

تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل یاری کراتین هیدروکلراید بر قدرت عضلانی و ترکیب بدن در زنان تمرین کرده

سیده شیوا دادوند^{۱*}، حمید اراضی^۲، فرهاد دریانوش^۳

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
 - ۲- استاد فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
 - ۳- دانشیار فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، ایران
- * نشانی نویسنده مسئول: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش

Email: shivadadvand@yahoo.com

پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۷

دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۳

چکیده

مقدمه و هدف: مکمل کراتین به طور گسترده در بین ورزشکاران استفاده می‌شود. بکارگیری تمرینات مقاومتی به همراه مصرف مکمل‌های غذایی از پرکاربردترین روش‌هایی است که باعث بهبود قدرت، افزایش هیپرتروفی عضلانی و بهبود عملکرد در ورزشکاران می‌گردد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرین مقاومتی (RT) و مکمل یاری کراتین هیدروکلراید بر قدرت عضلانی و ترکیب بدن در زنان تمرین کرده بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش نیمه تجربی و کاربردی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون ۲۴ زن جوان تمرین کرده به صورت تصادفی به یکی از دو گروه تقسیم شدند: گروه اول: RT با مکمل CrHCL (۱۲ نفر، تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید) و گروه دوم: RT با دارونما (۱۲ نفر، تمرین مقاومتی + دارونما). شرکت‌کنندگان ۸ هفته RT (۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه (IRM) انجام دادند. ۴۸ ساعت قبل و بعد از دوره تمرین، قدرت عضلانی، ترکیب بدن، هیپرتروفی عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه اندازه‌گیری شد. برای تفاوت میان متغیرها از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: افزایش قابل توجهی برای توده بدن، توده بدون چربی، توده عضله اسکلتی، هیپرتروفی عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه قبل و بعد از دوره تمرین در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید مشاهده شد ($P < 0/05$). علاوه بر این، درصد چربی بدن و توده چربی در پس‌آزمون در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). تغییرات قدرت عضلانی پرس سینه و پرس پا در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی‌دار بود ($P < 0/05$; $P = 0/001$; $P = 0/017$ به ترتیب). با این حال، در سایر متغیرها، علیرغم افزایش و کاهش معنی‌دار در پس‌آزمون گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نگردید ($P > 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد که ۸ هفته مکمل CrHCL به عنوان نوع جدید کراتین همراه با RT می‌تواند بر قدرت عضلانی در زنان جوان تمرین کرده اثرات قابل توجهی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: کراتین هیدروکلراید، تمرین مقاومتی، قدرت عضلانی، ترکیب بدن، زنان تمرین کرده

مقدمه

توانایی‌های عملکردی و وضعیت سلامتی شناخته شده‌اند؛ هیپرتروفی عضله اسکلتی، سازگاری اولیه در اثر این تمرینات می‌باشد (۱). این تمرینات سبب بهبود توده بدون چربی (FFM)،

امروزه ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی برای افزایش آمادگی جسمانی از تمرینات متنوعی استفاده می‌کنند. تمرینات مقاومتی، یکی از تمرین‌هایی می‌باشد که تقریباً همه ورزشکاران از آن بهره می‌برند. تمرینات مقاومتی به عنوان عامل افزایش دهنده

1. Fat free mass

همچنین، این افزایش PCr نیز می‌تواند به افزایش سنتز پروتئین و جلوگیری از پروتئولیز در بافت عضلانی کمک کند (۱۰). مکمل کراتین در افراد با سطوح کراتین عضلانی پایین، سبب افزایش میزان کراتین عضلانی (۲۰ تا ۴۰ درصد) می‌شود. امروزه فروش مکمل‌ها به صنعتی سودمند تبدیل شده و هر ساله مکمل‌های جدیدی معرفی و عرضه می‌گردند. در خصوص مکمل کراتین هم اینگونه بوده و هر ساله فرم‌های جدیدتری ساخته و در بازار عرضه می‌شود. علاوه بر کراتین مونوهیدرات^۶ (CrM) که به عنوان رایج‌ترین نوع کراتین شناخته شده است، در حال حاضر فرم جدیدی از کراتین به نام کراتین هیدروکلراید^۷ (CrHCl) معرفی شده است. CrHCl به عنوان فرم جدید کراتین شناخته می‌شود که به دلیل خواص هیدروکلراید باعث ناراحتی معده و دستگاه گوارش نمی‌گردد. هیدروکلراید نمکی است که معمولاً با مواد برای افزایش ثبات و حلالیت ترکیب می‌شود (۱۱)، این عمل می‌تواند به دستگاه گوارش اجازه دهد تا به سرعت و به طور مؤثری مواد را پس از خوردن متابولیزه کند. علاوه بر این، هیدروکلراید می‌تواند هنگام ترکیب با مواد دیگر PH را کاهش داده و سبب اسیدی‌تر شدن مواد گردد (۱۱)، در نتیجه، حلالیت CrHCl افزایش می‌یابد؛ به دلیل این ویژگی‌ها است که نظریه استفاده از CrHCl به جای CrM مطرح شده است. افراد می‌توانند دوز معینی از CrHCl را بدون مرحله بارگیری مصرف و مزایای عملکردی دوزهای بالای CrM را دریافت کنند. اطلاعات کمی در مورد CrHCl موجود می‌باشد و در خصوص تأثیر یک دوز واحد از این نوع جدید کراتین نیز پژوهش‌های تکمیلی لازم است (۱۲). علیرغم پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه‌های استفاده همزمان از مکمل کراتین و تمرینات مقاومتی بر میزان قدرت ورزشکاران (۱۳، ۱۴)، تا کنون پژوهش‌های اندکی در زمینه تأثیر برنامه‌های قدرتی همراه با مصرف مکمل‌های کراتینی در زنان ورزشکار و غیر ورزشکار به عنوان عاملی مؤثر در ارتقای عملکردهای ورزشی و همچنین افزایش حجم عضلات صورت گرفته است. اکثر مطالعات به CrM پرداخته‌اند (۹، ۱۸-۱۵) و در مورد CrHCl اطلاعات بسیار کمی موجود است. با توجه به اظهار نظر تولیدکنندگان، این نوع جدید کراتین می‌تواند بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد ورزشی نسبت به سایر انواع کراتین داشته باشد. میزان صحت این ادعا مشخص نیست؛

قدرت، توان عضلانی، افزایش هیپرتروفی عضلانی و بهبود عملکرد در ورزشکاران می‌گردد (۲) و همچنین محرکی قوی جهت تغییر ترشحات هورمونی است (۳). سال‌ها است که مکمل‌های تغذیه‌ای گوناگونی به منظور تأثیر استفاده از آن‌ها بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی به تمرین و افزایش سازگاری با تمرین ارائه شده است. مکمل‌های غذایی و بیوشیمیایی در حیطه ورزشی به طور گسترده‌ای نیز مصرف می‌گردند، به طوری که ۶۰-۹۰ درصد از ورزشکاران از کراتین، پروتئین (اسیدآمین)، ویتامین‌ها (مواد معدنی)، نوشیدنی‌های انرژی‌زا و مکمل‌های گیاهی بهره می‌برند (۴). در سال‌های اخیر، محبوبیت کراتین به طور گسترده‌ای در بین ورزشکاران افزایش پیدا کرده است و به طور قابل ملاحظه‌ای استفاده می‌شود (۵). کراتین در بین مکمل‌های تغذیه‌ای رایج، پرمصرف‌ترین نوع مکمل در بین جوامع ورزشی، به ویژه ورزشکاران قدرتی و سرعتی است (۶)، که به مقدار کمی در مغز، کبد، کلیه‌ها و بیضه‌ها یافت می‌شود، در حالی که تقریباً ۹۵ درصد ذخایر آن در عضلات اسکلتی وجود دارد. کراتین یا متیل‌گوانیدین‌استیک‌اسید توسط منابع بیرونی مانند ماهی و گوشت قرمز تأمین می‌گردد و در داخل بدن از اسیدهای آمینه آرژنین، گلیسین و متیونین ساخته می‌شود (۷). انرژی از هیدرولیز آدنوزین‌تری‌فسفات^۱ (ATP) به آدنوزین‌دی‌فسفات^۲ (ADP) و فسفات معدنی^۳ (Pi) در اختیار بدن قرار می‌گیرد. سیستم فسفاژن سنتز مجدد سریع ATP از ADP را با استفاده از فسفوکراتین^۴ (PCr) از طریق واکنش برگشت‌پذیر کراتین‌کیناز^۵ (CK) فراهم می‌کند. از ۹۵ درصد کراتین ذخیره شده در عضلات اسکلتی، تقریباً ۴۰ درصد کراتین آزاد و ۶۰ درصد آن PCr می‌باشد (۸). مکمل کراتین خوراکی باعث افزایش محتوای کراتین و PCr عضله اسکلتی انسان می‌شود که در نتیجه می‌تواند توانایی عضله اسکلتی را برای افزایش سنتز مجدد ATP از ADP افزایش دهد (۹) و پژوهش‌های متعددی نیز اثرات آن را بر حداکثر قدرت و افزایش توده بدن مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۰). با مصرف مکمل کراتین می‌توان کراتین آزاد و PCr ذخیره شده در عضلات اسکلتی را افزایش داد که در ابتدای فعالیت بدنی سبب بهبود تولید انرژی توسط سیستم بی‌هوازی می‌گردد.

