

Research Paper

The effect of aerobic exercise with capsaicin extract on lipolysis in young girls

Dehghan Farsi Fatemeh¹, Karami Farzad², Karami Mohsen³

¹ M.Sc. in Exercise Physiology

² M.Sc. in Exercise Physiology

³ M.Sc. Student in Exercise Physiology

Keywords:

Exercise
Capsaicin
Lipolysis
Glycerol

Abstract

Introduction: The aim of this study was to investigate the effect of capsaicin supplementation on lipolysis markers following a bout of aerobic activity in young girls.

research methodology: 15 healthy, non-athlete women aged 20-30 years with a body mass index above 20 and below 25 were purposefully selected. First, the subjects participated in the session of aerobic physical activity with the aim of burning fat with an intensity of 85% of the maximum heart rate until exhaustion without taking supplements. Before and after this meeting, blood samples were taken from them. Then, for one week (7 days), the subjects took capsaicin capsules with a daily dose of 400 mg (one capsule per day) in the supplement program. After one week of receiving the supplement, the subjects again participated in the same aerobic physical activity. Blood samples were taken before and after this activity. The levels of free fatty acids (FFA) and glycerol were measured for each blood sample.

Findings: Physical activity without capsaicin consumption ($P=0.001$) and with capsaicin consumption ($P=0.001$) led to a significant increase in glycerol, but no significant change was observed between this increase in two conditions with and without capsaicin consumption ($P=0.66$). Physical activity without capsaicin consumption ($P=0.001$) and with capsaicin consumption ($P=0.001$) led to a significant increase in free fatty acid, but no significant change was observed between this increase in two conditions with and without capsaicin consumption ($P=0.16$).

Conclusion: It is concluded that aerobic activity leads to a significant increase in lipolysis in young non-athletes, but the supplemental consumption of capsaicin extract in a dose of 400 mg has a significant effect on lipolysis of adipose tissue after This type of activity does not exist in these women. It is possible that this lack of significant effect of capsaicin is due to the activity effect being sufficiently high, not taking the supplement on the day of the test and before the test, insufficient dose or duration of use, or other reasons that need to be investigated in future studies.

Corresponding author: Dehghan farsi Fateme

Address: Fars marvdasht

Tell: 09164139272

Email: Fatemeh.dehghanfarsi19@gmail.com

تاثیر تمرین هوازی همراه با مصرف عصاره ی کاپسایسین بر لیپولیز دختران جوان

دهقان فارسی فاطمه¹، کرمی فرزاد²، کرمی محسن³¹کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش²کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش³دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزش

واژه‌های کلیدی:

تمرین

کاپسایسین

لیپولیز

گلیسرول

چکیده

مقدمه و هدف: هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر مصرف مکمل کاپسایسین بر نشانگران لیپولیز متعاقب یک وهله فعالیت هوازی در دختران جوان بود.

روش شناسی پژوهش: ۱۵ زن سالم غیر ورزشکار ۲۰ تا ۳۰ ساله با شاخص توده بدنی بالاتر از ۲۰ و کمتر از ۲۵ به صورت هدفمند در دسترس انتخاب شدند. ابتدا آزمودنی‌ها در جلسه فعالیت بدنی هوازی با هدف چربی سوزی با شدت ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه تا رسیدن به واماندگی بدون مصرف مکمل شرکت کردند. قبل و بعد از این جلسه نمونه خونی از آنها اخذ شد. سپس به مدت یک هفته (۷ روز)، آزمودنی‌ها در برنامه مکمل‌گیری به مصرف کپسول کاپسایسین با دوز ۴۰۰ میلی گرم روزانه (روزی یک کپسول) پرداختند. بعد از یک هفته دریافت مکمل، آزمودنی‌ها مجدداً در همان فعالیت بدنی هوازی شرکت کردند. قبل و بعد از این فعالیت نیز نمونه خونی اخذ شد. برای هر نمونه خونی نیز سطوح اسیدهای چرب آزاد (FFA) و گلیسرول اندازه گیری شد.

یافته‌ها: فعالیت بدنی بدون مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) و با مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) منجر به افزایش معنادار گلیسرول شد، اما تغییر معناداری بین این افزایش در دو حالت با و بدون مصرف کاپسایسین مشاهده نشد ($P=0.66$). فعالیت بدنی بدون مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) و با مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) منجر به افزایش معنادار اسید چرب آزاد شد، اما تغییر معناداری بین این افزایش در دو حالت با و بدون مصرف کاپسایسین مشاهده نشد ($P=0.16$).

بحث و نتیجه‌گیری: چنین نتیجه‌گیری می‌شود که فعالیت هوازی منجر به افزایش معنادار لیپولیز در زنان جوان غیر ورزشکار می‌شود، اما مصرف مکمل عصاره کاپسایسین در دوز ۴۰۰ میلی‌گرم، تاثیر معناداری بر لیپولیز بافت چربی بعد از این نوع فعالیت در این زنان ندارد. احتمال دارد این عدم تاثیر معنادار کاپسایسین به دلیل تا حد کافی بالا بودن اثر فعالیت، عدم مصرف مکمل در روز آزمون و قبل از آزمون، ناکافی بودن دوز یا مدت مصرف و یا دلایل دیگری باشد که نیازمند بررسی در مطالعات آینده است.

استناد: دهقان فارسی فاطمه¹، کرمی فرزاد²، کرمی محسن³، ۱۴۰۰، **تاثیر تمرین هوازی همراه با مصرف عصاره ی کاپسایسین بر لیپولیز**

