پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله پژوهشی**
سال شانزدهم/ شماره سی و دوم/پاییز و زمستان ۱۳۹۹

دریافت: ۹۹/۵/۷ پذیرش: ۹۹/۸/۲۵ ص ص: ۱۳۳-۱۱۵

اثر حاد دو نوع فعالیت ورزشی تناوبی شدید با هزینه انرژی یکسان بر اکسایش سوبسترا، اشتها و لذت درک شده از فعالیت ورزشی در مردان دارای اضافه‌وزن یا چاق

محسن جوانی[۱]، مرضیه ثاقب جو[۲]، حمید محبی[۳]، محسن محمدنیا احمدی[۴]

چکیده

سابقه و هدف: شدت و هزینه انرژی فعالیت ورزشی از مؤثرترین عوامل بر اکسایش سوبسترا است. توده عضلانی درگیر در فعالیت ورزشی نیز یک عامل مؤثر بر اکسایش سوبسترا است. هدف از مطالعه حاضر، مقایسه اثر حاد دو نوع فعالیت ورزشی تناوبی شدید با هزینه انرژی یکسان و توده عضلانی درگیر متفاوت، بر اکسایش سوبسترا، اشتها و لذت درک شده از فعالیت ورزشی در مردان دارای اضافه‌وزن یا چاق بود. **مواد و روشها:** ۱۰ مرد جوان دارای اضافه‌وزن یا چاق (شاخص توده بدن ۲/۹۷±۲۹/۹۵ کیلوگرم بر مترمربع) در سه شرایط شامل فعالیت ورزشی تاباتا (۲۰ دقیقه با شدت تقریبی ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی)، فعالیت ورزشی روی چرخ کارسنج (۲۳ دقیقه با شدت تقریبی ۶۶ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) و کنترل بررسی شدند. گازهای تنفسی آزمودنی‌ها در حالت پایه، حین و در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی با دستگاه تحلیل‌کننده گازهای تنفسی، تجزیه‌وتحلیل شد. اشتهای افراد قبل، بلافاصله و سه ساعت پس از فعالیت ورزشی اندازه‌گیری شد. لذت درک شده از فعالیت ورزشی نیز بلافاصله پس از فعالیت ورزشی سنجش شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد در طی سه ساعت پس از فعالیت، اکسایش چربی در فعالیت ورزشی تاباتا در مقایسه با چرخ کارسنج و شرایط کنترل به‌طور معنادار بیشتر بود (P=۰/۰۱) و اکسایش کربوهیدرات در فعالیت ورزشی تاباتا نیز نسبت به شرایط کنترل به‌طور معنادار کمتر بود (P=۰/۰۴). بین مقدار اکسیژن مصرفی اضافی و هزینه انرژی در طول سه ساعت پس از فعالیت ورزشی، تفاوت معناداری بین دو فعالیت ورزشی وجود نداشت. همچنین، نسبت تبادل تنفسی در بازه‌های زمانی ۳۰-۰، ۱۵۰-۱۲۰، ۱۸۰-۱۵۰ دقیقه و در مجموع سه ساعت پس از فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج بیشتر بود (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۲، ۰/۰۲ و ۰/۰۵). در نهایت، در سه ساعت پس از فعالیت ورزشی، اشتها صرف‌نظر از وجود و نوع مداخله افزایش یافت (P=۰/۰۱). بین لذت درک شده از فعالیت‌های ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج تفاوت معناداری وجود نداشت (P=۰/۴۱). **نتیجه گیری:** به نظر می‌رسد انجام فعالیت ورزشی تاباتا که توده عضلانی بیشتری را درگیر می‌کند، در مقایسه با فعالیت ورزشی با هزینه انرژی یکسان روی چرخ کارسنج، علی‌رغم عدم تفاوت در میزان اشتها و لذت درک شده از فعالیت ورزشی، باعث اکسایش بیشتر چربی پس از فعالیت ورزشی در مردان دارای اضافه‌وزن یا چاق می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فعالیت ورزشی شدید، اکسایش چربی، تنظیم اشتها، اکسیژن مصرفی پس از فعالیت ورزشی، توده عضلانی

۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲ استاد گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. نویسنده مسئول: m_saghebjoo@birjand.ac.ir
۳ استاد گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
٤ استادیار گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

مقدمه

چاقی یک بیماری چندعاملی است که آثار نامطلوب تندرستی و پیامدهای منفی اقتصادی دارد (۱). ازآنجاکه علت اولیه چاقی عدم تعادل بین دریافت و هزینه انرژی در درازمدت است؛ بنابراین مسیر مبارزه با چاقی (به‌استثنای مداخلات دارویی) لزوماً از طریق ایجاد تعادل منفی انرژی می‌گذرد. فعالیت ورزشی می‌تواند از طریق افزایش هزینه انرژی باعث ایجاد تعادل منفی انرژی شود و تعادل منفی بیشتر به معنای کاهش وزن بیشتر است (۲). مطالعات زیادی اثربخشی برنامه‌های ورزشی با ساختارهای مختلف به لحاظ تعداد جلسات تمرین در هفته (۳)، حجم (۴) و نوع فعالیت ورزشی (۵) را برای کاهش وزن مورد مطالعه قرار داده‌اند. امروزه تمرینات تناوبی شدید[1] (HIIT) به یک راهبرد محبوب برای کاهش وزن تبدیل شده است (۶). این تمرینات برای افراد چاق قابلیت اجرایی دارد و به‌خوبی تحمل می‌شود (۷) و از نظر تأثیرگذاری بر ترکیب بدنی نسبت به تمرینات تداومی با شدت متوسط به ۴۰ درصد مدت‌زمان کمتر نیاز دارد (۵) که به لحاظ زمانی بسیار مقرون‌به‌صرفه است و در افراد چاق نیز لذت‌بخش‌تر است (۸). علاوه بر این، اکسیژن مصرفی اضافی پس از فعالیت ورزشی[2] (EPOC) که در نتیجه فشارهای متابولیکی تمرینات شدید ایجاد می‌شود، هزینه انرژی پس از این تمرینات را افزایش می‌دهد (۹) و ممکن است یکی از سازوکارهای کاهش چربی بدن باشد. جمع‌بندی مطالعات انجام شده در زمینه بهینه‌سازی HIIT برای مدیریت چاقی دشوار می‌باشد؛ با این حال در مطالعه متاآنالیز تورک و همکاران، این‌گونه نتیجه‌گیری شد که HIIT نسبت به تمرینات سنتی برای کاهش درصد چربی بدن افراد چاق مناسب‌تر است و برنامه تمرینی اکثر مطالعات گزارش شده، شامل ۵-۳ جلسه تمرین هفتگی به‌صورت رکاب زدن، پیاده‌روی و دویدن، مدت زمان تناوب‌ها از ۱۰ ثانیه تا چهار دقیقه، تعداد تکرارها شامل ۱۲-۴ تکرار و شدت فعالیت ورزشی مورد استفاده، ۱۰۰-۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب بود (۷). در مجموع به نظر می‌رسد HIIT یک روش تمرینی نوید بخش برای افزایش اکسایش و کاهش چربی بدن باشد و در نهایت به کاهش وزن منجر شود.

اختلال در اکسایش چربی یکی از عوامل مهم در بروز چاقی است و چند سازوکار فیزیولوژیکی شامل کاهش فعالیت آنزیم‌های واکنش‌های بتا اکسایش، کاهش فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز عضله اسکلتی و فراخوانی نامناسب ذخایر چربی در بروز این اختلال مؤثر است. اگرچه فعالیت ورزشی می‌تواند اکسایش چربی را افزایش دهد، اما فراخوانی اسیدهای چربی غیر استری[3] (NEFA) بافت چربی، از عوامل محدودکننده اکسایش چربی در طی فعالیت ورزشی و به‌ویژه در فعالیت‌های ورزشی شدید است. با این حال، از حدود یک ساعت پس از فعالیت ورزشی، فعالیت لیپولیزی و فراخوانی NEFA از بافت چربی زیرپوستی افزایش می‌یابد و تا بیش از سه ساعت پس از فعالیت ورزشی ادامه می‌یابد (۷)، بنابراین بررسی اکسایش چربی در دوره پس از فعالیت ورزشی در مدیریت چاقی دارای اهمیت است. بر اساس نتایج، انجام HIIT در افزایش اکسایش چربی، هزینه انرژی و کاهش اشتها پس از فعالیت ورزشی و در نهایت کاهش بافت چربی زیرپوستی و شکمی مؤثر است (۱۲-۱۰)، اما نکته قابل توجه این است که در مطالعات قبلی، HIIT اغلب با استفاده از چرخ کارسنج (آزمون وینگیت) انجام شده است (۱۱ و ۱۳) که تنها عضلات اندام تحتانی را درگیر می‌کند؛ بنابراین پاسخ به این سؤال که آیا درگیر نمودن سایر عضلات بدن نیز به نتایج مشابهی منجر می‌شود، ضرورت انجام مطالعات دیگر را مشخص می‌کند. تمرینات تاباتا[4] نوعی تمرین ورزشی تناوبی است

[1] High-Intensity Interval Training
[2] Excess Post-exercise Oxygen Consumption
[3] Nonesterified Fatty Acids
[4] Tabata Training

که به‌طور همزمان عضلات اندام فوقانی، اندام تحتانی و ناحیه تنه را درگیر می‌کند (۱۴). این تمرینات اغلب مترادف HIIT استفاده می‌شود (۱۵) و اولین بار توسط دانشمندی ژاپنی به نام ایزومی تاباتا[1] در سال ۱۹۹۶ معرفی شد. تمرینات تاباتا از وهله‌های فعالیت ورزشی ۲۰ ثانیه‌ای با تمام تلاش و به دنبال آن ۱۰ ثانیه استراحت تشکیل شده است (۱۴ و ۱۵). همچنین ازآنجاکه اجرای تمرینات تاباتا به تجهیزات خاصی نیاز ندارد و در باشگاه‌های ورزشی به‌صورت رایج انجام می‌شود، از طرفی استفاده از چرخ کارسنج برای اجرای HIIT در مطالعات رایج است (۱۳)؛ بنابراین به نظر می‌رسد مقایسه این دو نوع تمرین، می‌تواند به کاهش شکاف بین تجربه و علم کمک کند.

