علوم زیستی ورزشی - پاییز ۱۳۹۶
دورهٔ۹، شمارهٔ ۳، ص: ۳۹۸ – ۳۸۳
تاریخ دریافت : ۱۶ / ۰۹ /۹۵
تاریخ پذیرش : ۰۳ / ۰۳/ ۹۶

تأثیر فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین تنه بر سوخت و ساز چربی در زنان چاق

مینو باسامی[*1] – سجاد احمدی زاد[2] – سایه هاتفی[3]

۱.استادیار، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، عضو هسته پژوهشی فیزیولوژی تندرستی و فعالیت بندی، تهران، ایران ۲.دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران۳.کارشناس‌ارشد، فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

هدف این تحقیق مقایسهٔ تأثیر فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه بر سوخت‌وساز چربی در افراد چاق بود. ۱۲ زن چاق (شاخص تودهٔ بدن ۵/۵±۳۱/۱ کیلوگرم\مترمربع، سن ۷/۰۸ ± ۳۲/۹ سال) به‌طور داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها یک جلسه فعالیت تناوبی را روی دوچرخهٔ کارسنج و در جلسه‌ای دیگر روی کارسنج دستی با فاصلهٔ یک هفته، ۲ دقیقه فعالیت با ۸۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی همراه با ۴ دقیقه استراحت فعال با ۴۵٪ حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۳۰ دقیقه انجام دادند. قبل و بلافاصله پس از فعالیت دو نمونهٔ خونی گرفته شد. مقدار اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن تولیدی برای محاسبهٔ اکسیداسیون چربی اندازه‌گیری شد. پس از فعالیت تناوبی غلظت گلیسرول به‌طور معناداری افزایش یافت ($P<0/05$)، اما بین فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P>0/05$). اسید چرب غیراستریفیه پس از فعالیت تناوبی بالاتنه کاهش و پس از فعالیت تناوبی پایین‌تنه افزایش یافت ($P<0/05$). اکسیداسیون چربی مجموع وهله‌های فعالیت در جلسهٔ پایین‌تنه به‌طور معناداری بیشتر از فعالیت بالاتنه بود ($P<0/05$)، اما تفاوت معناداری در اکسیداسیون چربی ست‌ها و مجموع آنها بین دو جلسه فعالیت مشاهده نشد ($P>0/05$). براساس یافته‌های تحقیق حاضر لیپولیز در پی فعالیت تناوبی در زنان چاق افزایش می‌یابد و فعالیت تناوبی پایین‌تنه بیشتر از فعالیت تناوبی بالاتنه در سوخت چربی مؤثرتر است. بر این اساس به افراد توصیه می‌شود تا برای افزایش سوخت چربی بر فعالیت‌های ورزشی پایین‌تنه تمرکز کنند.

واژه‌های کلیدی

اکسیداسیون چربی فعالیت بالاتنه، فعالیت پایین‌تنه، فعالیت تناوبی، لیپولیز.

[*] **نویسندهٔ مسئول : تلفن:۰۹۱۲۸۰۳۳۲۷۶** Email: mbassami@yahoo.co.uk

مقدمه

چاقی بیماری غیرواگیر است که اهمیت جهانی رو به رشدی پیدا کرده است (۲۴) و به‌عنوان تجمع غیرطبیعی یا بیش از اندازهٔ چربی در بدن که سلامت فرد را مختل می‌کند، شناخته می‌شود (۳۱). از سال ۱۹۸۰ میزان چاقی بیش از دو برابر شده، به‌گونه‌ای که در حال حاضر از هر ۱۰ بزرگسال در جهان، یک نفر چاق است (۲۲). در افراد چاق فعالیت بدنی یک جزء مکمل در اصلاح شیوهٔ زندگی در کنار رفتاردرمانی و رژیم‌درمانی است (۲۴). فعالیت‌های هوازی برای افراد چاق توصیه می‌شود و زمانی‌که افراد آسیب مفصلی یا درد داشته باشند، فعالیت‌های بدون تحمل وزن بدن (کارسنج دستی و دوچرخهٔ کارسنج) از جمله فعالیت‌های مفیدند (۱۲). مطالعات گذشته حاکی از تفاوت‌های فیزیولوژیک بین فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه است (۲). در فعالیت با کارسنج دستی به‌دلیل فعالیت بیشتر اعصاب سمپاتیک ضربان قلب، فشارخون و سطح لاکتات خون بالاتر از فعالیت با دوچرخهٔ کارسنج با یک‌بار کار مشابه است. از آنجا که در فعالیت بالاتنه تولید لاکتات به‌دلیل تحریک بیشتر گلیکوژنولیز بیشتر است، این فعالیت بیشتر به اکسیداسیون کربوهیدرات وابسته است (۴). نتایج مطالعهٔ انجام‌گرفته روی شش ورزشکار فلج و دو ورزشکار با قطع اندام تحتانی، نشان داد که تودهٔ عضلانی محدود طی فعالیت بالاتنه روی سوخت مواد تأثیر می‌گذارد (۲۱). با مقایسهٔ سوخت مواد طی ورزش دست و پا در افراد سالم، مشاهده شد که عضلات کوچک‌تر دست در مقایسه با عضلات پا بیشتر به استفاده از کربوهیدرات وابسته‌اند (۲۱). همچنین آرا و همکاران (۲۰۱۰)، در مطالعه روی ۳۰ مرد جوان مشاهده کردند که اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت پایین‌تنه بیشتر از فعالیت بالاتنه بوده است (۵).

تمرینات تناوبی از جمله تمریناتی‌اند که توانایی عضلات را برای اکسیداسیون چربی افزایش می‌دهند و می‌توانند سبب کاهش چربی زیرپوستی و شکمی شوند (۸). به‌نظر می‌رسد که در تمرین تناوبی تنفس در وهله‌های ریکاوری موجب بهبود بازسازی اکسیژن و در نهایت افزایش سوخت‌وساز چربی در مقایسه با تمرین تداومی می‌شود (۱۱). وایت و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که یک جلسه فعالیت تناوبی با شدت بالا (۴ وهلهٔ ۳۰ ثانیه‌ای با ۴ دقیقه ریکاوری) موجب بهبود حساسیت به انسولین و اکسیداسیون چربی در مردان غیرفعال دارای اضافه‌وزن و چاق شد (۳۰). براکن و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعهٔ خود که شامل ۱۰ وهلهٔ ۶ ثانیه‌ای پدال زدن با دوچرخهٔ ارگومتر با فواصل ۳۰ ثانیه‌ای ریکاوری بود، مشاهده کردند اپی‌نفرین که موجب لیپولیز رهاسازی چربی زیرپوستی و ذخایر چربی داخل عضلانی می‌شود، افزایش می‌یابد (۹).

