادآمد غذایی گزارش کنند.

جدول ۳. مقایسه کالری مصرفی و درشت مغذی‌ها در گروه‌های پژوهش

میانگین ± انحراف معیار						گروه	متغیرها
پس‌آزمون	پیش‌آزمون	دون‌گروهی	پس‌آزمون	پیش‌آزمون			
۰/۲۲۶	۰/۴۳۷	۰/۸۳۶	۲۲۵۱/۱۸ ± ۳۶۷/۴۸	۲۲۳۷/۶۵ ± ۳۲۷/۷۶	تمرين	انرژی (کیلوکالری)	
		۰/۸۱۶	۲۲۳۷/۲۸ ± ۵۴۱/۶۳	۲۶۱۱/۲۳ ± ۳۸۵/۵۰	کنترل		
۰/۱۳۹	۰/۵۴۳	۰/۸۱۲	۶۲/۷۰ ± ۱۳/۲۸	۶۱/۲۳ ± ۱۵/۳۴	تمرين	کربوهیدرات (درصد)	
		۰/۹۲۴	۶۳/۳۶ ± ۱۴/۱۸	۶۴/۸۵ ± ۱۳/۳۷	کنترل		
۰/۱۶۸	۰/۵۷۶	۰/۴۷۴	۲۱/۱۶ ± ۵/۸۳	۲۰/۹۳ ± ۶/۶۱	تمرين	چربی (درصد)	
		۰/۶۱۸	۲۰/۶۲ ± ۷/۳۶	۱۹/۵۳ ± ۸/۵۷	کنترل		
۰/۱۷۱	۰/۴۸۰	۰/۷۴۸	۱۶/۱۴ ± ۹/۷۴	۱۷/۸۴ ± ۱۰/۶۳	تمرين	پروتئین (درصد)	
		۰/۹۲۵	۱۶/۰۲ ± ۱۲/۱۸	۱۵/۶۲ ± ۱۱/۳۷	کنترل		
۰/۴۸۱	۰/۶۳۴	۰/۵۲۷	۱۹/۷۷ ± ۵/۶۸	۱۸/۴۱ ± ۳/۴۸	تمرين	آهن (گرم)	
		۰/۶۱۹	۱۷/۶۲ ± ۴/۲۲	۱۸/۸۵ ± ۵/۱۲	کنترل		

مجله علمی پژوهشی
جندی شاپور

جدول ۴. نتایج تغییرات درون گروهی و بین گروهی متغیرهای تحقیق

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	میانگین تاثیرگذار معيار		
				P**	P*	t
هموگلوبین گلیکوزیله (درصد)	تمرین	۷/۶۶±۰/۵۶	۶/۷۱±۰/۵۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱۱/۷۸۳
	کنترل	۷/۷۰±۰/۷۳	۷/۷۷±۰/۸۱	۰/۸۰۷	۰/۸۰۷	۰/۲۵۲
مقاومت به انسولین (HOMA-IR)	تمرین	۳/۱۵±۰/۸۶	۲/۲۳±۰/۵۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۵/۹۴۴
	کنترل	۳/۱۱±۰/۷۰	۳/۲۱±۰/۶۵	۰/۲۵۸	-۱/۲۰۷	-۱/۲۰۷
گلبول قرمز (mcl)	تمرین	۴/۴۷±۰/۳۵	۴/۴۴±۰/۳۲	۰/۲۲۳	۰/۰۲۳	۴/۳۷۱
	کنترل	۴/۴۶±۰/۲۸	۴/۴۸±۰/۲۷	۰/۹۰۲	-۰/۳۴۶	-۰/۳۴۶
هموگلوبین (g/dl)	تمرین	۱۲/۴۵±۲/۷۳	۱۲/۳۹±۲/۷۳	۰/۱۱۴	۰/۲۱۸	۲/۲۵۹
	کنترل	۱۲/۱۳±۲/۴۶	۱۲/۱۴±۲/۵۱	۰/۹۶۱	-۰/۱۰۷	-۰/۱۰۷
آهن (μg/dL)	تمرین	۷۱/۷۷±۲۲/۴۹	۶۲/۴۳±۲۰/۶۸	۰/۰۴۱	۰/۰۱۲	۲/۲۵۹
	کنترل	۶۵/۷۶±۲۰/۹۰	۶۵/۳۷±۲۳/۸۷	۰/۸۳۸	-۰/۵۲۲	-۰/۵۲۲
فربین (ng/mL)	تمرین	۴۹/۸۰±۳۰/۰۸	۳۸/۱۰±۲۴/۶۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۳/۰۷۰
	کنترل	۴۴/۰۰±۲۵/۳۳	۴۴/۶۰±۲۷/۰۲	۰/۹۶۶	-۰/۷۰۹	-۰/۷۰۹
ترانسفیرین (mg/dl)	تمرین	۲۱۳/۳۲±۸۷/۰۷	۲۱۸/۵۴±۷۹/۷۳	۰/۵۳۷	۰/۵۳۸	-۰/۶۴۰
	کنترل	۲۲۳/۱۴±۵۵/۲۷	۲۲۳/۶۰±۵۳/۹۷	۰/۶۶۸	-۰/۳۴۳	-۰/۳۴۳
خلرفیت کل اتصال به آهن (μg/dL)	تمرین	۳۶۵/۴۰±۷۰/۳۶	۳۸۰/۳۰±۷۲/۴۱	۰/۲۳۱	۰/۰۶۷	-۲/۰۸۱
	کنترل	۳۳۵/۲۰±۷۶/۶۳	۳۳۲/۷۰±۶۹/۶۳	۰/۸۵۳	۰/۴۶۶	۰/۴۶۶

