مجله دانشگاه علوم پزشکی جیرفت

دوره ۹، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۱

بررسی اثر هشت هفته رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر قدرت عضلانی و ترکیب بدنی زنان چاق

دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

بهمن حسنوند[۱*]، حسین دالوند[۲]، زهرا باباعلی[۳]

۱. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران ۲. دکتری فیزیولوژی ورزش، آموزش و پرورش، خرم-آباد، لرستان، ایران ۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: اثر رژیم‌های کتوژنیک (KD) بر ترکیب بدن در جمعیت‌های مختلف بررسی شده است. اخیراً برخی توصیه کرده‌اند که ورزشکاران از رژیم‌های کتوژنیک پیروی کنند تا تغییرات ترکیب بدن را در طول تمرین بهینه کنند. بااین‌حال، شواهد کمتری در رابطه با زنان تمرین کرده وجود دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر هشت هفته رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر قدرت عضلانی و ترکیب بدنی زنان چاق انجام گرفت.

روش کار: در این پژوهش نیمه تجربی که با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت، ۳۰ زن چاق شهر خرم‌آباد با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۵ سال به‌صورت در دسترس انتخاب شدند که تحت شرایط ۴ جلسه تمرین در هفته (تقسیم به ۲ دوره ۴ هفته‌ای) به مدت ۸ هفته تمرین مقاومتی به ۲ گروه ۱۵ نفری مصرف رژیم کتوژنیک و رژیم بدون کتوژنیک تقسیم شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که رژیم کتوژنیک در مقایسه با رژیم بدون کتوژنیک در کاهش درصد چربی بدن تأثیر معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۱$). دیگر نتایج نشان داد که رژیم بدون کتوژنیک در مقایسه با رژیم کتوژنیک باعث بهبود قدرت عضلانی شد. اما رژیم کتوژنیک و رژیم بدون کتوژنیک بر توده بدون چربی تأثیر معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: این یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش قدرت می‌تواند در یک رژیم کتوژنیک حاصل شود، اما این دستاوردها ممکن است در مقایسه با رژیم کتوژنیک در زنان کمرنگ باشد.

کلیدواژه‌ها: تمرین مقاومتی، رژیم کتوژنیک، قدرت عضلانی

* **نویسنده مسئول:** استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم‌آباد، ایران

ایمیل: Hasanvand121@gmail.com **تلفن:** ۰۹۱۶۶۶۱۶۹۸۳ **نمابر:** ۶۶۳۳۱۲۰۶۷۴

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]

مقدمه

در سال‌های اخیر شیوع چاقی و اضافه وزن افزایش یافته است. در سال ۲۰۱۴، بیش از ۱/۹ میلیارد بزرگسال دارای اضافه وزن بودند (۱). در مورد افراد جوان‌تر، در سال ۲۰۱۳ تخمین زده شد که حدود ۴۲ میلیون کودک و نوجوان در سنین ۵ تا ۱۸ سال، و حدود ۴/۱۲٪ کودکان زیر ۵ سال دارای اضافه وزن بودند (۲). پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ حدود ۶۰٪ از جمعیت جهان به مقادیر بحرانی شاخص توده بدن (BMI) برسند (۳). استراتژی‌هایی که برای درمان چاقی بکار می‌روند و هم‌اکنون تحت بررسی وسیع هستند، عبارتند از تحریک مسیرهای ضد اشتها، مهار مسیرهای اشتهاآور و افزایش مصرف انرژی. اخیراً محققان برای تحریک مسیرهای ضد اشتها و مهار مسیرهای اشتهاآور بر رژیم‌های غذایی خاصی تأکید نموده‌اند (۴). یکی از این رژیم‌های غذایی، رژیم کتوژنیک می‌باشد.

رژیم کتوژنیک کاهش قابل‌توجهی در دریافت کربوهیدرات را تجویز می‌کند، که تغییرات فیزیولوژیکی را که باعث استفاده از کتون‌ها می‌شوند، تسهیل می‌کند (۵). اخیراً این رژیم غذایی از طرف جامعه ورزشکاران استقامتی مورد توجه قرار گرفته است زیرا باعث کاهش وابستگی بدن به کربوهیدرات‌ها می‌شود. علیرغم راهنمایی مبتنی بر شواهد برای ورزشکاران برای مصرف کربوهیدرات کافی پیشنهاد شده است که محدودیت‌های بیولوژیکی ذخیره کربوهیدرات احتمالاً ورزشکارانی را که برای مدت‌زمان طولانی رقابت می‌کنند؛ محدود کند (۶، ۷، ۸). کربوهیدرات‌ها غالباً به عنوان گلیکوژن در بافت ماهیچه‌ای (۳۰۰ گرم) و بافت کبدی (۹۰ گرم) و به‌صورت گلوکز در جریان خون (۳۰ گرم) بدن ذخیره می‌شوند (۹). این مقدار تقریباً معادل ۱۶۸۰ کیلوکالری انرژی موجود در هر بار از کربوهیدرات است (۷). در مقابل محدودیت‌های ذخیره کربوهیدرات، بدن می‌تواند مقدار زیادی انرژی را به‌صورت چربی ذخیره کند. یک پوند چربی تقریباً معادل ۳۵۰۰ کیلوکالری بازدهی دارد و باعث می‌شود چربی به عنوان یک منبع بزرگ انرژی، حتی در بین ورزشکاران استقامتی نسبتاً لاغر نیز افزایش می‌یابد. از نظر تئوری، اگر ورزشکاران استقامتی رژیم کتوژنیک را تحمل کنند، می‌توانند دوره‌های طولانی‌تری را با سطح انرژی پایدار فعالیت کنند، و به آن‌ها اجازه می‌دهد تا از مزایای تمرینات هوازی در تمرین و رقابت حداکثر استفاده را ببرند (۱۰). دست‌کاری در رژیم غذایی یک مؤلفه اساسی برای بهینه‌سازی سازگاری با ورزش است. بنابراین، تعدیل در مصرف برخی از مواد مغذی خاص، همانطور که در مورد رژیم کتوژنیک (KD)[1] اتفاق می‌افتد، می‌تواند توانایی دستیابی به اهداف فیزیکی را تحت تأثیر قرار دهد (۱۱). رژیم کتوژنیک بر اساس کاهش قابل‌توجهی در مصرف کربوهیدرات (به عنوان مثال، ۵۰ گرم در روز یا ۱۰٪ کل کالری دریافتی روزانه) و افزایش مشابه در میزان چربی در رژیم غذایی (۶۰ تا ۸۰٪ کل کالری) و مصرف پروتئین است (۱۲)، اگرچه در طول یک برنامه تمرینی مبتنی بر قدرت، مصرف پروتئین باید حتی بیشتر شود. این توزیع عناصر درشت مغذی منجر به افزایش تولید اجسام کتون (KB)[2] مانند استواستات، β–هیدروکسی بوتیرات و استون و در نتیجه منجر به حالت کتوزیس فیزیولوژیکی می‌شود (اجسام کتونی بین ۷ تا ۸ میلی‌مول در خون و pH خون ۷/۴) (۱۳). افزایش اجسام کتونی و سازگاری‌های فیزیولوژیکی بعدی پس از پیروی از رژیم کتوژنیک نه تنها تأثیرات مثبتی در کاهش توده بدن در افراد چاق نشان داده است (۱۴)، بلکه کاهش غلظت لیپوپروتئین با تراکم کم، تری‌گلیسرید و گلوکز را نشان می‌دهد، درحالی‌که لیپوپروتئین با چگالی بالا افزایش می‌یابد (۱۵). به طور مشابه، شواهدی از فواید رژیم کتوژنیک در درمان یا کنترل بیماری‌های عصبی مانند صرع (۱۳، ۱۶، ۱۷، ۱۸) و انواع خاصی از سرطان وجود دارد (۲۱–۱۹). بنابراین می‌توان پایبندی به رژیم کتوژنیک را بخشی از مدیریت درمانی این بیماری‌ها دانست.

