

## Research Paper

**Comparison of the Effect of High-intensity Intermittent Exercise using Synchronous, Consecutive and Alternate Upper and Lower Body Activity on Plasma Irisin and BDNF in Obese Women****S. Sarkheili<sup>1</sup>, H. Rajabi<sup>2</sup>, P. Motamedi<sup>3</sup>, M. Hedayati<sup>4</sup>**

1. M.Sc. of Exercise Physiology, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran (Corresponding Author)
2. Professor of Exercise Physiology, Kharazmi University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor of Exercise Physiology, Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Research Professor of Biochemistry, Cellular and Molecular Endocrine Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 2017/03/15

Accepted: 2018/08/20

**Abstract**

The aim of the present study was to compare the effects of three models related to high-intensity intermittent exercise (HIIE) with synchronous, consecutive, and alternate upper and lower body activity on plasma Irisin and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) among obese women. To do so, 11 untrained obese women ( $30.5 \pm 5.8$  yrs; body fat:  $39.9 \pm 4.0$ ) completed three protocols on the elliptical ergometer in the cross-design method. Regarding consecutive protocols, the arm and leg pedaling exercises were consecutively performed, 10 repetitions each with 90%  $w_{max}$  for 40 minutes. In synchronous protocols, 10 repetitions of arm and leg pedaling exercises were simultaneously performed with 90%  $w_{max}$  for 29 minutes. As for alternate protocol, arm and leg pedaling exercises were alternately done; 14 repetitions each with 90%  $w_{max}$  for 26.6 minutes. Then, each bout of activity was separated by one-minute active rest with 30%  $w_{max}$ . In addition, the blood samples were taken before the first protocol and one hour after completing each protocol. Results of repeated measure ANOVA and LSD post-hoc test reported no significant difference ( $p \leq 0.05$ ) in Irisin or BDNF changes between protocols. However, 28.24 ( $p=0.02$ ), 21.86, and 17.18% ( $p=0.03$ ) increase occurred at the synchronous, consecutive, and alternate protocols in Irisin levels, respectively, while 0.01, 10.08, and 10.76% reduction happened in BDNF levels, respectively, compared to baseline values. Despite less time expenditure in synchronous and alternate models than the consecutive one and lower perceived exertion in the alternate model than the

---

1. Email: sara\_sarkheil@yahoo.com

2. Email: hrajabi@hotmail.com

3. Email: pezhman.motamedi@yahoo.com

4. Email: hedayati@endocrine.ac.ir

synchronous one, it seems that Irisin and BDNF secretion is mainly affected by energy expenditure during exercise than activity intensity, duration, or order of muscle activity.

**Keywords:** High-Intensity Intermittent Exercise, Upper and Lower Body, Irisin, Brain-derived neurotrophic Factor, Obese Women

---

## Extended Abstract

### Background and Purpose

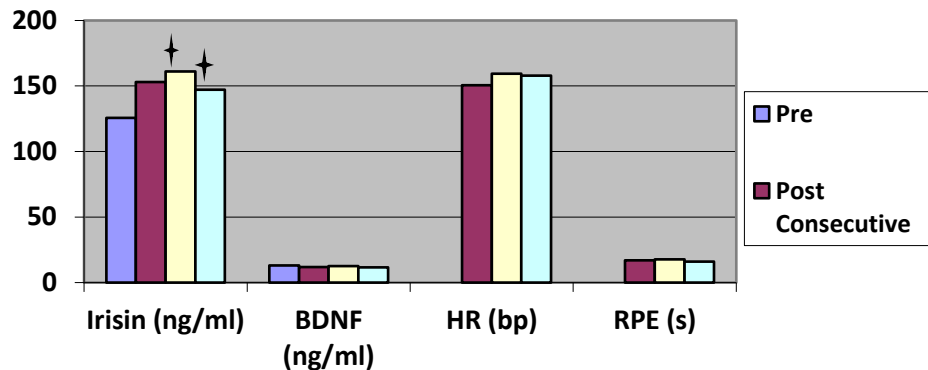
The role of Irisin and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as neuromuscular secretory agents in improving metabolism, energy regulation and balance, and subsequently in weight loss has attracted a lot of attention (1-5). In addition, the positive effects of exercise on improving metabolism and weight loss have been approved (6). However, the effect of physical exercise and its types, especially effective HIIT exercises (2) through increasing Irisin (7-9) and BDNF (10-13) on obesity, requires further investigation. In addition, the effect of different types of HIIT exercises with different intensity and duration, as well as the effect of upper and lower body activity layout model in designing a whole-body activity session by HIIT method on possibly intelligent neuromuscular secretions of Irisin and BDNF need more examination. Thus, the aim of the present study was to compare the effects of three models related to high-intensity intermittent exercise (HIIE) with synchronous, consecutive, and alternate upper and lower body activity on plasma Irisin and BDNF among obese women.

### Materials and Method

In the ongoing study, 11 untrained obese women ( $30.5 \pm 5.8$  yrs; body fat:  $39.9 \pm 4.0$ ) completed three protocols on the elliptical ergometer in the cross-design method. The protocols were designed based on Isoloade watt (Isobar, Isocaloric) and included three different models of using upper and lower body activity such as consecutive, synchronous, and alternate models in one session on the Elliptical ergometer. The relative intensity of upper and lower body activity was considered the same in all three models with  $90\% w_{max}$ , determined under the principles of designing incremental tests (14) based on a pilot study. The rhythm of the pedals was at 50 rpm in all groups and performances and was controlled by the metronome and the digital display of the Elliptical ergometer.

However, the consecutive protocol with less absolute intensity (heart rate) and more duration than two other ones, and synchronous and alternate ones with absolute intensities without significant differences, along with small and negligible time differences (control of other factors as much as possible to evaluate the effect of the layout) in the secretion of Irisin and BDNF were evaluated and compared. In addition, the subjects' perceived exertion was assessed by the Borg's Ratings of Perceived Exertion (RPE) Scale (6-28 S<sup>28</sup>).





**Table 1-** Mean values of plasma levels of Irisin (ng/ml) and BDNF (ng/ml) in consecutive, synchronous, and alternate pre-tests and post-tests, as well as mean values of heart rate (bp) and perceived exertion (s) in consecutive, synchronous, and alternate post-tests.

† Indicates a significant difference ( $p \leq 0.001$ ) compared to the pre-test

The mean absolute intensity based on the target heart rate in synchronous, consecutive, and alternate protocols was 84-85, 79-80, and 83%, respectively, which was considered as 80-85% of target heart rate and severe. Despite the lack of significant differences in absolute intensity and duration, lower significant perceived exertion in the alternate protocol than the synchronous one can be related to the division of working exertion between upper and lower body discontinued activity and temporary muscle recovery, imperceptible reduction in intensity, and "distraction" as a factor in overcoming central fatigue (15-16). There were four possible situations in comparing the levels of Irisin and BDNF secretion between synchronous, consecutive, and alternate protocols.

In case A, a significant difference in comparison between synchronous and consecutive protocols or between alternate and consecutive ones, and lack of difference in comparison between synchronous and alternate protocols indicate the effect of intensity and duration components. In addition, the lack of difference between synchronous and alternate protocols represents the definite and dominant effect of the layout model.

In case B, lack of significant difference in comparison between synchronous and consecutive protocols or between alternate and consecutive ones, and a significant difference between synchronous and consecutive protocols approve the dominant, modifying, and neutralizing effect of intensity and duration components on the layout model. Therefore, the effect of the layout model, along with the effect of intensity and duration becomes zero, and the manipulation of the intensity and duration of the effect of the layout model is covered. Further, the lack of

significant difference in comparison between synchronous and alternate protocols indicates the dominant effect of expended energy and watt.

### Conclusion

In general, synchronous or alternate upper and lower body activity is effective in taking advantage of the increase in Irisin in an HIIE session. Lack of significant difference in the amount of Irisin or BDNF in comparison between synchronous, consecutive, and alternate models of using the upper and lower body in one HIIE session confirms the greater share of energy expenditure in neuromuscular secretions of Irisin and BDNF than variables such as severity, duration, and models of muscle utilization.

However, the priority is with a model which perceives less exertion and time expenditure. Synchronous or alternate models are preferred to consecutive ones with no significant difference in perceived exertion due to time efficiency. In addition, the alternate model is preferred to synchronous one with almost the same time expenditure due to significantly lower perceived exertion. In general, the alternate model is at the top with less time expenditure than the consecutive one and with a significantly lower perceived exertion than the synchronous one.

Despite less time expenditure in synchronous and alternate models than the consecutive one and lower perceived exertion in the alternate model than the synchronous one, it seems that Irisin and BDNF secretion is mainly affected by energy expenditure during exercise than activity intensity, duration, or order of muscle activity.

**Keywords:** High-intensity intermittent exercise, Upper and lower body, Irisin, Brain-derived neurotrophic factor, Obese women

### References

1. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol*. 2012;8(8):457-65.
2. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*. 2006;575(Pt 3):901-11.
3. Matthews VB, Astrom MB, Chan MH, Bruce CR, Krabbe KS, Prelovsek O, et al. Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia*. 2009;52(7):1409-18.
4. Ma XY, Qiu WQ, Smith CE, Parnell LD, Jiang ZY, Ordovas JM, et al. Association between BDNF rs6265 and obesity in the Boston Puerto Rican Health Study. *J Obes*. 2012;2012:102942.
5. Tang SW, Chu E, Hui T, Helmeste D, Law C. Influence of exercise on serum brain-derived neurotrophic factor concentrations in healthy human subjects. *Neurosci Lett*. 2008;431(1):62-5.

