http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
Autumn/Winter 2022
Volume 9, Number 2
61-71

Original Article **Open Access**

The Effects of Different Protocols of Isocaloric Interval and Continuous Endurance Exercise on Fat Metabolism

Alireza Aghapoor[1], Sajad Ahmadizad[2], Minou Basami[3], Parvane Dolataabadi*[4]

Receive 2022 May 27; Accepted 2022 September 5

Abstract

Aim: Regular participation in aerobic activities has a positive effect on health. The aim of the present study was to compare the effect of three iso-caloric protocols of long-term intermittent exercise, short-term intermittent exercise and continuous exercise on fat metabolism in healthy men**. Methods**: Nine healthy men with a mean age (25.62± 2.6 years) participated in this study voluntarily. In the first session, the subjects sat in the laboratory for 20 minutes, then the first blood sample was taken from their brachial vein. Continuous exercise protocol was performed on the treadmill with an intensity of 65% VO2max and up to a certain calorie intake (250 Kcal). Immediately after the end of the exercise protocol, a second blood sample was taken, then they were rested for an hour and the recovery gases were collected during recovery. After one hour of recovery, a third blood sample was taken. The second and third blood samples of the next two protocols, like the previous protocol, were taken immediately and one hour after the end of the activity. The second session of the long-term intermittent protocol consisted of four-minute interval activity with an intensity of 85% VO2max and four-minute active rest periods with an intensity of 45% VO2max until the energy consumption was equal to the continuous exercise protocol. The third session consisted of a short-term intermittent protocol with a 30-second to 30-second rest ratio, with a 100% VO2max activity intensity, and a 30% VO2max rest intensity. Data were analyzed using repeated measures and Bonferroni post hoc analysis of variance. **Results** The results showed that exercise, regardless of its type and intensity, has a significant effect on fat oxidation (P = 0.00). The rate of fat oxidation during short-term intermittent protocol was higher than long-term protocol (P = 0.00). it was higher than long-term protocol (P = 0.00) and short-term protocol during continuous activity (P = 0.00). But fat oxidation related to the recovery period of long-term protocol sessions (P = 0.00) and short-term protocol sessions (P = 0.00) was more than continuous protocol. **Conclusions**: It can be concluded that the protocol of long-term intermittent activity for fat metabolism is superior to the other two protocols and this type of activity is recommended for people with reduced body fat.

Keywords: intermittent exercise, continuous exercise, fat oxidation, lipolysis.

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Master of Sports Physiology, Department of Biological sciences in sport, Faculty of Sport Science and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Tehran-Iran.
2. Professor of Sports Physiology, Department Biological sciences in sport, Faculty of Sport Science and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Tehran-Iran.
3. Associate Professor of Sport Nutrition, Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.
4. PhD Student in Sport Physiology, Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Tabriz, Tabriz-Iran.

***(corresponding author)**
(Parvane.dolataabadi1992@gmail.com)

Cite as: Alireza Aghapoor, Sajad Ahmadizad, Minou Basami, Parvane Dolataabadi. The Effects of Different Protocols of Isocaloric Interval and Continuous Endurance Exercise on Fat Metabolism. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2022; 9(2): 61-71.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
Journal ISSN (online): 2676-6507
Access Type: Open Access
DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466
DOR: 20.1001.1.26766507.1401.9.2.6.9

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

Extended abstract

Background

Research shows that overweight and obesity are increasing all over the world, so that recent reports show an increase of about 6% in the prevalence of obesity in the last half century. It has been reported that more than two-thirds of the deaths that occur in the world are related to cardiovascular diseases caused by high body mass index, which is considered as an index of obesity. Impaired lipid profile increases the risk of heart diseases. Being sedentary is one of the most important causes of dyslipidemia or fat disorders and can be associated with obesity and overweight and increase the risk of cardiovascular diseases. Intermittent training means very intense, moderate and low intensity exercises in short periods of time, a technique of training in which a person is forced to give 100% effort in an all-round way and very quickly. It also has intense explosive exercises in short periods of time with alternating periods of rest and activity. Periodic training increases the capacity of aerobic and non-aerobic capacity, and they are widely used in such sports. So The aim of the present study was to compare the effect of three iso-caloric protocols of long-term intermittent exercise, short-term intermittent exercise and continuous exercise on fat metabolism in healthy men.

Methodology

The research was conducted using a semi-experimental method (randomized clinical-controlled trial) in the form of three groups with repeated measurements. Subjects were health men with a mean age of 25.2 ± 6.6 years, a height of 173 ± 3.9 cm, body mass index 22.2 ± 2.2 kg/m2, body fat percent 16.2 ± 3.7 % and VO2max 46.5 ± 5.2 ml/kg/min.
In this study, each subject performed three protocols, including a high-intensity, low-volume intermittent protocol, a low-intensity, high-volume intermittent protocol, and a continuous protocol with an interval of at least one week between sessions. In each session, subjects had passive recovery in a sitting position for one hour after sports activity, and in each session, three blood samples were taken before the activity, immediately after the activity, and after recovery.
After sitting for 20 minutes, the first blood sample was taken. then, the mask was installed on the subject's face and resting respiratory gases were collected for 10 minutes while sitting. After the warming up they performed the main protocol. In the first session of the protocol, continuous activity with an intensity of 65% of VO2max was performed on the treadmill until reaching a specified and determined calorie of 250 Kcal. Immediately after the end of the exercise protocol, the second blood sample was taken from the subjects, and then the subjects rested for one hour, and respiratory gases were collected during recovery. After one hour of recovery, the third blood sample was taken. The second and third sessions for the subjects were carried out in a reciprocal balance. In the second session, an interval protocol including 4-minute activity bouts with an intensity of 85% VO2max and 4-minute active rest bouts with an intensity of 45% VO2max was performed, and then the subjects had an hour of recovery. Then, like the continuous protocol, the second blood sample was immediately taken and after an hour of recovery, the third blood sample was taken. The third session consisted of intense intermittent activity protocol with a ratio of 30 seconds of activity to 30 seconds of rest and with an activity intensity of 100% VO2max and rest with an intensity of 30% VO2max.

Statistical methods:

The Shapiro-Wilk test was used to determine the normality of the data. in order to compare the fat oxidation before, during the activity and during the recovery period of three long-term intermittent, short-term intermittent and continuous activities, and also to compare the glycerol variable response to the three activities, repeated analysis of variance (3 *3) was used. Bonferroni's post hoc method was used to determine the location of the difference. A one-way ANOVA test was used to compare the energy consumption during the recovery period of three protocols. A significant level was considered for statistical analysis ($P<0.05$).

Results:

The results showed that exercise, regardless of its type and intensity, has a significant effect on fat oxidation (P = 0.00). The rate of fat oxidation during short-term intermittent protocol was higher than long-term protocol (P = 0.00). it was higher than long-term protocol (P = 0.00) and short-term protocol during continuous activity (P = 0.00). But fat oxidation related to the recovery period of long-term protocol sessions (P = 0.00) and short-term protocol sessions (P = 0.00) was more than continuous protocol.

