



## Research Paper

**Effect of 8-week of high-intensity interval training on serum AgRP levels, lipid profile and body composition indices in overw and obese men**

 **Ameer Almasoodi<sup>1</sup>**,  **Ramin Amirsasan<sup>2\*</sup>**,  **Javad Vakili<sup>2</sup>**,  **Mostafa Khani<sup>3</sup>**,  **Hussein Alwawi<sup>4</sup>**

Received: Oct 25, 2025

Revised: Mar 21, 2026

Accepted: Mar 30, 2026

**Article info**

1. Ph.D Student in Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Exercise Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Exercise Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Associate Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Exercise Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
4. Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Exercise Sciences, University of Kerbala, Kerbala, Iraq.

**\*Corresponding Author Address:**

Department of Exercise Physiology,  
Faculty of Physical Education and  
Exercise Sciences, University of  
Tabriz, 29 Bahman Boulevard, Tabriz  
Iran;

**Email:** amirsasan@tabrizu.ac.ir

**Extended abstract**

**Background and Aim:** High-intensity interval training (HIIT) has been considered as an effective intervention in body composition improvement, insulin sensitivity and cardiovascular health in overweight and obese individuals. It seems that this type of exercise can be used as an effective training strategy for improving anthropometric and metabolic indices in overweight and obese individuals. In addition, previous studies it have confirmed that HIIT is more effective on serum levels and activity of Agouti-related peptide (AgRP) via improving insulin sensitivity, changes in appetite regulator hormones and effect on hypothalamic leptin pathways. Moreover, the AgRP is known as a signaling peptide that can affects nutritional behavior, energy homeostasis, and fat accumulation. Preliminary evidence also indicates that HIIT may increase the serum levels of AgRP, however, some studies have reported a contradictory results as decrease or lack of significant change. Although, some studies suggest that there is a relationship between obesity indices, including body fat percentage and waist to hip ratio, and serum lipids with AgRP, however, this relationship has a complex and nonlinear nature and probably the role of AgRP in lipid metabolism is exerted by indirect pathways such as changes in body composition and regulation of energy intake and its direct and independent effect on lipid profile is still not confirmed. According to this fact that AgRP has a very important effect on appetite and weight adjustment, and also due to the lack of definite results about the effect of HIIT on this variables and its relationship with anthropometric variables, the purpose of this study was to investigate the effect

**Cite this article:**

**Almasoodi A, Amirsasan R, Vakili J, Khani M, Alwawi H. Effect of 8-week of high-intensity interval training on serum AgRP levels, lipid profile and body composition indices in overw and obese men. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2026;14(38):54-67. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2026.10247.2004>**



of 8-week HIIT on serum AgRP levels, total cholesterol, low (LDL), –very low (VLDL) and –high (HDL) density lipoproteins and some of body composition indices in overweight and obese men.

**Materials and Methods:** this quasi-experimental study with pre-test and post-test design including of two groups of interval and control. The study population consisted of 30-35 year-old men with a body mass index (BMI) of 25–35 kg/m<sup>2</sup>. Among the volunteers to participate in the study which had the inclusion criteria, according to the G\*power software, the number of sample was 36. Participants were randomly assigned into two groups of HIIT (n=18) and control (n=18) group. During the period of the study, 2 HIIT participants were excluded from the study due to the irregularly participation during sessions and 2 control person also were excluded from the study based on the absence in the final blood sampling. The intervention included a 2-week familiarization period followed by 8-week of HIIT that performed by repeated 3 sessions per week. The training sessions were conducted under the supervision of the researcher. The training protocol in the first week of the familiarization consisted of 1 set of runs with 3 repetitions, each repeated for 10 seconds and with intensity of 50-70 % maximal oxygen uptake speed ( $vVO_2$  max). The rest interval between repetitions was considered 60 seconds. Moreover, in the second week of the familiarization, participants performed 2 sets of HIIT, that each consisted of 3 repetitions of running for 5 seconds at 70-90 %  $vVO_2$  max. The rest interval between each set and the repetition of 90 seconds was determined. After the third week, the rest of the protocol as a main training (HIIT) consisted of 2-4 sets in each session and 5 repetitions for 20 seconds with intensity of 100-140 %  $vVO_2$  max. The rest interval between each set of rest (inactive and active rest) and repeat (passive rest) were 180 and 60-80 seconds, respectively. Blood samples (10 ml) were collected after 12 hours of fasting at the beginning of the study and 48 hours after the last training session by a laboratory expert from the antecubital vein of participants. Blood samples were permitted to undergo clotting at room temperature for approximately 30-60 min prior to centrifugation at 3,000 RPM for 10 min. Subsequently, serum was distributed into 1.8-mL aliquots and stored at a temperature of -20°C until biochemical assays were performed. Serum concentrations of variables were measured using enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA) (RayBiotech, USA). Also, body composition including weight, BMI, and body fat percentage was measured in fasting state using bioelectrical impedance analysis (230 body composition analyzer; Inbody Co. Ltd, Taiwan). For statistical analysis the Shapiro–Wilk test was employed to evaluate the normality of the variables which were normally distributed. The analysis of covariance was used to analyze between-group comparisons at the significance level ( $p < 0.05$ ).

**Findings:** According to the results, BMI ( $p = 0.0001$ ), body fat percentage ( $p = 0.0001$ ), and waist-to-hip ratio ( $p = 0.0001$ ) decreased significantly in the HIIT group compared to the control group (Table 1). Also, a significant increase in the serum levels of AgRP ( $p = 0.0001$ ) and decrease in triglyceride ( $p = 0.0001$ ), total cholesterol ( $p = 0.0001$ ), LDL ( $p = 0.0001$ ), and VLDL ( $p = 0.0001$ ) were observed in the HIIT group compared to the control group, while HDL reduced significantly only in the control group ( $p = 0.0001$ ) (Table 1).

**Conclusion:** In agreement with the findings of the present study, earlier research has shown that HIIT can enhance serum levels and activity of AgRP. This effect is likely associated with improved insulin sensitivity, alterations in appetite-regulating hormones, and modulation of hypothalamic leptin signaling pathways, that can be lead to increased leptin levels. Moreover, the improvement in lipid profile following HIIT may be explained by elevated lipoprotein lipase activity, enhanced fatty acid oxidation, and improvement in insulin sensitivity. These mechanisms may contribute to reductions in triglycerides, total cholesterol, and LDL, while increasing HDL levels. Furthermore, the significant decrease in waist-to-hip ratio reflects the beneficial impact of HIIT on reducing visceral fat, which is consistent with previous findings. Therefore, HIIT can be used as an effective training strategy in appetite regulation and improvement of lipid profile and body composition indices in overweight and obese men.

