



Effect of Aerobic Exercise with 75-85% of Maximum Heart Rate on Apelin and Insulin Resistance Index in Sedentary Men

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Alavizadeh N.* *PhD*,
Hejazi K.¹ *PhD*,
Mabhout Moghadam T.² *PhD*

How to cite this article

Alavizadeh N, Hejazi K, Mabhout Moghadam T. Effect of Aerobic Exercise with 75-85% of Maximum Heart Rate on Apelin and Insulin Resistance Index in Sedentary Men. *Horizon of Medical Sciences*. 2017;23(1):55-61.

*Sport Physiology Department, Human Sciences Faculty, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran

¹Sport Physiology Department, Human Sciences Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
²Sport Physiology Department, Physical Education & Sport Sciences Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Correspondence

Address: Department of Physical Education & Sport, Faculty of Humanities, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Daneshgah Boulevard Zahedan, Iran

Phone: -

Fax: +98 (51) 38829580
alavizade80@yahoo.com

Article History

Received: April 6, 2016

Accepted: Jun 11, 2016

ePublished: January 19, 2017

ABSTRACT

Aims Apelin is an adipokine, which secreted from adipose tissue and has positive effects against the insulin resistance. The aim of this study was to investigate the effect of 8-week aerobic exercise on levels of apelin and insulin resistance index in sedentary men.

Materials & Methods In this semi-experimental study with controlled group pre/post-test design in 2015, 27 healthy sedentary men living in Mashhad City, Iran, were selected by convenience sampling method. They were divided into two groups; experimental group (n=14) and control group (n=13). In the trained group, the volunteers participated in 8 weeks aerobic exercise, 3 days/week (equivalent to 75-85% of maximum oxygen consumption) for 60 minutes per session. The research variables were assessed before and after the intervention in both groups. The collected data were analyzed using SPSS 20 software using paired and independent sample T tests.

Findings 8-week aerobic exercise significantly decreased the weight, BMI and apelin, insulin and insulin resistance index levels and increased the maximum oxygen consumption in experimental group sedentary men (p<0.05). Moreover, there were significant differences in levels of FBS, insulin, apelin, insulin resistance index and maximum oxygen consumption between experimental and control groups (p<0.05).

Conclusion 8-week aerobic exercise reduces apelin levels and insulin resistance index in sedentary men.

Keywords Apelin; Insulin Resistance; Sedentary Lifestyle; Aerobic Exercise

CITATION LINKS

[1] Effect of aerobic training for 8 weeks on ... [2] The role of aerobic exercise on ... [3] Secondary prevention of coronary heart disease in ... [4] Lipid levels: A link between cardiovascular disease ... [5] Immunocytochemical localization of the endogenous vasoactive peptide ... [6] Adipokines: Molecular links between obesity and ... [7] Relationship between ... [8] Regulatory roles for APJ, a seven-transmembrane receptor related to angiotensin-type 1 receptor in ... [9] Immunocytochemical localisation of the ... [10] Molecular properties of apelin: Tissue distribution and ... [11] Isolation and characterization of a novel endogenous peptide ligand for the ... [12] Molecular and functional characteristics of APJ Tissue distribution of ... [13] Apelin expression in normal ... [14] Pharmacological and immunohistochemical characterization of ... [15] The novel peptide apelin lowers ... [16] Central and peripheral cardiovascular ... [17] Site-specific effects of apelin-13 in the rat ... [18] Regulation of apelin mRNA expression by ... [19] Effect of eight weeks of ... [20] Association of admission ... [21] Pathogenesis of type 2 diabetes ... [22] Apelin and insulin resistance: Another arrow for ... [23] The effect of 12 week interval endurance ... [24] Effect of aerobic exercise on serum concentration of ... [25] The effects of nonlinear resistance and aerobic interval training on ... [26] Relationship between leptin and insulin sensitivity in ... [27] Physical activity patterns in a ... [28] HOMA-estimated insulin resistance is an independent predictor of ... [29] Effect of six-week aerobic exercise on ... [30] Borg's Scales of Perceived ... [31] The effect of rest exercise on ... [32] The correlation of plasma levels of apelin-13 with ... [33] Assessing dynamic changes in ... [34] Effects of aerobic training on ... [35] Effects of weight loss and exercise on ... [36] Effect of diet-induced weight loss on ... [37] Apelin mRNA expression in ... [38] Apelin inhibits diet-induced obesity by ... [39] The effects of apelin treatment on ... [40] Effects of clinically significant ... [41] 7-week aerobic exercise ... [42] Effects of concurrent training ... [43] Sprint interval and moderate-intensity ... [44] The Effect of eight weeks combined ... [45] Resistance training the treatment of ... [46] Metabolic syndrome ... [47] Apelin stimulates glucose ... [48] Apelin stimulates glucose ... [49] Apelin, a novel ...

تاثیر تمرین هوازی با شدت ۸۵-۷۵% ضربان قلب بیشینه بر میزان اپلین و مقاومت به انسولین در مردان غیرفعال

نجه‌الصباح علوی‌زاده* PhD

گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم انسانی، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

کیوان حجازی PhD

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

توحید مبهوت مقدم PhD

گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

اهداف: اپلین از آدیپوکاین‌هایی است که از بافت چربی ترشح می‌شود و دارای اثرات مفیدی در برابر مقاومت به انسولین است. هدف این پژوهش، بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر سطوح اپلین و شاخص مقاومت به انسولین در مردان غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل در سال ۱۳۹۴، تعداد ۲۷ مرد غیرفعال سالم ساکن شهرستان مشهد به‌روش نمونه‌گیری انتخابی در دسترس و هدفدار انتخاب شده و در دو گروه تجربی (۱۴ نفر) و کنترل (۱۳ نفر) قرار گرفتند. برنامه تمرین هوازی شامل ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه با شدتی معادل ۷۵ تا ۸۵٪ ضربان قلب بیشینه به مدت ۶۰ دقیقه برای گروه تجربی انجام شد. متغیرهای پژوهش، قبل و بعد از مداخله در هر دو گروه مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS 20 و توسط آزمون‌های آماری T استیوونت در گروه‌های وابسته و T مستقل تحلیل شدند.