Discussion and conclusion:

The purpose of this research was to investigate the effect of three long-term intermittent activity protocols (4 minutes to 4 minutes), short-term intermittent (30 seconds to 30 seconds) and isocaloric continuity on fat oxidation before, during and after the activity. One of the important findings of this research was the difference in the amount of fat oxidation during activity and during recovery between three activities with the same calorie consumption. In this research, regardless of the intensity and type of protocol, a significant difference in fat oxidation between activity and recovery was observed. Also, the comparison of fat oxidation in three sessions showed that the amount of fat oxidation during activity

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

was higher in continuous, short-term intermittent and long-term intermittent activities, respectively, but this value was higher during the recovery time after the activities in the long-term intermittent session. The other two sessions were more short-term than the continuous session.

Conclusion:
According to the findings of this research, it can be said that endurance activity, regardless of its type, causes a significant increase in fat oxidation during activity and during the recovery period.

Article message

all three protocols increase fat oxidation, but according to the results of this research, the long-term intermittent protocol is more favorable for increasing fat burning and energy consumption during the recovery period.

Keywords

intermittent exercise, continuous exercise, fat oxidation, lipolysis

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال نهم، شماره دوم ؛

پاییز و زمستان ۱۴۰۱؛ صفحات ۶۱-۷۱

مقاله پژوهشی

Open Access

تأثیر پروتکل‌های مختلف فعالیت استقامتی تناوبی و تداومی ایزوکالریک بر متابولیسم چربی

علیرضا آقاپور[۱]، سجاد احمدی زاد[۲]، مینو باسامی[۳]، پروانه دولت آبادی[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۴

چکیده

هدف: شرکت منظم در فعالیت‌های هوازی تأثیر مطلوبی بر سلامت دارد. هدف از تحقیق حاضر مقایسه تأثیر سه پروتکل فعالیت تناوبی بلند مدت، تناوبی کوتاه مدت و تداومی ایزوکالریک بر متابولیسم چربی در مردان سالم بود. **روش شناسی:** نه مرد سالم با میانگین سنی (۲/۶ ± ۲۵/۶ سال)، به صورت داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. در جلسه اول آزمودنی ها پس از حضور در آزمایشگاه ابتدا به مدت ۲۰ دقیقه نشستند سپس اولین نمونه خون از ورید بازویی آنها گرفته شد. پروتکل فعالیت تداومی با شدت ۶۵ درصد VO2max و تا رسیدن به یک کالری مشخص (۲۵۰ کیلوکالری) بر روی تردمیل انجام شد. بلافاصله پس از پایان پروتکل ورزشی نمونه خون دوم گرفته شد، سپس آنها به مدت یک ساعت در حالت نشسته استراحت کردند و گازهای تنفسی زمان ریکاوری جمع‌آوری شد. پس از اتمام یک ساعت ریکاوری، نمونه خون سوم گرفته شد. نمونه خون دوم و سوم دو پروتکل بعدی نیز مانند پروتکل قبلی، بلافاصله و یک ساعت بعد از اتمام فعالیت گرفته شد. جلسه دوم پروتکل تناوبی بلند مدت شامل وهله‌های فعالیت چهاردقیقه‌ای با شدت ۸۵ درصد VO2max ووهله‌های استراحت فعال چهار دقیقه‌ای با شدت ۴۵ درصد VO2max انجام گرفت تا وقتی که انرژی مصرفی با پروتکل فعالیت تداومی برابرشد. جلسه سوم شامل پروتکل فعالیت تناوبی کوتاه مدت با نسبت فعالیت ۳۰ ثانیه به استراحت ۳۰ ثانیه و با شدت فعالیت ۱۰۰ درصد VO2max واستراحت با شدت ۳۰ درصد VOmax انجام شد. داده‌ها، با استفاده از تحلیل واریانس مکرر و تعقیبی بونفرونی تجزیه و تحلیل شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد، فعالیت ورزشی صرف نظر از نوع و شدت آن، تاثیر معنی‌داری بر اکسیداسیون چربی دارد (P=۰/۰۰۱). میزان اکسیداسیون چربی طی فعالیت تناوبی کوتاه مدت بیشتر از تناوبی بلند مدت (P=۰/۰۰)، و طی فعالیت تداومی بیشتر از تناوبی بلند مدت (P=۰/۰۰۱) و تناوبی کوتاه مدت (P=۰/۰۰۱) بود. اما اکسیداسیون چربی مربوط به دوره ریکاوری جلسه تناوبی بلند مدت (P=۰/۰۰۱) و تناوبی کوتاه‌مدت (P=۰/۰۰۱) بیشتر از تداومی بود. **نتیجه‌گیری:** می‌توان نتیجه‌گیری نمود که پروتکل فعالیت تداومی برای سوخت چربی نسبت به دو پروتکل دیگر برتری دارد و به افرادی که نگرانی‌هایی در خصوص کنترل وزن دارند این نوع فعالیت توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: فعالیت تناوبی، فعالیت تداومی، اکسیداسیون چربی، لیپولیز.

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید.

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. استاد فیزیولوژی ورزش گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. دانشیار تغذیه ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

(نویسنده مسئول):

Parvane.dolataabadi1992@gmail.com

نحوه ارجاع: علیرضا آقا پور، سجاد احمدی زاد، مینو باسامی، پروانه دولت آبادی. تأثیر پروتکل‌های مختلف فعالیت استقامتی تناوبی و تداومی ایزوکالریک برمتابولیسم چربی ". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۱: ۹(۲)،۶۱-۷۱.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

DOR: 20.1001.1.26766507.1401.9.2.6.9

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

مقدمه

تحقیقات نشان می‌دهد که اضافه وزن و چاقی در سراسر جهان در حال افزایش است، طوری که گزارشات اخیر، افزایش حدود ۶ درصدی شیوع چاقی را در نیم قرن اخیر نشان می‌دهند و بر اساس نتایج آماری که در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است، تقریباً ۶۰ میلیون نفر در سراسر جهان چاق هستند (۱). گزارش شده که بیش از دو سوم مرگ‌هایی که در جهان رخ می‌دهد، با بیماری‌های قلبی عروقی ناشی از بالا بودن میزان شاخص توده بدنی که به عنوان شاخص چاقی محسوب می‌شود، در ارتباط است (۲). اصطلاح نیم‌رخ چربی سطوح مختلف لیپید در خون (LDL [۱]، کلسترول [۲]، HDL [۳]، TG [۴] و VLDL [۵]) را نشان می‌دهد و اختلال در این فاکتورها خطر بیماری‌های قلبی را افزایش می‌دهد (۳). با وجود این که چاقی و اضافه وزن در هر سن و جنسی شیوع بالایی دارد، پیامدهای منفی سلامتی ناشی از چاقی یا اضافه وزن از قبیل بیماری‌های قلبی عروقی، پر فشار خونی و غیره به خوبی ثابت شده است (۴). بی‌تحرکی و عدم فعالیت بدنی یکی از مهمترین دلایل بوجود آمدن دیس لیپیدمی [۶] یا اختلالات چربی است و می‌تواند با چاقی و اضافه‌وزن همراه باشد و خطر بیماری‌های قلبی-عروقی را افزایش دهد. نتایج جدیدترین تحقیقات نشان می‌دهد که ورزش و فعالیت بدنی به‌عنوان راهکار مهم پیشگیری از بسیاری بیماری‌ها و عوامل افزایش سلامت عمومی و کاهش سطح ناتوانی بوده و بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت، بیماری‌های قلبی عروقی و پرفشاری خون با فعالیت ورزشی قابل پیشگیری می‌باشند (۵).

