



2024 (Autumn), 2 (3): 18-24

DOI: <https://doi.org/10.71702/eps.2024.1199939>

Research article

Journal of Physiology of Training and Sports Injuries

PTSIJournal@gmail.com

zanjan.ptsijournal@iau.ir

<https://sanad.iau.ir/journal/eps>

Received: 2024/7/4

Accepted: 2024/9/15

(ISSN: 3060 - 6306)

Effects of eight weeks of interval training and casein supplementation on the fatty acid transporter FATCD 36 in obese women

Somayeh Khosravanian¹, Abdolmajid Emami², Samaneh Zare^{3,4}

1. M.Sc. Sports Nutrition, Department of Sports Sciences, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Meybod Branch, Islamic Azad University, Meybod, Iran.

(Corresponding author). Email: emami1359@yahoo.com

3. Department of Sports Sciences, Payam Noor University, Yazd, Iran.

4. Ph.D. Student, Department of Sports Sciences, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Semnan, Iran.

Abstract:

Many regulatory processes occur in fatty acid oxidation in skeletal muscle. For example, we can mention the transfer of this substrate into the muscle cell, because a large amount of the oxidized fatty acid is provided by plasma non-esterified fatty acids. Sex-related hormonal differences have a significant effect on substrate oxidation, such that the response of hormones affecting lipolysis, transport, and oxidation of fatty acids during exercise is different in women than in men. Interval training may have equal or greater metabolic benefits than other forms of exercise by increasing energy expenditure during and after activity and by shifting the substrate toward fat utilization. The limited research on the use of casein protein supplementation has introduced a new research paradigm related to the timing of protein intake.

The aim of the present study was to determine and compare the effects of eight weeks of interval training and casein supplementation on the fatty acid transporter FATCD 36 in obese women. The statistical sample of this semi-experimental and applied study included 40 obese female volunteers who were divided by simple randomization into four equal groups: exercise, exercise and casein supplementation, casein supplementation, and control. The training groups performed a running interval training program for eight weeks, three sessions per week. The subjects ran a distance of 20 meters in 30 seconds at maximum speed back and forth, followed by 30 seconds of walking. The training in the first week consisted of four repetitions of activity and four rest periods, with one activity and one rest period added each week in the following weeks. Each subject consumed 20 grams of Pegah Company casein supplement powder dissolved in 200 cc of water with their lunch daily. The levels of the fatty acid transporter FATCD 36 were measured using a kit from Zelbio, Germany.

The results of two-way ANOVA and Tukey's post hoc test showed that there was a significant difference between the mean levels of the fatty acid transporter FATCD 36 in all groups compared to the control group. Therefore, both eight weeks of interval training, eight weeks of casein supplementation, and the combination of exercise and supplementation have an effect on the fatty acid transporter FATCD 36 in obese women.

Keywords: Interval Training, Casein, Fatty Acid Transporter, Obesity.

How to Cite: Khosravanian, S., Emami, A., Zare, S. (2024). Effects of eight weeks of interval training and casein supplementation on the fatty acid transporter FATCD 36 in obese women. *Journal of Physiology of Training and Sports Injuries*, 2(3):18-24. [Persian].

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب‌های ورزشی؛ پاییز ۱۴۰۳، ۲(۳).



دوره ۲ - شماره ۳
پاییز ۱۴۰۳ - صص: ۱۸-۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۵
مقاله پژوهشی

اثرات هشت هفته تمرین تناوبی و مکمل کازئین بر ناقل اسید چرب FATCD 36 در زنان چاق

سمیه خسروانیان^۱، عبدالمجید امامی^۲، سمانه زارع^۳

۱. کارشناس ارشد، تغذیه ورزشی، گروه علوم ورزشی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
۲. استادیار، گروه علوم ورزشی، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران. (نویسنده مسئول).

پست الکترونیک: emami1359@yahoo.com

۳. مدرس، گروه علوم ورزشی، دانشگاه پیام نور، یزد، ایران.

۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، گروه علوم ورزشی، واحد دامغان، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، سمنان، ایران.

