



## Original Article

# The Effect of 12 Weeks of Resistance Training and Electrical Muscle Stimulation (EMS) on Serum Levels of Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1), Insulin, Glucose, Insulin Resistance and Body Composition in Overweight Men

Mahshid Fathi<sup>1</sup>, Jalil Reisi<sup>1</sup>, Fahimeh Esfarjani<sup>1</sup>

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sports Sciences, Isfahan University, Isfahan, Iran

Received: 14/01/2025, Accepted: 02/07/2025, Online Published: 15/07/2025

\*Corresponding Author: Jalil Reisi, E-mail: [j\\_reisi@spr.ui.ac.ir](mailto:j_reisi@spr.ui.ac.ir)

**How to Cite:** Fathi, M., Reisi, J., Esfarjani, F. The effect of 12 weeks of resistance training and electrical muscle stimulation (EMS) on serum levels of insulin-like growth factor 1 (IGF-1), insulin, glucose, insulin resistance and body composition in overweight men. *Sport Physiology*, 16(64): 51-71. (In Persian).

## Extended Abstract

### Background and Purpose

Obesity is one of the biggest public health challenges of the present century, such that today the health sector of most countries in the world is struggling with issues and complications resulting from the increasing incidence of obesity. Insulin-like growth factor-1 (IGF-1) is an anabolic hormone produced primarily by the liver as a result of interaction with growth hormone. In addition to the liver, IGF-1 is also produced in most extrahepatic tissues and acts as an endocrine, autocrine, and paracrine growth factor to regulate cell growth. Obesity is associated with chronic inflammation, which contributes to insulin resistance (IR) and type 2 diabetes. Insulin resistance impairs the ability of muscle cells to take up and store glucose and triglycerides, leading to high levels of glucose and triglycerides in the circulation. IR is increasingly common in all individuals, including middle-aged, overweight, and sedentary individuals. Exercise Training plays an important role in metabolic health, particularly in the insulin-like growth factor-1 system, and may be an alternative treatment for controlling changes in IGF-1 metabolism. Regular exercise can also improve insulin signaling in muscle, improve skeletal muscle mass and increase insulin sensitivity. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of 12 weeks of resistance training and EMS training on IGF-1 levels, insulin, glucose, insulin resistance, and body composition in overweight men.

### Materials and Methods

The sample of the present study was made up of 40 overweight men with a BMI between 25 and 29.9. The age range of the subjects was between 30 and 50, and they had no regular physical activity during the past 6 months. The subjects were divided into 3 groups: EMS training (n=15),



**Copyright:** © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND: No Derivatives) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

resistance training (n= 13), control (n=12) were divided. The exercises were performed for the resistance training group with an intensity of 50% to 85% of a maximum repetition and for the EMS training group as a pressure perception (master) with a value of 70% to 85%. In this study, an effort was made to control the volume and number of sets and repetitions in each session so that the amount of work done in both groups was approximately equal, despite the difference in intensity percentage, and therefore the impact of the difference in intensity on the results was minimized. Participants were asked to report their exercise intensity using the Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. The intensity of both EMS and resistance training was adjusted to achieve approximately equal RPE scores across both groups. The exercises were performed 3 days a week for 12 weeks. The training time in each session was 40 minutes. Also, they completed a three-day food diary form and a personalized meal plan was designed for each of them. Fasting blood samples were taken 48 hours before the first training session and 48 hours after the last training session to measure serum IGF-1 levels and insulin resistance. Blood sampling was done in two stages (pre-test stage and post-test stage). To measure IGF-1 factor, a DRG brand kit made in Germany with a sensitivity of 9.75 ng/ml was used by ELISA method. Blood glucose was measured using a ParsAzmoon company kit with a sensitivity of 5 mg/dl, and blood insulin levels were measured using ELISA method and a human kit (Beta Biomed) made in the USA with a sensitivity of 0.11(u IU/mL), and insulin resistance was measured using the homeostasis model assessment method (HOMA-IR) Body composition and anthropometric variables were examined in both pre-test and post-test stages using the XContact -356 body analyzer made by Jawon Medical Company, South Korea

### Findings

The results showed that in the subjects of the three resistance training, EMS and control groups, there was a significant difference between the mean IGF-1 ( $P=0.001$ ,  $F=30.7$ ) at different time points (pre-test, post-test) in the groups. Also, according to the results of the between-group effects of IGF-1 in the subjects of the three resistance training, EMS and control groups, there was no significant difference in the mean IGF-1 ( $P=0.44$ ,  $F=0.82$ ) between the groups after 12 weeks of training. The mean IGF-1 in the resistance and EMS groups increased in the post-test compared to the pre-test, so that the EMS group increased by 14.07% and the resistance group increased by 11.82% compared to the pre-test. The results of insulin, glucose, and insulin resistance showed that in the subjects of the resistance training, EMS, and control groups, there was a significant difference between the mean insulin ( $P=0.001$ ,  $F=42.09$ ), glucose ( $P=0.001$ ,  $F=13.9$ ), and insulin resistance ( $P=0.001$ ,  $F=48.5$ ) at different time points (pre-test and post-test) in the groups. Also, according to the results of the between-group effects of insulin, glucose, and insulin resistance in the subjects of the three resistance training, EMS, and control groups, there was no significant difference in the mean glucose ( $P=0.29$ ,  $F=1.28$ ), insulin ( $P=0.13$ ,  $F=2.1$ ), and insulin resistance ( $P=0.11$ ,  $F=2.3$ ) between the groups after 12 weeks of training. The mean insulin, glucose, and insulin resistance in the resistance and EMS groups decreased in the post-test compared to the pre-test, so that after 12 weeks of training, insulin decreased by 17.6% in the EMS group and 19.4% in the resistance group compared to the pre-test, glucose decreased by 9.4% in the EMS group and 7.92% in the resistance group compared to the pre-test, and insulin resistance decreased by 25.9% in the EMS group and 25.5% in the resistance group compared to the pre-test. In addition, in all three resistance training, EMS and control groups, there was a significant difference between the mean percentage of fat, weight, skeletal muscle weight, and soft tissue weight at different time points (pre-test and post-test) in the groups ( $P\leq 0.05$ ). However,

there was no significant difference in the mean percentage of fat, body weight, skeletal muscle weight, and soft tissue weight between the groups after 12 weeks of training ( $P \geq 0.05$ ).

### Conclusion

In summary, the results of the present study showed that both resistance training and EMS significantly increased IGF-1 levels, but this increase was greater in the EMS group. In addition, in both groups, glucose, insulin, and insulin resistance levels decreased, and body composition improved in overweight men. Overall, given the positive results of EMS, it seems that this new training style can be considered an alternative or complement to resistance training.

**Keywords:** EMS Training, Resistance Training, Insulin-like Growth factor 1, Glucose, Insulin Resistance

### Article Message

EMS training may be an effective training method in increasing IGF-1 levels and improving insulin resistance in overweight men compared to resistance training.

### Ethical Considerations

This research has been approved by the Research Ethics Committee of Isfahan University with code IR.UI.REC.1403.028

### Funding

This study received no funding from public, commercial, or nonprofit organizations.

### hhhhrrCC 6rrrbunnnn

All authors contributed to the design, implementation, and writing of all sections of this study.

### Conflicts of Interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgement

This article is derived from the thesis of the Professional Doctoral Course in Exercise Physiology at University of Isfahan. We would like to extend our sincere gratitude to all those who contributed to the successful completion of this research.



## فیزیولوژی ورزشی

وبگاه نشریه: <https://spj.ssric.ac.ir>



مقاله پژوهشی

### تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و تحریک الکتریکی عضله (EMS) بر سطوح سرمی فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1)، انسولین، گلوکز، مقاومت به انسولین و ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن

مهشید فتحی<sup>۱</sup>، جلیل رئیسی<sup>۱</sup>، فهیمه اسفرجانی<sup>۱</sup>

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۱، تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴

\*نویسنده مسئول: جلیل رئیسی، ایمیل: [j.reisi@spr.ui.ac.ir](mailto:j.reisi@spr.ui.ac.ir)

نحوه ارجاع دهی: فتحی، مهشید، رئیسی، جلیل و اسفرجانی، فهیمه. (۱۴۰۳). تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و تحریک الکتریکی عضله (EMS) بر سطوح سرمی فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1)، انسولین، گلوکز، مقاومت به انسولین و ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن. فیزیولوژی ورزشی، ۱۶(۶۴): ۵۱-۷۱.