6. Bostrom P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1-alpha-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012;481(7382):463-8.
7. Tsuchiya Y, Ando D, Goto K, Kiuchi M, Yamakita M, Koyama K. High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *Tohoku J Exp Med*. 2014;233(2):135-40.
8. Khodadadi h., Atarzade hoseini r., abbasian s. Effect of high intensity interval exercise and Pilates on irisin serum levels and Insulin resistance in Overweight women. *Endocrinology and metabolism*. 2014. (in Persian).
9. Huh JY, Mougios V, Kabasakalis A, Fatouros I, Siopi A, Douroudos, II, et al. Exercise-induced irisin secretion is independent of age or fitness level and increased irisin may directly modulate muscle metabolism through AMPK activation. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(11):E2154-61.
10. Schmolesky MT, Webb DL, Hansen RA. The effects of aerobic exercise intensity and duration on levels of brain-derived neurotrophic factor in healthy men. *J Sports Sci Med*. 2013;12(3):502-11.
11. Afzalpour ME, Taheri Chadorneshin H, Foadoddini M, Abtahi Eivari H. Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *Physiol Behav*. 2015;147:78-83.
12. Marquez CMS, Vanaudenaerde B, Troosters T, Wenderoth N. High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *J Appl Physiol (1985)*. 2015;119(12):1363-73.
13. Tonoli C, Heyman E, Roelands B, Buyse L, Piacentini F, Berthoin S, et al. BDNF, IGF-I, Glucose and Insulin during Continuous and Interval Exercise in Type 1 Diabetes. *Int J Sports Med*. 2015;36(12):955-9.
14. American College of Sports Medicine. Editor: Pescatello LS. ACSM Guide lines, special test and prescription exercise. Gaeini A, Samadi A, Khasi M. Tehran: Hatmi publishers; 2015.
15. Brian R. M., et al. Skeletal Muscle: Form and Function. Gharakhanlu R, Azad A, Gorzi A. Tehran: The Study and Compilation of Humanities Books (SAMT), Research and Development Center for Humanities; 2013.505.
16. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. Biochemistry of Exercise and Training. Gaeini AA, Hamedinia MR, KoshkiGahromi M, Fathi M. Tehran: The Study and Compilation of Humanities Books (SAMT); 2014.8.P.196.

## مقایسه اثر فعالیت تناوبی شدید با حرکت همزمان، متوالی و متناوب بالاتنه و

## پایین‌تنه بر آیریزین و BDNF پلاسمای زنان چاق

سارا سرخیلی<sup>۱</sup>، حمید رجبی<sup>۲</sup>، پژمان معتمدی<sup>۳</sup>، مهدی هدایتی<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
۲. استاد فیزیولوژی ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استادیار فیزیولوژی ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۴. استاد پژوهشی بیوشیمی، مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی غدد درون‌ریز، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۸

## چکیده

پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر فعالیت تناوبی شدید با سه مدل چیدمان شامل همزمان، متوالی و متناوب فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه بر آیریزین و BDNF پلاسمای زنان چاق انجام شد. یازده زن تمرین‌نکرده چاق  $5/8 \pm 30/5$  ساله و درصد چربی  $4/0 \pm 39/9$  طی سه روز غیر متوالی سه پروتکل روی دستگاه الپتیکال را با اعمال طرح متقاطع اجرا کردند. در پروتکل متوالی، پدال‌زدن دست، سپس پدال‌زدن پا به صورت متوالی هرکدام ۱۰ تکرار با ۹۰ درصد وات حداکثر به مدت ۴۰ دقیقه اجرا شد. در پروتکل همزمان، ۱۰ تکرار پدال‌زدن دست و پا به صورت همزمان با ۹۰ درصد وات حداکثر به مدت ۲۹ دقیقه اجرا شد و در پروتکل متناوب، پدال‌زدن دست و پا به صورت متناوب هرکدام ۱۴ تکرار با ۹۰ درصد وات حداکثر به مدت ۲۶ دقیقه و ۴۰ ثانیه اجرا شد. وهله‌های یک دقیقه‌ای فعالیت توسط استراحت‌های فعال یک دقیقه‌ای با ۳۰ درصد وات حداکثر تفکیک شدند. نمونه‌خونی قبل و یک ساعت پس از اتمام پروتکل‌ها گرفته شد. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی LSD تفاوت معناداری ( $P \leq 0.05$ ) را در مقایسه تغییرات آیریزین و BDNF بین پروتکل‌ها نشان داد، اما در پروتکل‌های همزمان، متوالی و متناوب به ترتیب افزایش  $24/28$  ( $p=0.02$ )،  $21/86$  و  $17/18$  درصدی ( $p=0.03$ ) سطوح آیریزین و کاهش  $0/1$ ،  $10/08$  و  $10/76$  درصدی سطوح BDNF، در مقایسه با مقادیر پایه روبه‌رو مشاهده شد. در مجموع با وجود صرف زمان کمتر در مدل‌های همزمان و متناوب در مقایسه با مدل متوالی و درک فشار کمتر مدل متناوب در مقایسه با مدل همزمان، به نظر می‌رسد ترشح آیریزین و BDNF بیشتر متأثر از انرژی مصرفی طی ورزش باشد تا شدت، مدت و مدل چیدمان فعالیت عضلات.

واژگان کلیدی: HIIIE، بالاتنه و پایین‌تنه، آیریزین، BDNF، زنان چاق.

1. Email: sara\_sarkheil@yahoo.com

2. Email: hrajabi@hotmail.com

3. Email: pezhman.motamedi@yahoo.com

4. Email: hedayati@endocrine.ac.ir

## مقدمه

عضلات اسکلتی به‌عنوان یک ارگان مترشحه همراه با دستگاه عصبی مرکزی به‌ویژه هیپوتالاموس، در تنظیم و تعادل انرژی نقش دارند (۱). از جمله مایوکاین‌های مترشحه از عضلات اسکلتی که در متابولیسم انرژی و کاهش وزن نقش دارند، آیریزین<sup>۱</sup> است که با تغییر فنوتیپ بافت چربی موجب افزایش گرمزایی و انرژی مصرفی می‌شود (۲)؛ بنابراین آیریزین سبب کاهش وزن، افزایش مصرف اکسیژن، بهبود هومئوستاز گلوکز و حساسیت به انسولین می‌شود و به‌نظر می‌رسد در اختلالات متابولیک دیگر که با ورزش بهبود می‌یابند، نقش واسطه‌ای داشته باشد (۳)؛ باین‌حال، جدای از تعامل بین عضله اسکلتی و بافت چربی، به نقش مؤثر آیریزین و FNDC-5<sup>۲</sup> در سیستم عصبی مرکزی، با شناسایی آن‌ها در سلول‌های پورکینز گلوتامات دکربوکسیلاز<sup>۳</sup> مخچه گروهی از جوندگان، توجه فراوان شده است. پژوهشگران چنین فرض می‌کنند که ممکن است آیریزین در سیستم عصبی مرکزی متابولیسم بافت چربی را از طریق چندین سیناپس واسطه در نخاع و مدولا تنظیم کند (۴). محافظت از نواحی سد خونی-مغزی در برابر سایتوکاین‌های مخرب سیستم عصبی (۵)، اثرات تنظیمی مؤثر بر متابولیسم بافت چربی مغز در صورت اختلالات سد خونی-مغزی و تمایزپذیری، رشد و توسعه سیستم عصبی مرکزی (۶)، از نقش‌های دیگر آیریزین فرض شده است. ورزش یک محرک برای رهاکردن PGC-1 $\alpha$ <sup>۴</sup> است و این به نوبه خود بیان ژن FNDC-5 را تحریک می‌کند. با پروتئولیز پروتئین غشایی FNDC-5 در عضله، پلی‌پپتید ۱۱۲ اسید آمینه به نام آیریزین وارد گردش خون می‌شود (۷). سپس پروتئین سیگنالینگ آیریزین (۸) در بافت چربی قهوه‌ای موجب بیان ژن UCP1<sup>۵</sup> می‌شود (۹). UCP1 که بیشتر در بافت چربی قهوه‌ای بیان می‌شود، به نشت پروتون‌ها از غشایی داخلی میتوکندری و گرمزایی غیرلرزشی منجر می‌شود (۳). آیریزین در نهایت موجب قهوه‌ای شدن چربی زیرپوستی و همچنین بافت چربی احشایی و در نتیجه باعث افزایش گرمزایی و انرژی مصرفی کل بدن می‌شود (۷).

