



Original Article

## Effect of moderate intensity aerobic training on cardiac autonomic system function and nitric oxide levels in middle-aged males with metabolic syndrome

Rabali Bolboli<sup>ID1</sup>, Marefat Siahkouhian<sup>ID1</sup>, Asgar Iranpour<sup>ID1</sup>, Ameneh Pour Rahim<sup>ID1</sup>, Aydin Vali Zadeh<sup>ID1</sup>, Lotfali Bolboli<sup>ID1</sup>

### ABSTRACT

**Background and Aims:** The sedentary lifestyle in individuals with metabolic syndrome is a main threatening risk for their health. This study aimed to investigate the effects of aerobic exercise with 65% of maximal oxygen consumption on heart rate variability and vascular nitric oxide levels in middle-aged males with metabolic syndrome.

**Materials and Methods:** In total, 30 middle-aged men with metabolic syndrome were randomly divided into control and aerobic training groups. At the pretest and posttest, the values of metabolic risk indices, heart rate variability, and nitric oxide were measured in both groups. The aerobic training group performed aerobic exercise for eight weeks at 65% of maximal oxygen consumption. The data were analyzed using the independent and paired t-tests.

**Results:** According to the results, after comparing the values obtained from the posttest and pretest, there was a significant difference between the training and control groups regarding the fasting blood glucose, triglyceride, metabolic Z score, Standard deviation of NN intervals (SDNN), Square root of the mean squared differences of successive NN intervals (rMSSD), very-low-frequency (VLF), High frequency (HF), and vascular nitric oxide levels. Total cholesterol and low-density lipoprotein levels were significantly different in the aerobic training group, compared to those of the control group and LF as well as LF/HF at the pretest ( $P=0.01$ ). However, despite slight changes in high lipoprotein and blood pressure levels, there was no significant difference in the aerobic training group, compared to the control group and pre-test.

**Conclusion:** Regular moderate-intensity aerobic exercise can be used as an appropriate exercise protocol to improve cardiovascular function for males with metabolic syndrome.

**Keywords:** Aerobic training, Heart rate, Metabolic syndrome



**Citation:** Bolboli R, Siahkouhian M, Iranpour A, Pour Rahim A, Vali Zadeh A, Bolboli L. [Effect of moderate intensity aerobic training on cardiac autonomic system function and nitric oxide levels in middle-aged males with metabolic syndrome]. J Birjand Univ Med Sci. 2021; 28(2): 129-138. [Persian]

**DOI** <http://doi.org/10.32592/JBirjandUnivMedSci.2021.28.2.103>

**Received:** November 1, 2020

**Accepted:** March 14, 2021

<sup>1</sup> Department of Sport Physiology, School of Physical Education and Sport Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

**Corresponding author:** Department of Sport Physiology, School of Physical Education and Sport Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

Tel: +989144511435

Fax: +984533520256

E-mail: m\_siahkohian@uma.ac.ir

## تأثیر تمرین هوازی با شدت متوسط بر عملکرد سیستم اتونوم قلبی و نیتریک اکساید در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک

ربعلی بلبلی<sup>۱</sup>, معرفت سیاھکوهیان<sup>۱</sup>, عسگر ایران پور<sup>۱</sup>, آیدین پوررحیم<sup>۱</sup>, آیدین ولیزاده<sup>۱</sup>, طفعلی بلبلی<sup>۱</sup>

### چکیده

زمینه و هدف: سبک زندگی کم تحرکی افراد مبتلا به سندروم متابولیک خطر تهدیدکننده سلامتی این افراد می‌باشد. در این پژوهش برآئیم تا اثرات فعالیت ورزشی هوازی با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بر تغییرپذیری ضربان قلب و سطوح نیتریک اکساید عروقی در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک را بررسی نماییم.

روش تحقیق: ۳۰ نفر از مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک به صورت تصادفی در دو گروه کنترل و تمرین هوازی تقسیم شدند. در دوره پیش‌آزمون و پس‌آزمون مقادیر شاخص‌های خطر متابولیک، تغییرپذیری ضربان قلب و نیتریک اکساید در هر دو گروه سنجیده شد. گروه تمرین هوازی به مدت هشت هفته تمرین هوازی با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی را دریافت نمودند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های تی زوجی و مستقل استفاده شد.

یافته‌ها: سطوح قند خون ناشتا، تری‌گلیسرید، امتیاز Z متابولیک، انحراف معیار اینتروال‌های نرمال، ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی، امواج با فرکانس خیلی پایین، امواج با فرکانس بالا و نیتریک اکساید عروقی در گروه تمرین هوازی نسبت به گروه کنترل و دوره پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. سطوح کلسترول تام و لیپوپروتئین کم چگال نسبت به گروه کنترل و مقادیر امواج با فرکانس پایین و نسبت امواج با فرکانس پایین به بالا نسبت به دوره پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری را در گروه تمرین هوازی نشان دادند ( $P=0.01$ ). لیپوپروتئین پرچگال و فشار خون با وجود تغییرات اندک تفاوت معنی‌داری را در گروه تمرین هوازی نسبت به گروه کنترل و پیش‌آزمون نداشت.

نتیجه‌گیری: اجرای منظم فعالیت ورزشی هوازی با شدت متوسط می‌تواند به عنوان یک پروتکل تمرینی مناسب جهت بهبود عملکرد قلبی عروقی برای مردان مبتلا به سندروم متابولیک به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: ضربان قلب، سندروم متابولیک، تمرین هوازی

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرونی. ۱۴۰۰: ۱۲۹-۱۳۸.

دربافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

<sup>۱</sup> گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران

نویسنده مسئول: گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران

آدرس: اردبیل - خیابان دانشگاه - دانشگاه حقوق اردبیلی، اردبیل، ایران

تلفن: ۰۹۱۴۴۵۱۱۴۳۵ - نامبر: ۰۴۵۳۳۵۲۰۲۵۶ - پست الکترونیکی: m\_siahkohian@uma.ac.ir

## مقدمه

۵۰-۵۹ سال و ۶۹-۶۰ سال به ترتیب به میزان ۱۵/۲ و ۲۴/۳ درصد گزارش داده است (۶).

به نظر می‌رسد که تغییرات صورت گرفته در شاخص‌های خطر متابولیک در افراد مبتلا به سندروم متابولیک با تغییرات قلبی عروقی مرتبط باشد. زیرا با استناد به ادبیات پژوهشی می‌توان اذعان نمود که مراکز کنترل سطوح فشار خون تغییرات ضربان قلب نقاط اشتراک فراوانی دارند. مدولای مغز ناحیه‌ای از مغز می‌باشد که با تنظیم تعادل بین سیستم‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک (واگی) و دریافت پیام عصبی از بارورفلکس‌های مختلف سیستم قلبی عروقی در تنظیم هر دوی سطوح فشار خون و ضربان قلب نقش دارد. بنابراین بررسی عملکرد سیستم اتونوم قلبی جهت کنترل تغییرات فشار خون در افراد مبتلا به سندروم متابولیک ضرورت پیدا می‌کند. مطالعات زیادی به بررسی ارتباط بین شاخص‌های قلبی عروقی پرداخته‌اند که از این قبیل مطالعات می‌توان به مطالعه پیرعلایی و همکاران اشاره نمود. پیرعلایی و همکاران تغییرات سطوح نیتریک اکساید و آئژیوتانسیون II را با تغییرات سطوح عملکرد سیستم اتونوم قلبی مرتبط دانستند و اشاره براین داشتند که نیتریک اکساید اثر مستقیمی بر تون واگی و اثر غیرمستقیمی بر سیستم عصبی سمپاتیک قلبی دارد (۷). بنابراین بررسی تغییرات شاخص‌های عروقی و عملکرد سیستم اتونوم قلبی در افراد مبتلا به سندروم متابولیکی گام جدیدی در کنترل شرایط وخیم این بیماران می‌باشد.

سنچش تعادل سیستم‌های عصبی سمپاتیک و پاراسمپاتیک (تعادل سمپاتوواگال) با روش‌های مستقیم زیادی امکان‌پذیر می‌باشد؛ ولی هزینه‌ی بالای این روش‌ها باعث مشخص شدن ارزش سنچش غیرمستقیم تعادل سمپاتوواگال سیستم اتونوم قلبی با روش غیرتهاجمی تغییرپذیری ضربان قلب گردیده است.

تغییرپذیری ضربان قلب<sup>۱</sup> به عنوان یک روش غیرتهاجمی و غیرمستقیم برای سنچش و ارزیابی تعديل سیستم عصبی اتونوم قلبی معرفی شده است. تغییرپذیری ضربان قلب با دو روش زمان محور و فرکانس محور قابل بررسی می‌باشد. متغیرهای زمان محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل: SDNN (انحراف معیار ایترووال‌های

چاقی با افزایش خطر بیماری قلبی عروقی، پرفشار خونی، آنژین، حمله قلبی، دیابت و سایر اختلالات سلامتی مرتبط با سیستم قلبی عروقی مرتبط می‌باشد (۱). با استناد به نظر سازمان بهداشت جهانی فرد با مقادیر دور کمر بیش از ۴۰ اینچ در مردان و ۳۵ اینچ در زنان به عنوان فرد چاق شناخته می‌شود (۲). در مطالعه‌ای دیگر، Jeppesen و همکاران در بررسی ارتباط بین سطوح تری‌گلیسرید سرم با فشار خون سیستولی گزارش کردند که در افراد با فشار خون زیر ۱۲۰ میلی‌متر جیوه، محدوده میان ۱۲۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر جیوه و بالاتر از ۱۴۰ میلی‌متر جیوه خطر ایسکمیک قلبی به ترتیب ۱۰/۹ و ۱۲/۵ درصد می‌باشد. تری‌گلیسرید بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، لیپوپروتئین پرچگال کمتر از ۴۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در مردان و ۵۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در زنان، سطوح فشار خون بیش از ۱۳۰/۸۵ میلی‌متر جیوه طبق اعلام سازمان بهداشت جهانی در وضعیت تهدید سلامتی قرار دارند (۳). همچنین Feldman و همکاران در افراد دیابتی نوع اول و دوم دلیل افزایش سطوح فشار خون ناشی از تغییرات قند خون را به عوامل سیستم عصبی سمپاتیکی فوق کلیوی نسبت داده‌اند. سطوح قند خون بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر به عنوان مرز خطر سلامتی تعیین شده است (۴). به طور کلی می‌توان اذعان نمود که وضعیت چاقی، سطوح شاخص‌های چربی و قند خون با تغییرات سطوح فشار خون می‌تواند مرتبط باشد. بنابراین در افرادی که در این وضعیت‌های خطرزا سلامتی قرار دارند، اصطلاحاً به عنوان فرد مبتلا به سندروم متابولیک شناخته می‌شوند. به طور کلی سندروم متابولیک را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود: سندروم متابولیک مطابق با دستورالعمل انجمن قلب، ریه و خون آمریکا وضعیتی است، که فرد حداقل ۳ شاخص از پنج مولفه خطر زیر را داشته باشد: تری‌گلیسرید  $\leq 150$  میلی‌گرم در دسی‌لیتر، لیپوپروتئین پرچگال  $> 40$  میلی‌گرم در دسی‌لیتر، فشار خون سیستولی  $\leq 130$  و فشار خون دیاستولی  $\leq 85$  میلی‌متر جیوه، گلوکز خون  $\leq 100$  میلی‌گرم در دسی‌لیتر و دور کمر  $\leq 88$  در زنان و  $\leq 91/5$  سانتی متر در مردان (۵). سازمان بهداشت جهانی در دهه‌های اخیر میزان شیوع سندروم متابولیک در سنین

<sup>۱</sup>. Heart rate variability (HRV)

اتنوم قلبی و همچنین تغییرات شاخصهای خطر متابولیک پرداخته‌اند؛ با این وجود اجرای یک پژوهش با سنجش همزمان تمامی این فاکتورها در بیماران مبتلا به سندروم متابولیک ضروری به نظر می‌رسد. لذا در این پژوهش برآئیم تا تأثیر فعالیت ورزشی هوایی با شدت متوسط بر عملکرد سیستم اتنوم قلبی و سطوح نیتریک اکساید در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک را بررسی نماییم.