شیوع اضافه‌وزن در زنان ایرانی بیشتر از زنان آمریکایی است و شیوع چاقی تقریباً در زنان ایرانی و آمریکایی برابر است (۶). با توجه به اینکه تفاوت‌های هورمونی مرتبط با جنسیت، تأثیر چشمگیری بر اکسیداسیون سوبستراها دارد، به‌گونه‌ای که پاسخ هورمون‌های مؤثر بر اکسیداسیون چربی شامل پروژسترون، استرادیول و کاتکولامین‌ها به فعالیت ورزشی در زنان متفاوت از مردان است، پاسخ‌های سوخت‌وسازی زنان به فعالیت ورزشی اهمیت زیادی دارد (۷). همچنین از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای در زمینهٔ تأثیر فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه تناوبی بر سوخت‌وساز چربی و به‌ویژه در زنان چاق صورت نگرفته است و با توجه به اینکه در فعالیت تناوبی طی وهله‌های استراحتی متعاقب هر فعالیت میزان اسید لاکتیک خون افراد با استراحت فعال یا غیرفعال پایین‌تر می‌آید و اینکه احتمالاً این مسئله می‌تواند سطوح اسید لاکتیک را در فعالیت بالاتنه که معمولاً عامل مؤثری است، تحت تأثیر قرار دهد و ممکن است این مسئله سبب افزایش سوخت چربی در فعالیت بالاتنه شود، مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی تأثیر فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه بر سوخت‌وساز چربی در زنان چاق طراحی شد.

روش تحقیق

آزمودنی‌ها: آزمودنی‌های تحقیق شامل ۱۲ زن با میانگین سنی ۷/۰۷±۳۲/۹ سال و دارای شاخص تودهٔ بدن ۵/۵±۳۱/۱ کیلوگرم بر متر مربع بودند که از طریق اطلاعیه و به‌صورت هدفمند در مطالعه شرکت کردند. آزمودنی‌ها پیش از شرکت در تحقیق برگهٔ رضایت‌نامهٔ شرکت در آزمون و همچنین پرسشنامهٔ سلامت و سابقهٔ پزشکی را تکمیل و امضا کردند. هیچ‌یک از آزمودنی‌ها سابقهٔ بیماری‌های قلبی- عروقی، فشارخون، دیابت، دردهای مفصلی و استعمال دخانیات یا استفاده از داروی خاصی را نداشتند. همچنین پزشک هیچ‌یک از آزمودنی‌ها را از انجام فعالیت ورزشی منع نکرده بود و همگی سابقهٔ انجام فعالیت ورزشی به‌صورت تفریحی را داشتند.

طرح تحقیق: آزمودنی‌ها در پنج جلسهٔ مجزا به آزمایشگاه مراجعه کردند. در جلسهٔ اول با محیط آزمایشگاه، دستگاه‌ها و نحوهٔ انجام پروتکل آشنا شدند؛ پرسشنامه‌ها را تکمیل کردند و اندازه‌گیری قد، وزن و BMI انجام گرفت. در همین جلسه از آزمودنی‌ها خواسته شد برنامهٔ غذایی روز قبل از جلسهٔ اول را ثبت کنند و همان برنامهٔ غذایی را پیش از جلسهٔ دوم داشته باشند و ۴۸ ساعت پیش از آزمون هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشته باشند و از محرک‌های غذایی و داروی تأثیرگذار بر سوخت‌وساز چربی استفاده نکنند. دو جلسهٔ بعدی مربوط به انجام آزمون حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) بود که یک

جلسه روی دوچرخهٔ کارسنج پایی و جلسهٔ بعد روی کارسنج دستی انجام گرفت. در جلسات چهارم و پنجم در دو روز مجزا آزمودنی‌ها دو پروتکل فعالیت تناوبی دستی و پایی را به فاصلهٔ یک هفته انجام دادند. آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی ساعت ۸:۳۰ صبح به آزمایشگاه مراجعه کردند و پیش از شروع فعالیت و بلافاصله پس از اتمام فعالیت خون‌گیری انجام گرفت.

تعیین حداکثر اکسیژن مصرفی

پروتکل اجرایی تعیین VO_{2max} بالاتنه با استفاده از یک مطالعهٔ آزمایشی تعیین شد؛ بدین شکل که پس از ۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی شامل رکاب زدن با مقاومت سبک روی کارسنج دستی و حرکات کششی، دستگاه تجزیه‌وتحلیل گاز به آزمودنی وصل شد. آزمودنی‌ها با مقاومت ۱۰ وات شروع به رکاب زدن کردند و هر ۲ دقیقه ۱۰ وات به مقاومت اضافه شد. در پایان هر مرحلهٔ ۲ دقیقه‌ای با استفاده از مقیاس بورگ میزان درک از فشار ثبت شد و تا رسیدن به واماندگی بار کار اضافه شد. چنانچه فرد به‌هیچ‌وجه قادر به ادامهٔ آزمون نبود و با رسیدن به یکی از سه معیار ۱. رسیدن به فلات در VO_2با وجود افزایش مقاومت، ۲. نسبت تبادل تنفسی ۱/۱۰ یا بیشتر و ۳. ضربان قلب حداکثر با استفاده از فرمول (سن-۲۲۰)، آزمون خاتمه می‌یافت. طی اجرای آزمون گازهای VO_2 و VCO_2 به‌طور پیوسته از طریق دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی جمع‌آوری شد. ضربان قلب هم پیوسته توسط نوار دور سینه (Polar) ثبت شد.

پروتکل اجرایی تعیین VO_{2max} پایین‌تنه با استفاده از یک مطالعهٔ آزمایشی تعیین شد؛ بدین شکل که آزمودنی‌ها پس از ۵ تا ۱۰ دقیقه گرم کردن عمومی شامل حرکات کششی و رکاب زدن با مقاومت سبک روی دوچرخهٔ پایی، دستگاه تجزیه‌وتحلیل گاز به آزمودنی وصل شده، سپس آزمون ورزشی فزاینده را تا حد واماندگی روی دوچرخهٔ پایی انجام دادند، به این صورت که آزمودنی‌ها با مقاومت ۲۵ وات شروع به رکاب زدن کردند و هر ۲ دقیقه ۲۵ وات به مقاومت اضافه شد. در پایان هر مرحلهٔ ۲ دقیقه‌ای با استفاده از مقیاس بورگ میزان درک از فشار ثبت شد و تا رسیدن به واماندگی بار کار اضافه شد. چنانچه فرد به‌هیچ‌وجه قادر به ادامهٔ آزمون نبود و با رسیدن به یکی از سه معیار ۱. رسیدن به فلات در VO_2 با وجود افزایش مقاومت، ۲. نسبت تبادل تنفسی ۱/۱۰ یا بیشتر از آن و ۳. ضربان قلب حداکثر با استفاده از فرمول (سن-۲۲۰) آزمون خاتمه می‌یافت. طی اجرای آزمون VO_2 و VCO_2 به‌طور پیوسته از طریق دستگاه تجزیه‌وتحلیل گازهای تنفسی جمع‌آوری شد. ضربان قلب هم پیوسته توسط نوار دور سینه (Polar) ثبت شد.

