علوم زیستی ورزشی - زمستان ۱۳۹۷
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ۴، ص: ۵۰۸– ۴۹۷
تاریخ دریافت : ۲۲ / ۰۶ / ۹۷
تاریخ پذیرش : ۲۴/ ۰۹ / ۹۷

تأثیر دو نوع تمرین تناوبی سرعتی بر میزان اکسیداسیون چربی زمان بازیافت زنان فعال

مریم طاهری [۱] – جواد نعمتی [*۲] – محمد همتی نفر [۳]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، بخش علوم ورزشی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران ۲و۳. استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده

تمرینات تناوبی سرعتی (SIE) شامل تکرارهایی با حداکثر شدت در مدت کمتر از ۳۰ ثانیه است که موجب بهبود میزان اکسیداسیون چربی در زمان بازیافت پس از تمرین می‌شود. هدف پژوهش حاضر، مقایسهٔ تأثیر دو برنامهٔ تمرین تناوبی سرعتی بر میزان اکسیداسیون چربی زمان بازیافت در زنان فعال بود. بدین‌منظور ۱۰ زن فعال به‌صورت داوطلبانه (میانگین سن ۲/۸۲ ± ۲۳/۸ سال، وزن ۶/۹۷ ± ۵۷/۲ کیلوگرم) در این پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها به‌صورت متقاطع با فاصلهٔ زمانی ۶ روز، برنامهٔ تمرینی اول (۲۴ تناوب ۵ ثانیه‌ای با استراحت ۴۰ ثانیه) و برنامهٔ تمرینی دوم (۴ تناوب ۳۰ ثانیه‌ای با استراحت ۲۴۰ثانیه) را اجرا کردند. مدت زمان کار (۲ دقیقه) و استراحت (۱۶ دقیقه) و نسبت کار به استراحت (۱: ۸) در هر دو برنامهٔ تمرینی یکسان بود. هزینهٔ انرژی و میزان اکسیداسیون چربی بازیافت در مدت ۹۰ دقیقه، با اندازه‌گیری گازهای تنفسی محاسبه شد. میزان اکسیداسیون چربی در زمان بازیافت ۵:۴۰ (۰۸۲/۰ گرم در دقیقه) در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰ (۰۹۸/۰ گرم در دقیقه) به‌طور معناداری کمتر بود (P<۰۰۵/۰)، اما هزینهٔ انرژی زمان تمرین (۱۱/۱۶۰ کیلوکالری) و هزینهٔ انرژی بازیافت (۳۱/۱۰۰ کیلوکالری)، به‌طور معناداری در مقایسه با هزینهٔ انرژی زمان تمرین ۳۰:۲۴۰ (۴۸/۱۲۷ کیلوکالری) و بازیافت (۲۶/۸۸ کیلوکالری) ۳۰:۲۴۰ بیشتر بود (P<۰۵/۰). نتایج پژوهش حاضر نشان داد، با وجود هزینهٔ انرژی بیشتر در تمرین ۵:۴۰ در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰، SIE با دورهٔ کار و استراحت طولانی‌تر بر استفاده از چربی در دورهٔ بازیافت پس از تمرین تأثیر بیشتری داشت.

واژه‌های کلیدی

اکسیداسیون چربی، تمرین تناوبی، هزینهٔ انرژی.

[*] **نویسندهٔ مسئول : تلفن: ۰۹۱۲۳۹۴۳۰۹۵** Email: Nemati_phy@yahoo.com

مقدمه

امروزه اصل کارایی تمرین از مباحثی است که در روش‌های تمرینی به‌کار می‌رود. براساس اصل کارایی زمانی تمرین، تمریناتی که با مدت زمان کمتر و شدت بالاتر، سازگاری‌های بیشتری در بدن به‌وجود می‌آورد، کارایی بیشتری دارد. در سال‌های گذشته تأکید زیادی بر تمرینات تداومی بوده است، اما امروزه با وجود فواید بالقوهٔ تمرینات تداومی بسیاری از افراد به‌علت نداشتن زمان کافی در این تمرینات شرکت نمی‌کنند (۱)، بنابراین مطالعهٔ یک فعالیت بدنی جایگزین با سازگاری‌های مشابه و حتی بیشتر، بدون نیاز به گذراندن زمان طولانی مورد نیاز است. تمرینات تناوبی با شدت بالا[1] (HIIT) شامل تکرارهایی با مدت زمان کم و شدت‌های بیش از ۹۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی است که با توجه به شدت تمرین، از چند ثانیه تا چند دقیقه به طول می‌انجامد و تناوب‌ها توسط دوره‌های استراحت که می‌تواند فعال یا غیرفعال باشد، از هم جدا می‌شوند (۱). این مدل تمرینی سازگاری‌های فیزیولوژیکی مشابه یا بیشتر از تمرینات تداومی، در مدت زمان کمتر در بدن ایجاد می‌کند و می‌تواند جایگزین مؤثری برای تمرینات تداومی باشد (۴-۲).