از سوی دیگر، اثرات سودمند ورزش توسط عضلات اسکلتی، مغز و برخی دیگر بافت‌های محیطی با بیان فاکتور رشد عصبی مشتق شده از مغز (BDNF)<sup>۶</sup> به‌عنوان فراوان‌ترین عامل رشد عصبی اعمال می‌شود. BDNF در تفکیک نورونی، شکل‌گیری مویرگ‌های جدید از مویرگ‌های قبلی در CNS<sup>۷</sup>

1. Irisin
2. Fibronectin type III Ddomain-Containing Protein 5
3. Purkinje Glutamate Decarboxylase
4. Peroxisome Proliferator-Activated Gamma Coactivator Protein 1-Alpha
5. Uncoupling Protein-1
6. Brain Derived Neurotrophic Factor
7. Central Nervous System



شکل‌پذیری سیناپسی، مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول، دریافت و جذب غذا و متابولیسم نقش دارد (۱)، از آنجاکه این ماده هم از مغز و هم از برخی بافت‌های محیطی تولید می‌شود، به‌عنوان یک رابط بین بافت‌های محیطی و CNS و برعکس در موضوع سلامت بافت عمل می‌کند (۱۱). هرچند نقش BDNF در کنترل وزن بدن و هومئوستاز انرژی از مسیر هیپوتالاموس تعیین شده است، پژوهش‌ها نشان می‌دهند که BDNF همچنین در تنظیم متابولیسم انرژی در بافت‌های محیطی همچون عضلات اسکلتی نقش دارد (۱۰). همچنین بیان زیاد BDNF از هیپوتالاموس به‌عنوان تنظیم‌کننده ژنتیکی، از منظر تمایز چربی سفید به چربی قهوه‌ای در بافت چربی و اتلاف انرژی ناشی از فعال‌سازی برنامه ژن چربی قهوه‌ای مدنظر است (۱۲). BDNF توانایی سرکوب اشتها را (کلید ارتباط بین حضور BDNF، چاقی و متابولیسم) دارد (۱۳) و کاهش هیپوکامپی آن و بیان  $TrkB^1$  خطر ابتلا به چاقی ناشی از رژیم غذایی پرچرب را افزایش می‌دهد؛ بنابراین در به‌حداقل‌رساندن چاقی و اختلالات خوردن اثر دارد (۱۴). با توجه به اینکه BDNF مترشح در سیستم عصبی مرکزی به داخل جریان خون نیز توزیع می‌شود، تغییرات موجود در جریان خون آن می‌تواند تاحدی بازتابی از تغییرات ترشح آن در مغز انسان باشد (۱۵)؛ با این حال، با وجود نقش پررنگ تر ترشحات عصبی BDNF، حتی اگر BDNF مترشح از عضلات اثر موضعی داشته باشد، احتمالاً بتوان اثرات مفید موضعی بیشتری ناشی از میزان بیشتر در گردش خون آن را توقع داشت. همچنین ممکن است برای بهره‌مندی بیشتر عضلات از مزایای اثرات موضعی BDNF ناشی از ورزش، به‌کارگیری توده‌های عضلانی متعدد در یک جلسه ورزش مفید واقع شود.

در مطالعات افزایش سطوح BDNF در اثر فعالیت ورزشی نشان داده شده است (۱۶). در واقع فعالیت ورزشی به‌عنوان محرک ترشح نوراپی‌نفرین و فعال‌شدن مسیر آدنیلات‌سیکلاز و مسیرهای وابسته  $cAMP^2$ ، در ادامه این آبشار باعث تحریک بیان ژن BDNF می‌شود (۱۷). ران<sup>۳</sup> و همکاران (۱۸) نشان دادند که FNDC-5 با تمرین استقامتی در هیپوکامپ موش‌ها افزایش می‌یابد. بیان ژن FNDC5 نورونی به‌وسیله  $PGC-1\alpha$  تنظیم می‌شود و بیان اجباری ژن FNDC-5 در نورون‌های قشری ابتدایی، بیان BDNF را افزایش می‌دهد و  $PGC-1\alpha/FNDC-5/BDNF$  مسیری است که در هیپوتالاموس با تمرین استقامتی فعال می‌شود. در مجموع با توجه به مسیرهای سیگنالی مشابه آیریزین با BDNF و هم‌پوشانی تقریبی نقش‌های یکدیگر، به‌نظر می‌رسد بررسی هم‌زمان این دو عامل در پاسخ به روش‌های تمرینی مختلف منطقی است.

- 
1. Tyrosine Kinase Receptor B
  2. Cyclic Adenosine Mono Phosphate
  3. Wrann

در مطالعات افزایش بیشتر سطوح آیریزین در اثر تمرین با شدت زیاد در مقایسه با شدت تمرین (۱۹)، فعالیت ورزشی تناوبی شدید (۲۱، ۲۰) و همراه با بیشترین بار کاری (۲۲) نشان داده شده است. در همین راستا افزایش بیشتر سطوح BDNF در اثر تمرین تناوبی با شدت زیاد (HIIT)<sup>۱</sup> در مقایسه با تمرینات تداومی (۲۳) و همراه با شدت و مدت زمان بیشتر (۱۶) و طی فعالیت تناوبی (۲۳-۲۵) نشان داده شده است. در مجموع با وجود متأثر بودن ترشحات آیریزین و BDNF از شدت فعالیت و تقاضای انرژی، به هنگام مقایسه شدت‌های زیاد در دامنه تمرینات تناوبی شدید و نیز به هنگام مقایسه تأثیر شدت با انرژی مصرفی بر ترشحات آیریزین و BDNF، اجماع نظر وجود ندارد.

از طرفی با وجود همه فواید و کارآمدی تمرینات HIIT (۲) و قابل استفاده بودن برای ورزشکاران و افراد تمرین‌نکرده (۲۶)، به دلیل ایجاد احساس خستگی و درک فشار بیشتر (RPE)<sup>۲</sup> (۲۷)، رویکرد دیگری با تقسیم فشار HIIT بین بالاتنه و پایین‌تنه مطرح است (۲۸، ۲۹)، اما تاکنون چگونگی ادغام و چیدمان فعالیت آن بررسی نشده است. از سوی دیگر، احتمالاً در کاری مشابه با شدت نسبی یکسان در بالاتنه در مقایسه با پایین‌تنه، شاهد خستگی و درک فشار بیشتری خواهیم بود؛ بنابراین اگر بالاتنه و پایین‌تنه را در یک کار واحد به صورت هم‌زمان شریک کنیم، احتمال دارد به دلیل فعال‌سازی بیشتر دستگاه عصبی شاهد بروز زودتر خستگی و درک فشار متفاوتی باشیم. همچنین ممکن است عواملی همچون افزایش تعداد اندام درگیر، پیچیدگی، دقت، تمرکز و ترتیب اجرای برنامه حرکتی بتواند فعال‌سازی و ترشحات عصبی بیشتری را به همراه داشته باشد.

در مجموع پاسخ بافت‌ها و غدد درون‌ریز به عمل عضلات توسط عوامل بسیاری از جمله شدت، حجم، بار تمرین، توده و تعدد گروه‌های عضلانی درگیر، دوره‌های استراحتی فواصل بین ست‌ها و دیگر متغیرها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین تاکنون در مطالعه‌ای تأثیر مدل‌های چیدمان گروه‌های عضلانی در فعالیت کل بدن (Total Body) به روش HIIT بر عوامل مترشحه عصبی و عضلانی دخیل در راهکارهای کنترل وزن بررسی نشده است؛ بنابراین در مطالعه حاضر با دستکاری متغیرهای شدت، مدت و مدل چیدمان گروه‌های عضلانی در یک جلسه فعالیت کل بدن و طراحی سه مدل HIIE<sup>۳</sup> با فعالیت هم‌زمان، متوالی و متناوب بالاتنه و پایین‌تنه، به بررسی و مقایسه پاسخ آیریزین و BDNF پلاسمایی، کارایی و فشار زیاد این تمرینات در زنان چاق در سه مدل ذکر شده پرداخته می‌شود.

- 
1. High Intensity Interval Training
  2. Ratings of Perceived Exertion
  3. High Intensity Intermittent Exercise

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی به روش نیمه‌تجربی و طرح با اندازه‌های تکراری، به صورت متقاطع انجام شد. آزمودنی‌ها ۱۱ زن چاق بودند که به صورت تصادفی و هدفمند از میان زنان دردسترس و داوطلب ساکن در غرب شهر تهران و مراجعه‌کننده به باشگاه‌های ورزشی که چاق، سالم، تمرین‌نکرده و کم‌تحرك بودند، انتخاب شدند. میانگین برخی متغیرهای توصیفی آزمودنی‌ها در جدول شماره یک گزارش شده است.