پروتکل اصلی تحقیق

جلسهٔ فعالیت بالاتنه: آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی ساعت ۸:۳۰ صبح به آزمایشگاه مراجعه کردند و پس از حضور در آزمایشگاه از آنها خواسته شد تا ابتدا در حالت نشسته به مدت ۲۰ دقیقه استراحت کنند و سپس فشارخون و اولین نمونهٔ خون گرفته شد. ۵ دقیقه پس از خون‌گیری آزمودنی‌ها برای گرم کردن و انجام آزمون آماده شدند. فعالیت به این‌گونه بود که آزمودنی‌ها پس از ۵ دقیقه گرم کردن شامل رکاب زدن با مقاومت سبک روی کارسنج دستی و حرکات کششی و اتصال ماسک، ۲ دقیقه با شدت ۸۵٪ VO_{2max} با دوچرخهٔ کارسنج دستی رکاب زدند و در ۴ دقیقهٔ بعدی استراحت فعال با شدت ۴۵٪ VO_{2max} رکاب زدند و این روند تا اتمام پنج تناوب به مدت ۳۰ دقیقه ادامه یافت. بلافاصله پس از توقف در این زمان پروتکل دومین نمونهٔ خون گرفته شد. در طول فعالیت آزمودنی‌ها به دستگاه تجزیه‌وتحلیل گاز وصل بودند و اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن توسط دستگاه طی فعالیت ثبت و به‌منظور محاسبهٔ اکسیداسیون چربی اندازه‌گیری شد.

جلسهٔ فعالیت پایین‌تنه: آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی ساعت ۸:۳۰ صبح به آزمایشگاه مراجعه کردند و پس از حضور در آزمایشگاه از آنها خواسته شد تا ابتدا در حالت نشسته به مدت ۲۰ دقیقه استراحت کنند و سپس فشارخون و اولین نمونهٔ خون گرفته شد. آزمودنی‌ها پس از ۵ دقیقه گرم کردن شامل رکاب زدن با مقاومت سبک روی کارسنج دستی و حرکات کششی و اتصال ماسک، فعالیت و استراحت متعاقب آن را به شکل دو مرحلهٔ متناوب انجام دادند. ۲ دقیقه با شدت ۸۵٪ VO_{2max} با دوچرخهٔ پایی رکاب زدند و ۴ دقیقهٔ بعدی استراحت فعال با شدت ۴۵٪ VO_{2max} رکاب زدند و این روند تا اتمام پنج تناوب به مدت ۳۰ دقیقه ادامه یافت. بلافاصله پس از توقف پروتکل دومین نمونهٔ خون گرفته شد. در طول فعالیت دستگاه تجزیه‌وتحلیل گاز به آزمودنی‌ها وصل بود و اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن توسط دستگاه طی فعالیت ثبت و به‌منظور محاسبهٔ اکسیداسیون چربی اندازه‌گیری شد.

جمع‌آوری گازهای تنفسی و محاسبهٔ اکسیداسیون چربی: گازهای تنفسی با استفاده از دستگاه تجزیهٔ گازهای تنفسی، طی فعالیت جمع‌آوری شد. اکسیژن مصرفی (VO_2) و دی‌اکسید کربن تولیدشده (VCO_2) برحسب لیتر در دقیقه ثبت شد. سپس با فرض ناچیز بودن مقدار نیتروژن ادرار، اکسیداسیون چربی با توجه به فرمول زیر محاسبه شد (۱۳):

$$(g/min) = 1.67 \times VO_2 - 1.67 \times VCO_2$$

اکسیداسیون چربی برای وهله‌های فعالیت، ست‌های (مجموع یک وهله فعالیت و استراحت متعاقب آن) و مجموع ست‌های جلسهٔ فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه محاسبه شد.

نمونه‌گیری خون و تجزیه‌وتحلیل بیوشیمیایی: در جلسات فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه، ۱۰ سی‌سی نمونهٔ خونی سیاهرگی در مراحل قبل از فعالیت و بلافاصله پس از فعالیت از ورید بازویی در حالت نشسته گرفته شد. ابتدا نمونه‌های خونی در لوله‌های حاوی مادهٔ ضد انعقاد EDTA ریخته شده و به‌آرامی مخلوط شد. سپس برای جداسازی پلاسما، نمونه‌ها در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه، سانتریفیوژ شدند. پس از آن نمونه‌های پلاسما جدا شده و تا زمان اندازه‌گیری گلیسرول و اسید چرب غیراستریفیه در دمای ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سطح گلیسرول سرم با استفاده از روش رنگ‌سنجی آنزیمی (گلیسرول، شرکت زلبیو، آلمان) با ضریب تغییرات (CV) ۴/۱ و حساسیت ۱۰ µM اندازه‌گیری شد. سطح اسید چرب غیراستریفیهٔ سرم با استفاده از روش رنگ‌سنجی آنزیمی (اسید چرب غیراستریفیه، شرکت زلبیو، آلمان) با ضریب تغییرات ۴ و حساسیت ۰/۰۵ mM اندازه‌گیری شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری: داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۸ تحلیل شدند. طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شپیرو-ویلک بررسی شد. به‌منظور مقایسهٔ پاسخ متغیرها به فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه از آزمون تحلیل واریانس مکرر (۲×۲)، برای مقایسهٔ اکسیداسیون چربی وهله‌های فعالیت از آزمون تحلیل واریانس مکرر (۵×۲) و برای مقایسهٔ اکسیداسیون چربی مجموع وهله‌های فعالیت و مجموع ست‌های فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه از t-test وابسته استفاده شد. سطح معناداری برای تحلیل‌های آماری $P< ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