اگرچه رژیم کتوژنیک ممکن است تحت وضعیت‌ها یا شرایط خاص فواید محدودی داشته باشد یا حداقل برای عملکرد مضر نباشد اما در رابطه با عملکرد جسمانی احتمالاً نتیجه بهتری نسبت به رژیم‌های غذایی غنی از کربوهیدرات ندارد (۲۲). یک رژیم کتوژنیک احتمالاً می‌تواند یک استراتژی تغذیه‌ای قابل‌قبول در وضعیت‌ها یا شرایط خاص باشد، ازجمله: ۱– در فعالیت‌های طولانی‌مدت با شدت کم که عمدتاً به اکسیداسیون چربی برای سوخت‌رسانی متکی است. ۲– در مرحله قبل از رقابت محدودیت کربوهیدرات ایجاد می‌کنند مانند قبل از مسابقه بدن‌سازی و / یا فیزیک، هنگامی‌که محدود کردن مصرف کربوهیدرات مفید است. ۳– برای افرادی که رژیم‌های

[1] ketogenic diet
[2] Ketone bodies

کم کربوهیدرات را ترجیح می‌دهند (۲۳). با این‌حال، مطالعات اخیر نشان می‌دهد که پیروی از رژیم کتوژنیک ممکن است سازگاری‌های تمرینی را مختل کند اما در این زمینه به مطالعات بیشتری نیاز است (۲۴، ۲۵). در مقایسه با تمرینات استقامتی، مطالعات کمی به‌طور خاص اثرات رژیم کتوژنیک را در ترکیب بدن و سطح قدرت در افراد مبتدی تحت یک برنامه تمرین مقاومتی (RT) بررسی کرده‌اند. Jabekk و همکاران تغییرات مثبت در ترکیب بدن (کاهش توده چربی و حفظ توده بدون چربی) را در طی یک مداخله رژیم کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی در زنان دارای اضافه وزن گزارش کردند (۲۶). Gregory و همکاران همچنین کاهش توده چربی را نشان دادند درحالی‌که توده بدون چربی در طی یک برنامه تمرین متقابل در افراد تمرین کرده غیر نخبه (بیشتر زنان) حفظ می‌شد (۲۷). قبلاً گزارش شده بود که یک برنامه هشت هفته‌ای تمرین مقاومتی همراه با رژیم کتوژنیک باعث کاهش توده چربی (FM) و حفظ توده بدون چربی (FFM) در مردان تمرین کرده می‌شود (۲۸). به همین ترتیب، مطالعه دیگری نیز تغییرات مطلوبی در ترکیب بدن (کاهش توده چربی و افزایش توده بدون چربی)، قدرت و تستوسترون کل نشان داد (۲۹). بسیاری از مطالعات نیز در مورد تمرین مقاومتی با مداخلات تغذیه‌ای مختلف (از جمله رژیم‌های کم کربوهیدرات با پروتئین بالا) در چندین جمعیت زن انجام شده است (۳۳-۳۰). اما با توجه به اینکه در مورد بررسی اثرات رژیم کتوژنیک و ترکیب رژیم کتوژنیک و تمرین مقاومتی بر ترکیب بدن در زنان چاق و تمرین کرده مطالعات کمتری صورت گرفته است، همچنین وجود شکاف تحقیقاتی در پیشینه‌های تحقیق، هدف از مطالعه حاضر تعیین اثرات رژیم غذایی کتوژنیک بر ترکیب بدن (درصد چربی بدن و توده بدون چربی) و قدرت عضلانی (پرس سینه و اسکات) در زنان چاق تحت یک برنامه تمرین مقاومتی بود.

روش کار

جامعه آماری این پژوهش شامل زنان چاق (شاخص توده بدنی بالاتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع) شهر خرم‌آباد با حداقل ۲ سال تجربه مستمر تمرین مقاومتی (RT)[1] بودند که داوطلب شرکت در این مطالعه شدند. نمونه آماری تحقیق حاضر بر اساس نرم‌افزار جی پاور محاسبه گردید. ازآنجاکه چربی احشایی به‌عنوان سنگ بنای تغییرات ایمونومتابولیک ارائه شده در مطالعات مربوط به چاقی و اضافه وزن در نظر گرفته می‌شود، توان تجزیه‌وتحلیل برای افراد چاق بر اساس این متغیر با توجه به مطالعات پیشین محاسبه شد. حداقل اندازه نمونه ۲۴ نفر (۱۲ نفر در هر گروه) با محاسبه توان (G * Power نسخه ۳.۱.۹.۲) با استفاده از آلفای ۵٪، بتای ۸۰٪ و اندازه اثر ۰/۳۰ به دست آمد. در مطالعه حاضر جهت افت نمونه‌ها در مراحل مختلف تحقیق، تعداد ۱۵ نفر در هر گروه انتخاب شدند. لازم به ذکر است که سطح فعالیت بدنی شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر نیز با استفاده از نسخه کوتاه پرسشنامه بین‌المللی فعالیت بدنی (IPAQ)[2] اندازه‌گیری شد. معیارهای ورود تحقیق حاضر شامل زنان جوان سالم، ۲۰-۳۵ ساله، شاخص توده بدنی بالاتر از ۳۰ کیلوگرم بر مترمربع، نداشتن هرگونه بیماری قلبی عروقی، دیابت، محدودیت ارتوپدی/ عصبی، افسردگی شدید بر اساس پرسشنامه افسردگی بک، عدم استعمال سیگار، عدم استفاده از داروها، یا سوءمصرف مواد و الکل، عدم استفاده از داروهای دوپینگ (به‌عنوان مثال، استروئیدهای آنابولیک-آندروژنیک)، عدم ابتلا به الیگومنوره یا سندرم تخمدان پلی کیستیک بود. معیارهای خروج از مطالعه شامل افرادی می‌شد که در مدت مطالعه دچار آسیب شوند و یا برنامه‌ی تمرینی را کامل انجام ندهند و یا دو جلسه غیبت متوالی داشته باشند.