چکیده:

فرآیندهای تنظیمی بسیاری در اکسیداسیون اسیدهای چرب در عضلات اسکلتی صورت می‌گیرد. از آن جمله، می‌توان به انتقال این سوپسترا به درون سلول عضلانی اشاره کرد؛ زیرا سهم زیادی از اسید چرب اکسید شده از اسیدهای چرب استریفیه نشده پلاسمایی فراهم می‌شود. تفاوت‌های هورمونی مرتبط با جنسیت، تأثیر چشمگیری بر اکسیداسیون سوپستراها دارد، به گونه‌ای که پاسخ هورمون‌های مؤثر بر لیپولیز، انتقال و اکسیداسیون اسیدهای چرب در فعالیت ورزشی در زنان متفاوت از مردان است. تمرین تناوبی از طریق افزایش مصرف انرژی در طول فعالیت و پس از آن و نیز تغییر سوپسترا به سمت استفاده از چربی‌ها، ممکن است مزایای متابولیکی برابر یا بیشتری نسبت به سایر اشکال تمرینات داشته باشد.

هدف پژوهش حاضر، مقایسه اثرات اجرای هشت هفته تمرین تناوبی و مکمل کازئین بر ناقل اسیدچرب FATCD 36 در زنان چاق بود. نمونه آماری این تحقیق نیمه تجربی و کاربردی شامل ۴۰ نفر از زنان چاق داوطلب بود که به صورت تصادفی ساده به چهار گروه مساوی تمرین، تمرین و مکمل کازئین، مکمل کازئین و کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی هشت هفته و سه جلسه در هفته برنامه تمرین تناوبی دویدن را انجام دادند. آزمودنی‌ها، مسافت ۲۰ متری را در مدت ۳۰ ثانیه با نهایت سرعت به صورت رفت و برگشت دویدند؛ که در ادامه با ۳۰ ثانیه راه رفتن همراه بود. تمرین در هفته اول، شامل چهار تکرار فعالیت و چهار استراحت بود که در هفته‌های آتی، هر هفته یک فعالیت و یک استراحت اضافه شد. به صورت روزانه، ۲۰ گرم پودر مکمل کازئین شرکت پگاه، محلول در ۲۰۰ سی سی آب همراه با غذای ظهر مصرف شد. FATCD 36 ناقل اسیدچرب FATCD 36 آزمودنی‌ها با استفاده از کیت شرکت زلبیو آلمان اندازه‌گیری شد.

نتایج آزمون‌های آماری آنالیز واریانس دو طرفه و آزمون تکمیلی توکی نشان داد که بین میانگین میزان ناقل اسید چرب FATCD 36 در تمام گروه‌ها نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی دار وجود دارد. بنابراین، هم اجرای هشت هفته تمرین تناوبی، هم مصرف هشت هفته مکمل کازئین و هم ترکیب اجرای تمرین و مصرف مکمل بر ناقل اسیدچرب FATCD 36 در زنان چاق اثر دارد.

واژگان کلیدی: تمرین تناوبی، کازئین، ناقل اسید چرب، چاقی.

شیوه استناددهی: خسروانیان، سیمیه؛ امامی، عبدالمجید؛ زارع، سمانه. اثرات هشت هفته تمرین تناوبی و مکمل کازئین بر ناقل اسید چرب FATCD 36 در زنان چاق. فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب‌های ورزشی، پاییز ۱۴۰۳، ۲(۳): ۱۸-۲۴.

فصلنامه فیزیولوژی تمرین و آسیب‌های ورزشی؛ پاییز ۱۴۰۳، ۲(۳).