یافته‌ها: ۸ هفته برنامه تمرین هوازی باعث کاهش معنی‌دار در مقادیر وزن، نمایه توده بدن، سطوح اپلین، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین و افزایش معنی‌دار در مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی در مردان غیرفعال گروه تجربی شد ($P < 0.05$). همچنین بین دو گروه تجربی و کنترل در سطوح گلوکز ناشتا، انسولین، اپلین، شاخص مقاومت به انسولین و مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: ۸ هفته تمرین هوازی باعث کاهش مقادیر اپلین و شاخص مقاومت به انسولین در مردان غیرفعال می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اپلین، مقاومت به انسولین، تمرین هوازی، مردان غیرفعال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۲

*نویسنده مسئول: alavizade80@yahoo.com

مقدمه

آترواسکلروز و بیماری‌های ناشی از آن عامل مهم مرگ‌ومیر در بسیاری از کشورها است و یافتن عوامل مساعدکننده آن حایز اهمیت است [1, 2]. بیماری‌های قلبی- عروقی عامل مرگ‌ومیر و ابتلا به بیماری‌ها بوده و بار مالی قابل توجهی به سیستم درمانی تحمیل می‌کنند [3]. از جمله عوامل گسترش بیماری‌های قلبی- عروقی می‌توان به دیس‌لیپیدمی، افزایش تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین‌های کم‌چگال اشاره کرد [4]. این در حالی است که برخی مطالعات شاخص‌های مناسب‌تری همچون تغییر در مارکرهای جدید بیماری‌های قلبی- عروقی مانند: مقادیر اپلین، انسولین و مقاومت به انسولین را برای پیشگویی بیماری‌های قلبی- عروقی گزارش نموده‌اند [5-7]. گیرنده‌های اپلین در قلب نیز وجود دارند و اثر اپلین موجب تحریک قوی و خاصیت انقباض‌پذیری عضله قلب می‌شود، بنابراین اپلین از این طریق نیز بر جریان خون و فشار خون اثرگذار است [8]. غلظت اپلین در بطن چپ بیماران دارای بیماری قلبی مزمن افزایش دارد [9, 5]. همچنین

در بیماران کلیوی مزمن، اپلین از بافت چرب آدیپوسایت نیز ترشح می‌شود [10] و سطح پلاسمایی آن در افراد چاق بالاتر است. اپلین پپتیدی است که از معده گاو جدا شده و یک لیگاند درون‌زا برای پروتئین G است که به گیرنده APJ وصل می‌شود. اپلین محصول ژن APLN است که ۷۷ اسیدآمینو را ترجمه می‌کند. براساس تحقیقات صورت‌گرفته، ساختار APJ به اندازه ۳۱٪ شبیه به ساختار گیرنده آنژیوتنسنین I است [11, 12]. علاوه بر این، اپلین از سطح سلول‌های اندام‌های مختلف بدن مثل قلب، ریه، کلیه، کبد، بافت چربی و اندوتلیوم انسان ترشح می‌شود [13-15]. در این راستا، اپلین در بیان گیرنده‌های عروقی و کنترل فشار خون نقش دارد [15]. فعال‌سازی این گیرنده باعث شکل‌گیری عروق جدید می‌شود. اثر کاهش فشار خون اپلین موجب فعال‌شدن گیرنده‌ها در سطح سلول‌های اندوتلیال می‌شود. این فعال‌سازی موجب آزادسازی نیتریک‌اکساید شده که این عمل باعث شل‌شدن عضلات صاف در دیواره شریان‌ها می‌شود. فعالیت آنژیوتنیک نتیجه عمل اپلین روی تمایز و مهاجرت سلول‌های اندوتلیال است [16, 17]. از این رو، یکی از عواملی که موجب افزایش اپلین از بافت چربی می‌شود، انسولین است [18].

مقاومت به انسولین از جمله عوامل خطرناک بیماری عروق کرونر محسوب می‌شود [19, 20]. مقاومت به انسولین یک وضعیت پاتولوژیک است که طی آن میزان طبیعی انسولین خون به سبب اختلال در پیام‌رسانی یا سیگنالینگ انسولین قادر به ایجاد پاسخ بیولوژیک طبیعی نیست. این کاهش پاسخ می‌تواند تمام اثرات متابولیک انسولین را تحت تاثیر قرار دهد [21]. عواملی که منجر به مقاومت به انسولین و آترواسکلروز می‌شود مشابه است، به طوری که در هر دو مورد، اثر افزایش گلوکز، اسیدهای چرب سبب‌ساز استرس اکسیداتیو، فعال‌سازی راه‌های پیش‌التهابی، ترشح سیتوکین‌ها، اثر پروترومبوتیک و دیس‌لیپیدمی وجود دارد [19]. همچنین بین مقاومت به انسولین و ریسک فاکتورهای قلبی- عروقی از قبیل مقادیر اپلین همپوشانی وجود دارد [22].