دختران جوان، دومین همایش ملی پژوهش‌های نوین در علوم ورزشی

* نویسنده مسئول: دهقان فارسی فاطمه

نشانی: فارس مرودشت

تلفن: ۰۹۱۶۴۱۳۹۲۷۲

پست الکترونیکی: Fatemeh.dehghanfarsi19@gmail.com

مقدمه

از پیامدهای سبک زندگی غیر فعال، افزایش توده چربی بدن و چاقی خواهد بود. چاقی عارضه متابولیکی روبه افزایشی است که با تجمع بیش از حد بافت چربی مشخص می‌شود و نه تنها کشورهای توسعه یافته بلکه کشورهای در حال توسعه را نیز متأثر ساخته است. اضافه وزن و چاقی با بیماری‌های مزمنی چون پرفشاری خون، بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و سرطان ارتباط دارند (۱). سامان بهداشت جهانی از افزایش سریع در میزان شیوع چاقی به عنوان همه‌گیری چاقی (اپیدمی چاقی) یاد می‌کند و چاقی و عوارض ناشی از آن را به عنوان یکی از اصلی‌ترین مشکلات بهداشت در جهان امروزه عنوان می‌کند. در این میان شناخت عواملی که بتواند به نحوی در کاهش این معضل کمک نماید، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پژوهش‌های مختلفی نشان داده‌اند که از ورزش و فعالیت‌های بدنی می‌توان به عنوان یک سلاح در برابر چاقی و بیماری‌های ناشی از آن استفاده کرد. اگرچه تاثیر مثبت تمرینات هوازی بر تندرستی، چاقی و بافت چربی بدن نشان داده شده است، اما هنوز تاثیر مثبت تمرینات مقاومتی به طور کامل ثابت نشده است. این در حالی است که ورزش مقاومتی یا تمرین با وزنه، یکی از شکل‌های مرسوم تمرین است که به طور گسترده توسط افراد عادی و ورزشکاران حرفه‌ای برای بهبود وضعیت آمادگی جسمانی، بهبود اجزاء، جلوگیری از بروز آسیب‌ها، افزایش حجم عضلانی و همین‌طور در برنامه‌های توانبخشی استفاده می‌شود (۲). گزارش‌های فراوانی در دسترس هستند که حاکی از تغییرات قابل توجه در وضعیت سوخت و سازی، هورمونی و ترکیب بدنی در اثر شرکت در برنامه‌های تمرینات مقاومتی می‌باشند (۳). در مقایسه با دوی تداومی، تمرین مقاومتی سنگین یک محرک غیر اکسایشی نیرومند است که پاسخ‌های عصبی، متابولیکی و عصبی هورمونی متفاوتی را ایجاد می‌کند (۴). اکسایش تری‌گلیسریدها تداوم فعالیت بدنی را ممکن می‌سازد و آغاز تخلیه گلیکوژن و هیپوگلیسمی را به تاخیر می‌اندازد. برای استفاده از این منبع غنی انرژی، ابتدا باید تری‌گلیسریدها هیدرولیز شوند و اسیدهای چرب حاصل از بافت آدیپوز به بافتی منتقل شوند که در آنجا اکسایش می‌شوند. بنابراین، استفاده از تری‌گلیسریدها هنگام فعالیت ورزشی، به تنظیم هماهنگ لیپولیز، جریان خون بافت آدیپوز، و جریان خون عضله اسکلتی نیاز دارد تا تحویل اسیدهای چرب به عضلات فعال را افزایش دهد. لیپولیز به ره‌ایش گلیسرول از تری‌گلیسریدها می‌انجامد، بنابراین گلیسرول در خون معتبرترین شاخص ارزیابی میزان لیپولیز کل بدن است (۵). گلیسرول در مقایسه با اسیدهای چرب، شاخص بهتری است، زیرا اسیدهای چرب می‌توانند بدون ورود به جریان خون مجدداً در بافت آدیپوز استرئیه شوند (بنابراین میزان لیپولیز کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌شود). لذا غلظت (یا تغییر غلظت) پلاسمایی گلیسرول اغلب برای نشان دادن لیپولیز کل بدن هنگام فعالیت ورزشی استفاده می‌شود (۵). به طور کلی، نتایج محدود و بعضاً متناقضی در خصوص تاثیر تمرینات مقاومتی بر اکسیداسیون چربی‌ها و لیپولیز گزارش شده است. ونگ و همکاران (۲۰۰۸) و چن و یانگ (۲۰۰۴) کاهش وزن و افزایش چربی سوزی را بدنبال تمرینات بدنی گزارش کردند. تمرین و فعالیت بدنی به عنوان راهی برای تسهیل کاهش وزن و بهبود ترکیب بدنی پذیرفته شده است (۷۶). در فعالیت بدنی ملایم یا متوسط به علت افزایش تقاضای انرژی از سوی عضلات شرکت کننده در فعالیت، اکسیداسیون چربی ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از زمانی است که فرد در حالت استراحت قرار دارد (۸). بخش عمده‌ای از اسیدهای چرب مورد نیاز عضلات در حالت فعالیت از طریق لیپولیز تری‌گلیسرید بافت چربی که به مقدار ۳ تا ۴ برابر افزایش یافته، تامین می‌شود (۹). فعالیت ورزشی با شدت متوسط مقدار جریان خون به بافت چربی را دو برابر می‌سازد و سبب ۱۰ برابر یا بیشتر جریان خون به عضلات فعال بدن می‌شود (۸). از طرفی دیگر، امروزه برای بسیاری از ورزشکاران مکمل‌های غذایی به عنوان عاملی برای بهبود عملکرد بیشتر آنها در جریان فعالیت‌های تمرینی و رقابتی، شناخته شده است. تولیدکنندگان این مکمل‌ها مدعی بهبود عملکرد ورزشکاران و سرعت بخشیدن به روند ریکاوری پس از فعالیت توسط این مواد هستند (۱۰). همچنین با توسعه دانش بشری و ارتقاء عملکردی ابزارها و روش‌ها، تجزیه و تحلیل مواد غذایی و عناصر مؤثر بر سلامت خوراکی‌ها، گیاهان و گل‌های شفاف‌خش که در طب عوام، طب سنتی و جدید بیش از پیش روشن شده است، استفاده از عوامل گیاهی و طبیعی اثرگذار بر عملکرد ورزشی در مقایسه با مکمل‌های صناعی در کانون توجه بسیاری قرار گرفته است. از دیر باز تاکنون در پزشکی و درمان بیماری‌ها از گیاهان دارویی استفاده می‌شده است. استفاده از گیاهان دارویی به منظور درمان بیماری‌ها با تاریخ بشر هم‌زمان بوده است. استفاده از گیاهان دارویی در ایران سابقه چندین هزار ساله دارد و در درمان و حفظ سلامتی تاکید بسیار بر آن است و در طی سالیان متمادی داروهای طبیعی به ویژه گیاهان دارویی اساس و حتی در برخی موارد تنها وسیله درمان محسوب می‌شدند و بسیاری از گیاهانی که در طب سنتی استفاده می‌شوند نیز بومی هستند (۱۱). در همین رابطه، نشان داده شده که کاپسایسین به دست آمده از فلفل‌های تند و قرمز (در ایران رویش دارند)، اکسایش چربی و تولید گرما را تحریک می‌نماید (۱۲، ۱۳). مکانیسم اصلی این اثر معلوم نیست، ولی به نظر می‌رسد که مواد مؤثره فلفل قرمز، سیگنال‌های عصبی گشاد کننده عروق و آزادکننده اندورفین را فعال می‌کنند. همچنین گزارش‌هایی وجود دارد که مطابق آنها، وزن افرادی که به طور منظم فلفل تند استفاده می‌کنند، کمی کاهش می‌یابد. با این حال جهت روشن شدن تاثیر و مکانیسم اصلی آن نیازمند بررسی‌های علمی بیشتری می‌باشیم. با این حال، هنوز تاثیر آن بر لیپولیز بعد از ورزش به خوبی ثابت نشده است.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر مصرف مکمل کاپسایسین بر نشانگران لیپولیز متعاقب یک وهله فعالیت هوازی در دختران جوان بود.