۱. مقدمه

فرآیندهای تنظیمی بسیاری در اکسیداسیون اسیدهای چرب در عضلات اسکلتی صورت می‌گیرد. از آن جمله می‌توان به انتقال این سوبسترا به درون سلول عضلانی اشاره کرد؛ زیرا سهم زیادی از اسید چرب اکسید شده از اسیدهای چرب استریفیه نشده پلاسمایی فراهم می‌شود. این پروتئین‌های ناقل اثرات متفاوتی بر انتقال اسید چرب از سارکولما نشان می‌دهند؛ اما از میان این انتقال دهنده‌ها CD36 بیشترین اثر مثبت را دارد [۸]. برزگر و همکاران (۲۰۱۸) به مطالعه اثرات چهار هفته فعالیت ورزشی تناوبی شدید بر بیان ژن CTRP15 عضلانی و انتقال دهنده‌های اسید چرب آدیپوسیت‌ها در موش‌های صحرایی بالغ پرداختند. در این مطالعه، ۱۴ سر موش صحرایی نر بالغ و یستار با سن هشت هفته به صورت تصادفی ساده به دو گروه هفت تایی شاهد و تمرین تقسیم شدند. چهار هفته تمرین تناوبی شدید دویدن روی نوارگردان به صورت پنج جلسه در هفته، از سرعت ۳۵ تا ۵۵ متر در دقیقه از هفته اول تا هفته چهارم اجرا شد. عضله نعلی، بافت چربی زیروستی هموزن شده، میزان بیان ژن CTRP15 و انتقال دهنده‌های اسید چرب (FATCD 36, FATP1, FABP4) برای هر یک از بافت‌ها سنجیده شد. یافته‌ها نشان داد که مقادیر بیان ژن CTRP15 پس از چهار هفته فعالیت ورزشی، در گروه تمرین نسبت به گروه شاهد بیشتر بود. همچنین، پس از چهار هفته فعالیت ورزشی تناوبی شدید، میزان تفاوت انتقال دهنده‌های اسید چرب FATCD36 و FATP1 در گروه تمرین بیشتر بود؛ در حالی که تفاوت برای FABP4 در دو گروه از لحاظ آماری معنادار نبود. نتایج نشان داد که یک دوره فعالیت ورزشی تناوبی شدید می‌تواند بیان نسبی انتقال دهنده‌های اسید چرب در آدیپوسیت‌ها را افزایش دهد و فرضیه تسهیل برداشت اسیدهای چرب آزاد توسط بافت چربی را تقویت کند [۲]. ظریفی و همکاران (۲۰۱۵) به مطالعه اثرات تمرین تناوبی با شدت زیاد و حجم کم بر محتوای سارکولمایی ناقل‌های اسید چرب (FAT/CD و FABPpm36) در مردان جوان پرداختند. گروه تمرین، به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته به تمرین تناوبی با شدت زیاد و حجم کم پرداختند. هر جلسه تمرینی شامل هشت تا یازده تناوب رکاب زدن ۶۰ ثانیه‌ای با شدتی برابر با اوج توان کسب شده در انتهای آزمون فزاینده VO_2peak بود. بین هر تناوب، ۷۵ ثانیه رکاب زدن با شدت ۳۰ وات به منزله ریکاوری وجود داشت. در پیش و پس از آزمون، از گروه تمرین، نمونه عضله پهن جانبی به منظور تعیین محتوای پروتئین به روش وسترن بلات گرفته شد. پس از دوره تمرین تناوبی با شدت زیاد و حجم کم، افزایش VO_2peak در گروه تمرین نسبت به پیش آزمون و گروه کنترل مشاهده شد. محتوای سارکولمایی ناقل‌های اسید چرب (FAT/CD و FABPpm36)

نیز پس از چهار هفته تمرین تناوبی با شدت زیاد و حجم کم به ترتیب ۱۴ و ۲۵ درصد افزایش نشان داد [۱۰].

کازئین‌ها پروتئین‌های آمفی‌دوست با مقدار زیادی استرهای آمینواسیدی آب‌گریز و آب‌دوست هستند. آن‌ها خواص مثبت متعددی مانند زیست‌سازگاری و فعالیت سطحی نشان می‌دهند، غیر سمی هستند، پایداری خاصی در برابر دما دارند و امکان تشکیل کمپلکس همراه با مولکول‌های دیگر و همچنین خواص محافظتی برای بارهای حساس نشان می‌دهند [۷]. مصرف پروتئین کازئین، افزایش نرخ سنتز پروتئین را به عنوان مکانیسم افزایش ادغام اسیدهای آمینه افزایش می‌دهد. گزارش شده است که کازئین، دریافت انرژی را به میزان بیشتری نسبت به پروتئین آب پنیر کاهش می‌دهد [۴]. میدندروف و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه اثرات میسل‌های کازئین در انتقال ترکیبات آلی لیپوفیل پرداختند. میسل‌های کازئین، به دلیل نقش طبیعی خود به عنوان سیستم‌های انتقال مواد آب‌گریز، دارای یک هسته چربی دوست تثبیت شده توسط یک ساختار دولایه الکتریکی، امکان دسترسی به هسته و بنابراین گنجاندن مواد زیست فعال محلول در چربی را فراهم می‌کند. به این ترتیب، مواد چربی دوست را می‌توان در میسل‌های کازئین گنجاند و آن‌ها را انتقال داد [۷]. دلا کروز و کاهان (۲۰۲۱) به مطالعه مواد مغذی کازئین بر متابولیسم و اشتها پرداختند. تحقیقات در مورد استفاده از مکمل پروتئین کازئین، یک الگوی تحقیقاتی جدید مرتبط با زمان بندی مصرف پروتئین را معرفی کرده است. هدف از این مطالعات سیستماتیک، درک اثرات پروتئین کازئین بر مصرف انرژی، لیپولیز، اشتها و دریافت غذا در افراد سالم و دارای اضافه وزن یا چاق بود. یافته‌ها نشان داد که مصرف ۲۴ تا ۴۸ گرم کازئین هیچ تأثیری بر متابولیسم یا اشتها ندارد، اما داده‌ها محدود است و برای روشن شدن روابط مشاهده شده به تحقیقات آینده نیاز است [۴]. مارتینز گالان و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه نسبت کازئین و پروتئین آب پنیر در بزرگسالان فعال بدنی پرداختند. با توجه به استفاده از پروتئین‌های شیر مانند پروتئین آب پنیر و کازئین به عنوان کمک کننده‌های انرژی‌زای تغذیه ورزشی، مطالعه حاضر اثرات ارتباط پروتئین آب پنیر و کازئین را در نسبت ۸۰:۲۰ مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که براساس مقایسه متغیرهای اسیدهای آمینه شاخه‌دار و کوفتگی تاخیری عضلانی، پروتئین کازئین از پروتئین آب پنیر مزیت‌های بیشتری دارد [۶].