## روش تحقیق

روش تحقیق پژوهش حاضر از نوع تجربی با طرح پیش آزمون- پس آزمون بود. زمانبندی جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۸ بود. جامعه آماری این پژوهش را مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک شهر اردبیل تشکیل دادند. تمامی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه شرکت آگاهانه در پژوهش را تکمیل نمودند و مطابق دستورالعمل کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تمامی مراحل اخذ مجوز اخلاق (IR.ARUMS.REC.1397.266) پژوهش اجرا گردید و در مرحله بعد کد کارآزمایی بالینی از مرکز مطالعات کارآزمایی بالینی ایران (IRCT20190309042990N1) دریافت گردید. در مرحله اول سلامتی عمومی و جسمانی (سنجش قند خون ناشتا، نیمرخ چربی خون و آزمایش خون CBC) آزمودنی مورد بررسی قرار گرفت و تعداد ۳۰ نفر از افراد دارای شرایط کامل ابتلا به سندروم متابولیک در قالب معیارهای ورود به پژوهش (دور کمر بالاتر از ۹۱/۵ سانتی‌متر، سطوح تری گلیسرید بالاتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، سطوح لیپوپروتئین پرچگال کمتر از ۴۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، فشار خون سیستولی بالاتر از ۱۳۰ میلی‌متر جیوه و فشار خون دیاستولی بالاتر از ۸۵ میلی‌متر جیوه، سطوح گلوکز خون بالاتر از ۱۱۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) به عنوان آزمودنی‌های پژوهش انتخاب گردیدند (۵). معیارهای خروج از پژوهش نیز شامل ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی از قبیل بیماری ایسکمیک قلبی، دارا بودن سطوح کراتینین سرمی بالاتر از ۲/۲۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، دارا بودن فشار خون دیاستولی / سیستولی بیشتر از ۱۶۰/۱۰۰ میلی‌متر

دو ضربان نرمال با واحد میلی‌ثانیه<sup>۱</sup>، SDANN (انحراف معیار متوسط اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی‌ثانیه)<sup>۲</sup>، rMSSD (ریشه توان دوم تفاوت‌های میانگین مربعات اینتروال‌های موج R نسبت به موج R بعدی با واحد میلی‌ثانیه)<sup>۳</sup> می‌باشد. متغیرهای فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب شامل: LF (دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین در محدوده ۰/۰۴-۰/۱۵ هرتز<sup>۴</sup>) است و این طیف فرکانسی که با عملکرد سیستم گیرنده‌های فشار در بدن ارتباط دارد، HF (دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا در محدوده ۰/۱۵-۰/۴۰ هرتز<sup>۵</sup>) است و مرتبط با فعالیت سیستم تنفسی و سیستم اعصاب پاراسمپاتیک انسان بوده و دارای تغییرات نسبتاً سریعی می‌باشد)؛ LF/HF (نسبتی از دامنه‌ی امواج با فرکانس پایین به دامنه‌ی امواج با فرکانس بالا)<sup>۶</sup>، امواج با فرکانس خیلی پایین: از محدوده فرکانسی ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۴ هرتز را شامل می‌شود و TP (توان کل یا واریانسی از تمامی اینتروال‌های ضربان قلب‌های نرمال با واحد ms<sup>۷</sup> می‌باشد) (۸).

مطالعات نشان داده‌اند که شرکت منظم در فعالیت ورزشی هوایی در افراد مبتلا به سندروم متابولیک با تغییرات مشهودی در بهبودی شاخصهای خطر متابولیک در این بیماران همراه بوده است (۹-۱۳). به نظر می‌رسد که تغییرات سطوح فشار خون شریانی، سطوح چربی‌های خون و شاخص مقاومت به انسولین در این بیماران با تغییرات عملکردی در عروق خونی و سیستم اتنوم قلبی مرتبط باشد. سایر مطالعات مرتبط در این زمینه اثرات شرکت در فعالیت ورزشی هوایی بر عملکرد سیستم اتنوم قلبی را مورد بررسی قرار داده‌اند و اشاره بر این داشتنده که عملکرد سیستم اتنوم قلبی بدون در نظرگیری وضعیت بیماری افراد در اثر شرکت منظم در فعالیت ورزشی هوایی بهبود می‌یابد. از آنجایی که مطالعات قبلی به صورت تکی به بحث اثرات فعالیت ورزشی بر عملکرد عروقی و سیستم

<sup>1</sup> Standard deviation of NN intervals (SDNN)

<sup>2</sup> Standard deviation of the average NN intervals (SDANN)

<sup>3</sup> Square root of the mean squared differences of successive NN intervals (rMSSD)

<sup>4</sup> Low frequency (LF)

<sup>5</sup> High frequency (HF)

<sup>6</sup> Low Frequency to High Frequency ratio (LF/HF)

<sup>7</sup> Total power (TP)

$$n_A = \frac{(\varphi + 1)(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 \sigma^2}{\varphi \delta^2}$$