جدول ۱ - میانگین و انحراف استاندارد برخی متغیرهای توصیفی آزمودنی‌ها (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

**Table 1- Mean and standard deviation of some descriptive variables of the subjects (Mean  $\pm$  Standard deviation)**

30.5 $\pm$ 5.8	سن (سال) Age (year)
159.1 $\pm$ 5.0	قد (سانتی‌متر) Height (cm)
86.0 $\pm$ 17.5	وزن (کیلوگرم) Weight (kg)
33.7 $\pm$ 5.2	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع) BMI (body mass index) (kg/m <sup>2</sup> )
75.0 $\pm$ 8.2	ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه) RHR (resting heart rate) (bpm)
80.0 $\pm$ 7.7	فشارخون استراحتی (میلی‌متر جیوه) سیستولی دیاستولی RBP (resting blood pressure) (mmHg) diastolic systolic
119.0 $\pm$ 7.0	قند خون ناشتا (میلی‌گرم در دسی لیتر) FBS (fasting blood sugar) (mg/dl)
93.2 $\pm$ 10.6	دور کمر (سانتی‌متر) WC (waist circumference) (cm)
100.0 $\pm$ 13.4	نسبت دور کمر به دور باسن WHR (waist to hip ratio)
0.85 $\pm$ 0.45	درصد چربی بدن PBF (body fat percentage)
39.9 $\pm$ 4.0	

آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش، پرسشنامه سلامت، تندرستی و سابقه فعالیت بدنی را تکمیل کردند. برنامه غذایی آزمودنی‌ها از یک هفته قبل از اجرای آزمون‌ها با پرسشنامه یادآمد غذایی بررسی شد. همچنین وعده‌های غذایی دریافتی با ارائه فهرست برنامه غذایی اختصاصی برای هر فرد

با تنوع غذایی مشابه و محاسبه میزان کالری دریافتی هر فرد با توجه به میزان سوخت‌وساز پایه (BMR)<sup>۱</sup> به علاوه کالری مورد نیاز برای فعالیت‌های سبک معمول آن‌ها، با استفاده از نمودار ویژه<sup>۲</sup> برآورد ناحیه سطحی بدن و فرمول شماره<sup>۳</sup> یک (۳۰) کنترل شد.

$$\text{فرمول ۱: } ۲۴ \text{ ساعت} \times ۳۵ \text{ کیلوکالری در ساعت} \times \text{BSA}^۳ = \text{RMR}^۲$$

همچنین شبیه‌سازی تغذیه آزمودنی‌ها ۲۴ ساعت قبل از اجرای هر آزمون اعمال شد. برای هر آزمودنی فاصله بین آخرین وعده غذایی با آزمون‌های فزاینده، پیش‌آزمون و پس‌آزمون‌ها و نیز زمان شروع اجرای هر سه پروتکل یکسان بود. اجرای فعالیت در محدوده زمانی صبح تا پیش از ظهر و غیرناشتا برای همه آزمودنی‌ها صورت گرفت. از آزمودنی‌ها خواسته شد در شب‌های قبل از آزمون در طول اجرای پژوهش، به میزان کافی و مناسب بخوابند و هیچ‌گونه مکمل غذایی یا دارویی در کل دوره پژوهش (دو هفته) و یک هفته قبل از آن مصرف نکنند. همچنین از یک شب قبل، از مصرف مواد کافئین‌دار مانند چای، قهوه و شکلات کائوئی خودداری کنند. با توجه به بررسی‌های اولیه درباره سیکل ماهانه داوطلبان، آزمودنی‌ها در دوره قاعدگی قرار نداشتند و شرایط محیطی شامل دما، رطوبت، نور سالن ورزشی، موسیقی پخش شده، تشویق کلامی، ابزارهای اندازه‌گیری و دستگاه الپتیکال به‌منظور اجرای تمرین برای تمام آزمودنی‌ها یکسان بود. آزمودنی‌ها یک هفته پیش از شروع فرایند پژوهش، برای آشنایی با پروتکل‌های فعالیت ورزشی، نحوه استفاده از دستگاه الپتیکال، اندازه‌گیری‌های اولیه و امضای فرم رضایت‌نامه که در آن هدف پژوهش، روش اجرای آزمون‌های ورزشی، مزیت و مشکلات احتمالی اجرای آزمون‌ها، مسئولیت‌ها و اختیارات داوطلبان و کاربرد نتایج پژوهش ذکر شده بود، گرد هم جمع شدند. سپس قد، وزن، فشارخون استراحتی، قندخون ناشتا، درصد چربی و محیط اندام‌ها برای رعایت جوانب احتیاط اندازه‌گیری شد. همچنین بررسی شد که آن‌ها به بیماری آشکاری مبتلا نباشند.

درصد چربی بدن آزمودنی‌ها با استفاده از معادله سه‌نقطه‌ای شامل سه‌سر بازو + فوق‌خاصره + ران با استفاده از کالیپر<sup>۴</sup> و برآورد چگالی بدن از طریق فرمول شماره<sup>۲</sup> دو و جایگزینی چگالی بدن در فرمول شماره<sup>۳</sup> سه محاسبه شد (۳۰، ۳۱).

$$\text{فرمول ۲: } (۰/۰۰۹) (\text{سن}) - ۰/۰۰۰۱۳۹۲ - (مجموع سه نقطه) ۰/۰۰۰۰۰۲۳ + (\text{جمع سه نقطه})$$

$$۱/۰۹۹۴۲۱ - ۰/۰۰۰۹۹۲۹$$

$$\text{فرمول ۳: } ۴۵۰ - \text{چگالی بدن} \div ۴۹۵$$

1. Basal Metabolic Rate
2. Rest Metabolic Rate
3. Body Surface Area
4. Caliper

در این پژوهش از سه آزمون فزاینده طراحی شده فعالیت بالاتنه (AE)<sup>۱</sup>، فعالیت پایین‌تنه (LE)<sup>۲</sup> و فعالیت هم‌زمان بالاتنه همراه با پایین‌تنه (LE & AE)<sup>۳</sup> به ترتیب برای تعیین وات حداکثر بالاتنه، پایین‌تنه و بالاتنه همراه با پایین‌تنه، با استفاده از دستگاه الپتیکال (مدل CS800 ساخت شرکت ترو<sup>۴</sup> و دارای جایگاه ثابت پا) در سه روز غیرمتوالی استفاده شد. پس از گذشت ۷۲ ساعت از زمان تعیین وات حداکثر ( $W_{max}$ )<sup>۵</sup> و سطح اوج<sup>۶</sup> کسب‌شده طی آزمون‌های فزاینده، آزمودنی‌ها برای اجرای اولین جلسه تمرینی که براساس برنامه زمان‌بندی گروه‌ها در ترتیب انجام‌دادن پروتکل‌ها متفاوت بودند، فراخوانده شدند. نمونه خونی آزمودنی‌ها به میزان پنج سی‌سی از سیاهرگ دست راست و در وضعیت نشسته، استراحتی و غیرناشتا در چهار وهله شامل؛ یک وهله پیش آزمون (پیش از مداخله ورزشی و قبل از اولین پروتکل) و سه وهله پس آزمون (۶۰ دقیقه پس از پایان هر سه مداخله پروتکل‌های هم‌زمان، متوالی و متناوب) گرفته شد. سپس در لوله‌های حاوی ضدانعقاد EDTA<sup>۷</sup> و آنتی‌پروتئاز (در مدت حداکثر سه ساعت) برای جداسازی پلاسما به آزمایشگاه منتقل شد. شرایط نگهداری نمونه‌ها در این فاصله مطابق با دستورالعمل آزمایشگاه و شبیه‌سازی دمای یخچال صورت گرفت. پلاسما جداسازی شده توسط دستگاه سانتریفیوژ (شرکت بهداد مدل بهداد یونیورسال ساخت کشور ایران) (با مدت ۱۰ دقیقه و ۳۰۰۰ دور در دقیقه) توسط سمپلر در میکروتیوب‌ها تزریق شد و در دمای ۴۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای کمی کردن داده‌ها از کیت الایزا (Elisa Kit) (محصول شرکت کازابایو<sup>۸</sup> با حساسیت ۰/۷۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر)، دستگاه خوانشگر الایزا (شرکت بیوتک<sup>۹</sup> مدل ایپوک<sup>۱۰</sup> ساخت کشور آمریکا) و دستگاه شست‌وشوی الایزا (شرکت تکن<sup>۱۱</sup> مدل کلومبوس<sup>۱۲</sup> ساخت کشور اتریش) استفاده شد. در نهایت نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون با هم مقایسه شدند. ضربان قلب آزمودنی‌ها در طول اجرای تمرین با ضربان‌سنج پولار (Polar) ساخت کشور فنلاند، پیوسته ثبت شد. درک فشار آزمودنی‌ها نیز با جدول مقیاس‌بندی میزان درک تلاش (RPE) بورگ (۶-۲۰ S<sup>۱۳</sup>) ارزیابی شد.

1. Arm Elliptical
2. Leg Elliptical
3. Arm&Leg Elliptical
4. TRUE (Truefitness.com)
5. Watt Maximum
6. Peak Level
7. Ethylene Diamine Tetra-Acetic Acid
8. Kazabayv
9. Bio tech
10. Epoch
11. Tekken
12. Columbus
13. Scale

آزمون‌های فزاینده برای تعیین  $W_{max}$  بر اساس مطالعات پیشین درباره اصول طراحی آزمون‌های فزاینده (۳۱) و مطالعه راهنما<sup>۱</sup> بررسی و اصلاح شد. در نهایت سه آزمون فزاینده AE، LE و LE & AE با استفاده از دستگاه الپتیکال طراحی شد و به ترتیب زیر اجرا شد:

AE: آزمودنی‌ها پدال‌زدن دست را با شدت ۴۰ وات به مدت یک دقیقه شروع کردند و پس از هر دقیقه، ۱۰ وات افزایش شدت را با افزایش سطح<sup>۲</sup> تا رسیدن به واماندگی تجربه کردند؛

LE: آزمودنی‌ها پدال‌زدن پا را با شدت ۴۰ وات به مدت ۱ دقیقه شروع کردند و پس از هر دقیقه ۳۰ وات افزایش شدت را با افزایش سطح تا رسیدن به واماندگی تجربه کردند؛

LE & AE: آزمودنی‌ها پدال‌زدن هم‌زمان دست همراه با پا را با شدت ۴۰ وات به مدت یک دقیقه شروع کردند و پس از هر دقیقه ۳۰ وات افزایش شدت را با افزایش سطح تا رسیدن به واماندگی تجربه کردند.