تمرینات تناوبی از جمله تمریناتی هستند که توانایی عضلات را برای اکسیداسیون چربی افزایش می‌دهند و می‌توانند سبب کاهش چربی زیرپوستی و چربی شکمی شوند. به نظر می‌رسد که در تمرین تناوبی، تنفس در وهله‌های ریکاوری موجب بهبود بازسازی اکسیژن و در نهایت افزایش سوخت و ساز چربی در مقایسه با تمرین تداومی

پروتئین عضلانی را در طول شب افزایش می‌دهد و در صورت ترکیب با تمرینات مقاومتی، این افزایش تا حدی بیشتر می‌شود. تحقیقات در مورد استفاده از مکمل پروتئین کازئین، یک الگوی تحقیقاتی جدید مرتبط با زمان بندی مصرف پروتئین را معرفی کرده است. تمرین تناوبی ضمن افزایش یا حفظ توده عضلانی، به واسطه مسیرهای سیگنالینگ، باعث سازگاری‌هایی مشابه با تمرینات استقامتی و مقاومتی می‌گردد. این تمرینات، از طریق افزایش مصرف انرژی در طول فعالیت و پس از آن و نیز تغییر سوبسترا به سمت استفاده از چربی‌ها، باعث کاهش وزن می‌شوند. تمرین تناوبی ممکن است مزایای متابولیکی برابر یا بیشتری از سایر اشکال تمرینات داشته باشد. مطالعات اندکی در زمینه اثر تمرینات تناوبی با شدت کم و تغییرات ناشی از آن در متابولیسم اسیدهای چرب یا ناقل‌های اسید چرب انجام شده است، در حالی که تمرینات تناوبی با شدت بالا باعث افزایش مصرف کالری روزانه، کاهش چربی احشایی، بهبود و کنترل قند خون، ترکیب بدن و مقاومت به انسولین می‌شود. برخی از انواع پروتکل‌های تمرینات تناوبی با شدت بالا نزدیک به مداخلات تمرین مقاومتی می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از یک طرف، تمرین اینتروال می‌تواند منجر به تحریک مکانیکی نسبتاً شدید همانند تمرین مقاومتی گردد؛ در حالی که از طرف دیگر، این نوع تمرین می‌تواند منجر به تحریک متابولیکی بالایی شود. اجرای تمرینات تناوبی باعث بهبود ظرفیت اکسایشی عضله اسکلتی، افزایش اکسیژن مصرفی اوج، افزایش حساسیت به انسولین، افزایش فعالیت آنزیم‌های میتوکندریایی و اکسیداسیون چربی عضلات اسکلتی و کل بدن، کاهش وزن و کاهش هایپرگلیسمی می‌شود [۱]. با این توصیف، پژوهش حاضر در نظر دارد تا تأثیر اجرای هشت هفته تمرین تناوبی و مصرف مکمل کازئین را بر ناقل اسید چرب FATCD 36 در زنان چاق مورد مطالعه قرار دهد.

