Archive of SID

علوم زیستی ورزشی – زمستان ۱۳۹۹
دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۴، ص: ۵۰۶ – ۴۹۳
تاریخ دریافت : ۰۱ / ۰۶ / ۹۹
تاریخ پذیرش : ۰۴ / ۱۲ / ۹۹

اثر تمرین تناوبی شدید با تواتر کم و مکمل سیترولین بر میوستاتین و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی مردان سالمند غیرفعال

فرامرز حسین‌زاده [۱] – امین فرزانه حصاری*[۲]
۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران ۲. استادیار فیزیولوژی ورزش، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران

چکیده

سالمندی اغلب با کاهش پیش‌روندهٔ قدرت عضلاتی و افزایش تودهٔ چربی همراه است. تمرینات تناوبی شدید ممکن است قدرت عضلانی را بهبود بخشد، اما تأثیرات آن در افراد سالمند تا حد زیادی روشن نیست. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر ۸ هفته تمرین تناوبی شدید کم‌تواتر و مکمل ال- سیترولین بر میوستاتین، توان هوازی، قدرت و استقامت عضلانی و درصد چربی مردان سالمند بود. ۳۰ مرد سالمند غیرفعال انتخاب شدند و به‌طور تصادفی در سه گروه تمرین تناوبی شدید (HIIT)، سیترولین (CIT) و تمرین تناوبی شدید + سیترولین (HIIT + CIT) قرار گرفتند. پروتکل HIIT به مدت ۸ هفته و ۲ جلسه در هفته و شامل فعالیت ۳۰ ثانیه‌ای رکاب زدن روی دوچرخهٔ ارگومتر (شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره) بود. مکمل سیترولین یک روز در میان به مقدار شش گرم مصرف شد. **از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه استفاده شد.** نتایج نشان داد که میوستاتین در گروه CIT+ HIIT نسبت به CIT و درصد چربی بدن در گروه‌های CIT + HIIT و HIT نسبت به CIT کاهش معناداری داشت. قدرت و توان هوازی در گروه‌های HIIT + CIT و HIT نسبت به CIT افزایش معناداری داشت. گروه CIT + HIIT افزایش معناداری در استقامت عضلانی نسبت به CIT داشت. براساس نتایج تحقیق، HIIT به‌تنهایی و در تعامل با مکمل ال سیترولین به بهبود شاخص‌های قدرت و حجم عضلانی و عملکرد هوازی مردان سالمند غیرفعال منجر شد. بنابراین، تمرینات تناوبی شدید کم‌تواتر و ال- سیترولین می‌تواند روش مؤثری برای پیشگیری یا کاهش سارکوپنیا در سالمندان باشد.

واژه‌های کلیدی
تمرین تناوبی شدید، توان هوازی، سیترولین، سارکوپنیا.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۱۳۷۰۷۴۹۲
Email: af.hessari@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سالمندی با کاهش ظرفیت فیزیولوژیک و عملکرد حرکتی همراه است و افت عملکرد، می‌تواند نتیجهٔ کاهش ظرفیت سیستم عصبی ـ عضلانی، عوامل روانی، شرایط محیطی و سبک زندگی و سایر عوامل باشد. افزایش سن تأثیر زیادی روی سیستم عضلانی می‌گذارد، به‌طوری‌که خطرهای مرتبط با سارکوپنیا و دیناپنیا افزایش می‌یابد (۱). سارکوپنیا[1](کاهش تدریجی و اجتناب‌ناپذیر حجم عضلانی) و دیناپنیا[2] (کاهش فزایندهٔ قدرت عضلانی) با افزایش سن و همراه با عوامل محیطی مانند کاهش فعالیت بدنی، مصرف ناکافی پروتئین و اختلال در سیستم هورمونی رخ می‌دهند. علاوه‌بر کاهش قدرت و حجم عضلانی، سالمندی اغلب با افزایش حجم چربی و در نتیجه چاقی همراه است که هر دو مورد با کاهش بیشتر در ظرفیت‌های عملکردی همراه است (۲). توسعه و پیشرفت راهبردهای جدید برای مقابله با دیناپنیا و سارکوپنیا ارتباط قوی با بهبود سلامت سالمندان دارد. نشان داده شده است که مداخله‌های تمرینی عوامل چندگانهٔ مرتبط با دیناپنیا (شامل عملکرد عضلانی، حجم چربی، ظرفیت‌های عملکردی و هوازی) را بهبود می‌بخشد. با این حال، برنامهٔ تمرینی مؤثر و عملی برای بهبود دیناپنیا ناشی از افزایش سن هنوز مشخص نیست (۳).

تمرینات تناوبی شدید (HIIT[3]) با دوره‌های کوتاه و متناوب فعالیت‌های شدید و فواصل استراحت بین آنها شناخته می‌شوند. شواهد زیادی وجود دارد که HIIT جایگزین مؤثری برای تمرینات استقامتی سنتی است که می‌تواند به بهبود آمادگی قلبی تنفسی و سلامتی منجر شود (۴). امروزه، توجه بیشتر مطالعات در زمینهٔ بهبود عملکرد عضلانی سالمندان بر تمرینات مقاومتی معطوف شده و HIIT به‌عنوان روش حفظ قدرت و توان عضلانی طی روند افزایش سن تا حد زیادی مورد توجه واقع نشده است. براساس شواهد موجود، HIIT به بهبود قدرت عضلانی و تعادل در افراد سالمند منجر می‌شود (۵). در این زمینه مطالعات نشان داده‌اند که HIT به بهبود ترکیب بدنی (کاهش نسبت کمر به هم لگن و حجم چربی) و آمادگی قلبی تنفسی (Vo2max) در افراد دارای اضافه وزن منجر می‌شود (۶). همچنین، HIT در یک دورهٔ کوتاه می‌تواند ظرفیت‌های عملکردی، ترکیب بدنی و ظرفیت هوازی را در مقایسه با تمرینات با شدت متوسط