*: تغییرات درون گروهی؛ **: تغییرات بین گروهی

آزمون شاپیرو ویلک^۲ برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون لون برای بررسی تجانس واریانس‌ها و از آزمون‌های تی مستقل و تی واپسته برای بررسی تغییرات درون گروهی و بین گروهی استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد و سطح معناداری ($P \leq 0/05$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

جدول شماره ۲ مربوط به سن و مشخصات آنتروپومتریک گروه‌ها در پیش آزمون می‌باشد.

جدول شماره ۳ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل کالری مصرفی در گروه‌های تحقیق می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده تفاوت معناداری در میزان کالری دریافتی، کربوهیدرات، چربی، بروتین و آهن دریافتی در برنامه غذایی دو گروه تمرین و کنترل مشاهده شد.

در بررسی تغییرات درون گروهی (جدول شماره ۴) آزمون

اوآنالایزر ریخته و به دستگاه اوآنالایزر هیتاچی وارد و تست خواشش شد.

جهت چک هموگلوبین، نمونه گرفته شده در ظرف مخصوص CBC به دستگاه Cell counter (sysmex kx-21n) وارد و تست خواشش انجام شد. آهن و TIBC سرم با استفاده از دستگاه اوآنالایزر Hitachi 911 اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل بیوشیمی با دستگاه لیازون روش کمی، دستگاه توسو روش گروماتوگرافی، هیتاچی ۹۱۱ روش رنگ‌سنگی، سیسمکس مدل KX21n ساخت کشور آلمان توسط کارشناس آزمایشگاه انجام شد. برای سنجش مقاومت به انسولین از متود HOMA-IR^۱ و فرمول فرمول شماره ۳ استفاده شد.

3.

Insulin (microunit/lit)/22/5×HOMA-IR=FBS(mmol/lit)

برای تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات به دست آمده از آزمودنی‌ها ز

با شدت بالا ممکن است برتر از تمرينات هوایی تداومی در بزرگسالان مبتلا به دیابت باشد [۲۵].

در پژوهش حاضر نیز از حرکات تمرينی بادی پامپ که در اصل شامل تمرينات با وزنهای سبک می‌باشد که بهصورت اینتروالهای با شدت بالا استفاده می‌شود، بهخوبی شناخته شده است که حتی یک دوره ورزش نیز تأثیر متقابل بر متابولیسم افراد مبتلا به دیابت نوع ۲، از جمله افزایش برداشت گلوکز ناشی از انسولین در کبد و بافت ماهیچه‌ای و بهبود تحمل گلوکز دارد [۲۵]. در شرایط کلینیکی با کنترل ضعیف قند خون سطح HbA1c افزایش می‌یابد و باعث افزایش عوارض و خطر مرگ و میر در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود. غلطنت بالای HbA1c با افزایش خطر ابتلا به نروپاپی محیطی دیابتی، رتینوپاتی دیابتی و نفروپاتی در درازمدت می‌باشد [۲۶].

