



Response of Serum Levels of Adiponectin and Insulin Resistance Indexes in Obese Male Rats to Two Types of Aerobic Exercise Intensities

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Hejazi K.^{*1} PhD,
Attarzadeh Hosseini S.R.² PhD,
Fathi M.² PhD,
Mosaferi Ziaaldini M.² PhD

How to cite this article

Hejazi K, Attarzadeh Hosseini S.R, Fathi M, Mosaferi Ziaaldini M. Response of Serum Levels of Adiponectin and Insulin Resistance Indexes in Obese Male Rats to Two Types of Aerobic Exercise Intensities. Pathobiology Research. 2019;22(4):221-227.

¹Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

²Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Correspondence

Address: DExercise Physiology Department, Physical Education & Sport Sciences Faculty, Hakim Sabzevari University, Hakim Street, Sabzevar, Iran. Postal Code: 9617836778
Phone: +98 (51) 344012620
Fax: +98 (51) 344012753
k.hejazi@hsu.ac.ir

Article History

Received: December 24, 2019

Accepted: May 9, 2020

ePublished: June 8, 2020

ABSTRACT

Aims Adiponectin is mainly produced by adipose tissue and there is an inverse relationship between circulating adiponectin levels and metabolic syndrome, obesity, and cardiovascular disease. The aim of the current study was to investigate the effects of eight weeks aerobic exercise with moderate and high intensities on serum levels of adiponectin and insulin resistance indexes in obese male rats.

Materials & Methods In this experimental study, 24 adult obese male Wistar rats (weight 250 to 300g, BMI>30g/cm²) are divided into three groups including aerobic exercise with 28m/min (MI= moderate intensity), aerobic exercise with 34m/min (HI= high intensity) and, control group (C= control). All training groups carried out exercise training for 8 weeks (5 sessions per week for 60 min per session). T-test and one-way analysis of variance were used to evaluate the differences between intra- and intergroup means, respectively. Tukey test was applied to compare the groups as two by two.

Findings The levels of adiponectin in MI group (p= 0.04) and HI (p= 0.04) rather than C group were increased. Moreover, there are no differences between eight weeks aerobic exercise with MI and HI groups on adiponectin levels (p= 1.00). The levels of FBS and insulin in MI and HI groups rather than C group were reduced but these changes were not significant (p>0.05). The levels of insulin resistance index in MI group (p= 0.01) and HI (p= 0.01) rather than C group were significantly reduced.

Conclusion It seems that both of the aerobic exercise intensities have a better effect on the prevention of obesity and cardiovascular disease.

Keywords Obesity; Aerobic Training; Adiponectin; Insulin Resistance Index

CITATION LINKS

[1] Factors associated with skeletal muscle mass, ... [2] Obesity, fat distribution, and risk of frailty in two population-based ... [3] Genetics of food intake and body composition ... [4] Follow-up report on the diagnosis ... [5] Circulating adiponectin and adiponectin receptor expression ... [6] Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin ... [7] Hypoadiponectinemia in obesity and type 2 diabetes: Close association ... [8] Effect of aerobic exercise on plasma adiponectin levels and insulin resistance ... [9] Obesity and the metabolic syndrome in children and ... [10] Relationship of adiponectin to body fat distribution, insulin sensitivity and plasma ... [11] Serum level of adiponectin and its association with ... [12] Obesity and insulin ... [13] Insulin resistance and coronary artery disease in non-diabetic patients ... [14] Cross sectional study of childhood obesity and prevalence ... [15] Effectiveness of interventions targeting physical activity ... [16] Obesity-associated insulin resistance in skeletal ... [17] Effects of aerobic versus resistance training on serum ... [18] The effect of long-term aerobic exercise on serum ... [19] Effect of aerobic exercise on serum adiponectin and ... [20] The effect of aerobic training on serum levels of ... [21] Exercise training intensity/volume affects plasma ... [22] Caloric restriction and exercise training, combined ... [23] Oxygen uptake of rats at different ... [24] Resistance training induces muscle-specific ... [25] The prognosis of glycoregulation disturbances ... [26] The effect of aerobic training on tumor growth ... [27] Effect of 8 weeks of high intensity interval ... [28] Changes in body weight, C-reactive protein, and total ... [29] The fat-derived hormone adiponectin reverses insulin resistance ... [30] Adipokines and insulin ... [31] In the absence of weight loss, exercise ... [32] Effect of walking with a pedometer ... [33] Acute exercise increases adipose tissue ... [34] Leptin and adiponectin responses in overweight ... [35] Effects of aerobic training with and without ... [36] Effects of 12-weeks of aerobic exercise training on ... [37] Resistance training in the treatment of ... [38] Metabolic syndrome pathophysiology ...

پاسخ تغییرات سطوح سرمی آدیپونکتین و نشانگرهای مقاومت به انسولین رت‌های نر چاق به دو نوع شدت تمرین هوازی