1. sarcornia
2. dynapenia
3. High-intensity interval training

www.SID.ir

Archive of SID

در افراد سالمند بهبود بخشد (۷). بوکینکس[1] و همکاران (۲۰۱۸) افزایش قدرت عضلانی (۸) و اسکالترپ[2] و همکاران (۲۰۱۶) افزایش توان عضلانی افراد سالمند را بعد از تمرینات HIIT گزارش کردند (۹). اگرچه این سؤال ممکن است مطرح شود که HIIT تا چه اندازه توسط افراد سالمند می‌تواند تحمل شود، ذکر این موضوع اهمیت دارد که براساس نتایج مطالعات قبلی HIIT به لذت برابر یا حتی بیشتر نسبت به تمرینات مداوم با شدت متوسط منجر می‌شود (۱۱، ۱۰).

علاوه‌بر راهبردهای تمرینی، استراتژی‌های تغذیه‌ای به‌منظور بهبود ویژگی‌های عضلانی و ترکیب بدنی افراد سالمند استفاده می‌شود. ال- سیترولین (مادۀ واسطۀ چرخۀ اوره ناشی از آرژنین در طول تولید اکسید نیتریک در کبد)، اسید آمینۀ غیرضروری است که در واکنش‌های کاتالیزشده توسط آرژینوسوکسینات سنتاز و آنزیم‌های لیاز به‌ترتیب به آرژینینوسوکسینات و سپس آرژنین تبدیل می‌شود. برخلاف مکمل خوراکی آرژنین که تحت تأثیر متابولیسم کبدی قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد، سیترولین توسط کبد گرفته نشده و به کلیه‌ها، که بیشتر سیترولین به آرژنین کاتالایز می‌شود، منتقل می‌شود (۱۲). در نتیجه سیترولین غلظت آرژنین پلاسما را افزایش می‌دهد (۱۳)، به‌طوری‌که برخی مطالعات نشان داده‌اند که نسبت به آرژنین خوراکی، دوز مشابه مکمل سیترولین، به افزایش بیشتر غلظت آرژنین پلاسما در افراد سالمند منجر شد (۱۴). همچنین بیان شده است که سیترولین می‌تواند بر عضله و متابولیسم چربی در انسان و حیوان اثر بگذارد. در موش‌های مسن، به‌نظر می‌رسد که سیترولین در مقابل آسیب اکسایشی وارده به لیپیدها و لیپوپروتئین‌های در گردش نقش محافظتی دارد و با نقش لیپولیتیکی و ضد گلیسرونئوژنیک (از طریق تحریک رهایی اسیدهای چرب) به کاهش تودۀ بافت چربی منجر می‌شود (۱۵). فااور[3] و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که حجم عضلانی و قدرت ایزومتریک در موش‌های مسن تغذیه‌شده با سیترولین افزایش یافت (۱۶). بویلانه[4] و همکاران (۲۰۱۸) افزایش تودۀ بدون چربی و کاهش در حجم چربی بعد از مصرف مکمل سیترولین در زنان سالمند را گزارش کردند (۱۷).

پروتکل‌های سنتی HIIT شامل فعالیت‌های شدید کوتاه‌مدت در هر جلسه است و جلسات معمولاً ۳ تا ۵ جلسه در هفته انجام می‌گیرد. با این حال، مطالعات نشان داده‌اند که افراد سالمند به دوره‌های ریکاوری طولانی‌تر پس از یک جلسه HIIT نیاز دارند (۱۸). این موضوع دلالت بر این دارد که پروتکل‌های

1 . Buckinx
2 . Sculthorpe
3 . Faure
4 . Bouillanne

www.SID.ir

Archive of SID

HIIT استاندارد باید برای افراد سالمند تعدیل شود و در نتیجه ممکن است با کاهش تواتر هفتگی، برای افراد سالمند مؤثرتر باشد. کاهش حجم تمرین در این زمینه ممکن است راهکار مناسب‌تری برای بهبود شاخص‌های عضلانی و سلامتی سالمندان باشد.