مطالعات نشان می‌دهند که اثرات مفید فعالیت ورزشی بر بهبود مقاومت انسولینی، اختلالات متابولیکی و فاکتورهای خطرزای کاردیومتابولیک می-تواند تا حدی ناشی از تغییرات در آدیپوکین‌ها باشد. در همین راستا، کاهش میزان توده چربی احشایی که سبب کاهش آزاد سازی سایتوکین / آدیپوکین‌های پیش‌التهابی و کاهش نفوذ سلول‌های ایمنی به چربی می-شود، به احتمال زیاد یکی از مکانیسم های ضد التهابی تمرینات ورزشی منظم می باشد (۶). تمرینات ورزشی باعث سازگاری در بافت‌های مختلف بدن، به ویژه بافت چربی می‌شود. در بافت چربی، تمرینات ورزشی با کاهش اندازه آدیپوسیت‌ها، کاهش محتوای چربی، افزایش آنزیم‌های درگیر در اکسیداسیون چربی و همچنین با افزایش سایتوکین‌های ضدالتهابی و کاهش سایتوکین‌های پیش التهابی همراه است. درحالی که مکانیسم‌های مسئول آثار مفید تمرین ورزشی کمتر شناخته شده است (۷). روش‌های تمرینی زیادی وجود دارد که جهت کاهش درصد چربی بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد، از قبیل ورزش‌هایی مانند دویدن، دوچرخه-سواری و تمرینات هوازی موزون که موثرترین و محبوب‌ترین آنهاست. علاوه بر اشکال سنتی ورزش روزمره، اشکال مختلفی نیز وجود دارد که در مقایسه با برخی از شکل‌های قبلی فعالیت‌های ورزشی جالب و جذاب‌تر است (۸).

تمرین تناوبی به معنای تمرین‌های خیلی شدید، متوسط و کم شدت در بازه‌های زمانی کوتاه است، تکنیکی از تمرین که در آن فرد را به صورت همه جانبه وادار به تلاش صد درصدی و بسیار سریع می‌کند. همچنین دارای تمرین‌های انفجاری شدید در زمان‌های کوتاه با دوره‌های استراحت و فعالیت متناوب است. تمرین تناوبی باعث افزایش ظرفیت دستگاه‌های هوازی و غیرهوازی شود و این دو دستگاه در چنین ورزش‌هایی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از محققان گزارش داده‌اند که تمرینات تناوبی می‌تواند جنبه‌های سلامت متابولیکی، از جمله حساسیت به انسولین را بهبود بخشد، که این خود نشان دهنده اهمیت این برنامه ورزشی است. اخیراً از این تمرینات تناوبی در برنامه‌های کاهش وزن و بازتوانی برخی بیماری‌ها (بیماری‌های قلبی، تنفسی و دیابت نوع دو) استفاده می‌شود (۹). تأثیر فعالیت‌های ورزشی هوازی با شدت پایین بر کاهش چربی بدن ناچیز است، در حالی که دیگر مدل‌ها و گونه‌های فعالیت ورزشی ممکن است تأثیر بیشتری بر ترکیب بدن داشته باشند. برای مثال گزارش شده که تمرینات تناوبی احتمالاً بر کاهش چربی زیرجلدی و چربی ناحیه شکمی نسبت به دیگر شکل‌های فعالیت ورزشی تأثیر بیشتری دارند (۹). طاهری و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تاثیر دو نوع تمرین تناوبی سرعتی بر میزان اکسیداسیون چربی زنان فعال به این نتیجه دست یافتند که میزان اکسیداسیون چربی در زمان بازیافت نسبت به تمرین به طور معنی‌داری کمتر بود (۱۰).

اگرچه به تأثیرات این دو مدل تمرین بر تغییرات نیمرخ التهابی افراد چاق و اضافه وزن کمتر پرداخته شده است. تحقیقات به اثرات ضد التهابی فعالیت‌های ورزشی تداومی و تناوبی اشاره کرده‌اند که آن را به اثرات بلند مدت فعالیت ورزشی در کاهش توده چربی احشایی و تغییر در نیمرخ لیپیدی نسبت داده‌اند. با توجه به اینکه تمرینات تداومی و تناوبی به کاهش وزن (کاهش بافت چربی)، تعدیل التهاب ناشی از چاقی و ترشح انواع مایوکاین‌ها منجر می‌شوند (۱۱) و همچنین به توجه به اینکه مطالعات کمی تاکنون به مقایسه تأثیر سه پروتکل فعالیت تناوبی بلندمدت، تناوبی کوتاه‌مدت و تداومی ایزوکالریک بر متابولیسم چربی در مردان سالم به ویژه در ایران پرداخته‌اند و بیشتر مطالعات انجام شده بررسی تأثیر این نوع فعالیت‌ها می‌باشند، لذا محقق بر آن شد تا مقایسه تأثیر سه پروتکل فعالیت تناوبی بلندمدت، تناوبی کوتاه‌مدت و تداومی ایزوکالریک بر متابولیسم چربی در مردان سالم را بررسی کند.

۱. Low Density Lipoprotein.
۲. Cholesterol.
۳. High Density Lipoprotein.
4. Triglyceride.
5. Very Low Density Lipoprotein.
6. Dyslipidemia.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

روش پژوهش

پژوهش به روش نیمه تجربی (کارآزمایی تصادفی شده بالینی- کنترل شده) در قالب سه گروهی با اندازه‌گیری مکرر انجام شد.

جامعه و نمونه آماری: جامعهٔ آماری پژوهش حاضر را نه مرد سالم در محدوده سنی ۲۳ تا ۲۸ سال تشکیل دادند که غیر سیگاری بوده و از هیچ نوع مکمل، الکل یا درمان دارویی استفاده نمی‌کردند و در شش ماه گذشته در تمرینات به طور مستمر و منظم شرکت داشتند.

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با آزمون مکرر بود که در آن هر آزمودنی سه پروتکل شامل یک پروتکل تناوبی با شدت بالا و حجم پایین و یک پروتکل تناوبی با شدت پایین و حجم بالا و پروتکل تداومی را با فاصله حداقل یک هفته بین جلسات انجام دادند. در هر جلسه آزمودنی‌ها پس از فعالیت ورزشی به مدت یک ساعت ریکاوری غیرفعال در حالت نشسته داشتند و در هر جلسه سه نمونه خونی قبل از فعالیت، بلافاصله پس از فعالیت و پس از ریکاوری گرفته شد.