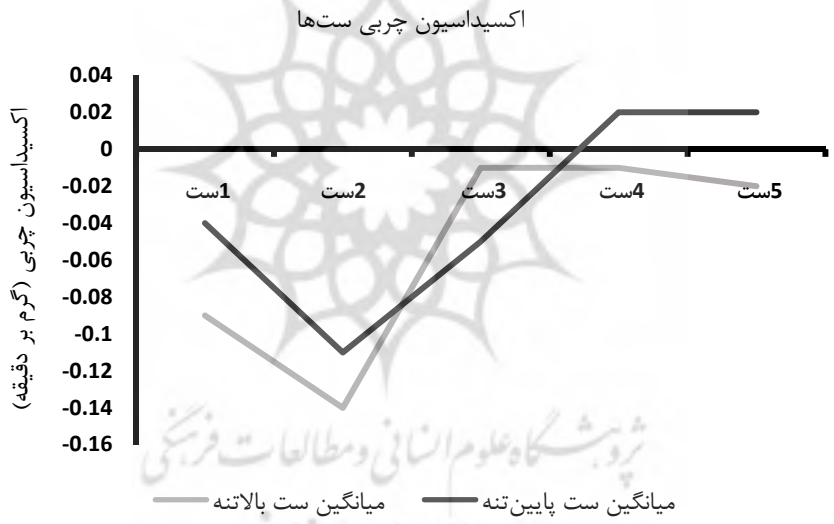
یافته‌ها

تجزیه‌وتحلیل آماری وهله‌های فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری را در اکسیداسیون چربی بین وهله‌های فعالیت تناوبی بالاتنه و تناوبی پایین‌تنه نشان نداد ($P = ۰/۴۳$ و $F_{۴ ,۴۴} = ۰/۹۶$). با وجود این، تفاوت معناداری بین وهله‌های فعالیت تناوبی مشاهده شد ($P = ۰/۰۰۱$ و $F_{۴ ,۴۴} = ۶/۰۳$). آزمون تعقیبی نشان داد که تفاوت معناداری بین وهلهٔ اول و دوم وجود دارد و بین وهله‌های دیگر تفاوت معناداری مشاهده نشد.

همچنین با مقایسهٔ اکسیداسیون چربی مجموعه وهله‌های فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه، تفاوت معناداری بین اکسیداسیون چربی در فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه مشاهده شد (P = ۰/۰۳ و ۲/۴۶- = t (۱۱)). بدین ترتیب که میانگین اکسیداسیون چربی مجموع وهله‌های فعالیت در پایین‌تنه (۱/۱۰±۰/۲۵ گرم/ دقیقه) بیشتر از بالاتنه (۰/۱۲±۰/۲۱ گرم/ دقیقه) بود.

تجزیه‌وتحلیل آماری ست‌های فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری (P = ۰/۵۰ و $F_{۲/۳۵ \text{ و } ۲۵/۹}$ =۰/۷۳) (نمودار ۱) را در اکسیداسیون چربی بین ست‌های فعالیت جلسه تناوبی بالاتنه و جلسه تناوبی پایین‌تنه نشان نداد.

همچنین زمانی‌که اکسیداسیون چربی مجموعه ست‌های فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه مقایسه شد، تفاوت معناداری بین اکسیداسیون چربی مجموع ست‌های فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه مشاهده نشد (P = ۰/۷۱ و ۰/۳۷- = t (۱۱)).

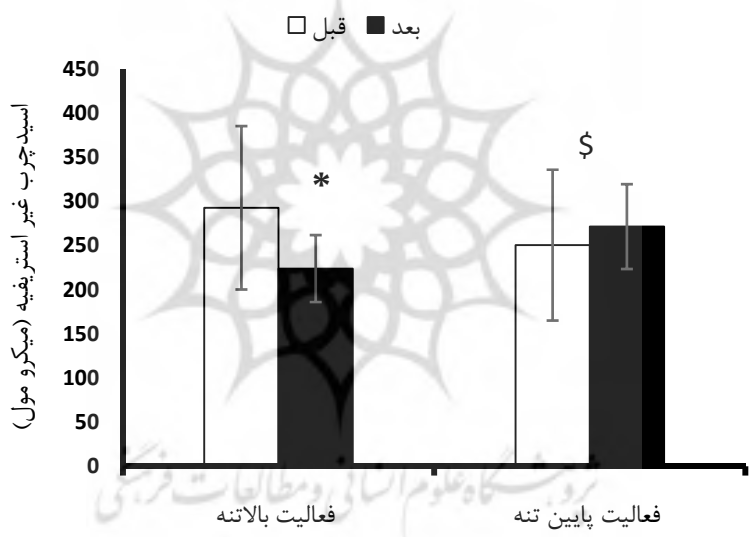


نمودار ۱. میانگین اکسیداسیون چربی ست‌های فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه

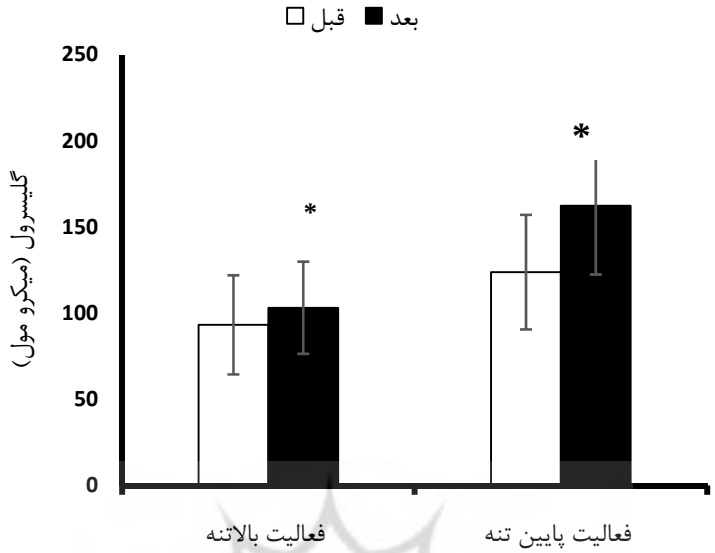
غلظت سرمی اسید چرب غیراستریفیه (میانگین±انحراف معیار) پیش فعالیت و پس از فعالیت برای جلسهٔ فعالیت تناوبی بالاتنه به‌ترتیب ۹۲/۵±۲۹۲/۸ و ۳۷/۹±۲۲۴/۰ میکرومول و برای جلسهٔ فعالیت تناوبی پایین‌تنه ۸۵/۴±۲۵۰/۶ و ۴۷/۹±۲۷۱/۶ میکرومول بود (نمودار ۲). تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها نشان داد که پاسخ اسید چرب غیراستریفیه به فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری دارد

(P = ۰/۰۳۲ و ۶/۱۹ = ۱۰ و F_1). سطوح سرمی اسید چرب غیراستریفیه پس از فعالیت بالاتنه کاهش و پس از فعالیت پایین‌تنه افزایش یافت.