ترکیب راهکارهای تغذیه‌ای با فعالیت بدنی برای حفظ عملکرد عضلات امری مطلوب است. در بیشتر مطالعات از تمرینات مقاومتی استفاده شده است و در تجویز تمرینات HIIT برای سالمندان احتیاط زیادی وجود دارد که احتمالاً به‌دلیل شدت بالای این تمرینات است. از طرفی، مطالعات کمی تأثیرات مثبت احتمالی ال-سیترولین به‌همراه فعالیت بدنی در افراد سالمند را بررسی کرده‌اند. با توجه به تأثیرات مثبت تمرینات HIIT و مکمل سیترولین بر عملکرد عضلانی و ترکیب بدنی، استفاده از هر دو مداخله ممکن است راهبرد مؤثری در بهبود سلامت افراد سالمند باشد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر ۸ هفته تمرینات HIIT به‌تنهایی و در ترکیب با مکمل سیترولین بر سطوح میوستاتین، قدرت عضلانی، توان هوازی و ترکیب بدنی مردان سالمند غیرفعال بود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون، پس‌آزمون و به روش دوسوکور است. پس از هماهنگی‌های لازم با کانون‌های بازنشستگان شهرستان ساری و بابل، اطلاع‌رسانی و ارائهٔ فرم فراخوان انجام گرفت و در نهایت پس از بررسی، ۳۰ سالمند غیرفعال (میانگین سن ۵/۲ ± ۶۴/۱۱ سال، وزن ۵/۳۳ ± ۸۵/۷۱ کیلوگرم و قد ۴/۱۵ ± ۱۷۳/۲۲ سانتی‌متر) که منعی از نظر سلامت جسمانی برای فعالیت ورزشی و شرکت در پژوهش نداشتند، انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در ۳ گروه ۱۰ نفری؛ تمرین تناوبی شدید (HIIT) ، مکمل (CIT) و تمرین تناوبی شدید + مکمل (HIIT+CIT) قرار گرفتند. شایان ذکر است که در طول تحقیق ۲ نفر از ادامهٔ مطالعه انصراف دادند و تحقیق با ۲۸ نفر ادامه یافت. معیارهای ورود به مطالعه شامل دامنهٔ سنی ۶۰ تا ۷۰ سال، عدم مصرف سیگار، نداشتن سابقهٔ فعالیت بدنی منظم (بهمدت ۳۰ دقیقه و ۳ روز در هفته) در ۶ ماه گذشته، استفاده نکردن از داروهایی مؤثر بر متابولیسم اسیدهای آمینهٔ عضله از جمله بتا بلوکرها، آگونیست‌های بتا، بلوکرهای کانال‌های کلسیمی و کورتیکواستروئیدها، نداشتن ناراحتی‌های قلبی و تنفسی و ابتلا به بیماری‌های مزمن همچون دیابت، پارکینسون و نروپاتی محیطی بود. همچنین آزمودنی‌ها پرسشنامهٔ آمادگی شرکت در فعالیت بدنی PARQ و پرسشنامهٔ پیشینهٔ پزشکی را تکمیل کردند و در صورت داشتن مشکل برای انجام تمرینات مانند

www.SID.ir

Archive of SID

استئوپروز یا مشکلات مربوط به استخوان، مفاصل و اختلال حرکتی شدید از مطالعه حذف شدند. پیش از شروع پژوهش تمامی موارد برای آزمودنی‌ها شرح داده شد و به آنها اطمینان داده شد که پروتکل تمرینی برای آنها بی‌خطر بوده و جلسات تمرینی زیر نظر متخصص فیزیولوژی و.رزشی و پزشک متخصص انجام شد. سپس، از آنها رضایت‌نامهٔ کتبی اخذ شد. طرح در کمیته اخلاق دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد ساری تأیید شد. پیش از انجام پژوهش، آزمودنی‌ها با مراحل مختلف پژوهش، نحوهٔ اندازه‌گیری‌ها، نحوه و زمان مصرف مکمل، تنظیم برنامهٔ غذایی، فعالیت‌های بدنی سنگین یا موارد اثرگذار آزمون آگاه شدند.

گروه‌های تمرین ۳ روز در هفته و به مدت ۸ هفته برنامهٔ تمرین تناوبی شدید را اجرا کردند و گروه HIIT+CIT علاوه‌بر تمرین، روزانه مقدار شش گرم مکمل ال- سیترولین (NOW Foods, Bloomingdale, IL) در دو وعدهٔ سه گرمی هنگام صبحانه و قبل از خواب و به‌صورت محلول در ۲۴۰ میلی‌لیتر آب مصرف کردند (۱۹). گروه HIIT علاوه‌بر تمرین از دکستروز، به‌عنوان دارونما، به همان اندازه و شکل مکمل واقعی و مشابه گروه HIIT+CIT استفاده کرد. به‌منظور اطمینان از مصرف مکمل، از آزمودنی‌ها خواسته شد ساعت دقیق مصرف مکمل را در برگه‌های هفتگی که در اختیارشان قرار داده شده بود ثبت کنند، به‌طوری‌که محقق در پایان هر هفته توسط محقق چک می‌شد. گروه CIT نیز بدون هیچ‌گونه فعالیتی، مشابه با گروه HIIT+CIT مکمل ال سیترولین را مصرف کرد. این پژوهش به روش دوسوکور و در هر سه گروه به‌صورت موازی از لحاظ زمانی اعمال شد که ۸ هفته به طول انجامید. برای رعایت روش دوسوکور نیز با کددهی به مکمل‌ها و استفاده از یک مرجع دیگر به‌عنوان شخص مطلع استفاده شد و در آخر پژوهش پس از گرفتن پس‌آزمون‌ها کدها باز شده و گروه هر آزمودنی مشخص شد. از پرسشنامهٔ یادآمد غذایی ۲۴ ساعته سه روز قبل (دو روز وسط هفته و یک روز تعطیل) و حین اجرای پروتکل تمرینی برای محاسبهٔ کالری برنامهٔ غذایی استفاده شد. در این روش از جـداول مرجع و استاندارد برای تبدیل واحدها و پیمانه‌های خانگی به گرم استفاده شد، سپس اطلاعات برای محاسبهٔ انرژی تام، درصد انرژی حاصل از کربوهیدرات، چربی و پروتئین، به‌وسیلهٔ نرم‌افزار Nutritionist4 تحلیل و تا حد امکان تعادل کالریک رعایت شد (۸).

برای اندازه‌گیری توان هوازی ($VO2_{MAX}$) از آزمون اصلاح‌شده بروس روی نوار گردان استفاده شد. بر این اساس، زمان کل اجرای آزمون محاسبه و در فرمول زیر جایگذاری شد (۲۰):

توان هوازی = ۲/۲۸۲ (زمان) + ۸/۴۵۴

www.SID.ir

Archive of SID

قدرت عضلات چهارسررانی با استفاده از دستگاه جلو پا و با آزمون برآورد یک تکرار بیشینه طبق فرمول برزیسکی محاسبه شد. بدین‌ترتیب که آزمودنی‌ها وزنه‌ای را که می‌توانستند ۱۰ تا ۱۵ تکرار انجام دهند، انتخاب می‌کردند و تا حد خستگی انجام می‌دادند. سپس طبق فرمول زیر، قدرت بیشینهٔ آنها محاسبه شد (۲۰).