یکی از انواع HIIT، تمرینات تناوبی سرعتی (SIT)[2] است. SIT شامل تمرینات با حداکثر شدت در مدت کمتر از ۳۰ ثانیه است (۵). ثابت شده که این مدل تمرینی سبب سازگاری‌های عملکردی و متابولیکی مشابه یا بیشتر با تمرینات تداومی می‌شود (۷، ۶). سازگاری‌های ناشی از این تمرینات به ماهیت دقیق محرک تمرینی بستگی دارد (۵). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، SIT در کاهش بافت چربی زیرپوستی (۸)، چربی شکمی (۹)، افزایش اکسیداسیون چربی و هزینهٔ انرژی پس از تمرین مؤثراست (۱۵-۱۰). اکسیژن مصرفی اضافه پس از تمرین (EPOC)[3] که در نتیجهٔ فشارهای متابولیکی تمرینات شدید ایجاد می‌شود، هزینهٔ انرژی پس از تمرینات SIT (۱۵، ۱۳) را افزایش می‌دهد و ممکن است یکی از مکانیزم‌های کاهش چربی بدن همراه با SIT باشد. همچنین نشان داده شده است، بهبود عوامل هوازی (حداکثر اکسیژن مصرفی)، بی‌هوازی و سوخت‌وساز قلبی (ظرفیت اکسایشی عضلات، حساسیت انسولینی) حتی توسط دوره‌های کوتاه‌تر ۱۰، ۱۵و ۲۰ ثانیه‌ای SIT کاهش نیافته است (۱۹-۱۵)، بنابراین می‌توان گفت که دوره‌های کوتاه‌تر تمرینات SIT ممکن است سازگاری‌های مشابه با SIT

1. High intensity interval training
2. sprint interval training
3. Excess post exercise oxygen

طولانی‌تر داشته باشند. با توجه به اینکه دوره‌های کوتاه‌تر SIT سازگاری‌های مشابه با تمرینات SIT سنتی (۳۰ ثانیه) ایجاد می‌کند، ممکن است کاهش زمان تمرین، هزینهٔ انرژی را در زمان تمرین و بعدازآن افزایش دهد و در پی آن بر استفاده از سوبسترا در زمان بازیافت تأثیر بگذارد. در این زمینه اسلام و همکاران (۲۰۱۶) میزان اکسیداسیون چربی زمان بازیافت را در پاسخ به برنامه‌های متفاوت SIEدر مردان سالم بررسی کردند. در این پژوهش با وجود یکسان بودن کل مدت زمان کار و استراحت، میزان اکسیداسیون چربی زمان بازیافت در سه برنامهٔ تمرینی متفاوت بود. با وجود این، علاوه‌بر تأثیر متفاوت برنامه‌های تمرینی بر میزان اکسیداسیون چربی، ممکن است بین مدل تمرینی و جنسیت تعامل وجود داشته باشد که در پی آن موجب پاسخ متفاوت زنان به تمرینات SIT می‌شود. با توجه به اینکه تفاوت‌های هورمونی مرتبط با جنسیت، تأثیر چشمگیری بر اکسیداسیون سوبسترا دارد، به‌گونه‌ای که پاسخ هورمون‌های مؤثر بر اکسیداسیون چربی به فعالیت ورزشی در زنان متفاوت از مردان است، پاسخ‌های سوخت‌وسازی زنان به فعالیت ورزشی اهمیت زیادی دارد (۲۰). زنان در مقایسه با مردان در یک فعالیت فزاینده تا حد درماندگی، میزان اکسیداسیون چربی بالاتری دارند و با افزایش شدت فعالیت ورزشی، دیرتر از کربوهیدرات استفاده می‌کنند (۲۱). عاملی که زنان را مستعد متابولیسم زیادتر چربی می‌کند، استروژن است. زنان به‌دلیل نقش استروژن (بتا استرادیول۱۷-) در متابولیسم چربی شبیه به مردان پاسخ نمی‌دهند (۲۲). همچنین چرخهٔ قاعدگی در زنان به‌ویژه در اواخر مرحلهٔ فولیکولار که استروژن افزایش و پروژسترون کاهش می‌یابد (۲۳)، می‌تواند آثار مثبتی بر اجرای فعالیت ورزشی در زنان داشته باشد. با توجه به اینکه در زمینهٔ میزان اکسیداسیون چربی در زمان بازیافت، در پی تمرینات SIT (با نسبت کار به استراحت متفاوت)، پژوهش‌های اندکی انجام گرفته و بیشتر این مطالعات در مردان یا به‌صورت مختلط (مردان و زنان) انجام شده است (۱۵، ۱۳)، همچنین به‌کارگیری مؤثرترین روش تمرینات SIT که به افزایش میزان اکسیداسیون چربی زمان بازیافت منجر می‌شود، می‌تواند عامل مؤثری در کاهش تودهٔ چربی و در نتیجه کاهش وزن باشد، پژوهش حاضر درصدد پاسخگویی به این پرسش است که آیا دو نوع تمرین تناوبی سرعتی با دوره‌های کار و استراحت متفاوت، بر اکسیداسیون چربی در زمان بازیافت پس از تمرین در زنان فعال تأثیر متفاوتی دارند؟