یک هفته قبل از شروع پروتکل‌های تمرینی، در یک جلسه توجیهی کلیه برنامه‌ها، مزایا و خطرات احتمالی، شیوه صحیح اجرای تمرینات مقاومتی و رژیم غذایی کتوژنیک برای شرکت-کنندگان توضیح داده شد و همچنین با توجه به مداخله تمرینی در این پژوهش و جلوگیری از اثرات تداخلی با داروها از آزمودنی‌ها درخواست شد که در طول دوره تمرینی از مصرف هر نوع دارو به‌خصوص داروهای کاهش‌دهنده فشارخون، اجتناب نمایند و در صورت مصرف گزارش کنند. البته قابل‌ذکر است که در جریان اجرای پژوهش کلیه آزمودنی‌ها تحت نظر پزشک متخصص کنترل شدند تا از بروز هر نوع خطر احتمالی جلوگیری شود. علاوه بر این، در این جلسه به آزمودنی‌ها اطمینان خاطر داده شد که اطلاعات شخصی آنها در نزد پژوهشگران به‌صورت محرمانه حفظ خواهد شد و در نهایت

[1] Resistance Training

[2] The International Physical Activity Questionnaire

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]

به‌صورت کلی گزارش می‌شود. همچنین در پایان این جلسه به همه آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه داده شد تا به‌صورت آگاهانه و داوطلبانه آمادگی خود را برای شرکت در پروتکل‌های تمرینی اعلام کنند. به‌علاوه، آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون، از انجام هرگونه فعالیت بدنی اجتناب جسته و وعده‌ی غذایی (صبحانه) آن‌ها قبل از آزمون مشابه بود. همچنین قبل از انجام آزمون‌های مربوط به قدرت عضلانی و ترکیب بدنی، رژیم غذایی روزانه آزمودنی‌ها با استفاده از یادآمد تغذیه‌ای ۲۴ ساعته کنترل شد. پس از آشنایی آزمودنی‌ها با مراحل اجرای کار، به‌صورت تصادفی به دو گروه (۱- رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی، ۲- رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی) تقسیم شدند. اندازه‌گیری قدرت عضلانی ۷ روز پس از قاعدگی انجام شد، با توجه به اینکه این زمان با فاز فولیکولار چرخه قاعدگی مطابقت دارد که نشان داده‌شده است با افزایش قدرت در طی تمرین مقاومتی ارتباط دارد (۳۴).

تمرین مقاومتی

شرکت‌کنندگان در ابتدا ۳ هفته برای آشنایی و تعیین وزن تمرینی برای هر تمرین و سپس یک دوره مداخله هشت هفته‌-ای را دنبال کردند. همه در طول مدت برنامه، تمرینات یکسانی را انجام دادند که شامل عضلات اصلی بدن بود. تمرینات اندام فوقانی شامل حرکات bench presses, barbell rows, military presses, lat pulldown, incline chest presses, biceps curls and triceps pushdowns بود. تمرینات اندام تحتانی شامل squats, lunges, leg presses, hip thrusts, leg extensions, lying leg curls and standing calf raises بود. پس از دوره آشنایی، شرکت‌کنندگان چهار جلسه تمرینی در هفته (تقسیم به ۲ دوره ۴ هفته‌ای) به مدت ۸ هفته به تمرین پرداختند. یک روال جدا کردن تمرینات قسمت اندام فوقانی/ اندام تحتانی با یک دوره ریکاوری ۷۲ ساعته بین جلسات برای همان مجموعه عضلانی استفاده شد. هر دو گروه از یک طرح تمرینی دوره‌ای غیرخطی استفاده کردند، متغیرها براساس هدف هر مرحله دستکاری شدند: قدرت، هایپرتروفی و استقامت عضلانی. این ترتیب که با یک محدود کردن بار همراه بود که به‌موجب آن حجم در هفته آخر هر چرخه (مرحله ریکاوری) کاهش می‌یافت (سری x تکرار x بار). دست‌کاری ویژه متغیرها برای هر مرحله از چرخه تمرینی به این شکل بود که هفته اول تمرین برای قدرت بود که شامل ۳ ست و هر ست ۵-۳ تکرار (یک تا دو تکرار قبل mf) با استراحت ۳ دقیقه، میزان سرعت انجام حرکت ۱-۰-۱، یعنی یک ثانیه مرحله اکسنتریک، صفر ایزومتریک و ۱ ثانیه کانسنتریک بود. در هفته دوم هایپرتروفی که شامل ۳ ست و هر ست ۸-۱۰ تکرار mf با استراحت ۱/۵ دقیقه و میزان سرعت ۱-۰-۲ یعنی ۲ ثانیه مرحله اکسنتریک، صفر ایزومتریک و ۱ ثانیه کانسنتریک بود. در هفته سوم m استقامتی شامل ۳ ست و هر ست ۲۰ تا ۲۵ تکرار mf با استراحت ۴۵ ثانیه و میزان سرعت ۱-۰-۲ یعنی ۲ ثانیه مرحله اکسنتریک، صفر ایزومتریک و ۱ ثانیه کانسنتریک بود. در هفته چهارم ریکاوری که شامل ۳ ست و هر ست ۱۲- ۱۵ تکرار قبل mf با استراحت ۲-۳ دقیقه و میزان سرعت ۱- ۰-۱ یعنی یک ثانیه مرحله اکسنتریک، صفر ایزومتریک و ۱ ثانیه کانسنتریک بود. سازمان‌دهی تمرین در روزهای هفته نیز به این صورت بود که دوشنبه پایین‌تنه، سه‌شنبه بالاتنه، پنج‌شنبه پایین‌تنه، جمعه بالاتنه بود.

بارهای تمرینی در مرحله هایپرتروفی و استقامت عضلانی با شروع سری اول هر تمرین تنظیم شد و در سری بعدی بر اساس فشار ادراک‌شده و تعداد تکرارهای انجام‌شده، تغییر یافتند تا به شکست درون‌گرا در هر ست دست یابند و دامنه آن تکرارهای تثبیت‌شده حفظ گردد. در مقابل، در طول هفته متمرکز بر توسعه قدرت، به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد تا ست‌ها را ۱-۲ تکرار قبل از واماندگی، پایان دهند. همه شرکت-کنندگان در طول ۳ هفته اول هر چرخه بارهای تمرینی را افزایش دادند به‌طوری‌که بتوانند ست‌ها را بدون به خطر انداختن اجرای فنی تکمیل کنند. جلسات تمرینی توسط محقق کنترل شد، هر زمان که لازم بود، بارها را تنظیم نمودند. بارهای اعمال‌شده و تحمل فشار در هر تمرین توسط متخصص تمرینی و با استفاده از فرم ثبت بارهای تمرینی در طول آزمایش کنترل شد. آهنگ تکرارها توسط مترونوم کنترل می‌شد. همه شرکت-کنندگان از تمرینات یکسانی در مدت‌زمان برنامه استفاده کردند.