### چکیده

هدف: در پژوهش حاضر، تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و تحریک الکتریکی عضله (EMS) بر سطوح سرمی فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1)، انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین و ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن بررسی شد. مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی، پیش آزمون - پس آزمون با گروه کنترل بود. نمونه پژوهش حاضر را ۴۰ مرد میانسال سالم دارای اضافه وزن تشکیل دادند. آزمودنی‌ها بصورت تصادفی به ۳ گروه تمرین EMS، تمرین مقاومتی و کنترل تقسیم شدند. دوره تمرینی به مدت ۱۲ هفته و ۳ جلسه در هفته و هر جلسه به مدت ۴۰ دقیقه انجام گردید. در هر جلسه تمرینی، هر یک از گروه‌ها هفت حرکت ورزشی متفاوت را در سه نوبت (ست) با ۱۲ تا ۱۵ تکرار در هر ست انجام دادند. تمرینات برای گروه تمرینات مقاومتی با شدت ۵۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و برای گروه تمرینات EMS به صورت درک فشار با مقدار ۷۰ تا ۸۵ درصد فرکانس انجام شد. IGF-1، گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین در پیش آزمون و پس آزمون مورد اندازه گیری قرار گرفت. از تحلیل واریانس با اندازه تکراری و سطح معناداری  $P \leq 0.05$  استفاده شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد که سطوح IGF-1 در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معناداری را در هر دو گروه تمرینی مقاومتی و EMS داشت ( $P=0.001, F=30.7$ )، بطوری که گروه EMS ۱۴/۰۷ درصد و گروه مقاومتی ۱۱/۸۲ درصد نسبت به پیش آزمون افزایش داشت. سطوح انسولین ( $P=0.001, F=42.09$ )، گلوکز ( $P=0.001, F=13.9$ ) و شاخص مقاومت به انسولین ( $P=0.001, F=48.5$ ) نیز در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در هر دو گروه تمرینی نسبت به کنترل به طور معناداری کاهش یافت. نتیجه‌گیری: این پژوهش نشان داد که تمرینات EMS در مقایسه با تمرینات مقاومتی، رویکردی موثرتر در بهبود مقاومت به انسولین، افزایش سطح IGF-1 و بهبود ترکیب بدنی در افراد دارای اضافه وزن دارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که تمرین EMS می‌تواند به عنوان یک روش تمرینی جایگزین یا مکمل برای تمرینات مقاومتی در نظر گرفته شود.

**واژگان کلیدی:** تمرین EMS، تمرین مقاومتی، فاکتور رشد شبه انسولین ۱، گلوکز، مقاومت به انسولین



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND: No Derivatives) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## مقدمه

چاقی، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های سلامت عمومی در قرن حاضر است، به گونه‌ای که امروزه بخش سلامت بیشتر کشورهای دنیا درگیر مسائل و عوارض ناشی از بروز فزاینده چاقی هستند (۹). چاقی تقریباً بر تمام عملکردهای فیزیولوژیکی بدن تأثیر منفی می‌گذارد و یک تهدید قابل توجه برای سلامت بدن محسوب می‌شود. خطر ابتلا به بیماری عروق کرونری قلب، دیابت نوع ۲، سکت‌های مغزی، اختلالات چربی خون و چندین نوع سرطان را افزایش می‌دهد و افزایش هزینه‌ها در بخش درمان، افزایش مرگ زودرس در جامعه را به همراه خواهد داشت. همچنین مجموعه‌ای از اختلالات اسکلتی عضلانی و ضعف سلامت روان را افزایش می‌دهد که اثرات منفی بر کیفیت زندگی دارد (۱، ۱۰).

فاکتور رشد شبه انسولین<sup>۱</sup> (IGF-1)، یک هورمون آنابولیک است که عمدتاً توسط کبد در نتیجه تعامل با هورمون رشد تولید می‌شود (۲). علاوه بر کبد، IGF-1 در اکثر بافت‌های خارج کبدی نیز تولید می‌شود و به عنوان یک محرک رشد غدد درون ریز، اتوکراین و پاراکراین برای تنظیم رشد سلول عمل می‌کند (۳). غلظت IGF-1 پلاسما در درجه اول به هورمون رشد<sup>۲</sup> (GH)، وضعیت تغذیه و سطح فعالیت بدنی بستگی دارد (۱۱). چاقی می‌تواند سیستم IGF-1 را دچار اختلال کند (۱۲). نقش IGF-1 در تنظیم تعادل انرژی و ترکیب بدن، نشان می‌دهد که تعدیل سطوح آن ممکن است یک استراتژی امیدوارکننده برای مبارزه با چاقی و بیماری‌های همراه آن باشد (۱۳).

چاقی همچنین با التهاب مزمن همراه است که به ایجاد مقاومت به انسولین<sup>۳</sup> (IR) و دیابت نوع ۲ کمک می‌کند (۱۴). مقاومت به انسولین توانایی سلول‌های عضله را برای جذب و ذخیره گلوکز و تری‌گلیسیرید مختل می‌کند، که منجر به سطوح بالای گلوکز و تری‌گلیسیرید در گردش خون می‌شود. IR در همه افراد، از جمله افراد میانسال که دارای اضافه وزن و کم تحرک هستند، به طور فزاینده‌ای شایع شده است (۵). از آنجایی که IGF-1 و انسولین مشتق شده از سلول‌های  $\beta$  پانکراس از نظر ساختاری مشابه هستند و یک فرآیند سیگنال دهی سلولی پایین دستی مشترک دارند، این احتمال وجود دارد که مقاومت به انسولین تأثیر نامطلوبی بر فرآیندهای وابسته به IGF-1 داشته باشد (۱۵). مطالعات نشان داده‌اند که انقباض مکرر عضلات در غیاب انسولین، ورود گلوکز به داخل سلول‌های عضلانی و در نتیجه مصرف آن را تسهیل می‌کند. با انجام فعالیت‌های ورزشی، سطح پروتئین‌های ناقل گلوکز افزایش یافته و در پی آن مقاومت به انسولین کاهش می‌یابد. همچنین تمرین مقاومتی با تأثیر مستقیم بر حجم عضلات باعث افزایش متابولیسم پایه و کاهش میزان چربی بدن نیز می‌گردد (۱۶).

به علاوه، برخی از مطالعات نشان داده‌اند که تمرینات مقاومتی طولانی مدت باعث افزایش بیان IGF-1 و گیرنده‌های آن می‌شوند (۱۷). همچنین پژوهشی دیگر نشان داد، متغیر IGF-1 موجب تنظیم عملکرد سلول‌های ماهواره‌ای از طریق

1 insulin-like growth factor

2 Growth hormone

3 Insulin resistance

تکثیر و تمایز طی بازسازی مجدد عضلات می شود، در حالی که کاهش در سطح IGF-1 موجب آتروفی عضلانی می گردد (۱۷). با این حال، نوع فعالیت ورزشی بر ترشح هورمون‌ها تاثیرگذار است. برخی از محققان افزایش سطح-IGF<sup>1</sup> را پس از تمرینات مقاومتی گزارش کرده‌اند، در حالی که برخی دیگر عدم تغییر را مشاهده کرده‌اند. برای مثال والکر<sup>۱</sup> و همکاران، مشاهده کردند که ۱۰ هفته تمرین مقاومتی تأثیری بر سطوح سرمی IGF-1 در افراد سالم ندارد (۱۸). در مقابل کاسیلهاس<sup>۲</sup> و همکاران، نشان دادند که فعالیت مقاومتی باعث افزایش معناداری در میزان IGF-1 سرم در مردان سالمند می‌شود (۱۹). در پژوهشی دیگر نیندل<sup>۳</sup> و همکاران، گزارش کردند که فعالیت مقاومتی تأثیر معناداری بر میزان تغییر IGF-1 در مردان سالمند ندارد (۲۰). اما تیسایی<sup>۴</sup> و همکاران، نشان دادند ۱۲ ماه تمرین مقاومتی در مردان مسن، باعث افزایش سطح IGF-1 می‌شود (۲۱). در مجموع به نظر می‌رسد که نتایج تحقیقات مرتبط با تاثیر تمرین مقاومتی بر میزان IGF-1 ضد و نقیض است و تغییرات آن در پاسخ به تمرینات مقاومتی در افراد میانسال سالم کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

تحریک الکتریکی عضله<sup>۵</sup> (EMS)، یک روش تمرینی نسبتاً جدید است که در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است (۲۲). فناوری EMS امکان فعال‌سازی همزمان تمام گروه‌های عضلانی اصلی را از طریق اعمال جریان الکتریکی با استفاده از لباس‌های خاص با الکترودهای داخلی فراهم می‌کند (۲۳). EMS دارای مزیت القای انقباضات عضلانی بدون تحریک مستقیم عضلات محیطی توسط سیستم عصبی مرکزی و ایجاد اثرات مشابه با انقباضات عضلانی است. به طور خاص، افراد چاق ممکن است مشکلاتی در عضلات و مفاصل داشته باشند، بنابراین ارائه بار بیش از حد برای آنها دشوار است، اما EMS می‌تواند بدون ایجاد چنین مشکلی اثربخشی را ارائه دهد (۲۴).