در بررسی اثر تمرينات بر متغیرهای مرتبط با آهن، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پس از دوره تمرين کاهش معناداری در سطح آهن سرمی ($12/40$ -درصد) و فريتين سرمی ($23/49$ -درصد) نسبت به گروه کنترل مشاهده شد. ايلهان و همكاران نيز گزارش كردند که تمرينات نورديک موجب کاهش سطح آهن سرمی شد [۱۲]. طهان و همكاران نيز بهبود مقاومت به انسولين متعاقب تمرينات اينتروال هوایی را به کاهش آهن و فريتين سرمی نسبت دادند [۳]. نتایج اين تحقیقات با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارند.

با توجه به اينکه وضعیت آهن با تعديل رونویسي و بيان غشایي و میل بیان گیرنده انسولین در سلول‌های کبدی و تأثیر بر بیان ژن وابسته به انسولین، بر حساسیت انسولین تأثیر می‌گذارد [۲۶]؛ می‌توان کاهش مقاومت به انسولین در تحقیق حاضر را به اثر ورزش بادی پامپ بر تعديل ذخایر آهن نسبت داد. با این وجود، در تحقیق بیژه و حکاک دخت پس از هشت هفته تمرين هوایی کاهش معناداری در مقادیر سرمی گلوکز و مقاومت به انسولین گزارش كردند ولی تفاوت معناداری در فريتين مشاهده نشد [۱۴]؛ درحالی که در تحقیق ما کاهش مقاومت به انسولین در ارتباط با کاهش آهن و فريتين سرمی بود؛ ناهمخوانی ممکن است به علت تفاوت در نوع تمرينات به کار رفته در دو تحقیق و همچنین تفاوت در شدت‌های تمرين باشد؛ چون در تحقیق بیژه از تمرين هوایی با شدت متوسط استفاده شده بود، درحالی که تمرينات مورد استفاده در تحقیق حاضر از تمرينات بادی پامپ بود که با شدت بالاتر انجام شد؛ همچنین تمرينات بادی پامپ از نظر شکل حرکت زيرگروه تمرينات با وزنه (بدن‌سازی) می‌باشند ولی با توجه به شکل و شيوه تمرينی موجب تحريك سيسیتم هوایی می‌شوند [۲] و زيرگروه تمرينات ايروبیك محسوب می‌شوند [۱۵].

باتو و همكاران نيز در تحقیقشان شدت تمرين را به عنوان

تي وابسته نشان داد که کاهش معناداري در سطح $HbA1c$ ($P<0.001$)، مقاومت به انسولین ($P<0.001$)، تعداد گلوبول قرمز ($P=0.23$ ، آهن سرمی ($P=0.12$) و فريتين ($P=0.13$) در گروه تمرين بادی پامپ مشاهده شد ولی تفاوت معناداري در ساير متغیرهای مورد بررسی در گروه تمرين مشاهده نشد. در گروه کنترل تفاوت معناداري در همچ‌کدام از متغیرهای مورد بررسی نسبت به مقادير پايه مشاهده نشد. در بررسی تغييرات بين‌گروهي (جدول شماره ۳) نيز نتایج نشان داد که تغييرات $HbA1c$ ($P<0.001$ ، مقاومت به انسولین ($P<0.001$)، آهن سرمی ($P=0.41$) و فريتين ($P=0.19$) در گروه تمرين نسبت به گروه کنترل معنادار بود.

بحث

در بررسی اثر تمرينات بادی پامپ بر کنترل گلیسمی نتایج نشان داد که هشت هفته تمرينات بادی پامپ موجب کاهش معنادار $12/4$ درصدی $HbA1c$ و کاهش معنادار $25/71$ درصدی مقاومت به انسولین (HOMA-IR) در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد. اسجورز و همكاران در تحقیقی نشان دادند که حتی يك جلسه تمرين اينتروال سرعتي موجب افزایش جذب گلوکز از طريق افزایش حساسیت به انسولین موجب افزایش برداشت گلوکز در عضلات اسکلتی می‌شود [۲۴]. در تحقیق حاضر نیز کاهش معنادار مقاومت به انسولین حاکی از بهبود عملکرد انسولین می‌باشد، که نتیجه درازمدت آن بهصورت کاهش $HbA1c$ قابل مشاهده می‌باشد [۲۴]. درخصوص اثر تمرينات ورزشی بر جذب گلوکز می‌توان گفت که يك جلسه فعالیت بدنی، جذب گلوکز را از طريق تنظیم افزایشي ورزش بر سطوح انتقال دهنده گلوکز نوع ۴ در غشای عضلات اسکلتی تحریک می‌کند. اين اثر مستقل از انسولین است و جذب گلوکز در عرض چند ساعت پس از پایان فعالیت بدنی نيز ادامه دارد. همچنین فعالیت بدنی باعث افزایش حساسیت به انسولین در عضلات اسکلتی می‌شود. اين اثر پس از پایان فعالیت بدنی به مدت چند ساعت باقی می‌ماند و به وضوح وابسته به انسولین و عملکرد انسولین است درخصوص اثر مزمن تمرينات ورزشی منظم بر کنترل گلیسمی در بیماران دیابتی می‌توان گفت که تمرينات ورزشی موجب کاهش هيپرگلیسمی از طريق افزایش حساسیت سلولی با مسیرهای ملکولی وابسته به انسولین که سیگنالینگ انسولین را بهبود می‌بخشد (ACC / MAPKs PI3-kinase / Akt and mTOR AMP-kinase) به انسولین و مسیرهای مستقل از انسولین (Akt and mTOR AMP-kinase به بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شوند [۴، ۳].