روش تحقیق

به‌منظور اجرای پژوهش ۱۰ نفر از زنان فعال به‌صورت داوطلبانه (میانگین سن ۲/۸۲ ± ۲۳/۸ سال، وزن ۶/۹۷ ± ۵۷/۲ کیلوگرم، حداکثر اکسیژن مصرفی۳/۱ ± ۴۰/۵ میلی‌لیتر/ کیلوگرم در دقیقه) در این مطالعه شرکت کردند. هیچ‌کدام از آنها سابقهٔ بیماری خاصی نداشتند و دارویی مصرف نمی‌کردند (با استفاده از پرسشنامهٔ[1] PAR-Q). در ابتدا اطلاعات و آگاهی‌های لازم دربارهٔ چگونگی انجام پژوهش و مراحل آن به آزمودنی‌ها داده شد. سپس آزمودنی‌ها رضایت خود را به‌صورت کتبی برای حضور در این پژوهش اعلام کردند. آزمون هوازی فزایندهٔ تعدیل‌شده برای تعیین VO_{2max} (آزمون پس از ۵ دقیقه گرم کردن با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت، با سرعت آغازین ۸ کیلومتر انجام گرفت. در این تست سرعت تردمیل هر ۱ دقیقه، ۱ کیلومتر بر ساعت تا زمان ناتوانی آزمودنی‌ها برای ادامهٔ آزمون افزایش یافت) (۲۴). یک هفته قبل از شروع اولین برنامهٔ تمرینی برای هر فرد به‌وسیلهٔ دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی اجرا شد. پژوهش حاضر به روش متقاطع[2] بدون گروه کنترل در دو روز مختلف با فاصلهٔ ۶ روز انجام گرفت. تمام آزمودنی‌ها در فاز فولیکولار (اما خارج از زمان خون‌ریزی) قرار داشتند. شرکت‌کنندگان یک روز قبل از تمرین از انجام هر گونه فعالیت‌های شدید و مصرف مواد کافئین‌دار و نوشیدنی‌های الکلی منع شدند. آزمودنی‌ها مواد مصرفی خود را در یک روز قبل از برنامهٔ تمرین اول به‌طور کامل یادداشت کردند و همان برنامه در روز قبل از برنامهٔ تمرین دوم، مصرف شد. از آزمودنی‌ها درخواست شد، نیم ساعت قبل از حضورشان در آزمایشگاه در تمامی روزهای آزمایش، صبحانه یکسان مصرف کنند (یک قوطی کبریت پنیر، دو کف دست نان سنگک، سه عدد گردو، ۴۲ گرم کربوهیدرات، ۱۴ گرم پروتئین، ۱۰ گرم چربی ≈ ۳۱۶ کیلوکالری). کلیهٔ آزمایش‌ها از ساعت ۸ صبح تا ۲ بعدازظهر انجام گرفت. میزان آب مصرف‌شده و زمان مصرف آب بعد از هر دو برنامهٔ تمرینی برای هر فرد یکسان بود. مدت‌زمان ۱۵ دقیقه قبل از تمرین و همچنین بازیافت بعد از تمرین به مدت ۹۰ دقیقه (۳۰ دقیقه آغازین دورهٔ بازیافت، ۱۵ دقیقهٔ پایانی ساعت اول همراه با ۱۵ دقیقهٔ پایانی) به‌صورت نشسته بر روی صندلی به‌منظور برآورد اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن تولیدی در نظر گرفته شد (شکل ۱). میزان گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی (دستگاه cortex ساخت آلمان) و

1. Physical Activity Readiness Questionnaire
2 . Cross-over

میزان اکسیداسیون چربی با استفاده از معادلهٔ زیر (۲۵) محاسبه شد:

$$\text{Fat oxidation} = 1.718 \times VO_2\,(L.min^{-1}) - 1.718\times VCO_2\ (L.min^{-1}) - 0.315\ P$$

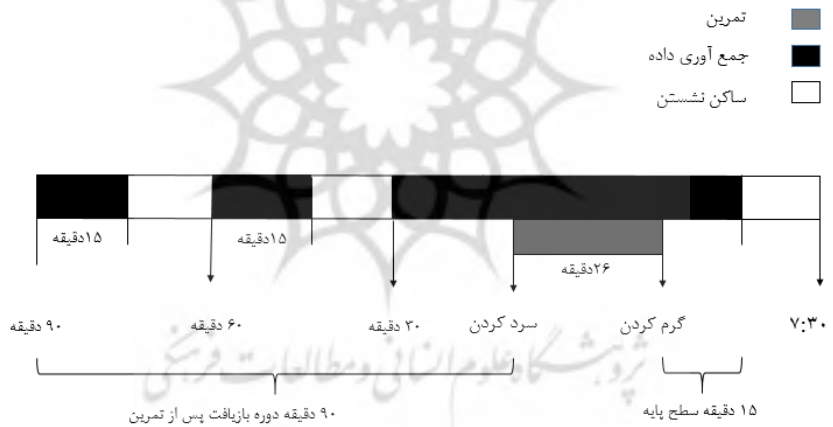
P= negligible protein oxidation = 0

برنامهٔ تمرینی

هر دو برنامهٔ تمرین شامل ۵ دقیقه گرم کردن با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت و ۳ دقیقه سرد کردن با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت، و برنامهٔ تمرین (۱۸ دقیقه) با نسبت کار (۲ دقیقه) به استراحت (۱۶ دقیقه) ۱ به ۸ به شرح ذیل است (۲۶):