غلظت سرمی گلیسرول (میانگین±انحراف معیار) پیش و پس از فعالیت برای جلسهٔ فعالیت تناوبی بالاتنه به‌ترتیب ۲۸/۷±۹۳/۳ و ۲۶/۷±۱۰۳/۲ میکرومول و برای جلسهٔ فعالیت تناوبی پایین‌تنه ۳۳/۲±۱۲۳/۹ و ۳۹/۹±۱۶۲/۴ میکرومول بود (نمودار ۳). تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها نشان داد که پاسخ گلیسرول به دو جلسه فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری ندارد (P = ۰/۱۴ و ۲/۴۷= ۱۰ و F_1). در بررسی تأثیر فعالیت تناوبی بر غلظت گلیسرول، تفاوت معناداری بین پیش و پس از فعالیت مشاهده شد (P =۰/۰۴ و ۵/۲۴= ۱۰ و F_1)؛ بدین صورت که سطوح سرمی گلیسرول پس از فعالیت تناوبی افزایش یافت.



نمودار ۲. میانگین (±انحراف معیار) اسید چرب غیراستریفیه پیش و پس از فعالیت برای دو جلسهٔ فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه. *نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار سطوح سرمی اسید چرب غیراستریفیه قبل و بعد از فعالیت. $ نشان‌دهندهٔ تفاوت در پاسخ اسید چرب غیراستریفیه به دو جلسه



نمودار ۳. میانگین (±انحراف معیار) گلیسرول پیش از فعالیت و پس از فعالیت برای دو جلسه فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه. *نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار سطوح سرمی گلیسرول قبل و بعد از فعالیت

بحث

از آنجا که فعالیت‌های ورزشی تناوبی سبب افزایش اکسیداسیون چربی می‌شوند، امروزه انجام این فعالیت‌ها به‌منظور کاهش وزن به افراد دارای اضافه‌وزن و چاق بسیار توصیه می‌شود. در مطالعهٔ حاضر تأثیر فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه بر سوخت‌وساز چربی در زنان چاق بررسی شد.

در این مطالعه بررسی اکسیداسیون چربی بین وهله‌های فعالیت صرف‌نظر از فعالیت بالاتنه و فعالیت پایین‌تنه نشان داد تفاوت معنادار بین وهلهٔ اول و دوم مشاهده شد. میانگین اکسیداسیون چربی در هر دو فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه در وهلهٔ اول بیشتر از وهلهٔ دوم بود، بدین ترتیب که در وهلهٔ دوم اکسیداسیون چربی کاهش یافت و مجدداً در وهله‌های بعدی با روندی مشابه در هر دو فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه افزایش یافت. کاهش اکسیداسیون چربی در وهلهٔ دوم احتمالاً به‌دلیل کسر اکسیژن باشد، چراکه جذب اکسیژن در ابتدای فعالیت بلافاصله به میزان یکنواختی مورد نیاز نمی‌رسد و در فعالیت با شدت متوسط حدود ۳ دقیقه زمان صرف می‌شود تا به حالت یکنواختی برسد. از وهلهٔ دوم به بعد میزان اکسیژن مصرفی بیشتر می‌شود و به حالت یکنواختی می‌رسد، بنابراین میزان اکسیداسیون چربی

افزایش یافته و با روندی مشابه ادامه می‌یابد (۱۹). استیفن و بت (۲۰۰۴) کاهش سوخت چربی و افزایش سوخت کربوهیدرات را در فعالیت ورزشی با شدت $VO_{2\ peak}$ ٪۷۵ در زنان چاق بیان کردند (۲۷). مشابه تحقیق حاضر که سوخت چربی در وهلهٔ دوم که شدت فعالیت VO_{2max} ٪۸۵ بود، کاهش یافت. همچنین استیسن و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور تعیین تفاوت در میزان اکسیداسیون چربی کل بدن و آنزیم‌های بتا اکسیداسیون، از روش نمونه‌برداری عضلانی در زنان تمرین‌کرده و زنان تمرین‌نکرده طی فعالیت روی دوچرخهٔ کارسنج استفاده کردند. آنها بالاترین میزان سوخت چربی در شدت‌های VO_{2max} ٪۳۵ و VO_{2max} ٪۶۵ را به‌ترتیب در زنان تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده نشان دادند (۲۸). مشابه نتایج مطالعهٔ حاضر که زنان اکسیداسیون چربی بالاتری در شدت VO_{2max} ٪۴۵ دارند، روحانی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که مقادیر اکسیداسیون چربی در شدت‌های بالاتر از VO_{2max} ٪۵۵ در زنان تمرین‌کرده به‌طور معناداری بالاتر از زنان تمرین‌نکرده است (۳) که دلیل آن ممکن است بالا بودن میزان فعالیت آنزیم هورمون حساس به لیپاز (HSL)، سیترات سنتاز (CS) و بتا هیدروکسی آسیل کوادهیدروژناز (HAD) در زنان تمرین‌کرده نسبت به زنان تمرین‌نکرده باشد (۲۸).

تفاوت معناداری بین اکسیداسیون چربی در وهله‌های فعالیت بین فعالیت تناوبی بالاتنه و فعالیت تناوبی مشاهده نشد. با وجود این بررسی اکسیداسیون چربی مجموع وهله‌های فعالیت بین دو جلسه فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه نشان داد، اکسیداسیون چربی در فعالیت پایین‌تنه بیشتر از فعالیت بالاتنه بود. براساس نتایج مطالعات پیشین زمانی‌که فعالیت با بار نسبی مشابه که نسبت به حداکثر اکسیژن مصرفی بیان می‌شود، روی دوچرخهٔ کارسنج و کارسنج دستی انجام می‌گیرد، اکسیداسیون چربی طی فعالیت بالاتنه کمتر از فعالیت پایین‌تنه است (۲۰،۱۶،۴). در مطالعهٔ حاضر نتایج بررسی اکسیداسیون چربی مجموع وهله‌های فعالیت بین دو جلسه فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه نشان داد، اکسیداسیون چربی در فعالیت پایین‌تنه بیشتر از فعالیت بالاتنه بود. آلبرگ و همکاران (۱۹۹۱) علت پایین‌تر بودن اکسیداسیون چربی طی فعالیت بالاتنه را تولید بیشتر لاکتات به‌دلیل تحریک بیشتر گلیکوژنولیز بیان کردند (۴). تولید بیشتر لاکتات ممکن است به‌دلیل وضعیت تمرینی عضلات و ترکیب تارهای عضلات فعال طی فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه باشد (۴). در دیگر مطالعات نیز میزان لاکتات به‌طور شایان توجهی در فعالیت بالاتنه بیشتر از فعالیت پایین‌تنه بود. مسئلهٔ مهم در مقایسهٔ فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه وضعیت تمرینی اندام‌هاست (۱۵). زمانی‌که عضلات دست کمتر از عضلات پا تمرین کرده باشند، انتظار می‌رود که ظرفیت آنزیم‌های اکسیداتیو کمتری داشته باشند (۴). در بسیاری از مطالعات