تمرينات هوایی منظم باعث افزایش حساسیت به انسولین عضلاتی در افراد مبتلا به پیش دیابت و دیابت نوع ۲ به نسبت حجم ورزش می‌شود؛ ترکیبی از تمرينات استقامتی با تمرينات مقاومتی ممکن است سود بیشتری داشته باشد و تمرينات تناوبی

افزایش سطح آهن با افزایش سنتز هپسیدین، پیتیدی که از ترشح آهن از سلول‌های انتروسیتی و انتشار آن به پلاسمای از مونوکیتیها و ماکروفازها جلوگیری می‌کند، همراه است [۳۲]. مطالعات اخیر نشان داده است که هپسیدین در تنظیم هموستاز آهن و کاهش انتقال و جذب آن نقش محوری دارد. این فرآیند احتمالاً با وجود همولیز افزایش یافته و پاسخ فاز حاد هدایت می‌شود. مورد اخیر با افزایش سطح سیتوکین‌های پیش التهابی در هنگام تمرین ورزشی همراه است که بهنوبه خود سنتز هپسیدین را تحریک می‌کنند [۳۳] که می‌تواند توجیه کننده کاهش آهن پس از تمرینات باشد؛ البته در پژوهش حاضر سطح هپسیدین و همچنین سطح سایتوکین‌های پیش التهابی و ضدالتهابی اندازه‌گیری نشد که از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌باشد. تحقیقات نشان داده که استرس اکسیداتیو و التهاب مزمن با مقاومت انسولینی نقش مهمی در سندروم متابولیک ایفا می‌کنند [۴]. تحت استرس اکسیداتیو، افزایش فریتین سرم ممکن است از طریق سلولی یا بافتی باعث تخریب عملکرد انسولین شامل مقاومت انسولینی و غیرطبیعی شدن سلول‌های بتای پانکراس شود [۳۴]. افزایش آهن در ارتباط با تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌باشد و در ارتباط با مقاومت به انسولین در بیماران دیابتی می‌باشد [۷، ۱۰]. با توجه به این که فریتین سرم یک پروتئین مثبت فاز حاد است و در شرایط التهابی افزایش می‌یابد، ممکن است تغییرات فریتین در تحقیق حاضر به علت تغییرات فاکتورهای التهابی باشد که در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ وجود دارد [۲۶، ۳۵].

در تحقیق حاضر نیز کاهش فریتین هم‌راستا با کاهش مقاومت به انسولین و کنترل گلیسمیک پس از دوره تمرینات بادی پامپ می‌باشد؛ بنابراین می‌توان گفت که احتمالاً تمرینات بادی پامپ با کاهش سطح آهن منجر به بهبود مقاومت به انسولین و کنترل گلیسمی در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شده است. کنترل گلیسمی نیز منجر به کاهش استرس اکسیداتیو و فاکتورهای التهابی شده است که نتیجه آن کاهش فریتین به عنوان یکی از شاخص‌های التهابی می‌باشد.

از جمله محدودیت‌های تحقیق می‌توان به حجم نمونه پایین اشاره کرد. همچنین در تحقیق حاضر از زنان دیابتی نوع ۲ با دامنه سنی ۳۵-۵۰ بود، در حالی که با افزایش سن ابتلا به دیابت و مقاومت به انسولین افزایش می‌یابد؛ و ممکن است قابل تعمیم به همه بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ نباشد. همچنین با توجه به اینکه اضافه بار سلولی بخصوص در بافت پانکراس و کبد در ارتباط با مقاومت به انسولین می‌باشد، به علت تهاجمی بودن روش‌های اندازه‌گیری امکان اندازه‌گیری سطوح ملکولی این بافت‌ها وجود نداشت، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده به خصوص تحقیقات آزمایشگاهی تغییرات بافتی آهن در این بافت‌ها در شرایط اثرات حاد و مزمن تمرینات ورزشی بررسی شود.