روش گردآوری داده‌ها و پروتکل تحقیق: چند روز قبل از شروع پروتکل، از آزمودنی‌ها درخواست شد تا در جلسهٔ هماهنگی جهت اطلاع از اهداف تحقیق، نحوه اجرای مراحل مختلف تحقیق، تعداد مراحل خون-گیری، نحوه اجرای آزمون‌ها و آگاهی از آسیب‌هایی که ممکن است در نتیجه تحقیق دچار آن شوند و نیز جهت اخذ رضایت‌نامه کتبی خود، پرسشنامه سوابق ورزشی، بیماری، مصرف دارو و یادآمد غذایی حاضر شوند. آزمودنی‌ها در چهار جلسه مجزا به آزمایشگاه دعوت شدند. جلسه اول با هدف اندازه‌گیری ویژگی‌های آنتروپومتری (قد، وزن و درصد چربی)، آشنایی با دستگاه‌ها، محیط آزمایشگاهی، پروتکل‌های تمرینی واندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی تشکیل شد. سپس در جلسات دوم، سوم و چهارم پس از ۸ الی ۱۰ ساعت ناشتایی، یک ساعت قبل از شروع پروتکل به آزمودنی‌ها یک صبحانه مختصر و تعیین شده (دو قرص نان تست با یک قاشق غذاخوری مربا و ۲۵۰ سی سی آبمیوه) داده شد، سپس آزمودنی‌ها بین ساعت ۸ تا ۱۰ در آزمایشگاه حضور یافتند. آزمودنی‌ها پس از حضور در آزمایشگاه ابتدا به مدت ۲۰ دقیقه نشستند، سپس اولین نمونه خون از ورید بازویی و فشار خون آنها گرفته شد. پس از آن ماسک بر روی صورت آزمودنی‌ها نصب شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حالت نشسته گازهای تنفسی استراحتی جمع‌آوری شد. سپس آزمودنی-ها به مدت ۱۰ دقیقه برروی تردمیل با شدت ۳۰ الی ۴۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی و سپس با حرکات کششی خود را گرم کردند و بعد از آن پروتکل اصلی را انجام دادند. در جلسه اول پروتکل فعالیت تداومی با شدت ۶۵ درصد VO2max و تا رسیدن به یک کالری مشخص و تعیین شده ۲۵۰ Kcal بر روی تردمیل انجام شد. بلافاصله پس از پایان پروتکل ورزشی نمونه خون دوم در حالت نشسته از آزمودنی‌ها گرفته شد و سپس آزمودنی‌ها به مدت یک ساعت در حالت نشسته استراحت کردند و گازهای تنفسی زمان ریکاوری جمع‌آوری شد. پس از اتمام یک ساعت ریکاوری، نمونه خون سوم گرفته شد. جلسات دوم و سوم برای آزمودنی‌ها به صورت توازن متقابل[۷] انجام شد. در جلسه دوم پروتکل تناوبی شامل وهله های فعالیت ۴ دقیقه‌ای با شدت ۸۵ درصد VO2max و وهله‌های استراحت فعال ۴ دقیقه‌ای با شدت ۴۵ درصد VO2max انجام گرفت و سپس آزمودنی‌ها یک ساعت ریکاوری داشتند. طول پروتکل تناوبی و تعداد وهله‌های آن بر اساس انرژی مصرفی و برابرسازی انرژی مصرفی با پروتکل فعالیت تداومی بود به این صورت که وقتی کالری مصرفی این پروتکل به کالری مصرفی پروتکل تداومی می‌رسید فعالیت قطع می‌شد. سپس مانند پروتکل تداومی بلافاصله نمونه خون دوم و پس از یک ساعت ریکاوری نمونه خون سوم گرفته شد. جلسه سوم شامل پروتکل فعالیت تناوبی شدید با نسبت فعالیت ۳۰ ثانیه به ۳۰ ثانیه استراحت و با شدت فعالیت ۱۰۰ درصد VO2max و استراحت با شدت ۳۰ درصد VO2max انجام شد. طول فعالیت این پروتکل نیز همانند پروتکل تناوبی قبلی بر اساس مصرف انرژی برابر با پروتکل تداومی بود. نمونه خون دوم و سوم این پروتکل نیز مانند دو پروتکل قبلی، بلافاصله و یک ساعت بعد از اتمام فعالیت گرفته شد. به طور میانگین طول فعالیت پروتکل‌های تناوبی بلند مدت، تناوبی کوتاه مدت و تداومی به ترتیب ۱۹، ۲۰ و ۲۲ دقیقه بود. در طول اجرای هر سه پروتکل، میزان درک فشار فعالیت ورزشی با استفاده از شاخص بورگ[۸] مشخص و ضربان قلب آنها نیز ثبت می‌گردید. آزمودنی ها در طول اجرای پروتکل مورد تشویق کلامی قرار گرفتند تا با حداکثر تلاش مراحل پروتکل را به انجام برسانند. قبل از شروع فعالیت، در طی فعالیت و یک ساعت پس از فعالیت آزمودنی‌ها به دستگاه گازآنالیزور وصل بودند و اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن بازدمی توسط دستگاه ثبت و برای محاسبه اکسیداسیون چربی اندازه گیری شد. اکسیداسیون چربی در طی ۱۰ دقیقه قبل از شروع پروتکل‌ها (در حالت استراحت)، طی فعالیت و در طی یک ساعت ریکاوری پس از فعالیت در هر سه پروتکل محاسبه شد (۱۲).

جمع آوری گازهای تنفسی و محاسبه اکسیداسیون چربی: گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل گازهای تنفسی، در طی ۱۰ دقیقه استراحت قبل فعالیت، طی فعالیت و در طی یک ساعت ریکاوری پس از فعالیت در هر سه جلسه جمع آوری شدند. اکسیژن مصرفی (vo2) و دی اکسید کربن تولید شده (VCO2) بر حسب لیتر در دقیقه ثبت شد. سپس با نادیده گرفتن نیتروژن ادراری، میزان اکسیداسیون چربی با استفاده از فرمول های فراین[۹] محاسبه گردید (۱۳).