برنامهٔ HIIE اول شامل ۲۴ تناوب ۵ ثانیه با شدت ٪ ۱۱۰ vVo_{2max}[1] و ۴۰ ثانیه استراحت (با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت)؛

برنامهٔ HIIE دوم شامل ۴ تناوب ۳۰ ثانیه با شدت ٪ ۱۱۰ vVo_{2max} و ۲۴۰ ثانیه استراحت (با سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت).



شکل ۱. طرح کلی یک جلسه تمرین

برای بررسی تأثیر تعاملی تمرین و زمان بر میزان اکسیداسیون چربی، هزینهٔ انرژی، RER، در نقطهٔ زمان‌های متفاوت از تحلیل واریانس دوراهه با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. همچنین مقدار کل اکسیداسیون چربی، RER، و هزینهٔ انرژی با استفاده آزمون t وابسته محاسبه شد. داده‌های آماری

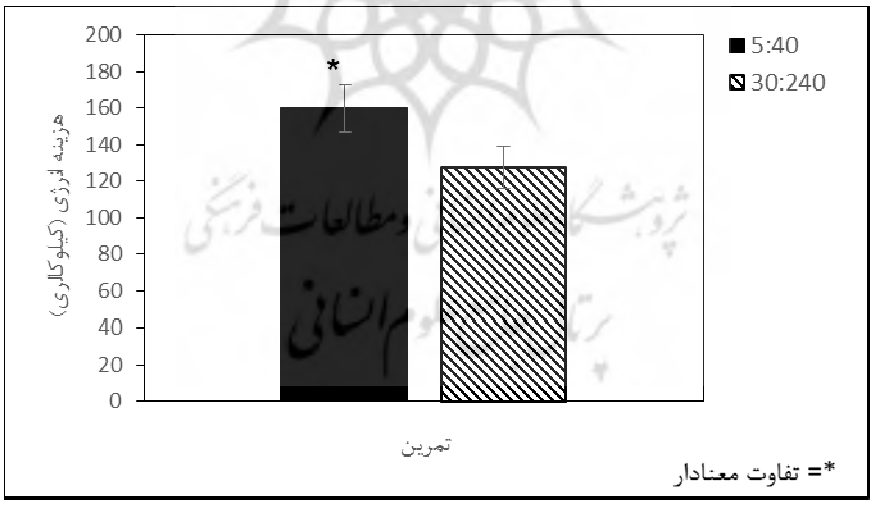
1. Velocity Associated with Maximal Oxygen Uptake

جمع‌آوری‌شده با نرم‌افزار آماری SPSS-۲۴ تجزیه‌وتحلیل شدند. تمام آزمون‌های آماری با توجه به سطح معناداری ۰۵/۰ در نظر گرفته شد.

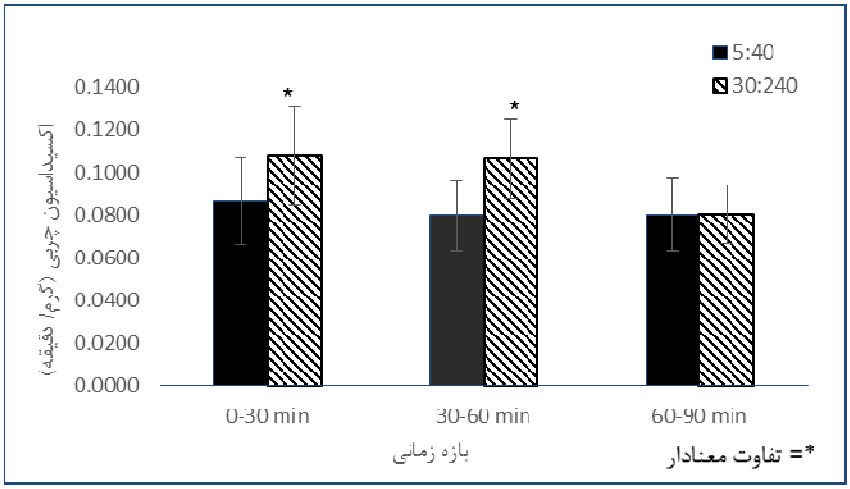
نتایج

پس از تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها، نتایج آزمون آماری نشان داد هزینهٔ انرژی زمان تمرین (شکل ۲) ۵:۴۰ (۱۰۸/۱۶۰ کیلوکالری) به‌طور معناداری بیشتر از تمرین ۳۰:۲۴۰ (۸۴/۱۲۷ کیلوکالری) بود (P<۰۵/۰)، همچنین هزینهٔ انرژی در مدت ۹۰ دقیقه بازیافت پس از تمرین ۵:۴۰ (۳۱/۱۰۰ کیلوکالری) به‌طور معناداری بیشتر از تمرین ۳۰:۲۴۰ (۲۶/ ۸۸ کیلوکالری) بود (P<۰۵/۰).