علمیه و همکاران، در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که تحریک الکتریکی عضلات، روشی کارآمد برای بهبود سطح پروتئین‌های مرتبط با رشد عضلات اسکلتی در زنان میانسال است. نتایج این مطالعه نشان داد که در گروهی که از دستگاه EMS استفاده کرده‌اند، توده چربی و درصد چربی بدن به طور قابل توجهی کاهش یافته است. همچنین، تفاوت‌های چشمگیری بین گروه‌ها در زمینه‌های توده خالص بدن، توده چربی، درصد چربی بدن، نسبت دور کمر به لگن، شاخص توده بدنی و وزن بدن مشاهده شد. بدین ترتیب، آن‌ها گزارش کردند، تمرینات EMS می‌تواند به بهبود ترکیب بدنی و افزایش توده عضلانی در زنان میانسال کمک کند (۲۵). به علاوه در پژوهشی دیگر، گزارش کردند ۸ هفته تمرین EMS و مقاومتی منجر به بهبود سطوح مقاومت به انسولین می‌شود (۲۶). در زمینه تأثیر تمرینات EMS بر سطوح IGF-1 و مقاومت به انسولین، مطالعات بسیار کمی وجود دارد و لازم است که تحقیقات بیشتری در این حیطه انجام شود.

---

1 Walker

2 Cassilhas

3 Nindle

4 Tsai

5 Electrical Muscle Stimulatio

بنابراین با توجه به مطالعات اخیر می توان گفت، بیماری‌های متابولیک، ناشی از کم‌حرکی و چاقی، به معضلی جهانی تبدیل شده‌اند. تمرینات مقاومتی، راهکاری مؤثر اما با موانعی جدی برای بسیاری افراد هستند. تحریک الکتریکی عضلات (EMS)، روشی نوین و امیدوارکننده برای فعال‌سازی عضلات بدون نیاز به تلاش ارادی است. سوال اینجاست؛ آیا EMS می‌تواند جایگزینی کارآمد برای تمرینات مقاومتی باشد. با توجه به وجود تناقض در مطالعات پیشین و کمبود منابع در مورد اثر تمرینات EMS در فاکتورهای مرتبط، به علاوه اثرات این نوع تمرینات (مقاومتی و EMS) بر روی افراد میانسال و سالم کمتر مورد بررسی قرار گرفته است و هنوز بخش‌های زیادی از تأثیرات این سبک تمرینی ناشناخته باقی مانده است. بنابراین، هدف تحقیق حاضر تاثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و تمرین EMS بر سطوح فاکتور رشد شبه انسولین ۱، انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین، ترکیب بدن در مردان دارای اضافه وزن بود.

### روش پژوهش

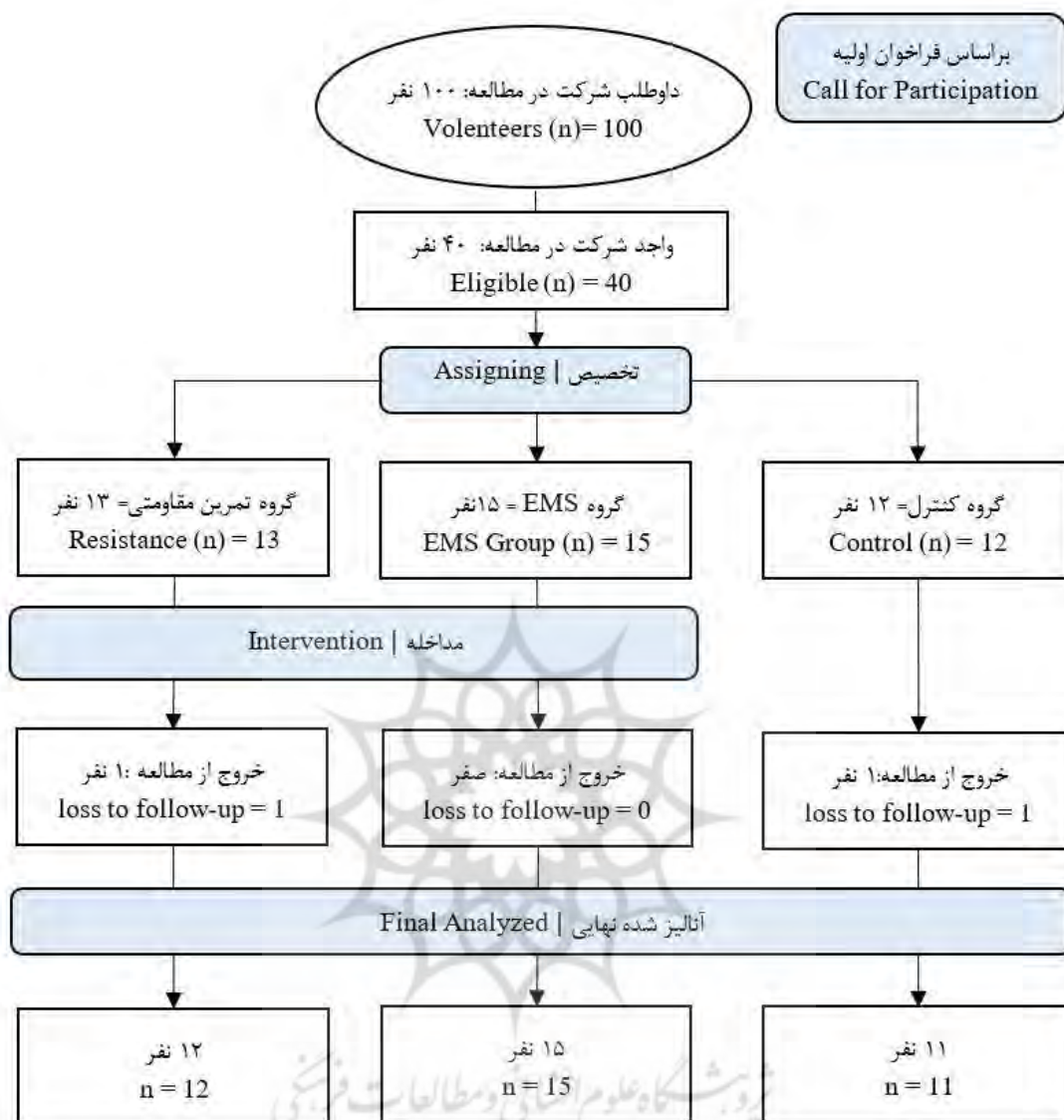
در پژوهش حاضر، تمامی موازین اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، رازداری، رعایت حریم خصوصی شرکت‌کنندگان، حفاظت از آزمودنی‌ها در برابر فشارها، آسیب‌ها و خطرات جسمی و روانی و آگاهی از نتایج به‌طور کامل رعایت شد. این پژوهش دارای تأییدیه کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه اصفهان با کد IR.UI.REC.1403.028 می‌باشد.

**آزمودنی‌ها:** جامعه آماری پژوهش حاضر را مردان دارای اضافه وزن در شهر اصفهان با دامنه سنی ۳۰ تا ۵۰ سال تشکیل دادند. در این پژوهش از بین ۱۰۰ نفر آزمودنی براساس فراخوان اولیه، ۴۰ مرد میانسال سالم دارای اضافه وزن پس از تکمیل پرسشنامه آمادگی برای فعالیت جسمانی<sup>۱</sup> (PARQ) بصورت در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در ۳ گروه تمرین مقاومتی (۱۳ نفر)، تمرین EMS (۱۵ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) آمادگی پژوهش شدند. آزمودنی‌های گروه تمرین به مدت دوازده هفته به تمرینات ویژه در باشگاه حس زندگی در اصفهان پرداختند. در نهایت ۲ نفر براساس معیارهای خروج از مطالعه، حذف شدند و ۳۸ نفر مورد بررسی نهایی قرار گرفتند (شکل ۱).

به علاوه، میزان پروتئین، کربوهیدرات و انرژی دریافتی شرکت‌کنندگان از طریق پرسشنامه ۲۴ ساعته یادآوری غذایی در سه روز قبل و بعد از مداخله مورد بررسی قرار گرفت. این سه روز به‌طور غیرمتوالی (شامل یک روز تعطیل و دو روز غیرتعطیل) و در طول یک هفته انتخاب شدند. همچنین، به شرکت‌کنندگان آلبوم مواد غذایی ارائه شد تا براساس آن، نوع و مقدار غذای مصرفی خود را تعیین کنند. مقادیر غذاها با استفاده از راهنمای مقیاس‌های خانگی به گرم تبدیل شد. سپس هر نوع غذا طبق دستورالعمل نرم‌افزار پردازش غذا<sup>۲</sup> کدگذاری و از نظر میزان انرژی و مواد مغذی تجزیه و تحلیل گردید (۲۷). نتایج نشان داد که هیچ تفاوت آماری معناداری در میزان دریافت درشت مغذی‌ها و کالری بین گروه‌ها وجود نداشت. برنامه غذایی کم کالری (۵۰۰ کیلوکالری کمتر از نیاز روزانه) توسط متخصص تغذیه طراحی شد.