در دوره پیش آزمون و پس آزمون (یک روز بعد از آخرین جلسه دوره مداخله تمرین ورزشی) نمونه‌های خونی در وضعیت ناشتا در محدوده‌ی ساعتی ۸ تا ۹ صبح گرفته شد. مقادیر قند خون و شاخص‌های خطر متابولیک با استفاده از روش آنژیمی سنجیده شد. سطوح فشار خون با استفاده از دستگاه فشارسنج در وضعیت نشسته در سه مرحله با فواصل دو دقیقه‌ای سنجیده شد و میانگین دو سنجش آخر به عنوان فشار خون سیستولی و دیاستولی ثبت گردید. جهت اطلاع از وضعیت کلی سندروم متابولیک در آزمودنی‌ها مقادیر امتیاز Z سندروم متابولیک برای تمامی آزمودنی‌ها محاسبه گردید. از فرمول برآورد امتیاز Z سندروم متابولیک زیر استفاده گردید (۵):

$$\text{Zmets} = [(40 - \text{HDL})/5/89] + [(41/11) - \text{تری گلیسرید}]/5/89 + [110/(15/82) - \text{قند خون ناشتا}] + [91/5 - \text{دور کمر}]/9/46]$$

تبديل شد:

$$= ۳۷/۱۸۲ + \text{درصدی از حداکثر اکسیژن مصرفی} \times ۰/۶۴۶۳$$

درصدی از ضربان قلب بیشینه

همچنین در هین اجرای برنامه تمرینی بر روی تردمیل با استفاده از سیستم پولار درصد مدنظر ضربان قلب بیشینه (%) MHR) کنترل گردید. در نهایت برنامه هشت هفته تمرین هوایی به صورت زیر تنظیم گردید:

#### چهار هفته اول

با %MHR متناظر با  $\text{Vo}_{2\text{max}} = 45\% \text{MHR}$  تا  $66\% \text{MHR} = 73\% \text{MHR} = 55\% \text{Vo}_{2\text{max}}$  و دو دقیقه با  $66\% \text{MHR}$  ۷۳ و دو دقیقه با  $66\% \text{MHR}$  به طوری که سه دقیقه با

#### چهار هفته دوم

با %MHR متناظر با  $\text{Vo}_{2\text{max}} = 55\% \text{MHR} = 73\% \text{MHR}$  تا  $79\% \text{MHR} = 65\% \text{Vo}_{2\text{max}}$  و دو دقیقه با  $73\% \text{MHR} = 79\% \text{MHR}$  به طوری که سه دقیقه با در کل جلسات تمرین هوایی دستیاران تمرینی، محقق را در

جبیه، دفع پروتئین در خون به میزان بیش از ۱ گرم در روز، کاهش وزن بیش از ۱۰ درصد در طی دو ماه اخیر و مصرف سیگار و الکل (به دلیل اثر کاهشی مستقیم بر کاهش تون واگی) و انسولین بود. تمامی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه شرکت آگاهانه در پژوهش را تکمیل نمودند و مطابق دستورالعمل کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی اردبیل تمامی مراحل مجوز اخلاق پژوهش اجرا گردید و در مرحله بعد کد کارآزمایی بالینی از مرکز مطالعات کارآزمایی بالینی ایران دریافت گردید. سپس آزمودنی‌های پژوهش به صورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و تمرین هوایی با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی (۱۵ نفر) اختصاص یافتند. برای تعیین حجم نمونه از فرمول تعیین حجم نمونه برای مقایسه دو میانگین استفاده شد:

#### پروتکل تمرین هوایی

قبل از شروع برنامه‌ی تمرینی یک جلسه آشنایی با نحوه اجرای تمرینات ورزشی برای گروه تجربی اجرا گردید. گروه تجربی به مدت هشت هفته برنامه تمرین هوایی با شدت ۴۵-۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی را با توالی سه جلسه در هفته اجرا نمود. در هر جلسه تمرینی ۲۰ دقیقه حرکات گرم کردن، ۴۰ دقیقه بدنی اصلی تمرین و ۱۰ دقیقه حرکات سرد کردن اجرا گردید. تمامی مراحل اجرای تمرین بر روی تردمیل مدل تکنوجیم<sup>۱</sup> در محیط آزمایشگاهی صورت گرفت. جهت برآورد میزان درصدهایی از حداکثر اکسیژن مصرفی ابتدا با استفاده از تست بروس<sup>۲</sup> در یک جلسه قبل از شروع تمرینات مقادیر دقیق حداکثر اکسیژن مصرفی برای هر یک از آزمودنی‌ها سنجیده شد، سپس مقادیر درصدی از حداکثر اکسیژن مصرفی (%) برای هر یک از آزمودنی‌ها محاسبه گردید. در مرحله بعدی با استفاده از فرمول David Esvin درصدهای حداکثر اکسیژن مصرفی به صورت درصدی از ضربان قلب بیشینه

<sup>1</sup> Technogym

<sup>2</sup> Bruce Test

## تحلیل آماری

توزیع طبیعی متغیرهای تحقیق با استفاده از آزمون نرمالیته شاپروویلک<sup>۱</sup> در گروههای پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. جهت مقایسه تفاوت‌های میانگین گروههای پژوهش از آزمون تی مستقل و جهت مقایسه تفاوت‌های پیش آزمون و پس آزمون از آزمون تی همبسته استفاده شد. نتایج تمامی متغیرها به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش گردید.

## یافته‌ها

مشخصات عمومی آزمودنی‌ها همراه با مقایسه‌های بین گروهی در جدول ۱ ارائه گردیده است.