1. Adenosine diphosphate
2. Adenosine triphosphate
3. Phosphat
4. Phosphocreatine
5. Creatine kinase

6. creatine monohydrate
7. Creatine Hydrochloride

بنابراین، هنوز به اندازه کافی نیز اثربخشی CrHCl مورد بررسی قرار نگرفته است و در حال حاضر جهت اثبات اثربخشی ادعایی این مکمل، اطلاعات منتشر شده‌ای وجود ندارد. با توجه به پژوهش‌های بسیار محدودی که تا به امروز از زنان استفاده کرده‌اند و همچنین ادعای کارخانه‌های سازنده CrHCl، نیاز به پژوهش بیشتر وجود دارد. بر اساس ادبیات پژوهشی پیشین، این پژوهش نخستین مطالعه در زمینه اثر تمرین مقاومتی و مکمل‌یاری CrHCL می‌باشد. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل‌یاری CrHCL بر قدرت عضلانی و ترکیب بدن زنان تمرین‌کرده بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی دوسوی کور و تصادفی بود که برای انجام آن از طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون استفاده شد. آزمودنی‌ها از بین زنان تمرین‌کرده مقاومتی جوان مراجعه‌کننده به مراکز ورزشی، بر اساس شرایط ورود به پژوهش انتخاب شدند. ابتدا از طریق نرم‌افزار جی‌پاور با ورود پارامترهای سطح بتا ۰/۸، خطا آلفا ۰/۰۵ و اندازه اثر ۰/۳ حجم نمونه تعیین شد که برابر با ۲۴ نفر بود. پژوهش حاضر توسط کمیته اخلاق در پژوهش پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با شماره IR.SSRC.REC.1399.138 مورد ثبت و تأیید قرار گرفت و انجام شد. معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: داشتن حداقل ۶ تا ۱۲ ماه تجربه تمرین مقاومتی، عدم وجود بیماری‌های عصبی، عضلانی - اسکلتی، ارتوپدی و قلبی - عروقی، سرطان‌ها، بیماری‌های کبد، بیماری‌های کلیوی و بیماری‌های تنفسی، عدم مصرف دارو یا مکمل تأثیرگذار بر نتایج پژوهش به مدت ۶ ماه قبل از شروع مطالعه و در طول دوره مطالعه، داشتن سلامت روان و انگیزه برای شرکت در تحقیق، عدم شرکت در سایر فعالیت‌های ورزشی رقابتی به غیر از تمرینات مقاومتی در طول دوره مداخله؛ و همچنین داشتن چرخه قاعدگی طبیعی و معیارهای خروج نیز شامل استفاده از مکمل‌های غذایی، مصرف دارو، بروز بیماری، اختلال متابولیک از جمله ناهنجاری‌های الکترولیتی شناخته شده، هرگونه منع مطلق ورزش طبق دستورالعمل‌های کالج پزشکی ورزشی آمریکا^۱ (ACSM) و پزشک، غیبت بیش از ۳ جلسه آزمودنی در فرآیند اجرای پروتکل و عدم حضور آزمودنی در مراحل ارزیابی بعد

از دوره تمرینی بود (۱۹). در ادامه آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه مکمل (تمرین مقاومتی + کراتین هیدرو-کلراید) و دارونما (تمرین مقاومتی + دارونما) تقسیم‌بندی شدند. اطلاعات کامل درباره روش اجرای پژوهش، مزایا و خطرات احتمالی توسط پژوهشگر به شرکت‌کنندگان داده شد. به دنبال آن هر آزمودنی پس از مطالعه رضایت‌نامه کتبی، آن را امضاء و فرم پرسشنامه مربوط به فعالیت بدنی، سلامت پزشکی و چرخه قاعدگی را تکمیل کردند. لازم به ذکر است به منظور رعایت ضوابط اخلاقی ضمن تکمیل رضایت‌نامه مشارکت صادقانه در پژوهش، هر کدام از آزمودنی‌ها اجازه داشتند در هر زمان بدون ذکر علت، از ادامه تمرینات انصراف داده و از مطالعه خارج شوند.

اندازه‌گیری شاخص تن‌سنجی: برای همه افراد اندازه‌گیری‌های تن‌سنجی با حضور در باشگاه تمرین با وزنه، در ابتدا و انتهای پژوهش انجام شد. قد ایستاده هر شرکت‌کننده با قدسنج ساخت شرکت سکا با حساسیت یک میلی‌متر و توده بدن^۲ (BW) آن‌ها با لباس سبکی که بر تن داشتند و با ترازوی سکا با حساسیت صد گرم (ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد. سپس برای اندازه‌گیری و ثبت شاخص‌های تن‌سنجی از دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیب بدن (In Body 720 ساخت کشور کره جنوبی) با وارد کردن متغیرهایی از جمله توده بدن، قد و جنسیت استفاده شد. لازم به ذکر است که نحوه اندازه‌گیری بر اساس پروتکل‌های اتخاذ شده از سوی شرکت سازنده انجام شد. همچنین، دور عضلات بازو و ران توسط متر نواری انعطاف‌پذیر نیز اندازه‌گیری شد. دور بازو در ضخیم‌ترین قسمت بازو و دور ران در ضخیم‌ترین قسمت ران اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری‌ها توسط یک آزمون‌گر اجرا و هر نقطه ۲ مرتبه از سمت راست بدن اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد به دست آمد (۲۰).

اندازه‌گیری هیپرتروفی عضلانی: میزان تغییرات هیپرتروفی افراد شرکت‌کننده با استفاده از مدل پیشنهادی همسفیلد و همکاران (۱۹۸۲) و کنایپیک و همکاران (۱۹۹۶) که دو فرمول برای اندازه‌گیری تغییرات هیپرتروفی قسمت بازو (بالا تنه) و ران (پایین تنه) ارائه کرده‌اند، اندازه‌گیری شد (۲۱، ۲۲). در این روش برای اندازه‌گیری هیپرتروفی بازو (۲۱) و ران (۲۲) از فرمول‌های ذیل استفاده شد:

وضعیت تغذیه آزمودنی‌ها: از پرسشنامه یادآمد غذایی ۳ روزه (دو روز عادی و یک روز تعطیل) برای بررسی میزان کالری دریافتی استفاده شد تا میزان کالری دریافتی، مقدار کربوهیدرات، چربی، پروتئین، ویتامین E، C و A مصرفی محاسبه گردد. افراد برنامه غذایی را در ۳ روز قبل از شروع برنامه تمرینی و ۳ روز در هفته آخر برنامه تمرینی ثبت کردند. براساس نتایج، گروه تمرین مقاومتی+کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی+ دارونما تفاوت معنی داری در میزان کالری دریافتی، مقدار کربوهیدرات، چربی، پروتئین، ویتامین E، C و A مصرفی نداشتند (۲۷).

دوره مکمل‌یاری: در این پژوهش از مکمل کراتین هیدروکلراید کانکریت (CON-CRET Creatine HCl، آمریکا) برای گروه کراتین هیدروکلراید + تمرین مقاومتی استفاده شد. مقدار مصرف ۳ گرم در روز بود، در روز تمرین ۳۰ دقیقه قبل تمرین و در روزهای عادی در همان ساعت تمرینی مصرف می‌شد. علاوه بر این، به گروه دارونما در شرایط کاملاً یکسان مالتودکسترین داده شد و همانند گروه کراتین هیدروکلراید مصرف می‌شد. برای هر آزمودنی نیز بسته مکمل به صورت هفتگی داده شد و در هر جلسه تمرینی هر آزمودنی می‌بایست پاکت مربوطه را به محل تمرین آورده تا پژوهشگر مطمئن شود که دوز مصرفی رعایت شده است و پژوهشگر طی ۸ هفته با تماس تلفنی مصرف مکمل را یادآوری و چک می‌کرد (۲۸).