**Table 1. Description (mean  $\pm$  standard deviation) and comparison of AgRP, lipid profile, and body composition indices of participants across the pre-test and post-test stages**

Variables	Groups	Pre-test	Post-test	F	p
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	HIIT	29.73 $\pm$ 2.39	29.43 $\pm$ 2.51	25.36	0.0001*
	Control	29.88 $\pm$ 2.85	29.90 $\pm$ 2.87		
Body fat (%)	HIIT	29.48 $\pm$ 4.37	26.19 $\pm$ 4.17	186.78	0.0001*
	Control	29.43 $\pm$ 4.26	29.53 $\pm$ 4.44		
AgRP (pg/mL)	HIIT	112.59 $\pm$ 16.20	118.32 $\pm$ 15.63	24.44	0.0001*
	Control	113.69 $\pm$ 20.97	112.14 $\pm$ 19.48		
Waist-to-hip ratio	HIIT	0.96 $\pm$ 0.03	0.95 $\pm$ 0.03	53.22	0.0001*
	Control	0.94 $\pm$ 0.03	0.94 $\pm$ 0.03		
Triglyceride (mg/dL)	HIIT	165.19 $\pm$ 22.75	145.75 $\pm$ 20.24	196.52	0.0001*
	Control	160.44 $\pm$ 20.10	162.63 $\pm$ 19.64		
Total cholesterol (mg/dL)	HIIT	154.56 $\pm$ 30.76	146.06 $\pm$ 28.89	228.93	0.0001*
	Control	144.75 $\pm$ 26.92	145.44 $\pm$ 26.88		
LDL (mg/dL)	HIIT	85.94 $\pm$ 17.65	77.88 $\pm$ 16.97	224.70	0.0001*
	Control	91.88 $\pm$ 12.87	92.44 $\pm$ 12.55		
VLDL (mg/dL)	HIIT	33.03 $\pm$ 4.54	29.15 $\pm$ 4.04	192.28	0.0001*
	Control	32.08 $\pm$ 4.01	32.52 $\pm$ 3.92		
HDL (mg/dL)	HIIT	36.13 $\pm$ 3.76	36.69 $\pm$ 3.34	9.59	0.004*
	Control	36.06 $\pm$ 3.17	34.94 $\pm$ 2.99		

\*indicator of significant difference between groups at  $p < 0.05$ . HIIT: high intensity interval training; AgRP: Agouti-related peptide; LDL: low density lipoprotein cholesterol; VLDL: very low density lipoprotein cholesterol; HDL: high density lipoprotein cholesterol.

**Keywords:** High-intensity interval training, Agouti-related protein, Lipid profile, Body composition, Obese men.

**Compliance with Ethical Guidelines:** The study was approved by the Research Ethics Committee of the University of Tabriz, Iran, which adheres to the Declaration of Helsinki (Ethical Code: IR.TABRIZU.REC.1403.111).

**Funding:** This research received no specific grant from any funding agency.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.



## تأثیر هشت هفته تمرین تناوبی شدید بر مقادیر سرمی پپتید مرتبط با آگوتی، پروفایل لیپیدی و شاخص‌های ترکیب بدنی مردان دارای اضافه وزن و چاق

امیر المسعودی<sup>۱</sup>، رامین امیرساسان<sup>۲\*</sup>، جواد وکیلی<sup>۳</sup>، مصطفی خانی<sup>۴</sup>، حسین الوای<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳

## چکیده

**زمینه و هدف:** پپتید مرتبط با آگوتی (AgRP) یک پپتید سیگنال دهنده است که بر رفتار تغذیه‌ای، هموستازی انرژی و تجمع چربی تأثیر می‌گذارد. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) می‌تواند بر مقادیر AgRP تأثیر بگذارد، اما نتایج کنونی غیر قطعی و ناهمسو است. بنابراین، هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر هشت هفته پروتکل HIIT بر مقدار AgRP، پروفایل لیپیدی و شاخص ترمیم بدنی مردان دارای اضافه وزن و چاق بود. **روش تحقیق:** در یک طرح تحقیقاتی نیمه تجربی ۳۲ مرد داوطلب دارای اضافه وزن و چاق ( $25 \leq BMI \leq 35$ ) در دامنه سنی ۳۵-۳۰ سال به صورت تصادفی در یکی از دو گروه HIIT ( $n=16$ ) و کنترل ( $n=16$ ) قرار گرفتند. دوره آشناسازی به مدت دو هفته و HIIT به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته با شدت ۱۴۰-۱۰۰ درصد سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی ( $\dot{V}O_{2max}$ ) به اجرا درآمد. نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت قبل و بعد از پروتکل تمرینی اخذ گردید و داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) ارزیابی شدند. **یافته‌ها:** بعد از مداخله تمرینی، افزایش معنی‌دار سطح سرمی AgRP ( $p=0/0001$ ) و کاهش معنی‌دار نسبت دور کمر به لگن ( $p=0/0001$ )، تری‌گلیسرید ( $p=0/0001$ )، کلسترول تام ( $p=0/0001$ )، لیپوپروتئین با چگالی کم ( $p=0/0001$ ) و لیپوپروتئین با چگالی خیلی کم ( $p=0/0001$ ) در گروه HIIT در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد؛ اما لیپوپروتئین با چگالی بالا تنها در گروه کنترل به صورت معنی‌دار کاهش یافت ( $p=0/004$ ). **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج، HIIT احتمالاً باعث افزایش غلظت سرمی AgRP، بهبود پروفایل لیپیدی و نسبت دور کمر به لگن در مردان دارای اضافه‌وزن و چاق می‌شود، بدین ترتیب می‌تواند به عنوان یک راهبرد تمرینی مؤثر در تنظیم اشتها و بهبود شاخص‌های آنترپومتریکی و لیپیدی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** تمرین تناوبی شدید، پپتید مرتبط با آگوتی، نیمرخ لیپیدی، شاخص‌های آنترپومتریک، مردان چاق.

## اطلاعات مقاله

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۴. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه عراق، کربلا، عراق.

\* آدرس نویسنده مسئول:  
تبریز، بلوار ۲۹ بهمن، دانشگاه تبریز، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی؛  
پست الکترونیک:  
amirsasan@tabrizu.ac.ir