به‌طورکلی، افراد پایبندی[2] کمی به برنامه‌های فعالیت ورزشی دارند و به نظر می‌رسد این موضوع به عوامل متعدد شخصی و جمعیتی بستگی دارد (۱۶). بر اساس گزارش مطالعات، کمبود وقت و لذت‌بخش نبودن، از موانع اصلی پایبندی به برنامه‌های فعالیت ورزشی است (۱۶) که محققان را به سمت بهینه کردن برنامه‌های فعالیت ورزشی به لحاظ زمانی و آثار مقدار–پاسخ سوق می‌دهد، تا افراد بتوانند بر این موانع غلبه کنند. نشان داده شده است که HIIT به لحاظ زمانی و آثار مقدار–پاسخ، جزو تمرینات ورزشی کارآمد محسوب می‌شوند (۱۷). از سوی دیگر، پایبندی به فعالیت ورزشی تا حدی به تجربه لذت در حین یا پس از فعالیت ورزشی نیز بستگی دارد (۱۸)، زیرا رفتاری که باعث افزایش احساس لذت می‌شود، ممکن است به پایبندی بیشتر منجر شود و احساس لذت کمتر نیز باعث تکرار کمتر آن رفتار می‌شود (۱۷). بر اساس نتایج یک مطالعه که از طریق تکمیل کردن پرسشنامه لذت درک شده از فعالیت بدنی[3] (PACES) (۱۹) انجام شد، مشخص شد که فعالیت ورزشی تناوبی شدید نسبت به فعالیت ورزشی مداوم با شدت متوسط، لذت‌بخش‌تر است (۱۷). بسیار جالب است که این یافته، زمانی که درک فشار در فعالیت ورزشی تناوبی شدید نسبت به فعالیت ورزشی مداوم با شدت متوسط بالاتر است، باز هم تأیید گردید. با این حال در مطالعاتی که لذت درک شده از فعالیت‌های ورزشی بررسی شده است، از فعالیت‌های ورزشی تناوبی شدید متنوعی استفاده شده است که مقایسه آن‌ها را با محدودیت مواجه می‌کند. این تفاوت‌ها شامل تفاوت در مدت زمان تناوب‌ها از چند ثانیه تا سه دقیقه است (۱۷)؛ بنابراین یکی از عوامل مؤثر بر لذت درک شده از فعالیت ورزشی در فعالیت‌های ورزشی تناوبی شدید، مدت‌زمان تناوب‌های فعالیت ورزشی است (۲۰). از آنجا که مدت زمان تناوب‌های فعالیت‌های ورزشی منتخب مطالعه حاضر متفاوت است؛ ازاین‌رو مقایسه لذت درک شده از فعالیت‌های ورزشی تناوبی شدید، با مدت‌زمان‌های متفاوت تناوب‌ها، احتمالاً می‌تواند به طراحی فعالیت‌های ورزشی برای احساس لذت بیشتر و در نتیجه پایبندی بیشتر کمک‌کننده باشد.

اگرچه فعالیت ورزشی عمدتاً از طریق افزایش هزینه انرژی به مبارزه با چاقی می‌پردازد، اما تحقیقات در حال بررسی این موضوع هستند که آیا فعالیت ورزشی می‌تواند از طریق تعدیل اشتها بر دریافت انرژی نیز اثرگذار باشد (۲). نتایج مطالعات در این زمینه نا همسو است؛ به‌طوری‌که برخی از مطالعات افزایش اشتها (۲۱)، برخی کاهش اشتها (۲۲) و برخی عدم تغییر اشتها (۲۳) پس از انجام فعالیت ورزشی مشاهده کرده‌اند. بر اساس مطالعه متاآنالیزی که توسط اسکوبرت[4] و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام شد، به نظر می‌رسد دریافت غذای افراد، پس از فعالیت ورزشی تغییر نمی‌کند (۲۴). جالب است که این یافته حتی در فعالیت‌های ورزشی که تغییرات مطلوبی در غلظت پلاسمایی هورمون‌های اشتهاآور و سرکوب‌کننده اشتها به وجود می‌آورد، تأیید می‌شود (۲). از طرفی نشان داده شده است،

[1] Izumi Tabata
[2] Adherence
[3] Physical Activity Enjoyment Scale
[4] Schubert

تجمع بیشتر لاکتات به دنبال یک وهله فعالیت ورزشی شدید، اشتهای پس از فعالیت ورزشی را سرکوب می‌کند (۲۵). همچنین نشان داده شده است که تناوب‌های زمانی کوتاه‌تر، باعث افزایش میزان لاکتات خون می‌شود (۲۶). ازاین‌رو یکی از عوامل میزان تجمع لاکتات، مدت زمان تناوب‌ها هنگام فعالیت ورزشی تناوبی شدید است. در مجموع، پاسخ به این سؤال مشخص نیست که انجام فعالیت‌های ورزشی تناوبی شدید با مدت زمان متفاوت تناوب‌ها، چه تأثیری بر اشتهای پس از فعالیت ورزشی افراد دارد.

با توجه به مطالب ذکرشده پاسخ به این سؤال مشخص نیست که فعالیت ورزشی تناوبی شدید تاباتا که به‌طور همزمان عضلات اندام فوقانی و تحتانی و ناحیه تنه را درگیر می‌کند و بدون استفاده از تجهیزات و با استفاده از وزن بدن انجام می‌شود، در مقایسه با فعالیت ورزشی تناوبی شدید روی چرخ کارسنج، که به طور عمده عضلات اندام تحتانی را درگیر می‌کند و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی انجام می‌شود، چه تأثیراتی بر اکسایش سوبسترا، اشتها و لذت درک شده ناشی از فعالیت‌های ورزشی دارد. از طرفی نشان داده شده است که تنوع تمرینات باعث پایبندی بیشتر به برنامه‌های تمرینی می‌شود (۲۷) که اهمیت طراحی روش‌ها و فعالیت‌های ورزشی دارای تنوع در اجرا مانند فعالیت ورزشی تاباتا را نشان می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد بررسی پاسخ و مقایسه اکسایش سوبسترا، میزان اشتها و لذت درک شده از فعالیت ورزشی پس از فعالیت ورزشی تناوبی شدید تاباتا و چرخ کارسنج، می‌تواند اطلاعات مفیدی در خصوص بهینه‌سازی فعالیت‌های ورزشی به منظور افزایش اکسایش چربی در برنامه‌های کاهش وزن، فراهم آورد.

روش پژوهش

آزمودنی‌ها

جامعه آماری این تحقیق کلیه دانشجویان پسر مقطع کارشناسی (دامنه سنی ۲۳-۱۹ سال) دارای اضافه‌وزن یا چاق ($BMI^{1} \geq$ ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع) دانشگاه بیرجند، شاغل به تحصیل در سال تحصیلی ۹۸-۹۷ بود. ابتدا پیرو فراخوان انجام شده در سطح دانشگاه، از بین افراد داوطلب همکاری، ۱۰ نفر بر اساس معیار ورود به مطالعه که پاسخ منفی به تمام سؤالات پرسشنامه آمادگی برای فعالیت بدنی (PAR-Q)[2] بود، به شیوه هدفمند انتخاب شدند (میانگین و انحراف استاندارد سن ۱/۶۳±۲۰/۷ سال، قد ۸/۴۵±۱۷۷/۸۰ سانتی‌متر، وزن ۱۰/۵۸±۹۴/۶۰ کیلوگرم، شاخص توده بدن ۲/۹۷±۲۹/۹۵ کیلوگرم بر مترمربع و حداکثر اکسیژن مصرفی ۳/۸۵ ± ۳۱/۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه). در مرحله بعد، فرم رضایت‌نامه آگاهانه کتبی شرکت در تحقیق، توسط تمامی شرکت‌کنندگان تکمیل شد. عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه همکاری در طول مطالعه و یا بروز هرگونه آسیب در حین اجرای تمرینات، از معیارهای خروج از مطالعه در نظر گرفته شد. این مطالعه با کد اخلاق IR.BUMS.REC.1397.373 به تصویب کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند رسیده است.

روش انجام تحقیق و نحوه گردآوری اطلاعات

تحقیق حاضر، از نوع مطالعات کاربردی و نیمه تجربی بود. آزمودنی‌ها یک الی دو روز قبل از انجام پروتکل، به‌منظور آشنایی با محیط آزمون و اندازه‌گیری‌های اولیه به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه بیرجند مراجعه نمودند. وزن افراد با استفاده از ترازوی عقربه‌ای با حساسیت ۰/۱ کیلوگرم، بدون کفش و با لباس سبک انجام شد. برای اندازه‌گیری قد، آزمودنی با پای برهنه پشت به دیوار طوری قرار گرفت که پشت پاها، باسن و سر دیوار را لمس کند.