رژیم غذایی

برنامه رژیم غذایی بر اساس توده خالص بدن شرکت-کنندگان بود. برای جلوگیری از کمبود انرژی در دسترس و تغییرات ناشی از آن در چرخه قاعدگی، مصرف انرژی شرکت-کنندگان در حدود ۴۵ -۴۰ کیلوکالری بر کیلوگرم به ازای توده

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]

خالص بدن در روز تعیین شد؛ که بیشتر از میزان گزارش‌شده در مطالعات قبلی بود (۳۰ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم توده خالص بدن) (۳۵، ۳۶). در گروه رژیم غذای کتوژنیک، به شرکت‌کنندگان توصیه شد که ۳۰ تا ۴۰ گرم در روز کربوهیدرات (≈ ۲۰ گرم فیبر غذایی) با میزان پروتئین بالاتر از توصیه فعلی (۱/۷ گرم) مصرف کنند (۳۷). کالری باقیمانده به شکل چربی‌های غذایی (۳۱ ٪ اشباع شده؛ ۴۰٪ چربی‌های تک واحدی غیر اشباع و ۲۹٪ چربی‌های چند واحدی غیراشباع) به دست آمد. به شرکت‌کنندگان توصیه شد که روزانه ۳-۶ وعده غذا بخورند. برای ارزیابی انطباق با رژیم غذایی، غلظت کتون-های ادراری هفتگی در صبح زود با استفاده از نوارهای معرف بدون نسخه اندازه‌گیری شد (۳۸). به گروه بدون رژیم کتوژنیک دستور داده شد که بیشتر از ۱/۷ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز پروتئین مصرف کنند و یک گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز چربی (۲۰٪ اشباع‌شده؛ ۴۸٪ چربی-های تک واحدی غیراشباع و ۳۲٪ چربی‌های چند واحدی غیراشباع) مصرف کنند. کالری باقیمانده را کربوهیدرات‌ها (۶۰٪ نشاسته، ۲۵٪ ساده و ۱۵٪ فیبر) مصرف نمایند. برای نظارت بر مصرف رژیم غذایی، شرکت‌کنندگان میزان درشت مغذی روزانه خود را از طریق یک برنامه تلفن هوشمند (My Fitness Pal) ثبت کردند، که به عنوان ابزاری مناسب برای ارزیابی انرژی و درشت مغذی تأیید شده است (۳۹).

در مطالعه حاضر با استفاده از دستگاه بادی کامپوزیشن مدل In Body 520 ساخت کشور کره جنوبی اندازه‌گیری شاخص‌های ترکیب بدن (درصد چربی بدن، توده بدون چربی) استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری قدرت بیشینه از فرمول برزیکی در پرس سینه و اسکات استفاده گردید [۱/۰۲۷۸–۰/۰۲۷۸(۱۰)] / وزن جابه‌جاشده=1RM). این فرمول شیوه ایمن و مؤثری برای تعیین 1RM است بدون آن‌که از فرد خواسته شود تا برای بلند کردن سنگین‌ترین وزنه اقدام کند.

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، از روش‌های آمار توصیفی برای محاسبه شاخص‌های مرکزی و پراکندگی استفاده شد. از آزمون تی وابسته برای تغییرات درون‌گروهی و از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیری برای مقایسه بین گروهی فرضیه‌های تحقیق استفاده شد. جهت اندازه‌گیری اندازه اثر از گزینه Estimates of effect size در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه میانگین و انحراف معیار سن و قد آزمودنی¬ها در گروه رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی به ترتیب برابر ۴/۷۳±۲۷/۵۳ سال و ۳/۷۵±۱۶۲/۱۳ سانتیمتر بود. همچنین میانگین سن و قد آزمودنی¬ها در گروه رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی به ترتیب برابر ۴/۹۶±۲۷/۶۶ سال و ۴/۲۲±۱۶۳/۳۳ سانتیمتر بود. سطح معناداری برای کلیه آزمون‌ها p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد. نتایج آزمون‌های درون‌گروهی و بین گروهی برای هر یک از متغیرها در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱. تغییرات بین گروهی و درون‌گروهی درصد چربی بدن، توده بدون چربی، پرس سینه و اسکات

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	تفاوت‌های درون‌گروهی	تفاوت‌های بین گروهی (آزمون کوواریانس)		
					F	P	اندازه اثر
چربی بدن (درصد)	رژیم کتوژنیک+تمرین	۲/۱۵±۳۲/۹۳	۱/۳۰± ۲۸/۸۶	۰/۰۰۱ ۸	۱۰/۰۰۳	۰/۰۰۱*	۰/۲۷۰
	رژیم بدون کتوژنیک+تمرین	۲/۱۸±۳۲/۷۳	۱/۸۳±۳۰/۷۳	۰/۰۳۶ ۸			
توده بدون چربی (کیلوگرم)	رژیم کتوژنیک+تمرین	۳/۳۹±۵۵/۴۶	۱/۴۶± ۵۶/۷۳	۰/۲۰۱	۰/۰۵۲	۰/۸۲۱	۰/۰۰۲
	رژیم بدون کتوژنیک+تمرین	۳/۵۴±۵۵/۱۳	۳/۱۳±۵۶/۵۳	۰/۲۸۷			
پرس سینه (کیلوگرم)	رژیم کتوژنیک+تمرین	۱/۶۱±۲۲/۸۰	۱/۶۸± ۲۴/۱۳	۰/۰۴۵ ۸	۵۹/۰۷۳	۰/۰۰۱*	۰/۶۸۶
	رژیم بدون کتوژنیک+تمرین	۱/۸۰±۲۲/۴۶	۱/۶۶±۲۸/۹۳	۰/۰۰۱ ۸			
اسکات (کیلوگرم)	رژیم کتوژنیک+تمرین	۲/۰۹±۲۶/۴۶	۳/۶۶± ۲۹/۴۰	۰/۰۴ ۸	۱۲/۷۲۶	۰/۰۰۱*	۰/۳۲۰
	رژیم بدون کتوژنیک+تمرین	۲/۶۹±۲۷/۰۰	۲/۷۳±۳۲/۸۰	۰/۰۰۱ ۸			