## مقدمه

در سال‌های اخیر، همراه با توسعه اقتصادی و بهبود استانداردهای زندگی، شیوع اضافه وزن و تجمع چربی اضافی در بدن همچنان رو به افزایش بوده است (۱). در انسان علی‌الرغم تغییرات زیاد مصرف روزانه غذا و انرژی، میزان چربی و وزن بدن در حد ثابتی باقی می‌ماند. سیستم‌های فیزیولوژیک پیچیده و قدرتمند مغزی همراه با هورمون‌های موجود در گردش خون در شروع و پایان یک وعده غذایی نقش دارند. سیگنال‌های محیطی و مغزی در هیپوتالاموس باهم تلفیق می‌گردند و میزان نوروپپتیدهای مرکزی را تنظیم می‌کنند تا مصرف انرژی و غذا تصحیح شود (۲). برخی هسته‌های هیپوتالاموسی شامل هسته میانی دورسومدیال<sup>۱</sup>، و نترومدیال<sup>۲</sup> و قوسی<sup>۳</sup> در تنظیم اشتها و تعادل انرژی نقش دارند. علاوه بر پیام‌های محیطی، نوروپپتیدها و نوروترانسمیترهایی که در نورون‌های هیپوتالاموسی، سنتز و آزاد می‌شوند، تولید سیگنال‌های عوامل اشتها آور<sup>۴</sup> و عوامل کاهش دهنده اشتها<sup>۵</sup> را تنظیم می‌نمایند (۳). در میان انواع سلول‌های موثر در تنظیم وزن بدن، نورون‌های بیانگر پروتئین مرتبط با آگوتی<sup>۶</sup> (AgRP) اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا این نورون‌ها در هسته آرکوئیت<sup>۷</sup> از مهم‌ترین عوامل تنظیم‌کننده اشتها هستند. عامل AgRP به عنوان یک آنتاگونیست گیرنده ملانوکورتین-۴<sup>۸</sup> (MC4R)، با مهار هورمون تحریک‌کننده ملانوسیت آلفا<sup>۹</sup> (مانند  $\alpha$ -MSH) و تعامل با هورمون‌هایی مانند لپتین و گرلین، رفتار تغذیه‌ای و هموستازی انرژی را تنظیم می‌کند (۶-۴). این نورون‌ها در هسته قوسی هیپوتالاموس قرار دارند و با محرومیت از غذا فعال می‌شوند. تحریک نورون‌های بیانگر AgRP موجب القای رفتار تغذیه‌ای حریصانه شده و با فعال‌سازی مسیرهای سیگنال‌دهی مرتبط با مؤلفه‌های انگیزشی، عاطفی و حسی همراه است (۷). برعکس، خاموش یا حذف نورون‌های AgRP، باعث ناتوانی در بلع غذا یا آفاژی می‌شود (۸). فعال‌سازی نورون‌های AgRP در شرایط کمبود انرژی (مانند گرسنگی) باعث تحریک اشتها و جستجوی غذا می‌شود، در حالی که مهار یا حذف این نورون‌ها می‌تواند به کاهش مصرف غذا یا حتی آفاژی منجر شود (۹). در افراد چاق، مقاومت به لپتین ممکن

است باعث افزایش فعالیت نورون‌های AgRP شود، که به پرخوری و تجمع چربی و در نتیجه، افزایش شاخص‌های خطرزای قلبی همچون کلسترول تام، تری‌گلیسرید، لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) و کاهش لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) کمک می‌کند (۱۰). پیشرفت‌های اخیر در مورد چاقی نشان داده است که جهش‌های ژنتیکی روند رو به رشد چاقی را توجیه نمی‌کنند و عوامل محیطی و سبک زندگی تأثیر بیشتری بر آن دارند (۱۱). انتخاب مناسب تمرینات ورزشی عامل مهمی در تغییر سبک زندگی بوده و شاخص موثری در کنترل و درمان چاقی محسوب می‌شود (۱۲). پژوهش‌های اخیر نشان از آن دارند که فعالیت ورزشی تناوبی با شدت بالا<sup>۱</sup> (HIIT) یک وضعیت بی‌اشتهایی زودگذر ایجاد می‌کند که برای مدت کمی پس از فعالیت ورزشی، احساس گرسنگی را به تعویق می‌اندازد؛ اثری که کوتاه مدت و موقتی است (۱۲، ۱۳). با تمرکز بر HIIT می‌توان احتمال تغییر انرژی دریافتی از طریق تغییر در پیام‌های گرسنگی و اشتها و همچنین پپتیدهای تنظیمی در مقادیر سیگنال‌های کوتاه تا بلند مدت را شاهد بود (۱۳، ۱۴). فعالیت بدنی به دلیل افزایش مصرف انرژی، موجب ایجاد یک تعادل منفی در انرژی می‌شود (۱۲، ۱۵). پروتکل HIIT به دلیل اثربخشی در بهبود ترکیب بدن، حساسیت به انسولین و سلامت قلبی-عروقی، به عنوان یک مداخله کارآمد در افراد دارای اضافه وزن و چاق مورد توجه قرار گرفته است (۱۲، ۱۹-۱۶). به نظر می‌رسد این نوع تمرین می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد تمرینی مؤثر در بهبود شاخص‌های آنروپومتریک و متابولیک در افراد دارای اضافه وزن و چاق مورد استفاده قرار گیرد (۲۰، ۲۱). به‌طور خاص، مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که اجرای منظم HIIT با کاهش معنی‌دار نسبت دور کمر به لگن، به بهبود الگوی توزیع چربی و کاهش تجمع چربی احشایی منجر می‌شود؛ عاملی که نقش کلیدی در بروز اختلالات متابولیکی دارد (۲۲، ۲۳). افزون بر این، HIIT با القای سازگاری‌های متابولیکی نظیر افزایش فعالیت لیپوپروتئین لیپاز، ارتقای اکسیداسیون اسیدهای چرب و بهبود حساسیت به انسولین؛ قادر است نیم‌رخ لیپیدی را بهبود بخشد (۲۰، ۲۱، ۲۴).

1. Dorsomedial  
2. Ventromedial  
3. Arcuate  
4. Orexigenic

5. Anorexigenic  
6. Agouti-related protein  
7. Arcuate nucleus  
8. Melanocortin-4 receptor

9.  $\alpha$ -Melanocyte-stimulating hormone  
10. High-intensity interval training

مطالعه، عدم مصرف داروهای کاهنده وزن و یا داروهای ضدالتهاب در یک سال قبل از مطالعه، عدم کاهش وزن (بیشتر از ۱۰ درصد وزن بدن در یک سال قبل از مطالعه)، عدم مشکلات سیستم عصبی یا آسیب سر، و عدم اجرای فعالیت ورزشی منظم در شش ماه منتهی به زمان انجام تحقیق حاضر بود. ابتدا اطلاع رسانی از طریق انتشار اطلاعیه‌های ورزشی توسط محقق در سطح شهر کربلا انجام گرفت. از تمامی افراد تماس گیرنده دعوت شد تا در جلسه انتخابی در سالن ورزشی دانشگاه کربلا حضور یابند. از بین داوطلبان برای شرکت در پژوهش که معیارهای ورود به مطالعه را داشتند، براساس نرم‌افزار G\*Power و معیارهای آماری اندازه اثر ۰/۵، سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و توان آماری ۰/۸؛ تعداد نمونه ۳۶ نفر در نظر گرفته شد. به منظور گروه‌بندی شرکت کنندگان، افراد واجد شرایط به صورت تخصیص تصادفی در دو گروه HIIT (۱۸ نفر) و گروه کنترل (۱۸ نفر) قرار گرفتند. پیش از آغاز پژوهش، از داوطلبان شرکت در این طرح خواسته شد تا فرم رضایت آگاهانه و پرسشنامه وضعیت سلامت را تکمیل کنند (۳۰). معیارهای خروج از تحقیق شامل ابتلا به بیماری‌ها یا آسیب دیدگی حین تمرینات (که مانع شرکت در پروتکل‌های ورزشی شود)، داشتن غیبت بیش از دو جلسه در تمرینات و ناتوانی در انجام تمرینات به شکل صحیح بود. در طول دوره دو نفر از آزمودنی‌های گروه تمرینی به علت شرکت نامنظم در فعالیت‌های ورزشی و دو نفر از گروه کنترل به دلیل عدم حضور در پس‌آزمون از مطالعه خارج شدند. در نهایت، در هر یک از گروه‌های تمرینی و کنترل، ۱۶ نفر از آزمودنی‌ها در تحلیل نهایی مورد بررسی قرار گرفتند.