یک عامل مؤثر بر کاهش آهن معرفی کرده‌اند [۲۷]. آهن برای ترشح طبیعی انسولین تحریک شده با گلوكز مهم است؛ با این حال، اضافه‌بار آهن باعث استرس اکسیداتیو و افزایش آپوپتوز در سلول‌های β می‌شود. در حالی که پیامدهای اضافه‌بار آهن در عملکرد و بقای سلول‌های β مشخص شده است [۲۸]. ژانو و همکاران در تحقیق‌شان برای بررسی اثر اضافه‌بار آهن بر متابولیسم گلوكز و مکانیسم اساسی، موش lrp2 ناک اوت شده (مدل اضافه‌بار آهن درونزا) استفاده کردند و عنوان کردند که در این موش‌های مدل هیپرگلیسمی و اضافه‌بار آهن در کبد و عضلات اسکلتی دیده شد. افزایش مالون دی‌آلدهید، کاهش سطح سوپراکسید دی‌سیمتواز و افزایش آپوپتوز سلولی نیز در کبد و عضلات موش‌های مدل یافت شد. غلظت گلوكز در تست‌های تحمل انسولین به طور معناداری بالاتر بود. با این حال، ترشح انسولین در فاز اولیه در موش lrp2 تغییر نکرد. بیان IRS2 کبدی و انتقال دهنده گلوكز نوع ۴ عضلانی در موش مدل در هر دو mRNA و پروتئین در مقایسه با گروه کنترل نوع وحشی کاهش یافت [۲۹]. با توجه به نقش بافت عضلانی و کبدی در برداشت گلوكز خون به عنوان بافت‌های حساس به انسولین [۲۳، ۳۰] می‌توان گفت که تمرینات ورزشی توانسته با تتعديل ذخایر آهن در بدن موجب افزایش حساسیت به انسولین در این بافت‌ها شود [۳۱] که نتیجه آن کنترل بهتر قند خون در زنان دیابتی می‌باشد.

در خصوص اثر تمرینات ورزشی بر ذخایر آهن نتایج پژوهش‌ها نشان داده که فعالیت‌های ورزشی شدید، مانند مسابقات یا تمرینات شدید در یک جلسه تمرینی، بر طول عمر گلبول‌های قرمز این افراد اثر دارد. تمرینات ورزشی به علت افزایش متابولیسم بدن موجب افزایش دمای بدن و افزایش PH خون به علت مسیرهای متابولیک بی‌هوایی می‌شود که می‌تواند موجب تغییراتی در غشاء اریتروسیت‌ها داشته باشد؛ همچنین به علت کاهش قند خون و غلظت خون، که در حین فعالیت ورزشی ایجاد می‌شود، مقاومت اسمزی گلبول‌های قرمز کاهش می‌یابد [۳۱]. در هنگام تمرینات ورزشی این اثرگذاری آسیب در گلبول‌های قرمز پیرکه انعطاف‌پذیری کمتری دارند و بنابراین در معرض آسیب قرار دارند بیشتر است [۳۱]؛ در پژوهش حاضر اگرچه پس از تمرینات ورزشی کاهش اریتروسیت‌ها دیده شد ولی این تغییرات نسبت به گروه کنترل معنادار نبود؛ کاهش اریتروسیت‌ها بیشتر به علت تغییرات هماتوکربیت می‌باشد که به عنوان یکی از سازگاری‌های نسبت به تمرین هوایی ایجاد می‌شود. آهن آزاد شده از سلول‌ها می‌تواند در مولکول‌های فریتین ذخیره شود، یا به لیگاندهای سیتوپلاسمی با وزن مولکولی پایین متصل شود و به اصطلاح استخیر آهن حساس (LIP) را تشکیل دهد. آهن موجود در LIP بیشتر برای بازسازی آنزیم‌های وابسته به آهن استفاده می‌شود یا در تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر دخیل است [۱۹].