۸: تفاوت‌های معنادار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون؛ *: تفاوت معنادار بین دو گروه.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر درصد چربی بدن زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد (p<۰/۰۱). نتایج نشان می‌دهد که درصد چربی بدن در اثر هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی از پیش‌آزمون (۳۲/۹۳٪) تا پس‌آزمون (۲۸/۸۶٪) کاهش معنی‌داری یافته است. همچنین هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر درصد چربی بدن زنان چاق تأثیر معنی‌داری داشته است (p<۰/۰۵). نتایج نشان می‌دهد که درصد چربی بدن در اثر هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی از پیش‌آزمون (۳۲/۷۳٪) تا پس‌آزمون (۳۰/۷۳٪) کاهش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۲۷۰ در درصد چربی بدن تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱، F=۱۰/۰۰۳). نتایج حاکی از این می‌باشد که گروه مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی (با اختلاف میانگین ۱/۸۴٪) در مقایسه با گروه مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی درصد چربی بدن پایین‌تری دارد (p<۰/۰۵).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر توده بدون چربی زنان چاق تأثیر معنی‌داری ندارد (p>۰/۰۵). همچنین هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر توده بدون چربی زنان چاق تأثیر معنی‌داری ندارد (p>۰/۰۵). دیگر نتایج حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها در توده بدون چربی بدن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P=۰/۸۲۱، F=۰/۰۵۲).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر پرس سینه زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد (p<۰/۰۵). نتایج حاکی از این بود که پرس سینه در اثر هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی از پیش‌آزمون ۲۲/۸۰ تا پس‌آزمون ۲۴/۱۳ کیلوگرم افزایش معنی‌داری یافته است. همچنین هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر پرس سینه زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد (p<۰/۰۵). نتایج حاکی از این بود که پرس سینه در اثر هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی از پیش‌آزمون (۲۲/۴۶) تا پس‌آزمون (۲۸/۹۳) کیلوگرم افزایش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج نشان می‌دهد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۶۸۶ در پرس سینه تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱، F=۵۹/۰۷۳). نتایج حاکی از این می‌باشد که گروه مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی (با اختلاف میانگین ۴/۸۱ کیلوگرم) در مقایسه با گروه مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی میانگین پرس سینه بالاتری دارد (p<۰/۰۵).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر اسکات زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد (p<۰/۰۵). میانگین اسکات در اثر هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی از پیش‌آزمون (۲۶/۴۶) تا پس‌آزمون (۲۹/۴۰) کیلوگرم افزایش معنی‌داری یافته است. همچنین هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر اسکات زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد(p<۰/۰۱). نتایج حاکی از این بود که میانگین اسکات در اثر هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی از پیش‌آزمون (۲۷/۰۰) تا پس‌آزمون (۳۲/۸۰) کیلوگرم افزایش معنی‌داری یافته است. دیگر نتایج حاکی از این می‌باشد که بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۳۲۰ در اسکات تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P=۰/۰۰۱، F=۱۲/۷۲۶). نتایج حاکی از این می‌باشد که گروه مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی (با اختلاف میانگین ۳/۷۵ کیلوگرم) در مقایسه با گروه مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی میانگین اسکات بالاتری دارد (p<۰/۰۵).

بحث

مطالعه حاضر با هدف تأثیر هشت هفته رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر ترکیب بدنی و قدرت عضلانی زنان چاق انجام گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی و هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر درصد چربی بدن زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد. نتایج حاکی از این می‌باشد که گروه مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی (با اختلاف میانگین ۱/۸۴٪) در مقایسه با گروه مصرف رژیم غذایی بدون

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]

کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی درصد چربی بدن پایین‌تری دارند. با توجه درصد چربی پایین‌تر در گروه مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی به میزان ۱/۸۴٪ نتایج بر اهمیت رژیم کتوژنیک بر کاهش درصد چربی بدن در مقایسه با رژیم بدون کتوژنیک تأکید دارد. نتایج این تحقیق به‌صورت مستقیم در افراد دارای اضافه وزن و چاق با مطالعه Jabekk و همکاران مبنی بر کاهش درصد چربی بدن و توده چربی در اثر رژیم کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی همخوان می‌باشد (۲۶). همچنین این نتایج به‌طور مستقیم با مطالعات انجام‌شده در ورزشکاران رشته‌های مختلف مبنی بر کاهش درصد چربی بدن و توده چربی در اثر رژیم کتوژنیک همراه با تمرین همخوان است (۴۰، ۴۲، ۴۳). به‌طور خلاصه، مصرف محدود کربوهیدرات (کمتر از ۵۰ گرم در روز) همراه با رژیم کتوژنیک باعث افزایش تحرک و در دسترس بودن اسیدهای چرب آزاد می‌شود تا برای انرژی اکسید شوند. تغییرات در اکسیداسیون اسیدهای چرب احتمالاً نتیجه تنظیم مجدد فاکتورهای رونویسی در گیرنده‌های فعال‌کننده تکثیر پروکسی زوم (PPAR)[۱] است که باعث افزایش بیان اسید چرب ترانسلوکاز (CD36 /FAT)، کارنیتین پالمیتوئیل ترانسفراز ۱ a (CPT1a)[۲] و هیدروکسی آسیل-CoA دهیدروژناز (hydroxy acyl-CoA dehydrogenase) (HADHA)[۳] برای تسهیل افزایش اکسیداسیون چربی می‌شود. اکسیداسیون اسیدهای چرب منجر به افزایش تولید اجسام کتون استواستات (AcAc)[۴]، استون و بتا هیدروکسی بوتیرات (βHB)[۵] می‌شود. اجسام کتونی توسط آنزیم‌های کتولیتیک β-هیدروکسی بوتیرات دهیدروژناز (BDH)[۶]، استواستیل-کوآتیولاز (ACAT)[۷] و سوکسینیل کوا: ۳ کتواسید کوا ترانسفراز[۸] تبدیل می‌شوند تا در چرخه اسید تری کربوکسیلیک (TCA)[۹] وارد شوند و به‌عنوان منبع سوخت جایگزین گردند (۴۴). فعالیت‌های متابولیکی ناشی از گلوکز در یک رژیم غذایی کلاسیک کتوژنیک باید کمتر از ۵ درصد کالری دریافتی روزانه باشد. کربوهیدرات‌ها نمی‌توانند گردش اگزالواستات موردنیاز برای چرخه کربس را حفظ کنند، بنابراین بدن را به سمت متابولیسم چربی محور سوق می‌دهند. کتوژنز فرآیندی است که سازگاری چربی اتفاق می‌افتد، در طی آن اسیدهای چرب در میتوکندری با اکسیداسیون β به استیل-CoA تبدیل می‌شوند، سپس به اجسام کتون تبدیل می‌شوند. اجسام کتون شامل استواستات، 3-هیدروکسی بوتیرات (HB-۳)[۱۰] و مقدار کمی استون، منبع اصلی انرژی در طی کتوز و اصطلاحی برای تعریف این مرحله متابولیکی است. استفاده از اجسام کتون می‌تواند انرژی موجود بیشتری را نسبت به سازگاری با گلوکز آزاد کند. اگرچه تأثیر رژیم کتوژنیک در کنترل وزن غیرقابل‌انکار است، اما تأثیر رژیم کتوژنیک به پاسخ متابولیک می‌باشد (۴۱).