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و به روش نیمه تجربی است. بدلیل اینکه هدف پژوهش حاضر کشف رابطه علت و معلولی بین متغیر مستقل و وابسته بود و از آنجا که این پژوهش روی انسان‌ها انجام شده و کلیه عوامل مزاحم آن بطور کامل قابل کنترل نبوده و آزمودنی‌ها بطور هدفمند در دسترس انتخاب شدند و امکان نمونه گیری تصادفی وجود نداشت، در نتیجه این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون در یک گروه بود که تحت دو جلسه فعالیت هوازی با و بدون مصرف کاپسایسین قرار گرفتند. جامعه آماری پژوهش شامل کلیه زنان سالم غیر ورزشکار ۲۰ تا ۳۰ ساله با شاخص توده بدنی بالاتر از ۲۰ و کمتر از ۲۵ بودند. از میان جامعه آماری، ۱۵ نفر به صورت هدفمند در دسترس انتخاب شدند. قبل از شروع پژوهش ماهیت، اهداف و خطرات این مطالعه در جلسه حضوری برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و از آنان جهت شرکت در این مطالعه رضایت نامه کتبی اخذ شد. بر اساس معاینه و تایید پزشک، تمام آزمودنی‌ها از سلامت جسمانی کامل برخوردار بودند.

ابتدا در یک جلسه تمام روند پژوهش (مکمل گیری، فعالیت بدنی و نمونه گیری) همراه با اهداف آن و نیز خطرات احتمالی به آزمودنی‌ها توضیح داده شد و اطلاعات دموگرافیک آنها (شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدن و حداکثر اکسیژن مصرفی) همراه با رضایتنامه کتبی داوطلبانه از آنها اخذ گردید. همچنین آنها یک هفته قبل از پژوهش در یک جلسه آشنایی با نحوه انجام فعالیت بدنی شرکت کردند. جهت آزمون اصلی، ابتدا آزمودنی‌ها در جلسه فعالیت بدنی هوازی با هدف چربی سوزی با شدت ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه تا رسیدن به واماندگی بدون مصرف مکمل شرکت کردند. قبل و بعد از این جلسه نمونه خونی از آنها اخذ شد. سپس به مدت یک هفته (۷ روز)، آزمودنی‌ها در برنامه مکمل گیری به مصرف کپسول کاپسایسین با دوز ۴۰۰ میلی گرم روزانه (روزی یک کپسول) پرداختند. بعد از یک هفته دریافت مکمل، آزمودنی‌ها مجدداً در همان فعالیت بدنی هوازی با هدف چربی سوزی با شدت ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه تا رسیدن به واماندگی که در روز فعالیت اول انجام داده بودند، شرکت کردند. قبل و بعد از این فعالیت نیز نمونه خونی اخذ شد. برای هر نمونه خونی نیز سطوح اسیدهای چرب آزاد (FFA) و گلیسرول اندازه گیری شد. کنترل دقیق تغذیه امکان پذیر نبود. از آزمودنی‌ها خواسته شد رژیم غذایی طبیعی خود را ادامه دهند و جهت بررسی رژیم غذایی آزمودنی‌ها از پرسشنامه یادآمد تغذیه ۲۴ ساعته (FFQ) استفاده شد.

برای تهیه عصاره کاپسایسین ابتدا پودر بدست آمده از آن را به مدت ۲۴ ساعت تحت تاثیر اتانول ۹۶ درصد در دستگاه پرکولاسیون قرار گرفت. هر ۱۰۰ گرم کاپسایسین تحت تاثیر ۱۰۰ گرم اتانول قرار گرفت. بعد از ۲۴ ساعت شیر دستگاه باز شد و مایع از آن خارج شد. مایع خارج شده تا زمانی که اتانول اضافه شده بیرنگ شود از صافی عبور داده شد و عصاره بدست آمده در روتاری قرار گرفت و سپس به منظور خشک شدن در زیر هود قرار داده شد. بعد از تهیه عصاره، مقدار مورد نظر در کپسول‌های هم شکل ریخته شد.

برای هر نمونه اسیدهای چرب (FFA) و گلیسرول اندازه گیری شد. اسیدهای چرب آزاد از طریق روش رنگ سنجی (Colorimetric Assay) و با استفاده از کیت رنگ سنجی NEFA شرکت واکو آلمان، با حساسیت ۰/۱ میلی مول بر لیتر و درصد تغییرات درون آزمونی ۳/۱٪ اندازه گیری شد. گلیسرول نیز از طریق روش رنگ سنجی (Colorimetric Assay) و با استفاده از کیت رنگ سنجی گلیسرول شرکت کیمن امریکا، با حساسیت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر و درصد تغییرات درون آزمونی ۱/۸٪ اندازه گیری شد.

جهت مقایسه و بررسی تغییرات متغیرها از آزمون آماری تحلیل واریانس (آنووا) با اندازه گیری مکرر استفاده شد. در صورت مشاهده تفاوت معنادار نیز از آزمون تعقیبی بونفرونی جهت تعیین محل تفاوت معنادار استفاده شد. سطح معنی داری برابر با $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

یافته ها

فعالیت بدنی بدون مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) و با مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) منجر به افزایش معنادار گلیسرول شد، اما تغییر معناداری بین این افزایش در دو حالت با و بدون مصرف کاپسایسین مشاهده نشد ($P=0.66$). فعالیت بدنی بدون مصرف کاپسایسین

($P=0.001$) و با مصرف کاپسایسین ($P=0.001$) منجر به افزایش معنادار اسید چرب آزاد شد، اما تغییر معناداری بین این افزایش در دو حالت با و بدون مصرف کاپسایسین مشاهده نشد ($P=0.16$).