روش‌های آماری

پس از اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک، در بخش آمار توصیفی از میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف داده‌ها و سپس در بخش آمار استنباطی با رعایت برابری واریانس داده‌ها، از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی^۲ برای تجزیه و تحلیل متغیرهای پژوهشی استفاده گردید. همچنین برای بررسی مقدار تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیرهای مورد مطالعه از محاسبه اندازه اثر^۳ (ES) با عنوان اطمینان (CI) ۹۵ درصد استفاده و مقدار (۰/۲۰) به عنوان ضعیف، کم (۰/۵۰ - ۰/۲۰)، متوسط (۰/۸۰ - ۰/۵۰)، بزرگ (۰/۳۰ - ۰/۸۰)، بسیار بزرگ (>۰/۳۰) در نظر گرفته شد (۲۹). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد و سطح معنی داری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

$0.5 - (2) = \text{چربی زیرپوستی سه سربازو} - (\pi^2 \div \text{دور بازو}) = \text{سطح مقطع بازو}$
($r = 0.97$)

$2 - (\text{چربی زیرپوستی چهار سربازو} - \pi \div \text{دور ران}) \times 0.7649 = \text{سطح مقطع ران}$
($r = 0.96$)
($\text{فاصله بین اپی کندیل داخلی و خارجی استخوان ران} \times 0.3$)
($SEE = 10.1 \text{ cm}^2, r = 0.96$)

اندازه‌گیری قدرت: برای ارزیابی قدرت آزمودنی‌ها از روش تیپانا و همکاران (۲۰۱۲) و براون و ویر (۲۰۰۱) استفاده گردید (۲۳، ۲۴). در این روش آزمودنی‌ها ابتدا ۵ دقیقه پیاده روی با شدت پایین و سپس ۸ تکرار با شدت ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه^۱ (IRM) برآورد شده انجام دادند. پس از یک دقیقه استراحت، ۳ تکرار با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه تخمینی انجام شد. آزمودنی‌ها ۳ دقیقه استراحت کردند و در محدوده ۳ تا ۵ تلاش برای یک تکرار بیشینه و استراحت ۳ تا ۵ دقیقه‌ای بین تلاش‌ها به تدریج در هر تلاش ۵ درصد به بار اضافه شد تا در نهایت بتواند یک تکرار کامل انجام دهد (۲۳، ۲۴). برای ارزیابی پایایی و همبستگی آزمون‌ها، در دو روز غیرمتوالی (فاصله زمانی حداقل ۷۲ ساعت) آزمون مجدد انجام شد (۲۵). حرکات پرس سینه و پرس پا به عنوان قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه ثبت و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

پروتکل تمرین مقاومتی: برنامه تمرینی آزمودنی‌ها به مدت ۸ هفته با تکرار سه جلسه در هفته انجام گرفت. شرکت کنندگان ۸ حرکت اسکات، پرس پا، جلو ران، پشت ران، زیربغل سیم کش، پارویی نشسته، پرس سینه و بک فلای را در ۳ نوبت با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه، بین ۶ تا ۱۲ تکرار و مدت استراحت ۶۰ تا ۹۰ ثانیه بین هر ست و ۱۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه بین هر حرکت اجرا کردند. لازم به ذکر است که دو هفته ابتدایی، برنامه تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه شروع شد و سپس هر دو هفته یک بار برای افزایش میزان بار تمرینی به میزان ۵ درصد بر میزان یک تکرار بیشینه اضافه گردید (۲۶). شرکت کنندگان پیش از شروع تمرین اصلی، ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به گرم کردن می‌پرداختند و سپس برنامه اصلی (تمرین مقاومتی) بین ۷۰ تا ۸۰ دقیقه انجام می‌گرفت و در انتهای برنامه تمرینی، ۱۰ دقیقه برنامه سرد کردن انجام می‌گرفت. اجرای جلسات تمرینی توسط آزمودنی‌ها بوسیله پژوهشگر مورد نظارت قرار گرفت و تمام متغیرهای تمرین مانند شدت تمرین، استراحت و سرعت حرکات کنترل شد.

یافته‌ها

ل‌وین برای بررسی فرض برابری واریانس‌ها و جهت بررسی پیش‌فرض تساوی کواریانس‌ها از آزمون باکس استفاده گردید. همچنین با استفاده از آزمون کرویت ماچلی فرض کرویت در تمام متغیرها تأیید شد. در پژوهش حاضر در مقادیر پیش‌آزمون متغیرها تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد ($P > 0.05$) که نشان‌دهنده توزیع تصادفی آن‌ها می‌باشد.

اطلاعات اولیه آزمودنی‌ها به تفکیک گروه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. از آزمون تحلیل واریانس ترکیبی برای آزمون کردن متغیرهای پژوهشی استفاده شد. در ابتدا طبیعی بودن متغیرهای پژوهش نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون شاپیروویلک نشان داد که داده‌ها دارای توزیع طبیعی می‌باشند. از آزمون

جدول ۱. مشخصات ویژگی‌های اولیه آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف استاندارد)

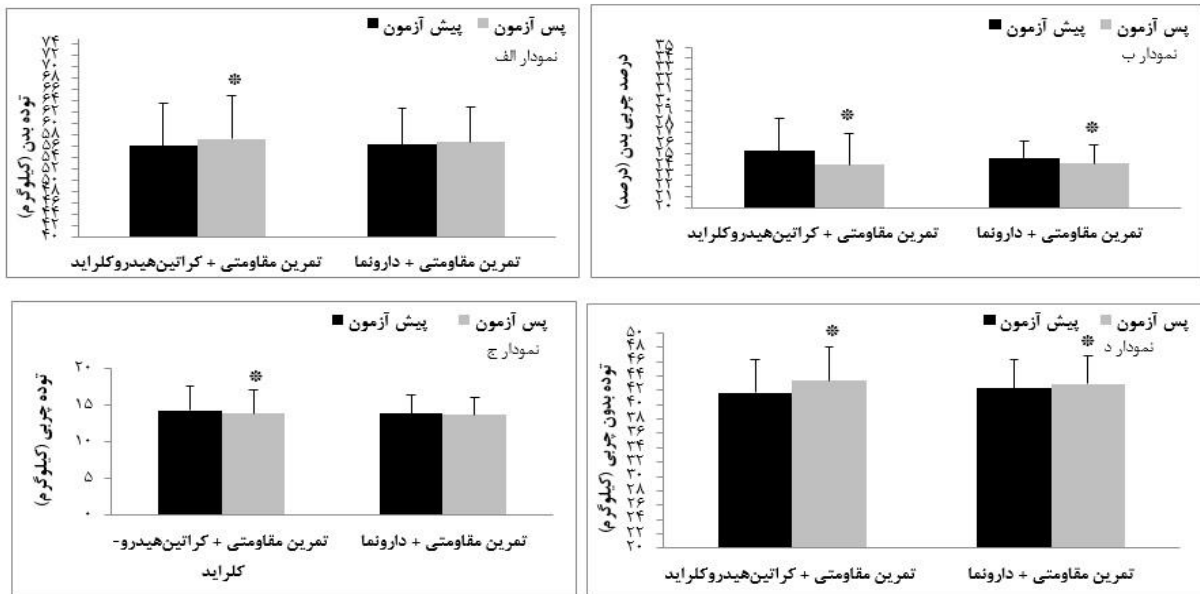
متغیر	گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید		گروه تمرین مقاومتی + دارونما	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سن (سال)	۲۱/۱۶ \pm ۲/۵۸	-	۲۳/۲۵ \pm ۱/۹۵	-
قد (سانتی‌متر)	۱۶۰/۲۵ \pm ۳/۶۰	-	۱۶۲/۸۱ \pm ۵/۲۷	-
توده بدن (کیلوگرم)	۵۶/۰۳ \pm ۷/۶۲	۵۷/۲۷ \pm ۷/۶۶	۵۶/۲۳ \pm ۶/۳۸	۵۶/۶۵ \pm ۶/۱۳
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۱/۸۶ \pm ۲/۶۹	۲۲/۳۴ \pm ۲/۶۸	۲۱/۲۰ \pm ۱/۵۴	۲۱/۳۶ \pm ۱/۴۸

دو گروه تمرینی تفاوت معنی‌داری در کاهش توده چربی پس از ۸ هفته تمرین مشاهده نشد ($P=0.802$). (نمودار ۱ (ج)). توده بدون چربی: در ارتباط با توده بدون چربی، هر دو گروه افزایش معنی‌داری را نسبت به قبل از تمرین نشان دادند ($P=0.001$, $P=0.012$ به ترتیب). اگرچه تفاوت معنی‌داری بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما پس از ۸ هفته تمرین مشاهده نشد ($P=0.959$), با این حال ES گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید نیز بیش‌تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما (۰/۳۶) [افزایش کم] در مقابل ۰/۱۵ [افزایش ضعیف] بود (نمودار ۱ (د)).