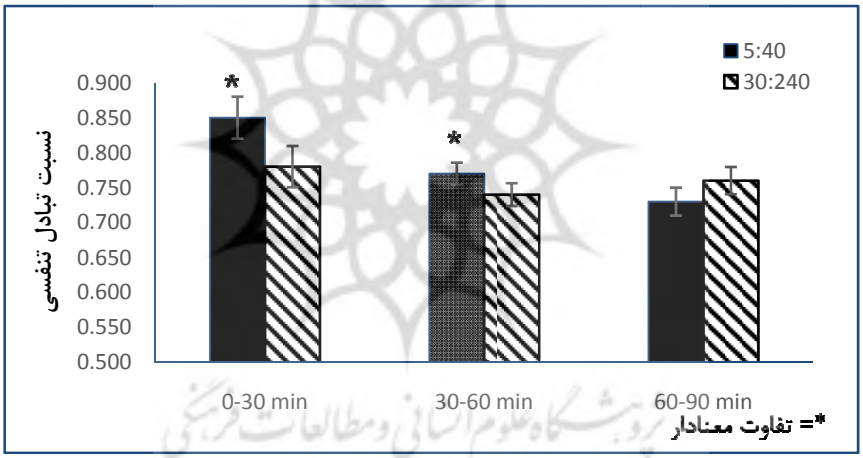
میزان اکسیداسیون چربی (شکل ۳) در مدت ۹۰ دقیقه بازیافت پس از تمرین ۳۰:۲۴۰ (۰۹۸/۰ گرم در دقیقه)، در ۳۰ دقیقهٔ اول و دوم بازیافت پس از تمرین ۳۰:۲۴۰ به‌صورت معناداری بیشتر از زمان‌های ذکرشده در تمرین ۵:۴۰ بود (P<۰۵/۰)، همچنین در ۳۰ دقیقهٔ اول و ۳۰ دقیقهٔ دوم بازیافت پس از تمرین ۵:۴۰، نسبت تبادل تنفسی (شکل ۴) به‌طور معناداری بیشتر از تمرین ۳۰:۲۴۰ بوده است (P</۰۵). میزان EPOC بین دو تمرین تفاوت معناداری نداشت، اما بعد از تمرین۵:۴۰ نسبت به تمرین ۳۰:۲۴۰ بالاتر بود.



شکل ۲. هزینهٔ انرژی زمان تمرین



شکل ۳. میزان اکسیداسیون چربی در زمان‌های متفاوت بازیافت پس از تمرین



شکل ۴. میزان نسبت تبادل تنفسی زمان‌های متفاوت دورهٔ بازیافت پس از تمرین

بحث و نتیجه‌گیری

براساس پژوهش حاضر، مقدار هزینهٔ انرژی تمرین و بازیافت پس از تمرین ۵:۴۰ نسبت به تمرین ۳:۲۴۰ به‌صورت معناداری بیشتر بود، درحالی‌که میزان اکسیداسیون چربی در زمان ۳۰ دقیقهٔ اول و ۳۰ دقیقهٔ دوم و در مدت ۹۰ دقیقهٔ بازیافت پس از تمرین ۳۰:۲۴۰ به‌طور معناداری بیشتر از تمرین ۵:۴۰ بود. با توجه به نتایج، علی‌رغم مدت زمان کل کار و استراحت یکسان، برنامهٔ کوتاه‌تر HIIE موجب

افزایش هزینهٔ انرژی زمان تمرین شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد، میزان هزینهٔ انرژی تمرین ۳۰:۲۴۰ در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰ پژوهش‌های دیگر (۲۸-۲۶، ۱۵-۱۳) کمتر بود. از آنجا که آزمودنی‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر زنان بودند، میزان هزینهٔ انرژی کمتر زمان تمرین قابل توجیه است. به‌نظر می‌رسد کمتر بودن حجم عضلانی، ظرفیت‌های ریوی، تفاوت‌های همولوژیک بین زنان و مردان (پایین‌تر بودن میزان هماتوکریت و هموگلوبین، حجم پلاسما در زنان) از دلایل اصلی این تفاوت باشد (۲۹). میزان هزینهٔ انرژی بیشتر تمرین ۵:۴۰ ممکن است به‌دلیل زمان کوتاه‌تر دوره‌های استراحت باشد، که در این بازهٔ زمانی میزان VO_2 مصرفی در مقایسه با استراحت ۲۴۰ ثانیه تمرین دوم، دچار کاهش کمتری می‌شود (۱۵)، در نتیجه میزان کل اکسیژن مصرفی زمان تمرین ۵:۴۰ در سطح بالاتری در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰ قرار می‌گیرد که در نهایت به هزینهٔ انرژی بیشتر منجر می‌شود.