دوره مداخله تمرینی شامل یک دوره آشناسازی (دو هفته) و یک دوره HIIT (هشت هفته) بود که با تکرار سه جلسه در هفته به اجرا درآمد. جلسات تمرینی زیر نظر محقق هدایت و اجرا شدند. پروتکل تمرینی در هفته اول دوره آشناسازی شامل یک ست دویدن با سه تکرار بود که هر تکرار به مدت ۱۰ ثانیه و با شدت ۷۰-۵۰ درصد سرعت حداکثر اکسیژن مصرفی ( $\text{MAX } \dot{V}\text{O}_2$ ) انجام شد. فاصله استراحت بین تکرارها ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شد. همچنین، در هفته دوم آشناسازی، آزمودنی‌ها دو ست HIIT را اجرا کردند که هر ست شامل سه تکرار دویدن به

علاوه بر این، مطالعات پیشین تأیید کرده‌اند که HIIT از طریق بهبود حساسیت به انسولین، تغییر در هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها و تأثیر بر مسیرهای هیپوتالاموسی، بر سطوح و فعالیت AgRP اثرگذار باشد (۲۵، ۲۶). شواهد اولیه نیز نشان می‌دهند که HIIT ممکن است باعث افزایش مقادیر AgRP شود (۲۶، ۲۷)، با این حال، برخی از مطالعات کاهش یا عدم تغییر قابل توجه را گزارش کرده‌اند، که نشان‌دهنده ناهمخوانی نتایج موجود است (۱۲، ۲۸). همچنین، نتایج برخی مطالعات ژنتیکی حاکی از آن است که بین شاخص‌های مرتبط با چاقی، از جمله درصد چربی بدن و نسبت دور کمر به لگن؛ لیپیدهای سرمی با AgRP ارتباط وجود دارد. با این حال، این ارتباط ماهیتی پیچیده و غیرخطی داشته و احتمالاً نقش AgRP در متابولیسم لیپیدی بیشتر از طریق مسیرهای غیرمستقیم مانند تغییرات در ترکیب بدن و تنظیم دریافت انرژی اعمال می‌شود و تأثیر مستقیم و مستقل آن بر پروفایل لیپیدی، هنوز به‌طور قطعی اثبات نشده است (۲۹).

با در نظر گرفتن این موضوع که AgRP در تنظیم اشتها و وزن اثر بسیار مهمی دارد و با توجه به عدم وجود نتایج قطعی در مورد اثر HIIT بر این شاخص و ارتباط آن با شاخص‌های آنترپومتریکی و لیپیدی، محقق به دنبال آن است که تأثیر هشت هفته HIIT را بر سطوح AgRP، شاخص ترکیب بدنی و پروفایل لیپیدی (تری‌گلیسرید، کلسترول تام، LDL، VLDL و HDL) مردان دارای اضافه وزن و چاق بررسی کند.

#### روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون و با دو گروه تمرین تناوبی و کنترل بود. قبل از اجرای تحقیق، مجوز اخلاق پژوهشی برای اجرای طرح از دانشگاه تبریز با شناسه 1403.111.IR.TABRIZU.REC اخذ شد. جامعه آماری تحقیق حاضر را مردان عراقی ۳۵-۳۰ سال تمرین نکرده دارای اضافه وزن (شاخص توده بدنی ۲۵ تا ۲۹/۹ کیلوگرم بر مترمربع) یا چاق (شاخص توده بدنی ۳۰ تا ۳۴/۹ کیلوگرم بر مترمربع) شهر کربلا-عراق تشکیل دادند. معیارهای ورود به تحقیق شامل عدم داشتن بیماری‌های مزمن (بیماری‌های قلبی عروقی، فشارخون نامتعارف)، عدم داشتن جراحی در یک سال قبل از اجرای

مدت پنج ثانیه با شدت ۹۰-۷۰ درصد  $\dot{V}O_2$  MAX بود. مدت زمان استراحت بین هر ست و تکرار ۹۰ ثانیه تعیین شد. سپس از هفته سوم به مدت هشت هفته، تمرینات اصلی (HIIT) شامل ۲-۴ ست در هر جلسه و پنج تکرار دوییدن به مدت ۲۰ ثانیه با شدت ۱۴۰-۱۰۰ درصد  $\dot{V}O_2$  max انجام شد (جدول یک). مدت زمان استراحت بین هر ست

(استراحت غیر فعال و فعال) و تکرار (غیرفعال) به ترتیب ۱۸۰ و ۶۰ تا ۸۰ ثانیه در نظر گرفته شد (جدول یک). قبل از تمرین ۱۰ دقیقه گرم کردن شامل حرکات جنبشی و دوییدن آهسته انجام گردید و در پایان هر جلسه، تمرینات سرد کردن بصورت راه رفتن و حرکات کششی به مدت ۱۰ دقیقه انجام گرفت.

جدول ۱. جزییات پروتکل HIIT اجرا شده

کل زمان برنامه تمرینی در جلسه (دقیقه/ثانیه)	کل زمان دویدن در جلسه (دقیقه/ثانیه)	استراحت بین ستها (ثانیه)	استراحت بین تکرارها (ثانیه)	$\dot{V}O_2$ MAX (متر بر ثانیه)	مدت تکرار (ثانیه)	تعداد تکرار در هر ست	تعداد ست در جلسه	تعداد جلسات در هفته	هفته
۳۴/۳۳-۳۷	۲/۳۳	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۰۰-۱۱۰	۲۰	۵	۲	۳	۱
۳۴/۳۳-۳۷	۲/۳۳	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۱۰-۱۲۰	۲۰	۵	۲	۳	۲
۴۳-۴۷	۵	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۰-۱۳۰	۲۰	۵	۳	۳	۳
۴۳-۴۷	۵	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۰-۱۳۰	۲۰	۵	۳	۳	۴
۴۳-۴۷	۵	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۰-۱۳۰	۲۰	۵	۳	۳	۵
۵۱/۶۶-۵۷	۶/۶۶	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۳۰-۱۴۰	۲۰	۵	۴	۳	۶
۵۱/۶۶-۵۷	۶/۶۶	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۳۰-۱۴۰	۲۰	۵	۴	۳	۷
۵۱/۶۶-۵۷	۶/۶۶	۱۸۰	۶۰-۸۰	۱۳۰-۱۴۰	۲۰	۵	۴	۳	۸

با شماره کاتالوگ 20-1E31، و VLDL با کیت با شماره کاتالوگ 20-4P7 اندازه‌گیری شد. تمامی اندازه‌گیری‌های بیوشیمیایی به وسیله دستگاه آنالایزور اتوماتیک شرکت ایت آرکیتکت<sup>۲</sup> آلمان و با استفاده از کیت‌های شرکت ایت دایاگنوستیک<sup>۳</sup> آمریکا انجام گرفت. برای اندازه‌گیری ترکیب بدن شامل وزن و درصد چربی بدن در حالت ناشتا با استفاده از دستگاه 230 InBody ساخت کشور تایوان و در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. نسبت دور کمر به لگن نیز توسط یک متخصص با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. محیط کمر در باریک‌ترین قسمت تنه یا روی سطح ناف و محیط لگن در عریض‌ترین بخش باسن و بدون فشار زیاد روی پوست ثبت شد.