بحث

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، یک وهله فعالیت هوازی منجر به افزایش معنادار سطوح خونی گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد زنان سالم غیر ورزشکار شد، اما مصرف کاپسایسین اگرچه گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد خون را بیشتر افزایش داد اما این اختلاف به لحاظ آماری معنادار نبود. به عبارت دیگر، یک وهله فعالیت مقاومتی، لیپولیز را در زنان سالم غیر ورزشکار افزایش داد، اما وقتی آزمودنی‌ها کاپسایسین مصرف کرده بودند، اگرچه لیپولیز نسبت به زمانی که آزمودنی‌ها کاپسایسین مصرف نکرده بودند، بیشتر شد؛ اما این افزایش در اثر کاپسایسین به لحاظ آماری معنادار نبود (هر دو جلسه فعالیت مقاومتی منجر به افزایش معنادار لیپولیز شدند). البته نمی‌توان به سادگی از افزایش غیر معنادار لیپولیز ناشی از ورزش بر اثر کاپسایسین گذشت. شاید اگر دوز مصرف یا مدت مصرف بیشتر بود این نتایج معنادار می‌بود. همچنین این احتمال وجود دارد که با افزایش تعداد آزمودنی و به دنبال آن افزایش توان آزمون آماری، معناداری آماری نیز مشاهده می‌شد. به هر حال جهت پاسخ به این ابهامات نیازمند طراحی مطالعات آینده هستیم. ایمایزومی و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که فلفل قرمز به عنوان ادویه جهت افزایش طعم غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاپسایسین و کاپسایسینوئیدها نقش مهمی در تندی آن دارند. اما اطلاعات کمی در خصوص اثرات آنها در سوخت و ساز چربی و کربوهیدرات وجود دارد. آنها اثرات آنها را بر گلیسرول و اسیدهای چرب موش‌ها مورد بررسی قرار دادند. موش‌های نر شش هفته‌ای به سه گروه کاپسایسین، کاپسایسینوئید و کنترل تقسیم شدند. مداخلات به مدت ۱۰ روز در دوز ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن در روز انجام شد. کاپسایسین افزایش معناداری در گلیسرول و اسیدچرب پلاسما را در روز هفتم در مقایسه با گروه کنترل نشان داد (۱۴). نتایج آنها در خصوص افزایش معنادار گلیسرول و اسیدچرب بر اثر کاپسایسین در تضاد با یافته‌های حاضر است. با این حال آنها اثر کاپسایسین بدون فعالیت بدنی را مورد مطالعه قرار داده‌اند، اما در پژوهش حاضر اثر کاپسایسین بر لیپولیز بعد از فعالیت بدنی مورد بررسی قرار گرفت و شاید اثر فعالیت بدنی بر لیپولیز انقدر بالا بوده است که اگرچه کاپسایسین، لیپولیز بعد از آن را افزایش داده اما در مقایسه با فعالیت بدنی بدون کاپسایسین معنادار نبود. به طور کلی اثرات ضد چاقی کاپسایسین را اظهار داشتند (۱۵). ابراهیم و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاپسایسین نه تنها بلوغ سلول‌های چربی نابالغ به سلول‌های چربی بالغ را سرکوب می‌کند بلکه مانع از تمایز سلول‌های بنیادی مزانشیمی به سلول‌های چربی می‌شود (۱۶). باسکاران و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر یک رژیم غذایی حاوی کاپسایسین را بر بافت چربی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که کاپسایسین از طریق فعال‌سازی TRPV1 باعث قهوه‌ای شدن بافت چربی سفید برای مقابله با چاقی می‌شود (۱۷). گانون و همکاران (۲۰۱۶) نیز تاثیر مصرف فلفل تند و عصاره فلفل را بر کاهش وزن و چربی بدن اظهار داشتند. آنها کاپسایسین را یک ماده موثره فلفل‌های تند در این رابطه دانستند (۱۸). جانسنز و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که کاپسایسین می‌تواند جهت پیشگیری و درمان چاقی استفاده شود. آنها نشان دادند که مصرف ۲/۵۶ میلی‌گرم کاپسایسین در هر وعده غذایی منجر به تعادل منفی انرژی، افزایش اکسیداسیون چربی‌ها و کاهش وزن می‌شود (۱۹). لی و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشاهده کردند که مصرف موضعی ۰/۷۵٪ کاپسایسین به موش نر ممکن است منجر به کاهش تجمع چربی، کاهش التهاب و افزایش حساسیت به انسولین شود (۲۰). کاپسایسین ماده موثره مهمی در فلفل قرمز است. اثرات سودمند کاپسایسین در عملکرد قلبی عروقی و سوخت و ساز بدن قبلاً تأیید شده است. گیرنده کاپسایسین TRPV1 نامیده می‌شود که با فعال شدن آن منجر به فعال‌سازی سیگنالینگ کلسیم و بدنبال آن اثرات مختلف فیزیولوژیکی می‌شود. نقش TRPV1 به خوبی در التهاب، استرس اکسیداتیو و درد مشخص شده است. به تازگی مشخص شده است که TRPV1 در عملکرد قلبی و متابولیک نیز نقش دارد. علاوه بر این مطالعات اخیر نقش کاپسایسین را در سلامت انسان گزارش کرده‌اند. لذا استفاده از فلفل (کاپسایسین) علاوه بر لذت بردن از طعم غذا منجر به کاهش شیوع چاقی، بیماری‌های قلبی و دیابت می‌شود (۲۱). علاوه بر این، فاتوری و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند که کاپسایسین دارای ضد چاقی بوده و می‌تواند جهت پیشگیری‌هایی نظیر دیابت و بیماری‌های قلبی عروقی نیز مورد استفاده قرار گیرد (۲۲). سایتو (۲۰۱۵) اظهار داشتند که بافت چربی قهوه‌ای در تنظیم تعادل انرژی و چربی بدن درگیر است. آنها گزارش کردند که کاپسایسین از طریق گیرنده خود به نام TRPV1 منجر به کاهش چربی بدن از طریق فعال‌سازی بافت چربی قهوه‌ای می‌شود (۲۳). مک کارتی و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که کاپسایسین از فلفل‌های تند از طریق گیرنده TRPV1 اثرات خود را در سوخت و ساز بدن می‌گذارد. فعال‌سازی TRPV1 منجر به افزایش رهاسازی کلسیم شده که مسیره‌های پایین دست را فعال می‌کند. از جمله این مسیره‌های پایین دست منجر به افزایش بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش بیان پروتئین‌های پیش‌التهابی می‌باشد. از دیگر اثرات آن می‌توان به افزایش برداشت کلاسترول و در نتیجه کاهش تشکیل پلاک، و نیز تحریک بافت چربی قهوه‌ای و افزایش سوخت و ساز آن اشاره کرد. فعال‌سازی TRPV1 همچنین یک اثر آنتی‌اکسیدانی بر روی کبد بیماران مبتلا به کبد چرب غیر الکلی دارد و در علاوه بر این می‌توان منجر به هیپرگلیسمی شود. لئونگ (۲۰۱۴) اظهار داشت که مطالعات آزمایشگاهی به نقش کاپسایسین به عنوان یک گیاه ضد چاقی اشاره کرده‌اند.