نتيجه‌گيري

باتوجه به نتایج تحقیق حاضر ۸ هفته تمرینات بادی پامپ با شدت ۷۵-۸۰ در صد ضربان قلب ذخیره موجب کاهش مقاومت به انسولین و در نتیجه کنترل قند خون به صورت کاهش هموگلوبین گلیکوزیله در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ شد. باتوجه به پویایی و کاربرد عضلات مختلف در تمرینات بادی پامپ می‌توان گفت که این سبک تمرینات با درگیر کردن عضلات مختلف موجب کاهش مقاومت به انسولین در بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ می‌شود. از طرفی تمرینات بادی پامپ با کاهش سطح آهن فریتین پلاسما به عنوان یک فاکتور مرتبط با ذخایر آهن و همچنین به عنوان یک پروتئین مثبت فاز حاد، حاکی از کاهش التهاب سیستمی در این بیماران بود. احتمالاً کاهش فریتین و تعدیل ذخایر آهن یکی از سازگاری‌های مرتبط با تمرینات ورزشی در کاهش مقاومت به انسولین و کنترل قند خون در زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تحقیق حاضر براساس رعایت اصول اخلاقی انجام شد و تمامی مراحل تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز تأیید شده است (کد اخلاق: IR.AJUMS.REC.1399.064).

حامی مالی

مقاله حاضر بخشی از رساله دکتری آژت سلیمانی خضرآباد ثبت شده در [دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه](#) می‌باشد.

مشارکت‌نویسندها

تمام نویسندها در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندها، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندها از تمامی کسانی که در انجام این پژوهش همکاری کرده‌اند به خصوص بیماران مبتلا به دیابت نوع ۲ و همچنین مرکز تحقیقات دیابت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز قدردانی می‌کنند.