فعالیت‌های بدنی با تاثیر بر ساختار و عملکرد بافت چربی می‌توانند بر ترشحات آدیپوکاینی اثرگذار باشند. تمرینات ورزشی با کاهش بیان پلاسمایی و افزایش بیان گیرنده بافتی اپلین همراه بوده است [23]. در این زمینه شیباتی و همکاران [24] در مطالعه‌ای با بررسی اثر ۸ هفته تمرین هوازی، هر هفته سه جلسه با شدتی معادل ۵۰ تا ۷۰٪ حداکثر اکسیژن مصرفی روی ۲۰ زن چاق با نمایه توده بدن ۳۲ کیلوگرم بر متر مربع، به این نتیجه رسیدند که سطح اپلین و فاکتور نکروزدهنده آلفا در گروه زنان چاق نسبت به گروه کنترل بالاتر است و همچنین اجرای تمرینات هوازی منجر به کاهش معنی‌دار در نمایه توده بدن، انسولین، اپلین و فاکتور نکروزدهنده آلفا می‌شود. در مقابل، نیک‌سرشت و همکاران [25] با بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی غیرخطی (اجرای ۴۰ تا ۶۵ دقیقه تمرین وزنه در شدت‌های مختلف با یک الگوی زمان‌بندی منعطف) و هوازی تناوبی (۴ نوبت چهاردقیقه‌ای دویدن روی نوار گردان با شدت ۹۰-۸۰٪ ضربان قلب بیشینه و ۳ دقیقه ریکاوری بین مراحل)، هر هفته سه جلسه بر سطح سرمی اپلین و مقاومت به انسولین ۳۳ مرد چاق سالم به این نتیجه رسیدند که دو برنامه تمرینی به‌طور مشابه و معنی‌دار در کاهش مقاومت به انسولین موثر بودند، اما غلظت اپلین-۱۳ تنها در گروه تمرین هوازی تناوبی به‌طور معنی‌دار افزایش یافت.

در یک جمع‌بندی کلی، از آنجا که مطالعات اندکی در خصوص تاثیر فعالیت بدنی منظم طولانی‌مدت بر مقادیر اپلین و مقاومت به

آزمودنی‌ها از ۴ ساعت قبل از آزمون، از خوردن و آشامیدن خودداری کرده بودند و مثانه، معده و روده آنها تخلیه شده بود. حداکثر اکسیژن مصرفی: برآورد حداکثر اکسیژن مصرفی به روش پروتکل بروس روی دستگاه ترمیمیل انجام شد. نحوه اجرای آزمون بروس به این صورت بود که این آزمون در ۱۰ مرحله سه دقیقه‌ای اجرا شد. در مرحله اول سرعت ۲/۷۴ کیلومتر در ساعت با شیب ۱۰٪ بود و هر ۳ دقیقه هم سرعت و هم شیب دستگاه تا مرحله آخر افزایش یافت. حداکثر اکسیژن مصرفی در پروتکل بروس با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (T حداکثر مدت زمان دویدن فرد روی ترمیمیل است):

$$= 14/8 - (1/379 \times T) + (0/451 \times T^2) - (0/12 \times T^3)$$

حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)

نمونه‌گیری خونی: نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۲۴ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین جمع‌آوری شد. نمونه‌گیری در بین ساعات ۸-۱۰ صبح در آزمایشگاه از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت صورت گرفت. مقدار سرمی ایلین به روش الایزا و با استفاده از کیت (زیلباؤ؛ آلمان؛ با ۱۰٪ CV) تعیین شد. غلظت سرمی گلوکز ناشتا به روش گلوکز اکسیداز و با استفاده از آنالیزور گلوکز Beckman؛ ایالات متحده) و مقدار انسولین نیز توسط روش الایزا و به وسیله کیت تجاری (Demeditec؛ آلمان) اندازه‌گیری شد. شاخص مقاومت انسولین نیز با استفاده از معادله HOMA-IR به دست آمد^[28] (واحد انسولین: میکروواحد در میلی‌لیتر؛ واحد گلوکز: میلی‌مول در لیتر):

$$HOMA-IR = 22/5 / \text{گلوکز ناشتا} \times \text{انسولین ناشتا}$$

برنامه تمرینی: پروتکل تمرینی شامل ۸ هفته تمرینات هوازی بود که در هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه اجرا شد. برنامه تمرینی شامل گرم‌کردن عمومی به مدت ۱۰ دقیقه (راه‌رفتن، دویدن نرم، حرکات کششی و جنبش‌پذیری) و اجرای تمرینات هوازی به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه با شدتی معادل ۷۵ تا ۸۵٪ حداکثر ضربان قلب بیشینه بود و زمان جلسه تمرینی به تدریج از ۳۰ دقیقه در شروع تا ۴۵ دقیقه در پایان دوره افزایش یافت. شدت تمرین به وسیله ضربان‌سنج (Polar؛ فنلاند) کنترل شد. در پایان هر جلسه تمرین ورزشی، به مدت ۱۰ دقیقه بازگشت بدن به حالت اولیه و سردکردن (دویدن آهسته، راه‌رفتن و حرکات کششی) انجام می‌شد^[29]. در پایان طرح (پس از ۸ هفته) مشابه شرایط پیش‌آزمون دوباره تمام اندازه‌گیری‌ها انجام و داده‌ها جمع‌آوری شد. در تمامی مراحل شدت تمرین توسط مقیاس رتبه‌ای بورگ به روش خوداظهاری کنترل شد^[30].

روش آماری: در پایان مرحله اجرایی پژوهش، داده‌های جمع‌آوری شده با کمک نرم‌افزار SPSS 20 تجزیه و تحلیل شدند. پس از تایید نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون آماری کولموگوروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون، برای مقایسه میانگین‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی به ترتیب از آزمون‌های آماری T استیودنت در گروه‌های وابسته و T مستقل استفاده شد.

یافته‌ها

مشخصات فردی آزمودنی‌های گروه تجربی و کنترل در جدول ۱ آورده شده است.

انسولین وجود دارد، این موضوع که ممکن است فعالیت بدنی با ویژگی‌های ضدالتهابی خود موجب کاهش سطح ایلین، مقاومت به انسولین و همچنین عوامل خطرزای قلبی-عروقی شود، اهمیت قابل توجهی دارد. انجام فعالیت‌های ورزشی همراه با رژیم غذایی از جمله عواملی هستند که از طریق کاهش چربی بدن و افزایش حساسیت بافت‌ها به انسولین، منجر به بهبود عملکرد عروقی می‌شوند^[20]، به طوری که امروزه پژوهشگران زیادی بر این باورند که ورزش منظم و نه‌چندان سنگین یک روش غیردارویی، سالم و طبیعی برای کاهش خطر شیوع چاقی و گسترش بیماری‌های قلبی-عروقی است^[26]. بر این اساس در پژوهش کنونی احتمال بر این است که استفاده از تمرین هوازی می‌تواند عاملی در جهت بهبود غلظت ایلین و مقاومت به انسولین باشد.

بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر میزان ایلین و شاخص مقاومت به انسولین مردان غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل در سال ۱۳۹۴، تعداد ۲۷ مرد غیرفعال سالم ساکن شهرستان مشهد با دامنه سنی بین ۲۰ تا ۲۵ سال و نمایه توده بدنی ۲۰ تا ۲۲ کیلوگرم بر متر مربع به روش نمونه‌گیری انتخابی دردسترس و هدفدار گزینش شدند. معیارهای ورود به مطالعه شامل: سالم بودن براساس پرسش‌نامه تندرستی، عدم مصرف دارو، عدم استعمال دخانیات و عدم شرکت در هیچ برنامه تمرینی حداقل دو ماه پیش از شرکت در برنامه تمرینات تحقیق بود. در صورتی که آزمودنی‌ها براساس نظر پزشک معالج خود داروی خاصی مصرف می‌کردند یا فعالیت‌های بدنی منظم قبل از شروع تمرین در طول دوره دو ماهه انجام می‌دادند از تحقیق حذف شدند.

در مرحله نخست افراد با ماهیت و نحوه همکاری با اجرای پژوهش آشنا شدند. آزمودنی‌ها براساس شرایط تحقیق به صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کرده و فرم رضایت‌نامه را امضا نمودند. سپس نمونه‌ها به دو گروه تجربی (۱۴ نفر) و کنترل (۱۳ نفر) دسته‌بندی شدند. سطح فعالیت جسمانی آزمودنی‌های غیرفعال در دوره قبل و بعد از ۸ هفته تمرین هوازی مورد بررسی قرار گرفت. سطح فعالیت جسمانی افراد با استفاده از پرسش‌نامه ارزیابی فعالیت جسمانی کینز مشخص شد که پایایی این پرسش‌نامه ۰/۸۷ بود^[27]. پیش از شروع تحقیق، مجوز کمیته اخلاق دریافت شد و عدم محدودیت انجام فعالیت ورزشی برای آزمودنی‌ها توسط پزشک بررسی شد. گروه کنترل هیچ فعالیتی در طول دوره تحقیق نداشتند و غیرفعال بودند (همچون قبل از مطالعه، شیوه زندگی غیرفعال داشتند).

ترکیب بدنی: برای ارزیابی ترکیب بدنی به ترتیب طول قد آزمودنی‌ها با قدسنج (سکا؛ آلمان) با حساسیت ۵ میلی‌متر و محیط باسن و کمر با متر نواری (مایبس؛ ژاپن) با حساسیت ۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین درصد چربی بدن و وزن با استفاده از دستگاه بیوالکتریکال (ایمپدانس مدل In body-72؛ کره جنوبی) تعیین شد. از تقسیم محیط کمر به محیط باسن، نسبت دور کمر به باسن و از تقسیم وزن بدن بر مجذور قد به متر، نمایه توده بدن بر حسب کیلوگرم بر متر مربع به دست آمد. دور کمر در کمترین نقطه بین انتهای پایینی قفسه سینه و ناف و دور باسن در عریض‌ترین محل، روی کفل توسط متر نواری بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تمامی این اندازه‌گیری‌ها در حالی انجام شد که

در گروه تجربی، ۸ هفته برنامه تمرین هوازی منجر به کاهش معنی‌دار در مقادیر وزن، نمایه توده بدن، سطوح ایلین، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین و افزایش معنی‌دار در مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی در مردان غیرفعال شد. همچنین بین دو گروه تجربی و کنترل در سطوح گلوکز ناشتا، انسولین، ایلین، شاخص مقاومت به انسولین و مقادیر حداکثر اکسیژن مصرفی تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲).

غیرفعال شد. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های عسکری و هدایتی^[23] و شیبانی و همکاران^[31] همخوانی دارد. اما با یافته‌های کاظمی و زاهدی اصل^[32] و کچین و همکاران^[33] همخوانی ندارد. شیبانی و همکاران^[31] با بررسی اثر تمرین رست بر میزان ایلین پلاسما و فشار خون به این نتیجه رسیدند که تمرین رست باعث کاهش معنی‌دار سطح ایلین در آزمودنی‌ها شد و فشار خون سیستولی و ضربان قلب بلافاصله بعد از تمرین افزایش و ۲۴ ساعت پس از آن کاهش معنی‌دار داشت. عسکری و هدایتی^[23] با بررسی تاثیر ۱۲ هفته تمرین تناوبی استقامتی، هر هفته ۴ جلسه (تناوب‌هایی با ۵ تکرار سه دقیقه‌ای با شدتی معادل ۶۰٪ ضربان قلب بیشینه) بر ایلین پلاسمایی و شاخص‌های آنتروپومتری ۲۴ دانشجوی دختر، به این نتیجه رسیدند که مقادیر ایلین، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و نسبت دور کمر به باسن در پایان دوره کاهش معنی‌دار یافت. کاظمی و همکاران^[34] با بررسی ۶ هفته تمرین هوازی، هر هفته ۵ جلسه دویدن روی نوار گردان با سرعت ۵ تا ۱۰ متر بر دقیقه با شیب صفر درجه روی ۱۰ سر موش به این نتیجه رسیدند که غلظت پلاسمایی گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین در گروه تمرینی کاهش معنی‌دار یافت، در صورتی که غلظت ایلین در پایان دوره افزایش معنی‌دار نشان داد. کچین و همکاران^[33] با بررسی اثر برنامه تمرینی استقامتی با شدت ۸۰٪ حداکثر ضربان روی ۸ مرد سالم مشاهده کردند که سطوح ایلین در طول تمرین افزایش معنی‌داری پیدا کرد.