[1] Body Mass Index
[2] Physical Activity Readiness Questionnaire

سپس با استفاده از خط کش که روی سر آزمودنی قرار داده شد و متر نواری با حساسیت نیم سانتی‌متر، قد فرد بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. شاخص توده بدن نیز با استفاده از فرمول وزن (کیلوگرم) بر مجذور قد (متر) محاسبه شد. همچنین آزمودنی‌ها قبل از انجام پروتکل اصلی تحقیق، به‌طور کامل با دستگاه تحلیل‌کننده گازهای تنفسی[1] (مدل متامکس 3B، ساخت کمپانی Cortex آلمان) آشنا شدند. ذکر این نکته نیز ضروری است که با وجود عدم کنترل دقیق رژیم غذایی در طول اجرای تحقیق، از آنجا که تمامی آزمودنی‌ها، دانشجویان ساکن در خوابگاه دانشجویی بودند و از سالن غذاخوری دانشگاه استفاده می‌کردند، لذا در طول مدت اجرای پروتکل تحقیق دارای رژیم غذایی مشابهی بودند.

در مرحله بعد، آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در یک طرح متقاطع در سه حالت تاباتا، چرخ کارسنج و کنترل (با ترتیب تصادفی به دو صورت تاباتا- چرخ کارسنج- کنترل و تاباتا- کنترل- چرخ کارسنج) با فاصله زمانی حداقل هفت روز مورد آزمون قرار گرفتند. در هر مرحله از افراد درخواست شد که از روز قبل از آزمون از هرگونه فعالیت جسمانی زیاد اجتناب نمایند و تنها در فعالیت‌های عادی روزمره شرکت کنند. ازآنجاکه بایستی هر دو برنامه فعالیت ورزشی با هزینه انرژی یکسان انجام می‌شد، ابتدا فعالیت ورزشی تاباتا انجام شد و در حین این فعالیت، هزینه انرژی آزمودنی‌ها توسط دستگاه تحلیل‌کننده گازهای تنفسی ثبت شد و آزمودنی‌ها پس از گذشت حداقل هفت روز به صورت تصادفی برای شرایط کنترل یا انجام فعالیت ورزشی تناوبی شدید دوم با استفاده از چرخ کارسنج (مدل E839 ساخت کمپانی مونارک[2] سوئد) به آزمایشگاه مراجعه کردند. فعالیت ورزشی چرخ کارسنج تا زمانی که به هزینه انرژی یکسان با فعالیت ورزشی تاباتا برسد، ادامه می‌یافت. لازم به ذکر است که تمامی مراحل آزمون‌ها و اجرای طرح تحقیق، توسط یک آزمونگر انجام شد.

در روز انجام پروتکل اصلی، در ساعت ۱۳-۱۲ یک وعده ناهار مشابه شامل سالاد الویه (۲۰۰ گرم) و نان لواش (۱۴۰ گرم) به آزمودنی‌ها داده شد. پس از گذشت ۶-۵ ساعت درحالی‌که در این فاصله زمانی هیچ‌گونه ماده غذایی توسط شرکت‌کنندگان مصرف نگردید (نوشیدن آب آزادانه بود)، آزمودنی‌ها در ساعت حدود ۱۸ به آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشگاه بیرجند مراجعه نمودند. پس از ۱۰ دقیقه استراحت، ابتدا تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی به مدت نیم ساعت به‌صورت درازکش به‌عنوان حالت پایه انجام پذیرفت، سپس فعالیت ورزشی انجام شد. تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی، در تمام مدت اجرای فعالیت ورزشی انجام شد. پس از آن، تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی به مدت سه ساعت در حالت درازکش انجام شد. قبل از اندازه‌گیری‌ها، دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی با کپسول حاوی گازهای استاندارد (O_2 ۱۶ درصد و CO_2 ۵ درصد) کالیبره شد. برای اندازه‌گیری گازهای تنفسی در تمام مراحل آزمون، ماسک دستگاه بر روی صورت آزمودنی‌ها قرار گرفت. ذکر این نکته ضروری است که بر روی ماسک و در مسیر تنفس، حس‌گری قرار دارد که با هر بازدم تحریک شده و توسط دستگاه از طریق لوله‌ای که روی ماسک وجود دارد؛ عمل نمونه‌گیری از گاز صورت می‌گیرد. در این روش که مدار باز نامیده می‌شود، متغیرها نفس به نفس اندازه‌گیری و توسط رایانه ثبت و ذخیره می‌شود. در پایان نمونه‌گیری، تمامی اطلاعات مربوط به اکسایش چربی و کربوهیدرات، EPOC، هزینه انرژی و RER، در قالب خروجی دستگاه به‌صورت فایل اکسل در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که ماسک دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی، در تمام مدت نیم ساعت قبل از فعالیت، حین فعالیت و در طی سه ساعت پس از فعالیت روی صورت آزمودنی قرار داشت. افراد در

[1] Gas Analysis System
[2] Monark

شرایط کنترل به مدت معادل انجام فعالیت ورزشی، در حالت استراحت قرار گرفتند و گازهای تنفسی آن‌ها تحلیل شد.

برای اندازه‌گیری اشتها، از پرسشنامه اشتها (۲۸) و مقیاس آنالوگ بصری[1] (VAS) استفاده شد. اشتها در سه نوبت، شامل قبل و بلافاصله پس از فعالیت ورزشی و همچنین سه ساعت پس از فعالیت ورزشی اندازه‌گیری شد. مقیاس آنالوگ بصری از صفر تا ۱۰ سانتی‌متر تقسیم‌بندی شده است. نمره صفر معادل با اصلا و نمره ۱۰، نشان‌دهنده بیش از حد است. بنابراین تقسیم‌بندی کیفی، به منظور پاسخ راحت‌تر آزمودنی به سوالات پرسشنامه است. میزان اشتها مقدار نمره‌ای است که فرد در این آزمون کسب کرده است. این پرسشنامه شامل چهار سؤال به شرح ذیل می‌باشد: چقدر میل به غذا خوردن دارید؟، ۲- چقدر احساس گرسنگی می‌کنید؟، ۳- چقدر احساس سیری می‌کنید؟ و ۴- چقدر فکر می‌کنید می‌توانید بخورید؟ (۲۸).

برای سنجش لذت درک شده از فعالیت ورزشی نیز از پرسشنامه PACES استفاده شد که شامل ۱۸ سؤال است و افراد نظر خود در مورد هر سؤال را روی یک طیف ۷ ارزشی نشان می‌دهند. ارزیابی میزان لذت درک شده، از طریق مجموع امتیازات ۱۸ سؤال حاصل می‌شود. آزمودنی‌ها، بلافاصله پس از اتمام فعالیت ورزشی، میزان لذت درک شده از فعالیت ورزشی را از طریق تکمیل این پرسشنامه گزارش نمودند. روایی و اعتبار این پرسشنامه برای مردان و زنان بزرگ‌سال به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۹۳ گزارش شده است (۱۹). لازم به ذکر است که نسخه اصلی این پرسشنامه به زبان انگلیسی و پاسخنامه آن هفت ارزشی است که روایی‌سنجی و اعتبار یابی آن در داخل کشور انجام نشده است. با این حال، روایی پرسشنامه که بر اساس پاسخنامه پنج ارزشی لیکرت تنظیم شده است، در یک مطالعه داخلی توسط ۱۲ تن از استادان حوزه مدیریت ورزشی تأیید گردید و اعتبار آن نیز، ۰/۹۱ به دست آمد (۲۹).

محاسبه حداکثر اکسیژن مصرفی

همه آزمودنی‌ها دو روز قبل از آزمون، با چرخ کارسنج مونارک آشنا شدند. برای تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی[2] (VO2max)، آزمودنی‌ها یک آزمون وامانده ساز روی چرخ کارسنج را انجام دادند و گازهای بازدمی از طریق دستگاه تحلیل‌کننده گازهای تنفسی جمع‌آوری شد. بدین منظور، آزمودنی‌ها با بارکاری ۵۰ وات درحالی‌که سرعت رکاب زدن روی ۷۰ دور در دقیقه تنظیم شد، شروع به رکاب زدن نمودند و سه دقیقه فعالیت را با همین سرعت و بارکاری، به‌منظور گرم کردن ادامه دادند و بعد از آن بارکاری هر دو دقیقه، ۲۵ وات افزایش یافت تا آزمودنی به واماندگی یا به معیارهای از پیش تعیین شده (یعنی عدم افزایش اکسیژن مصرفی با افزایش بارکاری و/یا بالا رفتن نسبت تبادلی تنفسی بیشتر از ۱/۱۵) برسد. برای محاسبه VO2max، میانگین اکسیژن مصرفی در ۶۰ ثانیه آخر آزمون در نظر گرفته شد (۳۰).

فعالیت ورزشی تناوبی شدید تاباتا

در ابتدا آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه روی چرخ کارسنج بدون بار به‌منظور گرم کردن، به‌آرامی رکاب زدند و در ادامه فعالیت ورزشی تاباتا را انجام دادند. تمرینات تاباتا در کل ۲۰ دقیقه طول کشید. این تمرینات شامل چهار بخش است که بین هر دو بخش یک دقیقه استراحت وجود دارد. هر بخش از دو نوبت تشکیل شده است. هر نوبت شامل چهار حرکت، هر حرکت شامل ۲۰ ثانیه فعالیت ورزشی شدید و بین هر دو حرکت ۱۰ ثانیه استراحت وجود دارد (۱۴). حرکات مربوطه در جدول ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که هزینه انرژی آزمودنی‌ها در حین فعالیت

[1] Visual Analog Scale
[2] Maximal Oxygen Uptake

ورزشی تناوبی شدید تاباتا ثبت شد. از آنجا که بر اساس منبع مورد استفاده در مطالعه حاضر، حرکات و مدت تمرینات تاباتا ثابت است (جدول ۱)، لذا ابتدا این تمرینات در بازه زمانی مشخص شده (۲۰ دقیقه) انجام شد سپس بر اساس هزینه انرژی این فعالیت برای هر آزمودنی، مدت فعالیت ورزشی چرخ کارسنج محاسبه و مطابق آن فعالیت روی چرخ کارسنج اجرا گردید.