1 Physical activity readiness questionnaire (PARQ)

2 Dorosti Food Processor Software



شکل ۱- فلوچارت شرکت داوطلبان در مطالعه

Figure 1- Flowchart of volunteer participation in the study

معیارهای ورود به مطالعه شامل: دامنه سنی ۵۰-۳۰ سال، عدم محدودیت های حرکتی، عدم ابتلا به بیماری های مزمن، بیماری های تنفسی و ریوی، کلیوی، روانی، آریتمی های قلبی و زخم پای دیابتی و نفروپاتی، عدم فعالیت بدنی منظم در ۶ ماه گذشته و شاخص توده بدنی<sup>۱</sup> (BMI) بین ۲۵ تا ۲۹/۹ بود و معیارهای خروج از مطالعه شامل: غیبت بیشتر از ۲ جلسه متوالی یا در مجموع ۳ جلسه در طول دوره تمرینات، ابتلا به بیماری و نیاز به مصرف دارو، آسیب دیدگی بدنی

1 body mass index

به نحوی که نتوانند در تمرینات شرکت کنند و تمایل شخصی برای خروج از مطالعه بود. پس از ارزیابی اولیه، برای تمام شرکت کنندگان مجوز پزشک برای انجام تمرینات ورزشی صادر شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های آنترپومتریکی شامل قد با استفاده از قدسنج سکا با حساسیت ۵ میلی‌متر و وزن، BMI، درصد چربی، وزن عضله اسکلتی<sup>۱</sup> (SMM)، وزن بافت نرم<sup>۲</sup> (SLM)، نسبت دور کمر به لگن<sup>۳</sup> (WHR)، با دستگاه بادی کامپوزیشن (Body Composition Analyzer) مدل X-CONTACT 356 ساخت کمپانی Medical Jawon کره جنوبی انجام شد. علائم حیاتی مانند ضربان قلب با گوشی پزشکی (استتوسکوپ) و تعداد تنفس بوسیله کرنومتر (با دقت ثانیه) در یک بازه زمانی ۶۰ ثانیه ایی اندازه‌گیری شدند، درجه حرارت با تب سنج جیوه ای پزشکی، فشار خون آزمودنی‌ها نیز با فشارسنج عقربه ای زیکلاس مد<sup>۴</sup> مدل HS-50B اندازه‌گیری گردید.

### پروتکل پژوهش

#### برنامه تمرینات با دستگاه EMS

در این پژوهش از دستگاه تحریک الکتریکی برند X-body ساخت کشور مجارستان استفاده شد. پروتکل تمرینات EMS، به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته (EMS: ۴۰ دقیقه، ۸۵ هرتز، ۳۵۰ میکرو ثانیه، مدت زمان پالس ۴ ثانیه، ۲ ثانیه استراحت)، هر جلسه تمرین شامل سه مرحله کاردیو (۱۵ دقیقه)، تمرینات مقاومتی (۱۵ دقیقه) و سرد کردن (۱۰ دقیقه) بود (۲۵، ۲۸). تمرینات EMS در روزهای زوج ساعت ۱۷ تا ۱۹ در باشگاه حس زندگی انجام می‌شد. باشگاه دارای دمای معتدل (حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد)، تهویه و نور مناسب بود.

دستگاه EMS شامل جلیقه‌هایی با پدهای حاوی الکتروود در نواحی مختلف بدن است که جریان الکتریکی را به پوست و عضلات منتقل می‌کنند. الکتروودها نواحی اکستنسور ران، فلکسور ران، عضلات سرینی، شکم، پهلو، سینه، قسمت فوقانی پشت و قسمت تحتانی پشت را تحت پوشش قرار می‌دادند. به منظور افزایش رسانایی جریان و رعایت بهداشت، پدهای دستگاه قبل از استفاده هر فرد ضدعفونی و با آب مرطوب می‌شدند. سپس جلیقه متناسب با سایز هر آزمودنی توسط تمرین دهنده به او پوشانده شد. آزمودنی‌ها در زیر جلیقه‌ها لباس مخصوص که رسانای مطلوب جریان بود پوشیدند. بعد از پوشیدن جلیقه مخصوص و اتصال تمامی پدها به بدن آزمودنی‌ها تمرینات را شروع کردند. برنامه تمرینی شامل فاز اول (کاردیو)، ۱۵ دقیقه گرم کردن با تردمیل و حرکات جنبشی با پالس‌های بی‌نهایت و مربعی شکل بود و سپس فاز بعدی برنامه مقاومتی به مدت ۱۵ دقیقه اجرا شد، تمرینات بخش مقاومتی EMS بصورت فول بادی و شامل هفت حرکات (اسکوات، پوش آپ، کرانچ ۹۰ درجه، پل باسن، لمس شانه تناوبی، کوهنوردی، لانگز) بود. هر حرکت ۳ ست و با ۱۲-۱۵ تکرار اجرا شد. سپس ۱۰ دقیقه سرد کردن توسط پالس‌های فاز استراحت با پروتکل rest تعبیه شده در

1 Skeletal Muscle Mass

2 Soft Lean body Mass

3 Waist-Hip Ratio

4 Zyklusmed

نرم افزار دستگاه انجام گردید. در ابتدای هر فاز تمرینی، آزمودنی ها با شدت تحریک الکتریکی کم و با درک فشار یا مستر<sup>۱</sup> کلی (معیار سنجش اضافه بار) ۷۰ درصد شروع به تمرین کردند و هر هفته ۱ الی ۱/۵ درصد به شدت تمرینات اضافه می شد. بدین ترتیب، برای هر گروه عضلانی، پالس هایی با شدت کم به صورت جداگانه ارسال می شد و از شرکت کنندگان خواسته می شد تا هرگاه متوجه پالس ها و ارتعاشات ناشی از آن شدند، مربی را مطلع سازند. سپس، شدت پالس ها تا حدی افزایش می یافت که شرکت کنندگان قادر به تحمل آن باشند. این فرآیند برای تمامی گروه های عضلانی تکرار می شد. به منظور ارزیابی و تنظیم شدت تمرین، در پایان هفته های اول، سوم، پنجم، هفتم، نهم و یازدهم، مجدداً از مقیاس بورگ (درک فشار) استفاده شد تا در نهایت، با رسیدن به مستر ۰.۸۵٪ در پایان هفته دوازدهم، پروتکل تمرینی به اتمام رسید (۲۶).

### برنامه تمرین مقاومتی

پروتکل تمرینات ورزشی مقاومتی یک دوره ۱۲ هفته ای، که سه جلسه تمرین در هفته و هر جلسه تمرین شامل سه مرحله گرم کردن (۱۰ دقیقه)، تمرینات مقاومتی بصورت فول بادی (۲۰ دقیقه) و سرد کردن (۱۰ دقیقه) بود (۲۸). در جلسه ی آشنایی گروه تمرین مقاومتی، آزمون یک تکرار بیشینه برای برآورد توان بیشینه در هر ایستگاه تمرینی اجرا شد. میزان وزنه و شدت کار با درصدی از یک تکرار بیشینه مشخص شد (۲۹). شروع تمرینات با شدت ۵۰ درصد  $1RM^2$  بود. به علت این که از نظر فیزیولوژیکی، بدن به تمرینات یکنواخت عادت می کند، اضافه بار هر هفته با افزایش وزنه ها بر آزمودنی ها اعمال گردید و هر هفته ۲/۵ الی ۳ درصد به شدت تمرین اضافه می شد تا به ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه رسید (۲۶).

یک گرم کردن استاندارد پویا و یک پروتکل سرد کردن کششی به ترتیب در ابتدا و در پایان هر جلسه تمرینی انجام شد. سیستم تمرین بصورت دایره ای برای تمام عضلات بزرگ (سینه، زیربغل، سرشانه، جلو بازو، پشت بازو، فیله کمر، جلوران، پشت ران، ساق، شکم) بود. تمرینات در ۳ ست با ۱۲-۱۵ تکرار و استراحت ۶۰-۹۰ ثانیه بین ست ها انجام شد. برنامه تمرینات مقاومتی شامل هفت حرکت (اسکوات با صفحه، پرس سینه دمبل خوابیده روی زمین، پل باسن با صفحه، پرس سرشانه دمبل، لانگز با دمبل، جلو بازو چکشی دمبل، کرانچ ۹۰ درجه با صفحه) بود. تمرینات مقاومتی روزی فرد ساعت ۱۷ تا ۱۹ عصر در باشگاه حس زندگی انجام می شد. باشگاه دارای دمای معتدل (حدود ۲۷ درجه سانتی گراد)، تهویه و نور مناسب بود. از آزمودنی ها خواسته شد تا شدت تمرین را براساس مقیاس درک فشار<sup>۳</sup> (RPE) گزارش کنند و شدت تمرینات مقاومتی و EMS طوری تنظیم شد تا RPE در هر دو گروه تقریباً یکسان باشد. تمامی شرایط از قبیل درجه حرارت محیط، زمان اجرای تمرین و طول دوره برای آزمودنی های دو گروه یکسان بود. در این مطالعه، تلاش شد

1 Master

2 One-Repetition Maximum

3 Rate of Perceived Exertion

تا با کنترل حجم و تعداد ست و تکرار در هر جلسه، میزان کار انجام شده در هر دو گروه، تقریباً برابر باشد و بنابراین تاثیر تفاوت شدت بر نتایج به حداقل رسیده است.