جدول ۱) میانگین آماری مشخصات فردی گروه‌های مورد مطالعه

گروه تجربی (۱۴ نفر)	گروه کنترل (۱۳ نفر)	
سن (سال)	۲۲/۵۷±۱/۵۵	۲۲/۶۱±۱/۹۳
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۶۴±۵/۳۷	۱۷۴/۹۲±۳/۷۵
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۸۵±۷/۷۷	۷۱/۱۲±۵/۰۶
نمایه توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۳۶±۲/۷۴	۲۲/۳۵±۱/۹۹

بحث

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر میزان ایلین و مقاومت به انسولین مردان غیرفعال بود. ۸ هفته برنامه تمرین هوازی منجر به کاهش معنی‌داری در مقادیر ایلین مردان

جدول ۲) مقایسه درون گروهی و بین گروهی میانگین آماری متغیرهای پژوهش در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون

متغیرها	مرحله پیش‌آزمون	مرحله پس‌آزمون	معنی‌داری درون گروهی	معنی‌داری بین گروهی
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۸۵±۷/۷۷	۶۹/۴۹±۷/۷۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶
گروه تجربی	۷۱/۱۲±۵/۰۶	۷۰/۹۶±۴/۹۶	۰/۳۳۳	
نمایه توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۳۶±۲/۷۴	۲۱/۲۲±۲/۷۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
گروه تجربی	۲۲/۳۵±۱/۹۹	۲۲/۳۶±۱/۹۸	۰/۹۳۳	
میزان چربی بدن (درصد)	۱۲/۵۵±۶/۰۴	۱۲/۱۲±۶/۰۶	۰/۱۰۰	۰/۰۱۰
گروه تجربی	۱۸/۷۳±۶/۵۲	۱۸/۹۰±۶/۴۸	۰/۳۳۵	
سطح ایلین (پیکوگرم بر میلی‌لیتر)	۱۹۱۸/۳۵±۵۹۰/۷۷	۱۷۱۶/۲۱±۶۰۷/۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
گروه تجربی	۱۹۸۲/۳۰±۶۷۶/۰۲	۱۹۸۵/۶۱±۶۴۶/۳۰	۰/۹۶۶	
سطح گلوکز ناشتا (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۹۱/۵۰±۸/۰۱	۸۸/۲۸±۸/۲۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
گروه تجربی	۸۴/۹۲±۹/۷۳	۹۳/۵۳±۱۴/۳۹	۰/۰۰۲	
سطح انسولین (واحد در میلی‌لیتر)	۱۶/۲۱±۶/۹۲	۱۴/۱۱±۵/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
گروه تجربی	۱۵/۵۹±۶/۶۲	۲۱/۳۶±۱۲/۸۳	۰/۰۰۷	
شاخص مقاومت انسولین	۶۶/۸۷±۳۰/۹۲	۵۵/۸۱±۲۱/۹۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱
گروه تجربی	۵۸/۶۷±۲۵/۵۷	۹۳/۲۷±۶۸/۰۸	۰/۰۰۶	
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر در کیلوگرم در دقیقه)	۳۹/۹۲±۱/۹۴	۴۱/۲۱±۱/۸۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
گروه تجربی	۳۸/۸۴±۱/۴۸	۳۹/۰۷±۱/۷۶	۰/۳۳۴	

شاخص توده بدن و درصد چربی بدن کاهش می‌یابد^[35]. اعتقاد بر این است که ایلین اکسیداسیون اسیدهای چرب و ظرفیت اکسیداتیو میتوکندری را افزایش می‌دهد^[37]. با توجه به کاهش درصد چربی بدن در این پژوهش، این احتمال وجود دارد که نیاز بدن به حضور ایلین در جهت افزایش اکسیداسیون آن کاهش

چنانچه نتایج تحقیق حاضر نشان داد وزن بدن و نمایه توده بدن آزمودنی‌ها پس از ۸ هفته تمرین هوازی کاهش معنی‌دار یافت. براساس مطالعات صورت‌گرفته به تغییرات ایلین و کاهش وزن اشاره شده است^[35, 36]. در این زمینه کریست و همکاران گزارش کرده‌اند که به‌واسطه انجام دادن فعالیت بدنی منظم مقادیر وزن،

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 سندروم متابولیک کاهش می‌یابد [44, 46].

یکی دیگر از مکانیزم‌های موجود در متابولیسم و حساسیت انسولین، اثرپذیری اپلین است و در این زمینه هاپیرانسولینمی همراه با مقاومت به انسولین می‌تواند بیان اپلین بافت چربی را از طریق فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ فسفوانیزوتیدکیناز^۳ پروتئین‌کیناز^۲ و پروتئین‌کیناز فعال‌شونده با میتوز تنظیم افزایشی کند، به‌طوری که انسولین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده قوی در بیان اپلین، اثر مستقیم بر تولید و ترشح اپلین دارد [32]. اپلین می‌تواند به‌عنوان عامل حساس به انسولین، انتقال پروتئین‌های حمل‌کننده گلوکز^۴ از سارکولما به غشای پلاسمایی را تحریک کند، به‌صورتی که اپلین تقریباً به‌اندازه انسولین قوی عمل می‌کند [47]. یکی دیگر از سازوکارهای اپلین، کاهش دادن اسیدهای چرب آزاد موجود در خون و تنظیم فسفریلاسیون لیپاز حساس به هورمون است که از این رو می‌تواند مهار لیپولیز و کاهش مقاومت به انسولین را به‌دنبال داشته باشد [48]. همچنین اپلین قادر به فعال‌سازی پراکسی‌زوم یک آلفا از طریق فعال‌سازی غیرمستقیم متابولیسم عضله اسکلتی و فعال‌کننده مشترک گیرنده گاما است، که منجر به افزایش بیوژنز میتوکندریایی و هماهنگی بین اکسیداسیون اسید چرب و چرخه اسیدتری‌کربوکسیلیک و بهبود حساسیت به انسولین می‌شود [49].