به منظور استخراج نتایج تحقیق، با استفاده از برنامه نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۶، ابتدا طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۴</sup> بررسی شد. سپس از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) برای بررسی تغییرات بین گروهی در سطح معنی داری  $p \leq 0.05$  استفاده شد. برای

نمونه‌های خونی بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی در ابتدای مطالعه و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، از ساعت ۷:۳۰ تا ۸ صبح توسط کارشناس علوم آزمایشگاهی به مقدار ۱۰ سی سی از ورید پیش آرنجی به حالت نشسته و به روش استاندارد اخذ شد. اجازه داده شد نمونه‌های خونی پس از جمع‌آوری به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در دمای اتاق لخته شوند، سپس با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس، سرم به بخش‌های ۱/۸ میلی‌لیتری تقسیم و تا زمان انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. مقادیر سرمی AgRP با روش الایزا و کیت الایزا AgRP انسانی با شماره کاتالوگ ELH-AgRP شرکت ری‌بیوتک<sup>۱</sup> آمریکا با ارزیابی درون گروهی کمتر از ۱۰ درصد و ارزیابی بین گروهی کمتر از ۱۲ درصد اندازه‌گیری شد. سطوح تری‌گلیسرید با استفاده از کیت با شماره کاتالوگ 22-7D74، کلسترول تام با کیت با شماره کاتالوگ 7D62-22، HDL با کیت با شماره کاتالوگ 22-3K33، LDL با کیت

1. RayBiotech

2. Abbott Architect™ Company

3. Abbott Diagnostics Company

4. Shapiro-Wilk

ترسیم جداول نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

### یافته‌ها

در غلظت سرمی AgRP بین دو گروه HIIT و کنترل وجود دارد، به طوری که این شاخص پس از HIIT افزایش معنی داری را تجربه کرد (جدول سه). علاوه بر این، بین دو گروه از نظر تأثیر بر نسبت دور کمر به لگن، تری گلیسرید، کلسترول تام، LDL، VLDL و HDL تفاوت معنی داری مشاهده شد (جدول سه). به گونه‌ای که پس از اجرای هشت هفته پروتکل HIIT، نسبت دور کمر به لگن، تری گلیسرید، کلسترول تام، VLDL و LDL به طور معنی داری کاهش یافتند، در حالی که کاهش HDL در گروه کنترل مشاهده شد (جدول سه).

سن، ویژگی‌های آنترپومتریک (وزن، قد و شاخص توده بدن) و درصد چربی شرکت کنندگان طی دو مرحله پیش از آزمون و پس از آزمون در دو گروه HIIT و کنترل در جدول دو توصیف شده است. همچنین، مقادیر پیش از آزمون و پس از آزمون شاخص‌های AgRP، نسبت دور کمر به لگن و پروفایل‌های لیپیدی در جدول سه ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمون ANCOVA نشان داد که پس از هشت هفته، تفاوت معنی داری

جدول ۲. توصیف (انحراف معیار ± میانگین) ویژگی‌های فردی شرکت کنندگان در دو گروه HIIT و کنترل

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	F	p
سن (سال)	HIIT	۳۳/۵۰ ± ۱/۳۲	-	-	-
	کنترل	۳۳/۳۱ ± ۱/۴۹	-		
قد (سانتی متر)	HIIT	۱۷۷/۵۰ ± ۷/۴۰	-	-	-
	کنترل	۱۷۵/۱۳ ± ۵/۹۸	-		
وزن (کیلوگرم)	HIIT	۹۴/۱۱ ± ۱۲/۲۲	۹۲/۹۷ ± ۱۲/۱۷	۱۴۶/۳۲	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۹۱/۶۶ ± ۹/۸۸	۹۱/۷۴ ± ۹/۹۲		
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	HIIT	۲۹/۷۳ ± ۲/۳۹	۲۹/۴۳ ± ۲/۵۱	۲۵/۳۶	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۲۹/۸۸ ± ۲/۸۵	۲۹/۹۰ ± ۲/۸۷		
چربی بدن (درصد)	HIIT	۲۹/۴۸ ± ۴/۳۷	۲۶/۱۹ ± ۴/۱۷	۱۸۶/۷۸	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۲۹/۴۳ ± ۴/۲۶	۲۹/۵۳ ± ۴/۴۴		

\* بیانگر تفاوت معنی دار بین دو گروه در سطح  $p < 0.05$ : HIIT: تمرین تناوبی شدید.

جدول ۳. توصیف (میانگین ± انحراف استاندارد) و مقایسه شاخص‌های AgRP، ترکیب بدنی و پروفایل‌های لیپیدی شرکت کنندگان طی دو مرحله پیش از آزمون و پس از آزمون

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	F	p
AgRP (پیکوگرم بر میلی لیتر)	HIIT	۱۱۲/۵۹ ± ۱۶/۲۰	۱۱۸/۳۲ ± ۱۵/۶۳	۲۴/۴۴	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۱۱۳/۶۹ ± ۲۰/۹۷	۱۱۲/۱۴ ± ۱۹/۴۸		
نسبت دور کمر به لگن	HIIT	۰/۹۶ ± ۰/۰۳	۰/۹۵ ± ۰/۰۳	۵۳/۲۲	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۰/۹۴ ± ۰/۰۳	۰/۹۴ ± ۰/۰۳		
تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر)	HIIT	۱۶۵/۱۹ ± ۲۲/۷۵	۱۴۵/۷۵ ± ۲۰/۲۴	۱۹۶/۵۲	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۱۶۰/۴۴ ± ۲۰/۱۰	۱۶۲/۶۳ ± ۱۹/۶۴		
کلسترول تام (میلی گرم بر دسی لیتر)	HIIT	۱۵۴/۵۶ ± ۳۰/۷۶	۱۴۶/۰۶ ± ۲۸/۸۹	۲۲۸/۹۳	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۱۴۴/۷۵ ± ۲۶/۹۲	۱۴۵/۴۴ ± ۲۶/۸۸		
LDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	HIIT	۸۵/۹۴ ± ۱۷/۶۵	۷۷/۸۸ ± ۱۶/۹۷	۲۲۴/۷	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۹۱/۸۸ ± ۱۲/۸۷	۹۲/۴۴ ± ۱۲/۵۵		
VLDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	HIIT	۳۳/۰۳ ± ۴/۵۴	۲۹/۱۵ ± ۴/۰۴	۱۹۲/۲۸	۰/۰۰۰۱*
	کنترل	۳۲/۰۸ ± ۴/۰۱	۳۲/۵۲ ± ۳/۹۲		
HDL (میلی گرم بر دسی لیتر)	HIIT	۳۶/۱۳ ± ۳/۷۶	۳۶/۶۹ ± ۳/۳۴	۹/۵۹	۰/۰۰۰۴*
	کنترل	۳۶/۰۶ ± ۳/۱۷	۳۴/۹۴ ± ۲/۹۹		

\* بیانگر تفاوت معنی دار بین دو گروه در سطح  $p < 0.05$ . پپتید مرتبط با آگونی (AgRP)، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی کم (LDL)، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی بسیار کم (VLDL)، لیپوپروتئین کلسترول با چگالی زیاد (HDL)، HIIT: تمرین تناوبی شدید.