### روش های تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی

خون‌گیری پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه ساعت ۷ صبح توسط تکنسین آزمایشگاه در دو مرحله انجام گردید. خون‌گیری اول ۴۸ ساعت قبل از شروع دوره تمرینی انجام شد. نمونه های خون به میزان ۵ سی سی از ورید بازویی دست چپ هر آزمودنی، در حالت استراحت و وضعیت نشسته بر روی صندلی گرفته شد. نمونه ها بلافاصله برای انجام عملیات بعدی به آزمایشگاه دکتر شیرنشان در شهر اصفهان انتقال گردید. نمونه های سرمی پس از سانتریفیوژ (دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) در لوله های آزمایشگاهی ریخته شدند و در نهایت، در فریزر آزمایشگاهی در شرایط ۷۰- درجه نگهداری شد تا همراه با نمونه های خونی پس از آزمون و با استفاده از کیت های مربوطه تجزیه و تحلیل شوند. خون‌گیری دوم ۴۸ ساعت پس از اجرای آخرین جلسه تمرینی با همان ابزار و شرایط انجام شد. برای اندازه گیری فاکتور IGF-1 از کیت برند DRG ساخت آلمان با حساسیت ۹/۷۵ نانوگرم در میلی لیتر با روش الایزا استفاده شد. گلوکز خون با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون با حساسیت ۵ (mg/dl) و سطوح انسولین خون با استفاده از روش الایزا و کیت انسانی (Beta Biomed) ساخت آمریکا با حساسیت ۰/۱۱ (uIU/mL) اندازه گیری شدند. مقاومت به انسولین با روش ارزیابی هموستازی (HOMA<sup>1</sup>-IR) و بر اساس معادله (۴۰۵/گلوکز\*انسولین=HOMA-IR) محاسبه گردید (۳۰).

### تجزیه و تحلیل آماری

یافته های بدست آمده با استفاده از آمار توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای داده ها و رسم نمودارها و جداول از آمار توصیفی و برای مقایسه متغیرها از آمار استنباطی استفاده شد. برای بررسی پیش فرض طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی آزمون موچلی<sup>۲</sup> و لوین به منظور مفروضه همگنی واریانس محاسبه شد. پس از تایید پیش فرض طبیعی بودن توزیع داده ها و همگنی واریانس ها جهت بررسی تفاوت میانگین گروه ها و مقایسه نتایج درون گروهی و بین گروهی فاکتور رشد شبه انسولین<sup>۱</sup>، مقاومت به انسولین و ترکیب بدن از آزمون تحلیل واریانس با اندازه تکراری استفاده شد. محاسبات آماری توسط نرم افزار Spss نسخه ۲۴ در سطح معناداری  $P \leq 0.05$  اندازه گیری گردید.

1 Homeostatic Model Assessment

2 Mauchly's Sphericity

## نتایج

ویژگی های پایه آزمودنی ها شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی، نسبت دور لگن به کمر، وزن بافت نرم، درصد چربی، وزن عضله اسکلتی بدن و همچنین سطوح انسولین، گلوکز در گروه های تمرین مقاومتی، EMS و کنترل در جدول یک ارائه گردید.

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص های آنترپومتریک در سه گروه پژوهش  
Table 1- Comparison of Mean Anthropometric Indices in the Three Groups

p values		کنترل Control	تحریک الکتریکی EMS Training	مقاومتی Resistance Training	زمان Time	متغیر Variable
بین گروهی Between Group	درون گروهی Within Group					
0.7	--	41.36±5.3	42.53±4.6	41±5.7	Pre-test	سن   Age
0.06	--	178.09±6.02	172.8±4.05	175.9±6.9	Pre-test	قد   Height (cm)
0.39	0.001	89.8±3.8 89.8±4.08	87.7±5.8 86±5.5	88.7±6.7 86.2±7.2	Pre-test Post-test	وزن Weigh(kg)
0.69	0.001	28.6±2.1 28.6±1.9	29.3±2.08 28.7±1.9	28.7±2.1 27.9±2.2	Pre-test Post-test	شاخص توده بدنی BMI (kg/m2)
0.23	0.001	0.94±0.03 0.95±0.03	0.96±0.06 0.94±0.06	0.93±0.03 0.91±0.03	Pre-test Post-test	نسبت دور کمر به لگن   WHR
0.8	0.009	59.6±3.3 59.2±3.4	59.9±4.2 60.9±4.7	59.2±5.3 60.1±5.4	Pre-test Post-test	وزن بافت نرم SLM (kg)
0.53	0.001	27.5±3.2 27.9±3.1	27.5±4.6 26.4±4.7	26.6±2.7 25.1±3.3	Pre-test Post-test	درصد چربی Percent fat (%)
0.7	0.001	35.8±0.68 35.6±1.03	35.5±1.3 36.2±1.4	35.7±1.4 36.6±1.6	Pre-test Post-test	وزن عضله اسکلتی SMM (kg)

مقادیر به صورت Mean±SD نشان داده شده اند.

قبل از مداخله و در پیش آزمون، مصرف انرژی روزانه گروه ها از لحاظ درشت مغذی ها (کربوهیدرات، چربی و پروتئین) اختلاف معناداری نداشت ( $P \geq 0.05$ ). در طول دوره مداخله مصرف درشت مغذی ها افزایش داشت، اما تفاوت معناداری بین گروه ها مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ).

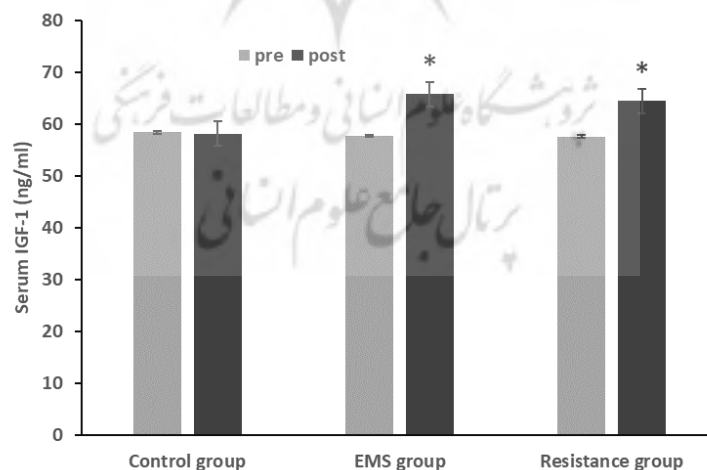
آزمون اندازه های تکراری در مقایسه درون گروهی نتایج IGF-1 نشان داد، در آزمودنی های سه گروه تمرین مقاومتی، EMS و کنترل، تفاوت معناداری بین میانگین IGF-1 ( $P=0.001, F=30.7$ ) در مقاطع زمانی مختلف (پیش آزمون، پس آزمون) در گروه ها وجود داشت. همچنین طبق نتایج اثرات بین گروهی IGF-1 در آزمودنی های سه گروه تمرین مقاومتی، EMS و کنترل تفاوت معناداری در میانگین IGF-1 ( $P=0.44, F=0.82$ ) بین گروه ها پس از ۱۲ هفته تمرین وجود نداشت. تغییرات IGF-1 در شکل شماره دو مشاهده می شود. طبق نمودار میانگین IGF-1 در گروه

مقاومتی و EMS در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش یافته است. بطوری که گروه EMS ۱۴/۰۷ درصد و گروه مقاومتی ۱۱/۸۲ درصد نسبت به پیش‌آزمون افزایش داشت.