کیوان حجازی* PhD

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

سیدرضا عطارزاده حسینی PhD

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مهرداد فتاحی PhD

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محمد مسافری ضیاءالدینی PhD

گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

اهداف: آدیپونکتین به‌طور عمده توسط بافت چربی تولید می‌شود و رابطه معکوسی بین سطوح آدیپونکتین در گردش و سندرم متابولیک، چاقی و بیماری قلبی-عروقی وجود دارد. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر هشت هفته تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا بر سطوح سرمی آدیپونکتین و شاخص‌های مقاومت به انسولین رت‌های نر چاق بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی، تعداد ۲۴ سر رت نر چاق نژاد ویستار (وزن ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم، نمایه توده بالای ۳۰۰ گرم بر سانتی‌متر مربع) به سه گروه تمرین هوازی با ۲۸ متر در دقیقه (شدت متوسط)، گروه تمرین هوازی با شدت ۳۴ متر در دقیقه (شدت بالا) و گروه کنترل تقسیم شدند. تمرین هوازی شامل هشت هفته تمرین هوازی، تعداد جلسات تمرینی ۵ جلسه در هفته به مدت ۶۰ دقیقه در هر جلسه اجرا شد. از آزمون T همبسته و تحلیل واریانس یک‌طرفه برای بررسی به ترتیب تفاوت میانگین‌های درون و بین گروهی استفاده شد. آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه دو به دو گروه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: سطوح آدیپونکتین سرمی گروه‌های تمرین هوازی با شدت متوسط ($p = ۰/۰۴$) و بالا ($p = ۰/۰۴$) نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری یافت. همچنین تفاوت معنی‌داری بین تأثیر هشت هفته تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا بر سطوح آدیپونکتین سرمی مشاهده نشد ($p = ۱/۰۰$). علاوه بر این سطح گلوکز و انسولین سرمی گروه‌های تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا نسبت به گروه کنترل کاهش یافت، اما این تغییرات معنی‌دار نبود ($p > ۰/۰۵$). شاخص مقاومت به انسولین گروه‌های تمرین هوازی با شدت متوسط ($p = ۰/۰۱$) و بالا ($p = ۰/۰۱$) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری یافت.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد اجرای تمرین هوازی با هر دو شدت متوسط و بالا احتمالاً می‌تواند اثربخشی بهتری بر پیشگیری از چاقی و بیماری‌های قلبی-عروقی داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: چاقی، تمرین هوازی، آدیپونکتین، شاخص مقاومت به انسولین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۰

*نویسنده مسئول: k.hejazi@hsu.ac.ir

مقدمه

چاقی و اضافه وزن از جمله مشکلات اساسی است که کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته با آن روبه‌رو هستند و آن را به‌عنوان یک عامل خطر ساز مستقل برای ایجاد بیماری‌های مختلف می‌شناسند^[۱]. عوامل مختلفی از جمله عدم تنظیم هموستاز انرژی، عوامل ژنتیکی، روانی و شیوه زندگی از قبیل افراط در مصرف غذاهای پرکالری و عدم فعالیت بدنی می‌توانند در بروز چاقی موثر باشند^[۲, ۳]. نتایج مطالعات حاکی از آن است که چاقی و افزایش چربی بدن با کاهش سطوح آدیپونکتین همراه است^[۴]. از این رو، برخلاف اینکه آدیپونکتین یکی از فراوان‌ترین هورمون‌های پپتیدی مترشح از بافت چربی است، اما سطوح آن در افراد چاق که از ذخایر چربی بالایی برخوردار هستند به مراتب پایین‌تر از افراد لاغر است و دارای همبستگی منفی قوی با شاخص توده بدن در انسان‌ها و حیوانات است^[۵, ۶, ۷]. آدیپونکتین، یکی از آدیپوکین‌هایی است که از بافت چربی ترشح می‌شود و در مراحل اولیه چاقی یا مقاومت به انسولین میزان ترشح آن کاهش می‌یابد. آدیپونکتین با افزایش حساسیت کبد به انسولین، میزان خروجی گلوکز از کبد را کاهش و مصرف گلوکز در عضلات را افزایش می‌دهد و مانع افزایش قند خون می‌شود^[۸]. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که ارتباط معکوسی بین آدیپونکتین و مقاومت به انسولین، مستقل از سطوح چربی بدن وجود دارد^[۹, ۱۰]. انسولین، به‌عنوان یک مهارکننده سطوح آدیپونکتین در انسان‌ها و حیوانات شناخته شده است^[۱۱]. در وضعیت مقاومت به انسولین که بیشتر به چاقی نسبت داده می‌شود، سلول‌های بتای پانکراس منجر به حفظ سطح قند خون در حد نرمال می‌شوند^[۱۲]. بروز مقاومت به انسولین می‌تواند منجر به افزایش بیماری‌های قلبی-عروقی، شریان کرونری و مرگ‌ومیر شود^[۱۳].

شواهد حاکی از آن است که عوامل متعددی در بروز چاقی نقش دارند که در این میان می‌توان به رفتار بی‌تحرك و کاهش آمادگی جسمانی اشاره کرد^[۱۴]. گزارش شده است که یکی از ساده‌ترین راه‌های دستیابی به سلامتی و حفظ وزن مطلوب انجام فعالیت‌های بدنی است، چراکه حدود یک سوم از انرژی مصرفی روزانه در فعالیت‌های بدنی هزینه می‌شود و این مقدار در افراد فعال افزایش می‌یابد^[۱۵]. در حال حاضر، تمرین بدنی منظم هوازی می‌تواند به‌عنوان ابزار درمانی غیردارویی قدرتمندی برای کاهش چاقی و پیشگیری از اضافه وزن مطرح شود که در تعدیل مقاومت به انسولین و کاهش پیشرفت عفونت‌ها و التهاب مزمن نیز موثر می‌است^[۱۶]. در این زمینه، عابدی و همکاران با بررسی اثر ۳۰ دقیقه تمرین هوازی با شدت ۶۰ تا ۷۰٪ حداکثر ضربان قلب در مقابل تمرین مقاومتی (با شدت ۷۰٪ یک تکرار بیشینه) بر سطوح سرمی لپتین و مقاومت به انسولین ۳۰ مرد با دامنه سنی ۲۳ سال به این نتیجه رسیدند که سطوح لپتین و شاخص مقاومت به انسولین در هر دو گروه نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری

منظور طول بدن رت از نوک پوزه تا ناحیه مقعد، به واحد سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه نمایه توده بدن رت‌ها، اندازه وزن بدن آنها بر حسب واحد گرم به مقدار مربع قد بر حسب سانتی‌متر تقسیم شد و نمایه توده بدن آنها بر حسب گرم بر سانتی‌متر مربع گزارش شد. رت‌ها به مدت ۲ هفته در قفس‌های پلی‌کربنات و در شرایط کنترل‌شده در محیطی با میانگین دما و رطوبت به ترتیب $23 \pm 1^\circ\text{C}$ و $50 \pm 3\%$ و نور به‌صورت چرخه ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با دسترسی آزاد به آب و غذای مخصوص جوندگان آزمایشگاهی نگهداری شدند. همچنین آب به وسیله بطری شیشه‌ای مخصوص در اختیار آنها قرار گرفت. قفس هفته‌ای ۳ بار با الکل ۷۰٪ ضدعفونی شد. همه حیوانات به آب و غذای ویژه موش دسترسی آزاد داشتند. حیوانات پس از دو هفته آشنایی با محیط آزمایشگاه به‌طور تصادفی به سه گروه شامل تمرین هوازی با شدت متوسط (تعداد ۸ سر)، تمرین هوازی با شدت بالا (تعداد ۸ سر) و کنترل (تعداد ۸ سر) تقسیم شدند. نخست ۲۸ سر رت نر نژاد ویستار برای مطالعه خریداری شدند و در دوره تمرین تعداد ۴ سر به‌علت گیرافتادن در دستگاه تردمیل جوندگان جان خود را از دست دادند. لازم به ذکر است در کلیه مراحل مطالعه، اصول بیانیه هلسینکی و نظرات کمیته اخلاق در پژوهش رعایت شد. همچنین برای طرح پژوهشی مجوز کمیته اخلاق در پژوهش از دانشگاه فردوسی مشهد به شماره ۱۳۱ اخذ شد.

مرحله آشنایی و تمرین هوازی

براساس جدول ۱، برنامه تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا به مدت هشت هفته، هر هفته پنج روز و هر روز یک جلسه به مدت ۶۰ دقیقه بین ساعت ۸/۰۰ تا ۱۲/۰۰ با سرعت‌های متفاوت روی تردمیل جوندگان (بیونیک مبین؛ ایران)، دارای قابلیت تنظیم شیب دستگاه از ۱۰- تا ۱۵+ درجه، قابلیت تنظیم چندین برنامه متوالی با قابلیت تنظیم سرعت، شیب، شوک و شتاب برای هر برنامه مجزا انجام شد. ابتدا تسمه نوارگردان با متر اندازه‌گیری شد و سپس نقطه‌ای از آن به‌عنوان معیار مشخص شد. آنگاه، مدت زمان سپری‌شده برای یک دور کامل تسمه نوارگردان در فرمول سرعت قرار داده و در نتیجه با مانیتورینگ دستگاه مطابقت داده شد. سرعت مورد نظر ۱۷/۶۸ کیلومتر در ساعت معادل ۲۸ متر در دقیقه بود. شدت تمرین توسط سرعت دویدن رت‌ها بر دستگاه تردمیل محاسبه شد. پس از اتمام سازگاری، حیوانات برای آشنایی با نحوه اجرای پروتکل تمرین هوازی، در هفته اول روی دستگاه تردمیل قرار گرفتند و با سرعت ۱۰ متر در دقیقه با شیب صفر درجه به مدت ۱۵ دقیقه راه رفتند. در طول هفته دوم و سوم سرعت و مدت تمرین به‌تدریج افزایش یافت، به‌طوری که سرعت دویدن گروه شدت متوسط روی تردمیل ۲۸ متر در دقیقه معادل ۷۰ تا ۷۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی و سرعت دویدن گروه شدت بالا روی تردمیل ۳۴ متر در دقیقه معادل ۸۰ تا ۸۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی بود. در مجموع حجم تمرین در گروه‌های با شدت متوسط،

پیدا کرد [17]. پارسیان و همکاران گزارش کردند که اجرای تمرین هوازی طولانی‌مدت منجر به افزایش معنی‌دار سطح آدیپونکتین و حساسیت به انسولین می‌شود [18]. البالشی و همکاران با بررسی اثر هشت هفته تمرین هوازی، سه جلسه در هر هفته به مدت ۵۰ دقیقه در هر جلسه روی ۴۰ زن و مرد که به دو گروه مساوی ۲۰ تایی تقسیم شده بودند به این نتیجه رسیدند که میزان آدیپونکتین افزایش و مقاومت به انسولین کاهش معنی‌داری یافت [19]. پرستش و همکاران گزارش کردند که در موش‌های ۵۲ هفته‌ای اسپارگودولی به واسطه اجرای تمرین هوازی آدیپونکتین به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد [20].

به‌خوبی مشخص شده است که فعالیت‌های بدنی و ورزشی روش مناسبی برای بهبود وضعیت سلامتی انسان‌ها و جلوگیری و درمان بیماری‌های متابولیکی و قلبی-عروقی و کاهش چاقی است. با وجود همه‌گیر شدن چاقی و مشکلات همراه آن مثل بیماری‌های قلبی-عروقی، سلول‌های چربی و بافت چربی امروزه بخش بزرگی از تحقیقات علوم ورزشی و پزشکی را تشکیل می‌دهند. بنابراین مطالعه حاضر قصد دارد با بررسی مقایسه تمرین هوازی با شدت‌های متفاوت بر سطوح سرمی آدیپونکتین و مقاومت به انسولین در رت‌های نر چاق نژاد ویستار به این پرسش اساسی که کدام یک از شدت‌های مذکور تمرین هوازی می‌توانند تحریکی بر تغییرات سطوح سرمی آدیپونکتین و مقاومت به انسولین در رت‌های نر چاق نژاد ویستار داشته باشند، پاسخ دهد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی مقایسه اثر هشت هفته تمرین هوازی با شدت متوسط و زیاد بر سطوح سرمی آدیپونکتین و مقاومت به انسولین رت‌های نر چاق نژاد ویستار بود.