۲. روش پژوهش

هدف پژوهش حاضر، تعیین و مقایسه اثرات اجرای هشت هفته تمرین تناوبی و مصرف مکمل کازئین بر ناقل اسید چرب FATCD 36 در زنان چاق بود. جامعه آماری این تحقیق نیمه تجربی و کاربردی شامل ۴۰ نفر از زنان چاق داوطلب با دامنه سنی $28 \pm 3/5$ سال و شاخص توده بدنی $2/5 \pm 32/71$ کیلوگرم بر متر مربع بود که به صورت تصادفی ساده به چهار گروه مساوی تمرین، تمرین و مکمل کازئین، مکمل کازئین و کنترل تقسیم شدند. متغیرهای مستقل پژوهش حاضر شامل اجرای هشت هفته تمرین تناوبی دوییدن و مصرف هشت هفته مکمل کازئین و متغیر وابسته نیز شامل سطح سرمی ناقل اسید چرب FATCD 36 بود. گروه‌های تمرینی به مدت هشت هفته و

می‌شود [۱]. پژوهشگران، مشاهده کردند که یک جلسه فعالیت تناوبی با شدت بالا در چهار وهله ۳۰ ثانیه‌ای با چهار دقیقه ریکوری، موجب بهبود حساسیت به انسولین و اکسیداسیون چربی در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن و چاق شد [۹]. ساری صراف و همکاران (۲۰۲۰) به مطالعه اثرات هشت هفته تمرینات تناوبی و تداومی به طور ترکیبی با محدودیت کالری متناوب بر توده چربی و بدون چربی بدن زنان دارای اضافه وزن پرداختند. در هر سه گروه مورد مداخله، فقط توده چربی بدن کاهش یافت و تغییر معنی‌داری در توده بدون چربی مشاهده نشد. همچنین، مقدار تغییرات توده چربی بدن در بین گروه‌ها تفاوت نداشت. کاهش متناوب دریافت کالری، چه به شکل بیست درصدی از طریق کاهش انرژی دریافتی و چه به شکل ترکیبی از طریق ده درصد کاهش در انرژی دریافتی و ده درصد افزایش در هزینه انرژی از طریق تمرینات تناوبی یا تداومی بدون ایجاد اثرات سوء بر توده بدون چربی بدن، کارایی یکسانی در کاهش توده چربی بدن دارد [۹]. باسامی و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه اثرات فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه بر سوخت و ساز چربی در زنان چاق داوطلب پرداختند. آزمودنی‌ها، یک جلسه فعالیت تناوبی را روی چرخ کار سنج و در جلسه‌ای دیگر روی کار سنج دستی با فاصله یک هفته، به صورت دو دقیقه فعالیت با ۸۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی همراه با چهار دقیقه استراحت فعال با ۴۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۳۰ دقیقه انجام دادند. قبل و بلافاصله پس از فعالیت دو نمونه خونی گرفته شد. مقدار اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن تولیدی برای محاسبه اکسیداسیون چربی اندازه‌گیری شد. پس از فعالیت تناوبی، غلظت گلیسرول به طور معناداری افزایش یافت، اما بین فعالیت تناوبی بالاتنه و پایین‌تنه تفاوت معناداری مشاهده نشد. اسید چرب غیراستریفیه پس از فعالیت تناوبی بالاتنه، کاهش و پس از فعالیت تناوبی پایین‌تنه، افزایش یافت. اکسیداسیون چربی مجموع وهله‌های فعالیت در جلسه پایین‌تنه به طور معناداری بیشتر از فعالیت بالاتنه بود؛ اما تفاوت معناداری در اکسیداسیون چربی ست‌ها و مجموع آن‌ها بین دو جلسه فعالیت مشاهده نشد. بر اساس این یافته‌ها، لیپولیز در پی فعالیت تناوبی در زنان چاق افزایش می‌یابد و فعالیت تناوبی پایین‌تنه بیشتر از فعالیت تناوبی بالاتنه در سوخت چربی مؤثر است [۳].

تفاوت‌های هورمونی مرتبط با جنسیت، تأثیر چشمگیری بر اکسیداسیون سوپستراها دارد؛ به گونه‌ای که پاسخ هورمون‌های مؤثر بر لیپولیز و انتقال و اکسیداسیون اسیدهای چرب به فعالیت ورزشی در زنان، متفاوت از مردان است [۳]. مصرف مکمل کازئین در تحقیقات، معمولاً حول سازگاری‌های مفید در طول تمرین مقاومتی متمرکز است، اما کمتر از نیمی از مطالعات شامل یک جزء تمرینی در پروتکل خود بودند. این نکته مهمی است؛ زیرا دوزهای بالاتر مکمل کازئین، سنتز

مصرف هشت هفته مکمل کازئین و هم ترکیب اجرای تمرین و مصرف مکمل بر ناقل اسیدچرب FATCD 36 در زنان چاق اثر دارد.