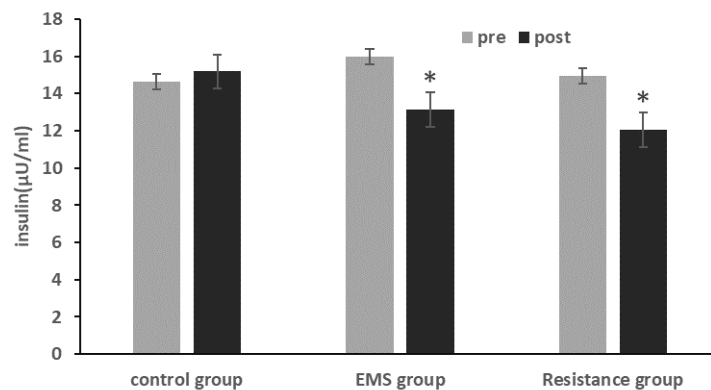
آزمون اندازه‌های تکراری در مقایسه درون‌گروهی نتایج انسولین، گلوکز، مقاومت به انسولین نشان داد، در آزمودنی‌های گروه مقاومتی، EMS و کنترل تفاوت معناداری بین میانگین انسولین ( $P=0.001, F=42.09$ )، گلوکز ( $P=0.001, F=13.9$ )، مقاومت به انسولین ( $P=0.001, F=48.5$ ) در مقاطع زمانی مختلف (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) در گروه‌ها وجود داشت. همچنین طبق نتایج اثرات بین‌گروهی انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در آزمودنی‌های سه گروه تمرین مقاومتی، تمرین EMS و کنترل تفاوت معناداری در میانگین گلوکز ( $P=0.29, F=1.28$ )، انسولین ( $P=0.13, F=2.1$ ) و مقاومت به انسولین ( $P=0.11, F=2.3$ ) بین گروه‌ها پس از ۱۲ هفته تمرین وجود نداشت. تغییرات انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین به ترتیب در شکل شماره سه، چهار و پنج مشاهده می‌شوند.

طبق نمودارها، میانگین انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین در گروه مقاومتی و EMS در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافته است، بطوری که پس از ۱۲ هفته تمرین، انسولین ۱۷/۶ درصد در گروه EMS و ۱۹/۴ درصد در گروه مقاومتی نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافت، گلوکز ۹/۴ درصد در گروه EMS و ۷/۹۲ درصد در گروه مقاومتی نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافت و مقاومت به انسولین در گروه EMS ۲۵/۹ درصد و در گروه مقاومتی ۲۵/۵ درصد نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافت.

طبق نتایج جدول شماره یک، در هر سه گروه تمرین مقاومتی، EMS و کنترل تفاوت معناداری بین میانگین درصد چربی، وزن، وزن عضله اسکلتی، وزن بافت نرم در مقاطع زمانی مختلف (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) در گروه‌ها وجود داشت ( $P \leq 0.05$ )، اما تفاوت معناداری در میانگین درصد چربی، وزن بدن، وزن عضله اسکلتی، وزن بافت نرم بین گروه‌ها پس از ۱۲ هفته تمرین وجود نداشت ( $P \geq 0.05$ ).

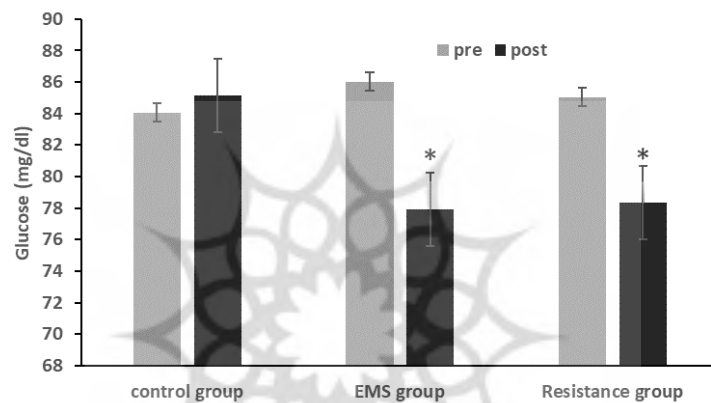


شکل ۲- مقایسه میانگین فاکتور رشد شبه انسولین ۱ در گروه‌های مطالعه شده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون  
Figure 2- Comparison of the Mean IGF-1 in the studied groups in pre-test and post-test



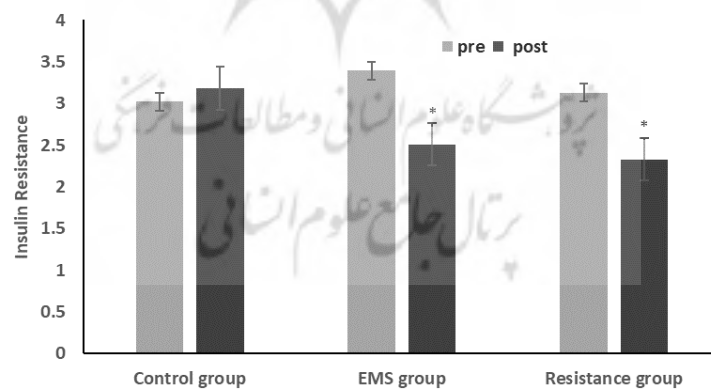
شکل ۳- مقایسه میانگین انسولین در گروه‌های مطالعه شده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Figure3- Comparison of mean insulin in the studied groups in pre-test and post-test



شکل ۴- مقایسه میانگین گلوکز در گروه‌های مطالعه شده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Figure4- Comparison of mean Glucose in the studied groups in pre-test and post-test



شکل ۵- مقایسه میانگین مقاومت به انسولین در گروه‌های مطالعه شده در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

Figure5- Comparison of mean insulin resistance in the studied groups in pre-test and post-test

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر، با هدف بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و تمرین EMS بر سطوح IGF-1، انسولین، گلوکز، مقاومت به انسولین و ترکیب بدن بر مردان دارای اضافه وزن بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که یک دوره اجرای تمرینات مقاومتی و EMS باعث افزایش معنادار IGF-1 و کاهش معنادار انسولین، گلوکز و مقاومت به انسولین می‌شود، همچنین وزن بدن، درصد چربی در هر دو گروه بطور معناداری کاهش یافت و درصد SMM و SLM بطور معناداری افزایش یافت.

در این راستا مطالعات محدودی انجام شده است که نتایج آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسو بودند. حوصله و همکاران (۲۰۲۳)، نیز مشاهده کردند ۱۲ هفته تمرین مقاومتی به همراه EMS (با فرکانس ۳۵-۷۰ هرتز) موجب افزایش IGF-1 در مردان شد (۱۷). یاور مسرور و همکاران (۲۰۲۱)، گزارش کردند ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۵۰-۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و تمرینات EMS با درک فشار (مستر) با مقدار ۷۰-۸۵ درصد منجر به افزایش IGF-1 در زنان میانسال غیرفعال دارای اضافه وزن می‌شود (۲۵). اورساتی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، نیز مشاهده کردند پس از ۱۶ هفته تمرین مقاومتی سطوح IGF-1 با شدت ۶۰-۸۰ درصد IRM در زنان میانسال افزایش یافت (۳۱).

غلظت هورمون IGF-1 در بدن تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارد، از جمله تغییرات در ترکیب بدن. عضلات اسکلتی گیرنده‌های IGF-1 زیادی دارند و به اثرات آنابولیک آن حساس‌اند. به همین دلیل، ارتباط مستقیمی بین IGF-1 و توده عضلانی بدون چربی وجود دارد که نشان‌دهنده اثرات آنابولیک (عضله‌سازی) مفید IGF-1 ناشی از تمرینات مقاومتی و EMS است. افزایش قابل توجه توده عضلانی بدون چربی احتمالاً به دلیل افزایش ساخت پروتئین در عضلات است. یکی دیگر از مکانیسم‌های افزایش IGF-1، فعال شدن سیستم عصبی سمپاتیک با ترشح آدرنالین و نوراپی نفرین در اثر تمرینات مقاومتی و EMS است. این فرآیند باعث تحریک سیستم عصبی مرکزی و در نتیجه ترشح هورمون رشد از غده هیپوفیز می‌شود که نهایتاً منجر به افزایش سطح IGF-1 در بدن می‌گردد (۳۲). به علاوه تمرینات EMS می‌تواند PGC-1 $\alpha$  (تنظیم کننده اصلی بیوژنز میتوکندریایی) و همچنین هدف راپامایسین (mTOR) را فعال کند، که به نوبه خود گیرنده‌های انسولین و IGF-1 را فعال می‌کند (۲۶). در واقع، EMS از طریق افزایش در متابولیت‌های استرسی (در نتیجه محیط هیپوکسی/ایسکمی) باعث ایجاد سازگاری می‌شود و این تغییرات منجر به رشد عضلانی از طریق تأثیر بر عوامل دیگری از قبیل به کارگیری تارهای عضلانی تند انقباض، تورم سلولی و افزایش در تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود (۱۷).

در این راستا نتایج مطالعات محدودی با نتایج پژوهش حاضر ناهمسو بودند. برای مثال، محمدی و همکاران (۲۰۲۱)، گزارش کردند ۸ هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون با شدت بالا تغییری در سطوح IGF-1 در زنان ورزشکار ایجاد نکرد (۳۳). در پژوهش محمدی آزمودنی‌ها زنان ورزشکار بودند در حالی که در پژوهش حاضر آزمودنی

1 Orsatti

ها مردان میانسال بدون تحرک بودند. افراد ورزشکار و با آمادگی جسمانی بالا ممکن است به محرک‌های ورزشی عادت کرده باشند، بنابراین پاسخ هورمونی آن‌ها به ورزش تغییر کند.