((۰/۰۲۷۸ × تعداد تکرار)- ۱/۰۲۷۸) / وزنهٔ جابه‌جاشده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه

استقامت عضلانی با انجام ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه تا حد خستگی در هریک از حرکات ارزیابی شد. به این صورت که پس از محاسبهٔ یک تکرار بیشینه، ۵۰ درصد وزنه انتخاب شد و فرد تا حد خستگی این وزنه را جابه‌جا کرد. تعداد انجام حرکت به‌عنوان استقامت عضلانی فرد ثبت شد (۲۱). حجم عضلانی چهارسررانی با استفاده از روش آنتروپومتری و طبق روش هوش محاسبه شد (۲۲). برای این منظور ضخامت چربی زیر پوستی جلوی ران با کالیپر (HARPENDEN Model 0120) و بطن ران با متر نواری اندازه‌گیری شد و در فرمول زیر قرار گرفت:

(ضخامت چین پوستی ناحیهٔ قدامی ران (میلی‌متر)× ۱/۲۵) – (نصف محیط ران (میلی‌متر)×۲/۵۲) = سطح مقطع عرضی چهارسر ران

برای اندازه‌گیری مایواستاتین، در ابتدای مطالعه و بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه و در فاصلهٔ ۸ تا ۱۰ صبح، مقدار ۵ سی‌سی خون از ورید بازویی دست راست گرفته شد. سپس نمونهٔ خون سانتریفیوژ (ساخت Hettich آلمان با ۳۰۰۰ دور در دقیقه) شده و نمونهٔ سرمی آن جدا و نگهداری شد. دومین مرحلهٔ خون‌گیری پس از ۸ هفته و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین از تمام افراد مانند مرحلهٔ اول به‌عمل آمد. به‌منظور اندازه‌گیری داده‌های مربوط به مایواستاتین از کیت آزمایشگاهی الایزا (Human Myostatin, ELIZA, CUSABIO BIOTECH, Wuhan, China) استفاده شد. محاسبهٔ درصد چربی بدن از طریق چربی زیر پوستی، با استفاده از معادله‌های بزرگسالان مسن صورت گرفت. در این روش علاوه‌بر اندازه‌گیری سه‌نقطه‌ای جکسون/پولاک و ایفرد (ران، قفسهٔ سینه و شکم)، چهارمین چین پوستی مردان به‌طور عمودی در محل زیر بغل میانی و در سطح پیوستگاه جناغی-چنبری به‌دست می‌آید. سپس این چهار مقدار به‌دست‌آمده با هم جمع شده و در معادلهٔ اصلاح‌شده، قرار داده می‌شود (۲۳).

پروتکل تمرین تناوبی شدید: قبل از شروع پروتکل اصلی تمرین و با هدف سازگاری، آزمودنی‌ها به مدت ۲ هفته و ۲ جلسه در هفته به محل تمرین آمدند و ۸ ست ۳۰ ثانیه‌ای با ۱۲۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها را روی دوچرخهٔ کارسنج رکاب زدند. در هفتهٔ اول دورهٔ سازگاری، شدت تمرین ۴۰ درصد ضربان

www.SID.ir

Archive of SID

قلب ذخیره و در هفتهٔ دوم شدت تمرین ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود. پس از دو هفته، پروتکل اصلی HIIT به مدت ۸ هفته و ۲ جلسه در هفته اجرا شد. در هفته‌های اول و دوم، تمرین شامل ۷ ست، هفته‌های سوم و چهارم شامل ۸ ست، هفته‌های پنجم و ششم شامل ۹ ست و هفته‌های هفتم و هشتم شامل ۱۰ ست ۳۰ ثانیه‌ای رکاب زدن با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب ذخیره بود. ۲ دقیقه استراحت فعال (رکاب زدن با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره) بین ست‌ها لحاظ شد. به‌منظور اطمینان از شدت فعالیت در محدودهٔ موردنظر، سرعت رکاب زدن برای هر آزمودنی به‌طور مداوم حین تمرین تعدیل می‌شد. همچنین ضربان قلب بعد از هر ۳۰ ثانیه فعالیت اندازه‌گیری شد (۸). قبل از انجام فعالیت، آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه با شدت ۵۰ درصد ضربان قلب ذخیره گرم کردند. شایان ذکر است که هر جلسه حضور و غیاب صورت می‌گرفت و اگر کسی کمتر از ۸۰ درصد تعداد جلسات را شرکت می‌کرد، از مطالعه حذف می‌شد. در انتهای هفتهٔ هشتم پس‌آزمون شامل تمام آزمون‌های پیش‌آزمون در شرایط مشابه به‌عمل آمد.

برای تشخیص طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف، برای تجانس واریانس‌ها از آزمون لون و به‌منظور تعیین اختلاف بین گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شدند. سطح معناداری P< ۰/۰۵ درنظر گرفته شد.