توده بدن: نتایج آزمون تحلیل واریانس ترکیبی افزایش معنی‌داری در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید نشان داد ($P=0.001$), اما در گروه تمرین مقاومتی + دارونما تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P=0.080$). همچنین تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها پس از ۸ هفته تمرین مشاهده نشد ($P=0.942$) و ES برای گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید بیش‌تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما (۰/۱۶ در مقابل ۰/۰۷) بود (نمودار ۱ (الف)).

درصد چربی بدن: همان‌طور که در نمودار ۱ (ب) آمده است، با وجود کاهش قابل‌توجه در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون درصد چربی بدن در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما ($P=0.001$, $P=0.028$ به ترتیب)، اما بین گروه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P=0.779$). همچنین ES برای گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید بیش‌تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما (۰/۴۳ در مقابل ۰/۳۰) بود.

توده چربی: نتایج نشان داد که کاهش معنی‌داری در توده چربی در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید پس از دوره تمرین مشاهده شد ($P=0.003$), درحالی‌که کاهش در گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی‌دار نبود ($P=0.183$), بعلاوه ES در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید بیش‌تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما (۰/۱۳ در مقابل ۰/۰۷) بود و بین



نمودار ۱. میزان تغییرات توده بدن (الف)، درصد چربی بدن (ب)، توده چربی (ج) و توده بدون چربی (د) پیش آزمون - پس آزمون بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما
* تغییرات درون گروهی؛ اختلاف معناداری در سطح $P < 0.05$

تمرینی نیز تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P = 0.831$). همچنین ES گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید نیز بیش تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما (0.48) [افزایش کم] در مقابل 0.15 [افزایش ضعیف] بود.

توده عضله اسکلتی: همان طور که از نتایج در نمودار ۲ آشکار است، با وجود افزایش معنی دار در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در توده عضله اسکلتی در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید ($P = 0.001$)، افزایش در گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی دار نبود ($P = 0.221$) و بین دو گروه



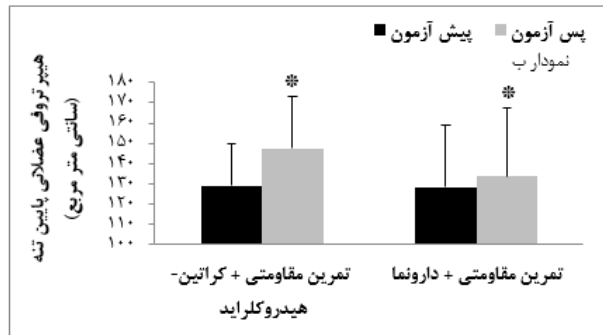
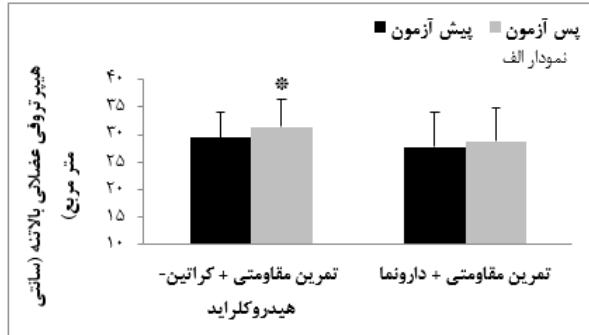
نمودار ۲. میزان تغییرات توده عضله اسکلتی پیش آزمون - پس آزمون بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما
* تغییرات درون گروهی؛ اختلاف معناداری در سطح $P < 0.05$

میزان اثربخشی در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید بیش تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما بود (0.40) [افزایش کم] در مقابل 0.15 [افزایش ضعیف]. تفاوت معنی داری بین گروه‌ها وجود نداشت ($P = 0.334$). (نمودار ۳ الف).

هیپرتروفی عضلانی بالاتنه: بررسی داده‌ها نشان داد که هیپرتروفی عضلانی بالاتنه در گروه تمرین مقاومتی + کراتین-هیدروکلراید افزایش معنی داری را نسبت به قبل از تمرین دارد ($P = 0.010$)، اما در گروه تمرین مقاومتی + دارونما افزایش معنی داری مشاهده نگردید ($P = 0.186$). با توجه به شاخص ES

دوره تمرین معنی‌دار بود ($P=0/013$). علاوه بر این، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی مشاهده نشد ($P=0/530$). به علاوه ES در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید بیش‌تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما ($0/79$ در مقابل $0/16$) بود.

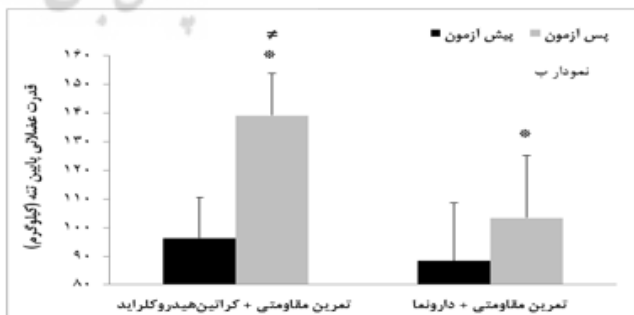
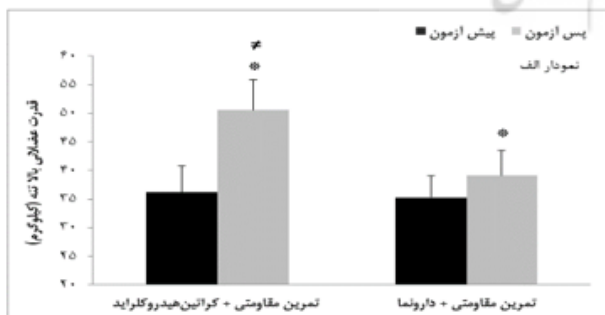
هیپرتروفی عضلانی پایین‌تنه: با توجه به نمودار ۳ (ب)، در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید نیز هیپرتروفی عضلانی پایین‌تنه در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون افزایش معنی‌داری داشت ($P=0/001$)، همچنین، افزایش هیپرتروفی عضلانی پایین‌تنه در گروه تمرین مقاومتی + دارونما پس از



نمودار ۳. میزان تغییرات هیپرتروفی عضلانی بالاتنه (الف) و پایین‌تنه (ب) پیش‌آزمون - پس‌آزمون بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما
* تغییرات درون‌گروهی؛ اختلاف معناداری در سطح $P < 0/05$

مشاهده گردید ($P=0/001$). علاوه بر این، در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید، ES بسیار زیادی ($2/89$) در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی + دارونما ($0/94$) [افزایش بزرگ] بدست آمد (نمودار ۴ (الف)). همچنین در رابطه با قدرت عضلانی پایین‌تنه نیز بین گروه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P=0/005$) و ES گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید نیز بیش‌تر از گروه تمرین مقاومتی + دارونما ($2/97$) [افزایش بسیار بزرگ] در مقابل $0/71$ [افزایش متوسط] بود (نمودار ۴ (ب)).