در پژوهشی دیگر هافمن و همکاران (۲۰۱۶)، تغییر معناداری در سطوح IGF-1 زنان سالمند بعد از شش ماه تمرین مقاومتی با کش‌گزارش نکردند (۳۴). سو و همکاران (۲۰۱۳)، نیز نشان دادند ۱۲ هفته تمرین مقاومتی با کش تغییری در IGF-1 در زنان سالمند ایجاد نکرد (۳۵). نتایج پژوهش هافمن و سو با نتایج پژوهش حاضر مغایرت داشتند. از دلایل مغایر بودن نتایج احتمالاً شدت پایین تمرینات آن‌ها نسبت به پژوهش حاضر است. IGF-1 به شدت تحت تأثیر نوع برنامه تمرینی قرار دارد. عواملی مانند شدت تمرین، تعداد ست‌ها، تکرارها، زمان استراحت بین ست‌ها، حجم عضلات درگیر، تعداد جلسات تمرینی در هفته و دقت ابزار اندازه‌گیری، بر میزان IGF-1 تأثیر می‌گذارند (۲۴۵).

همچنین مطالعات متعددی تأثیر تمرینات ورزشی بر تغییرات سطوح گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین را بررسی کرده اند که نتایج آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسوست؛ علمیه و همکاران (۲۰۲۱)، گزارش کردند ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۵۰-۸۵ درصد یک تکرار بیشینه و تمرینات EMS با درک فشار (مستر) با مقدار ۷۰-۸۵ درصد منجر به کاهش مقاومت به انسولین در زنان میانسال دارای اضافه وزن شد (۲۶). بلیا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، نشان دادند که ۲۶ هفته تمرین EMS منجر به کاهش ۱۰ درصدی وزن شد که تأثیرات مشابهی بر دور کمر و توده چربی داشت. آن‌ها دریافتند که در افراد کم تحرک میانسال، EMS با محدودیت کالری، می‌تواند مقاومت به انسولین و پروفایل لیپیدی را بهبود بخشد (۳۶). عطازاده حسینی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد 1RM منجر به بهبود مقاومت به انسولین در مردان میانسال سالم غیرفعال می‌شود (۳۷).

در واقع به نظر می‌رسد که فعالیت‌های ورزشی مقاومتی و EMS تا حدودی از طریق سازوکارهای مشابه از قبیل بهبود در آبشار سیگنالینگ انسولین، افزایش در دسترس بودن و افزایش محتوی پروتئین ناقل GLUT4 باعث بهبود مقاومت به انسولین در افراد چاق و دارای اضافه وزن می‌شوند. به علاوه، کاهش ترشح و افزایش پاکسازی اسیدهای چرب آزاد، افزایش فعالیت گلیکوژن سنتاز و هگزوکیناز، افزایش توده ی عضلات و آنژیوژن در عضلات به منظور برداشت بیشتر گلوکز از دیگر سازوکارهای فراتنظیمی درگیر در آبشار سیگنالینگ انسولین و کاهش مقاومت به انسولین متعاقب تمرینات ورزشی مقاومتی و EMS به شمار می‌روند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بهبود ترکیب بدن و به ویژه کاهش چربی شکمی با افزایش حساسیت به انسولین همراه است، چراکه بافت چربی با تولید فاکتورهای التهابی نقش مهمی در بروز مقاومت به انسولین و اختلالات متابولیکی ایجاد می‌کند. همچنین پیشنهاد شده است در صورتی که انجام تمرینات در افراد با کاهش وزن بدن همراه باشد بهبود بیشتری در حساسیت به انسولین ایجاد می‌کند (۳۸). بنابراین احتمال می‌رود که بخشی از کاهش ایجاد شده در میزان شاخص مقاومت به انسولین در پژوهش حاضر، به دلیل تغییرات به وجود آمده در چربی شکمی زیر پوستی و احشایی باشد (۳۹).

1 Bellia

در این راستا نتایج پژوهش های محدودی با نتایج پژوهش حاضر ناهمسو بودند. به عنوان مثال، در پژوهش نویل جی ساسکین<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، ۱۲ هفته تمرین ورزشی متوسط باعث تغییر معنی داری در مقاومت به انسولین در افراد مبتلا به بیماری عروق کرونر نشد (۴۰). همچنین هوی ریون کاوون<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر تمرین مقاومتی بر توده عضلانی و چربی بدن و قدرت عضلانی زنان دیابتی ۲ نوع مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند، این نوع تمرینات منجر به تغییرات قابل توجهی در مقاومت به انسولین، چربی احشایی، یا ظرفیت قلبی عروقی نشد (۴۱). این ناهمسو بودن احتمالاً به دلیل نوع آزمودنی ها، شدت و مدت تمرینات، سطح گلوکز پایه و تفاوت در اندازه گیری انسولین باشد. در پژوهشی دیگر کاظمی و همکاران (۲۰۱۳)، نیز دریافتند یک جلسه فعالیت مقاومتی دایره ای با شدت ۵۵ درصد IRM تأثیر قابل توجهی بر پاسخ حاد و تاخیری مقاومت به انسولین در مردان سالم نداشت (۴۲). یکی از دلایل مغایر بودن نتایج آن‌ها با پژوهش حاضر احتمالاً کوتاه بودن طول تمرین نسبت به پژوهش حاضر باشد. دو متغیر شدت و مدت تمرین، پاسخ انسولین به ورزش را تحت تأثیر قرار می دهند. به طوری که حجم و شدت بالای تمرینات ورزشی در بهبود حساسیت به انسولین و هموستاز گلوکز موثر است. زیرا در شدت های بالای تمرین، گلیکوژن عضله، منبع اصلی سوخت بوده و تخلیه و بازسازی آن با بهبود تحمل گلوکز و افزایش حساسیت به انسولین همراه است (۳۹). از دیگر عوامل احتمالی مغایرت نتایج، می توان به تفاوت در سطح گلوکز پایه شرکت کنندگان، تفاوت در روش های اندازه گیری انسولین و نوع کیت های آزمایشگاهی مورد استفاده اشاره کرد.

به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد، هر دو نوع روش تمرین مقاومتی و EMS باعث افزایش معنادار سطوح IGF-1 شدند اما این افزایش در گروه EMS بیشتر بود. به علاوه، در هر دو گروه سطوح گلوکز، انسولین و شاخص مقاومت به انسولین کاهش یافتند و ترکیب بدنی در مردان دارای اضافه وزن بهبود یافت. در مجموع با توجه به نتایج مثبت EMS، به نظر می رسد این سبک تمرینی جدید می تواند جایگزین یا مکمل برای تمرینات مقاومتی در نظر گرفته شود.

### پیام مقاله

تمرینات EMS نسبت به تمرینات مقاومتی می تواند به عنوان یک روش تمرینی موثر در افزایش سطوح IGF-1 و بهبود مقاومت به انسولین در مردان دارای اضافه وزن باشد.

### ملاحظات اخلاقی

این پژوهش با رعایت کامل اصول اخلاقی و با تأیید کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان انجام شد.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

1 Neville G Suskin

2 Hwi Ryun Kwon

## تشکر و قدردانی

از تمامی عزیزانی که در اجرای پژوهش حاضر نقش داشتند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