[۷]. Canterbalance

[۸].borg index

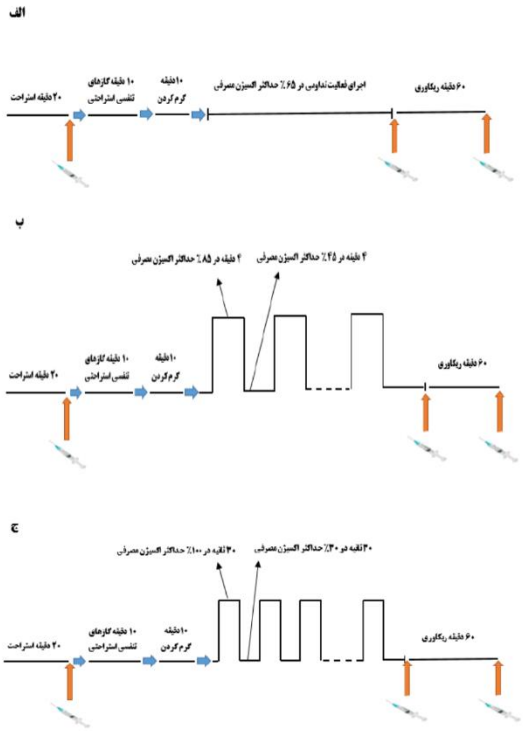
[۹]. Frayn

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

$(g/min^{-1})=1/67\times Vo2(L.min^{-1})-1/67\times VCO2(L.min^{-1})$
اکسیداسیون چربی

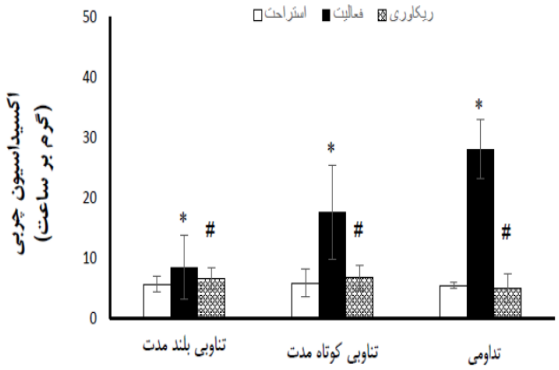


شکل ۱: طرح پروتکل تداومی(الف)، تناوبی بلند مدت(ب) و تناوبی کوتاه مدت(ج)

روش آماری: داده‌ها با استفاده از نرم افزار **SPSS** نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شدند. جهت تعیین نرمالیتی یا طبیعی بودن داده ها از آزمون شاپیرووِیلک استفاده شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها، جهت مقایسه اکسیداسیون چربی قبل، طی فعالیت و طی دوره ریکاوری سه فعالیت تناوبی بلند مدت، تناوبی کوتاه مدت و تداومی و همچنین جهت مقایسه پاسخ متغیر گلیسرول به سه فعالیت، از آنالیز واریانس مکرر (۳*۳) استفاده شد. برای تعیین محل تفاوت از روش تعقیبی بونفرونی استفاده شد. برای مقایسه انرژی مصرفی دوره ریکاوری سه پروتکل از آزمون آنووای یک طرفه استفاده شد. سطح معنی‌داری برای تحلیل‌های آماری (۰/۰۵ **P<**) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های عمومی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها شامل سن ۲/۶±۲۵/۶ سال، قد ۳/۹ ± ۱۷۳ سانتی‌متر، شاخص توده بدنی ۲/۲±۲۲/۲ کیلوگرم بر متر مربع، درصد چربی ۳/۷±۱۶/۲ درصد و حداکثر اکسیژن مصرفی بیشینه ۵/۲±۴۶/۵ میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه می‌باشد. نتایج نشان داد فعالیت ورزشی صرف نظر از نوع و شدت آن، تأثیر معنی‌داری بر اکسیداسیون چربی دارد (P =۰/۰۰۱). نتایج آزمون پس‌تعقیبی نشان داد اکسیداسیون چربی طی فعالیت ورزشی افزایش معنی‌دار (P =۰/۰۰۱) و طی ریکاوری متعاقب فعالیت کاهش معنی‌داری (P =۰/۰۰۱) داشت. نتایج آنالیز واریانس مکرر (۳*۳) نشان داد که تفاوت معنی‌داری (P =۰/۰۰۱) در پاسخ اکسیداسیون چربی به سه پروتکل فعالیت ورزشی تناوبی بلندمدت، تناوبی کوتاه مدت و تداومی وجود دارد. میزان اکسیداسیون چربی طی فعالیت تناوبی کوتاه‌مدت بیشتر از تناوبی بلندمدت بود (P =۰/۰۰۳)، میزان اکسیداسیون چربی طی فعالیت تداومی بیشتر از تناوبی بلندمدت (P =۰/۰۰۱) و تناوبی کوتاه‌مدت (P =۰/۰۰۱) بود اما اکسیداسیون چربی مربوط به دوره ریکاوری جلسه تناوبی بلندمدت و تناوبی کوتاه‌مدت بیشتر از تداومی بود (P =۰/۰۰۱). میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در تحقیق در جدول شماره یک آورده شده است.



شکل۲: مقادیر(میانگین ±انحراف معیار) اکسیداسیون چربی قبل، طی فعالیت و طی ریکاوری پس از فعالیت تناوبی بلند مدت، تناوبی کوتاه مدت و تداومی. * نشان دهنده تفاوت معنی‌داری بین اکسیداسیون چربی قبل و طی فعالیت در هرسه پروتکل، # نشان دهنده تفاوت معنی‌داری بین اکسیداسیون چربی طی فعالیت و طی ریکاوری در هرسه پروتکل می‌باشد.

همچنین نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر اکسیداسیون چربی در زمان‌های مختلف ریکاوری وجود دارد (P <۰/۰۵). آزمون تعقیبی نشان داد اکسیداسیون چربی در ۱۵ دقیقه سوم به طور معنی‌داری (P = ۰/۰۰۸) کمتر از ۱۵ دقیقه دوم بود. بین زمان‌های ۱۵ دقیقه اول با دوم و سوم با چهارم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج آنالیز واریانس مکرر (۴*۳) نشان داد که تفاوت معنی‌داری (P = ۰/۰۰۱) در اکسیداسیون چربی طی دوره ریکاوری سه پروتکل فعالیت ورزشی وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد در پروتکل تناوبی بلندمدت اکسیداسیون چربی در ۱۵ دقیقه دوم ریکاوری نسبت به ۱۵ دقیقه اول افزایش (P =۰/۰۰۹) ولی در پروتکل تناوبی کوتاه‌مدت کاهش داشت (P =۰/۰۰۱) در حالی‌که بین ۱۵ دقیقه دوم با سوم ریکاوری بین دو پروتکل تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اکسیداسیون چربی در ۱۵ دقیقه