نتایج نشان داد که شرکت در فعالیت ورزشی هوایی به مدت هشت هفته با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در مقایسه با گروه کنترل افزایش غیرمعنی‌دار ( $P \geq 0.05$ ) و در مقایسه با پیش آزمون کاهش معنی‌دار ( $P = 0.01$ ) در سطوح قد خون ناشتا در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک گردید. در مقایسه با گروه کنترل سطوح کلسترول تام و لیپوپروتئین کم چگال و پرچگال در گروه تمرین هوایی معنی‌دار نبود ( $P \geq 0.05$ ). تنها سطوح کلسترول تام و لیپوپروتئین کم چگال نسبت به پیش آزمون در گروه فعالیت ورزشی هوایی معنی‌دار بود ( $P = 0.01$ ). در گروه فعالیت ورزشی هوایی سطوح تری‌گلیسرید و نسبت لیپوپروتئین کم چگال به پرچگال هم نسبت به گروه کنترل و هم نسبت به پیش آزمون معنی‌دار بودند ( $P = 0.01$ ). امتیاز Z متابولیک در گروه تمرین هوایی معنی‌دار نداشت ( $P \geq 0.05$ ). این نتایج نشان داد که گروه کنترل تفاوت معنی‌داری را در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک نشان داد ( $P = 0.01$ ). سطوح فشار خون سیستولی، فشار خون دیاستولی و متوسط در گروه فعالیت ورزشی هوایی نسبت به پیش آزمون و گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P \geq 0.05$ ) (جدول ۲).

نتایج نشان داد که شرکت در فعالیت ورزشی هوایی به مدت هشت هفته با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی در مقایسه با گروه کنترل تغییر غیرمعنی‌دار ( $P \geq 0.05$ ) و در مقایسه با پیش آزمون

کنترل شدت تمرین هوایی همراهی نمودند.

## سنجهش تغییرپذیری ضربان قلب

سیستم My Patch & Vx3 + ساخت کشور آمریکا DMS-Service / Company Engineering Engineering برای اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب مورد استفاده قرار گرفت. قبل از شروع فرآیند اندازه‌گیری، دستورالعمل‌های استاندارد رعایت شده توسط آزمودنی‌ها مدنظر قرار گرفت: شامل اصلاح و تمیز کردن محل اتصال الکترودها، خودداری از نوشیدن مواد حاوی کافئین ۱۲ ساعت قبل از اندازه‌گیری، اجتناب از نوشیدنی‌های الكلی قبل از اندازه‌گیری، خودداری از مشارکت در هر نوع فعالیت بدنی اضافی ۴۸ ساعت قبل از اندازه‌گیری. متغیرهای زمانی و فرکانسی دامنه تغییرات ضربان قلب پس از ۵ دقیقه استراحت در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد در وضعیت خوابیده به پشت، به مدت ۲۰ دقیقه ثبت شد.

## سنجهش نیتریک اکساید

بعد از ۸ ساعت دوره‌ی ناشتا، نمونه خون (۵ سی سی) در مرکز آزمایشگاه پزشکی اردبیل جمع‌آوری شد. سپس شاخص‌های خطر متابولیک شامل: لیپوپروتئین‌های با چگالی بالا و پایین (HDL and LDL Pars Azmun Kits)، تری‌گلیسرید (Triglycerides Pars Azmun Kits)، کلسترول تام (Cholesterol Pars Azmun Kits) و گلوکز خون (اندازه‌گیری شده توسط ۷ I Magic آلمان) و نیتریک اکساید (از روش اندازه‌گیری Griess و از کیت سنجهش نیتریک اکساید NatrixTM Nitric Oxide (NO)Assay Kit سلامت ایران استفاده شده است) و فاکتورهای تنفسی (اندازه‌گیری شده توسط GANSHORN آلمان) در مرکز آزمایشگاهی اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری NO از سرم خونی نمونه‌های بیولوژیکی استفاده شده است و در انجام این مطالعه تنها NO اندازه‌گیری شده است و متابولیت‌های دیگر NO در این مطالعه اندازه‌گیری نشد.

<sup>1</sup> Shapiro-Wilk test

مطلوبی را نشان داد ( $P=0.01$ ). سطوح نیتریک اکساید در گروه تمرین هوایی نسبت به گروه کنترل و دوره پیش آزمون تفاوت معنی‌داری داشت ( $P=0.01$ ). همچنین سطوح فشار خون سیستولی، دیاستولی و متوسط در گروه تمرین هوایی نسبت به پیش آزمون و گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P \geq 0.05$ ) (جدول ۳).

تفاوت معنی‌دار ( $P=0.01$ ) در شاخص فرکانس محور LF و LF/HF در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می‌گردد. همچنین شاخص‌های زمان محور rMSSD SDNN و شاخص‌های فرکانس محور HF، VLF تغییرپذیری ضربان قلب هم نسبت به گروه کنترل و هم دوره پیش آزمون در گروه تمرین هوایی اثرات

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

متغیر	درصد چربی	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مجنزور متر)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	سن (سال)	گروه کنترل (n=15)	گروه تمرین هوایی (n=15)	سطح معنی‌داری
						۴۵/۹۲±۸/۲۹	۴۵/۷۶±۹/۲۸	۰/۹۹
						۱۶۸/۵۴±۷/۷۳	۱۷۲/۲۳±۶/۸۰	۰/۳۰
						۸۳/۴۱±۹/۱۰	۹۵/۳۷±۱۲/۰۲	۰/۰۶
						۲۹/۳۷±۲/۷۷	۳۲/۲۸±۲/۷۶	۰/۹۶
						۲۷/۴۰±۵/۲۵	۲۷/۸۶±۴/۰۵	۰/۹۶

جدول ۲- نتایج مقایسه اثر تمرین هوایی با شدت متوسط بر شاخص‌های لیبیدی، قند خون و امتیاز Z متابولیک