جدول ۱: حرکات فعالیت ورزشی ۲۰ دقیقه‌ای تاباتا

	دقیقه اول	دقیقه دوم	دقیقه سوم	دقیقه چهارم
بخش اول	زانو بلند[1]	پلانک پانچ[2]	حرکت پروانه[3]	ساید اسکیترز[4]
بخش دوم	طناب زدن[5]	این/اوت بوت[6]	پرش خطی[7]	پانچ آپس[8]
بخش سوم	بورپی[9]	چرخش	اسکوات[11]	لانگز[12]
بخش چهارم	حرکت	شنای سوئدی[14]	اسکوات پا	پرش روی

هر حرکت با نسبت ۲۰ ثانیه کار و ۱۰ ثانیه استراحت دو بار تکرار شد.

فعالیت ورزشی تناوبی شدید چرخ کارسنج

فعالیت ورزشی روی چرخ کارسنج با پنج دقیقه رکاب زدن بدون بار به‌عنوان گرم کردن آغاز شد. سپس آزمودنی‌ها چهار دقیقه با سرعت ۱۰۰-۷۰ دور در دقیقه و ۷۴ درصد بارکاری حداکثر، رکاب زدند و دو دقیقه استراحت غیرفعال داشتند. با پایان دو دقیقه استراحت، آزمودنی‌ها دوباره چهار دقیقه با سرعت ۱۰۰-۷۰ دور در دقیقه رکاب زدند و به دنبال آن دو دقیقه استراحت کردند (۳۰). این چرخه تا زمانی که به هزینه انرژی یکسانی با فعالیت ورزشی تاباتا برسد، ادامه یافت که به‌طور میانگین مدت‌زمان فعالیت ورزشی حدود ۲۳ دقیقه طول کشید. میانگین اکسیژن مصرفی در حین فعالیت ورزشی تقریباً ۶۶ درصد VO2max بود.

ویژگی‌های هر دو فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس دستورالعمل‌های کالج آمریکایی طب ورزش که فعالیت ورزشی شدید را ۹۰-۶۴ درصد VO2max تعریف می‌کند (۳۱ و ۳۲)، هر دو نوع فعالیت ورزشی مورد استفاده در مطالعه حاضر، فعالیت ورزشی شدید محسوب می‌شوند.

[1] High knee run
[2] Plank punch
[3] Jumping jacks
[4] Side skaters
[5] Jump rope
[6] In/out boat
[7] Line jumps
[8] Punch-ups
[9] Burpees
[10] Russian twists
[11] Squats
[12] Lunges
[13] Mountain climbers
[14] Push-ups
[15] Split squats
[16] Box jumps

جدول ۲: ویژگی‌های فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج (میانگین ± انحراف معیار)

شاخص‌ها	تاباتا	چرخ کارسنج
هزینه انرژی (کیلوکالری)	۲۱۵/۷۷ ± ۱۸/۴۳	۲۱۷/۷۵ ± ۲۶/۵۱
شدت فعالیت ورزشی (درصد حداکثر اکسیژن مصرفی)	۷۴/۸۸ ± ۱۱/۱۷	۶۵/۵۶ ± ۵/۵۱
مدت‌زمان فعالیت ورزشی (دقیقه)	۲۰	۲۳/۰۰ ± ۳/۶۳

روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور اطمینان یافتن از طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک و برای حصول اطمینان از همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر دوطرفه و آزمون تعقیبی بونفرونی و برای مقایسه لذت درک شده دو فعالیت ورزشی از آزمون T زوجی استفاده شد. کلیه محاسبات آماری از طریق نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ در سطح معناداری P≤۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۳ نتایج آزمون‌های آماری مربوط به متغیرهای تحقیق ارائه شده است. مقایسه بین گروهی نشان داد که در اکسایش چربی و کربوهیدرات در حالت پایه بین سه شرایط تفاوت معناداری وجود ندارد (مقادیر P به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۱۸). اکسایش چربی هنگام فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج نسبت به شرایط کنترل، به‌طور معناداری کمتر بود (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱) و اکسایش کربوهیدرات هنگام فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به شرایط دیگر به‌طور معناداری بیشتر بود (P=۰/۰۰۰۱). همچنین افرادی که فعالیت ورزشی چرخ کارسنج انجام دادند نیز نسبت به شرایط کنترل به‌طور معناداری اکسایش کربوهیدرات بیشتری داشتند (P=۰/۰۰۰۱).

در طی سه ساعت پس از فعالیت نیز اکسایش چربی و کربوهیدرات فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به دو شرایط دیگر به‌طور معناداری به ترتیب بیشتر و کمتر بود (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۲) و بین فعالیت ورزشی چرخ کارسنج و کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد (P=۰/۹۹).

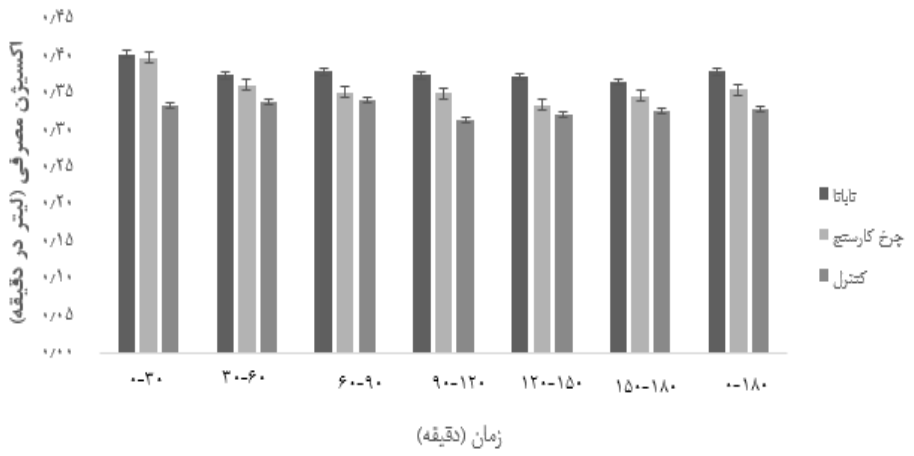
مقایسه درون‌گروهی متغیرهای تحقیق نشان داد که میزان اکسایش چربی در فعالیت ورزشی تاباتا در حین و تا سه ساعت پس از فعالیت نسبت به حالت پایه به‌طور معناداری به ترتیب کاهش و افزایش یافت (P=۰/۰۰۰۱). در فعالیت ورزشی چرخ کارسنج، میزان اکسایش چربی تا سه ساعت پس از فعالیت نسبت به حالت پایه افزایش معناداری داشت (P=۰/۰۰۳) و برای شرایط کنترل نیز در طول سه ساعت اندازه‌گیری و تجزیه تحلیل گازهای تنفسی، نسبت به حالت پایه افزایش معناداری مشاهده شد (P=۰/۰۴). همچنین اکسایش کربوهیدرات در حین فعالیت در شرایط تاباتا و چرخ کارسنج نسبت به حالت پایه افزایش معناداری داشت (P=۰/۰۰۰۱)، اما در طی سه ساعت پس از فعالیت نسبت به حالت پایه کاهش معناداری یافت (۰/۰۰۰۱). در شرایط کنترل نیز اکسایش کربوهیدرات در دو زمان دیگر نسبت به حالت پایه به‌طور معناداری کاهش یافت (P=۰/۰۰۰۱).

در ارتباط با EPOC و هزینه انرژی در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد بین شرایط مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد (مقادیر P به ترتیب ۰/۷۰ و ۰/۵۲) (شکل ۱ و ۲).

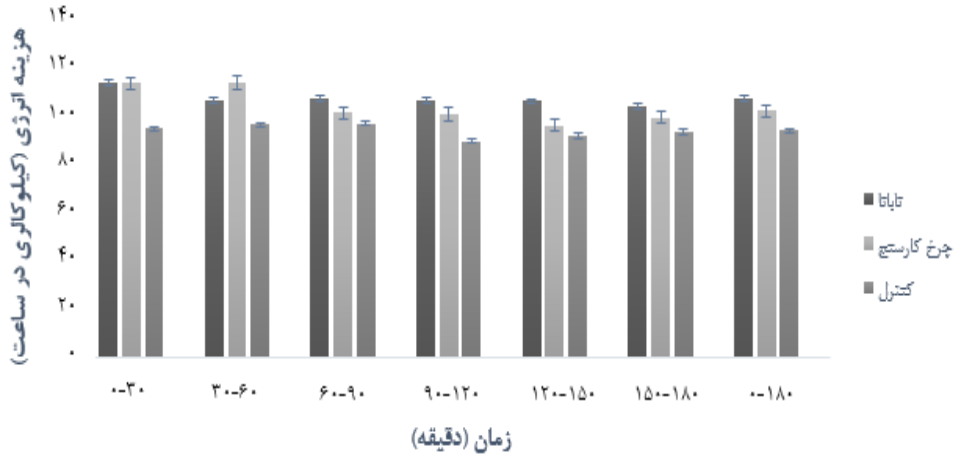
جدول ۳: مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) **اکسایش سوبسترا در قبل، حین و پس از فعالیت ورزشی**