تعیین رسیدن به واماندگی با درخواست آزمودنی، علامت‌های ظاهری طاقت‌فرسای بودن ادامه کار، اعلام عدد ۲۰ از مقیاس درک تلاش بورگ (6-20 S) از سوی آزمودنی، افزایش نیافتن ضربان قلب همراه با افزایش شدت فعالیت و به خصوص از دست دادن ریتم پدال‌زدن با کاهش ریتم پدال‌زدن‌ها (rpm)<sup>۳</sup> همراه بود. ریتم پدال‌زدن‌ها ۵۰ دور در دقیقه (rpm=50) در تمام گروه‌ها بود و همچنین اجراها یکسان بود و با مترونوم و نمایشگر دیجیتال دستگاه الپتیکال کنترل شد.

آزمودنی‌ها پروتکل‌های هم‌زمان، متوالی و متناوب را در سه روز با فاصله زمانی ۷۲ ساعت و به این صورت اجرا کردند:

- پروتکل متوالی شامل ۱۰ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای پدال‌زدن دست با ۹۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده AE) و استراحت‌های فعال ۶۰ ثانیه‌ای با ۳۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده AE) بلافاصله به دنبال ۱۰ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای پدال‌زدن پا با ۹۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده LE) همراه با استراحت‌های فعال ۶۰ ثانیه‌ای با ۳۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده LE) بود. این پروتکل در مجموع به مدت ۴۰ دقیقه طول کشید (برای ایزوبار کردن پروتکل‌ها، وات کل تولیدی پروتکل متوالی به عنوان وات پایه لحاظ شد)؛

- پروتکل هم‌زمان شامل ۱۰ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای پدال‌زدن هم‌زمان دست و پا با ۹۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده LE.AE) همراه با استراحت‌های فعال ۶۰ ثانیه‌ای با ۳۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده LE.AE) بود، اما با وجود شدت نسبی یکسان در پروتکل‌ها و شدت مطلق

- 
1. Pilot
  2. Level
  3. Round Per Minute (Revolutions Per Minute)

(میانگین ضربان قلب) بیشتر در پروتکل هم‌زمان در مقایسه با پروتکل متوالی، بار کاری مجموع (وات تولیدی کل) با توجه به صرف زمان متفاوت، در پروتکل متوالی در مقایسه با پروتکل هم‌زمان بیشتر بود؛ بنابراین به منظور ایزوبار کردن براساس یکسان‌سازی وات تولیدی پروتکل‌ها، تعدادی تکرار بر تعداد تکرارهای پایه افزوده شد که برای هر آزمودنی به‌طور خاص با توجه به اطلاعات حاصل از آزمون‌های فزاینده AE، LE و LE.AE و با این پیش‌فرض که نسبت مشارکت بالاتنه و پایین‌تنه در تولید وات کل (که در هر فرد متفاوت است)، یک کار ترکیبی (پروتکل متوالی) همچنان در یک کار هم‌زمان (پروتکل هم‌زمان) حفظ می‌شود، محاسبه شد. سپس به‌عنوان X تکرار بر تعداد ۱۰ تکرار پایه افزوده شد. X با فرمول شماره چهار محاسبه شد.

**فرمول ۴:**  $X = Z / (90\% W_{max} LE.AE + 30\% W_{max} LE.AE)$  (Z میزان وات جبرانی در کل ۱۰ تکرار است که با فرمول شماره پنج محاسبه شد).

**فرمول ۵:**  $Z = Y \times 10$  (Y میزان وات جبرانی در هر تکرار است که با فرمول شماره شش محاسبه شد).

**فرمول ۶:** 
$$Y = [(90\% W_{max} LE + 90\% W_{max} AE) - 90\% W_{max} LE.AE] + [(30\% W_{max} LE + 30\% W_{max} AE) - 30\% W_{max} LE.AE]$$

این پروتکل در مجموع با میانگین تکرار ۱۴/۵ و میانگین مدت زمان ۲۹ دقیقه طول کشید؛ - پروتکل متناوب شامل ۱۳ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای و یک تکرار ۲۰ ثانیه‌ای پدال‌زدن پا با ۹۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده LE) به‌همراه ۱۳ تکرار ۶۰ ثانیه‌ای و یک تکرار ۲۰ ثانیه‌ای پدال‌زدن دست با ۹۰ درصد وات حداکثر (حاصل از تست فزاینده AE) به‌صورت متناوب بود. سه تکرار ۶۰ ثانیه‌ای و یک تکرار ۲۰ ثانیه‌ای افزون بر تکرارهای پروتکل پایه (متوالی) به‌دلیل یکسان‌سازی وات تولیدی پروتکل‌ها و به‌دنبال آن به‌دلیل تبدیل ست‌های استراحتی پروتکل متوالی (۱۰ تکرار با شدت ۳۰ درصد وات حداکثر) به ست‌هایی فعالیتی در پروتکل متناوب، بود. حذف ست‌های استراحتی فعال موضع درگیر که در پروتکل متوالی وجود داشت، در پروتکل متناوب به‌صورت استراحت غیرفعال یک موضع هم‌زمان با فعالیت موضع دیگر به‌عنوان استراحت فعال کل اجرا شد. این پروتکل در مجموع به مدت ۲۶ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول کشید.

جهت ایزوبار کردن پروتکل‌های تمرینی براساس وات تولیدی، برای طراحی آن‌ها تلاش کردیم. از آنجا که بار کاری در ارتباط مستقیم با مدت زمان و شدت تمرین است، برای یکسان‌کردن وات تولیدی پروتکل‌ها با پروتکل پایه (متوالی) با مدنظر قراردادن شدت نسبی یکسان (۹۰ درصد وات حداکثر) و نیز مدت زمان مساوی فعالیت بالاتنه با فعالیت پایین‌تنه در هر سه پروتکل، متغیر مدت زمان کل را دستکاری کردیم و تکرارهای اضافی محاسبه‌شده‌ای به پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب افزودیم؛

به طوری که شدت مطلق در گروه‌ها در تعامل با متغیر مدت زمان و شدت نسبی دستخوش تغییر شد؛ در نتیجه انتظار می‌رفت شدت در پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب در مقایسه با پروتکل متوالی بیشتر باشد که بدین‌منظور ضربان قلب به‌عنوان شدت مطلق در پروتکل‌ها بررسی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و به‌منظور بررسی نرمال‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup>، برای آزمون فرضیه‌های پژوهش از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری<sup>۲</sup> و از آزمون تعقیبی LSD<sup>۳</sup> برای بیان تشخیص تفاوت معنادار بین اندازه‌گیری‌های تکراری استفاده شد. سطح معناداری آزمون‌ها برای تمامی متغیرها در سطح آلفای پنج صدم ( $P \leq 0.05$ ) در نظر گرفته شد. عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. نسخه ۱۶ انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ استفاده شد.

## نتایج

آزمون اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی LSD در مقایسه بین گروهی نتایج ضربان قلب نشان داد که ضربان قلب در پروتکل متوالی به‌طور معناداری کمتر از پروتکل متناوب ( $P = 0.01$ ) و نیز به‌طور معناداری کمتر از پروتکل هم‌زمان ( $P = 0.000$ ) بود؛ درحالی‌که میان ضربان قلب در پروتکل هم‌زمان با پروتکل متناوب تفاوت معناداری مشاهده نشد ( $P = 0.49$ ) (جدول شماره دو). آزمون اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی LSD در مقایسه بین گروهی نتایج درک فشار نشان داد که درک فشار در پروتکل متناوب به‌طور معناداری کمتر از پروتکل هم‌زمان ( $P = 0.000$ ) بود؛ درحالی‌که بین درک فشار در پروتکل متوالی با پروتکل هم‌زمان ( $P = 0.28$ ) و درک فشار در پروتکل متوالی با پروتکل متناوب ( $P = 0.10$ ) تفاوت معناداری مشاهده نشد. سطح معناداری  $P \leq 0.05$  در نظر گرفته شد. (جدول شماره دو).