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

دوم در پروتکل تداومی کاهش بیشتری نسبت به پروتکل تناوبی کوتاه-مدت داشت (P =۰/۰۳) و در ۱۵ دقیقه سوم این مقدار برای پروتکل تناوبی کوتاه‌مدت بیشتر از پروتکل تداومی بود (P =۰/۰۱). در پروتکل تناوبی بلندمدت در ۱۵ دقیقه دوم نسبت به ۱۵ دقیقه اول اکسیداسیون چربی افزایش داشت (P =۰/۰۰۲) ولی در پروتکل تداومی کاهش داشت. بین ۱۵ دقیقه دوم با سوم در پروتکل تناوبی بلندمدت کاهش بیشتری نسبت به پروتکل تداومی در اکسیداسیون چربی مشاهده شد (P =۰/۰۳). همچنین در ۱۵ دقیقه سوم با چهارم در پروتکل تناوبی بلند مدت کاهش و در پروتکل تداومی افزایش مشاهده شد (P =۰/۰۰۳). آنالیز آماری داده-ها نشان داد که فعالیت ورزشی صرف نظر از نوع و شدت آن، بر گلیسرول تأثیر معنی‌داری دارد (P =۰/۰۰۱). آزمون تعقیبی نشان داد غلظت گلیسرول در پاسخ به فعالیت ورزشی افزایش و در دوره ریکاوری کاهش معنی‌داری داشت. بین پاسخ گلیسرول به سه فعالیت ورزشی تناوبی بلند-مدت، تناوبی کوتاه‌مدت و تداومی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P =۰/۸۴). همچنین نتایج آنالیز داده‌های انرژی مصرفی دوره ریکاوری با استفاده از روش آنووای یکطرفه نشان داد بین انرژی مصرفی دوره ریکاوری سه پروتکل تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P <۰/۰۵). آزمون تعقیبی نشان داد انرژی مصرفی متعاقب پروتکل تناوبی بلندمدت بطور معنی‌داری بیشتر از ریکاوری تناوبی کوتاه‌مدت (P= ۰/۰۰۶) و ریکاوری متعاقب فعالیت تداومی (P=۰/۰۲۶) بود در حالی‌که بین تناوبی کوتاه‌مدت با تداومی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P= ۰/۵۲).

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر سه پروتکل فعالیت تناوبی بلند مدت (۴ دقیقه به ۴ دقیقه)، تناوبی کوتاه مدت (۳۰ ثانیه به ۳۰ ثانیه) و تداومی ایزوکالریک بر اکسیداسیون چربی قبل، طی فعالیت و ریکاوری پس از فعالیت بود. از یافته‌های مهم این تحقیق تفاوت در میزان اکسیداسیون چربی حین فعالیت و طی ریکاوری بین سه فعالیت با کالری مصرفی یکسان بود. در این تحقیق صرف نظر از شدت و نوع پروتکل، تفاوت معنی‌داری در اکسیداسیون چربی بین فعالیت و ریکاوری پس از آن مشاهده شد. همچنین مقایسه اکسیداسیون چربی سه جلسه نشان داد که میزان اکسیداسیون چربی در حین فعالیت به ترتیب در فعالیت‌های تداومی، تناوبی کوتاه مدت و تناوبی بلند مدت بیشتر بود اما این مقدار در زمان ریکاوری پس از فعالیت‌ها در جلسه تناوبی بلند مدت بیشتر از دو جلسه دیگر و در جلسه تناوبی کوتاه مدت بیشتر از جلسه تداومی بود.

ذوالفقاری و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تاثیر فعالیت ورزشی مقاومتی دایره‌ای قبل از دویدن وامانده‌ساز روی نوارگردان بر متابولیسم چربی در دختران دارای اضافه وزن و چاق مشاهده کردند که اکسیداسیون چربی حین فعالیت در گروه مقاومتی – نوارگردان به طور معنی‌داری بیشتر از گروه نوارگردان بود که محققان کسب این نتیجه را به افزایش لیپولیز پس از تمرین مقاومتی نسبت دادند (۱۴). در مطالعه بانیپال تاتارو[۱۰] و همکاران (۲۰۱۹) اکسیداسیون چربی بین دو پروتکل تمرین تناوبی با شدت بالا در پسران دارای اضافه وزن و چاق تفاوت معنی‌داری وجود نداشت که با مطالعه حاضر ناهمسو بود (۱۵).

جدول۱. میانگین متغیرهای اندازه گیری شده در تحقیق (میانگین ±انحراف معیار)

شاخص ها	گروه‌ها	قبل از فعالیت	حین فعالیت	طی ریکاوری	
اکسیداسیون چربی	فعالیت ورزشی تناوبی بلند مدت	۵/۶۸ ± ۱/۲۹	۸/۴۳ ± ۵/۲۵	۶/۵۷ ± ۱/۷۸	
	فعالیت تناوبی کوتاه مدت	۵/۸۹ ± ۲/۲۳	۱۷/۶۲ ± ۷/۷۰	۶/۷۳ ± ۲/۱۱	
	فعالیت تداومی	۵/۴۲ ± ۰/۵۱	۲۸/۰ ± ۴/۹۱	۵/۰۱ ± ۲/۳۸	
	گروه‌ها	۱۵ دقیقه اول	۱۵ دقیقه دوم	۱۵ دقیقه سوم	۱۵ دقیقه چهارم
اکسیداسیون چربی در دوره ریکاوری	فعالیت ورزشی تناوبی بلند مدت	۴/۰۷ ± ۲/۶۳	۵/۹۲ ± ۲/۳۰	۳/۹۹ ± ۲/۶۱	۱/۸۲ ± ۱/۴۵
	فعالیت کوتاه مدت	۶/۱۲ ±۲/۹۱	۴/۷۰ ± ۲/۲۸	۲/۸۸ ± ۲/۳۶	۲/۶۲ ± ۱/۹۴
	فعالیت تداومی	۶/۳۶ ± ۲/۴۲	۲/۵۷ ± ۱/۷۵	۲/۵۰ ± ۰/۸۸	۳/۱۷ ± ۰/۶۹
گلیسرول (میکرومول بر لیتر)	گروه‌ها	قبل از فعالیت	پس از فعالیت	پس از ریکاوری	
	فعالیت ورزشی تناوبی بلند مدت	۳/۴۲ ± ۰/۶۸	۳/۹۴ ± ۰/۶۱	۳/۳۸ ± ۰/۴۷	
	فعالیت کوتاه مدت	۳/۴۸ ± ۰/۷۸	۴/۰۱ ± ۰/۹۸	۳/۴۰ ± ۰/۶۳	
	فعالیت تداومی	۳/۵۱ ± ۱/۰۳	۳/۸۳ ± ۰/۹۸	۳/۳۰ ± ۰/۷۸	

مکانیسم عمل افزایش انرژی مورد نیاز در طول فعالیت ورزشی زمانی رخ می‌دهد که هیدرولیز تری‌گلیسرید (لیپولیز) افزایش یابد. در طول فعالیت-های کم شدت لیپولیز بافت‌های چربی دو تا پنج برابر نسبت به زمان استراحت افزایش پیدا می‌کند. در همین زمان میزان دوباره استریفیته شدن