## بحث

طبق یافته‌های پژوهش حاضر، هشت هفته HIIT موجب تغییرات معنی دار در غلظت سرمی AgRP شد؛ به گونه‌ای که در مقایسه با گروه کنترل، افزایش قابل توجهی در این شاخص در گروه HIIT مشاهده گردید. علاوه بر این، نتایج مقایسه بین گروهی حاکی از آن بود که بین گروه کنترل و HIIT تفاوت معنی داری از نظر تأثیرگذاری بر نسبت دور کمر به لگن و پروفایل لیپیدی وجود دارد. به طور مشخص، کاهش معنی دار نسبت دور کمر به لگن، تری گلیسرید، کلسترول تام، LDL و VLDL پس از مداخله مشاهده شد. به طور کلی، مطالعات انسانی نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی می‌تواند باعث تغییر در مقادیر سرمی AgRP در افراد چاق و دارای اضافه وزن شود (۲۶، ۳۱، ۳۲). تمرینات ورزشی می‌توانند از طریق بهبود حساسیت به انسولین، ایجاد تعدیل در ترشح و تعادل هورمون‌های کلیدی تنظیم‌کننده اشتها، و همچنین اثرگذاری بر مسیرهای عصبی - هورمونی هیپوتالاموسی، موجب تغییر در سطوح سرمی و فعالیت عملکردی AgRP شوند (۲۵، ۲۶). برای مثال، رشیدلمیر و دیگران (۲۰۱۱) در یک مطالعه آزمایشگاهی تأثیر هشت هفته دویدن هوازی و بی‌هوازی را به صورت مستقل بر غلظت پلاسمایی AgRP زنان جوان بررسی کردند که نتایج حاکی از آن بود که هر دو مدل تمرین دویدن، چه هوازی و چه بی‌هوازی، می‌تواند موجب افزایش پلاسمایی AgRP در دختران دانشجو شود (۲۶). رحمانی احمدآباد و دیگران (۲۰۱۴) نیز افزایش غلظت پلاسمایی AgRP را پس از هشت هفته تمرین هوازی در زنان دارای اضافه وزن گزارش کرده‌اند (۳۱).

در راستای نتایج مطالعه حاضر، اکبرپور بنی و دیگران (۲۰۲۱) نیز پاسخ AgRP به HIIT را در مردان چاق و کم‌وزن بررسی کردند. یافته‌های آنان حاکی از افزایش غلظت سرمی AgRP پس از دوره مداخله تمرینی بود؛ با این حال، تفاوت معنی داری بین مردان چاق و کم‌وزن گزارش نشد (۳۳). در مطالعه‌ای دیگر، قنبری‌نیاکی و دیگران (۲۰۰۸) گزارش کردند که غلظت پلاسمایی AgRP بلافاصله پس از یک جلسه HIIT به‌طور معنی داری افزایش یافت و در دوره ریکاوری به سطوح پیش از تمرین بازگشت. به نظر می‌رسد این نوسانات در مقادیر AgRP بازتابی از تغییرات تعادل انرژی و نوسانات شارژ انرژی سلولی در پاسخ به

استرس متابولیکی ناشی از فعالیت ورزشی باشد (۳۴). با وجود رشد قابل توجه پژوهش‌ها در زمینه تأثیر فعالیت‌های ورزشی بر تنظیم اشتها و هورمون‌های مرتبط با تعادل انرژی، شواهد علمی مربوط به اثر HIIT بر سطوح سرمی AgRP در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق همچنان محدود است. نتایج اندک مطالعات نیز از همسویی لازم برخوردار نبوده و گزارش‌ها حاکی از پاسخ‌های ناهمسو یا حتی متناقض در تغییرات AgRP پس از مداخلات HIIT هستند (۱۲). در مطالعه‌ای ناهمسو، خرمی‌پور و دیگران (۲۰۲۳) در بررسی موش‌های نر مبتلا به دیابت نوع-۲ گزارش کردند که هشت هفته HIIT باعث بهبود علامت‌دهی لپتین در هیپوتالاموس شده و این بهبود با کاهش بیان AgRP و افزایش بیان پپتیدهای عوامل کاهش‌دهنده اشتها همراه است. این نتایج نشان می‌دهد که HIIT می‌تواند با تحریک مسیرهای سیگنال‌دهی متابولیک و نوروهورمونی در هیپوتالاموس، حساسیت به لپتین را بهبود بخشد و به‌طور غیرمستقیم بیان AgRP را کاهش دهد، تغییری که در نهایت ممکن است به کنترل وزن و بهبود هم‌زمانی متابولیکی کمک کند. اگرچه این مطالعه مستقیماً AgRP سرمی را در حیوانات اندازه‌گیری نمی‌کند، اما از کاهش بیان AgRP در پاسخ به بهبود سیگنال لپتین پشتیبانی می‌کند (۳۵). این ناهمخوانی‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت‌های روش‌شناختی میان مطالعات باشد؛ به‌ویژه اختلاف در نوع آزمودنی‌ها (انسان در برابر حیوان) و تفاوت در رویکردهای سنجش شاخص مورد بررسی باشد. به‌طور مشخص، برخی پژوهش‌ها تغییرات این شاخص را بر اساس غلظت‌های سرمی ارزیابی کرده‌اند، در حالی که سایر مطالعات بر بررسی سطح بیان ژن تمرکز داشته‌اند؛ عواملی که می‌توانند به بروز تفاوت در نتایج منجر شوند. در مجموع، این خلأ پژوهشی ضرورت انجام مطالعات کنترل‌شده و هدفمند را برای روشن‌سازی نقش HIIT در تنظیم AgRP و سازوکارهای مرتبط با کنترل اشتها و تعادل انرژی در مردان دارای اضافه‌وزن و چاق برجسته می‌سازد. برخی مطالعات ژنتیکی نشان می‌دهند که AgRP با شاخص‌های چاقی مانند درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به لگن و لیپیدهای سرمی مرتبط است؛ با این حال، این روابط پیچیده و غیرخطی بوده و احتمالاً اثر AgRP بر متابولیسم لیپیدی عمدتاً به‌صورت غیرمستقیم و از طریق