جدول ۱. پروتکل تمرین

سرد کردن	استراحت فعال	دویدن	گرم کردن	هفته
۵ دقیقه	۳۰ ثانیه راه رفتن	۴ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه	۵ دقیقه	اول
		۵ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		دوم
		۶ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		سوم
		۷ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		چهارم
		۸ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		پنجم
		۹ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		ششم
		۱۰ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		هفتم
		۱۱ تکرار ۲۰ متری در ۳۰ ثانیه		هشتم

جدول ۲. میانگین متغیرهای توصیفی

متغیرها	کنترل	تمرین	کازئین	تمرین و کازئین
سن (سال)	۲۹/۱۵	۲۷/۸۰	۲۶/۶۰	۲۸/۴۵
قد (سانتی متر)	۱۷۲	۱۷۱	۱۶۷	۱۷۰
وزن - پیش آزمون (کیلوگرم)	۹۴/۹۶	۹۲/۱۰	۹۲/۳۱	۹۸/۶۹
وزن - پس آزمون (کیلوگرم)	۹۹/۴۰	۸۸/۰۱	۹۰/۶۳	۹۶/۵۲
شاخص توده بدن (پیش آزمون)	۳۲/۱۰	۳۱/۵۰	۳۳/۱۰	۳۴/۱۵
شاخص توده بدن (پس آزمون)	۳۳/۶۰	۳۰/۱۰	۳۲/۱۵	۳۳/۴۰

جدول ۳. نتایج آزمون واریانس دو راهه ناقل اسید چرب FATCD 36

متغیر	میانگین مربعات	مجموع مربعات	آزمون واریانس دوره		
			Sig	F	df
ناقل اسید چرب	۰/۴۵۳	۱/۳۵۹	۰/۰۰۰۱	۱۹/۹۶۵	۳۹

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هم اجرای هشت هفته تمرین تناوبی، هم مصرف هشت هفته مکمل کازئین و هم ترکیب اجرای تمرین و مصرف مکمل بر ناقل اسیدچرب FATCD 36 در زنان چاق اثر دارد.

سه جلسه در هفته برنامه تمرین تناوبی را انجام دادند (جدول ۱). آزمودنی‌ها، مسافت ۲۰ متری را در مدت ۳۰ ثانیه با نهایت سرعت به صورت رفت و برگشت دویدند؛ که در ادامه با ۳۰ ثانیه راه رفتن همراه بود. تمرین در هفته اول، شامل چهار تکرار فعالیت و چهار استراحت بود که در هفته‌های آتی، هر هفته یک فعالیت و یک استراحت اضافه شد. هر آزمودنی، به صورت روزانه، ۲۰ گرم پودر مکمل کازئین [۵] شرکت پگاه، محلول در ۲۰۰ سی سی آب را همراه با غذای ظهر مصرف کرد (مطابق با دستورالعمل شرکت پگاه خراسان، ایران - شکل ۱). در پیش آزمون و پس آزمون، یک نمونه خون ناشتا به مقدار سه سی سی از ورید آنتی کوبیتال چپ، به صورت نشسته، از تمامی آزمودنی‌ها گرفته و بعد از جداسازی سرم در منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس سطح ناقل اسیدچرب FATCD 36 آزمودنی‌ها با استفاده از کیت شرکت زلبیو آلمان اندازه‌گیری شد. جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و برای تعیین برابری واریانس‌ها از آزمون آماری لوین استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری آنالیز واریانس دو راهه و تعقیبی توکی در سطح معناداری $P < 0/05$ و نرم افزار spss26 استفاده شد.



شکل ۱. مکمل کازئین شرکت پگاه خراسان

۳. یافته‌ها

میانگین متغیرهای سن، قد، وزن و شاخص توده بدن به تفکیک قبل و بعد از تمرین برای هر گروه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف جهت بررسی توزیع طبیعی داده‌ها نشان داد که متغیر سطح سرمی ناقل اسیدچرب FATCD 36 در مراحل پیش آزمون و پس آزمون از توزیع طبیعی برخوردار است. نتایج آزمون‌های آماری آنالیز واریانس دو طرفه و آزمون تکمیلی توکی در مرحله پس آزمون (جدول ۳) نشان داد که بین میانگین میزان ناقل اسید چرب FATCD 36 در تمام گروه‌ها نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین، هم اجرای هشت هفته تمرین تناوبی، هم

انتقال دهنده‌های اسید چرب FATP1 و FATCD36 در گروه تمرین بیشتر بود؛ در حالی که تفاوت برای FABP4 در دو گروه معنادار نبود. یک دوره فعالیت ورزشی تناوبی شدید می‌تواند بیان نسبی انتقال دهنده‌های اسید چرب در آدیپوسیت‌ها را افزایش دهد و فرضیه تسهیل برداشت اسیدهای چرب آزاد توسط بافت چربی را تقویت کند [۲]. نتایج ظریفی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که محتوای سارکولمایی ناقل‌های اسید چرب (FABPpm36 و FAT/CD) پس از چهار هفته تمرین تناوبی با شدت زیاد و حجم کم افزایش می‌یابد [۱۰].