شاخص‌ها		حالت پایه	حین فعالیت	سه ساعت پس از فعالیت	P درون‌گروهی
کربوهیدرات (گرم در ساعت)	تاباتا	£۱۲/۹±۳/۱۷	£*۱۳۸/۲۰±۱۰/۶۹	£$۶/۵۰±۳/۷۱	۰/۰۰۰۱
	چرخ کارسنج	£۱۵/۷۰±۳/۶۵	£*۱۰۲/۷۰±۱۱/۵۰	£۹/۹۰±۲/۹۲	۰/۰۰۰۱
	کنترل	£۱۵/۳۰±۳/۹۱	۱۰/۶۰±۴/۰۰	۱۰/۱۰±۲/۶۸	۰/۰۰۰۱
	P بین گروهی	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	
چربی (گرم در ساعت)	تاباتا	∫۴/۴۰±۲/۰۱	£۲/۲۰±۱/۶۱	£*۷/۵۰±۱/۸۴	۰/۰۰۰۱
	چرخ کارسنج	¥۳/۱۰±۱/۴۴	¥۲/۸۰±۰/۷۸	۵/۳۰±۱/۷۰	۰/۰۰۵
	کنترل	¥۳/۷۰±۱/۴۱	*۴/۹۰±۱/۷۹	۵/۳۰±۱/۰۵	۰/۰۲۱
	P بین گروهی	۰/۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	

* وجود تفاوت معنادار با شرایط دیگر **$** وجود تفاوت معنادار با شرایط کنترل **£** وجود تفاوت معنادار با زمان‌های دیگر ∫وجود تفاوت معنادار با حین و سه ساعت پس از فعالیت **¥** وجود تفاوت معنادار با سه ساعت پس از فعالیت (**P** ≤ ۰/۰۵)



شکل ۱: مقایسه EPOC در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی تاباتا، چرخ کارسنج و کنترل. نتایج بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.



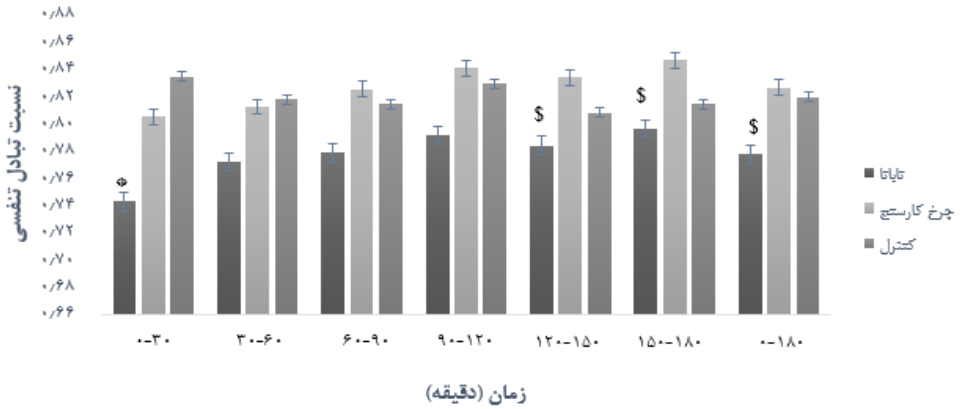
شکل ۲: مقایسه هزینه انرژی در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی تاباتا، چرخ کارسنج و کنترل. نتایج بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

از دیگر یافته‌های مطالعه حاضر این بود که مقدار RER در طی ۳۰ دقیقه اول (۳۰-۰ دقیقه) پس از فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به زمان مشابه در فعالیت روی چرخ کارسنج و کنترل به‌طور معناداری کمتر بود (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۰۳) و همچنین در طی ۳۰ دقیقه پنجم (۱۵۰-۱۲۰ دقیقه) و ششم (۱۸۰-۱۵۰ دقیقه) و طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی (۱۸۰-۰ دقیقه)، مقدار RER فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به فعالیت ورزشی روی چرخ کارسنج به‌طور معناداری کمتر (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۵) و در زمان‌های مشابه با شرایط کنترل تفاوت معناداری نداشت (مقادیر P به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۲۸ و ۰/۴۱). بین مقادیر RER در بازه‌های زمانی ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ دقیقه پس از فعالیت ورزشی، تفاوت معناداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (شکل ۳).

ذکر این نکته ضروری است که در طی فعالیت ورزشی شدید میزان اکسایش سوبسترای تعیین شده توسط کالری-متری غیر مستقیم می‌تواند اکسایش کربوهیدرات را بیشتر و اکسایش چربی را کمتر برآورد کند (۳۳)؛ بنابراین تمرکز بر تفسیر داده‌های اکسایش سوبسترا در زمان پس از فعالیت ورزشی است.

نتایج آزمون آماری مربوط به اندازه‌گیری اشتهای آزمودنی‌ها در قبل، بلافاصله و سه ساعت پس از فعالیت ورزشی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که سه ساعت پس از فعالیت ورزشی، تمایل به غذا و میزان گرسنگی صرف‌نظر از وجود و نوع مداخله ورزشی به ترتیب نسبت به مقادیر قبل و بلافاصله پس از فعالیت ورزشی افزایش معنادار داشت (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۰۲). در احساس سیری و توانایی خوردن نیز در هیچ شرایطی تغییر معناداری مشاهده نشد (مقادیر P به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۳۳). در مقایسه بین گروهی شاخص‌های اشتها در قبل، بلافاصله و سه ساعت پس از فعالیت ورزشی تفاوت معناداری مشاهده نشد.

از دیگر نتایج مطالعه این بود که بین لذت درک شده از فعالیت‌های ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج تفاوت معناداری وجود نداشت (P=۰/۴۱) (جدول ۵).



شکل ۳: مقایسه نسبت تبادل تنفسی در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی تاباتا، چرخ کارسنج و کنترل، نتایج بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. * وجود تفاوت معنادار با فعالیت ورزشی چرخ کارسنج و شرایط کنترل در سطح $P \leq ۰/۰۵$، $ وجود تفاوت معنادار با فعالیت ورزشی چرخ کارسنج در سطح $P \leq ۰/۰۵$

جدول ۴: مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) شاخص‌های اشتها در قبل، بلافاصله و سه ساعت پس از فعالیت ورزشی

شاخص‌ها	شرایط	قبل از فعالیت ورزشی	بلافاصله پس از فعالیت ورزشی	سه ساعت پس از فعالیت ورزشی
سؤال ۱ تمایل به غذا	تاباتا	۷/۴۵±۳/۰۲	۹/۱۰±۳/۸۷	۱۰/۳۰±۳/۸۷
	چرخ کارسنج	۸/۹۳±۲/۶۶	۹/۲۵±۱/۴۶	۱۱/۵۰±۱/۶۹
	کنترل	۹/۶۶±۲/۵۱	۱۰/۱۱±۲/۸۴	۱۰/۱۱±۳/۰۲
سؤال ۲ میزان گرسنگی	تاباتا	۷/۶۰±۳/۷۵	۷/۹۵±۳/۱۳	۱۰/۱۰±۳/۵۴
	چرخ کارسنج	۸/۵۶±۲/۵۱	۹/۰۶±۲/۰۶	۱۰/۵۶±۲/۵۴
	کنترل	۸/۲۲±۲/۸۲	۸/۰۵±۳/۱۷	۸/۹۴±۳/۲۶
سؤال ۳ احساس سیری	تاباتا	۷/۶۰±۲/۹۵	۶/۴۵±۲/۶۹	۴/۹۰±۳/۲۰
	چرخ کارسنج	۵/۴۳±۲/۶۹	۵/۶۲±۱/۸۶	۴/۴۳±۲/۶۲
	کنترل	۴/۷۷±۲/۳۳	۵/۱۱±۲/۱۱	۴/۷۲±۲/۲۶
سؤال ۴ توانایی خوردن	تاباتا	۹/۴۵±۲/۹۹	۸/۶۵±۲/۲۹	۱۰/۵۰±۳/۵۹
	چرخ کارسنج	۸/۳۱±۲/۵۶	۹/۸۱±۲/۱۵	۱۰/۷۵±۱/۶۰
	کنترل	۱۰/۳۳±۱/۶۰	۱۰/۷۷±۱/۹۲	۱۰/۹۴±۲/۴۵

جدول ۵: مقایسه مقادیر (میانگین ± انحراف معیار) لذت درک شده بلافاصله پس از فعالیت ورزشی

شاخص	فعالیت ورزشی تاباتا	فعالیت ورزشی چرخ کارسنج
لذت درک شده از فعالیت ورزشی	۹۰/۷۰±۱۳/۴۳	۹۵/۷۰±۹/۴۵