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها

مطالعه حاضر از نوع تجربی است و در محیط آزمایشگاه با مدل حیوانی انجام شد. تعداد ۲۴ سر رت نژاد ویستار سالم (چهارده هفته و با وزن ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم، نمایه توده بالای ۳۰ گرم بر سانتی‌متر مربع) استفاده شد. این حیوانات از موسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی شهرستان مشهد، ایران خریداری و به آزمایشگاه حیوانات دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. وزن رت‌ها در ابتدای مطالعه در هفته پنجم در هر سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت (وزن تقریبی $12/84 \pm 7/15$ گرم، سطح معنی‌داری $p = 0/85$). رژیم استاندارد (کارخانه به‌پرور) به مدت یک هفته برای تطبیق پیدا کردن با شرایط آزمایشگاه به موش‌ها داده شد. به‌منظور القای چاقی، در پایان هفته ششم شروع به استفاده از رژیم غذایی پرکالری شد. در پایان هفته چهاردهم وزن تقریبی رت‌ها به ۲۵۰ تا ۳۰۰ گرم رسید. برای اندازه‌گیری وزن رت‌ها از ترازوی دیجیتال (سکا؛ آلمان) با حساسیت ۱۰۰ میلی‌گرم استفاده شد. برای اندازه‌گیری قد رت‌ها دستگاه کولیس با حساسیت ۰/۱ میلی‌متر به کار برده شد. به این

۸/۴ کیلومتر در هفته و با شدت بالا، ۱۰/۲ کیلومتر در هفته بود- [21]
 23]. پس از اتمام برنامه تمرینی، به منظور سرد کردن، سرعت دستگاه به طور معکوس کاهش داده شد تا به صفر برسد.

جدول ۱) برنامه تمرینی هوازی با شدت‌های متفاوت متوسط و بالا

هفته	شدت متوسط	شدت بالا
اول	۱۵ دقیقه؛ سرعت ۱۰ متر در دقیقه	۱۵ دقیقه؛ سرعت ۱۰ متر در دقیقه
دوم	۲۷ دقیقه؛ سرعت ۱۵ متر در دقیقه	۲۷ دقیقه؛ سرعت ۱۵ متر در دقیقه
سوم	۳۴ دقیقه؛ سرعت ۲۰ متر در دقیقه	۳۵ دقیقه؛ سرعت ۲۰ متر در دقیقه
چهارم	۴۰ دقیقه؛ سرعت ۲۱ متر در دقیقه	۴۵ دقیقه؛ سرعت ۲۲ متر در دقیقه
پنجم	۴۶ دقیقه؛ سرعت ۲۳ متر در دقیقه	۵۴ دقیقه؛ سرعت ۲۴ متر در دقیقه
ششم	۵۲ دقیقه؛ سرعت ۲۴ متر در دقیقه	۵۹ دقیقه؛ سرعت ۲۷ متر در دقیقه
هفتم	۵۸ دقیقه؛ سرعت ۲۶ متر در دقیقه	۶۰ دقیقه؛ سرعت ۳۱ متر در دقیقه
هشتم	۶۰ دقیقه؛ سرعت ۲۸ متر در دقیقه	۶۰ دقیقه؛ سرعت ۳۴ متر در دقیقه

اندازه‌گیری متغیرها

بعد از ۴۸ ساعت از آخرین جلسه تمرین و ۱۲ ساعت ناشتا، رت‌های تمام گروه‌ها به آزمایشگاه دانشکده داروسازی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال داده شدند. در وهله نخست، حیوانات در فضای ویژه نمونه‌برداری (محیط ضد عفونی) با ترکیبی از کتامین (۵۰-۳۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) و زایلازین (۵-۳ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن)، بیهوش شدند. پس از تایید بیهوشی توسط عدم عقب کشیدن پا، برشی به طول ۶-۵ سانتی متر، در ناحیه شکمی بدن رت ایجاد و نخست مقدار ۵ میلی لیتر خون از بطن راست هر موش، توسط سرنگ گرفته و بلافاصله درون لوله‌های آزمایش فاقد ماده ضد انعقاد ریخته شد [24]. سطوح آدیپونکتین و انسولین سرمی با کیت الایزای ویژه موش (EASTBIOPHARM؛ چین) اندازه‌گیری شدند. شاخص مقاومت انسولین نیز با استفاده از معادله HOMA-IR به دست آمد [25]:

$$\text{Home-IR} = \frac{\text{انسولین ناشتا}^* (\text{میلی مول در لیتر}) \times (\text{میکرو واحد در میلی لیتر})}{22.5}$$

بررسی‌های آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم افزار SPSS 16 در سطح معنی داری $p \leq 0.05$ انجام شد. پس از کسب اطمینان از نرمال بودن توزیع نظری داده‌ها با استفاده از آزمون آماری شاپیروویلک و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لوین، از آزمون آماری T همبسته و تحلیل واریانس یک طرفه برای بررسی به ترتیب تفاوت میانگین‌های درون و بین گروهی استفاده شد. همچنین آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه دو به دوی گروه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

براساس جدول ۲، نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها بین گروه‌های مختلف (تمرین هوازی با شدت متوسط، بالا و کنترل)،

بین غلظت آدیپونکتین سرمی ($F=3/84$; $p=0.018$) و شاخص مقاومت به انسولین رت‌های نر چاق نژاد ویستار تفاوت معنی داری وجود دارد ($F=4/69$; $p=0.008$). سطح گلوکز و انسولین سرمی در گروه تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا نسبت به گروه کنترل کاهش یافت، اما از لحاظ آماری این تغییرات معنی دار نبود ($p>0.05$).