دیگر یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از این است هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی و هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر توده بدون چربی زنان چاق تأثیر معنی‌داری ندارد. اگرچه بررسی‌های میانگین توده بدون چربی در گروه‌های مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی و مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی به ترتیب ۱/۲۷ و ۱/۴۰ کیلوگرم، افزایش توده بدون چربی را در مقایسه با مرحله پیش‌آزمون نشان داد، اما این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این یافته با یافته Vargas و همکاران (۲۸)، Gregory و همکاران (۲۷) و Jabekk و همکاران (۲۶) مبنی بر عدم تغییر معنی‌دار توده بدون چربی همسو می‌باشد. عدم تأثیرگذاری رژیم کتوژنیک بر توده بدون چربی را می‌توان به‌صورت ذیل توجیه نمود: که توده عضلانی تحت تحریک مزمن سنتز پروتئین عضله به دست می‌آید، که توسط مسیر تنظیم هورمونی (IGF-1، تستوسترون) و رونویسی (Akt/mTOR) تنظیم می‌شود. در طول رژیم کتوژنیک، کاهش مصرف کربوهیدرات‌ها منجر به کاهش سطح انسولین می‌شود. انسولین تنظیم‌کننده اصلی جذب گلوکز است و توسط سطح گلوکز پلاسما تنظیم می‌شود. انسولین همچنین یک هورمون آنابولیک قوی است و کاهش سطح انسولین به دلیل تأثیرات آن بر سنتز چربی، بسیج ذخایر چربی را تسهیل می‌کند. از طرف

[1] peroxisome proliferator–activated receptors
[2] Carnitine palmitoyltransferase 1a
[3] hydroxy acyl-CoA dehydrogenase
[4] Acetoacetate
[5] β-Hydroxy butyrate
[6] β-Hydroxy butyrate dehydrogenase
[7] Acetoacetyl-CoA ketothiolase
[8] Succinyl-CoA:3-ketoacid CoA transferase
[9] tricarboxylic acid cycle
[10] - Hydroxy butyrate

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]

دیگر، ممکن است مسیر رشد عضلات را مهار کند. به نظر می‌رسد در سطح رونویسی، رژیم کتوژنیک می‌تواند فسفوریلاسیون پروتئین کیناز فعال‌شده با AMP (AMPK) را افزایش دهد، که این اثر مشهور به مهار مسیر Akt/mTOR می‌باشد (۱۳). اما در طرف مقابل یافته‌های Paoli و همکاران (۴۲)، Wilson و همکاران (۲۹) مبنی بر افزایش توده بدون چربی بر اثر رژیم کتوژنیک با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد. Wilson و همکاران (۲۹) افزایش توده بدون چربی را به دنبال KD همراه با تمرین مقاومتی شدید در مردان تمرین کرده گزارش کردند. توجه به این نکته مهم است که ارزیابی توده بدون چربی توسط DXA شامل آب داخل سلولی است که با نسبت گلیکوژن عضله با نسبت: ۳: ۱ ذخیره می‌شود (۴۵). بنابراین، ، همانطور که توسط ویلسون و همکاران (۲۹) نشان داده شد اجرای یک رژیم تغذیه کربوهیدراتی موسوم به KD در پس از ارزیابی احتمالاً بر نتایج نهایی توده بدون چربی تأثیر مثبت می‌گذارد. وقتی‌که بخواهیم داده‌ها را از مردان به زنان تعمیم دهیم و یا بالعکس تفاوت‌های فیزیولوژیکی جنسیتی می‌تواند مشکل‌ساز باشد. قبلاً ثابت‌شده بود که KD باعث کاهش اشتها می‌شود (۴۶)، که می‌تواند برای کاهش توده چربی مؤثر باشد. بااین‌حال، اگر حالت سیری ناشی از KD از مصرف کالری دریافتی برای افراد جلوگیری کند، برای افزایش توده بدون چربی می‌تواند بهینه نباشد (۴۷، ۴۸). علاوه بر این، باید توجه داشت که KD باعث گلوکونئوژنز می‌شود، که ممکن است با تجزیه پروتئین‌های درون‌زا با سرعت بالاتر باعث کاهش توده بدون چربی شود.

دیگر نتایج تحقیق حاضر نشان داد که هشت هفته مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی و هشت هفته مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر پرس سینه و اسکات زنان چاق تأثیر معنی‌داری دارد. دیگر نتایج حاکی از این می‌باشد که گروه مصرف رژیم غذایی بدون کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی به ترتیب با اختلاف میانگین ۴/۸۱ و ۳/۷۵ کیلوگرم در پرس سینه و اسکات در مقایسه با گروه مصرف رژیم غذایی کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی میانگین پرس سینه بالاتری دارند. یافته‌های این بخش بر اهمیت رژیم بدون کتوژنیک در مقایسه با رژیم کتوژنیک بر افزایش قدرت اندام فوقانی و تحتانی تأکید دارد. در این مورد وارگاس و همکاران تنها مطالعه‌ای بود که یک تکرار بیشینه، پرس نیمکت، بک اسکات و پرش‌های تکراری روی فورس پلیت را در زنان تمرین کرده بررسی کرد (۲۸). این تحقیق شامل یک برنامه تمرینی مقاومتی کنترل‌شده برای افزایش اندازه و قدرت عضله است. همه شرکت‌کنندگان، صرف‌نظر از رژیم کتوژنیک یا گروه کنترل، پرس نیمکت و پرش‌های تکراری روی فورس پلیت را در مقایسه با حالت پایه افزایش دادند. بااین‌حال، افزایش قدرت در گروه کنترل در مقایسه با گروه رژیم کتوژنیک بیشتر بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش قدرت می‌تواند در یک رژیم کتوژنیک حاصل شود، اما این دستاوردها ممکن است در مقایسه با رژیم کتوژنیک در زنان کمرنگ باشد. اما مطالعات دیگر هیچ تفاوتی با رژیم کتوژنیک در مقایسه با گروه کنترل نشان ندادند(۴۹، ۵۰، ۵۱). اگرچه برای بررسی بهتر این جنبه مطالعات بیشتری لازم است، اما به نظر می‌رسد اکثر مطالعات نشان می‌دهد که KD بر عملکرد عضلات تأثیر نمی‌گذارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر بیشتر رژیم کتوژنیک در مقایسه با رژیم بدون کتوژنیک بر درصد چربی بدن و شاخص توده بدن، به مربیان پیشنهاد می‌شود که از این رژیم در جهت کاهش حجم توده چربی در زنان چاق استفاده نمایند. همچنین با توجه به نتایج تحقیق مبنی بر بهبود بیشتر قدرت عضلانی در رژیم بدون کتوژنیک به مربیان پیشنهاد می‌شود که زمانی که افزایش قدرت مدنظر می‌باشد از این نوع رژیم بهره جویند. اگرچه در مطالعه حاضر تأثیر رژیم کتوژنیک همراه با تمرین مقاومتی بر فاکتور توده بدون چربی انجام گرفت، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده عوامل هورمونی این شاخص‌ها (از قبیل میواستاتین، MYOD، MYO5 و ...) نیز بررسی گردد. و همچنین اثر رژیم کتوژنیک بر فاکتورهای التهابی مرتبط با چاقی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد است. در پایان بر خود لازم می‌دانم از کلیه آزمودنی‌های پژوهش حاضر و تمام دوستانی که برای انجام این پژوهش بنده را یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