بحث و بررسی

در این تحقیق پاسخ اکسایش سوبسترا، اشتها و لذت درک شده از فعالیت ورزشی متعاقب انجام دو پروتکل مختلف فعالیت ورزشی تناوبی شدید با هزینه انرژی یکسان در مردان دارای اضافه‌وزن یا چاق بررسی شد. یافته اصلی تحقیق حاضر این است که با این‌که هزینه انرژی حین و پس از فعالیت ورزشی هر دو فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج یکسان بود و همچنین با توجه به دستورالعمل‌های ACSM هر دو نوع فعالیت ورزشی در دسته فعالیت‌های ورزشی شدید جای می‌گیرند (۳۱)، اما اکسایش چربی در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی در فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به فعالیت ورزشی چرخ کارسنج به‌طور معناداری بیشتر بود. البته بایستی گفته شود درست است که با توجه به دستورالعمل‌های ACSM هر دو فعالیت ورزشی جزو فعالیت‌های ورزشی شدید قرار می‌گیرند، اما شدت فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج کمی بیشتر بود (حدود ۷۵ در مقایسه با ۶۶ درصد VO2max). لروکس (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای اثر دو فعالیت ورزشی تداومی و تناوبی شدید با هزینه انرژی یکسان را بر اکسایش سوبسترا در مردان جوان مورد بررسی قرار داد. فعالیت ورزشی تداومی، رکاب زدن به مدت ۴۵ دقیقه با شدت ۶۰ درصد VO2max و فعالیت ورزشی تناوبی شدید به‌صورت رکاب زدن با تناوب‌های فعالیت و استراحت به‌ترتیب با شدت ۱۵۰ درصد VO2max (۳۰ ثانیه) و ۴۰ درصد VO2max (۶۰ ثانیه) انجام شد. نتایج نشان داد که فعالیت ورزشی تناوبی شدید نسبت به فعالیت ورزشی تداومی با هزینه انرژی یکسان، چربی بیشتری را در مدت ۹۰ دقیقه پس از فعالیت ورزشی اکسید می‌کند (۳۴)؛ بنابراین می‌توان گفت یکی از دلایل احتمالی بیشتر بودن اکسایش چربی در فعالیت ورزشی تاباتا در مطالعه حاضر نیز همین بیشتر بودن شدت فعالیت ورزشی است. البته بایستی توجه داشت که در مطالعه لروکس (۲۰۱۹) فعالیت ورزشی تناوبی شدید با فعالیت ورزشی تداومی مقایسه شده است و در مطالعه حاضر هر دو نوع فعالیت، تناوبی شدید هستند. در مطالعه‌ای دیگر ایسلام، تونسند و هازل[1] (۲۰۱۸) نشان دادند که بین شدت فعالیت ورزشی و اکسایش چربی در مدت‌زمان پس از فعالیت ورزشی یک رابطه مقدار–پاسخ وجود دارد (۳۵). در این مطالعه اکسایش چربی در طی دو ساعت پس از سه نوع فعالیت ورزشی مورد بررسی قرار گرفت. سه نوع فعالیت ورزشی این مطالعه به‌صورت ۳۰ دقیقه دویدن با شدت ۶۵ درصد VO2max، ۳۰ دقیقه دویدن با شدت ۸۵ درصد VO2max و ۴ وهله ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با حداکثر سرعت و ۴ دقیقه استراحت بین هر وهله بود. از نتایج مهم این مطالعه این بود که اکسایش چربی در طی دو ساعت پس از فعالیت ورزشی در بین دو فعالیت ورزشی دویدن با شدت ۶۵ و ۸۵ درصد VO2max باهم تفاوتی نداشتند و همچنین هزینه انرژی گروهی که با ۸۵ درصد VO2max دویده بودند بیشتر بود. ازاین‌رو بعید به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر که اختلاف شدت بین دو فعالیت ورزشی (شدت تقریبی ۷۵ در مقایسه با ۶۶ درصد VO2max) نسبت به مطالعه ایسلام، تونسند و هازل (۲۰۱۸) کمتر بوده است و همچنین هر دو فعالیت با هزینه انرژی یکسان انجام شده است، بیشتر بودن اکسایش چربی در

[1] Islam, Townsend & Hazell

فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج، تنها ناشی از اختلاف شدت فعالیت ورزشی باشد؛ ازاین‌رو به نظر می‌رسد دلایل احتمالی دیگر از جمله تفاوت در حجم توده عضلانی درگیر، تفاوت در نوع حرکات و در واقع گروه‌های عضلانی درگیر و تفاوت در مدت‌زمان تناوب‌های فعالیت‌های ورزشی تناوبی وجود داشته باشد. فاریناتی، نتو و آموریم[1] (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای اکسایش سوبسترا در حین و پس از انجام فعالیت ورزشی مقاومتی با توده عضلانی درگیر متفاوت را موردبررسی قرار دادند و نشان دادند که اکسایش چربی پس از فعالیت ورزشی در گروهی که توده عضلانی بیشتری را تمرین داده بودند بیشتر بود (۳۶). همچنین در مطالعه‌ای توسط زارعی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داده شد که اکسایش چربی در فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج بیشتر بود (۳۷) و اعتقاد بر این است که هنگام فعالیت روی نوارگردان نسبت به چرخ کارسنج توده عضلانی بیشتری به کار برده می‌شود (۳۸)، بنابراین می‌توان گفت یکی از دلایل احتمالی بیشتر بودن اکسایش چربی پس از فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج در تحقیق حاضر تفاوت در توده عضلانی درگیر است؛ زیرا همان‌طور که ذکر شد فعالیت ورزشی تاباتا نوعی فعالیت ورزشی است که به‌طور همزمان عضلات اندام فوقانی، اندام تحتانی و ناحیه تنه را درگیر می‌کند (۱۵). ازآنجاکه کاتکولامین‌ها، لیپولیز را در هنگام فعالیت ورزشی به‌شدت فعال می‌کنند (۳۹) و همچنین کاتکولامین ها در تناسب با توده عضلانی به کاربرده شده، رها می‌شوند (۴۰)، این احتمال وجود دارد که غلظت کاتکولامین ها هنگام فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج بیشتر باشد. در نتیجه بیشتر بودن اکسایش چربی پس از فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج منطقی به نظر می‌رسد.

از دیگر نتایج مطالعه حاضر این بود که اکسایش کربوهیدرات در طی سه ساعت پس از فعالیت نسبت به حالت پایه کاهش یافت، اما بین دو فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج تفاوت معناداری مشاهده نشد. بر اساس مبانی نظری می‌توان گفت که با افزایش اکسایش چربی، اکسایش کربوهیدرات کاهش می‌یابد (۴۱). بنابراین کاهش اکسایش کربوهیدرات در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی به دلیل تغییر سوخت به سمت چربی است که نتایج ما از این موضوع حمایت می‌کند، زیرا اکسایش چربی در زمان سه ساعت پس از فعالیت ورزشی نسبت به حالت پایه افزایش یافت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین EPOC فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج تفاوت معناداری وجود ندارد. بر اساس مطالعات یکی از عوامل مهم و مؤثر بر EPOC شدت فعالیت ورزشی است؛ به این صورت که فعالیت ورزشی شدیدتر، EPOC بیشتری را باعث می‌شود (۴۲). به دلیل این‌که هر دو نوع فعالیت ورزشی مطالعه حاضر، جزو فعالیت‌های ورزشی شدید قرار می‌گیرند، عدم تفاوت معنادار EPOC بین دو فعالیت ورزشی قابل توجیه است. در همین ارتباط طاهری، نعمتی و همتی فر (۱۳۹۷) تأثیر دو نوع فعالیت ورزشی تناوبی شدید را بر اکسایش چربی و EPOC بررسی کردند و نتیجه گرفتند که میزان EPOC در ۹۰ دقیقه پس از فعالیت ورزشی بین دو نوع فعالیت ورزشی تفاوت معناداری ندارد که با نتایج ما همسو است (۴۳). به نظر می‌رسد به‌کارگیری توده عضلانی بیشتر تأثیر معناداری بر میزان EPOC در مدت سه ساعت پس از فعالیت ورزشی نداشته باشد. از سوی دیگر، میزان RER در بازه زمانی ۳۰-۰ دقیقه پس از فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج و کنترل و در بازه‌های زمانی ۱۵۰-۱۲۰ و ۱۸۰-۱۵۰ دقیقه و طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی نسبت به چرخ کارسنج به‌طور معناداری کمتر بود. ازآنجاکه کمتر بودن میزان RER نشان‌دهنده اکسایش بیشتر چربی است بنابراین دقیقاً با داده‌های مطالعه حاضر مبنی بر بیشتر بودن اکسایش چربی پس از فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج و کنترل همخوانی دارد.