## منابع

1. [Pourvaghari MJ, Bahram ME. The effect of a period of resistance training on serum myonectin level \(CTRP15\) and anthropometric indices related to weight loss in obese adolescents. Journal of Sport Biosciences. 2022;14\(1\):85-100.](#)
2. [Grannell A, Kokkinos A, le Roux CW. Myokines in appetite control and energy balance. Muscles. 2022;1\(1\):26-47.](#)
3. [Zhong W, Wang X, Wang Y, Sun G, Zhang J, Li Z. Obesity and endocrine-related cancer: The important role of IGF-1. Frontiers in endocrinology. 2023;14:1093257.](#)
4. [Wu H, Ballantyne CM. Skeletal muscle inflammation and insulin resistance in obesity. The Journal of clinical investigation. 2017;127\(1\):43-54.](#)
5. [Kumar AS, Maiya AG, Shastry B, Vaishali K, Ravishankar N, Hazari A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. Annals of physical and rehabilitation medicine. 2019;62\(2\):98-103.](#)
6. [de Alcantara Borba D, da Silva Alves E, Rosa JPP, Facundo LA, Costa CMA, Silva AC, et al. Can IGF-1 serum levels really be changed by acute physical exercise? A systematic review and meta-analysis. Journal of Physical Activity and Health. 2020;17\(5\):575-84.](#)
7. [Li N, Shi H, Guo Q, Gan Y, Zhang Y, Jia J, et al. Aerobic exercise prevents chronic inflammation and insulin resistance in skeletal muscle of high-fat diet mice. Nutrients. 2022;14\(18\):3730.](#)
8. [Salehi MRP, Reisi J, Marandi SM, Abdollahi M. Effect of Whole-Body Electrical Muscle Stimulation Training on Inflammatory and Anti-inflammatory Cytokines in Overweight Men. Journal of Obesity & Metabolic Syndrome. 2024;33\(3\):270.](#)
9. [Oshvandi K, Maghsoudi Z, Kamyari N, Jahani Sayad Noveiry M. Attitude of Nurses Towards Obesity and Caring to Obese Patients and Its Predictors in Northern Iran. Iran Journal of Nursing. 2022;35\(136\):190-201.](#)
10. [Chooi YC, Ding C, Magkos F. The epidemiology of obesity. Metabolism. 2019;92:6-10.](#)
11. [Bancu I, Navarro Díaz M, Serra A, Granada M, Lopez D, Romero R, et al. Low insulin-like growth factor-1 level in obesity nephropathy: a new risk factor? PloS one. 2016;11\(5\):e0154451.](#)
12. [AsghariHanjani N, Vafa M. The role of IGF-1 in obesity, cardiovascular disease, and cancer. Medical journal of the Islamic Republic of Iran. 2019;33:56.](#)
13. [Al-Samerria S, Radovick S. Exploring the therapeutic potential of targeting GH and IGF-1 in the management of obesity: insights from the interplay between these hormones and metabolism. International journal of molecular sciences. 2023;24\(11\):9556.](#)
14. [Wu HuaiZhu WH, Ballantyne C. Skeletal muscle inflammation and insulin resistance in obesity. 2017.](#)

15. [Kindler J, Pollock N, Laing E, Jenkins N, Oshri A, Isales C, et al. Insulin resistance negatively influences the muscle-dependent IGF-1-bone mass relationship in premenarcheal girls. The Journal of Clinical Endocrinology. 2016;101\(1\):199-205.](#)
16. [Mehrzaad Samarin M, Gholami M, Shahmohamadi F. The effect of eight weeks of ketogenic diet and resistance training on insulin resistance index and lipid profile in women with polycystic ovary syndrome. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024;11\(1\):67-81.](#)
17. [Hoseleh A, Yaghoubi A, Ariamanesha AS, Rezaeian N. The effect of resistance training along with electrical muscle stimulation on serum levels of PGC-1 \$\alpha\$ , IGF-1 and myostatin in athletes after ACL surgery. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2023;11\(26\):20-9.](#)
18. [Walker KS, Kambadur R, Sharma M, Smith HK. Resistance training alters plasma myostatin but not IGF-1 in healthy men. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2004;36\(5\):787-93.](#)
19. [Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V, Santos RT, Santos RF, Tufik S, et al. The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007;39\(8\):1401-7.](#)
20. [Nindl BC, Kraemer WJ, Marx JO, Arciero PJ, Dohi K, Kellogg MD, et al. Overnight responses of the circulating IGF-I system after acute, heavy-resistance exercise. Journal of applied physiology. 2001;90\(4\):1319-26.](#)
21. [Tsai C-L, Wang C-H, Pan C-Y, Chen F-C. The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. Frontiers in behavioral neuroscience. 2015;9:23.](#)
22. [Pano-Rodriguez A, Beltran-Garrido JV, Hernández-González V, Reverter-Masia J. Effects of whole-body electromyostimulation on health and performance: A systematic review. BMC complementary and alternative medicine. 2019;19:1-14.](#)
23. [Reljic D, Konturek P, Herrmann H, Neurath M, Zopf Y. Effects of whole-body electromyostimulation exercise and caloric restriction on cardiometabolic risk profile and muscle strength in obese women with the metabolic syndrome: A pilot study. J Physiol Pharmacol. 2020;71:89-98.](#)
24. [Kim J, Jee Y. EMS-effect of exercises with music on fatness and biomarkers of obese elderly women. Medicina. 2020;56\(4\):158.](#)
25. [Elmieh A. The effect of eight weeks resistance training and electrical muscle stimulation on IGF1-r and irisin protein levels in middle-aged women. Journal of Jiroft University of Medical Sciences. 2021;8\(3\):749-58.](#)
26. [Yavarmasroor S, Elmiyeh A, Fadaei Chafi MR. Comparison of the effect of resistance training and electrical muscle stimulation \(EMS\) on irisin serum levels and glucose metabolism in overweight inactive middle-aged women. Metabolism and Exercise. 2021;11\(1\):89-103.](#)
27. [Kazemi Tanha M, Nayeibifar S, Ghasemi E, Nosrat Zehi S. Investigating the synergistic effect of Nasturtium officinale extract and High-intensity interval training on fatty acid-binding protein 4 \(FABP4\) and high-sensitivity C-reactive protein \(hs-CRP\) in overweight subclinical hypothyroid patients: a rand. Sport Physiology. 2023;14\(56\):177-200.](#)

28. Derakhshan Nejad M, Nikbakht M, Ghanbarzadeh M, Ranjbar R. [Effect of Concurrent Training Order With Electromyostimulation on Physical Performance in Young Elderly Women. Archives of Rehabilitation. 2021;21\(4\):508-25.](#)
29. Nikseresht H, Tadibi V, Behpoor N. [The Effects of 8 Weeks of Aerobic and Resistance Exercises on Salusins Levels and Inflammatory Indices in Type 2 Diabetic Women. Sport Physiology. 2020;12\(47\):73-92.](#)
30. Gharavi A, Mohammadi AH, Ziaee A, Sarookhani M, Javadi A, Haghazali S. [Investigation of insulin resistance in patients with liver cirrhosis and its relationship with severity of disease. Journal of Inflammatory Diseases. 2008;12\(1\):27-34.](#)
31. Orsatti FL, Nahas EA, Maesta N, Nahas-Neto J, Burini RC. [Plasma hormones, muscle mass and strength in resistance-trained postmenopausal women. Maturitas. 2008;59\(4\):394-404.](#)
32. Yonesi F, Sardar M. [The Effect of Eccentric Resistance Training on Muscle Strength, aerobic capacity and Insulin-like Growth Factor-1 \(IGF-1\) in inactive Young Women. Journal of Sports and Biomotor Sciences. 2023;15\(29\):66-76.](#)
33. Mohammadi R, Pourrahim-e-Ghouroghchi A, Khajehlandi M. [The Effect of 8 Weeks of Resistance Training with and Without Blood Flow Restriction on Serum Levels of Insulin-like Growth Factor-1 and Myostatin of Athletic Girls: A Semi-Experimental Study. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2021;20\(1\):53-68.](#)
34. Hofmann M, Schober-Halper B, Oesen S, Franzke B, Tschan H, Bachl N, et al. [Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on muscle quality and circulating muscle growth and degradation factors of institutionalized elderly women: the Vienna Active Ageing Study \(VAAS\). European journal of applied physiology. 2016;116:885-97.](#)
35. So W-y, Song M, Park Y-h, Cho B-l, Lim J-y, Kim S-h, et al. [Body composition, fitness level, anabolic hormones, and inflammatory cytokines in the elderly: a randomized controlled trial. Aging clinical and experimental research. 2013;25:167-74.](#)
36. Bellia A, Ruscello B, Bolognino R, Briotti G, Gabrielli PR, Silvestri A, et al. [Whole-body electromyostimulation plus caloric restriction in metabolic syndrome. International journal of sports medicine. 2020;41\(11\):751-8.](#)
37. Attarzadeh Hosseini SR, Mir E, Hejazi K, Mir Sayeedi M. [The effect of eight weeks combined training on some insulin resistance markers in middle-aged men. Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences. 2015;58\(3\):129-36.](#)
38. Roshdi Bonab R, Kianmarz Bonab V, Atashak S. [The comparison of three different type of exercise training on body composition, insulin resistance and lipid profile biomarkes in elderly Women. Journal of Gerontology. 2021;6\(2\):40-54.](#)
39. Jafarzadeh Dm, Shemshaki A, Kordi M, Hedayati M. [Effect Of 8 Weeks Of Aerobic Interval Training On Levels Of Lipocalin-2, Glucose, Insulin And Insulin Resistance In Obesity Women. 2015.](#)
40. Suskin NG, Heigenhauser G, Afzal R, Finegood D, Gerstein HC, McKelvie RS. [The effects of exercise training on insulin resistance in patients with coronary artery disease. European Journal of Preventive Cardiology. 2007;14\(6\):803-8.](#)

41. [Kwon HR, Han KA, Ku YH, Ahn HJ, Koo B-K, Kim HC, et al. The effects of resistance training on muscle and body fat mass and muscle strength in type 2 diabetic women. Korean diabetes journal. 2010;34\(2\):101.](#)
42. [Kazemi F, Nourshahi M. Acute and Delayed Response of Myostatin and Insulin Resistance to Circuit Resistance Exercise. Journal of Sport Biosciences. 2013;4\(14\):129-43.](#)