نتایج

در جدول ۱، تغییرات میزان مایواستاتین سرمی، قدرت عضلات و استقامت عضلات چهارسررانی، توان هوازی و ترکیب بدنی آزمودنی‌ها در پیش و پس از آزمون آورده شده است. نتایج نشان داد که میزان میوستاتین سرمی در گروه تمرین + مکمل نسبت به گروه مکمل (P=۰/۰۱۶) کاهش معناداری داشت و تفاوت معناداری بین گروه تمرین و مکمل مشاهده نشد (P=۰/۱۴۳). درصد چربی بدن در گروه تمرین + مکمل (P=۰/۰۰۹) و گروه تمرین (P=۰/۰۱۱) نسبت به گروه مکمل کاهش معناداری داشت. قدرت عضلانی در گروه تمرین + مکمل (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین (P=۰/۰۴۳) نسبت به گروه مکمل و همچنین توان هوازی در گروه تمرین + مکمل (P=۰/۰۰۱) و گروه تمرین (P=۰/۰۲۴) نسبت به گروه مکمل افزایش معناداری داشت. استقامت عضلانی فقط در گروه تمرین + مکمل (P=۰/۰۰۸) نسبت به گروه مکمل افزایش معناداری داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مقایسهٔ میوستاتین، توان هوازی، قدرت، استقامت عضلانی و ترکیب بدنی قبل و بعد از تمرین در گروه‌های تحقیق

شاخص	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P درون‌گروهی	P بین‌گروهی
میوستاتین (ng/ml)	تمرین	۶/۲ ± ۳۷/۲	۶/۵ ± ۲۴/۷	۰/۰۸۷	*۰/۰۰۶
	مکمل	۶/۵ ± ۱۴/۷	۶/۳ ± ۴/۶	۰/۲۳۹	
	تمرین+ مکمل	۵/۹ ± ۲۳/۹	۴/۸ ± ۱۱/۶	*۰/۰۰۲	
توان هوازی (l/min/kg)	تمرین	۱/۶۴ ± ۰/۲۹	۱/۹۳ ± ۰/۱۷	*۰/۰۱۱	*۰/۰۴۱
	مکمل	۱/۶۹ ± ۰/۲۱	۱/۷۵ ± ۰/۳۱	۰/۲۱۹	
	تمرین+ مکمل	۱/۸۶ ± ۰/۲۶	۲/۲۶ ± ۰/۱۸	*۰/۰۰۸	
قدرت باز کردن زانو (کیلوگرم)	تمرین	۳۰/۸ ± ۴/۳	۳۳/۳ ± ۵/۱	*۰/۰۲۶	*۰/۰۲۱
	مکمل	۲۸/۹ ± ۴/۷	۳۰/۲ ± ۳/۶	۰/۴۶۳	
	تمرین+ مکمل	۲۹/۴ ± ۵/۹	۳۶/۱ ± ۴/۶	*۰/۰۰۲	
استقامت عضلانی چهارسر ران (تکرار)	تمرین	۲۰/۳۸ ± ۴/۵۴	۲۲/۱۴ ± ۵/۶۳	۰/۰۹۲	*۰/۰۱۳
	مکمل	۱۹/۲۳ ± ۳/۷۲	۲۰/۸۷ ± ۵/۴۲	۰/۱۶۹	
	تمرین+ مکمل	۱۹/۱۴ ± ۷/۱۲	۲۳/۰۱ ± ۴/۷۹	*۰/۰۱۲	
درصد چربی	تمرین	۲۷/۷۴ ± ۴/۴	۲۳/۸۹ ± ۳/۷	*۰/۰۰۸	*۰/۰۱۲
	مکمل	۲۷/۱۱ ± ۴/۶۹	۲۶/۵ ± ۳/۸۷	۰/۲۴۷	
	تمرین+ مکمل	۲۸/۰۱ ± ۴/۳	۲۴/۱۷ ± ۳/۷	*۰/۰۰۱	

* تفاوت میانگین در سطح ۰/۰۵ معنادار است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه بررسی اثر یک دوره تمرین تناوبی شدید به‌همراه مصرف مکمل سیترولین بر شاخص‌های عضلانی، توان هوازی و ترکیب بدنی مردان سالمند بود. پس از ۸ هفته قدرت، استقامت عضلانی و توان انفجاری افزایش معنادار و میوستاتین سرمی و درصد چربی بدنی کاهش معناداری در گروه HIT و HIT+CIT نسبت به گروه CIT داشت. در مجموع، گروه HIT+CIT در تمام متغیرها بهبودی بیشتری نسبت به گروه HIT نشان داد، به‌طوری‌که قدرت عضلهٔ چهارسرانی در گروه CIT، HIT و HIT+CIT به‌ترتیب ۴/۴ ، ۱۰/۹ و ۲۱/۴ درصد، استقامت عضلانی به‌ترتیب ۶/۵، ۱۰/۱۶ و ۲۰/۲ درصد، توان هوازی به‌ترتیب ۳/۵، ۱۷/۶ و ۲۱/۵ درصد افزایش و میوستاتین سرمی به‌ترتیب ۳/۰۷، ۶/۴ و ۱۶/۳ درصد و درصد چربی بدنی به‌ترتیب ۲/۰۷، ۱۳/۸ و ۱۳/۸ درصد کاهش داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