این پژوهش دارای گواهی تائید کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه با شماره مجوز ۱۴۸۲۹۴۱۸۹۶۶۹۹۲۱۱۳۹۹۱۶۲۳۵۵۷۰ می‌باشد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

References

1. World Health Organization. World Health Statistics 2015. Geneva, WHO, 2015, pp 101–11. Available online at www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2015/en/
2. Yumuk V, Tsigos C, Fried M, Schindler K. Busetto L, and Micic D. European guidelines for obesity management in adults. Obesity Facts. 2015, 8, 402–24.
3. Kelly T, Yang W, Chen C. S, Reynolds K, He J. Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. International Journal of Obesity. 2018, 32, 1431–37.
4. Lockard B, Earnest CP, Oliver J, Goodenough C, Rasmussen C, Greenwood M, Kreider RB. Retrospective analysis of protein- and carbohydrate-focused diets combined with exercise on metabolic syndrome prevalence in overweight and obese women. Metabolic Syndrome and Related Disorders. 2016;14:228–37.
5. Hartman AL, Vining EP. Clinical aspects of the ketogenic diet. Epilepsia. 2007;48(1):31–42.
6. Nutrition Guide. 2020, United States Anti-Doping Agency: https://www.usada.org/.
7. Costa RJS, Hoffman MD, Stellingwerff T. Considerations for ultra-endurance activities: part 1- nutrition. Research in Sports Medicine An International Journal. 2019;27(2):166–81.
8. Volek JS, Noakes T, Phinney SD. Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. European Journal of Sport Science. 2015;15(1):13–20.
9. Ross C, et al. Modern nutrition in health and disease. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
10. Bailey CP, Hennessy E. A review of the ketogenic diet for endurance athletes: performance enhancer or placebo effect? Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2020 Dec;17(1):1-1.
11. Zinn C, Wood M, Williden M, Chatterton S, Maunder E. Ketogenic diet benefits body composition and well-being but not performance in a pilot case study of New Zealand endurance athletes. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2017; 14:22.
12. Aragon AA, Schoenfeld BJ, Wildman R, Kleiner S, VanDusseldorp T, Taylor L, et al. International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2017;14:16.
13. Paoli A, Bianco A, Damiani E, Bosco G. Ketogenic diet in neuromuscular and neurodegenerative diseases. BioMed Research International. 2014;2014:474296.
14. Bueno NB, de Melo IS, de Oliveira SL, da Rocha AT. Very-low-carbohydrate ketogenic diet v. low-fat diet for long-term weight loss: a meta-analysis of randomised controlled trials. The British Journal of Nutrition. 2013;110:1178 – 87.
15. Dashti HM, Mathew TC, Hussein T, Asfar SK, Behbahani A, Khoursheed MA, et al. Long-term effects of a ketogenic diet in obese patients. Molecular and Cellular Biochemistry. 2004;9:200–5.
16. Lima PA, Sampaio LP, Damasceno NR. Neurobiochemical mechanisms of a ketogenic diet in refractory epilepsy. Clinics (São Paulo, Brazil). 2014;69:699–705.
17. Winesett SP, Bessone SK, Kossoff EH. The ketogenic diet in pharmacoresistant childhood epilepsy. Expert Review of Neurotherapeutics. 2015;15:621 – 8.
18. Armeno M, Caraballo R, Vaccarezza M, Alberti MJ, Rios V, Galicchio S, et al. National consensus on the ketogenic diet. Revista de Neurologia. 2014;59:213–23.
19. Allen BG, Bhatia SK, Anderson CM, Eichenberger-Gilmore JM, Sibenaller ZA, Mapuskar KA, et al. Ketogenic diets as an adjuvant cancer therapy: history and potential mechanism. Redox Biology. 2014;2:963–70.
20. Vidali S, Aminzadeh S, Lambert B, Rutherford T, Sperl W, Kofler B, Feichtinger RG. Mitochondria: the ketogenic diet--a metabolism-based therapy. The International Journal of Biochemistry and Cell Biology. 2015;63:55– 9.
21. Woolf EC, Scheck AC. The ketogenic diet for the treatment of malignant glioma. Journal of Lipid Research. 2015;56:5 – 10.
22. McClernon FJ, Yancy WS Jr, Eberstein JA, Atkins RC, Westman EC. The effects of a low-carbohydrate ketogenic diet and a low-fat diet on mood, hunger, and other self-reported symptoms. Obesity (Silver Spring). 2007;15:182–7.
23. Burke LM. Re-examining high-fat diets for sports performance: did we call the 'Nail in the