[1] Farinatti, Neto, Amorim

اگرچه فعالیت ورزشی عمدتاً از طریق افزایش هزینه انرژی به مبارزه با چاقی می‌پردازد، اما تحقیقات در حال بررسی این موضوع هستند که آیا فعالیت ورزشی می‌تواند از طریق تعدیل اشتها بر دریافت انرژی نیز اثرگذار باشد (۲). در واقع پیشنهاد شده است که یکی از سازوکارهای کاهش وزن ناشی از فعالیت ورزشی، تغییر در احساس گرسنگی و سیری یا همان اشتها نسبت به یک وهله فعالیت ورزشی است (۴۴). البته برخی از مطالعات نیز عدم تغییر اشتها در پاسخ به فعالیت ورزشی را گزارش کرده‌اند (۲۳). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اشتها سه ساعت پس از فعالیت ورزشی صرف نظر از نوع مداخله و همچنین در شرایط کنترل افزایش یافت. با توجه به این‌که این افزایش اشتها، صرف‌نظر از مداخله و همچنین در شرایط کنترل مشاهده شد و علاوه بر این‌ها با توجه به فاصله زمانی ۹–۸ ساعتی آن با صرف ناهار که به طبع اشتها افزایش می‌یابد؛ بنابراین این افزایش اشتها را می‌توان به ریتم روزانه و نه اثر فعالیت‌های ورزشی افراد نسبت داد. همان‌طور که قبلاً گفته شد، بر اساس مطالعه متاآنالیزی که توسط اسکوبرت و همکاران[1] در سال ۲۰۱۳ انجام شد، به نظر می‌رسد دریافت غذای افراد، پس از فعالیت ورزشی تغییر نمی‌کند (۲۴) که نتایج مطالعه حاضر با این مطالعه متاآنالیز همسو است. یک دلیل احتمالی برای عدم تأثیر فعالیت‌های ورزشی منتخب مطالعه حاضر بر اشتها، می‌تواند کم بودن هزینه انرژی فعالیت ورزشی باشد (تقریباً ۲۱۶ کیلوکالری). به‌عنوان‌مثال در تحقیق ماراکی و همکاران (۲۰۰۵) که افزایش اشتها در اثر فعالیت ورزشی مشاهده شد، هزینه انرژی فعالیت ورزشی آن‌ها ۱۲۳۳ کیلوکالری بود (۴۵). یکی دیگر از یافته‌های تحقیق حاضر، عدم تفاوت معنادار بین اشتهای پس از فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج بود. از آنجا که تجمع بیشتر لاکتات به دنبال یک وهله فعالیت ورزشی شدید، منجر به سرکوب اشتها پس از فعالیت ورزشی (۲۵) و مدت زمان تناوب‌های کوتاه‌تر نیز، باعث افزایش میزان لاکتات خون متعاقب انجام فعالیت ورزشی می‌شود (۲۶)، لذا فرضیه محققین تحقیق حاضر این بود که چون مدت زمان تناوب‌های فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج کوتاه‌تر و شدت فعالیت نیز بیشتر است، بنابراین می‌تواند باعث افزایش لاکتات خون و سرکوب اشتها پس از فعالیت ورزشی شود، اما این فرضیه تأیید نشد. دلیل احتمالی عدم‌تأیید این فرضیه می‌تواند کم بودن هزینه انرژی (تقریباً ۲۱۶ کیلوکالری) و مدت زمان کوتاه (۲۰ دقیقه) فعالیت ورزشی تاباتا باشد.

از دیگر نتایج تحقیق حاضر، نبود تفاوت معنادار بین لذت درک شده از فعالیت‌های ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج بود. به نظر می‌رسد نوع فعالیت ورزشی یکی از عوامل مؤثر بر لذت درک شده از فعالیت ورزشی است؛ به‌طوری‌که افراد، فعالیت‌های ورزشی با ماهیت تناوبی را به فعالیت‌های ورزشی تداومی ترجیح می‌دهند (۴۶)؛ بنابراین یکی از دلایل احتمالی عدم مشاهده تفاوت معنادار، این است که هر دو فعالیت ورزشی مطالعه حاضر ماهیت تناوبی دارند. از عوامل مؤثر بر لذت درک شده از فعالیت‌های ورزشی تناوبی شدید، مدت‌زمان تناوب‌ها است؛ به‌گونه‌ای که مارتیز و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند، تناوب‌های با مدت‌زمان کوتاه‌تر نسبت به تناوب‌های طولانی، لذت‌بخش‌تر است (۲۰) که با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو است. بایستی ذکر شود که فعالیت‌های ورزشی مورد استفاده در مطالعه مارتینز و همکاران (۲۰۱۵)، رکاب زدن روی چرخ کارسنج بود و فقط در شدت و مدت‌زمان تناوب‌ها متفاوت بودند اما در مطالعه حاضر علاوه بر متفاوت بودن شدت تقریبی و مدت‌زمان تناوب‌ها (به ترتیب ۷۵ در مقایسه با ۶۶ درصد VO2max و ۲۰ ثانیه در مقایسه با چهار دقیقه)، نوع حرکات نیز متفاوت بود؛ به‌طوری‌که در فعالیت ورزشی تاباتا عضلات بالاتنه، پایین‌تنه و تنه درگیر است و در فعالیت ورزشی چرخ کارسنج، عضلات پایین‌تنه درگیر است؛ بنابراین یکی از دلایل احتمالی نا همسو بودن نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه مارتیز و همکاران (۲۰۱۵)، می‌تواند تفاوت

[1] Schubert et al

در نوع حرکات مورد استفاده و عضلات درگیر باشد. با توجه به این‌که تناوب‌های با مدت‌زمان کوتاه‌تر نسبت به تناوب‌های طولانی، لذت‌بخش‌تر است (۲۰)، بنابراین فرضیه محققین بر این بود که فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج با درک لذت بیشتری همراه است، اما بایستی ذکر شود که لذت درک شده از فعالیت ورزشی، علاوه بر مدت زمان تناوب‌ها، به شدت فعالیت نیز مرتبط است؛ به‌گونه‌ای که، شدت‌های بالاتر از آستانه بی‌هوازی با پاسخ‌های احساسی منفی‌تر به فعالیت ورزشی مرتبط است (۱۷ و ۴۷). از آنجا که شدت فعالیت ورزشی تاباتا بیشتر بود، به نظر می‌رسد آزمودنی‌ها هنگام فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج، مدت زمان بیشتری را در شدت‌های بالاتر از آستانه بی‌هوازی فعالیت انجام داده‌اند؛ ازاین‌رو یکی از دلایل احتمالی عدم تفاوت لذت درک شده از فعالیت ورزشی بین دو فعالیت ورزشی تاباتا و چرخ کارسنج را می‌توان به تفاوت شدت دو فعالیت ورزشی نسبت داد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی این تحقیق تأثیر دو فعالیت ورزشی تناوبی شدید تاباتا و چرخ کارسنج بر اکسایش سوبسترا اشتها و لذت درک شده از فعالیت ورزشی را موردبررسی قرار داد و نتایج نشان داد علی‌رغم یکسان بودن هزینه انرژی، وضعیت اشتها و لذت درک شده بین دو فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج باعث اکسایش چربی بیشتری در طی سه ساعت پس از فعالیت ورزشی در مردان جوان دارای اضافه‌وزن یا چاق می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد انجام فعالیت ورزشی تاباتا نسبت به چرخ کارسنج، توسط این گروه از افراد باعث چربی‌سوزی بیشتری در ساعات اولیه پس از فعالیت ورزشی می‌شود. با توجه به بالاتر بودن اکسایش چربی متعاقب انجام فعالیت ورزشی تاباتا، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده تأثیر انجام منظم یک دوره تمرینی تاباتا بر تغییرات وزن بدن و درصد چربی نیز مورد بررسی قرار گیرد. مطالعه حاضر دارای محدودیت‌هایی از قبیل کم بودن تعداد آزمودنی‌ها و عدم کنترل دقیق تغذیه آزمودنی‌ها در طول مدت اجرای تحقیق بود، لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر، این موارد مدنظر محققین قرار گیرد. همچنین رویکرد کلی تحقیق حاضر مقایسه دو نوع فعالیت ورزشی رایج مورد استفاده در باشگاه‌های ورزشی (تاباتا) و تحقیقات علمی (چرخ کارسنج)، به‌منظور برداشتن گام کوچکی در جهت کاهش شکاف بین تجربه و علم بود؛ ازاین‌رو، بین این دو پروتکل تفاوت‌هایی شامل: تفاوت در شدت فعالیت ورزشی، حجم توده عضلانی درگیر، نوع حرکات و گروه‌های عضلانی درگیر و مدت‌زمان تناوب‌های فعالیت‌های ورزشی تناوبی وجود داشت و عدم شباهت این تفاوت‌ها نیز به‌عنوان محدودیت دیگر این تحقیق به شمار می‌رود که می‌تواند شناسایی دلایل احتمالی آثار متفاوت این دو نوع پروتکل بر متغیرهای تحقیق را دشوار سازد؛ ازاین‌رو پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، کنترل این متغیرها نیز مدنظر محققین قرار گیرد.

منابع

1. Bray GA, Heisel WE, Afshin A, Jensen MD, Dietz WH, Long M, et al. The science of obesity management: an endocrine society scientific statement. Endocrine Reviews. 2018 Apr; 39(2):79-132.

2. Petridou A, Siopi A, Mougios V. Exercise in the management of obesity. Metabolism. 2019 Mar; 1(92):163-9.

3. Duncan GE, Anton SD, Sydeman SJ, Newton RL, Corsica JA, Durning PE, et al. Prescribing exercise at varied levels of intensity and frequency: a randomized trial. Archives of Internal Medicine. 2005 Nov14; 165(20):2362-9.