قدرت عضلانی (بالاتنه و پایین‌تنه): نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در هر دو گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما افزایش قابل توجه و معنی‌داری در قدرت عضلانی بالاتنه ($P=0/001$)، $P=0/003$ به ترتیب) و پایین‌تنه ($P=0/001$)، $P=0/001$ به ترتیب) پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی بدست آمد که این یافته حاکی از آن است که مکمل‌یاری CrHCL توانسته است باعث افزایش معنی‌دار قدرت شود (نمودار ۴ (الف، ب)). پس از تفکیک نتایج آماری نیز اختلاف معنی‌دار بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید با تمرین مقاومتی + دارونما در قدرت عضلانی بالاتنه



نمودار ۴. میزان تغییرات قدرت عضلانی بالاتنه (الف) و پایین‌تنه (ب) پیش‌آزمون - پس‌آزمون بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما

* تغییرات درون‌گروهی؛ # معنی‌داری بین گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما؛ اختلاف معناداری در سطح $P < 0/05$

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرین مقاومتی و مکمل‌یاری CrHCL بر قدرت عضلانی و ترکیب بدن زنان تمرین کرده بود. نتایج نشان داد در اکثر متغیرها تغییرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون معنی‌دار بود. علاوه بر این تغییرات قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدرو-کلراید در مقایسه با گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی‌دار بود، اما در سایر متغیرها علیرغم افزایش و کاهش معنی‌دار در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید، تغییرات معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نگردید.

تجزیه و تحلیل یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید، توده بدن به طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که در گروه تمرین مقاومتی + دارونما تغییر مشاهده شده معنی‌دار نبود. علاوه بر این، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت. نتایج پژوهش حاضر تأثیر مکمل CrHCL بر افزایش توده بدن را تأیید می‌کند. در این پژوهش، افزایش توده بدن آزمودنی‌ها مشابه پژوهش‌های قبلی و در دامنه طبیعی می‌باشد. افزایش کل توده بدن به ویژه توده عضله نیز یکی از اثرات جانبی مصرف مکمل کراتین است که در بین مصرف‌کنندگان همواره دیده می‌شود. بر اساس نتایج مطالعات مختلف، میانگین افزایش وزن از ۱ تا ۲ کیلوگرم یا ۱ تا ۲/۳ درصد وزن کل بدن به ویژه توده عضله می‌باشد (۳۰). در این راستا، واندنبرگ و همکاران (۱۹۹۷) اثرات ۱۰ هفته مکمل CrM به همراه تمرین مقاومتی را در زنان جوان سالم و کم‌تحرک مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تغییر در توده بدن در گروه مکمل CrM در مقایسه با دارونما بیش‌تر است و تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود ندارد (۹). در پژوهش دیگری، کوک و همکاران (۲۰۱۴) افزایش معنی‌دار توده بدن را به دنبال ۱۲ هفته تمرین مقاومتی و مصرف CrM و کربوهیدرات گزارش کردند (۱۵). همچنین مطالعه کوتز و گانتز (۲۰۰۳) که با هدف بررسی اثر ۴ هفته مصرف مکمل طی انجام تمرینات مقاومتی بر روی مردان فعال انجام گرفت، در گروه کراتین، موجب ایجاد تغییرات معنی‌داری در توده بدن شد (۱۷). یافته‌های پژوهش کاندو و همکاران (۲۰۰۸) حاکی از آن است که در افراد مصرف‌کننده مکمل کراتین، توده بدن افزایش پیدا می‌کند. یکی از اثرات ارگونومیک مکمل کراتین افزایش توده بدن است (۳۱). بر اساس نتایج پژوهش‌ها، افزایش وزن بدن به افزایش احتباس

آب ناشی از انتقال کراتین به همراه سدیم به داخل سلول مرتبط است که جذب آب بوسیله سلول‌های عضلات اسکلتی به علت افزایش اسمولاریته سلولی می‌باشد و ممکن است سبب تورم سلول و به دنبال آن، افزایش سنتز پروتئین گردد. علاوه بر این، تأثیر کراتین بر تحریک سنتز پروتئین میوفیبریلی و همچنین، جلوگیری از تجزیه پروتئین عضلانی در این زمینه اثرگذار است (۳۲). عامل دیگر مرتبط با افزایش وزن، محتوای گلیکوژن بالاتر هنگام مکمل‌گیری کراتین و انجام تمرین مقاومتی است (۳۳). هنگامی که کراتین در عضله اسکلتی ذخیره می‌گردد، یک گرم گلیکوژن با ۲ تا ۳ گرم آب تجمع می‌یابد و ممکن است توضیحی برای افزایش محتوای آب عضله باشد (۳۴). برخلاف نتایج پژوهش حاضر، فرگوسن و سیروتویک (۲۰۰۶)، طی ۱۰ هفته تمرین مقاومتی، تغییر قابل‌توجهی در توده بدن در دو گروه مکمل CrM و دارونما گزارش نکردند (۱۶). به نظر می‌رسد تفاوت در نوع و دوز کراتین مصرف شده (مصرف ۰/۳ و ۰/۳ گرم CrM در مقابل مصرف ۳ گرم CON-CRET Creatine HCl در روز)، میزان افزایش آب بدن به دنبال تفاوت دوز مصرفی، مقادیر پایه مکمل، پتانسیل بیولوژیکی متفاوت برای جذب کراتین در عضله، نوع پروتکل تمرینی (۱۰ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد IRM در مقابل ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد IRM)، عدم افزایش حجم تمرین، تعداد و نوع حرکات انجام شده (۱۲ حرکت در مقابل ۸ حرکت) و همچنین نوع تغذیه آزمودنی‌ها از دلایل عمده تفاوت در یافته‌ها باشد.

در پژوهش حاضر، درصد چربی بدن پس از دوره تمرین در گروه‌های تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما به طور معنی‌دار کاهش یافت. علیرغم کاهش بیش‌تر درصد چربی بدن در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید نسبت به تمرین مقاومتی + دارونما، تفاوت بین دو گروه معنی‌دار نبود. در رابطه با تغییرات توده چربی، ما شاهد کاهش

معنی‌دار درون‌گروهی برای گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید بودیم، اما این تغییرات در گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی‌دار نبود. به طور مشابه، واندنبرگ و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که علیرغم کاهش بیش‌تر درصد چربی در گروه مکمل CrM، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت (۹). در مطالعه‌ای دیگر، فرگوسن و سیروتویک (۲۰۰۶) کاهش قابل توجهی در درصد چربی بدن متعاقب ۱۰ هفته تمرین مقاومتی در زنان ورزشکار در دو گروه مکمل CrM و دارونما نشان دادند، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد (۱۶). بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام شده، کراتین بر جنبه‌های خاصی از متابولیسم چربی، بافت چربی و همچنین سنتز تری‌گلیسیرید^۱ (TG) در انواع مختلف سلول تأثیر می‌گذارد و از طریق مهار سیگنال‌دهی فسفوانوزیتید ۳-کیناز-گیرنده ۷ فعال شده با تکثیر پراکسی‌زوم^۲ (PI3K-Akt-PPAR γ)، تشکیل تری‌گلیسیریدهای سیتوپلاسمی را مهار می‌کند. مصرف این مکمل سطح تری‌گلیسیرید پلاسما را کاهش می‌دهد که این اثر احتمالاً به دلیل اعمال مهارتی است که کراتین بر سنتز تری‌گلیسیرید کبد اعمال می‌کند. طبق نتایج پژوهش‌ها اثر مهارتی کراتین بر سنتز تری‌گلیسیرید ممکن است به بافت چربی نیز گسترش یابد (۳۵). بر اساس نتایج، کراتین، گردش ATP میتوکندری را در بافت چربی تحریک می‌کند که به نوبه خود، نرخ متابولیک بافت چربی زیرجلدی و قهوه‌ای را افزایش می‌دهد (۳۶). لذا با توجه به نقش مهم کراتین بر متابولیسم چربی، بافت چربی، سنتز تری‌گلیسیرید و همچنین مصرف انرژی، احتمالاً دلیل اثربخشی مکمل CrHCL در پژوهش حاضر، مهار سیگنال‌دهی PI3K-Akt-PPAR γ و تحریک گردش ATP میتوکندری در بافت چربی می‌باشد. در تضاد با یافته‌های مطالعه حاضر، آنتونیو و سیکونه (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند که مکمل CrM تغییرات قابل توجهی در توده چربی پس از ۴ هفته تمرینات مقاومتی ایجاد نمی‌کند (۳۷). این اختلاف در نتایج را می‌توان به مقادیر پایه مکمل، نوع، مقدار دوز و طول مصرف کراتین (مصرف ۵ گرم CrM در مقابل مصرف ۳ گرم CON-CRET Creatine HCl در روز)، برنامه تمرینی شامل شدت و مدت تمرینات (۴ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد IRM در مقابل ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد IRM)، نوع حرکات انجام شده و تغذیه شرکت‌کنندگان نسبت داد.