براساس نتایج آزمون تعقیبی توکی تفاوت میانگین‌های غلظت آدیپونکتین سرمی بین دو گروه شدت متوسط ($8/86 \pm 0.67$) با گروه کنترل ($8/00 \pm 0.47$) و بین دو گروه شدت بالا ($8/83 \pm 0.79$) با گروه کنترل ($8/00 \pm 0.47$) تفاوت معنی داری وجود دارد ($p=0.04$). در صورتی که بین دو گروه شدت بالا با گروه شدت متوسط تفاوت معنی داری وجود ندارد ($p=1/00$). شاخص مقاومت به انسولین بین دو گروه شدت متوسط ($57/11 \pm 4/91$) با گروه کنترل ($68/07 \pm 6/54$) و بین دو گروه شدت بالا ($56/45 \pm 10/59$) با گروه کنترل ($68/07 \pm 6/54$) تفاوت معنی داری وجود دارد ($p=0.01$).

براساس جدول ۳، تفاوت درون گروهی میانگین‌های وزن بدن در گروه کنترل افزایش معنی دار ($p=0.001$) و در دو گروه تمرینی شدت متوسط و بالا کاهش معنی دار یافت ($p=0.001$). براساس نتایج آزمون تعقیبی توکی، بین هشت هفته تمرین هوازی با شدت متوسط با گروه کنترل ($p=0.001$) و گروه شدت بالا با گروه کنترل تفاوت معنی داری وجود دارد ($p=0.001$).

جدول ۲) تغییرات سطوح آدیپونکتین و شاخص مقاومت به انسولین در گروه‌های کنترل، تمرین با شدت متوسط و تمرین با شدت بالا

متغیر	کنترل	متوسط	بالا
آدیپونکتین (نانوگرم بر میلی لیتر)	$8/00 \pm 0.47$	$8/86 \pm 0.67$	$8/83 \pm 0.79$
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)	$138/50 \pm 13/40$	$124/04 \pm 14/59$	$123/36 \pm 16/25$
انسولین (IU بر میلی لیتر)	$11/07 \pm 0.57$	$10/42 \pm 0.86$	$10/26 \pm 0.96$
شاخص مقاومت به انسولین	$68/07 \pm 6/54$	$57/11 \pm 4/91$	$56/45 \pm 10/59$

*: معنی دار بودن نسبت به گروه کنترل

جدول ۳) تغییرات میانگین آماری وزن بدن رت‌ها در گروه‌های کنترل، تمرین با شدت متوسط و بالا

گروه	پیش آزمون	پس آزمون
کنترل	$295/75 \pm 1/81$	$302/58 \pm 1/16$
تمرین با شدت متوسط	$295/16 \pm 1/40$	$287/41 \pm 4/25$
تمرین با شدت بالا	$295/41 \pm 2/15$	$287/08 \pm 4/23$

*: معنی دار بودن نسبت به گروه کنترل

بحث

هدف از مطالعه حاضر بررسی مقایسه تاثیر تمرین هوازی با شدت‌های متفاوت بر سطوح سرمی آدیپونکتین و شاخص‌های مقاومت به انسولین رت‌های نر چاق بود. براساس نتایج حاصل برنامه تمرینات هوازی با شدت متوسط و بالا نسبت به گروه کنترل منجر به افزایش معنی داری در غلظت آدیپونکتین سرمی رت‌های نر چاق ویستار شد. این یافته‌ها با نتایج شلمزری و

گلیسرول را افزایش دهد و به افزایش آدیپونکتین در فضای بین سلولی کمک کند^[33]. اگرچه تمرینات ورزشی قادر هستند با افزایش برداشت گلوکز توسط بافت‌های محیطی در پاسخ به اسیدوز، تجمع لاکتات، افزایش ورودی سمپاتوآدرنال، هزینه انرژی، تخلیه گلیکوژن و مهار گلیکولیز، حساسیت انسولینی را بهبود بخشند و منجر به افزایش آدیپونکتین شوند^[34].