4. Tjønna AE, Stølen TO, Bye A, Volden M, Slørdahl SA, Ødegård R, et al. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. Clinical Science. 2009 Feb 1; 116(4):317-26.
5. Wewege M, Van Den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high- intensity interval training vs. moderate- intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta- analysis. Obesity Reviews. 2017 Jun; 18(6):635-46.
6. Obert J, Pearlman M, Obert L, Chapin S. Popular weight loss strategies: a review of four weight loss techniques. Current Gastroenterology Reports. 2017 Dec 1; 19(12):61.
7. Türk Y, Theel W, Kasteleyn MJ, Franssen FM, Hiemstra PS, Rudolphus A, Taube C, Braunstahl GJ. High intensity training in obesity: a Meta- analysis. Obesity Science & Practice. 2017 Sep; 3(3):258-71.
8. Kong Z, Fan X, Sun S, Song L, Shi Q, Nie J. Comparison of high-intensity interval training and moderate-to-vigorous continuous training for cardiometabolic health and exercise enjoyment in obese young women: a randomized controlled trial. PloS One. 2016 Jul 1; 11(7):e0158589.
9. Townsend LK, Couture KM, Hazell TJ. Mode of exercise and sex are not important for oxygen consumption during and in recovery from sprint interval training. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2014;39(12):1388-94.
10. Boer PH, 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. Clinical Rehabilitation. 2014 Mar; 28(3):221-31.
11. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. Journal of Obesity. 2011 Oct; 1-10.
12. Beaulieu K, Olver TD, Abbott KC, Lemon PW. Energy intake over 2 days is unaffected by acute sprint interval exercise despite increased appetite and energy expenditure. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2015; 40(1):79-86.
13. Burns SF, Miyashita M, Stensel DJ. High-intensity interval exercise and postprandial triacylglycerol. Sports Medicine. 2015 Jul 1; 45(7):957-68.
14. Emberts T, Porcari J, Dobers-tein S, Steffen J, Foster C. Exercise intensity and energy expenditure of a tabata workout. Journal of Sports Science & Medicine. 2013 Sep; 12(3):612-13.
15. Tabata I. Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. The Journal of Physiological Sciences. 2019 Jul; 69(4):559-72.
16. Stutts WC. Physical activity determinants in adults: perceived benefits, barriers, and self efficacy. Aaohn Journal. 2002 Nov; 50(11):499-507.
17. Oliveira BR, Santos TM, Kilpatrick M, Pires FO, Deslandes AC. Affective and enjoyment responses in high intensity interval training and continuous training: A systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2018 Jun 6; 13(6):e0197124.
18. Raedeke TD. The relationship between enjoyment and affective responses to exercise. Journal of Applied Sport Psychology. 2007 Feb 14; 19(1):105-15.
19. Kendzierski D, DeCarlo KJ. Physical activity enjoyment scale: Two validation studies. Journal of Sport & Exercise Psychology. 1991 Mar 1; 13(1):50-64.
20. Martinez N, Kilpatrick MW, Salomon K, Jung ME, Little JP. Affective and enjoyment responses to high-intensity interval training in overweight-to-obese and insufficiently active adults. Journal of Sport and Exercise Psychology. 2015 Apr 1; 37(2):138-49.

21. Dodd CJ, Welsman JR, Armstrong N. Energy intake and appetite following exercise in lean and overweight girls. Appetite. 2008 Nov 1; 51(3):482-8.
22. Broom DR, Batterham RL, King JA, Stensel DJ. Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin, and peptide YY in healthy males. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2009 Jan; 296(1):29-35.
23. Ballard TP, Melby CL, Camus H, Cianciulli M, Pitts J, Schmidt S, et al. Effect of resistance exercise, with or without carbohydrate supplementation, on plasma ghrelin concentrations and post exercise hunger and food intake. Metabolism. 2009 Aug 1; 58(8):1191-9.
24. Schubert MM, Desbrow B, Sabapathy S, Leveritt M. Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. Appetite. 2013 Apr 1; 63:92-104.
25. Vanderheyden LW, McKie GL, Howe GJ, Hazell TJ. Greater lactate accumulation following an acute bout of high-intensity exercise in males suppresses acylated ghrelin and appetite postexercise. Journal of Applied Physiology. 2020 May 1; 128(5):1321-8.
26. Smilios I, Myrkos A, Zafeiridis A, Toubekis A, Spassis A, Tokmakidis SP. The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of oxygen consumption, oxygen kinetics, and blood lactate. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2018 Aug 1; 32(8):2183-9.
27. Sylvester BD, Standage M, McEwan D, Wolf SA, Lubans DR, Eather N, et al. Variety support and exercise adherence behavior: experimental and mediating effects. Journal of Behavioral Medicine. 2016 Apr 1; 39(2):214-24.
28. Flint A, Raben A, Blundell JE, Astrup A. Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. International Journal of Obesity. 2000 Jan; 24(1):38-48.
29. Ghafouri F, Parmouz M, kashker S. Comparison of perceived enjoyment of leisure physical activity in different socioeconomic classes. Journal of New Approaches in Sports Management. 2016 Apr; 4 (12): 33-45.
30. Aslankeser Z, Balcı ŞS. Re-examination of the contribution of substrates to energy expenditure during high-intensity intermittent exercise in endurance athletes. PeerJ. 2017 Sep 6;5:e3769.
31. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2011 Jul; 43(7):1334-59.
32. Yang TJ, Wu CL, Chiu CH. High-intensity intermittent exercise increases fat oxidation rate and reduces postprandial triglyceride concentrations. Nutrients. 2018 Apr; 10(4):492.
33. Romijn JA, Coyle EF, Hibbert J, Wolfe RR. Comparison of indirect calorimetry and a new breath 13C/12C ratio method during strenuous exercise. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 1992 Jul 1; 263(1): 64-71.
34. Leroux S. Effects of high intensity interval exercise versus steady state exercise with similar energy expenditures on Epoc (Doctoral dissertation, Laurentian University of Sudbury).
35. Islam H, Townsend LK, Hazell TJ. Excess postexercise oxygen consumption and fat utilization following submaximal continuous and supramaximal interval running. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2018 Oct 2; 89(4):450-6.
36. Farinatti P, Neto AG, Amorim PR. Oxygen consumption and substrate utilization during and after resistance exercises performed with different muscle mass. International Journal of Exercise Science. 2016; 9(1):77-88.

37. Zarei M, Hamedinia M, Hajinia M, Mohammadnia-Ahmadi M, Jaberi-Shahraki M. Fat oxidation and energy consumption in different intensities of two types of Exercise: running and cycling in obese adolescent boys. Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism. 2010 Sep; 12(3):283-93. (Persian).
38. Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. Journal of Applied Physiology. 1969 Jan; 26(1):31-7.
39. Achten J, Venables MC, Jeukendrup AE. Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. Metabolism. 2003 Jun 1; 52(6):747-52.
40. Davies CT, Few J, Foster KG, Sargeant AJ. Plasma catecholamine concentration during dynamic exercise involving different muscle groups. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1974 Sep 1; 32(3):195-206.
41. Roden M. How free fatty acids inhibit glucose utilization in human skeletal muscle. Physiology. 2004 Jun; 19(3):92-6.
42. Chan HH, Burns SF. Oxygen consumption, substrate oxidation, and blood pressure following sprint interval exercise. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2013; 38(2):182-7.
43. Taheri M, Nemati J, Hemati-Nafar M. The effect of two types sprint interval exercise on fat oxidation during recovery in active women. Journal of Sports Biology Sciences. 2019 Jan: 10(4): 497-508. (Persian).
44. Bilski J, Teległów A, Zahradnik-Bilska J, Dembiński A, Warzecha Z. Effects of exercise on appetite and food intake regulation. Medicina Sportiva. 2009; 13(2):82-94.
45. Maraki M, Tsofliou F, Pitsiladis YP, Malkova D, Mutrie N, Higgins S. Acute effects of a single exercise class on appetite, energy intake and mood. Is there a time of day effect?. Appetite. 2005 Dec 1; 45(3):272-8.
46. Coquart JB, Lemaire C, Douillard C, Garcin M. Effects of intermittent walk program on the body mass and composition in obese women. InAnnales d'endocrinologie 2008a Jun: 69(3):227-230.
47. Sagelv EH, Hammer T, Hamsund T, Rognmo K, Pettersen SA, Pedersen S. High intensity long interval sets provides similar enjoyment as continuous moderate intensity exercise. The Tromsø Exercise Enjoyment Study. Frontiers in psychology. 2019 Aug 6;10:1788.

The Acute Effect of Two Type of High-Intensity Interval Exercise with the Same Energy Expenditure on Substrate Oxidation, Appetite and Exercise Enjoyment in Overweight or Obese Men

Mohsen Javani[1], Marziyeh Saghebjoo[1*], Hamid Mohebbi[2], Mohsen Mohammadnia-Ahmadi[1].

1 Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran
2 Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education & Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

[*]**Corresponding author**: m_saghebjoo@birjand.ac.ir

Abstract

Background and Purpose: Intensity and energy expenditure of exercise are most effective factors on substrate oxidation. Involved muscle mass in exercise is an effective factor on substrate oxidation. The aim of the present study was to compare the acute effect of two type of high-intensity interval exercise (HIIE) with same energy expenditure and different involved muscle mass on substrate oxidation, appetite and exercise enjoyment in overweight or obese men.

Methodology: Ten overweight or obese young men (body mass index: 29.95±2.97 kg.m-2) completed three conditions including Tabata exercise (20 min at approximately 75% VO2max) (TE), ergometer exercise (23 min at approximately 66% VO2max) (EE), and control. The subjects' breathing gases were analyzed by gas analyzer in baseline, during exercise, and during three hours after exercise. The appetite was measured in before, immediately and three hours after exercise. The exercise enjoyment was measured, immediately after exercise.

Results: Fat oxidation during three hours after the TE was significantly higher compared to EE and control (P=0.01) and carbohydrate oxidation during three hours after the TE was significantly lower compared with control condition (P=0.04). There was no significant difference between the two HIIE during three hours after exercise in excess post-exercise oxygen consumption and energy expenditure. However, the respiratory exchange ratio was higher in 0-30, 120-150, 150-180 min, and total of three hours after the TE compared with EE (P values, 0.02, 0.02, 0.02, and 0.05, respectively). Finally, appetite increased regardless of the presence and type of intervention, in three hours after exercise (P=0.01). There was no significant difference between the perceived enjoyment of TE and EE (P = 0.41).

Conclusion: It seems that Tabata exercise, which involves more muscle mass, causes more oxidation of fat after exercise compared to exercise with the same energy expenditure on ergometer in overweight or obese men, despite no difference in appetite and exercise enjoyment.

Key words: High-Intensity Exercise, Fat Oxidation, Appetite Regulation, Post Exercise Oxygen Consumption, Skeletal Muscle