در این پژوهش، هر دو گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما افزایش معنی‌داری در توده بدون چربی نسبت به قبل از تمرین نشان دادند و با وجود افزایش بیش‌تر در گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید نسبت به تمرین مقاومتی + دارونما، اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد. هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، نتایج مطالعه فرگوسن و سیروتویک (۲۰۰۶)، افزایش قابل توجهی در توده بدون چربی در دو گروه مکمل CrM و دارونما نشان داد، اما تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد (۱۶). همچنین برنر و همکاران (۲۰۰۰) اثرات ۵ هفته مکمل کراتین را در میان بازیکنان زن لاکراس مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که توده بدون چربی در هر دو گروه کراتین و دارونما به طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۸). لارسون میر و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه خود مشاهده کردند که مصرف مکمل کراتین پس از ۱۳ هفته تمرین مقاومتی در بازیکنان فوتبال زن دانشگاهی منجر به افزایش مشابهی در توده بدون چربی می‌گردد (۳۹). شواهد حاکی از آن است که به دنبال مکمل‌سازی بلندمدت کراتین، افزایش معنی‌داری در توده بدون چربی صورت گرفته است (۴۰). کراتین از طریق مکانیسم‌های اندوکرینی، در بدن محیط آنابولیک ایجاد کرده و سنتز پروتئین را تحریک می‌کند (۴۱).

دیگر نتایج بدست آمده در رابطه با تغییرات قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه در زنان تمرین کرده مقاومتی بود. در هر دو گروه تمرین مقاومتی + کراتین‌هیدروکلراید و تمرین مقاومتی + دارونما افزایش قابل توجه و معنی‌داری در قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی بدست آمد و شاهد تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها بودیم. واندنبرگ و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند مصرف طولانی‌مدت مکمل کراتین باعث افزایش پیشرفت قدرت عضلانی در طول تمرینات مقاومتی در زنان جوان سالم و کم‌تحرك می‌شود (۹). همچنین برنر و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که قدرت پرس سینه در هر دو گروه کراتین و دارونما افزایش

1. Triglyceride

2. phosphoinositide-3-kinase-Akt- peroxisome proliferator-activated receptor γ

یافت و این افزایش در گروه کراتین به طور قابل توجهی بیش تر از گروه دارونما بود (۳۸). نتایج مطالعه لارسون میر و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که مصرف مکمل کراتین همراه با ۱۳ هفته تمرین مقاومتی، منجر به قدرت عضلانی می شود (۳۹). لنهز و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه مروری خود گزارش کردند که مکمل کراتین موجب افزایش قدرت بالاتنه (پرس سینه) می گردد (۴۲). بر اساس شواهد ارائه شده، مکمل کراتین عملکرد عضلانی را از طریق افزایش سلول های PCr مورد استفاده برای تولید ATP در شروع ورزش با شدت زیاد، تسریع سنتز PCr پس از ورزش مجدد، کاهش تخریب نوکلئوتیدهای آدنین و تجمع لاکتات ها و یا بهبود رسوب گلیکوژن در داخل عضلات اسکلتی بهبود می بخشد (۴۳). مکمل گیری کراتین، سبب افزایش کل کراتین عضله می گردد و به تولید PCr و ATP داخل عضله کمک می کند؛ که منجر به طولانی تر شدن زمان انجام فعالیت بدنی شدید می شود. کراتین می تواند سبب افزایش میزان سنتز دوباره PCr طی دوره های متناوب تمرینات شدید گردد. همچنین، بر اسیدیت عضله اثر بافری دارد. گلیکولیز موجب تولید اسید لاکتیک می شود که تأثیر آن می تواند قطع تمرینات شدید باشد. افزایش ظرفیت بافری از این جهت سودمند است که مکمل کراتین می تواند شرایطی را ایجاد کند که عضله قبل از اینکه به خستگی ناشی از PH عضله برسد، علیرغم تجمع اسید لاکتیک بیش تر کار خود را انجام دهد. علاوه بر این، مکمل کراتین باعث افزایش بازجذب کلسیم به شبکه سارکوپلاسمی شده و منجر به چرخه پل عرضی اکتنین-میوزین سریع تر در طول انقباضات عضلانی مکرر و در نهایت به بهبود قدرت عضلانی در طول زمان منجر می شود. مکمل کراتین با افزایش جابجایی و محتوای GLUT-4 در افرادی که تمرینات مقاومتی انجام می دهند، می تواند باعث افزایش استفاده از گلوکز و کاهش افت ذخایر گلیکوژن در طول جلسات تمرین شود (۴۴). در مقابل، نتایج مطالعه فرگوسن و سیروتویک (۲۰۰۶) نشان می دهد که مکمل CrM همراه با تمرینات مقاومتی به مدت ۱۰ هفته در مقایسه با دارونما تأثیر بیش تری بر قدرت عضلانی و حجم تمرین ندارد (۱۶). تفاوت در مقادیر پایه کراتین، نوع و مقدار دوز مصرف مکمل (مصرف ۰/۳ و ۰/۰۳ گرم CrM در مقابل مصرف ۳ گرم CON-CRET Creatine HCl در روز)، بارگیری ناکافی کراتین در سطح عضله به دلیل پروتکل بارگیری، پروتکل تمرینی (۱۰ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ درصد IRM در مقابل ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد IRM)، تعداد و نوع حرکات انجام شده (۱۲ حرکت در مقابل ۸ حرکت)، عدم افزایش حجم تمرین و همچنین نوع تغذیه آزمودنی ها از دلایل عمده تفاوت در یافته ها می باشد که بر قدرت عضلانی و حجم تمرین تأثیر می گذارند.

تجزیه و تحلیل یافته های حاصل از پژوهش نشان داد در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید پس از ۸ هفته تمرین مقاومتی همراه با مصرف همزمان مکمل CrHCL نیز توده عضله اسکلتی به طور معنی داری افزایش یافت، در حالی که افزایش در گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی دار نبود و بین دو گروه تمرینی تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین در این پژوهش، مصرف مکمل CrHCL به مدت ۸ هفته، هیپرتروفی بالاتنه و پایین تنه را افزایش معنی داری داد، در حالی که افزایش هیپرتروفی بالاتنه در گروه تمرین مقاومتی + دارونما معنی دار نبود و اختلاف معنی داری بین گروه ها مشاهده نگردید. نونس و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر مکمل سازی کراتین همراه با تمرین مقاومتی در مردان جوان تمرین کرده مقاومتی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مکمل کراتین، هیپرتروفی عضلانی به ویژه در اندام های فوقانی بدن را افزایش می دهد (۷). گالوان و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه مصرف مکمل کراتین در مدت ۲۸ روز در مردان فعال، افزایش استقامت عضلانی، توده بدون چربی و جرم عضلات اسکلتی را گزارش کردند (۴۵). همچنین، گوانو و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که مصرف CrM و تمرین مقاومتی به مدت ۲۴ هفته، موجب بهبود توده عضلانی و عملکرد عضلانی می گردد (۴۶). به علاوه، شلمادین و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که ۴ هفته مصرف مکمل در مردان باعث افزایش قابل توجهی در فعال سازی سلول های ماهواره ای، قدرت و هیپرتروفی عضلانی می شود (۴۷). اولسن و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که مصرف مکمل CrM به همراه تمرینات مقاومتی، افزایش در تعداد سلول های ماهواره ای و غلظت میونوکلئوس در فیبرهای عضلانی اسکلتی انسان را تقویت می کند و در نتیجه باعث افزایش رشد فیبر عضلانی در پاسخ به تمرینات قدرتی می شود (۴۸). طبق نتایج مطالعات، مکمل کراتین دارای اثرات مختلفی بر متابولیسم عضلات اسکلتی از جمله افزایش توده عضلانی است و موجب تحریک مسیرهای آنابولیکی سنتز پروتئین می گردد. کراتین مستقیماً بر سنتز پروتئین از طریق تعدیل مسیر هدف راپامایسین در پستانداران^۱ (mTOR) اثر می گذارد. به علاوه ممکن است بر فرآیندهای میوزینیک (شکل گیری بافت عضلانی) تأثیر بگذارد. همچنین،