در پژوهش حاضر تفاوت معناداری در میزان EPOC در مدت ۹۰ دقیقهٔ بازیافت پس از تمرین ۵:۴۰ نسبت به تمرین ۳۰:۲۴۰، مشاهده نشد، درحالی‌که میزان کل EPOC در تمرین ۵:۴۰ در مقایسه با تمرین ۳۰:۴۰ بیشتر بود، به‌علاوه مقدار کل هزینهٔ انرژی زمان بازیافت پس از تمرین ۵:۴۰ در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰ به‌طور معناداری بیشتر بود. با توجه به پژوهش‌های پیشین، شدت تمرین بر EPOC تأثیر دارد (۳۱، ۳۰، ۱۵) به‌دلیل اینکه، در پژوهش حاضر هر دو تمرین با شدت یکسانی انجام گرفت، میزان EPOC با یکدیگر تفاوت معناداری نداشت و به‌نظر می‌رسد، زمان کار و استراحت متفاوت، تأثیر معناداری بر میزان EPOC در مدت ۹۰ دقیقه بازیافت پس از تمرین نداشته باشد. پژوهش‌های پیشین نشان دادند، اگرچه ممکن است افزایش در اکسیژن مصرفی در هر بازهٔ زمانی تفاوت معناداری نداشته باشد (۳۲)، اما به‌دلیل اثرات جمع‌شونده در هر ساعت پس از تمرین، افزایش در پاسخ EPOC در دورهٔ ۲۴ ساعت پس از تمرین HIIE (۳۳) و SIE (۱۵)، اکسیژن مصرفی و هزینهٔ انرژی را در یک دورهٔ طولانی‌مدت افزایش می‌دهد. با توجه به اینکه میزان کل EPOC پژوهش حاضر ۶/۳ لیتر در تمرین ۵:۴۰، و ۸/۲ لیتر در تمرین ۳۰:۲۴۰، برآورد شده، ممکن است این دورهٔ زمانی، برای تعیین مدت و میزان کل EPOC، که با توجه به پژوهش‌های مختلف، فراتر از این زمان ادامه می‌یابد (۳۳، ۱۵)، کوتاه بوده است.

EPOC به‌علت بر هم زده شدن تعادل فیزیولوژیک ناشی از SIT و فرایندهای موردنیاز برای بازگرداندن تعادل فیزیولوژیک ایجاد می‌گیرد. این فرایندها شامل بازسازی ذخایر اکسیژن (در خون و بافت)، گلیکوژن، ATP و فسفوکراتین، حذف لاکتات، تعادل PH و دمای بدن، افزایش بازگشت پروتئین

عضله، ترشح کاتکولامین‌ها و افزایش چرخهٔ TG/FA است (۳۱). همچنان که هزینهٔ انرژی بی‌هوازی از سیستم انرژی فسفاژن و گلیکولیز طی اولین ۱۵ ثانیه تمرین همه‌جانبه به اوج می‌رسد، دوره‌های کوتاه‌تر SIT ممکن است وضعیت انرژی مولکولی برای تحریک بعضی از این فرایندها را به هم زند. از آنجا که احتمالاً در تمرین ۵:۴۰ ذخایر گلیکوژن بیشتری تخلیه می‌شود، همچنین ترشح کاتکولامین‌ها برای فعال‌سازی بیشتر آنزیم‌های درگیر در مسیر گلیکولیز و همچنین کراتین کیناز برای تولید ATP از ذخایر فسفوکراتین در پاسخ به تمرین۵:۴۰ بیشتر از تمرین ۳۰:۲۴۰ است، به‌نظر می‌رسد EPOC بیشتر تمرین ۵:۴۰ توجیه‌پذیر باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد متغیر EPOC با مقدار اکسیداسیون چربی در زمان بازیافت ارتباط مستقیمی ندارد و مقدار کمتر EPOC با مقدار اکسیداسیون چربی بالاتر همراه بود. از آنجا که در تحقیق حاضر فقط به داده‌های جمع‌آوری‌شده گازهای تنفسی پرداخته شده است، باید در استنباط نهایت احتیاط صورت گیرد.