متغیرها	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	گروه کنترل	گروه تمرین هوایی	مقایسه پیش و پس آزمون	تمرين هوایي	مقایسه گروههای کنترل و
قند خون ناشتا	۱۱۲/۱±۵/۸	۱۱۸/۶±۶/۳	۱۱۵/۴±۶/۸	۱۰۲/۵±۸/۱	P=0.31	P=0.01*	P=0.86	P=0.01†	P=0.01†
لیبوروتین کم چگال	۱۰۱/۴±۳/۲	۱۰۵/۰±۵/۸	۱۰۰/۲±۴/۱	۹۱/۸±۶/۳	P=0.45	P=0.12	P=0.94	P=0.01†	P=0.01†
لیبوروتین پرچگال	۴۱/۷±۴/۳	۳۸/۲±۵/۳	۳۸/۸±۴/۵	۴۲/۵±۳/۲	P=0.39	P=0.38	P=0.35	P=0.37	P=0.01*
امتیاز Z متابولیک	۵/۱±۱/۲	۵/۰±۱/۳	۵/۴±۱/۴	۱/۵±۱/۱	P=0.82	P=0.01*	P=0.64	P=0.01†	P=0.01†
نیتریک اکساید	۰/۱۱±۰/۰۶	۰/۱۲±۰/۰۹	۰/۱۰±۰/۰۷	۰/۲۱±۰/۱۰	P=0.48	P=0.01*	P=0.46	P=0.01*	P=0.01†

\*: تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون †: تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل، قند خون ناشتا، لیبوروتین کم چگال و لیبوروتین پرچگال با واحد میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، نیتریک اکساید با واحد میلی‌مول در لیتر

جدول ۳- نتایج مقایسه اثر تمرین هوایی با شدت متوسط بر شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب

متغیرها	پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	گروه کنترل	گروه تمرین هوایی	مقایسه پیش و پس آزمون	تمرين هوایي	مقایسه گروههای کنترل و
SDNN	۵۳/۰۷±۲۰/۴۷	۵۶/۵۳±۲۳/۵۱	۵۲/۶۱±۲۱/۴۴	۶۷/۶۱±۱۸/۶۹	P=0.78	P=0.01*	P=0.97	P=0.01†	P=0.01†
rMSSD	۲۲/۸۴±۷/۷۸	۲۵/۶۱±۹/۳۹	۱۹/۳۰±۸/۳۰	۳۵/۲۳±۱۶/۶۱	P=0.63	P=0.01*	P=0.60	P=0.01†	P=0.01†
VLF	۱۲۳۱/۹±۳۳۰/۵	۱۳۵۶/۷±۱۵۰/۳	۱۱۶۱/۴±۲۹۸/۸	۱۸۶۲/۵±۳۶۹/۱	P=0.85	P=0.01*	P=0.91	P=0.01†	P=0.01†
LF	۵۲۱۳/۱±۳۱۳/۴	۶۲۷۶/۲±۶۱۵/۵	۴۷۹۲/۳±۲۲۹/۷	۷۱۴۳/۸±۲۷۴/۷	P=0.46	P=0.01*	P=0.79	P=0.01†	P=0.01†
HF	۱۰۱۷/۷±۶۹/۱۳	۱۰۸۶/۹±۷۳/۹۳	۲۳۶۲/۹±۲۰۱/۳	۱۸۵۷/۴±۱۵۲/۷	P=0.98	P=0.01*	P=0.52	P=0.01†	P=0.01†
LF/HF	۵/۲۵±۳/۵۳	۵/۱۸±۳/۴۲	۵/۵۷±۴/۸۶	۳/۸۴±۴/۲۰	P=0.83	P=0.01*	P=0.67	P=0.01†	P=0.01†

\*: تفاوت معنی‌دار نسبت به پیش آزمون †: تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه کنترل. تمامی شاخص‌ها با واحد میلی‌ثانیه، شاخص LF/HF با واحد نسبت

## بحث

ورزشی پله با شدت ۷۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه به مدت هشت هفته در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک به این نتیجه دست یافتند که شرکت در فعالیت ورزشی هوایی سبب بهبودی وضعیت شاخص‌های متابولیکی و شاخص‌های تغییرپذیری ضربان قلب مرتبط با عملکرد سیستم اتونوم قلبی بدون اثر معنی‌داری باز در سطوح فشار خون مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می‌گردد. تنها تفاوت بین پژوهش ما و مطالعه Stuckey و همکاران شدت فعالیت ورزشی می‌باشد که در پژوهش ما ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و در مطالعه Stuckey و همکاران ۷۰-۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه بود (۱۴). با این وجود نتایج دو مطالعه نزدیک به هم و موافق بود. علاوه بر اثر فعالیت ورزشی هوایی بر تغییرپذیری ضربان قلب و سایر شاخص‌های مرتبط با سندروم متابولیک، با استناد به نتایج سایر مطالعات می‌توان به مکانیسم عمل‌های دیگری علاوه بر تغییرات سطوح فشار خون و عملکرد سیستم اتونوم قلبی اشاره نمود. ASO و همکاران با بررسی همزمان تغییرپذیری ضربان قلب و تغییرات سطوح پروتئین واکنشگر C در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک به این نتیجه دست یافتند که سطوح بالای سرمی پروتئین واکنشگر C با فعالیت بیش از اندازه سیستم عصبی سمپاتیک مرتبط می‌باشد (۱۵). بنابراین افزایش سطوح پروتئین واکنشگر C را می‌توان به عنوان یکی از مکانیسم‌های موثر در اختلال سیستم اتونوم قلبی در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک گزارش داد.