بهبود در هموستاز انرژی سبب تنظیم مثبت مراکز آنابولیک (مانند فاکتور رشد شبه‌انسولین - IGF-1) و پروتئین‌کیناز فعال شده با میتوزن^۱ (MAPK) می‌گردد که موجب رشد عضلات و افزایش قدرت می‌شود (۴۹). بر اساس شواهد موجود، تأثیر مصرف کراتین می‌تواند ناشی از تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای، رونویسی عوامل میوزنیک و تحریک سیگنال‌های فاکتور رشد شبه‌انسولینی باشد. تمرین مقاومتی به همراه استفاده از مکمل کراتین، موجب کاهش سطوح میواستاتین سرم و مهارکننده رشد عضلانی می‌گردد و می‌تواند بر عملکرد عضلانی و هیپرتروفی عضلات تأثیرگذار باشد (۵۰). کراتین به دلیل افزایش قابل توجه حجم عضلانی در هنگام مصرف آن همراه با تمرین مقاومتی، با آنابولیسیم عضلانی همراه می‌باشد (۵۱). مکمل کراتین همراه با تمرین مقاومتی باعث افزایش سنتز پروتئین و IGF-1 به میزان بیش‌تری نسبت به تمرینات مقاومتی در مردان و زنان می‌شود و به افزایش بیش‌تر هیپرتروفی عضلات کمک می‌کند. IGF-1 پس از تمرین مقاومتی با شدت بالا افزایش می‌یابد و نشان داده شده که باعث افزایش سنتز پروتئین عضلانی می‌شود (۵۲). به نظر می‌رسد افزایش حجم عضلانی در نتیجه بهبود توانایی اجرای تمرینات با شدت بالا از طریق افزایش دسترسی به PCR و افزایش سنتز ATP است. ورزشکار از این طریق می‌تواند محرک تمرینی بزرگ‌تر و هیپرتروفی عضلانی بیش‌تری بوسیله افزایش بیان زنجیره سنگین میوزین، احتمالاً به دلیل افزایش فاکتورهای تنظیم‌کننده میوزنیک^۳ و میوزن^۴ ایجاد کند (۳۰). علاوه بر این، مکمل کراتین باعث افزایش حجم آب درون سلولی می‌شود و در تنظیم اسمولاریته سلول‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (۷). افزایش هیدراتاسیون سلولی ممکن است با تحریک مسیری که باعث افزایش سنتز پروتئین می‌شوند و سرکوب مسیری که در تخریب پروتئین نقش دارند، به هیپرتروفی عضلانی بیش‌تر کمک کند (۷). مکمل کراتین بیوسنتز میوزین عضلانی را افزایش می‌دهد، فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای را تنظیم می‌کند و منجر به افزایش رونویسی عوامل دخیل در هیپرتروفی عضلانی می‌گردد؛ علاوه بر این، کراتین، فیبرهای عضلانی را افزایش و تجزیه پروتئین کل بدن را کاهش می‌دهد (۴۹). برخلاف نتایج این پژوهش، مطالعه اسپیلان و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که مکمل CEE و CrM همراه با تمرینات مقاومتی در مردان تمرین نکرده مقاومتی به مدت ۷ هفته در مقایسه با دارونما تأثیر بیش‌تری بر قدرت یا عملکرد عضلانی، FM و توده عضلانی ران ندارند (۵۳). دلایل تناقض یافته‌های این مطالعه با نتایج پژوهش حاضر می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع آزمودنی‌ها (تمرین نکرده در مقابل تمرین کرده)، نوع تغذیه شرکت‌گندگان، تعداد آزمودنی‌ها، مقادیر پایه مکمل‌ها، نوع، طول مدت دوره و مقدار دوز مصرف مکمل (مصرف ۰/۳۰ و ۰/۰۷۵ گرم CrM و CEE در مقابل مصرف ۳ گرم CON-CRET Creatine HCl در روز)، پتانسیل بیولوژیکی متفاوت برای جذب کراتین در عضله، برنامه تمرینی (۷ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد IRم در مقابل ۸ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۸۵ درصد IRم) و تعداد و نوع حرکات انجام شده (۹ و ۷ حرکت بالاتنه و پایین‌تنه در مقابل ۸ حرکت) باشد که هر کدام به نوبه خود بر روی سازگاری‌های به وجود آمده تأثیرگذار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مصرف یک دوره ۸ هفته‌ای مکمل CrHCL به عنوان نوع جدید کراتین که نیاز به بارگیری ندارد همراه با تمرین مقاومتی منجر به بهبود قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه در زنان جوان تمرین کرده مقاومتی می‌گردد و همچنین می‌تواند افزایش و کاهش قابل توجهی در توده بدن، توده بدون چربی، توده عضله اسکلتی، هیپرتروفی عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه، درصد چربی بدن و توده چربی در پس‌آزمون در گروه تمرین مقاومتی + کراتین هیدروکلراید ایجاد کند؛ لذا ورزشکاران آماتور و زنان فعال می‌توانند به عنوان یک عامل ارگونومیک برای افزایش قدرت عضلانی از این مکمل بدون بارگیری و نگرانی استفاده نمایند. با وجود این با توجه به اینکه پژوهش دیگری در این زمینه وجود ندارد، برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر در خصوص هیپرتروفی و تغییرات ترکیب بدن پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های دیگری بر روی زنان ورزشکار با سابقه تمرینی بیش‌تر و با مدت زمان طولانی‌تر بارگیری همراه با تمرین مقاومتی انجام شود.

1. insulin-like growth factor 1
2. Mitogen-activated protein kinase
3. Myogenic
4. Myogenin

1. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep.* 2012; 11(4):209-16.
2. Hammami M, Negra Y, Shephard RJ, Chelly MS. The effect of standard strength vs. contrast strength training on the development of sprint, agility, repeated change of direction, and jump in junior male soccer players. *J Strength Cond Res.* 2017; 31(4):901-12.
3. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005; 35(4):339-61.
4. Wardenaar FC, Ceelen IJ, Van Dijk J-W, Hangelbroek RW, Van Roy L, Van der Pouw B, et al. Nutritional supplement use by Dutch elite and sub-elite athletes: does receiving dietary counseling make a difference? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017; 27(1):32-42.
5. Bagchi D, Sreejayan N, Sen CK. Nutrition and enhanced sports performance: muscle building, endurance, and strength. Academic Press; 2018.
6. Beck TW, Housh TJ, Johnson GO, Coburn JW. Effects of a drink containing creatine, amino acids, and protein combined with ten weeks of resistance training on body composition, strength, and anaerobic performance. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(1):100.
7. Nunes JP, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Tomeleri CM, Avelar A, Trindade MC, et al. Creatine supplementation elicits greater muscle hypertrophy in upper than lower limbs and trunk in resistance-trained men. *Nutr Health.* 2017; 23(4):223-9.
8. Valenzuela PL, Morales JS, Emanuele E, Pareja-Galeano H, Lucia A. Supplements with purported effects on muscle mass and strength. *Eur J Nutr.* 2019; 58(8):2983-3008.
9. Vandenberghe K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, Hespel P. Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol.* 1997; 83(6):2055-63.
10. Stefani GP, Nunes RB, Dornelles AZ, Alves JP, Piva MO, Domenico MD, et al. Effects of creatine supplementation associated with resistance training on oxidative stress in different tissues of rats. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014; 11(1):11.
11. Childs SL, Chyall LJ, Dunlap JT, Smolenskaya VN, Stahly BC, Stahly GP. Crystal engineering approach to forming cocrystals of amine hydrochlorides with organic acids. Molecular complexes of fluoxetine hydrochloride with benzoic, succinic, and fumaric acids. *J Am Chem Soc.* 2004; 126(41):13335-42.
12. Reuland EM. The Effects of a Single Dosage of Creatine Hydrochloride on Total Training Volume in Resistance Trained Men Versus Women (Doctoral dissertation, Bowling Green State University). 2016.
13. Casey A, Greenhaff PL. Does dietary creatine supplementation play a role in skeletal muscle metabolism and performance? *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(2):607-17.
14. Kilduff LP, Vidakovic P, Cooney G, Twycross-Lewis R, Amuna P, Parker M, et al. Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(7):1176-83.
15. Cooke MB, Brabham B, Buford TW, Shelmadine BD, McPheeters M, Hudson GM, et al. Creatine supplementation post-exercise does not enhance training-induced adaptations in middle to older aged males. *Eur J Appl Physiol.* 2014; 114(6):1321-32.
16. Ferguson TB, Syrotuik DG. Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(4):939.
17. Kutz MR, Gunter MJ. Creatine monohydrate supplementation on body weight and percent body fat. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(4):817-21.
18. Jagim AR, Oliver JM, Sanchez A, Galvan E, Fluckey J, Riechman S, et al. A buffered form of creatine does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations than creatine monohydrate. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012; 9(1):43.
19. Ives SJ, Norton C, Miller V, Minicucci O, Robinson J, O'Brien G, et al. Multi-modal exercise training and protein-pacing enhances physical performance adaptations independent of growth hormone and BDNF but may be dependent on IGF-1 in exercise-trained men. *Growth Horm IGF Res.* 2017; 32:60-70.
20. Ormsbee MJ, Mandler WK, Thomas DD, Ward EG, Kinsey AW, Simonavice E, et al. The effects of six weeks of supplementation with multi-ingredient performance supplements and resistance training on anabolic hormones, body composition, strength, and power in resistance-trained men. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012; 9(1):1-12.
21. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr.* 1982; 36(4):680-90.
22. Knapik JJ, Staab JS, Harman EA. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(12):1523-30.
23. Tibana RA, Prestes J, da Cunha Nascimento D, Martins OV, De Santana FS, Balsamo S. Higher muscle performance in adolescents compared with adults after a resistance training session with different rest intervals. *J Strength Cond Res.* 2012; 26(4):1027-32.
24. Brown LE, Weir JP. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *J Exerc Physiol Online.* 2001; 4(3).
25. Prestes J, Tibana RA, de Araujo Sousa E, da Cunha Nascimento D, de Oliveira Rocha P, Camarço NF, et al. Strength and muscular adaptations after 6 weeks of rest-pause vs. traditional multiple-sets resistance training in trained subjects. *J Strength Cond Res.* 2019; 33: 113-21.
26. Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M, Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Wolters Kluwer; 2018.
27. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Andersen J, Wilson S, Stout JR, et al. The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 2014; 114(6):1217-27.