میزان اکسیداسیون چربی در مدت ۹۰ دقیقه بازیافت به‌صورت معنادار در تمرین ۳۰:۲۴۰ در مقایسه با تمرین ۵:۴۰ بالاتر بود. همچنین در ۳۰ دقیقهٔ اول و ۳۰ دقیقهٔ دوم در تمرین ۳۰:۲۴۰ به‌طور معناداری بیشتر از تمرین ۵:۴۰ بود. در تمرین ۳۰:۲۴۰ در مقایسه با تمرین ۵:۴۰، به‌دلیل دورهٔ استراحت طولانی‌تر، احتمالاً در زمان تمرین، از ذخایر چربی بیشتری در دوره‌های استراحت استفاده شده است، درحالی‌که در تمرین ۵:۴۰ سوخت غالب ATP درون‌عضلانی، فسفو کراتین و گلیکوژن عضلانی است. به‌دلیل اینکه ممکن است فسفو کراتین مصرف‌شده در دورهٔ استراحت کوتاه تمرین ۵:۴۰، به‌طور کامل بازسازی نشود، ممکن است در وهله‌های بعدی تمرین، با تغییر تدریجی به سمت گلیکولیز بی‌هوازی جهت تأمین انرژی مورد نیاز برای اجرای فعالیت همراه باشد.

میزان RER در مدت ۹۰ دقیقه بازیافت و در زمان‌های ۳۰ دقیقهٔ اول و دوم به‌صورت معنادار در تمرین ۳۰:۲۴۰ در مقایسه با تمرین ۵:۲۴۰ کمتر بود. در بازیافت پس از تمرین ۳۰:۲۴۰ مقدار RER کمتر بود، این مقدار با اکسیداسیون چربی بالاتر زمان بازیافت این تمرین همخوانی دارد. کاهش مقدار RER به‌دلیل کاهش CO_2 دفعی و احتباس CO_2 برای بازسازی ذخایر یون بی‌کربنات استفاده‌شده برای بافر کردن لاکتات است (۳۱). در ۳۰ دقیقه اول بازیافت پس از تمرین، هنوز فشارهای متابولیکی حاصل از فعالیت ورزشی بر بدن غلبه می‌کند و موجب پیشی گرفتن گلیکولیز بر لیپولیز می‌شود. همان‌طورکه نتایج پژوهش حاضر نشان داد، میانگین RER تمرین ۳۰:۲۴۰ در ۳۰ دقیقهٔ اول بازیافت پس از تمرین،

۷۶/۰ بود اما در ۳۰ دقیقهٔ دوم به ۷۳/۰رسید که بیانگر افزایش اکسیداسیون چربی به‌دلیل کاهش اثرگذاری فشار متابولیکی خود تمرین است. باگذشت زمان مقادیر اکسیداسیون چربی، EPOC، هزینهٔ انرژی کاهش می‌یابد، این نتایج نشان‌دهندهٔ بازگشت بدن به سطح استراحتی است. مقدار این متغیرها با استفاده از VO_2و VCO_2 در سطح دم و بازدم اندازه‌گیری شده است. ممکن است کاهش این متغیرها و نزدیک شدن به سطح استراحت فقط در این سطح نباشد و با اندازه‌گیری این متغیرها در سطح بافت تفاوت وجود داشته باشد. به‌طور کلی میزان اکسیداسیون چربی بازیافت پس از تمرین، در هر دو برنامهٔ تمرینی افزایش می‌یابد، اما میزان آن در تمرین ۳۰:۲۴۰ در مقایسه با تمرین ۵:۴۰ بالاتر بود. با وجود اکسیداسیون چربی بالاتر در زمان بازیافت پس از تمرین ۳۰:۲۴۰، میزان هزینهٔ انرژی زمان تمرین، میزان هزینهٔ انرژی بازیافت پس از تمرین و مقدار EPOC در تمرین ۵:۴۰ در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰ بیشتر بود.

نتیجه‌گیری

نتیجهٔ پژوهش حاضر نشان داد میزان اکسیداسیون چربی بازیافت پس از تمرین، در هر دو نوع برنامهٔ تمرینی افزایش می‌یابد، اما میزان آن در تمرین ۳۰:۲۴۰ در مقایسه با تمرین ۵:۴۰ بالاتر بود. با وجود اکسیداسیون چربی بالاتر در زمان بازیافت پس از تمرین ۳۰:۲۴۰، میزان هزینهٔ انرژی زمان تمرین، میزان هزینهٔ انرژی بازیافت پس از تمرین و مقدار EPOC در تمرین ۵:۴۰ در مقایسه با تمرین ۳۰:۲۴۰ بیشتر بود. با ملاحظهٔ نتایج پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد، به‌کارگیری تمرینات SIE با دوره‌های طولانی‌تر کار و استراحت اکسیداسیون چربی بیشتر در زمان بازیافت پس از تمرین مؤثرتر است.

منابع و مآخذ

1. Gibala MJJCsmr. High-intensity interval training: a time-efficient strategy for health promotion? 2007;6(4):211-3.
2. Weston KS, Wisløff U, Coombes JSJBJSM. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. 2014;48(16):1227-34.
3. Hwang C-L, Wu Y-T, Chou C-HJJocr, prevention. Effect of aerobic interval training on exercise capacity and metabolic risk factors in people with cardiometabolic disorders: a meta-analysis. 2011;31(6):378-85.

4. Tjonna AE, Leinan IM, Bartnes AT, Jensen BM, Winett R, Wisloff UJAoBM. The Effects Ofa 4-minute Interval Training Protocol On Cardiorespiratoryand Metabolic Risk Factors: paper Session 28 12: 21 Pm-12: 39 Pm 4047. 2011;41(1):s250.
5. Buchheit M, Laursen PBJSm. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. 2013;43(10):927-54.
6. 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. 2006;575(3):901-11.
7. Macpherson R, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon PJM, sports si, et al. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. 2011;43(1):115-22.
8. Boer P-H, Meeus M, Terblanche E, Rombaut L, Wandele ID, Hermans L, et al. The influence of sprint interval training on body composition, physical and metabolic fitness in adolescents and young adults with intellectual disability: a randomized controlled trial. 2014;28(3):221-31.
9. Boutcher SHJJoo. High-intensity intermittent exercise and fat loss. 2010;2011.
10. Stepto NK, Martin DT, Fallon KE, Hawley JAJM, Sports Si, Exercise. Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists. 2001;33(2):303-10.
11. King J, Broeder C, Browder K, Panton LJM, Sports Si, Exercise. A comparison of interval vs. steady-state exercise on substrate utilization in overweight women. 2002;34(5):S130.
12. Whyte LJ, Gill JM, Cathcart AJJM. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. 2010;59(10):1421-8.
13. Townsend LK, Couture KM, Hazell TJJAP, Nutrition,, Metabolism. Mode of exercise and sex are not important for oxygen consumption during and in recovery from sprint interval training. 2014;39(12):1388-94.
14. Beaulieu K, Olver TD, Abbott KC, Lemon PWJAP, Nutrition,, Metabolism. Energy intake over 2 days is unaffected by acute sprint interval exercise despite increased appetite and energy expenditure. 2014;40(1):79-86.
15. Hazell TJ, Olver TD, Hamilton CD, Lemon PWJIjosn, metabolism e. Two minutes of sprint-interval exercise elicits 24-hr oxygen consumption similar to that of 30 min of continuous endurance exercise. 2012;22(4):276-83.
16. Metcalfe RS, Babraj JA, Fawkner SG, Vollaard NBJEjoap. Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. 2012;112(7):2767-75.
17. Zelt JG, Hankinson PB, Foster WS, Williams CB, Reynolds J, Garneys E, et al. Reducing the volume of sprint interval training does not diminish maximal and submaximal performance gains in healthy men. 2014;114(11):2427-36.
18. Gillen JB, Percival ME, Skelly LE, Martin BJ, Tan RB, Tarnopolsky MA, et al. Three minutes of all-out intermittent exercise per week increases skeletal muscle oxidative capacity and improves cardiometabolic health. 2014;9(11):e111489.

19. Gillen JB, Martin BJ, MacInnis MJ, Skelly LE, Tarnopolsky MA, Gibala MJJPo. Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. 2016;11(4):e0154075.
20. Bogdanis GC, Vangelakoudi A, Maridaki MJJoss, medicine. Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women. 2008;7(4):525.
21. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AEJJoap. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. 2005.
22. Tarnopolsky MAJM, sports si, exercise. Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. 2008;40(4):648-54.
23. Dreher J-C, Schmidt PJ, Kohn P, Furman D, Rubinow D, Berman KFJPotNAoS. Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women. 2007;104(7):2465-70.
24. Hazell TJ, Hamilton CD, Olver TD, Lemon PWJAP, Nutrition,, Metabolism. Running sprint interval training induces fat loss in women. 2014;39(8):944-50.
25. Jeukendrup A, Wallis GJIjosm. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. 2005;26(S 1):S28-S37.
26. Islam H, Townsend LK, Hazell TJJAP, Nutrition,, Metabolism. Modified sprint interval training protocols. Part I. Physiological responses. 2016;42(4):339-46.
27. Deighton K, Barry R, Connon CE, Stensel DJJEjoap. Appetite, gut hormone and energy intake responses to low volume sprint interval and traditional endurance exercise. 2013;113(5):1147-56.
28. Hazell T, Olver T, Macpherson R, Hamilton C, Lemon PJTJosm, fitness p. Sprint interval exercise elicits near maximal peak VO2 during repeated bouts with a rapid recovery within 2 minutes. 2014;54(6):750-6.
29. Oertelt-Prigione S, Regitz-Zagrosek V. Sex and gender aspects in clinical medicine: Springer Science & Business Media; 2011.
30. Chan HH, Burns SFJAP, Nutrition,, Metabolism. Oxygen consumption, substrate oxidation, and blood pressure following sprint interval exercise. 2013;38(2):182-7.
31. Laforgia J, Withers RT, Gore CJJJoss. Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. 2006;24(12):1247-64.
32. Williams CB, Zelt JG, Castellani LN, Little JP, Jung ME, Wright DC, et al. Changes in mechanisms proposed to mediate fat loss following an acute bout of high-intensity interval and endurance exercise. 2013;38(12):1236-44.
33. Skelly LE, Andrews PC, Gillen JB, Martin BJ, Percival ME, Gibala MJJAp, nutrition,, et al. High-intensity interval exercise induces 24-h energy expenditure similar to traditional endurance exercise despite reduced time commitment. 2014;39(7):845-8.