او نیز به نقش کاپسایسین از طریق گیرنده TRPV1 جهت تحریک بافت چربی قهوه‌ای اشاره کرد (۲۴). چن و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند گیرنده TRPV1 که گیرنده کاپسایسین است با افزایش داخل سلولی کلسیم در کاهش وزن نقش دارند. آنها چنین بیان داشتند که با این حال مکانیسم اصلی تاثیر کاپسایسین رژیم غذایی بر چاقی به طور کامل مشخص نیست. با این حال نتایج آنها نشان داد که مصرف کاپسایسین از طریق فعال کردن TRPV1 و رهاسازی کلسیم درون سلولی منجر به تجزیه چربی بیشتر در هر دو شرایط آزمایشگاهی و محیط بدن می‌شود (۲۵). با این حال، در تفسیر یافته‌ها می‌بایست احتیاط کرد، زیرا ما نتوانستیم مطالعه‌ای را پیدا کنیم که اثر مصرف کاپسایسین را بر لیپولیز بدنال فعالیت‌های هوازی و بویژه در زنان جوان غیر ورزشکار بررسی کرده باشد. هرچند که بر اساس یافته‌های حاضر، کاپسایسین در دوز ۴۰۰ میلی‌گرم اثر معناداری بر لیپولیز بدنال فعالیت هوازی در زنان جوان غیر ورزشکار نداشت، اما در تنها مطالعه پژوهشی موجود در این رابطه، تنها در یک مطالعه شین و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی هم افزایی فعالیت بدنی همراه با مصرف کاپسایسین پرداختند. نتایج آنها نشان داد که کاپسایسین به بهبود کارایی قلبی و متابولیسمی در دوره ریکاوری بعد از ورزش منجر می‌شود، ضمن اینکه به افزایش تجزیه چربی‌ها منجر می‌شود (۲۶). مطالعه شین و همکاران (۲۰۱۰) در تضاد با یافته‌های حاضر بود، اما آنها تاثیر مصرف کاپسایسین با تمرین هوازی را مورد مطالعه قرار دادند و مطالعه حاضر تاثیر تمرین هوازی با هدف چربی سوزی را بررسی کرد. لذا یکی از دلایل این تضاد شاید تفاوت در پروتوکل تمرینی باشد. اما نکته مهم در خصوص تفاوت دو مطالعه (مطالعه حاضر و شین و همکاران) این است که در مطالعه شین و همکاران (۲۰۱۰) قبل از فعالیت و در روز آزمون مکمل مصرف شده است، اما در پژوهش حاضر، مکمل یک دوره یک هفته‌ای مصرف شده است و در روز آزمون (قبل از فعالیت) هیچ مکملی دریافت نشده است. با این حال و به جهت کمبود و شاید نبود مطالعه‌ای مشابه، به نظر می‌رسد در این خصوص نیازمند انجام مطالعات بیشتری هستیم. با این حال گزارش شده است که رژیم غذایی قبل از تمرین از طریق تغییرات در قابلیت دسترسی اسید چرب (FFA) و فعالیت بتاهیدروکسی اسیل کوآدهیدروژناز (β -HAD) بر میزان اکسیداسیون چربی در طول تمرین تأثیر می‌گذارد (۲۷). نمایان شدن گلیسرول در پلاسما به عنوان شاخص لیپولیز معرفی گردیده (۲۸) ولی پژوهش‌های اندکی با مکمل‌دهی مکمل‌های مختلف روی گلیسرول پلاسما انجام شده است. گروستیجا و همکاران (۱۹۸۹) پس از ۴ هفته مکمل‌دهی ال کارنیتین به میزان ۲ گرم در روز، و براود و همکاران (۲۰۰۸) پس از تجویز روزانه ۲ گرم ال-کارنیتین به مدت ۲ هفته، در حمایت از پژوهش حاضر تغییری در غلظت پلاسمایی گلیسرول طی فعالیت مشاهده نکردند (۲۹،۳۰). اما یافته‌های مورساک و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد، ترکیب کافئین، آرژنین، ایزوفلاون و ال-کارنیتین به افزایش معنی‌دار لیپولیز و بتا اکسیداسیون منجر شد؛ البته این تغییرات ناشی از ال-کارنیتین نبود، زیرا تاثیر مصرف ال کارنیتین به تنهایی بر لیپولیز مشاهده نگردید (۳۱). همچنین در سال‌های اخیر توجه زیادی معطوف گیاهان دارویی شده است. به عنوان مثال، نشان داده شده است که گلیسرول پلاسما بعد از ورزش با مصرف چای سبز به طور معنادار بیشتر از زمانی بود که دارونما مصرف شد (۳۲). در هر صورت در پژوهش حاضر، کاپسایسین اگرچه لیپولیز بعد از ورزش را در مقایسه با لیپولیز بعد از ورزش بدون کاپسایسین افزایش داد، اما این اختلاف به لحاظ آماری معنادار نبود، اما به جهت کمبود مطالعات در این زمینه، نیازمند مطالعات بیشتری هستیم. اما هر دو جلسه فعالیت هوازی منجر به افزایش معنادار لیپولیز شدند. در خصوص تاثیر فعالیت‌های بدنی بر لیپولیز، وولف و همکاران (۱۹۹۰) در انتهای ۳۰ دقیقه فعالیت دوییدن مردان نخبه استقامتی با شدت متوسط (۳۳)، رومین و همکاران (۱۹۹۳) در انتهای فعالیت‌های ۱۲۰ دقیقه‌ای با شدت ۲۵٪ و ۶۵٪ VO2MAX که توسط مردان و زنان نخبه استقامتی بر روی دوچرخه کارسنج اجرا شد (۳۴)، آچن و همکاران (۲۰۰۲) در انتهای فعالیت دوییدن توسط مردان نخبه استقامتی با شدت ۴۵٪ VO2MAX (۳۵) و مورتزاکیس و همکاران (۲۰۰۶) در انتهای یک فعالیت دوی سه ساعته توسط مردان ورزشکار با شدت ۴۴٪ VO2MAX (۳۶)، افزایش اسیدهای چرب آزاد پلاسما را گزارش نموده‌اند. این یافته‌ها با یافته تحقیق حاضر همخوانی دارد. اسیدهای چرب، منابع اصلی انرژی در زمان استراحت و در حین فعالیت‌های ورزشی با شدت کم تا متوسط هستند. همچنین یکی از مهمترین منابع اسیدهای چرب مورد استفاده در حین فعالیت، اسیدهای چرب آزاد پلاسما می‌باشند. دلیل اصلی افزایش اکسایش چربی‌ها در هنگام فعالیت‌های ورزشی، افزایش دسترسی به اسیدهای چرب آزاد پلاسما عنوان شده است. این افزایش، نتیجه افزایش لیپولیز در بافت چربی، کاهش اشباع مجدد اسیدهای چرب و نیز افزایش جریان خون به بافت چربی است (۳۷). بنابراین، افزایش معنی‌دار و قابل توجه اسیدهای چرب آزاد پلاسما در انتهای فعالیت می‌تواند نشانگر افزایش دسترسی به اسیدهای چرب آزاد و در نتیجه افزایش اکسایش چربی‌ها در این فعالیت باشد. چون گزارش شده است که عضلات اسکلتی فعال بین ۸۰ تا ۹۰٪ اسیدهای چرب برداشته شده از خون را مصرف می‌نمایند (۳۸). از طرف دیگر این یافته با یافته دیگری از رومین و همکاران (۱۹۹۳) مغایرت دارد. بطوریکه، رومین و همکاران (۱۹۹۳) در شدت‌های کم تا متوسط، افزایش دسترسی به اسیدهای چرب آزاد و در شدت‌های بالا (VO2MAX ٪۸۵) کاهش دسترسی را گزارش کرده (۳۴) و دلیل آن را کاهش جریان خون بافت چربی در شدت‌های بالای فعالیت عنوان نموده‌اند (۳۶). همچنین در پژوهش گوتو و همکاران (۲۰۰۷) فعالیت مقاومتی با فاصله‌ی استراحتی ۲۰ و ۶۰ دقیقه در مردان سالم فعال، موجب افزایش لیپولیز (غلظت گلیسرول) طی ۶۰ دقیقه فعالیت استقامتی با شدت ۵۰٪ بیشینه اکسیژن