در مورد اثر تمرینات تناوبی شدید بر عملکرد عضلانی و شاخص‌های سلامت سالمندان مطالعات اندکی صورت گرفته است. در این زمینه، نتایج مطالعات بوکینکس و همکاران (۲۰۱۸)، کارلسن[1] و همکاران (۲۰۱۷) و اسکاتروپ و همکاران (۲۰۱۷) با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. یکی از تفاوت‌های مطالعه حاضر با تحقیقات ذکرشده، تواتر هفتگی تمرین است. در مطالعهٔ بوکینکس و همکاران (۲۰۱۸) (۸) و کارلسن و همکاران (۲۰۱۷) (۲۴) HIIT سه جلسه در هفته بود، ولی در تحقیق حاضر تواتر هفتگی دو جلسه استفاده شد. علاوه‌بر این، مدت زمان هر جلسهٔ تمرینی کمتر از مطالعات مذکور بود. هیس و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که در مقایسه با افراد جوان‌تر، آزمودنی‌های مسن به زمان ریکاوری طولانی‌تر بعد از یک جلسه تمرین HIIT نیاز دارند (۲۵). در نتیجه، به‌نظر می‌رسد که در افراد مسن، ریکاوری کامل بین جلسات تمرین سازگاری‌های عضلانی به HIIT را تسهیل می‌کند و هنگام طراحی پروتکل‌های HIIT در افراد مسن باید درنظر گرفته شود. نتایج مطالعهٔ حاضر مؤید این است که کاهش تواتر تمرین در افراد مسن بهبود در شاخص‌های عضلانی و توان هوازی را کاهش نمی‌دهد. علاوه‌بر افزایش سازگاری، به‌نظر می‌رسد زمان ریکاوری طولانی بین جلسات تمرین بتواند از خستگی تجمعی که ممکن است با تواتر تمرین بیشتر اتفاق بیفتد، جلوگیری کند.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات تناوبی شدید به بهبود شاخص‌های عضلانی، توان هوازی و ترکیب بدنی مردان سالمند منجر شد. سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از HIIT را می‌توان به سازگاری‌های محیطی (درون عضلهٔ اسکلتی)، عصبی (واحدهای حرکتی و CNS) و سازگاری‌های قلبی-عروقی نسبت داد. سازگاری‌های محیطی درون عضلهٔ اسکلتی، به‌سرعت در پی حتی یک برنامهٔ کوتاه‌مدت HIITنیز صورت می‌گیرد که شامل افزایش سوبستراهای در دسترس عضله، تغییر در فعالیت‌های آنزیمی (آنزیم‌های هوازی و بی‌هوازی)، افزایش نشانگرهای بیوژنز میتوکندریایی و بهبود ظرفیت بافرینگ عضله است (۷). از منظر سازگاری‌های عصبی، تغییراتی پس از یک دوره HIIT روی می‌دهد که شامل افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی، فرکانس و همزمانی واحدهای حرکتی است که در نهایت، سبب افزایش نیرو، کارایی و هماهنگی عضلانی می‌شود (۹). مطالعات نشان داده‌اند که سازگاری‌های عصبی در هفته‌های ابتدایی تمرینات مقاومتی مسئول افزایش قدرت به‌خصوص در افراد تمرین‌نکرده است. علاوه‌بر کمتر بودن مدت زمان هر جلسهٔ تمرینی و حجم هفتگی تمرین، مزیت HIIT نسبت به تمرینات مقاومتی این است

1. Karlsen

www.SID.ir

Archive of SID

که سازگاری‌های عصبی ناشی از HIIT سریع‌تر و بیشتر از تمرینات مقاومتی اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که این نوع تمرینات، موجب افزایش سرعت هدایت عصبی و سرعت هدایت عضلانی می‌شود (۸).

نکتهٔ مهم اینکه نتایج حاضر نشان داد که ترکیب HIIT و CIT اثر هم‌افزایی دارد، به‌طوری‌که به افزایش بیشتر در قدرت و استقامت عضلانی و کاهش سطح میوستاتین سرمی در مردان سالمند منجر شد. تعداد کمی از مطالعات تأثیر CIT یا تمرین را به‌تنهایی بر عملکرد عضلات (تودهٔ عضلانی، قدرت، عملکرد بدنی، ظرفیت عملکردی یا تحرک) در افراد مسن بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق حاضر ممکن است این دیدگاه را تقویت کند که مکمل CIT می‌تواند ظرفیت‌های عملکردی و عضلانی در انسان را بهبود بخشد (۲۶). در مقابل نتایج مطالعهٔ بویلان و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد CIT به افزایش تودهٔ عضلانی اسکلتی و کاهش تودهٔ چربی در زنان مسن با سوء تغذیه منجر شد (۱۷).در مطالعهٔ حاضر و مطالعات بوکینکس و همکاران (۲۰۱۸) اثر معنادار CIT بر شاخص‌های عضلانی و درصد چربی بدن مشاهده نشد. این اختلافات را می‌توان با تفاوت در وضعیت تغذیه‌ای آزمودنی‌ها، پروتکل تمرینی و دوز و مدت زمان مصرف مکمل توضیح داد. در مطالعهٔ بویلان و همکاران آزمودنی‌ها دچار سوء تغذیه بودند و مکمل CIT به مدت ۳ هفته و بدون تمرین ورزشی مصرف شد (۱۷)، ولی در مطالعهٔ بوکینکس و همکاران آزمودنی‌ها دارای تغذیهٔ نرمال بودند و CIT به مدت ۱۲ هفته و به‌همراه پروتکل تمرینی HIIT مصرف شد (۸). بوکینکس و همکاران اظهار داشتند که احتمالاً تأثیرات مثبت احتمالی CIT را بر روی عضلات و بافت‌های چربی به‌دلیل اثربخشی HIIT تا حدودی کمرنگ شده باشد. فیگوارا[1] و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر مکمل CIT به‌همراه تمرین ویبریشن تمام بدن در زنان یائسه را بررسی کردند و نشان دادند گروه CIT پیشرفت بیشتری در عملکرد عضلات پا در مقایسه با افرادی که هیچ مکملی دریافت نکردند، داشتند (۲۷). اگرچه به‌دلیل تفاوت در آزمودنی‌ها و مقدار مکمل، مقایسهٔ نتایج تحقیق حاضر با مطالعهٔ فیگوارا و همکاران باید بااحتیاط صورت گیرد، ولی با توجه به پیشرفت بیشتر در شاخص‌های عضلانی و ترکیب بدنی مشاهده‌شده در گروه CIT+HIIT، نتایج مطالعهٔ حاضر تا حدودی با نتایج فیگوارا و همکاران مطابقت دارد.