[۱۰] . Tataro, Banipal

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27793.1466

اسیدهای چرب کاهش یافته و در نتیجه بخش بیشتری از اسیدهای چرب آزاد شده به سمت عضلات اسکلتی برای اکسیداسیون فرستاده می‌شوند. میزان لیپولیز با افزایش تدریجی در فعالیت‌های طولانی مدت حدود ۲۰ میلی مول (در هر کیلوگرم در دقیقه) افزایش می‌یابد (حدود ۱۰ برابر بیشتر از زمان استراحت) (۱۶). در تحقیق حاضر سهم اکسیداسیون چربی در تولید انرژی حین فعالیت‌ها کاهش داشت. یکی از دلایل کاهش سهم نسبی چربی در تأمین انرژی حین فعالیت با شدت های بالا، تأثیر فعالیت شدید بر تحریک گلیکوژنولیز و برداشت گلوکز و همچنین جلوگیری از ورود اسیدهای چرب آزاد با زنجیره‌های بلند به درون میتوکندری می‌باشد که به احتمال زیاد به دلیل افزایش جریان گلیکولیزی در حین فعالیت‌های ورزشی شدید رخ می‌دهد (۱۷). همچنین کاهش PH مرتبط با افزایش لاکتات در جریان فعالیت‌های ورزشی شدید در این امر دخیل می‌باشد، افزایش لاکتات خون باعث مهار لیپولیز توسط گیرنده‌های پروتئین G در بافت چربی می‌شود (۱۸). با افزایش شدت فعالیت از کم تا متوسط، سرعت لیپولیز، جریان خون بافت چربی و جریان خون عضله افزایش می‌یابد که باعث دسترسی عضلات فعال به اسید چرب بیشتری می‌شود که باعث افزایش مقادیر مطلق سوخت چربی می‌شود (۱۹). نشان داده شده که در فعالیت‌های ورزشی با شدت‌های مختلف وقتی انرژی مصرفی فعالیت یکسان در نظر گرفته می‌شود، فعالیت‌های با شدت نسبی پایین‌تر در مقایسه با فعالیت‌های با شدت‌های بالاتر موجب سوخت بیشتر مقادیر مطلق چربی می شوند (۲۰). در تحقیق حاضر انرژی مصرفی هر سه فعالیت یکسان‌سازی شد. نتایج نشان داد که در جلسه مربوط به فعالیت تداومی اکسیداسیون چربی در حین فعالیت بیشتر از دو پروتکل تناوبی بلند مدت و تناوبی کوتاه مدت بود که علت آن می‌تواند شدت پایین‌تر این پروتکل نسبت به دو پروتکل دیگر باشد. همچنین گزارش شده که اکسیداسیون چربی حین فعالیت در پروتکل تناوبی کوتاه مدت بیشتر از تناوبی بلند مدت است که دلیل این امر احتمالاً زمان کوتاه تر (۳۰ ثانیه) دوره‌های فعالیت در این پروتکل نسبت به جلسه فعالت تناوبی بلند مدت باشد که باعث کاهش فشار فیزیولوژیکی و افزایش سوخت چربی شده است و در مقابل در پروتکل تناوبی بلند مدت به علت طولانی‌تر (۴دقیقه) بودن دوره فعالیت فشار فیزیولوژیکی بیشتر بوده و باعث غالب شدن سوخت کربوهیدرات نسبت به چربی شده است. همچنین در دوره ریکاوری پس از هر سه پروتکل میزان اکسیداسیون چربی افزایش معنی‌داری داشت که همسو با مطالعات گذشته مبنی بر این که الگوی سوخت و سازی بدن پس از فعالیت ورزشی در دوره ریکاوری به سمت سوخت چربی تغییر می‌یابد (۲۱). در این تحقیق میزان اکسیداسیون چربی در دوره ریکاوری در جلسه فعالیت تناوبی بلند مدت بیشتر از دو پروتکل دیگر بود که دلیل آن می‌تواند طولانی بودن زمان‌های فعالیت در شدت بالا باشد. همچنین بین دو پروتکل تناوبی کوتاه مدت و تداومی نیز در اکسیداسیون چربی دوره ریکاوری تفاوت معنی-داری مشاهده شد به طوری که این مقدار در پروتکل تناوبی کوتاه مدت بیشتر از پروتکل تداومی بود که نشان دهنده تأثیر مطلوب فعالیت تناوبی نسبت به فعالت تداومی در اکسیداسیون چربی دوره ریکاوری و هزینه انرژی بیشتر و متکی به سوخت چربی را در دوره ریکاوری پس از فعالیت-های تناوبی نسبت به فعالیت‌های تداومی نشان می‌دهد. افزایش سهم نسبی چربی در دوره ریکاوری پس از فعالیت ورزشی شدید موافق با این می‌باشد که در دوره ریکاوری، سهم نسبی سوخت چربی افزایش می‌یابد در حالی که سهم سوخت کربوهیدرات در تأمین انرژی مصرفی به منظور حفظ سطوح طبیعی قند خون و تسهیل در بازسازی ذخایر گلیکوژن و حفظ هموستاز گلوکز کاهش می‌یابد (۲۱, ۲۲).

در پژوهش حاضر میزان غلظت گلیسرول پلاسما که نمایان گر لیپولیز می باشد پس از هرسه فعالیت افزایش معنی‌داری داشت و پس از یک ساعت ریکاوری به حالت اولیه برگشت. این یافته همسو با یافته تراپ و همکاران[11] (۲۰۰۷) می‌باشد که گزارش کردند ۲۰ دقیقه فعالیت تناوبی با شدت بالا بر روی دوچرخه (۸ ثانیه فعالیت و ۱۲ ثانیه استراحت) در زنان تمرین کرده و تمرین نکرده باعث افزایش معنی‌داری در سطوح اپی نفرین و نوراپی نفرین و لاکتات پلاسما گردید و گزارش کردند مقادیر گلیسرول پلاسما که نشان دهنده افزایش آزاد شدن اسیدهای چرب می‌باشد افزایش یافته است (۲۳). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که به دنبال فعالیت تناوبی میزان کاتکولامین‌ها در خون افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش غلظت گلیسرول سرمی پس از فعالیت تناوبی می‌باشد (۲۴). در مطالعه براکن و همکاران[12] (۲۰۰۹) به دنبال فعالیت تناوبی بر روی دوچرخه میزان اپی نفرین و نوراپی نفرین افزایش یافت (۲۵). کاتکولامین ها فرایند لیپولیز را از طریق اتصال به گیرنده های، β (β_1 و β_3،β_2) در غشای پلاسمایی سلول چربی فعال می‌کنند در حالی که کاتکولامین‌های متصل به گیرنده α_2، بازدارنده فرایند لیپولیز هستند (۲۶). با افزایش کاتکولامین‌ها در خون پس از فعالیت ورزشی، گیرنده‌های β تحریک می‌شوند و موجب فعال شدن آنزیم آدنیلات سیکلاز می‌شوند. آنزیم مذکور باعث فسفوریله شدن هورمون لیپاز حساس به هورمون (HSL) شده و در نتیجه باعث تجزیه تری گلیسرید ها می‌شود. گلیسرول بدست آمده از تجزیه تری گلیسرید به دلیل عدم حضور آنزیم گلیسرول کیناز، در خون انتشار می‌یابد که به همین دلیل شاخص لیپولیز می باشد (۲۳). در تحقیق حاضر یافته‌ها در مورد تغییرات غلظت گلیسرول همسو با پژوهش‌های قبلی در مورد افزایش گلیسرول پلاسما پس از فعالت ورزشی بود به طوری که پس از هرسه فعالیت ورزشی غلظت گلیسرول افزایش معنی‌داری یافته بود. عوامل متعددی در افزایش لیپولیز دوره برگشت به حالت اولیه دخالت دارند. نشان داده شده که هورمون نوراپی نفرین در افزایش لیپولیز در دوره ریکاوری

[11] Trapp et al
[12] Bracken et al

Copyright ©The authors

نقش عمده ای دارد (۲۷). همچنین افزایش هورمون رشد در طول فعالیت ورزشی ممکن است در افزایش سوخت چربی در دوره ریکاوری موثر باشد (۲۱). افزایش ترشح هورمون رشد جذب گلوکز را در بافت‌های فعال کاهش و بسیج اسیدهای چرب از بافت ذخیره چربی را افزایش می‌دهد (۲۸).