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم کنترل شیوه زندگی (میزان خواب، استراحت و فعالیت‌های فوق برنامه)، ویژگی‌های ژنتیکی، فیزیولوژیکی و پاسخ‌های سازگاری گوناگون به فعالیت بدنی، تعداد کم آزمودنی‌ها به دلیل انصراف بعضی از آنها از شرکت در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها اشاره کرد. از آنجا که انجام فعالیت‌های ورزشی هوازی به سبب تغییرات فیزیولوژیکی می‌تواند از عوامل موثر بر تغییرات بیومارکرهای قلبی عروقی باشد و نظر به اینکه تغییر اینگونه متغیرها به شدت، مدت تمرین و وضعیت آمادگی جسمانی افراد بستگی دارد، به مریمان و پزشکان ورزشی پیشنهاد می‌شود که به هنگام طراحی تمرینات ورزشی تدابیر لازم را بیابند.

نتیجه‌گیری

۸ هفته تمرین هوازی باعث کاهش معنی‌دار مقادیر اپلین و شاخص مقاومت به انسولین در مردان غیرفعال می‌شود.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از زحمات بی‌دریغ تمامی افرادی که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

یافته باشد. حضور اپلین توسط مکانیزم پروتئین فعال‌شده با AMP (آدنوزین‌مونوفسفات) می‌تواند به برداشت گلوکز توسط عضلات و افزایش اکسیداسیون چربی نیز کمک نماید [۳۸]. همچنین اجرای تمرین منظم هوازی به‌واسطه PGC1 α (گیرنده گاما یک آلفا فعال‌شده با تکثیرکننده پراکسی‌زوم) سبب افزایش بیان آنزیم‌های فسفریلاسیون و بیوژنز میتوکندری می‌شود و با تأثیر بر تارهای کندانقباض این روند تسریع شده و با افزایش تنظیمی آنزیم‌های درگیر در بتا‌اکسیداسیون چربی موجب برداشت چربی‌های ذخیره شده و نیاز به حضور اپلین را جبران می‌نماید [39].

۸ هفته برنامه تمرین هوازی منجر به کاهش معنی‌دار در مقادیر انسولین و شاخص مقاومت به انسولین در مردان غیرفعال شد. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های میر و همکاران [19]، سوئیفت و همکاران [40] و گارسیا و همکاران [41] همخوانی دارد. اما با نتایج مدیروس و همکاران [42] همخوانی ندارد. میر و همکاران [19] با بررسی اثر ۸ هفته تمرینات استقامتی (با شدت ۶۰ تا ۷۰٪ حداکثر ضربان قلب ذخیره) و تمرینات مقاومتی (با شدت ۷۰٪ یک تکرار بیشینه) روی سطح سرمی آدیپونکتین، شاخص مقاومت به انسولین و ترکیب بدن ۲۴ مرد غیرفعال به این نتیجه رسیدند که تمرین ترکیبی باعث افزایش سطح سرمی آدیپونکتین شد، همچنین سطح سرمی انسولین و گلوکز، شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن در گروه مداخله نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. سوئیفت و همکاران [40] با بررسی اثر ۶ ماه تمرین هوازی روی ۳۳۰ آزمودنی مشاهده کردند که مقاومت به انسولین کاهش معنی‌دار یافت. گارسیا و همکاران [41] با بررسی اثر ۷ هفته تمرین هوازی روی ۲۴ رت ویستار که به چهار گروه؛ کنترل، کنترل تمرینی، چاق غیرفعال و چاق تمرین‌کرده تقسیم شده بودند، گزارش کردند که تمرین هوازی منجر به کاهش اندازه بافت چربی در گروه کنترل تمرینی و گروه تمرینی چاق شده که این عامل مرتبط با کاهش یافتن مقادیر انسولین و لپتین بوده است. کاکس و همکاران [43] با بررسی اثر دو نوع تمرین اینتروال سرعتی (حاوی ۴ الی ۷ نوع تمرین اینتروال با شدت ۲۰٪ حداکثر توان به‌مدت ۳ جلسه در هر هفته) و تمرین تداومی با شدت متوسط (به‌مدت ۴۰ تا ۶۰ دقیقه دوچرخه‌سواری با شدت ۶۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی به‌مدت ۵ جلسه در هفته) برای مدت ۴ هفته به این نتیجه رسیدند که هر دو نوع تمرین منجر به افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و حساسیت به انسولین در پایان دوره شد. مدیروس و همکاران [42] نیز در مطالعه‌ای به بررسی اثر همزمان تمرینات هوازی (۲۶ جلسه در دو گروه اول ۵ جلسه و گروه دوم ۳ جلسه در هر هفته با شدت ۵۰ تا ۷۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی و به‌مدت ۷۰ دقیقه) و مقاومتی (با شدت ۵۰ تا ۷۵٪ یک تکرار بیشینه) در ۲۵ نفر داوطلب چاق پرداختند و نشان دادند که در هر دو گروه وزن بدن و نمایه توده بدن کاهش معنی‌دار یافت و فقط در گروه اول متغیر درصد چربی بدن و متابولیسم پایه افزایش داشت. همچنین در گروه اول شاخص مقاومت به انسولین افزایش و سطوح کربونیل کاهش یافت.

از جمله مکانیزم‌هایی که می‌تواند باعث افزایش عمل انسولین بعد از تمرین‌های هوازی شوند، افزایش پیام‌رسانی پس‌گیرنده‌ای انسولین، افزایش بیان پروتئین انتقال‌دهنده گلوکز^۴ (GLUT4)، افزایش فعالیت گلیکوژن‌سنتتاز 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 [44, 45]. بنابراین یکی از

tissues. *In Vivo*. 2002;16(5):333-6.