- 
1. Kolmogorov-Smirnov Test
  2. Analysis of Variance with Repeated Measure (ANOVA R.M)
  3. Least Significant Difference

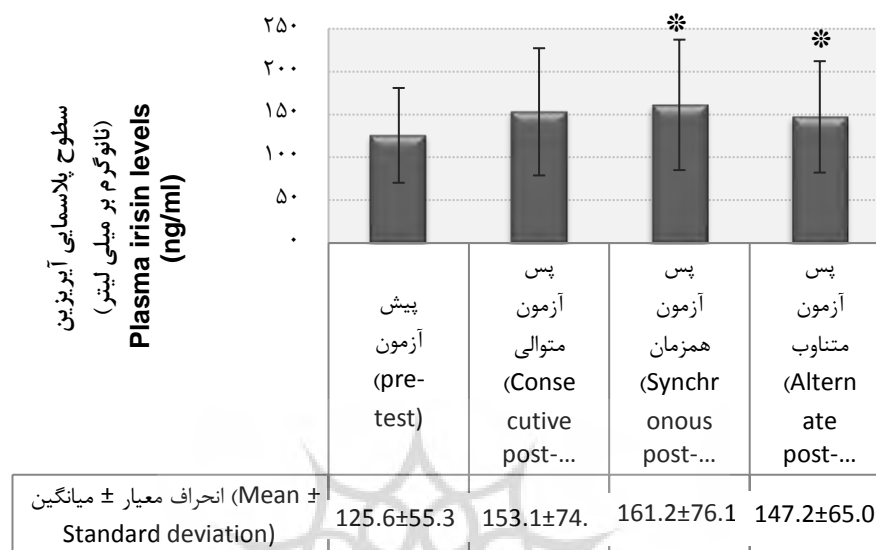


جدول ۲- مقادیر میانگین و انحراف معیار ضربان قلب و درک فشار در پروتکل‌ها

Table 2- Mean and standard deviation of heart rate and perceived exertion in protocols

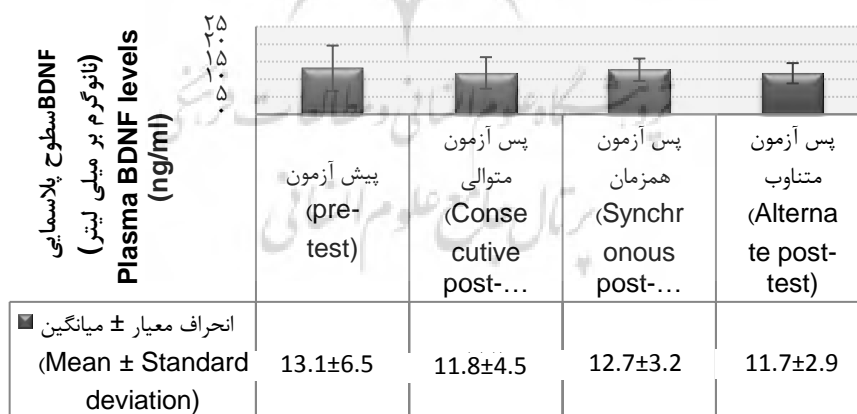
متناوب Alternate	هم‌زمان Synchronous	متوالی Consecutive	پروتکل Protocol	انحراف معیار $\pm$ میانگین Mean $\pm$ Standard deviation
157.9 $\pm$ 7.2	159.5 $\pm$ 10.2	150.7 $\pm$ 12.1	ضربان قلب (ضربه در دقیقه) Heart rate (HR) (bpm)	
16.0 $\pm$ 2.0	17.8 $\pm$ 1.4	17.1 $\pm$ 2.3	درک فشار (مقیاس بورگ) Perceived exertion (Borg RPE Scale)	

آزمون اندازه‌های تکراری درباره نتایج آیریزین نشان‌دهنده تفاوتی معنادار بود. برای تعیین این تفاوت آزمون تعقیبی LSD مشخص کرد که این تفاوت تنها بین پیش‌آزمون با پس‌آزمون‌های هم‌زمان ( $P = 0.02$ ) و متناوب ( $P = 0.03$ ) معنادار بود (شکل شماره یک). آزمون اندازه‌های تکراری درباره نتایج BDNF تفاوت معنادار را که لازمه اجرای آزمون تعقیبی است، نشان نداد (شکل شماره دو). در مجموع با وجود افزایش ۲۸/۲۴، ۲۱/۸۶ و ۱۷/۱۸ درصدی در سطوح پلاسمایی آیریزین و کاهش ۰/۰۱، ۱۰/۰۸ و ۱۰/۷۶ درصدی در سطوح پلاسمایی BDNF به ترتیب در پروتکل‌های هم‌زمان، متوالی و متناوب، تنها افزایش آیریزین در پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب در مقایسه با سطح اولیه معنادار بود ( $P \leq 0.05$ )؛ در حالی که تفاوت معناداری میان پروتکل‌ها در سطوح پلاسمایی آیریزین و BDNF مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).



شکل ۱- مقادیر میانگین و انحراف استاندارد سطوح پلاسمایی آیریزین (ng/ml) در پیش آزمون و پس آزمون‌های پروتکل متوالی، همزمان و متناوب  
 \*: تفاوت معنادار در مقایسه با پیش آزمون ( $P \leq 0.05$ )

Figure 1- Mean and standard deviation of plasma Irisin levels (ng / ml) in pre-test and post-tests of consecutive, synchronous, and alternate protocol  
 \* Significant differences compared to pre-test ( $P \leq 0.05$ )



شکل ۲- مقادیر میانگین و انحراف استاندارد سطوح پلاسمایی BDNF (ng/ml) در پیش آزمون و پس آزمون‌های پروتکل متوالی، همزمان و متناوب

Figure 2- Mean and standard deviation of plasma BDNF levels (ng / ml) in pre-test and post-tests of consecutive, synchronous, and alternate protocol

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با وجود شدت نسبی یکسان در پروتکل‌ها، شدت مطلق براساس ضربان قلب در پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب در مقایسه با پروتکل متوالی به‌طور معناداری بیشتر بود. این نتیجه پیش‌بینی‌شده بود؛ زیرا وقتی که مدت به‌صورت درخور ملاحظه‌ای در پروتکلی بیشتر از پروتکل ایزوبار دیگر باشد، حتماً این متغیر «شدت» خواهد بود که برای تعدیل به‌طور معناداری کاهش پیدا خواهد کرد. میانگین شدت مطلق براساس ضربان قلب هدف در پروتکل‌های هم‌زمان، متوالی و متناوب به‌ترتیب ۸۵-۸۴ درصد، ۸۰-۷۹ درصد و ۸۳ درصد بود که محدوده شدت مطلق در کل ۸۵-۸۰ درصد ضربان قلب هدف و شدید ارزیابی شد. از سویی درک فشار به‌طور معنادار کمتر در پروتکل متناوب در مقایسه با پروتکل هم‌زمان، با وجود نبود تفاوت معنادار در شدت مطلق و نیز نبود تفاوت چشمگیر در مدت زمان میان آن‌ها می‌تواند ناشی از تقسیم فشار کار بین بالاتنه و پایین‌تنه، فعالیت منقطع و بازیافت موقت عضلانی، تقلیل نامحسوس شدت و «انحراف حواس» که عاملی برای غلبه بر خستگی مرکزی است (۳۲) باشد. در پروتکل متناوب با چیدمان متنوع ست‌های فعالیت بالاتنه، پایین‌تنه و تفکیک الگوی کلی حرکت به‌صورت یک‌درمیان، اعمال ست‌های استراحت فعال به‌صورت استراحت فعال موضعی غیرفعال (در پروتکل متناوب) به‌جای استراحت فعال موضعی فعال (در پروتکل هم‌زمان) و با تنوع در به‌کارگیری گروه‌های عضلانی، رعایت اصل نشاط ایجاد شد.

با مقایسه درک فشار پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب با پروتکل متوالی انتظار می‌رود به‌علت ضربان قلب (شدت مطلق) بیشتر در پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب، با خستگی زودرس ناشی از افزایش دمای مرکزی بدن و مواد متابولیکی همچون هیدروکسی تریپتامین<sup>۱</sup> (5-HT) که فاکتوری در ارتباط مستقیم با خستگی مرکزی است (۳۳)، با درک فشار متفاوتی مواجه شویم، اما با نبود تفاوت معنادار در درک فشار روبه‌رو هستیم. این امر می‌تواند با صرف زمان بیشتر در پروتکل متوالی در مقایسه با دو پروتکل دیگر توجیه شود؛ چراکه در جریان فعالیت‌های ورزشی طولانی‌مدت، اسید چرب بیشتر به‌عنوان سوخت غالب باعث می‌شود تا تریپتوفان از جایگاه‌های پیوندی‌اش روی آلبومین تغییر مکان دهد و بدین ترتیب غلظت تریپتوفان آزاد در خون افزایش یابد که در ادامه این تریپتوفان‌های آزاد قادر به عبور از مایع مغزی-نخاعی و سنتز بیشتر 5-HT می‌شوند (۳۳). در مجموع به‌نظر می‌رسد برآیند کلی 5-HT در پروتکل متوالی با پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب یکسان بوده باشد و به همین دلیل درک فشاری متفاوت مشاهده نشد.