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته های این تحقیق می‌توان گفت که فعالیت استقامتی صرف نظر از نوع آن باعث افزایش معنی‌دار اکسیداسیون چربی در حین فعالیت و در دوره ریکاوری می شود. افزایش اکسیداسیون چربی در دوره ریکاوری به سبب افزایش سهم نسبی چربی در تامین انرژی و کاهش اکسیداسیون کربوهیدرات به منظور بازسازی ذخایر گلیکوژن و حفظ گلوکز خون می باشد. همچنین مشخص شد که اکسیداسیون چربی در دوره ریکاوری متعاقب فعالیت تناوبی بلند مدت بیشتر از دو پروتکل دیگر بود. بنابراین می‌توان اظهار کرد هر سه پروتکل موجب افزایش اکسیداسیون چربی می‌شوند اما با توجه به نتایج این تحقیق پروتکل تناوبی بلند مدت برای افزایش سوخت چربی و افزایش انرژی مصرفی دوره ریکاوری پروتکل مطلوب تری می باشد.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این مطالعه (پایان‌نامه کارشناسی ارشد) یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

References

1. Hughes DC, Ellefsen S, Baar K. Adaptations to endurance and strength training. Cold Spring Harbor perspectives in medicine. 2017:a029769.
2. Nader GA. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. Medicine and science in sports and exercise. 2006;38(11):1965.
3. Salehi Z, Salehi K, Moeini M, Kargarfard M, Sadeghi M. The effect of resistance exercise on lipid profile of coronary artery disease patients: a randomized clinical trial. Iranian journal of nursing and midwifery research. 2017;22(2):112.
4. Khairandish, Rezvan, Hashemi, Ayub, Zadeh A., Ranjbar, et al. The effect of Pilates exercises on some psychological factors and its relationship with body mass index in obese obese women. Journal of Health Psychology. 2019; 8 (29): 119-33. [in Persian]

5. Bijeh, Sarlak, Farahati. The effect of eight weeks of aerobic exercise on serum levels of apolipoprotein A-1, B and lipid profile of overweight women. Sport physiology. 2016; 7 (28): 45-58. [in Persian]

6. Amir A., Hamid M., Musa Kh., Kamilia M. The effect of two types of high-intensity and moderate-intensity intermittent training on serum TNF-α and IL-10 levels in obese male rats. [in Persian]

7. Khalfi, Mohebbi, Karimi, Pouran, Feridnia, Mehrsa, et al. The effect of high-intensity intermittent training and moderate-intensity continuous training on mitochondrial and PGC-1α subcutaneous fat content in obese male rats on a high-fat diet. Journal of Sports Life Sciences. 2018; 10 (3): 297-315. [in Persian]

8. Gibson AL, Wagner D, Heyward V. Advanced fitness assessment and exercise prescription, 8E: Human kinetics; 2018.
9. Kargarfard P. The effect of high intensity interval training on body fat 2019. Journal of Physical Education Development V, Number 1, 12-15. (In Persian).
10. Taheri NaHTeottositofoattoroawJoSLS.
11. Gallo-Villegas J, Aristizabal JC, Estrada M, Valbuena LH, Narvaez-Sanchez R, Osorio J, et al. Efficacy of high-intensity, low-volume interval training compared to continuous aerobic training on insulin resistance, skeletal muscle structure and function in adults with metabolic syndrome: study protocol for a randomized controlled clinical trial (Intraining-MET). Trials. 2018;19(1):1-10.
12. Tucker WJ, Sawyer BJ, Jarrett CL, Bhammar DM, Gaesser GA. Physiological responses to high-intensity interval exercise differing in interval duration. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2015;29(12):3326-35.

Copyright ©The authors

physiology and occupational physiology. 1999;80(5):436-47.
25. Bracken RM, Linnane DM, Brooks S. Plasma catecholamine and nephrine responses to brief intermittent maximal intensity exercise. Amino Acids. 2009;36(2):209-17.
26. Muoio DM, MacLean PS, Lang DB, Li S, Houmard JA, Way JM, et al. Fatty acid homeostasis and induction of lipid regulatory genes in skeletal muscles of peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR) α knock-out mice evidence for compensatory regulation by PPARδ. Journal of Biological Chemistry. 2002;277(29):26089-97.
27. Arner P, Kriegholm E, Engfeldt P, Bolinder J. Adrenergic regulation of lipolysis in situ at rest and during exercise. Journal of Clinical Investigation. 1990;85(3):893.
28. Robergs RA, Roberts S. Exercise physiology. St Louis: Mosby. 1997:49-54.
13. Frayn K. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. Journal of applied physiology. 1983;55(2):628-34.
14. Zolfaghari H, Hamedinia. The effect of circular resistance training before a treadmill on a treadmill on fat metabolism, carbohydrate and energy expenditure in overweight and obese girls. Scientific-Research Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2020 Aug 22; 27 (3): 356-61.
15. Tataro B, Ahmadizad, Basami, Minoo. The effect of L-arginine supplementation on fat and carbohydrate metabolism during high-intensity intermittent activity in overweight people. Metabolism and sports activity. 2019 Sep 23; 18 (9): 105-16.
16. Kiens B. Skeletal muscle lipid metabolism in exercise and insulin resistance. Physiological reviews. 2006;86(1):205-43.
17. Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers A, Saris W. Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism. 1997;273(2):E268-E75.
18. Frayn K. Fat as a fuel: emerging understanding of the adipose tissue–skeletal muscle axis. Acta physiologica. 2010;199(4):509-18.
19. AL Mulla N, Simonsen L, Bülow J. Post-exercise adipose tissue and skeletal muscle lipid metabolism in humans: the effects of exercise intensity. The Journal of physiology. 2000;524(3):919-28.
20. Kuo CC, Fattor JA, Henderson GC, Brooks GA. Lipid oxidation in fit young adults during postexercise recovery. Journal of Applied Physiology. 2005;99(1):349-56.
21. Henderson GC, Fattor JA, Horning MA, Faghihnia N, Johnson ML, Mau TL, et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. The Journal of physiology. 2007;584(3):963-81.
22. Kimber NE, Heigenhauser GJ, Spriet LL, Dyck DJ. Skeletal muscle fat and carbohydrate metabolism during recovery from glycogen-depleting exercise in humans. The Journal of physiology. 2003;548(3):919-27.
23. Trapp EG, Chisholm DJ, Boutcher SH. Metabolic response of trained and untrained women during high-intensity intermittent cycle exercise. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2007;293(6):R2370-R5.
24. Christmass MA, Dawson B, Arthur PG. Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise. European journal of applied

Copyright ©The authors