براساس گزارش‌های ناشی از مطالعات فرض می‌شود که دسترسی نداشتن به آرژنین کافی ممکن است در افراد مسن نیز وجود داشته باشد (۱۷). از آنجا که ال-سیترولین پیشرو تولید ال-آرژنین است، در این روند مرتبط است. به‌منظور افزایش NO در بدن، ال-آرژینین به‌عنوان کمک‌ارگوژنیک استفاده

1. Figureoa

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. در وضعیت طبیعی سلولی، ال- آرژنین در بدن به NO اکسیده می‌شود. بدن به‌طور طبیعی ال-آرژنین در کلیه‌ها و کبد تولید می‌کند و اعتقاد بر این است که مصرف مکمل ال-آرژنین اضافی به افزایش NO منجر شود (۲۸). برخلاف ال- آرژنین، ال-سیترولین در متابولیسم کبدی درگیر نشده و توسط آنزیم‌های آرژیناز تخریب نمی‌شود. این جنبهٔ منحصربه‌فرد سیترولین ممکن است آن را به روش مؤثرتری در افزایش اکسید نیتریک نسبت به ال – آرژنین تبدیل کند (۲۹). توجه به این نکته حائز اهمیت است که سیترولین نه‌تنها با جلوگیری از کاتابولیسم آرژنین در محور روده‌ای- کلیوی، مقدار سیستمیک آرژنین را افزایش می‌دهد، بلکه با توجه به اینکه سیترولین می‌تواند به‌عنوان مهارکنندهٔ آلوستریک آرژیناز عمل کند، ممکن است دسترسی زیستی آرژنین را نیز افزایش دهد (۱۲). با توجه به شواهدی که نشان‌دهندهٔ تعدیل تأثیرات CIT در بافت چربی موش‌ها به‌وسیلهٔ نیتریک اکساید (۱۵) است، این امکان وجود دارد که CIT بتواند میزان آرژنین را در سطح کافی بازگرداند و تأثیرات مثبت آن را از طریق NO در افراد مسن تعدیل کند.

مطالعهٔ حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود. عدم بررسی عواملی مانند فعالیت میتوکندریایی، محور هورمون رشد، نیتریک اکساید، امکان اظهارنظر قطعی دربارهٔ مکانیسم عمل سیترولین بر شاخص‌های عضلانی و توان هوازی را محدود می‌سازد. علاوه‌بر این، از آنجا که سعی شد رژیم غذایی آزمودنی‌ها با پرسشنامهٔ یادآمد سه‌روزهٔ غذایی در قبل و اواسط مطالعه ارزیابی شود، ولی اگر رژیم غذایی به‌صورت هفتگی و با روش‌های دقیق‌تر کنترل شود، ممکن است در نتایج اثرگذار باشد. علاوه‌بر این، در مطالعهٔ حاضر فعالیت روزانهٔ آزمودنی به‌طور دقیق کنترل نشد. بنابراین، کنترل و رعایت موارد مذکور در مطالعات آینده ضروری به‌نظر می‌رسد.

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه سودمندی تمرینات تناوبی شدید با تواتر هفتگی کم را به‌عنوان روشی مؤثر در بهبود شاخص‌های عضلانی و توان هوازی مردان سالمند نشان داد. مشاهده شد که این تمرین تناوبی شدید به‌همراه مصرف مکمل ال- سیترولین به‌مراتب اثر بهتری برعوامل مرتبط با قدرت و استقامت دارد. بنابراین، به متخصصان ورزش سالمندی توصیه می‌شود که از ترکیب تمرین تناوبی شدید با تواتر کم و مکمل ال-سیترولین به‌عنوان راهبردی در به تأخیر انداختن و کاهش عوامل مربوط به دیناپنیا و سارکوپنیا در افراد سالمند استفاده کنند. به‌منظور بررسی مکانیسم‌های درگیر، به مطالعات بیشتری نیاز است.

www.SID.ir

Archive of SID

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد ساری است. از تمامی آزمودنی‌های حاضر در تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع و مآخذ

1. 1. Bouchard DR, Janssen I. Dynapenic-obesity and physical function in older adults. Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences. 2010;65(1):71-77.
2. Stenholm S, Alley D, Bandinelli S, Griswold M, Koskinen S, Rantanen T, et al. The effect of obesity combined with low muscle strength on decline in mobility in older persons: results from the InCHIANTI study. International journal of obesity. 2009;33(6):635-644.
3. Harvey JA, Chastin SF, Skelton DA. Prevalence of sedentary behavior in older adults: a systematic review. International journal of environmental research and public health. 2013;10(12):6645-6661.
4. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. The Journal of physiology. 2012;590(5):1077-1084.
5. Tschopp M, Sattelmayer MK, Hilfiker R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. Age and ageing. 2011;40(5):549-56.
6. Gillen JB, Gibala MJ. Interval training: a time-efficient exercise strategy to improve cardiometabolic health. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2018;43(10):26-41.
7. Coetsee C, Terblanche E. The effect of three different exercise training modalities on cognitive and physical function in a healthy older population. European Review of Aging and Physical Activity. 2017;14(1):13.
8. Buckinx F, Gouspillou G, Carvalho LP, Marcangeli V, El Hajj Boutros G, Dulac M, et al. Effect of high intensity interval training combined with l-citrulline supplementation on functional capacities and muscle function in dynapenic-obese older adults. Journal of clinical medicine. 2018;7(12):561.
9. Sculthorpe NF, Herbert P, Grace F. One session of high-intensity interval training (HIIT) every 5 days, improves muscle power but not static balance in lifelong sedentary ageing men: a randomized controlled trial. Medicine. 2017;96(6).
10. Thum JS, Parsons G, Whittle T, Astorino TA. High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. PLoS One. 2017;12(1):662-71.
11. Vella CA, Taylor K, Drummer D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. European journal of sport science. 2017;17(9):1203-1211.