28. Tayebi M, Arazi H. Is creatine hydrochloride better than creatine monohydrate for the improvement of physical performance and hormonal changes in young trained men? *Sci Sports*. 2020; 35(5): 135-41.
29. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Routledge; 2013.
30. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2007; 4(1):1-8.
31. Candow DG, Little JP, Chilibeck PD, Abeysekara S, Zello GA, Kazachkov M, et al. Low-dose creatine combined with protein during resistance training in older men. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40(9):1645-52.
32. Williams MH, Kreider RB, Branch JD. Creatine: The power supplement. Human kinetics; 1999.
33. Derave W, Eijnde BO, Verbessem P, Ramaekers M, Van Leemputte M, Richter EA, et al. Combined creatine and protein supplementation in conjunction with resistance training promotes muscle GLUT-4 content and glucose tolerance in humans. *J Appl Physiol*. 2003; 94(5):1910-6.
34. Nissen SL, Sharp RL. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol*. 2003.
35. Forbes SC, Candow DG, Krentz JR, Roberts MD, Young KC. Changes in fat mass following creatine supplementation and resistance training in adults \geq 50 years of age: a meta-analysis. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2019; 4(3):62.
36. Kazak L, Rahbani JF, Samborska B, Lu GZ, Jedrychowski MP, Lajoie M, et al. Ablation of adipocyte creatine transport impairs thermogenesis and causes diet-induced obesity. *Nat Metab*. 2019; 1(3):360-70.
37. Antonio J, Ciccone V. The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013; 10(1):36.
38. Brenner M, RANKIN JW, Sebolt D. The effect of creatine supplementation during resistance training in women. *J Strength Cond Res*. 2000; 14(2):207-13.
39. Larson-Meyer DE, Hunter GR, Trowbridge CA, Turk JC, Ernest JM, Torman SL, et al. The effect of creatine supplementation on muscle strength and body composition during off-season training in female soccer players. *J Strength Cond Res*. 2000; 14(4):434-42.
40. Volek JS, Rawson ES. Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutrition*. 2004; 20(7-8):609-14.
41. Karamouzis I, Christoulas K, Grekas D, Giannoulis K, Vamvakoudis E, Mandroukas K. The response of muscle interstitial F2-isoprostane (8-ISO-PGF $_{2\alpha}$) during dynamic muscle contractions in humans. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 2004; 71(2):87-90.
42. Lanhers C, Pereira B, Naughton G, Trousselard M, Lesage F-X, Dutheil F. Creatine supplementation and upper limb strength performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2017; 47(1):163-73.
43. Coates PM, Betz JM, Blackman MR, Cragg GM, Levine M, Moss J, et al. Encyclopedia of dietary supplements. CRC Press; 2010.
44. Rawson ES, Persky AM. Mechanisms of muscular adaptations to creatine supplementation. *Int J Sports Med*. 2007; 8(2):43-53.
45. Galvan E, Walker D, Simbo S, O'Connor A, Goodenough C, Dalton R, et al. Effects of 28 days of two creatine nitrate based dietary supplements on body composition and exercise performance in recreationally active males. *FASEB J*. 2015; 29:LB248.
46. Gualano B, Macedo AR, Alves CRR, Roschel H, Benatti FB, Takayama L, et al. Creatine supplementation and resistance training in vulnerable older women: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Exp Gerontol*. 2014; 53:7-15.
47. Shelmadine B, Cooke M, Buford T, Hudson G, Redd L, Leutholtz B, et al. Effects of 28 days of resistance exercise and consuming a commercially available pre-workout supplement, NO-Shotgun®, on body composition, muscle strength and mass, markers of satellite cell activation, and clinical safety markers in males. *J Int Soc Sports Nutr*. 2009; 6(1):16.
48. Olsen S, Aagaard P, Kadi F, Tufekovic G, Verney J, Olesen JL, et al. Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. *J Physiol*. 2006; 573(2):525-34.
49. Bonilla DA, Moreno Y. Molecular and metabolic insights of creatine supplementation on resistance training. *Rev Colomb Quim*. 2015; 44(1):11-8.
50. Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012; 9(1):33.
51. Becque MD, Lochmann JD, Melrose DR. Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Med Sci Sports Exerc*. 2000; 32(3):654-8.
52. Burke DG, Candow DG, Chilibeck PD, MacNeil LG, Roy BD, Tarnopolsky MA, et al. Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008; 18(4).
53. Spillane M, Schoch R, Cooke M, Harvey T, Greenwood M, Kreider R, et al. The effects of creatine ethyl ester supplementation combined with heavy resistance training on body composition, muscle performance, and serum and muscle creatine levels. *J Int Soc Sports Nutr*. 2009; 6(1):6.

The effects of resistance training and supplementation of creatine hydrochloride on muscle strength and body composition trained women

Seyedeh Shiva Dadvand^{1*}, Hamid Arazi², Farhad Daryanoosh³

1. PhD Candidate of Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Professor of Exercise Physiology, Department of Sports Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Associate Professor of Exercise Physiology, Faculty of Education and Psychology, University of Shiraz, Iran

Received: 2022/09/14

Accepted: 2022/11/28

Abstract

*Correspondence:

Email:

shivadadvand@yahoo.com

Introduction and purpose: Creatine supplementation has been widely used among athletes. The use of resistance training along with dietary supplements are the most widely used methods that improve strength and increase muscle hypertrophy and improve performance in athletes. The aim of this study was to evaluate the effects of resistance training (RT) and supplementation of creatine hydrochloride on muscle strength and body composition trained women.

Materials and Methods: In this quasi-experimental and applied study with pretest-posttest design 24 young trained randomly assigned to one of two groups: Group 1: RT with CrHCL supplementation (RT + CrHCL, n=12) and Group 2: RT with placebo (RT+PL, n=12). The participants performed 8 weeks of RT (70–85% one repetition maximum (1RM). 48 hours before and after the training period, muscle strength, body composition and upper body muscle hypertrophy and lower body muscle hypertrophy were measurements. To determine the difference between research variables mixed ANOVA test was used at a significance level of 0.05.

Results: Significant increases were observed for body weight, fat mass, fat free mass, skeletal muscle mass, upper body muscle hypertrophy and lower body muscle hypertrophy between pre and post-test in the RT + CrHCL group ($P < 0.05$). In addition, percentage of body fat and fat mass was significantly decreased in the post-test in the RT + CrHCL group ($P < 0.05$). The bench press and leg press strength changes in the RT + CrHCL group were significant compared to the RT+PL group ($P < 0.05$). In other variables, despite the significantly increase and decreased in the post-test in the RT+CrHCL group, no significant differences were observed between the two groups ($P > 0.05$).

Discussion and conclusion: It seems that 8 weeks of the CrHCL supplementation as a new type of creatine with RT can have significant effects on muscle strength in young trained women.

Key words: Creatine hydrochloride, Resistance training, Muscle Strength, Body composition, Trained women