حداکثر اکسیژن مصرفی طی فعالیت بالاتنه ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از فعالیت پایین‌تنه است و این تا حدودی به‌دلیل حجم کمتر عضلات دست در مقایسه با پاست (۱۵). همچنین عضلات دست در مقایسه با عضلات پا درصد تارهای گلیکولیتیک بیشتری دارند (۲۵). تفاوت اکسیژن خون سرخرگی و سیاهرگی در فعالیت بالاتنه کمتر از فعالیت پایین‌تنه است که نشان‌دهندهٔ استفادهٔ کمتر از اکسیژن طی فعالیت بالاتنه است که خود می‌تواند به‌دلیل چگالی مویرگی کمتر، به‌کارگیری تارهای تندانقباض و کارامد بودن کمتر تنظیم جریان خون موضعی باشد (۲۵،۴). همچنین از آنجا که چگالی مویرگی در عضلات بالاتنه کمتر از عضلات پایین‌تنه است، می‌تواند عامل محدودکننده‌ای برای اکسیداسیون اسیدهای چرب طی فعالیت بالاتنه باشد (۲۶، ۴). نچتل و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تودهٔ عضلانی محدود طی فعالیت بالاتنه روی سوخت مواد تأثیر می‌گذارد. مقایسهٔ سوخت مواد طی ورزش دست‌وپا در افراد سالم نشان داد که عضلات کوچک‌تر دست در مقایسه با پا کمتر به استفاده از چربی وابسته‌اند (۲۱). آرا و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند در گروهی که در گذشته چاق بودند، با ترکیب بدنی ثابت در مقایسه با گروه کنترل با ترکیب بدنی مشابه ظرفیت افزایش‌یافته برای اکسیداسیون چربی طی فعالیت پایین‌تنه حفظ شد، اما در مورد فعالیت بالاتنه این‌گونه نبود (۵).

به‌دنبال لیپولیز بافت چربی میزان رهاسازی اسید چرب به خون عامل مهمی در افزایش رساندن اسیدهای چرب آزاد به عضلات در حال ورزش برای اکسیداسیون است. دو عامل اصلی تعیین‌کنندهٔ اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد در دسترس بودن اسیدهای چرب آزاد و ظرفیت بافت برای اکسیداسیون آنهاست. در دسترس بودن اسیدهای چرب آزاد را لیپولیز و جابه‌جایی اسیدهای چرب آزاد تعیین می‌کنند و ظرفیت بافت برای اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد تحت تأثیر غلظت اسید چرب خون، چگالی مویرگی، جریان خون، توانایی حمل اسیدهای چرب، ظرفیت میتوکندری و فاکتورهای عصبی و هورمونی است (۲۶). نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد غلظت سرمی گلیسرول که شاخص لیپولیز است، پس از فعالیت تناوبی صرف‌نظر از فعالیت بالاتنه و فعالیت پایین‌تنه افزایش یافت. ترپ و همکاران (۲۰۰۷)، افزایش سطوح گلیسرول طی ۲۰ دقیقه فعالیت تناوبی با شدت بالا را گزارش کردند (۲۹) که با نتیجهٔ مطالعهٔ حاضر همخوانی دارد. مطالعات گذشته حاکی از آن است که در پی فعالیت تناوبی میزان کاتکولامین‌ها در خون افزایش می‌یابد که نتیجهٔ آن افزایش غلظت سرمی گلیسرول پس از فعالیت تناوبی بود (۱۰). همچنین در مطالعهٔ براکن و همکاران (۲۰۰۹) میزان اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین به‌دنبال فعالیت تناوبی روی دوچرخهٔ ارگومتر افزایش یافت (۹). با افزایش کاتکولامین‌ها در خون

رسپتورهای β تحریک می‌شوند که خود موجب فعال کردن آنزیم آدنیلات سیکلاز و فسفریله شدن لیپاز حساس به هورمون می‌شود و نتیجهٔ آن تجزیهٔ بیشتر تری‌گلیسریدهاست (۱۸). در مطالعهٔ حاضر تفاوت معناداری در غلظت سرمی گلیسرول بین فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه مشاهده نشد. با این حال غلظت سرمی گلیسرول در هر دو فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه افزایش یافت. در مطالعهٔ هوکر و همکاران (۱۹۹۰) غلظت سرمی گلیسرول پس از فعالیت بالاتنه و پایین‌تنه افزایش یافت و تفاوت معناداری بین آنها مشاهده نشد که دلیل آن را تفاوت بسیار کوچک در شدت فعالیت‌ها، تفاوت‌های فردی بسیار زیاد در پاسخ‌های اپی‌نفرین و گلیسرول و مدت ناکافی جلسهٔ فعالیت برای تشخیص تفاوت‌ها در پاسخ گلیسرول بیان کردند (۱۷). یافته‌های ما نیز نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند؛ بنابراین افزایش در غلظت سرمی گلیسرول در هر دو فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه نشان‌دهندهٔ افزایش لیپولیز در پی فعالیت تناوبی است.