www.SID.ir

Archive of SID

12. van de Poll MC, Soeters PB, Deutz NE, Fearon KC, Dejong CH. Renal metabolism of amino acids: its role in interorgan amino acid exchange. The American journal of clinical nutrition. 2004;79(2):185-197.
13. Kim I-Y, Schutzler SE, Schrader A, Spencer HJ, Azhar G, Deutz NE, et al. Acute ingestion of citrulline stimulates nitric oxide synthesis but does not increase blood flow in healthy young and older adults with heart failure. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2015;309(11):915-24.
14. Moinard C, Maccario J, Walrand S, Lasserre V, Marc J, Boirie Y, et al. Arginine behaviour after arginine or citrulline administration in older subjects. British Journal of Nutrition. 2016;115(3):399-404.
15. Moinard C, Le Plenier S, Noirez P, Morio B, Bonnefont-Rousselot D, Kharchi C, et al. Citrulline supplementation induces changes in body composition and limits age-related metabolic changes in healthy male rats. The Journal of nutrition. 2015;145(7):1429-1437.
16. Faure C, Raynaud-Simon A, Ferry A, Daugé V, Cynober L, Aussel C, et al. Leucine and citrulline modulate muscle function in malnourished aged rats. Amino acids. 2012;42(4):1425-1433.
17. Bouillanne O, Melchior J-C, Faure C, Paul M, Canouï-Poitrine F, Boirie Y, et al. Impact of 3-week citrulline supplementation on postprandial protein metabolism in malnourished older patients: The Ciproage randomized controlled trial. Clinical Nutrition. 2019;38(2):564-76.
18. Herbert P, Grace FM, Sculthorpe NF. Exercising caution: prolonged recovery from a single session of high-intensity interval training in older men. J Am Geriatr Soc. 2015;63(4):817-818.
19. Gonzales JU, Raymond A, Ashley J, Kim Y. Does l-citrulline supplementation improve exercise blood flow in older adults? Experimental physiology. 2017;102(12):1661-1671.
20. Coburn JW, Malek MH. NSCA's essentials of personal training: USA: Human Kinetics; 2012.
21. Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W, Boonen S, Bautmans I. Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force–velocity characteristics. Experimental gerontology. 2013;48(11):1351-1361.
22. Housh Dona J, Terry J, Joseph P, Loree L, Glen O. Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. Med Sci Sport Exer 1995; 27: 784-91.
23. Gm A. Exercise physiology laboratory manual. Tehran: Hatmi publisher. 2014.
24. Karlsen T, Aamot I-L, Haykowsky M, Rognmo Ø. High intensity interval training for maximizing health outcomes. Progress in cardiovascular diseases. 2017;60(1):67-77.
25. Hayes LD, Sculthorpe N, Herbert P, Baker JS, Spagna R, Grace FM. Six weeks of conditioning exercise increases total, but not free testosterone in lifelong sedentary aging men. The Aging Male. 2015;18(3):195-200.
26. Papadia C, Osowska S, Cynober L, Forbes A. Citrulline in health and disease. Review on human studies. Clinical Nutrition. 2018;37(6):1823-1828.

www.SID.ir

Archive of SID

27. Figueroa A, Alvarez-Alvarado S, Ormsbee MJ, Madzima TA, Campbell JC, Wong A. Impact of L-citrulline supplementation and whole-body vibration training on arterial stiffness and leg muscle function in obese postmenopausal women with high blood pressure. Experimental gerontology. 2015;63:35-40.
28. Besco R, Sureda A, Tur JA, Pons A. The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. Sports medicine. 2012;42(2):99-117.
29. Hickner RC, Tanner CJ, Evans CA, Clark PD, Haddock A, Fortune C, et al. L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. Medicine and science in sports and exercise. 2006;38(4):660-666.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Low-Frequency High-Intensity Interval Training and L-Citrulline Supplementation on Myostatin and Some Physiological Parameters in Inactive Elderly Men

Faramarz Hoseinzadeh[1] – Amin Farzaneh Hesari*[2]

1. MSc of Exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran 2. Assistant Professor of Exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran

(Received: 2020/08/22 ; Accepted: 2021/02/22)

Abstract

Aging is often associated with a progressive loss of muscle strength and an increase in fat mass. High intensity interval training may improve muscle strength, but remains largely unstudied in elderly participants. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of 8 weeks of low-frequency high-intensity interval training and L-citrulline supplementation on myostatin, aerobic power, muscular strength and endurance and body fat percentage in elderly men. 30 inactive elderly men were selected and randomly divided into three groups: high-intensity interval training (HIIT), citrulline (CIT) and high-intensity interval training+citrulline (HIIT+CIT). HIIT protocol was performed for 8 weeks and 2 sessions per week that included 30 seconds of cycling on ergometer (intensity of 85-90% HR reserve). CIT supplement was consumed (6 g-dose) every other day. One-way ANOVA test was used. Results showed significant decreases in myostatin in HIIT+CIT group compared with the CIT group and in body fat percentage in HIIT+CIT and HIIT groups compared with the CIT group. Aerobic strength and power significantly increased in HIIT+CIT and HIIT groups compared with the CIT group. HIIT+CIT group showed a significant increase in muscular endurance compared to the CIT group. In conclusion, HIIT alone and combined with L-citrulline improved muscular strength and muscle mass and aerobic performance in inactive elderly men. Therefore, low-frequency HIIT+CIT can be considered as an effective method to prevent or reduce sarcopenia in the elderly.

Keywords

Aerobic power, citrulline, high intensity interval training, sarcopenia.

* corresponding Author: Email: af.hessari@gmail.com ; Tel: +989113707492

www.SID.ir