مصرفی گردید (۳۹)، که پژوهش حاضر همسو بود. ارومسی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند میزان لیپولیز در افراد تمرین کرده بعد از فعالیت مقاومتی حد ۷۵٪ افزایش پیدا کرد (۴۰)، این مورد نیز با نتایج حاضر همسو بود. همچنین، نشان داده شده فعالیت مقاومتی دایره‌ای با فاصله‌ی استراحتی کوتاه و شدت متوسط (۵۰٪ یک تکرار بیشینه) در افراد چاق سبب افزایش فعالیت تری‌اسیل گلیسرول لیپاز می‌گردد و تحریک کننده‌ی قوی هورمون رشد و کاتکولامین‌ها می‌باشد (۴۱)، که این هورمون‌ها نیز تحریک کننده‌های اصلی لیپولیز می‌باشند (۴۲،۴۳). گوتو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند طی فعالیت استقامتی به دنبال فعالیت مقاومتی غلظت هورمون رشد، اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین نسبت به جلسه‌ی کنترل افزایش معنی‌داری پیدا نمود. همچنین، غلظت انسولین (مهارکننده‌ی لیپولیز) طی فعالیت استقامتی نسبت به جلسه‌ی کنترل کاهش معنی‌داری پیدا کرد (۳۹). با کاهش غلظت انسولین میزان غلظت cAMP افزایش، و به دنبال آن پروتئین کیناز A فعال می‌شود، که این پروتئین سبب افزایش فعالیت لیپاز حساس به هورمون (HSL) و در نتیجه افزایش تجزیه‌ی چربی می‌گردد (۴۵،۴۴). همچنین، کاتکولامین‌ها با تحریک گیرنده‌های بتا آدرنرژیک سبب افزایش cAMP و در نتیجه افزایش لیپولیز می‌شود (۴۶). هورمون رشد هم به طور غیرمستقیم با افزایش حساسیت گیرنده‌های بتا آدرنرژیک به کاتکولامین‌ها سبب افزایش لیپولیز می‌گردد (۴۷). بررسی‌ها نشان داده تزریق هورمون رشد سبب افزایش غلظت گلیسرول (شاخص لیپولیز) در افراد سالم شده است (۴۸). در مقابل، احمدی زاد و همکاران (۲۰۰۵) تفاوت معناداری را در میزان اکسیداسیون چربی در طول تمرین زیر بیشینه روی تردمیل مشاهده نکردند (۴۹). پاسخ‌های متابولیکی به تمرین وابسته اند و شدت تمرین عامل اصلی و اولیه در تعیین مسیر اکسیداسیون است. معمولاً تمرینات بلند مدت متکی به دریافت انرژی از طریق لیپولیز چربی‌ها می‌باشند. از طرفی دیگر فعالیت‌های طولانی منجر به تحریک ترشح کاتکولامین‌ها و متعاقب آن منجر به افزایش در روند لیپولیز می‌گردد. در این فرآیند تری‌گلیسریدها به FFA و گلیسرول شکسته می‌شوند و FFA وارد چرخه بتا اکسیداسیون شده و پس از تشکیل استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس شده و درگیر فرآیند تولید انرژی می‌شود. بنابراین ترشح برخی هورمون‌ها همچون کورتیزول، اپی‌نفرین و هورمون رشد ناشی از تمرین و فعالیت‌های جسمانی عوامل مهمی در افزایش مسیر لیپولیز چربی‌ها به شمار می‌روند (۵۰). لذا بهتر است در پژوهش‌های آینده سطوح هورمون‌های کورتیزول، اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین نیز اندازه‌گیری شود. کاتکولامین‌ها و انسولین دو هورمون مهم متابولیکی هستند. کاتکولامین‌ها از طریق تحریک گیرنده‌های بتا آدرنرژیک تحریک کننده و انسولین بازدارنده لیپولیز می‌باشند. در کنار این دو هورمون، هورمون‌های دیگری از جمله کورتیزول، هورمون رشد و گلوکاگون نیز بر سوخت و ساز چربی تأثیر می‌گذارند. از طرفی نشان داده شده است که ارتباط معناداری بین FATmax و لاکتات وجود دارد و نقطه شروع تجمع لاکتات در شدتی از فعالیت است که حداکثر اکسیداسیون چربی در آن نقطه اتفاق می‌افتد (۴۹). افزایش سوخت و ساز چربی به طور بالقوه می‌تواند علائم بیماری‌های متابولیکی مانند چاقی و دیابت نوع ۲ را کاهش دهد، همچنین در کاهش عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی عروقی نقش مهمی دارد (۵۱). اکسیداسیون چربی هنگام فعالیت ورزشی، اهمیت بسزایی در ورزشکاران و علاقه‌مندان به کاهش وزن دارد. یکی از مهم‌ترین عوامل تنظیم کننده اکسیداسیون چربی، شدت فعالیت و مدت آن است. زیرا افزایش جریان گلیکولیتیکی، انتقال اسیدچرب با زنجیره بلند را به درون میتوکندری مهار می‌کند و موجب کاهش اکسیداسیون اسیدچرب می‌شود. اکسیداسیون چربی هنگامی که شدت تمرین از کم تا متوسط است، زیاد می‌شود و هنگامی که شدت تمرین بسیار زیاد باشد کاهش می‌یابد (۵۱). با این حال، در پژوهش حاضر، فعالیت مقاومتی دایره‌ای منجر به افزایش لیپولیز شد. به طور کلی، در طی فعالیت ورزشی بدن به کاهش سریع کربوهیدرات به شکلی جواب می‌دهد که بسیج چربی برای عضله‌ی اسکلتی اکسیداسیون را افزایش می‌دهد و سطح قند خون را برای مغز حفظ می‌کند (۵۲). بسیج تری‌گلیسرید از بافت چربی و جایابی آن به داخل گردش خون سبب می‌شود تا این منبع سوختی به شکل اسید چرب آزاد (FFA) در دسترس بافت‌هایی که از نظر متابولیکی فعال هستند، قرار گیرد و در نتیجه ادامه‌ی عملکرد عضله را با وجود کاهش غلظت گلوکز خون و گلیکوژن میسر می‌سازد (۵۳). در فعالیت بدنی طولانی مدت، مسیرهای بیوشیمیایی درگیر در بسیج و سوخت چربی، برای افزایش میزان مصرف FFA فعال می‌شوند.

نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های حاضر، چنین نتیجه گیری می‌شود که فعالیت هوازی منجر به افزایش معنادار لیپولیز در زنان جوان غیر ورزشکار می‌شود، اما مصرف مکمل عصاره کاپسایسین در دوز ۴۰۰ میلی‌گرم، تأثیر معناداری بر لیپولیز بافت چربی بعد از این نوع فعالیت در این زنان ندارد. احتمال دارد این عدم تأثیر معنادار کاپسایسین به دلیل تا حد کافی بالا بودن اثر فعالیت، عدم مصرف مکمل در روز آزمون و قبل از آزمون، ناکافی بودن دوز یا مدت مصرف و یا دلایل دیگری باشد که نیازمند بررسی در مطالعات آینده است. در هر صورت، به دلیل اینکه در خصوص تأثیرات گیاه کاپسایسین بر لیپولیز ناشی از فعالیت بدنی تحقیقات زیادی انجام نشده است (فقط یک مطالعه انجام شده است)، جهت نتیجه

گیری دقیقتر و مطمئن تر نیازمند انجام پژوهش‌های بعدی با تعداد آزمودنی بیشتر و کنترل دیگر موارد اثر گذار می‌باشیم. البته در پژوهش حاضر، مصرف کاپسایسین، لیپولیز را در مقایسه با زمانی که کاپسایسین مصرف نشد افزایش داد؛ اما این اختلاف به لحاظ آماری معنادار نبود.

References

1. Nammi S, Koka S, Chinnala K, Boini KM. Obesity: an overview on its current perspectives and treatment options. *Nutr J.* 2004;3:3-10.
2. Stone, M.H. (1990). Muscle conditioning and muscle injuries. *Med Sci Sports Exerc*; 22: 457-62.
3. Williams, M.H. (2002). *Nutrition for health, Fitness and sport.* MC crow Hill.: Sixth Edition.: P:466-467.
4. Zafeiridis, A., Smilios, I., Considine, R.V., Tokmakids, S.P. (2003). Serum leptin responses after acute resistance exercise protocols. *J Appl Physiol*; 94:594-597.
5. Mark Hargreaves, Lawrence Spriet (2006). *Exercise Metabolism-2nd Edition.* Human Kinetics.
6. Chen .K.J., Young , R.S(2004) Effects of exercise on lipid metabolism in female . *Wor . J. of gastro .* 21(1):pp:6-21.
7. Wong,PC, Chia, y,H, Tsou, Y.H, Darren Lim, (2008) Effects of a 12-week Exercise Training Programme on Aerobic Fitness, Body Composition, Blood Lipids and C-Reactive Protein in Adolescents with Obesity *Ann Acad Med Singapore*;37:286-93
8. Smith, Hoetzer. (2003). Lack of an age-related increase in plasma c-reactive protein in endurance-trained men.
9. Hull, S., E. Van Oli, (1987). Exercise training reduces myocardial lipid peroxidation 65:1157-1164.
10. Karlic H, Lohninger A. Supplementation of L-carnitine in athletes: does it make sense? *Nutrition* 2004; 20: 709–15.
11. Dadgar T, Ghaemi E, Bazueri M, Asmar M, et al. The antibacterial effects of 20 herbal plants on methicillin resistant and sensitive s.aureus in Golestan province. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*, 2007; 9 (1):55-62.[persian]
12. Henry CJ and Emery B. Effect of spiced food on metabolic rate. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.* 1986; 40: 165 - 8.
13. Yoshioka M, St-Pierre S, Suzuki M and Tremblay A. Effects of red pepper added to high fat and high carbohydrate meals on energy metabolism and substrate utilization in Japanese women. *Br. J. Nutr.* 1998; 80: 503 - 10.
14. Imaizumi K, Sato S, Kumazawa M, Arai N, Aritoshi S, Akimoto S, Sakakibara Y, Kawashima Y, Tachiyashiki K. Capsaicinoids-induced changes of plasma glucose, free fatty acid and glycerol concentrations in rats. *J Toxicol Sci.* 2011 Jan;36(1):109-16.
15. McCarty MF, DiNicolantonio JJ, O'Keefe JH. Capsaicin may have important potential for promoting vascular and metabolic health. *Open Heart.* 2015 Jun 17;2(1):e000262. doi: 10.1136/openhrt-2015-000262. eCollection 2015.
16. Ibrahim M, Jang M, Park M, Gobianand K, You S, Yeon SH, Park S, Kim MJ, Lee HJ. Capsaicin inhibits the adipogenic differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells by regulating cell proliferation, apoptosis, oxidative and nitrosative stress. *Food Funct.* 2015 Jul;6(7):2165-78. doi: 10.1039/c4fo01069h.