در تحقیق حاضر بین غلظت سرمی اسید چرب غیراستریفیهٔ فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری مشاهده شد، بدین صورت که غلظت سرمی اسید چرب غیراستریفیه پس از فعالیت بالاتنه کاهش یافت، درحالی‌که پس از فعالیت پایین‌تنه افزایش پیدا کرد. تعادل نسبی بین میزان اسید چرب رهاشده به‌دنبال لیپولیز و استریفیهٔ مجدد و برداشت اسیدهای چرب توسط عضلات در حال فعالیت غلظت اسیدهای چرب را تعیین می‌کنند (۲۶). کریسمس و همکاران (۱۹۹۹)، مشاهده کردند که پس از فعالیت تناوبی کوتاه (۶ ثانیه فعالیت/۹ ثانیه ریکاوری) و بلندمدت (۲۴ ثانیه فعالیت/۳۶ ثانیه ریکاوری) روی تردمیل غلظت اسید چرب غیراستریفیه افزایش یافت (۱۰). در ۱۵ دقیقهٔ ابتدای فعالیت معمولاً غلظت اسید چرب آزاد کاهش پیدا می‌کند، زیرا عضلات اسید چرب را اکسیده می‌کنند و میزان برداشت عضلات از میزان لیپولیز بیشتر است، اما با ادامهٔ فعالیت غلظت اسیدهای چرب پلاسما افزایش می‌یابد، چراکه میزان لیپولیز از میزان برداشت اسیدهای چرب بیشتر می‌شود (۲۶). با متوقف شدن فعالیت، اکسیداسیون چربی کاهش می‌یابد، اما فعالیت لیپولیتیکی حفظ می‌شود و غلظت اسید چرب آزاد در ۱۰ تا ۱۵ دقیقه پس از فعالیت به اوج خود می‌رسد (۲۶). در مطالعهٔ هوکر و همکاران (۱۹۹۰) در دقیقهٔ ۱۳ هر سه آزمون کارسنج دستی، دوچرخهٔ کارسنج و کارسنج دستی روی دوچرخهٔ کارسنج با شدت $۷۰\%VO_{2max}$، غلظت اسید چرب غیراستریفیه کاهش معناداری یافت (۱۷). در این مطالعه کاهش غلظت اسید چرب غیراستریفیه به افزایش برداشت اسید چرب توسط عضلات اسکلتی نسبت داده شد تا به مهار لیپولیز (۱۷). مطالعات گذشته بیان می‌کنند که طی ۱۵-۱۰ دقیقهٔ اولیهٔ فعالیت کاهش در

غلظت اسید چرب پلاسما غیرعادی نیست و علت آن را افزایش برداشت توسط عضلات اسکلتی عنوان کرده‌اند که در فعالیت با شدت بالا مشهودتر بود (۲۳). از طرفی افزایش غلظت لاکتات خون می‌تواند جابه‌جایی اسیدهای چرب را مهار کند، چراکه لاکتات و اسیدهای چرب آزاد به‌وسیلهٔ آلبومین در خون حمل می‌شوند و بنابراین بر سر متصل شدن به محل‌های اتصال آلبومین رقابت می‌کنند (۱۷). همچنین افزایش در لاکتات خون موجب مهار لیپولیز می‌شود، بدین صورت که لاکتات از طریق رسپتورهای G پروتئین موجب کاهش لیپولیز در بافت چربی می‌شود (۱۴). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که فعالیت بالاتنه بیشتر به اکسیداسیون کربوهیدرات وابسته بوده و تولید لاکتات طی فعالیت بالاتنه بیشتر از فعالیت پایین‌تنه بوده است (۱۵،۴). در مطالعهٔ حاضر نیز اکسیداسیون چربی طی وهله‌های فعالیت بالاتنه کمتر از فعالیت تناوبی پایین‌تنه بود و احتمالاً تولید لاکتات در فعالیت تناوبی بالاتنه بیشتر بوده و بنابراین موجب مهار لیپولیز و جابه‌جای اسیدهای چرب آزاد شده و در نهایت به کاهش سطوح اسیدهای چرب غیراستریفیه در خون پس از فعالیت تناوبی بالاتنه منجر شده است. همچنین کاهش اکسیداسیون چربی در شدت $\٪۸۵_{VO2max}$ به‌دلیل کاهش ٪۵۰ سطوح اسید چرب پلاسماست که علت آن افزایش استریفیهٔ مجدد بافت چربی در پی فعالیت با شدت بالاست (۲۳). در مطالعه‌ای نیز دیده شد که استریفیهٔ مجدد اسیدهای چرب در داخل سلول بافت چربی طی فعالیت افزایش می‌یابد و علت آن را به دام افتادن اسیدهای چرب در بافت چربی به‌دلیل پرفیوژن ناکافی بافت چربی گزارش کردند (۱۴)؛ بنابراین جریان خون به بافت چربی می‌تواند تعیین‌کنندهٔ میزان رهایی اسید چرب غیراستریفیه از بافت چربی باشد. افزایش جریان خون به بافت چربی و عضلات طی ورزش موجب کاهش استریفیهٔ مجدد اسید چرب می‌شود و رساندن اسید چرب به عضلات اسکلتی به‌منظور اکسیداسیون را تسهیل می‌کند (۲۶)، بنابراین احتمالاً کاهش جریان خون می‌تواند موجب افزایش استریفیهٔ مجدد شود. ابراهیم و همکاران (۲۰۱۲) دلیل کاهش اسید چرب غیراستریفیه در گردش خون را کاهش جریان خون بافت چربی در پی فعالیت مقاومتی در مردان چاق بیان کردند (۱). به‌نظر می‌رسد در مطالعهٔ حاضر کاهش اسیدهای چرب غیراستریفیه پس از فعالیت بالاتنه به این دلیل باشد که برداشت اسید چرب توسط عضلات اسکلتی بالاتنه بیشتر از میزان اسید چرب رهاشده در پی لیپولیز باشد. همچنین احتمال کمتری وجود دارد که به‌دلیل کاهش لیپولیز و جابه‌جایی اسیدهای چرب آزاد یا به‌دلیل استریفیه مجدد باشد.

به‌طور کلی از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که لیپولیز در پی فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه در زنان چاق افزایش می‌یابد و اینکه در زنان چاق اکسیداسیون چربی در فعالیت تناوبی پایین‌تنه بیش از فعالیت تناوبی بالاتنه است؛ بنابراین می‌توان گفت که فعالیت تناوبی پایین‌تنه بیش از فعالیت تناوبی بالاتنه می‌تواند در سوخت چربی مؤثر باشد.

منابع و مآخذ

۱.ابراهیم، خسرور؛ باسامی، مینو؛ کلاهدوزی، سرکوت؛ کریم‌نیا صاحب، وفا (۲۰۱۲). «تأثیر فعالیت مقاومتی دایره‌ای بر سوخت‌وساز چربی و کربوهیدرات طی فعالیت استقامتی در مردان با اضافه‌وزن»، مجلهٔ غدد درون‌ریز و سوخت‌وساز ایران، دورهٔ ۱۴، ش ۳، ص ۲۶۶-۲۵۷.