محدودیت‌های موجود صورت گیرد. نخست، تنها مردان به‌عنوان شرکت‌کنندگان وارد پژوهش شدند؛ بنابراین، تأثیر جنسیت بر پاسخ AgRP به HIIT هنوز به‌طور کامل روشن نشده است و مطالعات آینده باید شامل جمعیت زن نیز باشند. دوم، در این مطالعه صرفاً یک عامل مرتبط با تنظیم اشتها (AgRP) مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، سایر عوامل تنظیم‌کننده اشتها، به‌طور همزمان مورد بررسی قرار گیرند تا درک جامع‌تری از مکانیسم‌های تنظیم اشتها حاصل شود. در مجموع، برای دستیابی به نتایج قطعی و قابل اتکا در زمینه اثر HIIT بر AgRP و پیامدهای آن در افراد دارای اضافه‌وزن یا چاق، انجام مطالعات بیشتر ضروری به نظر می‌رسد. نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که احتمالاً HIIT به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته با شدت ۱۴۰-۱۰۰ درصد  $\dot{V}O_2 \max$ ، باعث افزایش غلظت سرمی AgRP، بهبود پروفایل لیپیدی و نسبت دور کمر به لگن در مردان دارای اضافه‌وزن و چاق می‌شود، بدین ترتیب HIIT می‌تواند به عنوان یک راهبرد تمرینی مؤثر در تنظیم اشتها و بهبود شاخص‌های آنترپومتریکی و لیپیدی مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، برای دستیابی به نتایج قطعی در این زمینه، انجام مطالعات بیشتر ضروری است.

#### تعارض منافع

نویسندگان این مطالعه هیچ گونه تعارض منافی ندارند.

#### تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت‌کننده و همچنین افرادی که در اجرای این مطالعه ما را یاری کردند، صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

تنظیم تعادل انرژی و ترکیب بدن اعمال می‌شود؛ در حالی که شواهد مربوط به تأثیر مستقیم و مستقل آن بر پروفایل لیپیدی هنوز قطعی نیست (۲۹). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که پروتکل HIIT می‌تواند به‌طور معنی‌داری موجب بهبود پروفایل لیپیدی و کاهش نسبت دور کمر به لگن در بزرگسالان دارای اضافه‌وزن یا چاق شود. همسو با نتایج تحقیق حاضر، ربیعی و دیگران (۲۰۲۴) و سوارز و دیگران (۲۰۲۴) نیز بهبود پروفایل لیپیدی پس از HIIT را گزارش کرده‌اند (۲۱، ۲۴). بهبود پروفایل لیپیدی پس از اجرای پروتکل HIIT احتمالاً ناشی از افزایش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز، افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و بهبود حساسیت به انسولین است. این سازوکارها می‌توانند به کاهش غلظت تری‌گلیسرید، کلسترول و LDL و در مقابل، افزایش سطح HDL منجر شوند (۳۶). همچنین، کاهش معنی‌دار نسبت دور کمر به لگن مشاهده‌شده در این مطالعه بیانگر اثر مثبت HIIT بر کاهش چربی احشایی است که توسط مطالعات پیشین نیز تأیید شده است (۲۲، ۳۷). این نوع از چربی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در بروز اختلالات متابولیکی شناخته می‌شود و شواهد نشان می‌دهد که تجمع چربی در ناحیه شکمی ارتباط نزدیکی با مقاومت به انسولین، اختلال در لیپیدها و افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی دارد؛ از این‌رو، بهبود شاخص‌های مرتبط با چربی مرکزی می‌تواند از منظر بالینی و پیشگیرانه حائز اهمیت ویژه‌ای باشد (۲۳). به نظر می‌رسد شدت بالای HIIT با تحریک بیشتر مسیرهای هورمونی و متابولیکی، به ویژه ترشح کاتکول‌آمین‌ها، نقش مهمی در بسیج و اکسیداسیون چربی‌های مرکزی ایفا می‌کند (۲۳). تفسیر نتایج این مطالعه می‌بایست با توجه به

#### منابع

1. Liu P, Chen H, Jiang X, Garcia JD-C. Impact of exercise training in a hypobaric/normobaric hypoxic environment on body composition and glycolipid metabolism in individuals with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*. 2025;16:1571730. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1571730>.
2. Wynne K, Stanley S, McGowan B, Bloom S. Appetite control. *Journal of Endocrinology*. 2005;184(2):291-318. <https://doi.org/10.1677/joe.1.05866>.
3. Jensen J. Regulatory peptides and control of food intake in non-mammalian vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2001;128(3):469-77. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1571730>.

4. Kraemer RR, Castracane VD, Francois M, Ghanbari-Niaki A, Sirikul B, Valverde RA. Effects of prolonged exercise on agouti-related protein: a pilot study. *Endocrine*. 2012;42(2):4.3641. <https://doi.org/10.1007/s12020-012-9663-6>.
5. Hazell TJ, Sawula L, Edgett BA, Walsh JJ, Gurd BJ. Regulation of plasma agouti-related protein and its relationship with hunger in lean and obese men. *Appetite*. 2016;107:166-70. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.07.037>.
6. Page-Wilson G, Peters JB, Panigrahi SK, Jacobs TP, Korner J, Otten M, et al. Plasma agouti-related protein and cortisol levels in cushing disease: evidence for the regulation of agouti-related protein by glucocorticoids in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2019;104(3):961-9. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-01909>.
7. Krashes MJ, Shah BP, Madara JC, Olson DP, Strohlic DE, Garfield AS, et al. An excitatory paraventricular nucleus to AgRP neuron circuit that drives hunger. *Nature*. 2014;507(7491). <https://doi.org/10.1038/nature12956>.
8. Lin CY, Yeh KY, Lai HH & Her GM. AgRP neuron-specific ablation represses appetite, energy intake, and somatic growth in larval zebrafish. *Biomedicines*. 2023;11(2), 499. [https://doi.org/10.3390/biomedicines11020499?urlappend=%3Futm\\_source%3Dresearchgate.net%26utm\\_medium%3Darticle](https://doi.org/10.3390/biomedicines11020499?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle).
9. Beutler LR, Corpuz TV, Ahn JS, Kosar S, Song W, Chen Y, et al. Obesity causes selective and long-lasting desensitization of AgRP neurons to dietary fat. *Elife*. 2020;9:e55909. <https://doi.org/10.7554/elife.55909.sa1>.
10. Katsuki A, Sumida Y, Gabazza EC, Murashima S, Tanaka T, Furuta M, et al. Plasma levels of agouti-related protein are increased in obese men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2001;86(5):1921-4. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.5.7458>.
11. Dolatabadi P, Amirsasan R, Vakili J. The effect of high-intensity interval training on serum leptin and lipid profile of overweight and obese Women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2023;11(27):22-33. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2022.5292.1714>.
12. Moghadam TM, Ziaaldini MM, Fathei M, Reza S, Hosseini A. Review the effect of high intensity interval training on obesity-related hormones. *Researches in Sport Sciences and Medical Plants*. 2020;1(1):1-18. [In Persian]. <https://doi.org/10.30495/varzesh.2020.677981>.
13. Martins C, Morgan L, Truby H. A review of the effects of exercise on appetite regulation: an obesity perspective. *International Journal of Obesity*. 2008;32(9):1337-47. [https://doi.org/10.1038/ijo.2008.98?urlappend=%3Futm\\_source%3Dresearchgate.net%26utm\\_medium%3Darticle](https://doi.org/10.1038/ijo.2008.98?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle).
14. Gholaman M, Gholami M, Azarbayjani MA, Abed Natanzi H. The effect of high intensity interval training and moderate intensity continuous training on the levels of Cardiotrophin-1 and insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Journal of Basic Research in Medical Sciences*. 2021;8(1):67-75. [In Persian]. <https://doi.org/10.22049/jahssp.2022.27792.1464>.
15. Festiawan R, Hoi LB, Siswantoyo N, Kusuma IJ, Heza FN, Wahono B, et al. high-intensity interval training, fartlek training & oregon circuit training: what are the best exercises to increase vo2 max. *Annals of Tropical Medicine & Public Health*. 2021;24(03):0-10. <https://doi.org/10.36295/ASRO.2021.24363>.
16. Campbell WW, Kraus WE, Powell KE, Haskell WL, Janz KF, Jakicic JM, et al. High-intensity interval training for cardiometabolic disease prevention. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2019;51(6):1220. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001988>.