17. Baskaran P, Krishnan V, Ren J, Thyagarajan B. Capsaicin Induces Browning of White Adipose Tissue and Counters Obesity by activating TRPV1 dependent mechanism. *Br J Pharmacol*. 2016 May 12. doi: 10.1111/bph.13514. [Epub ahead of print]
18. Gannon NP, Lambalot EL, Vaughan RA. The effects of capsaicin and capsaicinoid analogs on metabolic molecular targets in highly energetic tissues and cell types. *Biofactors*. 2016 May;42(3):229-46. doi: 10.1002/biof.1273. Epub 2016 Mar 4.
19. Janssens PL, Hursel R, Martens EA, Westerterp-Plantenga MS. Acute effects of capsaicin on energy expenditure and fat oxidation in negative energy balance. *PLoS One*. 2013 Jul 2;8(7):e67786. doi: 10.1371/journal.pone.0067786. Print 2013.
20. Lee GR, Shin MK, Yoon DJ, Kim AR, Yu R, Park NH, Han IS. Topical application of capsaicin reduces visceral adipose fat by affecting adipokine levels in high-fat diet-induced obese mice. *Obesity (Silver Spring)*. 2013 Jan;21(1):115-22. doi: 10.1002/oby.20246.
21. Sun F, Xiong S, Zhu Z. Dietary Capsaicin Protects Cardiometabolic Organs from Dysfunction. *Nutrients*. 2016 Apr 25;8(5). pii: E174. doi: 10.3390/nu8050174.
22. Fattori V, Hohmann MS, Rossaneis AC, Pinho-Ribeiro FA, Verri WA. Capsaicin: Current Understanding of Its Mechanisms and Therapy of Pain and Other Pre-Clinical and Clinical Uses. *Molecules*. 2016 Jun 28;21(7). pii: E844.
23. Saito M. Capsaicin and Related Food Ingredients Reducing Body Fat Through the Activation of TRP and Brown Fat Thermogenesis. *Adv Food Nutr Res*. 2015;76:1-28. doi: 10.1016/bs.afnr.2015.07.002. Epub 2015 Sep 26.
24. Leung FW. Capsaicin as an anti-obesity drug. *Prog Drug Res*. 2014;68:171-9.
25. Chen J, Li L, Li Y, Liang X, Sun Q, Yu H, Zhong J, Ni Y, Chen J, Zhao Z, Gao P, Wang B, Liu D, Zhu Z, Yan Z. Activation of TRPV1 channel by dietary capsaicin improves visceral fat remodeling through connexin43-mediated Ca²⁺ influx. *Cardiovasc Diabetol*. 2015 Feb 13;14:22. doi: 10.1186/s12933-015-0183-6.
26. Shin KO, Yeo NH, Kang S. Autonomic nervous activity and lipid oxidation postexercise with capsaicin in the humans. *J Sports Sci Med*. 2010 Jun 1;9(2):253-61. eCollection 2010.
27. William E., Garrett J.R. (2000). "Exercies and sport sciences". East washingtons Square Philadelphia, PA19106-3780 USA.
28. Jones NL, Robertson OG, Kane JW, Hart RA. Effect of hypoxia on free fatty acid metabolism during exercise. *J Appl Physiol* 1972; 33: 733–8.
29. Gorostiaga EM, Maurer CA, Eclache JP. Decrease in respiratory quotient during exercise following L-carnitine supplementation. *Int J Sports Med* 1989; 10: 169-74.
30. Broad EM, Maughan RJ, Galloway SD. Carbohydrate, protein, and fat metabolism during exercise after oral carnitine supplementation in humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008; 18: 567-84.
31. Murosaki S, Lee TR, Muroyama K, Shin ES, Cho SY, Yamamoto Y, et al. A combination of caffeine, arginine, soy isoflavones, and L-carnitine enhances both lipolysis and fatty acid oxidation in 3T3-L1 and HepG2 cells in vitro and in KK mice in vivo. *J Nutr* 2007; 137: 2252-7.
32. Gahreman Daniel, Rose Wang, Yati Boutcher and Stephen Boutcher. Green Tea, Intermittent Sprinting Exercise, and Fat Oxidation. *Nutrients* 2015, 7, 5646-5663; doi:10.3390/nu7075245.

33. Wolfe R R, Klein S, Carraro F & Weber J M (1990). Role of triglyceride-fatty acid cycle in controlling fat metabolism in humans during and after exercise. *Am J Physical* 258, p. E382.
34. Romijn J A, Coyle E F, Sidossis L S, Gastaldelli A, Horowitz J. F, Endert E. and Wolfe R R (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *AJP – Endocrinology and Metabolism*, Vol 265, Issue 3 E380-E391.
35. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE (2002). Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc*; 34:92.
36. Mourtzakis Marina, Saltin Bengt, Graham Terry and Pilegaard Henriette (2006). Carbohydrate metabolism during prolonged exercise and recovery: interactions between pyruvate dehydrogenase, fatty acids, and amino acids. *J Appl Physiol* 100:1822-1830.
37. Juul Achten and Asker E Jeukendrup (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *J Nutrition* volume 20, issues 7-8. Page 716-727.
38. Horowitz F Jeffrey (2003). Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise. *TRENDS in Endocrinology and Metabolism* Vol.14 No.8.
39. Goto K, Ishii N, Sugihara S, Yoshioka T, Takamatsu K. Effects of resistance exercise on lipolysis during subsequent submaximal exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 308-15.
40. Ormsbee MJ, Thyfault JP, Johnson EA, Kraus RM, Choi MD, Hickner RC. Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. *J Appl Physiol* 2007; 102: 1767-72.
41. Chatzinikolaou A, Fatouros I, Petridou A, Jamurtas A, Avloniti A, Douroudos I, et al. Adipose tissue lipolysis is upregulated in lean and obese men during acute resistance exercise, *Diabetes Care* 2008; 31, 1397-9.
42. Gravholt CH, Schmitz O, Simonsen L, Bulow J, Christiansen JS, Moller N. Effects of a physiological GH pulse on interstitial glycerol in abdominal and femoral adipose tissue. *Am J Physiol* 1999; 277: E848-54.
43. Quisth V, Enoksson S, Blaak E, Hagstrom-Toft E, Amer P, Bolinder J. Major differences in noradrenaline action on lipolysis and blood flow rates in skeletal muscle and adipose tissue in vivo. *Diabetologia* 2005; 48: 946-53.
44. Coppack SW, Jensen MD, Miles JM. In vivo regulation of lipolysis in humans. *J Lipid Res* 1994; 35: 177-93.
45. Sidossis L, Stuart C, Shulman GI, Lopaschuk GD, Wolfe RR. Glucose plus insulin regulate fat oxidation by controlling the rate of fatty acid entry into the mitochondria. *J Clin Invest* 1996; 98: 2244-50.
46. Nonogaki K. New insights into sympathetic regulation of glucose and fat metabolism. *Diabetologia* 2000; 43: 533-49.
47. Marcus C, Bolme P, Micha-Johansson G, Margery V, Bronnegard M. Growth hormone increases the lipolytic sensitivity for catecholamines in adipocytes from healthy adults. *Life Sci* 1994; 54: 1335-41.
48. Moller N, Jorgensen JO, Alberti KG, Flyvbjerg A, Schmitz O. Short-term effects of growth hormone on fuel oxidation and regional substrate metabolism in normal man. *J Clin Endocrinol Metab* 1990; 70: 1179-86.
49. Ahmadizad S., Bassami M., Mc Laren D. (2005). "The effect of time of day on fat metabolism at rest and response to exercise". *Journal of Sports Sciences*, 23(2); PP:150-151.

50. Norager CB, Jensen MB, Weimann A, Madsen MR. Metabolic effects of caffeine ingestion and physical work in 75-year old citizens. A randomized, double-blind, placebo-controlled, cross-over study. Clin Endocrinol 2006; 65(2): 223-8.
51. Michelle C.Venables, Juul Achten, and Asker E. Jeukendrup. (2005). "Determinats of fat oxidation during exercise in healthy men and women : a cross sectional study". J Apple Physiology 98; PP:160-167.
52. GoodmanMN.Influence of Aerobic Exercise on Fuel Utilization by Skeletal Muscle.In: LaymanDK, editors. Nutrition and Aerobic Exercise.ACS Symposium Series, Vol. 294, American Chemical Society 1986. p 27-43.
53. Havel RJ, Pernow B, Jones NL. Uptake and release of free fatty acids and other metabolites in the legs of exercising men. J Appl Physiol 1967; 23: 90-9.