- 14- Medhurst AD, Jennings CA, Robbins MJ, Davis RP, Ellis C, Winborn KY, et al. Pharmacological and immunohistochemical characterization of the APJ receptor and its endogenous ligand apelin. *J Neurochem*. 2003;84(5):1162-72.
- 15- Tatemoto K, Takayama K, Zou MX, Kumaki I, Zhang W, Kumano K, et al. The novel peptide apelin lowers blood pressure via a nitric oxide-dependent mechanism. *Regul Pept*. 2001;99(2):87-92.
- 16- Kagiya S, Fukuhara M, Matsumura K, Lin Y, Fujii K, Iida M. Central and peripheral cardiovascular actions of apelin in conscious rats. *Regul Pept*. 2005;125(1-3):55-9.
- 17- Seyedabadi M, Goodchild AK, Pilowsky PM. Site-specific effects of apelin-13 in the rat medulla oblongata on arterial pressure and respiration. *Auton Neurosci*. 2002;101(1):32-8.
- 18- Wei L, Hou X, Tatemoto K. Regulation of apelin mRNA expression by insulin and glucocorticoids in mouse 3T3-L1 adipocytes. *Regul Pept*. 2005;132(1-3):27-32.
- 19- Mir E, Attarzadeh Hosseini SR, Hejazi K, Mir Saeydi M. Effect of eight weeks of endurance and resistance training on serum adiponectin and Insulin resistance index of inactive elderly men. *J Gorgan Univ Med Sci*. 2016;18(1):69-77. [Persian]
- 20- Salehiomran M, Jafari S. Association of admission insulin resistance index with early cardiac complications in non-diabetic patients with acute coronary syndrome. *J Babol Univ Med Sci*. 2009;10(6):62-6. [Persian]
- 21- DeFronzo RA. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Med Clin North Am*. 2004;88:787-835.
- 22- Xu S, Tsao PS, Yue P. Apelin and insulin resistance: Another arrow for the quiver?. *J Diabetes*. 2011;3(3):225-31.
- 23- Askari R, Hedayati M. The effect of 12 week interval endurance exercise training on plasma apelin and Anthropometric indices among overweight females. *J Sport Psychol*. 2014;7(26):97-112. [Persian]
- 24- Sheibani S, Hanachi P, Refahiati MA. Effect of aerobic exercise on serum concentration of apelin, TNF α and insulin in obese women. *Iran J Basic Med Sci*. 2012;15(6):1196-1201.
- 25- Nikseresht M, Rajabi H, Nikseresht A. The effects of nonlinear resistance and aerobic interval training on serum levels of apelin and insulin resistance in middle-aged obese men. *Tehran Univ Med J*. 2015;73(5):375-83. [Persian]
- 26- Maliqueo M, Pérez-Bravo F, Calvillán M, Piwonka V, Castillo T, Sir-Petermann T. Relationship between leptin and insulin sensitivity in patients with polycystic ovary syndrome. *Med Clin (Barc)*. 1999;113(14):526-30.
- 27- Sternfeld B1, Ainsworth BE, Quesenberry CP. Physical activity patterns in a diverse population of women. *Prev Med*. 1999;28(3):313-23.
- 28- Bonora E, Formentini G, Calcaterra F, Lombardi S, Marini F, Zenari L, et al. HOMA-estimated insulin resistance is an independent predictor of cardiovascular disease in type 2 diabetic subjects prospective data from the Verona Diabetes Complications Study. *Diabetes Care*. 2002;25(7):1135-41.
- 29- Aghapour A, Farzanegi P. Effect of six-week aerobic exercise on Chemerin and Resistin concentration in hypertensive postmenopausal women. *Electron Physician*. 2013;1(1):5-10.
- 30- Borg M. Borg's Scales of Perceived Exertion.

تأییدیه اخلاقی: این پژوهش به‌تائید کمیته اخلاق دانشگاه رسید. همچنین آزمودنی‌ها به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند و فرم رضایت‌نامه را امضا نمودند.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: نجه‌الصباح علوی‌زاده (نویسنده اول) پژوهشگر اصلی (۴۰٪)؛ کیوان حجازی (نویسنده دوم) تجزیه و تحلیل داده‌ها (۳۰٪)؛ توحید مبهوت مقدم (نویسنده سوم) اجرا و جمع‌آوری داده‌ها (۳۰٪)

منابع مالی: این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی با کد ۱۴-۱۱-۵-۱۰۹۹۵ است که تحت حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان انجام شده است.

منابع

- 1- Ghahremani Moghadam M. Effect of aerobic training for 8 weeks on C-reactive protein, uric acid and total bilirubin in sedentary elderly women. *Horizon Med Sci*. 2015;21(2):81-9. [Persian]
- 2- Sasaki JE, dos Santos MG. The role of aerobic exercise on endothelial function and on cardiovascular risk factors. *Arq Bras Cardiol*. 2006;87(5):226-31.
- 3- Hanna IR, Wenger NK. Secondary prevention of coronary heart disease in elderly patients. *Am Fam Physician*. 2005;71(12):2289-96.
- 4- Buizert PJ, van Schoor NM, Lips P, Deeg DJ, Eekhoff EM. Lipid levels: A link between cardiovascular disease and osteoporosis?. *J Bone Miner Res*. 2009;24(6):1103-9.
- 5- Kleinz MJ, Davenport AP. Immunocytochemical localization of the endogenous vasoactive peptide apelin to human vascular and endocardial endothelial cells. *Regul Pept*. 2004;118(3):119-25.
- 6- Lau DC, Dhillon B, Yan H, Szmitko PE, Verma S. Adipokines: Molecular links between obesity and atherosclerosis. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2005;288(5):2031-41.
- 7- Abbasi F, Brown BW Jr, Lamendola C, McLaughlin T, Reaven GM. Relationship between obesity, insulin resistance, and coronary heart disease risk. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(5):937-43.
- 8- Ishida J, Hashimoto T, Hashimoto Y, Nishiwaki S, Iguchi T, Harada S, et al. Regulatory roles for APJ, a seven-transmembrane receptor related to angiotensin-type 1 receptor in blood pressure in vivo. *J Biol Chem*. 2004;279(25):26274-79.
- 9- Kleinz MJ, Skepper JN, Davenport AP. Immunocytochemical localisation of the apelin receptor, APJ, to human cardiomyocytes, vascular smooth muscle and endothelial cells. *Regul Pept*. 2005;126(3):233-40.
- 10- Kawamata Y, Habata Y, Fukusumi S, Hosoya M, Fujii R, Hinuma S, et al. Molecular properties of apelin: Tissue distribution and receptor binding. *Biochim Biophys Acta*. 2001;1538(2-3):162-71.
- 11- Tatemoto K, Hosoya M, Habata Y, Fujii R, Kakegawa T, Zou MX, et al. Isolation and characterization of a novel endogenous peptide ligand for the human APJ receptor. *Biochem Biophys Res Commun*. 1998;251(2):471-6.
- 12- Hosoya M, Kawamata Y, Fukusumi S, Fujii R, Habata Y, Hinuma S, et al. Molecular and functional characteristics of APJ Tissue distribution of mRNA and interaction with the endogenous ligand apelin. *J Biol Chem*. 2000;275(28):21061-7.
- 13- De Falco M, De Luca L, Onori N, Cavallotti I, Artigiano F, Esposito V, et al. Apelin expression in normal human

- cardiometabolic adaptations. *Obesity* (Silver Spring). 2016;1(5):1-5.
- 41- Garcia NF, Valgas da Silva CP, Ferreira M, Oharomari LK, Rocha T, Moraes C, et al. 7-week aerobic exercise training reduces adipocyte area and improves insulin sensitivity in Wistar rats fed a highly palatable diet. *Motriz*. 2016;22(1):12-7.
- 42- Medeiros NS, de Abreu F, Calato AS, Lemos LS, Ramis TR, Dorneles GP, et al. Effects of concurrent training on oxidative stress and insulin resistance in obese individuals. *Oxid Med Cell Longev*. 2015;2015:1-6.
- 43- Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe A, Barker TA, et al. Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD (P) Hoxidase protein ratio in obese men. *J Physiol*. 2015;3(14):23-7.
- 44- Attarzadeh Hosseini SR, Mir E, Hejazi K, Mir Saeydi M, et al. The Effect of eight weeks combined training on some insulin resistance markers in middle-aged men. *Med J Mashhad Univ Med Sci*. 2015;58(3):129-37. [Persian]
- 45- Eriksson J, Taimela S, Eriksson K, Parviainen S, Peltonen J, Kujala U. Resistance training the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Int J Sports Med*. 1997;18(4):242-6.
- 46- Das UN. *Metabolic syndrome Pathophysiology: The role of essential fatty acids*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2010. pp. 284-8.
- 47- Zhu S, Sun F, Li W, Cao Y, Wang C, Wang Y, et al. Apelin stimulates glucose uptake through the PI3K/Akt pathway and improves insulin resistance in 3T3-L1 adipocytes. *Mol Cell Biochem*. 2011;353(1-2):305-13.
- 48- Attané C1, Daviaud D, Dray C, Dusaulcy R, Masseboeuf M, Prévot D, et al. Apelin stimulates glucose uptake but not lipolysis in human adipose tissue ex vivo. *J Mol Endocrinol*. 2011;46(1):21-8.
- 49- Castan-Laurell I, Boucher J, Dray C, Daviaud D, Guigné C, Valet P. Apelin, a novel adipokine overproduced in obesity: Friend or foe?. *Mol Cell Endocrinol*. 2005. 245(1): p. 7-9.
- Champaign, IL, US: Human Kinetics; 1998. pp. 1-10.
- 31- Shaibani S, Shemshaki A, Hanachi P. The effect of rast exercise on plasma levels of apelin and blood pressure in elite women runner. *Qom Univ Med Sci J*. 2012;6(3):27-31. [Persian]
- 32- Kazemi F, Zahedi Asl S. The correlation of plasma levels of apelin-13 with insulin resistance index and plasma leptin of diabetic male rats after 8-week aerobic exercise. *Arak Univ Med Sci J*. 2015;18(6):51-60. [Persian]
- 33- Kechyn S, Barnes G, Howard L. Assessing dynamic changes in plasma apelin concentration in response to maximal exercise in man. *Eur Respir J*. 2015;46(59):2316-20
- 34- Kazemi F, Ebrahim E, Zahedi Asl S. Effects of aerobic training on plasma concentration of apelin and insulin resistance in type 2 diabetic rats. *Med J Tabriz Univ*. 2014;36(3):62-7. [Persian]
- 35- Krist J, Wieder K, Klötting N, Oberbach A, Kralisch S, Wiesner T, et al. Effects of weight loss and exercise on apelin serum concentrations and adipose tissue expression in human obesity. *Obes Facts*. 2013;6(1):57-69.
- 36- Heinonen MV, Laaksonen DE, Karhu T, Karhunen L, Laitinen T, Kainulainen S, et al. Effect of diet-induced weight loss on plasma apelin and cytokine levels in individuals with the metabolic syndrome. *Nutrition, Metab Cardiovas Dis*. 2009;19(9):626-33.
- 37- Klötting N., Krist J, Ruschke K, Blüher M, et al. Apelin mRNA expression in visceral obesity and in response to exercise training. *Diabetol Stoffwechs*. 2008;3(1):75-8.
- 38- Sawane M, Kajiya K, Kidoya H, Takagi M, Muramatsu F, Takakura N. Apelin inhibits diet-induced obesity by enhancing lymphatic and blood vessel integrity. *Diabetes*. 2013;62(6):1970-80.
- 39- Frier BC, Williams DB, Wright DC. The effects of apelin treatment on skeletal muscle mitochondrial content. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009;297(6):R1761-8.
- 40- Swift DL, Johannsen NM, Lavie CJ, Earnest CP, Blair SN, Church TS, et al. Effects of clinically significant weight loss with exercise training on insulin resistance and