مقایسه مقادیر پایه و در پاسخ به یک جلسه تمرین تناوبی شدید در سطوح پلاسمایی آیریزین مبین افزایش معنادار با پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب بود. با توجه به شدت بیشتر پروتکل‌های هم‌زمان و

متناوب در مقایسه با پروتکل متوالی، به نظر می‌رسد ترشح آیریزین بیشتر متأثر از شدت فعالیت ورزشی باشد. از سویی با وجود نبود تفاوت معنادار سطوح آیریزین در مقایسه بین گروهی و افزایش معنادار آن در دو پروتکل هم‌زمان و متناوب، احتمال می‌رود پروتکل متوالی نیز در نزدیکی مرز معناداری بوده باشد. نتایج مربوط به مقایسه مقادیر پایه و در پاسخ به یک جلسه تمرین تناوبی شدید در سطوح پلاسمایی BDNF، تغییر معناداری را نشان نداد. از آنجا که BDNF تحت تأثیر استرس و اجباری بودن تمرین قرار می‌گیرد، بعید نیست در پژوهش حاضر به دلیل دلخواه نبودن فعالیت نمود پیدا کرده باشد. نتایج مربوط به مقایسه بین گروهی تفاوت معناداری را در تغییرات سطوح آیریزین و BDNF پلازما بین پروتکل‌ها نشان نمی‌دهد که این امر در مقایسه پروتکل هم‌زمان با پروتکل متناوب تداعی‌کننده تأثیر شدت، مدت یا انرژی مصرفی در HIIE بر ترشح آیریزین و BDNF است، نه نحوه چیدمان فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه در یک جلسه ورزش کل بدن<sup>۱</sup>. همچنین مقایسه پروتکل‌های هم‌زمان و متناوب با پروتکل متوالی، ضمن در نظر گرفتن تفاوت در شدت مطلق و مدت زمان، تداعی‌کننده تأثیر انرژی مصرفی یک جلسه HIIE در ترشح آیریزین و BDNF است، نه شدت، مدت و نحوه چیدمان فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه در یک جلسه ورزش کل بدن. با توجه به اینکه عوامل متعددی به‌عنوان مؤلفه‌های تمرینی (شدت، مدت، توده‌های عضلانی درگیر و...) می‌توانند بر ترشح آیریزین و BDNF در یک جلسه مؤثر باشند، احتمالاً این انرژی مصرفی فعالیت در یک جلسه HIIE است که سهم مهمی در میزان ترشحات آیریزین و BDNF دارد.

تاکنون در مطالعه‌ای چگونگی چیدمان گروه‌های عضلانی در یک جلسه فعالیت کل بدن به روش HIIT بررسی نشده است، اما سوابق مطالعاتی که تا حدی به پژوهش حاضر نزدیک باشد و همچنین درباره تأثیر نوع و شدت فعالیت بر آیریزین و BDNF باشد، بررسی شد. در حالی نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش داسکالوپولو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۲) در زمینه افزایش آیریزین پلازما در پاسخ به فعالیت نتیجه‌گیری آن‌ها مبنی بر تابعیت آیریزین از تقاضای انرژی همسو بود که زمان نمونه‌گیری در پژوهش آن‌ها سه دقیقه و در پژوهش حاضر ۶۰ دقیقه پس از ورزش بود. هو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۱) افزایش سطوح آیریزین پلاسمایی را بلافاصله و تا یک ساعت پس از پروتکل ورزش تناوبی و سپس کاهش آن را مشاهده کردند که با افزایش سطوح آیریزین پلاسمایی یک ساعت پس از دو پروتکل پژوهش حاضر و همبستگی آیریزین با شدت ورزش همسو بود. درباره افزایش BDNF در پاسخ به ورزش با شدت

- 
1. Total Body
  2. Daskalopoulou
  3. Huh

بالا، نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های شمولسکی<sup>۱</sup> و همکاران (۱۶)، مارکوویز<sup>۲</sup> و همکاران (۲۴)، تونولی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۵) ناهمسو بود. به‌نظر می‌رسد این ناهمسویی به‌دلیل تفاوت در زمان<sup>۴</sup> و محل (سرمی و پلاسمایی) اندازه‌گیری BDNF باشد.

از طرفی فعالیت ورزشی به‌نحوی می‌تواند محرک‌های ترشح BDNF همچون هیپوکسی، ایسکمی، استرس و فشار را به‌همراه داشته باشد (۳، ۱۱). نتایج پژوهش‌ها حاکی از تأثیر هر دوی فعالیت ورزشی با شدت زیاد و فعالیت زیربیشینه بر ترشح BDNF از سیستم عصبی و بافت‌های محیطی است (۳۴). درباره نوع فعالیت ورزشی در تحریک ترشح BDNF، مطابق با اصل نشاط که از جمله اصول تمرینی است (۳۵)، هر فعالیتی که به‌صورت اختیاری انجام شود و با شادابی و نشاط همراه باشد، می‌تواند محرک ترشح BDNF باشد (۳۶). در شرایطی که فعالیت ورزشی با استرس و التهاب همراه باشد، BDNF یک عامل حمایت‌کننده از بافت‌های حیاتی بدن ترشح می‌یابد (۳۷) و انتظار می‌رود با تأمین میزان شدید و سریعی از خستگی عضلانی در طی تمرینات تناوبی شدید، مایوکاین بیشتری تولید شود.

با وجود اصل اندازه در فراخوانی واحدهای حرکتی به‌ترتیب از کوچک‌تر به بزرگ‌تر (۳۲) و فراخوانی واحدهای حرکتی به نسبت نیروی مورد نیاز، در فرایند خستگی عضلانی با وجود افزایش نیافتن نیروی تولیدی، شاهد فراخوانی واحدهای حرکتی بزرگ‌تر و بیشتری برای ادامه حفظ نیروی تولیدی هستیم؛ بنابراین انتظار می‌رود با وقوع خستگی عضلانی در نتیجه به‌کارگیری واحدهای حرکتی بزرگ‌تر که حجم بیشتری نیز دارند، سطح مقطع بیشتری از عضلات درگیر حفظ نیرو و ادامه حرکت شود و متعاقب آن، مایوکاین بیشتری ترشح شود. از طرف دیگر با درگیری بیشتر قشر حرکتی ناشی از فعال شدن سطح مقطع بیشتر عضلات درگیر، بتوان ترشحات عصبی بیشتری مشاهده کرد. از آنجاکه خستگی در ارتباط مستقیم با شدت تمرین و درک فشار کار است، به‌نظر می‌رسد در تمرین با شدت و درک فشار بیشتر نیز شاهد همان نتایج و درنهایت ترشحات بیشتر عصبی و عضلانی باشیم. همچنین برای بازیافت بهتر برای دفع مواد متابولیک حاصل از سوخت‌وساز نیاز است جریان خون در بستر مویرگی عضله کارآمدتر باشد که پمپ عضلانی با فعالیت مستمر عضله درگیر، این نیاز را مرتفع می‌کند؛ در نتیجه به‌نظر می‌رسد اعمال استراحت فعال در بین ست‌های فعالیت شدید بهتر است به‌صورت فعالیتی باشد که خود عضله درگیر را شامل شود و در صورتی که استراحت فعال به‌صورت نبود فعالیت موضع درگیر (موضعی غیرفعال) باشد، با خستگی زودتر و بیشتر ناشی از بازیافت نامناسب

- 
1. Schmolesky
  2. Marquez
  3. Tonoli
  4. Time Course

روبه‌رو باشیم. با این حال در پژوهش حاضر عوامل خستگی اندازه‌گیری نشده بود که بهتر است در پژوهش‌های آینده در کنار اندازه‌گیری‌های مایوکاینی لحاظ شود. همچنین لازم است ذکر شود گرفتن تنها یک پیش‌آزمون با وجود اجرای طرح به صورت متقاطع و با توجه به توصیه غذایی مشابه در روزهای آزمون و رعایت اخلاق پژوهش (حداکثر چهار نوبت خون‌گیری) از محدودیت‌های پژوهش حاضر است. از موارد پیشنهادی دیگری که در پژوهش‌های آینده توصیه می‌گردد؛ توجه به ناشتابودن آزمودنی‌ها، قراردادن آزمون‌های زن در زمان مشخصی از سیکل قاعدگی، اندازه‌گیری در دوره‌های زمانی مختلف بعد از ورزش و نیز ادامه پروتکل‌ها در قالب اثربندی مزمن (سازگاری) است. در مجموع برای بهره‌گیری از افزایش آیریزین در یک جلسه HIIE، فعالیت هم‌زمان و متناوب بالاتنه و پایین‌تنه اثربخش است. نبود تفاوت معنادار میزان آیریزین و BDNF در مقایسه بین مدل‌های هم‌زمان، متوالی و متناوب به‌کارگیری بالاتنه و پایین‌تنه در یک جلسه HIIE، مؤید سهم بیشتر متغیر انرژی مصرفی در ترشحات عصبی و عضلانی آیریزین و BDNF در مقایسه با متغیرهایی همچون شدت، مدت و مدل‌های به‌کارگیری عضلات در این پژوهش است؛ با وجود این، الویت با مدلی است که درک فشار کمتر و صرف زمان کمتری داشته باشد که مدل هم‌زمان و متناوب در مقایسه با مدل متوالی، با وجود تفاوت معنادار نداشتن درک فشار، به‌دلیل کارایی زمانی در اولویت‌اند. همچنین مدل متناوب در مقایسه با مدل هم‌زمان با صرف زمان تقریباً مشابه، در اولویت است که دلیل این امر درک فشار درخور توجه کمتر آن مدل است. در مجموع مدل متناوب با صرف زمان کمتر از مدل متوالی و با درک فشار درخور توجهی کمتر از مدل هم‌زمان، در صدر قرار می‌گیرد.

### پیام مقاله

با توجه به پژوهش حاضر به نظر می‌رسد آیریزین و BDNF پلازما بیشتر از آن که متأثر از نوع، نحوه و دامنه تمرینات تناوبی شدید باشد، تحت تاثیر انرژی مصرفی است. لذا به جهت بهره‌مندی از مزایای کاهش وزن و خصوصاً کاهش توده چربی طی تمرینات تناوبی شدید با ترتیب اثر آیریزین و BDNF، تمرکز بیشتر بر بر هم زدن تعادل کالریک و انرژی با افزایش انرژی مصرفی در کنار کنترل انرژی دریافتی قابل توجه خواهد بود.

### تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌ها، مدیریت و کارکنان مجموعه ورزشی جام‌جم صبا، مسئولان محترم آزمایشگاه پژوهشکده غدد درون‌ریز و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی

و همچنین مسئولان نمایندگی شرکت ترو (آیکان) در ایران که در این پژوهش با ما همکاری کردند، سپاس‌گزاری می‌کنیم.

### منابع

1. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat Rev Endocrinol*. 2012;8(8):457-65.
2. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*. 2006;575(Pt 3):901-11.
3. Bostrom P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1-alpha-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*. 2012;481(7382):463-8.
4. Dun SL, Lyu RM, Chen YH, Chang JK, Luo JJ, Dun NJ. Irisin-immunoreactivity in neural and non-neural cells of the rodent. *Neuroscience*. 2013;240:155-62.
5. Olesen J, Larsson S, Iversen N, Yousafzai S, Hellsten Y, Pilegaard H. Skeletal muscle PGC-1alpha is required for maintaining an acute LPS-induced TNFalpha response. *PLoS One*. 2012;7(2):e32222.
6. Hashemi MS, Ghaedi K, Salamian A, Karbalaie K, Emadi-Baygi M, Tanhaei S et al. FNDC-5 knockdown significantly decreased neural differentiation rate of mouse embryonic stem cells. *Neuroscience*. 2013;231:296-304.
7. Mahajan RD, Patra SK. Irisin, a novel myokine responsible for exercise induced browning of white adipose tissue. *Indian J Clin Biochem*. 2013;28(1):102-3.
8. Villarroya F. Irisin, turning up the heat. *Cell Metab*. 2012;15(3):277-8.
9. Handschin C, Spiegelman BM. The role of exercise and PGC1alpha in inflammation and chronic disease. *Nature*. 2008;454(7203):463-9.
10. Matthews VB, Astrom MB, Chan MH, Bruce CR, Krabbe KS, Prelovsek O, et al. Brain-derived neurotrophic factor is produced by skeletal muscle cells in response to contraction and enhances fat oxidation via activation of AMP-activated protein kinase. *Diabetologia*. 2009;52(7):1409-18.
11. Lommatzsch M, Braun A, Mannsfeldt A, Botchkarev VA, Botchkareva NV, Paus R, et al. Abundant production of brain-derived neurotrophic factor by adult visceral epithelia. Implications for paracrine and target-derived Neurotrophic functions. *Am J Pathol*. 1999;155(4):1183-93.
12. Ma XY, Qiu WQ, Smith CE, Parnell LD, Jiang ZY, Ordovas JM, et al. Association between BDNF rs6265 and obesity in the Boston Puerto Rican Health Study. *J Obes*. 2012;2012:102942.
13. Tang SW, Chu E, Hui T, Helmeste D, Law C. Influence of exercise on serum brain-derived neurotrophic factor concentrations in healthy human subjects. *Neurosci Lett*. 2008;431(1):62-5.

14. Yu Y, Wang Q, Huang XF. Energy-restricted pair-feeding normalizes low levels of brain-derived neurotrophic factor/tyrosine kinase B mRNA expression in the hippocampus, but not ventromedial hypothalamic nucleus, in diet-induced obese mice. *Neuroscience*. 2009;160(2):295-306.
15. Kim MW, Bang MS, Han TR, Ko YJ, Yoon BW, Kim JH, et al. Exercise increased BDNF and trkB in the contralateral hemisphere of the ischemic rat brain. *Brain Res*. 2005;1052(1):16-21.
16. Schmolesky MT, Webb DL, Hansen RA. The effects of aerobic exercise intensity and duration on levels of brain-derived neurotrophic factor in healthy men. *J Sports Sci Med*. 2013;12(3):502-11.
17. Chen MJ, Ivy AS, Russo-Neustadt AA. Nitric oxide synthesis is required for exercise-induced increases in hippocampal BDNF and phosphatidylinositol 3' kinase expression. *Brain Res Bull*. 2006;68(4):257-68.
18. Wrann CD, White JP, Salogiannis J, Laznik-Bogoslavski D, Wu J, Ma D, et al. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1alpha/FNDC5 pathway. *Cell Metab*. 2013;18(5):649-59.
19. Tsuchiya Y, Ando D, Goto K, Kiuchi M, Yamakita M, Koyama K. High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *Tohoku J Exp Med*. 2014;233(2):135-40.
20. Khodadadi H., Atarzade Hoseini R., abbasian s. Effect of high intensity interval exercise and Pilates on irisin serum levels and Insulin resistance in Overweight women. *Endocrinology and Metabolism*. 2014;16(3):190-196. (In Persian).
21. Huh JY, Mougios V, Kabasakalis A, Fatouros I, Siopi A, Douroudos, II, et al. Exercise-induced irisin secretion is independent of age or fitness level and increased irisin may directly modulate muscle metabolism through AMPK activation. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(11):E2154-61.
22. Daskalopoulou SS, Cooke AB, Gomez YH, Mutter AF, Filippaios A, Mesfum ET, et al. Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *Eur J Endocrinol*. 2014;171(3):343-52.
23. Afzalpour ME, Taheri Chadorneshin H, Foadoddini M, Abtahi Eivari H. Comparing interval and continuous exercise training regimens on neurotrophic factors in rat brain. *Physiol Behav*. 2015;147:78-83.
24. Marquez CMS, Vanaudenaerde B, Troosters T, Wenderoth N. High-intensity interval training evokes larger serum BDNF levels compared with intense continuous exercise. *J Appl Physiol*. 2015;119(12):1363-73.
25. Tonoli C, Heyman E, Roelands B, Buyse L, Piacentini F, Berthoin S, et al. BDNF, IGF-I, Glucose and Insulin during Continuous and Interval Exercise in Type 1 Diabetes. *Int J Sports Med*. 2015;36(12):955-9.
26. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tarnopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (1985). 2011;111(6):1554-60.



27. Oliveira BRR, Slama FA, Deslandes AC, Furtado ES, Santos TM. Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? PLoS One. 2013;8(11):e79965.
28. Hendy AM, Spittle M, Kidgell DJ. Cross education and immobilisation: mechanisms and implications for injury rehabilitation. J Sci Med Sport. 2012;15(2):94-101.
29. Osawa Y, Azuma K, Tabata S, Katsukawa F, Ishida H, Oguma Y, et al. Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. J Sports Med. 2014;5:257-65.
30. Heyward VH, Gibson A, Wagner DR. Advanced fitness assessment and exercise prescription. Translation: Azad A, Hamedinia MR, Rajabi H, Gaeini AA. Tehran: The Study and Compilation of Humanities Books (SAMT); 2014.
31. American College of Sports Medicine, Editor: Pescatello LS. ACSM Guide lines, special test and prescription exercise. translation: Gaeini AA, Samadi A, Khalesi M. Tehran: Hatmi publishers; 2015.
32. MacIntosh BR, Gardiner PF, McComas AJ. Skeletal muscle: form and function. Translation: Gharakhanlu R, Azad A, Gorzi A. Tehran: The Study and Compilation of Humanities Books (SAMT); 2013. p. 505.
33. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. Biochemistry of exercise and training. Gaeini AA, Hamedinia MR, KoshkiGahromi M, Fathi M. Tehran: The Study and Compilation of Humanities Books (SAMT); 2014.8. p. 196.
34. Coelho FG, Gobbi S, Andreatto CA, Corazza DI, Pedroso RV, Santos-Galduroz RF. Physical exercise modulates peripheral levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF): a systematic review of experimental studies in the elderly. Arch Gerontol Geriatr. 2013;56(1):10-5.
35. Gaeini AA, Rajabi H. Physical fitness. Tehran: The Study and Compilation of Humanities Books (SAMT); 2016. (In Persain).
36. Garcia C, Chen MJ, Garza AA, Cotman CW, Russo-Neustadt A. The influence of specific noradrenergic and serotonergic lesions on the expression of hippocampal brain-derived neurotrophic factor transcripts following voluntary physical activity. Neuroscience. 2003;119(3):721-32.
37. Pan W, Banks WA, Fasold MB, Bluth J, Kastin AJ. Transport of brain-derived neurotrophic factor across the blood-brain barrier. Neuropharmacology. 1998;37(12):1553-61.

## استناد به مقاله

سرخیلی سارا، رجبی حمید، معتمدی پژمان، هدایتی مهدی. مقایسه اثر فعالیت تناوبی شدید با حرکت همزمان، متوالی و متناوب بالاتنه و پایین تنه بر آیریزین و BDNF پلاسمای زنان چاق. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۴۰۰؛ ۱۳(۴۹): ۳۹-۶۴.  
شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2018.3899.1529

Sarkheili S, Rajabi H, Motamedi P, Hedayati M. Comparison of the Effect of High-intensity Intermittent Exercise using Synchronous, Consecutive and Alternate Upper and Lower Body Activity on Plasma Irisin and BDNF in Obese Women. Spring 2021; 13 (49): 39-64. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2018.3899.1529