org/10.1249/mss.0000000000001934.

17. Guiraud T, Labrunée M, Pillard F, Granger R, Bousquet M, Richard L, et al. Whole-body strength training using a Huber Motion Lab in coronary heart disease patients: Safety, tolerance, fuel selection, and energy expenditure aspects and optimization. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015;94(5):385-94. <https://doi.org/10.1097/PHM.000000000000181>.
18. Löllgen H, Böckenhoff A, Knapp G. Physical activity and all-cause mortality: an updated meta-analysis with different intensity categories. *International Journal of Sports Medicine*. 2009;30(03):213-24. [https://doi.org/10.1055/s-0028-1128150?urlappend=%3Futm\\_source%3Dresearchgate.net%26utm\\_medium%3Darticle](https://doi.org/10.1055/s-0028-1128150?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle).
19. Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, Nielsen JS, Thomsen C, Pedersen BK, et al. The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: a randomized, controlled trial. *Diabetes Care*. 2013;36(2):228-36. <https://doi.org/10.2337/dc12-0658>.
20. Ouerghi N, Fradj MKB, Bezrati I, Khammassi M, Feki M, Kaabachi N, et al. Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. *Biology of Sport*. 2017;34(4):385-92. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2017.69827>.
21. Montealegre Suárez DP, Ramos González EP, Romaña Cabrera LF. Effects of high intensity intermittent training on lipid profile and blood glucose overweight/obese university students. *Revista Cuidarte*. 2022;13(3). <https://doi.org/10.15649/cuidarte.2624>.
22. Nazari M, Minasian V, Hovsepian S. The effects of two types of interval training on the association between cardiovascular fitness and atherogenic biomarkers with blood pressure in women with overweight/obesity. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. 2023;16(4):1-10. [In Persian]. <https://doi.org/10.48308/joeppa.2023.232299.1178>.
23. Ritchie S, Connell J. The link between abdominal obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2007;17(4):319-26. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.07.005>.
24. Rabiee M, Tahmasebi R, Koushkie M, Daryanoosh F, Salesi M. The effect of Mediterranean diet and high-intensity interval training on lipid profile and HbA1c level among overweight and obese female population. *International Journal of Nutrition Sciences*. 2024;9(2):132-8. <https://doi.org/10.30476/ijns.2024.100044.1263>.
25. Rahmani Ghobadi M, Rahmaninia F, Mirzaei B, Hedayati M. Effects of 8 weeks of aerobic training on Agouti-related peptide, appetite hormones and insulin resistance in overweight sedentary women. *Pars Journal of Medical Sciences*. 2022;14(2):1-8. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jmj.14.2.1>.
26. Rashidlamir A, Rashidlamir A, Ghanbari-Niaki A, Saboosi M. Effects of anaerobic (RAST) and aerobic (Cooper) running training programs on plasma AgRP concentrations in female students. *Iranian Journal of Health and Physical Activity*. 2011;2(2):25-28. [In Persian].
27. Sepideh K, Bahman M. Does an acute bout of high intensity interval exercise suppress appetite in obese women? *Pedagogy of Physical Culture and Sports*. 2020;(4):181-188. <https://doi.org/10.15561/26649837.2020.0405>.
28. Salehi E, Banitalebi E, Faramarzi M, Bagheri L, Mardanpour Shahrekordi Z. Effects of 8-weeks combined training (strength and endurance) on serum levels of AGRP, GH and changes in appetite and body mass in postmenopausal

- women. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2016;19(28):1-9. [In Persian]. <https://doi.org/10.22038/ijogi.2016.7883>.
29. Gong M, Liu H, Liu Z, Wang Y, Qi S, Guo H, et al. Causal links between obesity, lipids, adipokines, and cognition: a bidirectional Mendelian-randomization analysis. *Frontiers in Endocrinology*. 2025;16:1439341. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1439341>.
30. Brazier JE, Harper, R., Jones, N. M., et al. Validating the SF-36 health survey questionnaire: new outcome measure for primary care. *British Medical Journal*. 1992;305, 160–16. <https://doi.org/10.1136/bmj.305.6846.160>.
31. Rahmati-Ahmadabad S ea. Effect of aerobic training on agouti-related protein in overweight women. *Journal of Sports Sciences*. 2014. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jmj.14.2.1>.
32. Delphan M, Rashidlamir A, Ebrahimi-Atri A, Saadatia A. The effect of two weight loss protocols on plasma concentration of agouti related peptide (AgRP) in elite wrestlers. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2013;12(3):229-41. [In Persian]. [https://jsmj.ajums.ac.ir/article\\_49707.html](https://jsmj.ajums.ac.ir/article_49707.html)
33. Akbarpour BM, Fathollahi SF, Mardanian MR. Comparison of the Agouti dependent protein and neuropeptide y response to the high intensity interval training in obese and underweight men. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*. 2021. <http://dx.doi.org/10.18502/ijdo.v13i2.6478>.
34. Ghanbari-Niaki A, Nabatchian S, Hedayati M. Plasma agouti-related protein (AGRP), growth hormone, insulin responses to a single circuit-resistance exercise in male college students. *Peptides*. 2007;28(5):1035-9. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2007.02.004>.
35. Khoramipour K HRM, Madadzadeh E, Sadat Hosseini M, Soltani Z, Schierbauer J, Moser O. High intensity interval training can ameliorate hypothalamic appetite regulation in male rats with type 2 diabetes: The role of leptin. *Cellular and Molecular Neurobiology* 2023;43(8):4295–4307. <https://doi.org/10.1007/s10571-023-01421-w>.
36. Cavalli NP, de Mello MB, Righi NC, Schuch FB, Signori LU, da Silva AMV. Effects of high-intensity interval training and its different protocols on lipid profile and glycaemic control in type 2 diabetes: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2024 ;43(8):4295-4307. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2330232>.
37. Andreato L, Esteves J, Coimbra D, Moraes A, De Carvalho T. The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: a systematic review and network meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2019;20(1):142-55. <https://doi.org/10.1111/obr.12766>.