References

- [1] Ghalavand A, Saki H, Nazem F, Khademitab N, Behzadinezhad H, Behbodi M, et al. [The effect of ganoderma supplementation and selected exercise training on glycemic control in boys with type 1 diabetes (Persian)]. *Jundishapur J Med Sci.* 2021; 20(4):356-65. [[DOI:10.32598/JSMJ.20.4.2426](#)]
- [2] Jokar M, Ghalavand A. [Improving endothelial function following regular pyramid aerobic training in patients with type 2 diabetes (Persian)]. *Razi J Med Sci.* 2021; 28(6):60-9. [[Link](#)]
- [3] Tahan P, Ghalavand A, Heydarzadi S, Maleki E, Delaram nasab M. [Effects of aerobic interval training on iron stores and glycemic control in men with type 2 diabetes (Persian)]. *Razi J Med Sci.* 2020; 27(8):105-14. [[Link](#)]
- [4] Hosseinpour Delavar S, Boyerahmadi A, Soleymani A, Ghalavand A. [Effect of eight weeks of aerobic interval training and urtica dioica supplement on some inflammatory indicators and glycemic control in men with type 2 diabetes (Persian)]. *Jundishapur Sci Med J.* 2020; 19(2):123-35. [[DOI:10.22118/JSMJ.2020.200813.1814](#)]
- [5] Ghalavand A, Motamed P, Rajabi H, Khaledi N. [Effect of diabetes induction and exercisetraining on the level of ascorbic acid and muscle SVCT2 in male wistar rats (Persian)]. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci.* 2019; 27(12):2149-58. [[DOI:10.18502/ssu.v27i12.2831](#)]
- [6] Ghalavand A, Motamed P, Rajabi H, Khaledi N. [The effect of six weeks of aerobic training on serum and muscle levels of ascorbic acid and svct2 of soleus muscle tissue in wistar rats (Persian)]. *Jundishapur Sci Med J.* 2019; 17(5):481-90. [[Link](#)]
- [7] Juhn M, Clark JM, Guallar E. Serum ferritin and risk of the metabolic syndrome in U.S. adults. *Diabetes Care.* 2004; 27(10):2422-8. [[DOI:10.2337/diacare.27.10.2422](#)] [[PMID](#)]
- [8] Salonen JT, Tuominen TP, Salonen R, Lakka TA, Nyssönen K. Donation of blood is associated with reduced risk of myocardial infarction. The Kuopio ischaemic heart disease risk factor study. *Am J Epidemiol.* 1998; 148(5):445-51. [[DOI:10.1093/oxfordjournals.aje.a009669](#)] [[PMID](#)]
- [9] Bozzini C, Girelli D, Olivieri O, Martinelli N, Bassi A, De Matteis G, et al. Prevalence of body iron excess in the metabolic syndrome. *Diabetes Care.* 2005; 28(8):2061-3. [[DOI:10.2337/diacare.28.8.2061](#)] [[PMID](#)]
- [10] Wrede CE, Buettner R, Bollheimer LC, Schölmerich J, Palitzsch KD, Hellerbrand C. Association between serum ferritin and the insulin resistance syndrome in a representative population. *Eur J Endocrinol.* 2006; 154(2):333-40. [[DOI:10.1530/eje.1.02083](#)] [[PMID](#)]
- [11] McKay AKA, Pyne DB, Burke LM, Peeling P. Iron metabolism: Interactions with energy and carbohydrate availability. *Nutrients.* 2020; 12(12):3692. [[DOI:10.3390/nu12123692](#)] [[PMID](#)] [[PMCID](#)]
- [12] Ilhan B, Tufan F, Bahat G, Karan MA. Possible effect of decreased insulin resistance on ferritin levels after Nordic Walking training. *Clin Interv Aging.* 2016; 11:149. [[DOI:10.2147/CIA.S103634](#)] [[PMID](#)] [[PMCID](#)]
- [13] Oh S, Maruyama T, Eguchi K, Shida T, Arai E, Isobe T, et al. Therapeutic effect of hybrid training of voluntary and electrical muscle contractions in middle-aged obese women with non-alcoholic fatty liver disease: A pilot trial. *Ther Clin Risk Manag.* 2015; 11:371-80. [[DOI:10.2147/TCRM.S75109](#)] [[PMID](#)] [[PMCID](#)]
- [14] Bijeh N, Hejazi K. The effect of aerobic exercise on serum ferritin levels in untrained middle-aged women. *Int J Sport Stud.* 2012; 2(8):379-84. [<https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1031004.pdf>]
- [15] Greco CC, Oliveira AS, Pereira MP, Figueira TR, Ruas VD, Gonçalves M, et al. Improvements in metabolic and neuromuscular fitness after 12-week bodypump® training. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(12):3422-31. [[DOI:10.1519/JSC.0b013e3182160053](#)] [[PMID](#)]
- [16] Mahmoodinezhad S, Shakerian S, Ghalavand A, Motamed P, Delaramnasab M. The effect of acute training and circadian rhythm on blood hemostasis in female athletes. *Int J Basic Sci Med.* 2016; 1(1):8-12. [[DOI:10.15171/ijbsm.2016.03](#)]
- [17] Wormgoor SG, Dalleck LC, Zinn C, Harris NK. Effects of high-intensity interval training on people living with type 2 diabetes: A narrative review. *Can J Diabetes.* 2017; 41(5):536-47. [[DOI:10.1016/j.jcjd.2016.12.004](#)] [[PMID](#)]
- [18] 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](#)] [[PMCID](#)]
- [19] Skarpańska-Stejnborn A, Basta P, Trzeciak J, Szczęśniak-Pilaczyńska Ł. Effect of intense physical exercise on hepcidin levels and selected parameters of iron metabolism in rowing athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115(2):345-51. [[DOI:10.1007/s00421-014-3018-3](#)] [[PMID](#)] [[PMCID](#)]
- [20] Kim JY, Han SH, Yang BM. Implication of high-body-fat percentage on cardiometabolic risk in middle-aged, healthy, normal-weight adults. *Obesity.* 2013; 21(8):1571-7. [[DOI:10.1002/oby.20020](#)] [[PMID](#)]
- [21] Ghalavand A, Shakerian S, Zakerkish M, Shahbazian H, Monazam N. [The effect of resistance training on anthropometric characteristics and lipid profile in men with type 2 diabetes referred to Golestan Hospital (Persian)]. *Jundishapur Sci Med J.* 2015; 13(6):709-20. [[Link](#)]
- [22] Ghalavand A, Delaramnasab M, Afshounpour M, Zare A. [Effects of continuous aerobic exercise and circuit resistance training on fasting blood glucose control and plasma lipid profile in male patients with type II diabetes mellitus (Persian)]. *J Diab nurs.* 2016; 4(1):8-19. [[Link](#)]
- [23] Jokar M, Ghalavand A. [The effect of twelve weeks of aerobic interval training on liver complications and cardiovascular risk factors in men with type 2 diabetes (Persian)]. *Razi J Med Sci.* 2022; 29(3):26-36. [[Link](#)]
- [24] Sjöros TJ, Heiskanen MA, Motiani KK, Löyttyniemi E, Eskelin JJ, Virtanen KA, et al. Increased insulin-stimulated glucose uptake in both leg and arm muscles after sprint interval and moderate-intensity training in subjects with type 2 diabetes or prediabetes. *Scand J Med Sci Sports.* 2018; 28(1):77-87. [[DOI:10.1111/sms.12875](#)] [[PMID](#)]