میدندروف و همکاران (۲۰۲۱) به مطالعه اثرات میسل‌های کازئین در انتقال ترکیبات آلی لیپوفیل پرداختند. میسل‌های کازئین، به دلیل نقش طبیعی خود به عنوان سیستم‌های انتقال مواد آب‌گریز، دارای یک هسته لیپوفیل تثبیت شده توسط یک ساختار دولایه الکتریکی، امکان دسترسی به هسته و بنابراین گنجاندن مواد زیست‌فعال محلول در چربی را فراهم می‌کند. به این ترتیب، مواد چربی‌دوست را می‌توان در میسل‌های کازئین گنجانده و آن‌ها را انتقال داد. مصرف مکمل کازئین در تحقیقات، معمولاً حول سازگاری‌های مفید در طول تمرین مقاومتی متمرکز است، اما کمتر از نیمی از مطالعات شامل یک جزء تمرینی در پروتکل خود بودند. این نکته مهمی است؛ زیرا دوزهای بالاتر مکمل کازئین، سنتز پروتئین عضلانی را افزایش می‌دهد و در صورت ترکیب با تمرینات مقاومتی، این افزایش تا حدی بیشتر می‌شود [۷]. تحقیقات جدید در مورد استفاده از مکمل پروتئین کازئین، یک الگوی تحقیقاتی جدید مرتبط با زمان‌بندی مصرف پروتئین را معرفی کرده است. هدف از این مطالعات، درک اثرات پروتئین کازئین با منابع غذایی مختلف بر مصرف انرژی، لیپولیز، اشتها و دریافت غذا بود؛ اما داده‌ها محدود است و برای روشن شدن روابط مشاهده شده به تحقیقات آینده نیاز است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام کردند که هیچ گونه تضاد منافی در پژوهش وجود ندارد.

منابع

- [1] Abdullah Karim Al-Shammari, Z., Banaeifar, A.A., Zafari, A., Arshadi, S. (2024). The interaction of interval training and whey protein on the ratio of testosterone to cortisol. *Journal of Physiology of Training and Sports Injuries*, 1(1):39-46. [Persian].
- [2] Barzegar, H., Akbarnejad, A., Soori, R., Mazaheri, Z., Shabkhiz, F., Vosadi, E., Ranjbar, K. (2018). The Effect of High Intensity Interval Training on the Muscle CTRP15 Gene Expression and Adipocyte Fatty Acid Transporters in Adult Male Wistar Rats. *Sport Physiology*, 10(37), 203-216. doi: 10.22089/spj.2018.1171. [Persian].
- [3] Basami, M., Ahmadizad, S., Hatefi, S. (2017). The Effect of Upper and Lower Body Interval Exercise on Fat Metabolism in Obese Women. *Journal of Sport Biosciences*, 9(3), 383-398. doi: 10.22059/jsb.2018.64771. [Persian].