Coffin' too soon? Sports Medicine. 2015;45(1):S33 – 49.
24. McKay AKA, Peeling P, Pyne DB, Welvaert M, Tee N, Leckey JJ, et al. Chronic adherence to a ketogenic diet modifies Iron metabolism in elite athletes. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2019;51:548 – 55.
25. Heikura IA, Burke LM, Hawley JA, Ross ML, Garvican-Lewis L, Sharma AP, et al. A Short-term ketogenic diet impairs markers of bone health in response to exercise. Frontiers in Endocrinology. 2020;10.
26. Jabekk PT, Moe IA, Meen HD, Tomten SE, Høstmark AT. Resistance training in overweight women on a ketogenic diet conserved lean body mass while reducing body fat. Nutrition and Metabolism. 2010;7:1-10.
27. Gregory RM, Hamdan H, Torisky D, Akers J. A low-carbohydrate ketogenic diet combined with 6-weeks of crossfit training improves body composition and performance. International Journal of Sports and Exercise Medicine. 2017;3(2):1-10.
28. Vargas S, Romance R, Petro JL, Bonilla DA, Galancho I, Espinar S, et al. Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2018;15:31.
29. Wilson JM, Lowery RP, Roberts MD, Sharp MH, Joy JM, Shields KA, et al. The effects of ketogenic dieting on body composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males. The Journal of Strength and Conditioning Research. 2017..
30. Dallongeville J, Gruson E, Dallinga-Thie G, Pigeyre M, Gomila S, Romon M. Effect of weight loss on the postprandial response to high-fat and high carbohydrate meals in obese women. European Journal of Clinical Nutrition. 2007;61:711 – 8.
31. Kerksick C, Thomas A, Campbell B, Taylor L, Wilborn C, Marcello B, et al. Effects of a popular exercise and weight loss program on weight loss, body composition, energy expenditure and health in obese women. Nutrition and Metabolism (Lond). 2009;6:23.
32. Kerksick CM, Roberts MD, Campbell BI, Galbreath MM, Taylor LW, Wilborn CD, et al. Differential impact of calcium and vitamin D on body composition changes in post-menopausal women following a restricted energy diet and exercise program. Nutrients. 2020;12.
33. Lockard B, Baetge, CP Earnest, AM Coletta, E Galvan, C Rasmussen. Efficacy of a randomized trial examining commercial weight loss programs and exercise on metabolic syndrome in over weight and obese women. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism 42 (2), 216-27.
34. Sung E, Han A, Hinrichs T, Vorgerd M, Manchado C, Platen P. Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. SpringerPlus. 2014;3:668.
35. Loucks AB. Energy availability, not body fatness, regulates reproductive function in women. Exercise and Sport Sciences Reviews. 2003;31:144 – 8.
36. Reed JL, De Souza MJ, Mallinson RJ, Scheid JL, Williams NI. Energy availability discriminates clinical menstrual status in exercising women. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015;12:11.
37. Wooding M, Egmont R, Rohwer Y. Determination of endocrine disrupting chemicals and antiretroviral compounds in surface water: A disposable sorptive sampler with comprehensive gas chromatography –Time-of -flight mass spectrometry and large volume injection with ultra-high performance liquid chromatography –tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 2017: 1496; 122-32.
38. Urbain P, Bertz H. Monitoring for compliance with a ketogenic diet: what is the best time of day to test for urinary ketosis? Nutrition and Metabolism. 2016;13:77.
39. Teixeira V, Voci SM, Mendes-Netto RS, da Silva DG. The relative validity of a food record using the smartphone application MyFitnessPal. Nutrition and Dietetics. 2018;75:219 – 25.
40. Lee H. S., Lee J. Influences of Ketogenic Diet on Body Fat Percentage, Respiratory Exchange Rate, and Total Cholesterol in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021; 18(6), 2912.
41. McSwiney F. T., Fusco B., McCabe L., Lombard A., Crowley P., Walsh J., et al. Changes in body composition and substrate utilization after a short-term ketogenic diet in endurance-trained males. Biology of Sport, 2021; 38(1).
42. Paoli A., Cenci L., Pompei P., Sahin N., Bianco A., Neri M., et al. Effects of Two Months of Very Low Carbohydrate Ketogenic Diet on Body Composition, Muscle Strength, Muscle Area, and Blood Parameters in Competitive Natural Body Builders. Nutrients, 2021; 13(2), 374.
43. Kysel P., Haluzikova D., Dolezalova R. P., Lankova I., Lacinova, Z., Kasperova B. J., et al. The influence of cyclical Ketogenic reduction diet vs. nutritionally balanced reduction diet on body composition, strength, and endurance performance

in healthy young males: A Randomized Controlled Trial. Nutrients, 2020; 12(9), 2832.
44. Sherrier M, Li H. The impact of keto-adaptation on exercise performance and the role of metabolic-regulating cytokines. The American Journal of Clinical Nutrition, 2019;110(3):562–73
45. Fernandez-Elias VE, Ortega JF, Nelson RK, Mora-Rodriguez R. Relationship between muscle water and glycogen recovery after prolonged exercise in the heat in humans. European Journal of Applied Physiology. 2015;115:1919–26.
46. Boden G, Sargrad K, Homko C, Mozzoli M, Stein TP. Effect of a lowcarbohydrate diet on appetite, blood glucose levels, and insulin resistance in obese patients with type 2 diabetes. Annals of Internal Medicine. 2005;142:403–11.
47. Wilson JM, Lowery RP, Roberts MD, Sharp MH, Joy JM, Shields KA, et al. The effects of ketogenic dieting on body composition, strength, power, and hormonal profiles in resistance training males. Journal of Strength and Conditioning Research. 2017.
48. Margolis LM, Rivas DA, Berrone M, Ezzyat Y, Young AJ, McClung JP, et al. Prolonged calorie restriction downregulates skeletal muscle mTORC1 signaling independent of dietary protein intake and associated microRNA expression. Frontiers in Physiology. 2016;7:445.
49. Pasiakos SM, Vislocky LM, Carbone JW, Altieri N, Konopelski K, Freake HC, et al. Acute energy deprivation affects skeletal muscle protein synthesis and associated intracellular signaling proteins in physically active adults. The Journal of Nutrition. 2010;140: 745–51.
50. Greene DA, Varley BJ, Hartwig TB, Chapman P, Rigney M. A low-carbohydrate ketogenic diet reduces body mass without compromising performance in powerlifting and olympic weightlifting athletes. The Journal of Strength and Conditioning Research. 2018 ;32(12):3373-82.
51. Kephart WC, Pledge CD, Roberson PA, Mumford PW, Romero MA, Mobley CB, et al. The three-month effects of a ketogenic diet on body composition, blood parameters, and performance metrics in CrossFit trainees: a pilot study. Sports (Basel). 2018;6: 1–11.

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]

Investigating the Effect of Eight Weeks of Ketogenic Diet Combined with Resistance Training on Muscle Strength and Body Composition of Obese Women

Received: 12 Dec 2022 Accepted: 5 Mar 2023

Bahman Hassanvand[1*], Hoseyn Dalvand[2], Zahra Babaali[3]

1. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran 2. PhD in exercise physiology, Education, Khorramabad, Lorestan, Iran 3. Master of exercise Physiology, Department of Physical Education and Sciences Sports, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

Abstract

Introduction: The effect of ketogenic diets (KD) on body composition in different populations has been investigated. More recently, some studies have recommended that athletes adhere to ketogenic diets to optimize changes in body composition during training. However, there is less evidence related to trained women. The present study was conducted with the aim of investigating the effect of eight weeks of ketogenic diet along with resistance training on muscle strength and body composition of obese women.

Materials and Methods: In this semi-experimental study, which was conducted with a pre-test and post-test design, 30 obese women of Khorram Abad city, with an age range of 20 to 35 years, were selected through convenience sampling. They were divided into 2 groups of 15 people consuming ketogenic diet and non-ketogenic diet under the conditions of 4 training sessions per week (divided into 2 periods 4 weeks) for eight weeks of resistance training, they were divided into 2 groups of 15 people consuming ketogenic diet and non-ketogenic diet.

Results: The results showed that the ketogenic diet compared to the non-ketogenic diet had a significant effect in reducing body fat percentage ($p<0.01$).Other results showed that the non-ketogenic diet improved muscle strength compared to the ketogenic diet. However, the ketogenic diet and non-ketogenic diet had no significant effect on lean mass ($p>0.05$).

Conclusion: These findings show that increasing strength can be achieved in a ketogenic diet, but these gains may be less compared to the ketogenic diet in women**.**

Keywords: Resistance training, Ketogenic diet, Muscle strength

***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran

Email: Hasanvand121@gmail.com **Tel:** +989166616983 **Fax:** +986633120674

[DOR: 20.1001.1.25382810.1401.9.4.3.5]