در پژوهش ما مشخص گردید که شرکت در فعالیت ورزشی هوایی با شدت متوسط علاوه بر شاخص‌های خطر متابولیک و تغییرپذیری ضربان قلب منجر به تغییرات معنی‌دار در سطوح نیتریک اکساید عروقی در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک بدون اثر آنچنان معنی‌دار بر سطوح فشار خون در این افراد می‌گردد. به نظر می‌رسد که تغییرات عملکرد سیستم اتونوم قلبی با تغییرات سطوح نیتریک اکساید عروقی در افراد مبتلا به سندروم متابولیک مرتبط می‌باشد. مطالعات قبلی در تقویت این یافته همسو با یافته‌ی پژوهش ما می‌باشند. از این قبیل مطالعات می‌توان به مطالعه پیرعلایی و همکاران اشاره نمود که تغییرات عملکرد سیستم اتونوم

اجرای فعالیت ورزشی با شدت ۶۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی با کاهش معنی‌دار سطوح قند خون ناشتا تا محدوده‌ی نرمال، همچنین تغییرات معنی‌دار مطلوبی در شاخص‌های لیپیدی (کلسترول تام، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین کم چگال)، امتیاز Z متابولیک و شاخص‌های زمان‌محور و فرکانس محور تغییرپذیری ضربان قلب مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می‌گردد. این یافته‌ی پژوهش ما در زمینه‌ی شاخص‌های خطر متابولیک توسط سایر مطالعات مرتبط نیز حمایت می‌شود. Haram و همکاران با بررسی اثر فعالیت ورزشی با شدت متوسط سبب بهبود تمامی شاخص‌های خطر متابولیک در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می‌گردد (۸). یکی از محدودیت‌های اصلی این پژوهش عدم کنترل رژیم غذایی و محاسبه‌ی کالری دریافتی و مصرفی آزمودنی‌ها بود که با استناد به نتایج سایر مطالعات می‌توان از اثرات مشابه اینگونه مطالعات با پژوهش ما گزارش داد. Azali و همکاران با بررسی اثر هشت هفته فعالیت ورزشی هوایی با شدت ۵۰ تا ۶۰ از حداکثر ضربان قلب همراه با کنترل غذایی در بیماران مرد میانسال مبتلا به سندروم متابولیک به این نتیجه دست یافتند که این شدت متوسط از فعالیت ورزشی هوایی سبب اثرات معنی‌داری در شاخص‌های خطر متابولیک در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می‌گردد (۵). نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش ما موافق می‌باشد و تفاوت بین دو مطالعه در کنترل برنامه غذایی بیماران مبتلا به سندروم متابولیک می‌باشد. با این وجود بدون کنترل غذایی هم نتایج پژوهش اثرات معنی‌دار را به اثبات می‌رساند این امر گویای اهمیت شرکت در فعالیت ورزشی هوایی و اثرات آن بر کنترل شاخص‌های خطر متابولیک می‌باشد.

همچنین شرکت در فعالیت ورزشی با شدت متوسط سبب بهبودی معنی‌داری در شاخص‌های مرتبط با تغییرپذیری ضربان قلب در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک می‌گردد. این یافته‌ی پژوهش ما با نتایج سایر مطالعات مرتبط در این زمینه همسو می‌باشد. Stuckey و همکاران با بررسی اثر شرکت در فعالیت

دوره تمرین نسبت داد.

## نتیجه‌گیری

به طور کلی با توجه به نتایج مطالعات قبلی و این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اجرای منظم فعالیت ورزشی هوازی باشد متوجه می‌تواند به عنوان یک پروتکل تمرینی مناسب جهت بهبود عملکرد قلبی عروقی برای مردان مبتلا به سندروم متابولیک به کار گرفته شود. همچنین می‌توان مکانیسم عمل بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک را تا حدودی با تغییرات سطوح نیتریک اکساید عروقی مرتبط دانست. تغییرات سطوح فشار خون در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک بیشتر به دوره تمرینی شرکت منظم در فعالیت ورزشی هوازی بستگی دارد.

## تقدیر و تشکر

این پژوهش برگرفته از رساله دکتری فیزیولوژی ورزشی با شماره مجوز ۱۰۴۹ تحت حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی با کد اخلاق IR.ARUMS.REC.1397.266 اجرا گردیده است.

## تضاد منافع

نویسنده‌گان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافع در پژوهش حاضر وجود ندارد.

قلبی ناشی از تغییرات سطوح نیتریک اکساید عروقی را تأیید نمودند و در واقع تغییرات سطوح نیتریک اکساید عروقی را به عنوان یک مکانیسم موثر در عملکرد سیستم اتونوم قلبی گزارش نمودند (۱۶). به نظر می‌رسد که تغییرات سطوح نیتریک اکساید عروقی با عملکرد تنگ‌شدگی عروقی و تعديل عملکرد واژوموتوری سیستم عصبی سمباتیک باعث اعمال تغییرات در عملکرد سیستم اتونوم قلبی همراه باشد. بنابراین می‌توان به محدودیت دیگری در این پژوهش اشاره نمود و سنجش شاخص‌های دیگر مرتبط با عملکرد واژوموتوری عروقی را به عنوان فاکتورهای اصلی دیگر در بررسی نقش عملکردی این شاخص‌ها در بهبود عملکرد سیستم اتونوم قلبی را جهت نتیجه‌گیری دقیق‌تر با اهمیت دانست. همچنین می‌توان متصور شد که دلیل عدم تغییرات غیرمعنی‌دار در سطوح فشار خون در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک در این پژوهش به دوره تمرین هوازی ارتباط داشته باشد. نتایج این پژوهش با برخی مطالعات از قبیل مطالعه Stewart همکاران مخالف می‌باشد؛ زیرا در مطالعه Stewart و همکاران همزمان با تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های خطر متابولیک در مردان میانسال مبتلا به سندروم متابولیک سطوح فشار خون نیز دستخوش تغییرات معنی‌داری گردید (۱۷). تفاوت اصلی بین دو مطالعه در دوره تمرین می‌باشد که در مطالعه Stewart و همکاران دوره تمرین شش ماهه (طولانی‌تر از دوره تمرین هوازی پژوهش ما) احتمالاً سبب این تغییرات معنی‌دار در سطوح فشار خون در مردان مبتلا به سندروم متابولیک گردیده است. بنابراین به طور کلی می‌توان تغییرات سطوح فشار خون را به