تمرینات تناوبی از جمله تمریناتی هستند که توانایی عضلات را برای اکسیداسیون چربی افزایش می‌دهند. نتایج باسامی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که لیپولیز در پی فعالیت تناوبی در زنان چاق افزایش می‌یابد و فعالیت تناوبی پایین تنه بیشتر از فعالیت تناوبی بالاتنه در سوخت چربی مؤثر است. تفاوت‌های هورمونی مرتبط با جنسیت، تأثیر چشمگیری بر اکسیداسیون سوبستراها دارد، به گونه‌ای که پاسخ هورمون‌های مؤثر بر لیپولیز و انتقال و اکسیداسیون اسیدهای چرب در فعالیت ورزشی در زنان متفاوت از مردان است [۳]. تمرین تناوبی، ضمن افزایش یا حفظ توده عضلانی، به واسطه مسیرهای سیگنالینگ باعث سازگاری‌هایی مشابه با تمرینات استقامتی و مقاومتی می‌گردد. این تمرینات، از طریق افزایش مصرف انرژی در طول فعالیت و پس از آن و نیز تغییر سوبسترا به سمت استفاده از چربی‌ها، باعث کاهش وزن می‌شوند. تمرین تناوبی، ممکن است مزایای متابولیکی برابر یا بیشتری از سایر اشکال تمرینات داشته باشد. مطالعات اندکی در زمینه اثر تمرینات تناوبی با شدت کم و تغییرات ناشی از آن در متابولیسم اسیدهای چرب یا ناقل‌های اسید چرب انجام شده است، در حالی که تمرینات تناوبی با شدت بالا باعث افزایش مصرف کالری روزانه، کاهش چربی احشایی، بهبود و کنترل قند خون، تعدیل ترکیب بدن و کاهش مقاومت به انسولین می‌شود. برخی از انواع پروتکل‌های تمرینات تناوبی با شدت بالا نزدیک به مداخلات تمرین مقاومتی می‌باشند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از یک طرف، تمرین اینتروال می‌تواند منجر به تحریک مکانیکی نسبتاً شدید همانند تمرین مقاومتی گردد، در حالی که از طرف دیگر، این نوع تمرین می‌تواند منجر به تحریک متابولیکی بالایی شود. اجرای تمرینات تناوبی باعث بهبود ظرفیت اکسایشی عضله اسکلتی، افزایش اکسیژن مصرفی اوج، افزایش حساسیت به انسولین، افزایش فعالیت آنزیم‌های میتوکندریایی و اکسیداسیون چربی عضلات اسکلتی و کل بدن، کاهش وزن و کاهش هایپرگلیسمی می‌شوند [۱].

فرآیند یکپارچه آزادسازی، انتقال، جذب و در نهایت اکسیداسیون اسیدهای چرب در هنگام فعالیت‌های بدنی با عملکرد مشترک تعدادی از محرک‌های عصبی، متابولیک و هورمونی و به ویژه هورمون‌های استرس افزایش می‌یابد. فرآیندهای تنظیمی بسیاری در اکسیداسیون اسیدهای چرب در عضلات اسکلتی صورت می‌گیرد. از آن جمله، می‌توان به انتقال این سوبسترا به درون سلول عضلانی اشاره کرد؛ زیرا سهم زیادی از اسید چرب اکسید شده از اسیدهای چرب استریفیه نشده پلاسمایی فراهم می‌شود. در سلول‌های عضلانی، انقباض عضله و ترشح انسولین موجب انتقال ناقل‌های اسید چرب به سطح غشاء سارکومر می‌شود [۱۰]. نتایج پژوهش برزگر و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که پس از چهار هفته فعالیت ورزشی تناوبی شدید، میزان تفاوت



[4] Dela Cruz, J., Kahan, D. (2021). Pre-Sleep Casein Supplementation, Metabolism, and Appetite: A Systematic Review. *Nutrients*, 13, 1872.

[5] Kevin Tipton, *Metabolism*, 815 Market St., Galveston, TX 77550; E-mail: ktipton@utmb.edu. Submitted for publication March 2014. Accepted for publication July 2014.

[6] Martinez Galan, B.S., GioloDe Carvalho, F., Carvalho, S. C. S., Cunha Brandao, C.F., Morhy Terrazas, S.I., Abud, G.F., Meirelles, M.S.S., Sakagute, S., Ueta Ortiz, G., Marchini, J.S., and et al. (2021). Casein and Whey Protein in the Breast Milk Ratio: Could It Promote Protein Metabolism Enhancement in Physically Active Adults? *Nutrients*, 13, 2153.

[7] Middendorf, D., Bindrich, U., Siemer, C., Töpfl, S., Heinz, V. (2021). Affecting Casein Micelles by Pulsed Electrical Field (PEF) for Inclusion of Lipophilic Organic Compounds. *Appl.Sci.*, 11, 4611.

[8] Ravaut, G., Légiot, A., Bergeron, K.F., Mounier, C. (2021). Monounsaturated Fatty Acids in Obesity-Related Inflammation. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 330. <https://doi.org/10.3390/ijms22010330>.

[9] Sari-Sarraf, V., Amirsasan, R., Parnian Khajehdizaj, N. (2020). Effects of HIIT and MICT Combined with ICR on FM and LBM in Overweight Women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*, 7(2), 20-28. doi: 10.22049/jassp.2020.26885.1319. [Persian].

[10] Zarifi, A., Rajabi, H., Hasan nia, S., Dekhoda, M., Mirsoltani, B. (2015). The Effect of Low Volume High Intensity Interval Training on Sarcolemmal Content of Fatty Acid Transport Proteins (FAT/CD36 and FABPpm) in Young Men. *RSMT*. 13 (10) :17-33
URL: <http://jsmt.khu.ac.ir/article-1-145-fa.html>. [Persian].