- [25] Doupis J, Karras K, Avramidis K. The role of individualized exercise prescription in type 2 diabetes mellitus management. *touchREV Endocrinol.* 2021; 17(1):2-4. [\[DOI:10.17925/EE.2021.17.1.2\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [26] Fargion S, Dongiovanni P, Guzzo A, Colombo S, Valenti L, Fracanzani AL. Iron and insulin resistance. *Aliment Pharmacol Ther.* 2005; 22 (Suppl 2):61-3. [\[DOI:10.1111/j.1365-2036.2005.02599.x\]](#) [\[PMID\]](#)
- [27] Bauer P, Zeissler S, Walscheid R, Frech T, Hillebrecht A. Acute effects of high-intensity exercise on hematological and iron metabolic parameters in elite male and female dragon boating athletes. *Phys Sportsmed.* 2018; 46(3):335-41. [\[DOI:10.1080/00913847.2018.1482187\]](#) [\[PMID\]](#)
- [28] Santos MCFD, Anderson CP, Neschen S, Zumbrennen-Bullough KB, Romney SJ, Kahle-Stephan M, et al. Irf2 regulates insulin production through iron-mediated Cdkal1-catalyzed tRNA modification. *Nat Commun.* 2020; 11(1):296. [\[DOI:10.1038/s41467-019-14004-5\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [29] Zhou Y, Wu W, Xu Z, Liu Y, Chang H, Yu P, et al. Iron regulatory protein 2 deficiency may correlate with insulin resistance. *Biochem Biophys Res Commun.* 2019; 510(2):191-7. [\[DOI:10.1016/j.bbrc.2019.01.022\]](#) [\[PMID\]](#)
- [30] Mohammadi F, Ghalavand A, Delaramnasab M. Effect of circuit resistance training and L-carnitine supplementation on body composition and liver function in men with non-alcoholic fatty liver disease. *Jundishapur J Chronic Dis Care.* 2019; 8(4):e90213. [\[DOI:10.5812/jjcdc.90213\]](#)
- [31] Yusof A, Leithauser RM, Roth HJ, Finkernagel H, Wilson MT, Beneke R. Exercise-induced hemolysis is caused by protein modification and most evident during the early phase of an ultraendurance race. *J Appl Physiol (1985).* 2007; 102(2):582-6. [\[DOI:10.1152/japplphysiol.00580.2006\]](#) [\[PMID\]](#)
- [32] Deicher R, Hörl WH. New insights into the regulation of iron homeostasis. *Eur J Clin Invest.* 2006; 36(5):301-9. [\[DOI:10.1111/j.1365-2362.2006.01633.x\]](#) [\[PMID\]](#)
- [33] van Deuren M, Kroot JJ, Swinkels DW. Time-course analysis of serum hepcidin, iron and cytokines in a C282Y homozygous patient with Schnitzler's syndrome treated with IL-1 receptor antagonist. *Haematologica.* 2009; 94(9):1297-300. [\[DOI:10.3324/haematol.2009.005975\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [34] Le TD, Bae S, Ed Hsu C, Singh KP, Blair SN, Shang N. Effects of cardiorespiratory fitness on serum ferritin concentration and incidence of type 2 diabetes: Evidence from the aerobics center longitudinal study (ACLS). *Rev Diabet Stud.* 2008; 5(4):245-52. [\[DOI:10.1900/RDS.2008.5.245\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [35] González AS, Guerrero DB, Soto MB, Díaz SP, Martínez-Olmos M, Vidal O. Metabolic syndrome, insulin resistance and the inflammation markers C-reactive protein and ferritin. *Eur J Clin Nutr.* 2006; 60(6):802-9. [\[DOI:10.1038/sj.ejcn.1602384\]](#) [\[PMID\]](#)
- [36] Forouhi NG, Harding AH, Allison M, Sandhu MS, Welch A, Luben R, et al. Elevated serum ferritin levels predict new-onset type 2 diabetes: Results from the EPIC-Norfolk prospective study. *Diabetologia.* 2007; 50(5):949-56. [\[DOI:10.1007/s00125-007-0604-5\]](#) [\[PMID\]](#)

This Page Intentionally Left Blank