## منابع:

- Rosner B, Cook NR, Daniels S, Falkner B. Childhood blood pressure trends and risk factors for high blood pressure: the NHANES experience 1988–2008. *Hypertension*. 2013; 62(2): 247-54. DOI: [10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00831](https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00831)
- Chamberlain JJ, Johnson EL, Leal S, Rhinehart AS, Shubrook JH, Peterson L. Cardiovascular disease and risk management: review of the American Diabetes Association Standards of Medical Care in Diabetes. *Ann Intern Med*. 2018; 168(9): 640-50. DOI: [10.7326/M18-0222](https://doi.org/10.7326/M18-0222)
- Jeppesen J, Hein HO, Suadican P, Gyntelberg F. High triglycerides and low HDL cholesterol and blood pressure and risk of ischemic heart disease. *Hypertension*. 2000; 36(2): 226-32. DOI: [10.1161/01.hyp.36.2.226](https://doi.org/10.1161/01.hyp.36.2.226)
- Feldman-Billard S, Massin P, Meas T, Guillausseau PJ, Héron E. Hypoglycemia-induced blood pressure elevation in patients with diabetes. *Arch Intern Med*. 2010; 170(9): 829-31. DOI: [10.1001/archinternmed.2010.98](https://doi.org/10.1001/archinternmed.2010.98)

- 5- Azali Alamdari K, Yavari Y, Azarian Sousahab S. Effect of Aerobic Training on Overall Metabolic Risk and the Atherogenic Non-High Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Tabriz Sedentary Males by Controlling the Effect of Nutrition. Rehab Med. 2016; 6(3): 103-112. [Persian] DOI: [10.22037/JRM.2017.1100353](https://doi.org/10.22037/JRM.2017.1100353)
- 6- Ernst G. Heart-Rate variability—More than Heart Beats? Front Public Health. 2017; 5: 240. DOI: [10.3389/fpubh.2017.00240](https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00240)
- 7- Iranpour A, Bolboli L. Correlation between plasma electrolytes, lipid profiles and blood pressure following aerobic exercise in water and outside water in academic active male. Razi j Med Sci. 2019 10; 26(7): 113-123. [Persian] [Link](#)
- 8- Haram PM, Kemi OJ, Lee SJ, Bendheim MØ, Al-Sheare QY, Waldum HL, Gilligan LJ, Koch LG, Britton SL, Najjar SM, Wisloff U. Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise in the metabolic syndrome of rats artificially selected for low aerobic capacity. Cardiovascular research. 2009; 81(4): 723-32.
- 9- Chung J, Kim K, Hong J, Kong HJ. Effects of prolonged exercise versus multiple short exercise sessions on risk for metabolic syndrome and the atherogenic index in middle-aged obese women: a randomised controlled trial. BMC women's health. 2017; 17(1): 65. DOI: [10.1186/s12905-017-0421-z](https://doi.org/10.1186/s12905-017-0421-z)
- 10- Huang PL. A comprehensive definition for metabolic syndrome. Dis Model Mech. 2009 ; 2(5-6): 231-7. DOI: [10.1242/dmm.001180](https://doi.org/10.1242/dmm.001180)
- 11- Musa DI, Adeniran SA, Dikko AU, Sayers SP. The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men. J Strength Cond Res. 2009; 23(2): 587-92. DOI: [10.1519/JSC.0b013e318198fd28](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318198fd28)
- 12- Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaglia G,et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. Lipids Health Dis. 2013; 12(1): 131. DOI: [10.1186/1476-511X-12-131](https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-131)
- 13- Villegas R, Perry IJ, Creagh D, Hinchion R, O'Halloran D. Prevalence of the Metabolic Syndrome in Middle-Aged Men and Women. Diabetes Care 2003; 26(11): 3198-3199. DOI: [10.2337/diacare.26.11.3198-a](https://doi.org/10.2337/diacare.26.11.3198-a)
- 14- Stuckey MI, Kiviniemi AM, Petrella RJ. Diabetes and technology for increased activity study: the effects of exercise and technology on heart rate variability and metabolic syndrome risk factors. Front Endocrinol (Lausanne). 2013; 4: 121. DOI: [10.3389/fendo.2013.00121](https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00121)
- 15- Aso Y, Wakabayashi S, Nakano T, Yamamoto R, Takebayashi K, Inukai T. High serum high-sensitivity C-reactive protein concentrations are associated with relative cardiac sympathetic overactivity during the early morning period in type 2 diabetic patients with metabolic syndrome. Metabolism. 2006; 55(8): 1014-21. DOI: [10.1016/j.metabol.2006.03.011](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2006.03.011)
- 16- Piralaiy E, Siahkohian M, Nikoukheshat S, Bolboli L, Aslan Abadi N, Sheikhalizadeh M, Fathollahi S. Efficacy of the Moderate Intensity Aerobic training on Heart Rate Variability (HRV) in Patients with the Type-2 Diabetic Neuropathy. Med J Tabriz Univ Med Sci. 2019; 41(3): 44-52. [Link](#)
- 17- Stewart KJ, Bacher AC, Turner K, Lim JG, Hees PS, Shapiro EP, et al. Exercise and risk factors associated with metabolic syndrome in older adults. Am J Prev Med. 2005; 28(1): 9-18. DOI: [10.1016/j.amepre.2004.09.006](https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.09.006)