در مطالعه حاضر، تمرینات هوازی با شدت متوسط و بالا منجر به کاهش معنی‌دار میزان مقاومت به انسولین موش‌های نر چاق و یستار شد. این یافته با نتایج برخی از پژوهشگران مبنی بر کاهش یافتن میزان مقاومت به انسولین همخوانی دارد^[35]، اما با برخی مطالعات که در آنها تغییر معنی‌داری در میزان مقاومت به انسولین دیده نشد، همخوان نیست^[36]. سویفت و همکاران با بررسی اثر هشت ماه تمرین هوازی با روش‌های متفاوت کاهش وزن به این نتیجه رسیدند که میزان مقاومت به انسولین کاهش معنی‌داری یافت، اما تغییر معنی‌داری در سطوح گلوکز، انسولین، LDL-C و HDL-C دیده نشد^[35]. در مقابل بهرنس و همکاران با بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین هوازی (شدت ۵۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی) و تمرین تناوبی شدید (۸۴٪ حداکثر اکسیژن مصرفی) روی ۳۳ زن به این نتیجه رسیدند که تغییر معنی‌داری در سطح حساسیت به انسولین در گروه تمرین شدت متوسط در مقایسه با گروه تمرین تناوبی دیده نشد^[36]. از جمله مکانیزم‌هایی که می‌توانند باعث افزایش عمل انسولین بعد از تمرین‌های هوازی شوند، افزایش پیام‌رسانی پس‌گیرنده‌ای انسولین، افزایش بیان پروتئین انتقال‌دهنده گلوکز (GLUT4)، افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز و هگزوکیناز، کاهش رهایی و افزایش پاک‌شدن اسیدهای چرب آزاد، افزایش رهایی گلوکز از خون به عضله به‌علت افزایش مویرگ‌های عضله و تغییر در ترکیب عضله به‌منظور افزایش برداشت گلوکز هستند^[37]. بنابراین، یکی از روش‌های کاهش مقاومت به انسولین و کاهش خطر ابتلا به بیماری دیابت نوع دوم به‌ویژه در افراد چاق، تمرین‌های هوازی است. مقاومت به انسولین ممکن است به‌طور بالقوه با واسطه تغییر در عملکرد چندین واسطه پپتیدی ترشح‌شده از آدیپوسیت‌ها، شامل عامل نکروزدهنده تومور آلفا، لپتین و آدیپونکتین میانجی‌گری شود. در شرایط غیرالتهابی، عامل نکروزدهنده تومور آلفا از بافت چربی مشتق می‌شود و مقادیر پلاسمایی آن با توده چربی بدن مرتبط است. عامل نکروزدهنده تومور آلفا با پیام‌دهی توسط انسولین مخالفت می‌کند که این عمل را از طریق کاهش سیگنال‌دهی از طریق فسفریلاسیون سرین انجام می‌دهد. آدیپونکتین، با نسبت معکوس با شاخص توده بدن از آدیپوسیت‌ها ترشح می‌شود و یک مهارکننده بالقوه عامل نکروزدهنده تومور آلفا است. سطح سرمی آدیپونکتین در چاقی، مقاومت به انسولین، دیابت قندی و سندرم متابولیک کاهش می‌یابد^[38]. یکی دیگر از دلایل چنین یافته‌های متناقضی احتمالاً می‌تواند تفاوت در مدت، شدت و سطح تمرینی

همکاران و عوض‌پور و همکاران همخوان است^[26, 27]، اما با یافته‌های مدیانو و همکاران همخوانی ندارد^[28]. شلمزاری و همکاران با بررسی اثر شش هفته تمرین هوازی فزاینده بر سطوح آدیپونکتین، لپتین و گرلین موش‌ها به این نتیجه رسیدند که سطوح آدیپونکتین و گرلین افزایش معنی‌داری یافتند، در صورتی که سطوح لپتین کاهش معنی‌داری نداشتند^[26]. مدیانو و همکاران با بررسی اثر ۶ و ۱۲ ماه تمرین هوازی با شدت کم، به‌صورت سه جلسه در هر هفته و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه به این نتیجه رسیدند که تغییر معنی‌داری در سطوح آدیپونکتین سرمی دیده نشد^[28]. عوض‌پور و همکاران با بررسی اثر هشت هفته تمرین تناوبی، هر هفته سه جلسه با شدتی معادل ۹۰٪ ضربان قلب حداکثر گزارش کردند که سطوح آدیپونکتین افزایش و لپتین کاهش معنی‌داری داشته‌اند^[27]. آدیپونکتین به‌عنوان یک هورمون حساس‌کننده نسبت به انسولین شناخته شده است که با کاهش محتوای تری‌گلیسرید کبد و عضله، از طریق افزایش فعالیت پروتئین کیناز وابسته به AMP (AMPK) و بیان مولکول‌های مصرف‌کننده انرژی کار می‌کند. از این رو، این هورمون خواص مشابه ورزش را دارد چراکه جذب گلوکز در عضله را افزایش می‌دهد و تولید گلوکز در کبد را سرکوب می‌کند^[29]. مطالعات نشان می‌دهند که تجویز آدیپونکتین به جوندگان منجر به افزایش جذب گلوکز، افت سطح اسیدهای چرب آزاد پلاسما و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب در عضلات می‌شود و تولید گلوکز کبدی را کاهش می‌دهد و همچنین حساسیت به انسولین در کل بدن را بهبود می‌بخشد. موش‌های با کمبود آدیپونکتین مقاومت به انسولین و عدم تحمل گلوکز را نشان می‌دهند. علاوه بر اثرات مرتبط با حساسیت به انسولین ممکن است این هورمون متابولیسم گلوکز را از طریق تحریک ترشح انسولین لوزالمعده در درون بدن تغییر دهد^[30]. با توجه به نتایج، می‌توان گفت که اثر برنامه تمرینی هوازی بر غلظت سرمی آدیپونکتین تفاوت معنی‌داری را نشان داده است. پس از بررسی پژوهش‌ها و مطالعات گوناگون می‌توان این گونه بیان داشت که احتمالاً شدت، مدت و حجم تمرین‌ها از عوامل بسیار مهم تأثیرگذار بر عوامل فیزیولوژیک از جمله آدیپونکتین است. فعالیت ورزشی با شدت متوسط، مقدار جریان خون به بافت چربی را دو برابر می‌کند و سبب افزایش ۱۰ برابری یا بیشتر جریان خون به عضلات فعال بدن می‌شود که به عقیده بسیاری از پژوهشگران کاهش چربی بدن و بهبود ترکیب بدن به‌دلیل به‌هم‌خوردن تعادل بین انرژی دریافتی، مصرفی و ایجاد تعادل کالریک منفی ممکن است منجر به افزایش غلظت آدیپونکتین و کاهش غلظت لپتین پلاسما پس از فعالیت‌های ورزشی طولانی‌مدت شود^[31, 32]. از آنجا که غلظت اسیدهای چرب پلاسما بر میزان ترشح آدیپونکتین تأثیر تنظیمی مثبتی دارد این احتمال وجود دارد که ورزش با افزایش میزان لیپولیز در بافت چربی مقادیر پلاسمایی اسیدهای چرب و

7- Weyer Ch, Funahashi T, Tanaka S, Hotta K, Matsuzawa Y, Pratley RE, et al. Hypoadiponectinemia in obesity and type 2 diabetes: Close association with insulin resistance and hyperinsulinemia. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001;86(5):1930-5.

8- Yokoyama H, Emoto M, Araki T, Fujiwara S, Motoyama K, Morioka T, et al. Effect of aerobic exercise on plasma adiponectin levels and insulin resistance in type 2 diabetes. *Diabet Care*. 2004;27(7):1756-8.

9- Weiss R, Dziura J, Burgert TS, Tamborlane WV, Taksali SE, Yeckel CW, et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *New Engl J Med*. 2004;350(23):2362-74.

10- Cnop M, Havel PJ, Utzschneider KM, Carr DB, Sinha MK, Boyko EJ, et al. Relationship of adiponectin to body fat distribution, insulin sensitivity and plasma lipoproteins: Evidence for independent roles of age and sex. *Diabetologia*. 2003;46(4):459-69.

11- Giahhi L, Djazayeri A, Rahimi A, Rahmany M, Larijani B. Serum level of adiponectin and its association with insulin sensitivity in overweight diabetic and non-diabetic Iranian men. *Iran J Public Health*. 2008;37(2):88-92.

12- Kahn BB, Flier JS. Obesity and insulin resistance. *J Clin Invest*. 2000;106(4):473-81.

13- Vafaeimanesh J, Parham M, Norouzi S, Hamednasimi P, Bagherzadeh M. Insulin resistance and coronary artery disease in non-diabetic patients: Is there any correlation?. *Casp J Intern Med*. 2018;9(2):121-6.

14- Rees A, Thomas N, Brophy S, Knox G, Williams R. Cross sectional study of childhood obesity and prevalence of risk factors for cardiovascular disease and diabetes in children aged 11-13. *BMC Public Health*. 2009;9(1):86.

15- Plotnikoff RC, Costigan SA, Williams RL, Hutchesson MJ, Kennedy SG, Robards SL, et al. Effectiveness of interventions targeting physical activity, nutrition and healthy weight for university and college students: A systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015;12(1):45.

16- Eckardt K, Taube A, Eckel J. Obesity-associated insulin resistance in skeletal muscle: Role of lipid accumulation and physical inactivity. *Rev Endocr Metab Disord*. 2011;12(3):163-72.

17- Abedi B, Ebrahimimofared M, Sayyah M. Effects of aerobic versus resistance training on serum leptin and insulin resistance in healthy sedentary men. *Hormozgan Med J*. 2019;23(1):e86831.

18- Parsian H, Eizadi M, Khorshidi D, Khanali F. The effect of long-term aerobic exercise on serum adiponectin and insulin sensitivity in type 2 diabetic patients. *Pars J Med Sci*. 2013;11(1):41-8. [Persian]

19- Elbalshy MM, Mohamed ME, Rahma AF. Effect of aerobic exercise on serum adiponectin and serum malondialdehyde (MDA) in type 1 diabetic patients. *Eur J Prev Med*. 2017;5(5):71-6.

20- Parastesh M, Saremi A, Ahmadi A, Kaviani M. The effect of aerobic training on serum levels of adiponectin, hypothalamic-pituitary-gonadal axis and sperm quality in diabetic rats. *Urol J*. 2019;16(06):592-7.

21- Talebi Garekani E, Mohebbi H, Kraemer RR, Fathi R. Exercise training intensity/volume affects plasma and tissue adiponectin concentrations in the male rat. *Peptides*. 2011;32(5):1008-12.

22- Jashni HK, Mohebbi H, Delpasand A, Jahromy HK. Caloric restriction and exercise training, combined, not solely improve total plasma adiponectin and glucose

نتیجه‌گیری

غلظت سرمی آدیپونکتین و نشانگرهای مقاومت به انسولین در رت‌های نر چاق نژاد ویستار در گروه تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا نسبت به گروه کنترل به ترتیب افزایش و کاهش معنی‌دار یافت. بنابراین، به نظر می‌رسد اجرای تمرین هوازی با شدت متوسط و بالا احتمالاً می‌تواند اثربخشی خوبی بر کاهش بروز چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن داشته باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از هر دو نوع تمرینات هوازی با شدت متوسط و بالا برای پیشگیری از اثرات سوء ناشی از افزایش بروز بیماری متابولیکی مرتبط با چاقی استفاده شود.

تشکر و قدردانی: نویسندگان بدین وسیله از کلیه عزیزان شرکت‌کننده در مطالعه که در انجام این پژوهش یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی می‌کنند.

تأییدیه اخلاقی: مطالعه حاضر دارای مجوز کمیته اخلاق در پژوهش از دانشگاه فردوسی مشهد به شماره 131 IR.MUM. FUM.REC.1396 بود.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.

سهم نویسندگان: کیوان حجازی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/روش‌شناس/نگارنده بحث (۸۰٪)؛ سیدرضا عطارزاده حسینی (نویسنده دوم)، تحلیل‌گر آماری (۱۰٪)؛ مهرداد فتحی (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه (۵٪)؛ محمد مسافری ضیاءالدینی (نویسنده چهارم)، نگارنده بحث (۵٪)

منابع مالی: کلیه هزینه‌های مطالعه به‌صورت شخصی و توسط نویسندگان اول (کیوان حجازی) تأمین شده است.

منابع

- 1- Tyrovolas S, Koyanagi A, Olaya B, Ayuso-Mateos JL, Miret M, Chatterji S, et al. Factors associated with skeletal muscle mass, sarcopenia, and sarcopenic obesity in older adults: A multi-continent study. *J Cachexia, Sarcopenia Muscle*. 2016;7(3):312-21.
- 2- García-Esquinas E, José García-García F, León-Muñoz LM, Carnicero JA, Guallar-Castillón P, Gonzalez-Colaço Harmand M, et al. Obesity, fat distribution, and risk of frailty in two population-based cohorts of older adults in Spain. *Obesity*. 2015;23(4):847-55.
- 3- Keller KL, Pietrobello A, Faith MS. Genetics of food intake and body composition: Lessons from twin studies. *Acta Diabetologica*. 2003;40(1):s95-100.
- 4- Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Follow-up report on the diagnosis of diabetes mellitus. *Diabet Spectr*. 2004;17(1):51-9.
- 5- Vu V, Riddell MC, Sweeney G. Circulating adiponectin and adiponectin receptor expression in skeletal muscle: Effects of exercise. *Diabet Metab Res Rev*. 2007;23(8):600-11.
- 6- Arita Y, Kihara Sh, Ouchi N, Takahashi M, Maeda K, Miyagawa JI, et al. Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin, in obesity. *Biochemical and biophysical research communications*. 1999;257(1):79-83.

- 31- Kelly AS, Steinberger J, Olson TP, Dengel DR. In the absence of weight loss, exercise training does not improve adipokines or oxidative stress in overweight children. *Metabolism*. 2007;56(7):1005-9.
- 32- Kobayashi J, Murase Y, Asano A, Nohara A, Kawashiri MA, Inazu A, et al. Effect of walking with a pedometer on serum lipid and adiponectin levels in Japanese middle-aged men. *J Atheroscler Thromb*. 2006;13(4):197-201.
- 33- Hojbjerg L, Rosenzweig M, Dela F, Bruun JM, Stallknecht B. Acute exercise increases adipose tissue interstitial adiponectin concentration in healthy overweight and lean subjects. *Eur J Endocrinol*. 2007;157(5):613-23.
- 34- Fatouros IG, Tournis S, Leontsini D, Jamurtas AZ, Sxina M, Thomakos P, et al. Leptin and adiponectin responses in overweight inactive elderly following resistance training and detraining are intensity related. *J Clin Endocrinol Metab*. 2005;90(11):5970-7.
- 35- Swift DL, Houmard JA, Slentz CA, Kraus WE. Effects of aerobic training with and without weight loss on insulin sensitivity and lipids. *PLoS One*. 2018;13(5):e0196637.
- 36- Behrens Jr CE. Effects of 12-weeks of aerobic exercise training on insulin sensitivity under energy balanced conditions in women: 1525 Board# 3 May 31 100 PM-300 PM. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(5S):367.
- 37- Eriksson J, Taimela S, Eriksson K, Parviainen S, Peltonen J, Kujala U. Resistance training in the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Int J Sports Med*. 1997;18(04):242-6.
- 38- Das UN. *Metabolic syndrome pathophysiology: The role of essential fatty acids*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2010.
- homeostasis in streptozocin-induced diabetic rats. *Sport Sci Health*. 2015;11(1):81-6.
- 23- Shepherd RE, Gollnick PD. Oxygen uptake of rats at different work intensities. *Pflügers Archiv*. 1976;362(3):219-22.
- 24- Lee S, Farrar RP. Resistance training induces muscle-specific changes in muscle mass and function in rat. *J Exerc Physiol Online*. 2003;6(2):80-7.
- 25- Sâmpolean D, Hănescu BI, Han AN, Adam M, Casoinic F. The prognosis of glycoregulation disturbances and insulin secretion in alcoholic and C virus liver cirrhosis. *Romanian J Intern Med*. 2009;47(4):387-92.
- 26- Amani Shalamzari S, Daneshfar A, Hassanzadeh Sablouei M, Fiatarone Singh MA, Kazemi A. The effect of aerobic training on tumor growth, adiponectin, leptin and ghrelin in mice models of breast cancer. *Iran Red Crescent Med J*. 2018;20(2):e13305.
- 27- Avazpor S, Fazel Kalkhoran J, Amini HA. Effect of 8 weeks of high intensity interval training on plasma levels of adiponectin and leptin in overweight nurses. *Nov Biomed*. 2016;4(3):87-92.
- 28- Mediano MF, Neves FA, Cunha AC, Souza EP, Moura AS, Sichieri R. Changes in body weight, C-reactive protein, and total adiponectin in non-obese women after 12 months of a small-volume, home-based exercise program. *Clinics*. 2013;68(8):1121-7.
- 29- Yamauchi T, Kamon J, Waki H, Terauchi Y, Kubota N, Hara K, et al. The fat-derived hormone adiponectin reverses insulin resistance associated with both lipoatrophy and obesity. *Nat Med*. 2001;7(8):941-6.
- 30- Rabe K, Lehrke M, Parhofer KG, Broedl UC. Adipokines and insulin resistance. *Mol Med*. 2008;14(11-12):741-51.