۲.درفشی، بهروز؛ حاجی‌زاده، بهزاد؛ عباسی، اصغر (۲۰۰۹). «پاسخ‌های قلبی–عروقی و متابولیکی و ارتباط آنها با زمان خستگی در ورزش فزایندهٔ دست و ورزش فزایندهٔ پا در کاراته‌کاران حرفه‌ای جوان»، نشریهٔ علوم زیستی ورزشی، دورهٔ ۱، ش ۳، ص ۷۵-۵۷.

۳.روحانی، هادی؛ صفری موسوی، سید صالح؛ غلامیان، سمیرا؛ فرزانه، اسماعیل (۱۳۹۴). «مقایسهٔ حداکثر اکسیداسیون چربی و بین زنان تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده»، فیزیولوژی ورزش، ش ۲۸، ص ۴۴-۳۱.

4.Ahlborg, Gunter; Jensen-Urstad, M (1991). "Metabolism in exercising arm vs. leg muscle". Clinical Physiology; Vol 11(No 5) pp; 459-468.

5.Ara, I; Larsen, S; Stallknecht, B; Guerra, B; Morales-Alamo, D; Andersen, J.L; Ponce-Gonzalez, J.G; Guadalupe-Grau, A; Galbo, H; Calbet, J.A.L; Helge, J.W (2011). "Normal mitochondrial function and increased fat oxidation capacity in leg and arm muscles in obese humans." International journal of obesity; Vol 35 (No 1) pp; 99-108.

6.Brennan P, Boffetta P, Malekzadeh R. (2006). Obesity and hypertension in an Iranian cohort study; Iranian women experience higher rates of obesity and hypertension than American women. BMC Public Health. 6:158.

7.Bogdanis GC(1), Vangelakoudi A, Maridaki M. (2008). Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women. J Sports Sci Med. 7(4):525-31.

8. Boutcher, Stephen.H (2010). "High-intensity intermittent exercise and fat loss". Journal of obesity; Vol 2011 pp; 1-10.

9.Bracken, R.M; Linnane, D.M; Brooks, S (2009). "Plasma catecholamine and nephrine responses to brief intermittent maximal intensity exercise". Amino Acids; Vol 36 (No 2) pp; 209-217.

10.Christmass, Michael A; Dawson, Brian; and Arthur, Peter G (1999). "Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise". Europe an journal of applied physiology and occupational physiology; Vol 80 (No 5) pp; 436-447.

11.Draper, Nick; Hodgson, Christopher (2008). Adventure sport physiology. John Wiley & Sons.

12.Ehrman, Jonathan K; Gordon, Paul M; Visich, Paul S; Keteyian, Steven J (2013). Clinical exercise physiology. Human Kinetics.

13.Frayn, K.N (1983). "Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange". Journal of Applied Physiology; Vol 55 (No 2) pp; 628-634.

14.Frayn, K.N (2010). "Fat as a fuel: emerging understanding of the adipose tissue–skeletal muscle axis". Actaphysiologica; Vol 199 (No 4) pp; 509-518.

15.Helge, Jørn Wulff (2010). "Arm and leg substrate utilization and muscle adaptation after prolonged low-intensity training". Actaphysiologica; Vol 199 (No 4) pp; 519-528.

16.Helge, J.W; Damsgaard, R; Overgaard, K; Andersen, J.L; Donsmark, M; Dyrskog, S.E; Daugaard, J.R (2008). "Low-intensity training dissociates metabolic from aerobic fitness". Scandinavian journal of medicine & science in sports; Vol 18 (No 1) pp; 86-94.

17.Hooker, Steven P; Wells, Christine L; Manore, Melinda M; Philip, Stephanie A; Martin, N.I.C.K (1990). "Differences in epinephrine and substrate responses between arm and leg exercise". Medicine and science in sports and exercise; Vol 22 (No 6), pp; 779-784.

18.Horowitz, Jeffrey F (2003). "Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise". Trends in Endocrinology & Metabolism; Vol 14(No 8) pp; 386-392.

19.Hughson, R.L (1984). "Alterations in the oxygen deficit-oxygen debt relationships with beta-adrenergic receptor blockade in man". The Journal of physiology; Vol 349 (No 1) pp; 375-387.

20.Kang, J; Chaloupka, Edward C; Mastrangelo, Alysia M; Angelucci, J.O.H.N (1999). Physiological responses to upper body exercise on an arm and a modified leg ergometer. Medicine and science in sports and exercise; Vol 31 (No 10), pp; 1453-1459.

21.Knechtle, B; Müller, G; Knecht, H (2004). "Optimal exercise intensities for fat metabolism in handbike cycling and cycling". Spinal cord; Vol 42(No 10) pp; 564-572.

22.Nguyen, Thang; Lau, David CW (2012). "The obesity epidemic and its impact on hypertension". Canadian Journal of Cardiology; Vol 28 (No 3) pp; 326-333.

23.Noland, Robert C (2015). Chapter Three-Exercise and Regulation of Lipid Metabolism. "Progress in molecular biology and translational science". 135 pp; 39-74.

24.Ogunbode, A.M; Ladipo, M.M.A; Ajayi, I.O; Fatiregun, A.A (2011). "Obesity: an emerging disease". Nigerian journal of clinical practice; Vol 14 (No 4) pp; 390-394.

25.Pendergast, David R (1989). "Cardiovascular, respiratory, and metabolic responses to upper body exercise". Medicine and science in sports and exercise; Vol 21(5 Suppl) pp; S121-5.

26.Phillips, Vicky (2009). Effects of Exercise Training Modalities on Fat Oxidation in Overweight and Obese Women (Doctoral dissertation, University of Otago).

27.Stefan Bircher and Beat Knechtle. (2004). Relationship between Fat Oxidation and Lactate Threshold in Athletes and Obese Women and Men. J Sports Sci Med. 3(3): 174–181.

28.Stisen AB, Stougaard O, Langfort J, Helge JW, Sahlin K, Madsen K.(2006). Maximal fat oxidation rates in endurance trained and untrained women. 98(5):497-506

29.Trapp, E Gail; Chisholm, Donald J; Boutcher, Stephen H (2007). "Metabolic response of trained and untrained women during high-intensity intermittent cycle exercise". American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology; Vol 293 (No 6) pp; R2370-R2375.

30.Whyte, Laura J; Ferguson, Carrie; Wilson, John; Scott, Robert A; Gill, Jason M (2013). Effects of single bout of very high-intensity exercise on metabolic health biomarkers in overweight/obese sedentary men. Metabolism; Vol 62 (No 2) pp; 212-219.

31.World Health Organization. 2015. Obesity and overweight. Available at: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی