

تأثیر ترتیب حرکات طی فعالیت مقاومتی بر شاخص‌های آنزیمی آسیب سلولی سرم در مردان تمرین نکرده

کمال عزیزبیگی^۱✉، فردین کلوندی^۲، محسن عصارزاده^۳

۱. استاد بار گروه تربیت بدنی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۲. مربی گروه تربیت بدنی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

۳. استاد بار گروه تربیت بدنی، واحد مبارکه، دانشگاه آزاد اسلامی، مبارکه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۴/۲۴

چکیده

هدف: ترتیب حرکات به توالی انجام حرکات طی جلسه تمرینات مقاومتی اشاره می‌کند. هدف تحقیق حاضر بررسی تأثیر ترتیب انجام حرکات متعاقب دو فعالیت مقاومتی بر تغییرات آنزیم کراتین کیناز (CK) و لاکتات دهیدروژناز (LDH) بود. **روش‌شناسی:** به همین منظور تعداد ۲۰ آزمودنی بدون سابقه تمرین مقاومتی و به طور داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند و به طور تصادفی در یکی از دو گروه حرکت از عضلات بزرگ به کوچک (LSM, n=10) و گروه دوم حرکات عضلات کوچک به بزرگ (SLM, n=10) قرار گرفتند. گروه LSM فعالیت مقاومتی را به ترتیب حرکات پرس سینه، کشش قرقه، پشت بازو با قرقه و جلو بازو با هالتر انجام دادند در حالیکه SLM حرکات را به ترتیب معکوس انجام دادند. نمونه گیری خون قبل از شروع فعالیت، بلافاصله، ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از آن نیز دنبال شد. **نتایج:** نتایج نشان داد که در هر دو گروه CK ($P=0/001$) و LDH ($P=0/001$) ۲۴ ساعت بعد از فعالیت به طور معنی داری افزایش یافت و این افزایش تا ۴۸ ساعت بعد از تمرین تداوم داشت ($P=0/001$). با وجود این در نوع فعالیت مقاومتی \times زمان بین هیچکدام از متغیرهای مورد نظر تفاوت معنی داری دیده نشد ($P > 0/05$). **بحث و نتیجه گیری:** به طور کلی می‌توان گفت ترتیب انجام حرکات از عضلات بزرگ به کوچک و یا بر عکس طی فعالیت مقاومتی نمی‌تواند عامل مهمی بر تغییرات آسیب سلولی باشد.

کلید واژه‌ها: آسیب سلولی، تمرین قدرتی، ترتیب حرکات، کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز

Effect of exercise order of resistance exercise on serum cellular damage enzymes in untrained men

Abstract

Background and Objective: The exercise order refers to the sequence of resistance exercises in a training session. The objective of this study was to investigate the influence of different resistance exercise execution orders on the Creatine kinase (CK) and Lactate dehydrogenase (LDH) changes. **Materials and Methods:** For this aim, 20 untrained men were randomly assigned into two groups, with large and progressed toward small muscle group exercises (LSM; n=10) while another started with small and advanced to large muscle group exercises (SLM; n=10). LSM performed resistance exercise with bench press, lat pull down, triceps machine, and biceps barbell, respectively. SML performed exercises, inversely. Venous blood samples were drawn pre-exercise, immediately after the exercise, 24th and the 48th of post-exercise. **Results:** Results showed that in both group CK ($P=0.001$) and LDH ($P=0.001$) increase enzymes levels after 24 h exercise, and this increasing continued for 48 hr after exercise. However, there is no significant difference between resistance exercise \times time in any point time in CK and LDH ($P > 0.05$). **Conclusion:** Generally, it can be said that exercise order of resistance exercise with large and progressed toward small muscle groups/ or inverse could not be main factor on cellular damage.

Key Words: Cellular damage, Strength training, Exercise order, Creatine Kinase, Lactate dehydrogenase

✉ نویسنده مسئول: کمال عزیزبیگی موبایل: ۹۰۱۸۳۸۹۵۴۸

آدرس پست الکترونیکی: kazizbeigi@gmail.com

مقدمه

اکسیداتیو، افزایش خستگی و تجمع لاکتات و یا آسیب پذیری بیشتر تارهای عضلانی باشد. در محدود تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته پیرا و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تاثیر ترتیب حرکات فعالیت مقاومتی با شدت متوسط بر آسیب عضلانی و بازگشت به حالت اولیه گزارش دادند که ترتیب انجام حرکات فعالیت مقاومتی عامل اثر گذار مهمی بر پاسخ آنزیم کراتین کیناز نیست (۱۸). همچنین اخیرا چاوز و همکاران^۱ (۲۰۱۳) در بررسی اثر ترتیب حرکات فعالیت مقاوتی بر میزان آسیب عضلانی متعاقب فعالیت و دوره بازگشت به حالت اولیه تعداد ۱۰ آزمودنی مرد را تحت دو پروتکل فعالیت مقاومتی با ترتیب متفاوت مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تفاوتی در میزان آسیب عضلانی بین دو گروه وجود ندارد (۱۹). با وجود این در هیچکدام از دو مطالعه مذکور حجم فعالیت انجام شده طی دو پروتکل برابر نبوده و ممکن است بر نتایج تحقیقات به عنوان عامل مداخله گری تاثیر گذار باشد. بر این اساس و به سبب وجود مطالعات اندک نیاز به بررسی مجدد مطالعه از طریق دو پروتکل فعالیت مقاومتی همتا شده در حجم و شدت برابر ضروری به نظر می رسد. بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی اثرات دو پروتکل فعالیت مقاومتی با ترتیب متفاوت در حجم و شدت مساوی فعالیت مقاومتی بر تغییرات آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به عنوان شاخص آسیب عضلانی در مردان جوان، سالم و تمرین نکرده بود و این سؤال مطرح شد که آیا پاسخ این آنزیمها نسبت به ترتیب حرکات فعالیت مقاومتی از بزرگ به کوچک و بر عکس متفاوت است یا خیر؟

روش‌شناسی پژوهش

نمونه‌های پژوهش

۲۰ دانشجوی مرد بدون سابقه تمرینات مقاومتی منظم با میانگین سنی $(21/8 \pm 1/9)$ ، قد $(175/8 \pm 3/8)$ ، وزن $(71/85 \pm 3/8)$ ، درصد چربی بدن $(20/9 \pm 1/8)$ و شاخص توده بدنی $(23/3 \pm 1/7)$ به طور داوطلبانه (نمونه گیری در دسترس) در مطالعه حاضر شرکت نمودند. بعد از انتخاب اولیه همه آزمودنیها از نظر قلب، ریه و غدد توسط پزشک معاینه شدند و مشخص شد همه آزمودنیها سالم بودند و اختلالات هورمونی و ایمنی نداشتند. به آزمودنیها توصیه شد در طول دوره تحقیق از مصرف داروهای مسکن ضد

پروتکل‌های مختلف ورزشی در کنار نقش مثبتی که بر سیستم‌های فیزیولوژیکی دارند، می تواند با آسیب عضلانی همراه باشند. گزارش شده است که فعالیت شدید عضلانی و نیز تمرینات اکسنتریک به سبب فشار متابولیکی و مکانیکی که به وجود می آورند موجب پارگی و از هم گسختگی ساختار طبیعی پروتئینهای عضلانی شده و باعث فیلتراسیون سلولهای التهابی (۱)، افزایش غلظت کلسیم برون سلولی (۲) و آسیب غشای سلولی و تراوش و رها سازی آنزیم های سیتوزولی مانند کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به درون پلاسما شوند (۳-۶). تحقیقات زیادی پاسخ این آنزیم ها به عنوان شاخصی از آسیب عضلانی طی فعالیت های استقامتی و از جمله فعالیت مقاومتی مورد بررسی قرار داده اند (۷-۹). با وجود این باید گفت فعالیت مقاومتی دارای متغیرهای مانند شدت، حجم، فاصله استراحتی بین ست ها و نیز ترتیب حرکات بوده و هر یک از این متغیرها به تنهایی عامل مهمی بوده و ممکن است بر رفتار این آنزیمها و نیز آسیب سلولی تاثیر گذارند. گزارشات اخیر پیشنهاد می کنند هنگام تجویز برنامه تمرین و یا فعالیت مقاومتی ابتدا گروه های عضلات بزرگ در ابتدای جلسه تمرینی گنجانده شوند سپس گروه های عضلات کوچک تمرین داده شوند (۱۰) این توصیه حاصل از نتایج تحقیقاتی است که گزارش می کنند میزان قدرت (۱۱ و ۱۲) و هایپرتروفی بیشتری در نتیجه این ترتیب حاصل خواهد شد (۱۳). تحقیقات گزارش داده اند که ترتیب انجام حرکات مقاومتی متغیر مهمی بوده و باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد و هنگامیکه ترتیب انجام فعالیت مقاومتی به شکل مناسبی با دیگر متغیرهای فعالیت مقامتی ترکیب گردد می تواند منجر به کارائی، ایمنی و نهایتا تاثیر گذاری بهتر از تمرین مقاومتی حاصل شود (۱۴). گزارش شده است که گروه های عضلانی که ابتدا تمرین داده می شوند از تعداد تکرار بیشتری برخوردار بوده و مقادیر تکرار در آنها به مقدار قابل توجهی بیشتر است (۱۵) بنابراین انجام تمرین در گروه های عضلات بزرگ در ابتدای جلسه تمرینی منجر به مقادیر کار بیشتری می شود (۱۶ و ۱۷) اینکه چه عامل باعث افزایش بیشتر تعداد تکرار شده و اینکه ترتیب انجام حرکات فعالیت مقاومتی موجب چه پاسخ های فیزیولوژیکی می شود مشخص نیست. از جمله عوامل موثر بر این پدیده به نظر می رسد فشار

بعد از تعیین شش تکرار بیشینه آزمودنی های دو گروه بر اساس قدرت حداکثر شش تکرار بیشینه (کیلو گرم) برای هر حرکت همگن شدند به طوریکه میزان قدرت در مجموع حرکات و نیز کل مقدار حجم فعالیت مقاومتی در یک جلسه بین دو گروه اختلاف معنی داری وجود نداشت (۱۷).

پروتکل فعالیت مقاومتی

پروتکل اصلی فعالیت مقاومتی با فاصله ۱۲ روز در ساعات ۱۰-۱۱ صبح انجام شد. بعد از گرم کردن سبک هر دو گروه فعالیت مقاومتی را انجام دادند به طوریکه گروه اول فعالیت مقاومتی از عضلات بزرگ به کوچک به ترتیب حرکات پرس سینه با هالتر، کشش قرقره، پشت بازو با قرقره و جلو بازو با هالتر انجام دادند. همچنین گروه دوم فعالیت مقاومتی را به صورت معکوس انجام دادند (۱۳) فعالیت مقاومتی در پنج ست با شدت شش تکرار بیشینه برای هر حرکت انجام شد به طوریکه فاصله بین هر نوبتها ۱۸۰ ثانیه بود. مقدار وزنه قبل از هر حرکت توسط تکنسین باشگاه بر روی میله ها و دستگاه قرار می گرفت. از تشویق کلامی در هر دو گروه در ست های چهارم و پنجم و در فاز عمل کانسنتریک که معمولا آزمودنی ها دچار افت نیروی عضلانی می شدند استفاده شد. از آزمودنی های هر دو گروه خواسته شد که تا حد امکان حرکات و نیز تعداد تکرارها کامل انجام دهند. زمانیکه آزمودنی قادر به تکمیل حرکت نبود تعداد تکرارها و نیز تعداد دوره ها ثبت می شد تا در نهایت برای محاسبه مقدار کل حجم کل فعالیت مقاومتی مورد استفاده قرار گیرد. کل بار جابجا شده در مجموع پنج ست برای هر حرکت از طریق فرمول بار × تعداد دوره × تعداد تکرار محاسبه می شد تا میزان کل کار انجام شده برای هر آزمودنی محاسبه گردد و با هم مقایسه شوند (جدول ۱).

درد خانواده اسپرین و نیز مکمل های آنتی اکسیدانی اجتناب کنند. سپس فرم مربوط به اطلاعات فردی، سلامتی و رضایت نامه کتبی مبنی بر شرکت در کلیه مراحل پژوهش از آزمودنیها اخذ شد. سپس آزمودنی ها به طور تصادفی در دو گروه فعالیت مقاومتی (۱) ترتیب حرکت از عضلات بزرگ به کوچک (LSM, n=۱۰, ۲) گروه فعالیت مقاومتی به ترتیب عضلات کوچک به بزرگ (SLM, n=۱۰) قرار داده شدند. بعد از تعیین گروهها پنج سی سی خون از ورید پیش آرنجی دست راست بعد از ۱۰ دقیقه استراحت در ساعات ۹-۱۱ صبح در وضعیت ناشتائی گرفته شد. نمونه خونی بدست آمده بعد از جدا سازی سلولها به صورت سرم در دمای ۱۸- سانتی گراد تا زمان انجام آزمایش های بیوشیمیایی نگهداری شد. سپس قد افراد با استفاده از قد سنج (مدل ۴۴۴۰ شرکت کاوه، ایران) با دقت ± 0.1 سانتی متر اندازه گیری شد. وزن (سکا مدل ۲۲۰، آلمان) و نیز ترکیب بدن آزمودنی ها با استفاده از دستگاه ارزیابی ترکیب بدن^۳ (Finland, Omron) اندازه گیری شد.

بعد از اندازه گیری متغیرهای فیزیولوژیکی و اخذ نمونه های خونی، آزمودنی ها تحت آموزش حرکات فعالیت مقاومتی قرار گرفتند. در طی آموزش از وزنه های آزاد و ماشین های تمرین مقاومتی (Heeger, Iran) جهت انجام حرکات پرس سینه، کشش قرقره، پشت بازو با قرقره و جلو بازو با هالتر استفاده شد. بعد از آموزش آزمودنیها شش تکرار بیشینه برای هر حرکت بدست آمد. قبل از تعیین شش تکرار بیشینه برنامه گرم کردن با بار زیر بیشینه برای هر حرکت (۱۵-۱۲ تکرار) انجام شد. بعد از استراحت ۴-۲ دقیقه ای آزمودنی ها اولین تلاش را انجام دادند و میزان بار به طور مداوم تا تعیین شش تکرار بیشینه افزایش یافت. جهت تعیین شش تکرار بیشینه میزان تلاش ها طی دوره های انجام گرفته از تعداد سه نوبت بیشتر نمی نشد.

جدول ۱. نحوه اجرای فعالیت مقاومتی

تعداد ست	شدت	تعداد حرکات	فاصله استراحتی	ترتیب حرکات
۵	۶RM	۴	۱۸۰ ثانیه	پرس سینه با هالتر، کشش قرقره، پشت بازو با قرقره و جلو بازو
۵	۶RM	۴	۱۸۰ ثانیه	جلو بازو، پشت بازو با قرقره، کشش قرقره و پرس سینه با هالتر

در بازه زمانی قبل از فعالیت تا ۴۸ ساعت بعد از فعالیت استفاده می شد. تمامی تحلیل های آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۷ انجام شد. $P < 0.05$ سطح معنی داری جهت وجود اختلاف معنی دار آماری بین میانگین ها در نظر گرفته شد.

نتایج

مشاهده شد دو گروه LSM و SLM در هیچکدام از متغیرهای توصیفی قبل از انجام فعالیت مقاومتی تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$). همچنین مشاهده شد که بین دو گروه در فعالیت آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز قبل از شروع فعالیت مقاومتی تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$). بعد از اجرای پروتکل میزان کل حجم کار در گروه LSM و گروه SLM برابر بود و تفاوت معنی داری بین دو گروه در میزان کار انجام شده بین دو گروه وجود نداشت ($P > 0.05$). جدول ۲. نتایج نشان داد که هر دو آنزیم کراتین کیناز ($P = 0.878$) و لاکتات دهیدروژناز ($P = 0.541$) در اثر گذشت زمان (اثر پروتکل فعالیت مقاومتی) تغییر معنی داری کردند بطوریکه فعالیت آنزیم کراتین کیناز سرم ۲۴ ساعت بعد از فعالیت مقاومتی در هر دو گروه ($SLM, P = 0.001$ و $LSM, P = 0.001$) افزایش معنی داری یافت. در حالیکه تا ۴۸ ساعت ($SLM, P = 0.001$ و $LSM, P = 0.001$) بعد از فعالیت در هر دو گروه به افزایش ادامه داد. همچنین مشاهده شد فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز سرم ۲۴ ساعت بعد از فعالیت مقاومتی در هر دو گروه ($SLM, P = 0.001$ و $LSM, P = 0.001$) افزایش معنی داری یافت. در حالیکه تا ۴۸ ساعت بعد از فعالیت در هر دو گروه به افزایش ادامه داد ($P = 0.001$). جدول ۳. با وجود این تغییرات در هیچکدام از بازه های زمانی تفاوت معنی داری بین اثر تعاملی زمان \times گروه دیده نشد ($P > 0.05$).

نمونه گیری از خون و آزمایش های بیوشیمیایی

بعد از ۱۰ ساعت ناشتایی و در فاصله ساعتی ۱۱-۹ صبح و قبل از هر گونه اندازه گیری مقدار ۵ سی سی خون وریدی به عنوان پیش آزمون جمع آوری شد. نمونه گیری خون بلافاصله بعد از پروتکل فعالیت مقاومتی، بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت نیز به همین منوال مجدداً تکرار گردید. برای اندازه گیری فعالیت آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز توتال (مجموع فعالیت ایزو آنزیم های دو آنزیم) از کیت های (Pars Azmoon, Iran) روش (IFCC/DGKC) استفاده شد. به این صورت سه دقیقه بعد از تهیه نمونه آزمایش با پلاسما، شدت تغییرات جذب نوری در طول موج ۳۴۰ نانومتر در درجه حرارت ۳۷ درجه سانتی گراد بدست آمد. نتایج به صورت واحد در لیتر بیان شدند.

روش های آماری

داده ها به صورت میانگین \pm انحراف استاندارد بیان شدند. جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده از آزمون کلموگروف-اسمیرنف استفاده شد. بعد از اطمینان از نرمال بودن توزیع داده ها از آزمون آماری پارامتریک t مستقل برای همگن کردن قدرت بیشینه در هر حرکت قبل از شروع پروتکل فعالیت مقاومتی و نیز مقایسه درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی بین دو گروه استفاده شد. همچنین از آزمون آماری ANOVA دو راهه با اندازه گیری های مکرر طرح 2×4 جهت بررسی اختلاف میانگین ها (مقایسه دو گروه با هم) در دوره های زمانی مختلف و برای بررسی تغییرات درون گروهی در بازه های زمانی مختلف (اثر فعالیت مقاومتی در درون هر گروه) از آزمون آماری ANOVA یکطرفه با اندازه گیری های مکرر استفاده شد. زمانیکه اثر فعالیت در طول بازه مانعی معنی دار می شد از آزمون آماری تعقیبی بونفرونی برای تعیین محل اختلاف ها

جدول ۲. مقدار وزنه جابجا شده طی دو فعالیت مقاومتی با ترتیب متفاوت

جمع وزنه جابجا شده	قرقره	پرس سینه	پشت بازو	جلو بازو	
۲۸۳۵ \pm ۱۵۶/۶	۱۵۰۲ \pm ۱۱۷/۸	۹۰۰/۴ \pm ۷۵/۹	۱۹۵/۷ \pm ۱۳/۷	۲۳۸ \pm ۱۸/۴	مقاومتی (حرکت از بزرگ به کوچک) LSM (کیلو گرم)
۲۷۹۹ \pm ۱۶۸/۴	۱۴۸۹ \pm ۱۲۱/۳	۸۷۷ \pm ۶۶/۶	۲۰۱/۵ \pm ۲۱/۲	۲۳۲ \pm ۲۹	مقاومتی (حرکت از کوچک به بزرگ) SLM (کیلو گرم)

جدول ۳. تغییرات آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز طی بازه زمانی قبل از فعالیت تا ۴۸ ساعت بعد از فعالیت مقاومتی

متغیر	قبل از فعالیت	بلافاصله بعد از فعالیت	۲۴ ساعت بعد از فعالیت	۴۸ ساعت بعد از فعالیت	P درون گروهی	P بین گروهی
LSM (CK U/L)	۹۸/۳±۱۲/۲	۱۱۵/۶±۱۸/۹	# ۴۶۸/۵±۱۴۱/۱	# ۵۲۵/۹±۱۳۲	P=۰/۰۰۱	p=۰/۸۷۸
SML (CK U/L)	۹۲/۴±۱۱	۱۰۸/۷±۲۸/۴	# ۴۸۵/۲±۱۳۲/۱	# ۵۸۱±۱۴۹/۶	P=۰/۰۰۱	-
LSM (LDH U/L)	۱۶۰/۹±۱۳/۷	۱۵۴±۲۰/۱	# ۳۸۰/۹±۱۱۴/۶	# ۴۹۹/۶±۱۵۱/۴	P=۰/۰۰۱	p=۰/۵۴۱
SML (LDH U/L)	۱۵۲/۴±۲۰/۱	۱۶۲/۴±۲۷/۷	# ۴۱۸/۲±۱۱۶/۵	# ۵۳۸/۱±۹۳/۷	P=۰/۰۰۱	-

SLM = فعالیت مقاومتی از کوچک به بزرگ، LSM = فعالیت مقاومتی از بزرگ به کوچک، CK = آنزیم کراتین کیناز، LDH = آنزیم لاکتات

د دهیدروژناز، # تفاوت معنی دار نسبت به پیش آزمون و بلافاصله بعد از تمرین در درون هر گروه

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر ترتیب حرکات در فعالیت مقاومتی بر پاسخ‌های آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به دهیدروژناز به عنوان شاخصی از آسیب سلولی بود. به این منظور آزمودنی‌ها تحت دو برنامه فعالیت مقاومتی قرار گرفتند. برای آنکه اثر خالص متغیر مستقل یعنی ترتیب حرکات بر تغییرات آنزیم‌ها مشهود تر شود و بتوان تغییرات احتمالی را به وجود ترتیب متفاوت فعالیت مقاومتی نسبت داد لازم بود فاصله استراحتی، حجم کار انجام شده، سرعت انجام حرکات، نوع انقباضات بکار رفته، نوع حرکات بکار رفته، شدت و نیز تعداد تکرارها در دو گروه برابر باشد. بنابراین تلاش محققان این بود که دو فعالیت از هر نظر مشابه هم باشد به استثنای ترتیب حرکات.

نتایج نشان داد که کار انجام شده (حجم: بار × تعداد تکرار × ست) در گروه LSM تفاوت معنی داری نسبت به گروه SLM نداشت. بنابراین گروه‌ها از نظر شدت فعالیت مقاومتی، میزان کار انجام شده، فاصله استراحتی بین ست‌ها و نوع حرکات فعالیت مقاومتی کاملاً مشابه و همگن بودند.

نتایج نشان داد که قبل و بعد از اعمال فعالیت مقاومتی اختلاف معنی داری در درصد چربی بدن و نیز شاخص توده بدنی بین دو گروه وجود نداشت. همچنین گروه‌ها از لحاظ قدرت بیشینه (یک تکرار بیشینه در حرکت پرس سینه) همگن بودند. همسان سازی گروه‌ها از نظر شاخص توده بدنی و درصد چربی بدن از طریق رابطه آنها با فشار اکسیداتیو ممکن است بر روند نتایج تحقیق حاضر و پاسخ آنزیمی تأثیر گذار باشد. گزارش شده است که با افزایش چربی بدن فشار اکسیداتیو افزایش می‌یابد (۲۰) افزایش فشار اکسیداتیو و تولید رادیکالها آزاد ممکن است موجب

پراکسیداسیون لیپیدی غشای سلولها شود و باعث افزایش ترشح آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به درون پلاسما شده و فعالیت آنها را در پلاسما افزایش دهد. دیده شد که فعالیت هر دو آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز ۲۴ ساعت بعد از فعالیت مقاومتی در هر دو گروه افزایش یافت و تا ۴۸ ساعت بعد از فعالیت همچنان در حالت افزایش یافته باقی ماند. این مساله نشان می‌دهد که اعمال پروتکل فعالیت مقاومتی محرک مناسبی برای ایجاد آسیب سلولی بوده و فعالیت مقاومتی توانسته بود بر فعالیت آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز سرم تأثیر گذار باشد و موجب پاسخ آنها نسبت به فعالیت مقاومتی شده بود. اینکه چه عاملی موجب افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در سرم شده و کدام متغیر فعالیت مقاومتی (شدت فعالیت و سرعت انجام حرکات از طریق فشار مکانیکی و یا فاصله استراحتی و ترتیب انجام حرکات از طریق فشار متابولیکی) در تحریک ترشح این دو آنزیم به دورن پلاسما سهم بیشتری داشته اند مشخص نیست. آنچه مسلم است این است که تراوش پذیری غشای تارهای عضلانی وامانده افزایش می‌یابد و باعث افزایش خروج کلسیم آزاد و افزایش باز شدن کانالهای پتاسیمی شده و در نهایت موجب فعال شدن آنزیمی پروتلیکی و کاسپازها شوند (۲۱). نتایج نشان داد که در گروه LSM ۲۴ ساعت بعد از اتمام فعالیت مقاومتی میزان فعالیت آنزیم کراتین کیناز ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از فعالیت افزایش معنی دار یافت. از طرفی دیگر در گروه SLM افزایش ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از فعالیت نیز از لحاظ آماری معنی دار بود. در بررسی پاسخ آنزیم کراتین کیناز نسبت به فعالیت مقاومتی و همسو با

پراکسیداسیون لیپیدی غشای سلولها شود و باعث افزایش ترشح آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به درون پلاسما شده و فعالیت آنها را در پلاسما افزایش دهد. دیده شد که فعالیت هر دو آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز ۲۴ ساعت بعد از فعالیت مقاومتی در هر دو گروه افزایش یافت و تا ۴۸ ساعت بعد از فعالیت همچنان در حالت افزایش یافته باقی ماند. این مساله نشان می‌دهد که اعمال پروتکل فعالیت مقاومتی محرک مناسبی برای ایجاد آسیب سلولی بوده و فعالیت مقاومتی توانسته بود بر فعالیت آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز سرم تأثیر گذار باشد و موجب پاسخ آنها نسبت به فعالیت مقاومتی شده بود. اینکه چه عاملی موجب افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در سرم شده و کدام متغیر فعالیت مقاومتی (شدت فعالیت و سرعت انجام حرکات از طریق فشار مکانیکی و یا فاصله استراحتی و ترتیب انجام حرکات از طریق فشار متابولیکی) در تحریک ترشح این دو آنزیم به دورن پلاسما سهم بیشتری داشته اند مشخص نیست. آنچه مسلم است این است که تراوش پذیری غشای تارهای عضلانی وامانده افزایش می‌یابد و باعث افزایش خروج کلسیم آزاد و افزایش باز شدن کانالهای پتاسیمی شده و در نهایت موجب فعال شدن آنزیمی پروتلیکی و کاسپازها شوند (۲۱). نتایج نشان داد که در گروه LSM ۲۴ ساعت بعد از اتمام فعالیت مقاومتی میزان فعالیت آنزیم کراتین کیناز ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از فعالیت افزایش معنی دار یافت. از طرفی دیگر در گروه SLM افزایش ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از فعالیت نیز از لحاظ آماری معنی دار بود. در بررسی پاسخ آنزیم کراتین کیناز نسبت به فعالیت مقاومتی و همسو با

خواهد شد. تحقیقات گزارش داده اند که ترتیب انجام حرکات مقاومتی متغیر مهمی بوده و باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد و هنگامیکه ترتیب انجام فعالیت مقاومتی به شکل مناسبی با دیگر متغیرهای فعالیت مقاومتی ترکیب گردد می تواند منجر به کارایی، ایمنی و نهایتاً تاثیر گذاری بهتر از تمرین مقاومتی حاصل شود (۱۴). گزارش شده است که گروه های عضلانی که ابتدا تمرین داده می شوند از تعداد تکرار بیشتری برخوردار بوده و مقادیر تکرار در آنها به مقدار قابل توجهی بیشتر است (۱۵). بنابراین محققین به دنبال توجیه علمی مساله می باشند. اخیراً سیمائو و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که زمانیکه ترتیب حرکات از عضلات بزرگ به کوچک می باشد هورمون رشد از مقدار ترشح بیشتری برخوردار است هر چند در نسبت آنابولیک به کاتابولیک (تستوسترون به کورتیزول) و کورتیزول و تستوسترون تفاوت معنی داری دیده نشد (۲۸) همسو با نتایج تحقیق حاضر در محدود تحقیقاتی که اثر ترتیب فعالیت مقاومتی را بر آسیب پذیری عضلات مورد بررسی قرار داده اند پیرا و همکاران (۲۰۱۳) در یک طرح تحقیقی متقاطع تاثیر ترتیب حرکات طی فعالیت مقاومتی با شدت متوسط را بر آسیب عضلانی مورد بررسی قرار دادند. آنها به این منظور تغییرات آنزیم کراتین کیناز را در ۱۰ مرد جوان با سابقه تمرین مقاومتی حداقل دو سال فعالیت مقاومتی با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه در شش حرکت شامل اندام فوقانی و تحتانی متعاقب ۷۲ ساعت بعد از فعالیت مقاومت دنبال کردند. محققان گزارش کردند که تفاوت معنی داری در آنزیم کراتین کیناز بین دو ترتیب حرکات فعالیت مقاومتی وجود نداشت (۱۸). همچنین چاوز و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر ترتیب حرکات فعالیت مقاومتی بر میزان آسیب عضلانی متعاقب فعالیت و دوره بازگشت به حالت اولیه تعداد ۱۰ آزمودنی مرد را تحت دو پروتکل فعالیت مقاومتی با ترتیب متفاوت مورد بررسی قرار دادند. محققان گزارش دادند که بالاترین مقادیر کراتین کیناز ۲۴ ساعت بعد از هر دو پروتکل مشاهده شد با وجود این در هیچکدام از بازه های زمانی تفاوت معنی داری بین دو نوع فعالیت مقاومتی دیده نشد (۱۹). هر چند تفاوتی بین پروتکلها و تحقیق حاضر مشاهده می شود (سابقه فعالیت مقاومتی و شدت بکار رفته در دو پروتکل) و با توجه به تاثیر پذیری آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز نسبت به شدت و سابقه ورزشی

نتایج تحقیق حاضر کرامر و همکاران^۴ (۱۹۹۳) گزارش دادند که اوج افزایش کراتین کیناز در ۲۴ ساعت بعد از فعالیت مشاهده می شود (۲۲)

در بیشتر تحقیقات معمولاً کراتین کیناز دو تا چهار روز پس از فعالیت آسیب رسان و یا ورزش های طولانی همچنان به صورت معنی داری در غلظت بالایی نسبت به مقادیر پیش آزمون باقی مانده است (۲۳ و ۲۴) با وجود این برخی گزارشات نشان داده اند که اوج افزایش کراتین کیناز به طور معنی داری تا دو ساعت پس از فعالیت اکسنتریک در مردان تمرین نکرده افزایش یافت (۵) به نظر می رسد در ردیابی پاسخ های آنزیم کراتین کیناز متعاقب فعالیت های آسیب رسان و یا طولانی مدت لازم است تفاوت سنی و جنسی، سابقه تمرینی و حتی پروتکل فعالیت مقاومتی و اگر بخواهیم به مساله جزئی تر بنگریم متغیرهای فعالیت ورزشی مانند شدت و حجم فعالیت و ... را مد نظر قرار داد و ممکن است متفاوت بودن رفتار این آنزیم ها ناشی از همین تفاوتها باشد (۲۵ و ۲۶)

نتایج نشان داد که پاسخ آنزیم های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز متعاقب دو فعالیت مقاومتی متفاوت نبود هر چند در گروه ترتیب عضلات کوچک به بزرگ مقادیر کراتین کیناز در ۲۴ و ۴۸ ساعت به طور غیر معنی داری به میزان ۳/۶۳ و ۸/۵۹ درصد بیشتر بود. در مطالعه حاضر مشاهده شد که ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از فعالیت در هر دو گروه فعالیت مقاومتی آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به طور معنی داری افزایش نشان دادند. افزایش فعالیت دو آنزیم در دو بازه زمانی نشاندهنده سرشت آسیب رسان بودن نوع پروتکل فعالیت مقاومتی اعمالی بوده است هر چند که تفاوت معنی داری بین دو گروه مشاهده نشد. شاید عدم اختلاف معنی دار بین دو گروه را بتوان به تغییر پذیری بسیار بالای پاسخ آنزیم کراتین کیناز در بین آزمودنیها دانست چراکه این مساله به خوبی در مطالعات انسانی و حیوانی مورد تأیید قرار گرفته است (۲۷ و ۲۸). در هر صورت مشاهده شد که رفتار دو آنزیم مذکور نسبت به تغییر ترتیب حرکات حساسیت نشان نداد. بر اساس کالج طب ورزشی آمریکا ترتیب حرکات از عضلات بزرگ به کوچک و نیز از حرکاتی که چند مفصل را درگیر می کنند به حرکات تک مفصلی باید باشد. این توصیه نتایج حاصل از تحقیقاتی است که گزارش می کنند میزان قدرت (۱۱ و ۱۲) و هایپرتروفی (۱۳) بیشتری در نتیجه این ترتیب حاصل

پی‌نوشت‌ها

1. Chaves et al 2013
2. Seca 220 Germany
3. Body Composition Analyzer
4. Kraemer et al

منابع

1. Duncan CJ. (1987). Role of calcium in triggering rapid ultrastructural damage in muscle: a study with chemically skinned fibers. *Journal of Cell Science* 87, 581-594
2. Lowe DA, Warren GL, Hayes DA, Farmer MA, and Armstrong RB. (1994). Eccentric contraction-induced injury of mouse soleus muscle: effect of varying $[Ca^{2+}]_0$. *Journal of Applied Physiology* 76, 1445-1453.
3. Donnelly AE, Clarkson P, Maughan RJ. (1992). Exercise induced muscle damage: effects of light exercise on damaged muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 64: 350-353.
4. Armstrong RB. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 16: 529-538.
5. Teague BN, Schwane JA. (1995). Effect of intermittent eccentric contractions on symptoms of muscle microinjury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 27: 1378-1384.
6. Karamizrak SG, Regen E, Torel, Akgun N. (1994). Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activity following supramaximal exercise in athletes. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*. 34(2):141-146.
7. Dixon CB, Robertson RJ, Goss FL, Timmer JM, Nagle E, Evans RW. (2003). Effect of resistance training status on free radical production and muscle damage following acute exercise. *Medicine & Science in Sports Exercise*. 35(5) Supplement 1p S157.
8. Hayward R, Hutcheson k, Schneider CM. (2003). Influence of acute resistance exercise on cardiac biomarkers in untrained women. *The Journal of Emergency Medicine*. 25(4): 351-356.
9. Kuo YC, Lin JC. (2003). Effect of different intensity resistance exercise on creatine kinase and malondialdehyde. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 35(5) Supplement 1p S368.
10. ACSM. (2002). American College of Sports Medicine position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 34, 364-380.

انتظار بر این بود الگوی رفتاری آنزیم کراتین کیناز با تحقیق حاضر متفاوت باشد اما باید گفت تغییرات و رفتار آنزیمها در این تحقیقات یکسان بود (۱۸). این مساله نشان می‌دهد که نحوه تغییرات آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به مقدار کمتری تحت تاثیر ترتیب حرکات فعالیت مقاومتی قرار می‌گیرد و ممکن است عوامل دیگری مانند شدت و یا حجم فعالیت در این زمینه از تاثیر گذاری بیشتر برخوردار باشد به طوریکه گزارش شده است که تغییرات آنزیم کراتین کیناز نسبت به شدت فعالیت، بیشتر تحت تاثیر حجم فعالیت یا میزان کار انجام شده طی جلسه تمرینی قرار می‌گیرد (۲۹). در مجموع نتایج دو تحقیق می‌توان گفت که ترتیب حرکات فعالیت مقاومتی متغیر مهم اثر گذاری بر رفتار آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز نیست و لازم است جهت توجیه تغییر تعداد تکرار با تغییر ترتیب حرکات باید مساله را در دیگر عوامل بیوشیمیایی مانند فشار اکسیداتیو و عوامل التهابی و عصبی-عضلانی مورد بررسی قرار داد.

در مجموع می‌توان گفت هر دو فعالیت مقاومتی با ترتیب عضلات بزرگ به کوچک و بر عکس کوچک به بزرگ با شدت شش تکرار بیشینه در پنج ست می‌تواند موجب آسیب سلولهای عضلانی شود. با وجود این تفاوتی در میزان آسیب رساندن به سلولهای عضلانی بین دو ترتیب حرکات دیده نشد. به نظر می‌رسد نوع ترتیب حرکات طی انجام فعالیت مقاومتی عامل تاثیر گذار مهمی بر میزان شاخص آنزیم کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز به عنوان شاخص آسیب عضلانی نیست و در صورتیکه ترتیب حرکات طی تمرین و یا فعالیت مقاومتی مهم بوده و می‌تواند در رسیدن به اهداف تمرینی کمک کننده باشد لازم است مربیان و ورزشکاران بدون نگرانی در مورد آسیب عضلانی و رعایت ترتیب خاص اهداف مورد نظر را دنبال کنند. با وجود این به تحقیقات بیشتری جهت بررسی و درک دقیق تر نقش ترتیب حرکات طی فعالیت مقاومتی بر تغییرات شاخص‌های آسیب عضلانی نیاز است.

تقدیر و تشکر

از تمامی دانشجویانی گرامی که به عنوان آزمودنی در تحقیق حاضر شرکت کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

- muscle injury after eccentric contraction. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2 (3) pp. 253–265.
22. Kraemer WJ, Dziados JE, Marchitelli LJ, et al. (1993). Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma β -endorphin concentrations. *Journal of Applied Physiology*. 74: 450–459.
 23. Phillips T, Childs A C, Dreon DM, Phinney S, Leeuwenbur CG H. (2003). A Dietary Supplement Attenuates IL-6 and CRP after Eccentric Exercise in Untrained Males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. (35): 12.
 24. Pedersen BK, Steensberg A, Schjerling P.(2001). Muscle-derived interleukin-6: possible biological effects. *Journal of Physiology*. 536:329-337.
 25. Garrett WE. (2000). *Exercise and sport science*. Lippincott Williams & Wilkins.
 26. Armstrong RB, Warren GL, Warren JA (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fiber injury. *Sports Medicine*.1991; 12(3): 184-207.
 27. Friden J, and Lieber RL. (2001). Serum creatine kinase level is a poor predictor of muscle function after injury. *Scandinavian Journal of Medicine Sciences Sports*. 11:126–127.
 28. Simão R, Diego Leite R, Speretta GFF, et al. (2012). Influence of upper-body exercise order on hormonal responses in trained men. *Applied Physiology and Nutrition Metabolism*. 38: 177-181.
 29. Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, and Baltzopoulos V. (2005). Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation of muscle damage and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(1), 184–188.
 11. Simao R, Spineti J, de Salles BF, et al. (2010). Influence of exercise order on maximum strength and muscle thickness in untrained men. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9: 1–7.
 12. Dias I, de Salles BF, NovaesJ, Costa PB, Simao R. (2010). Influence of Exercise order on maximum strength in untrained young men. *Journal of Sports Science and Medicine*. 13(1): 65–69.
 13. Spineti J, de Salles BF, Rhea MR, et al. (2010). Influence of exercise order on maximum strength and muscle volume in nonlinear periodized resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(11): 2962–2969.
 14. Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, Bixby WR.(2009). The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23: 203–208,
 15. Gentil P, Oliveira E, Rocha Ju' nior VA, Carmo J, Bottaro M.(2007). Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21: 1082–1086
 16. Simao R, Farinatti PTV, Polito MD, Viveiros L, Fleck, SJ. (2007).Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21: 23–28.
 17. Simao R, Farinatti PTV, Polito MD, Maior AS, Fleck, SJ. (2005). Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19: 152–156.
 18. Pereira CGC, Simao R, Miranda H, et al. (2003). Influence of exercise order on muscle damage during moderate intensity resistance exercise and recovery. *Research in Sport Medicine*. 21:176-186.
 19. Chaves CP, Simão R, Miranda H, Ribeiro J, Soares J, Salles B, Silva A, Mota MP. (2013). Influence of exercise order on muscle damage during moderate-intensity resistance exercise and recovery. *Research in Sports Medicine*. 21(2):176-86.
 20. Vincent HK, Morgan JW, Vincent KR. (2004). Obesity exacerbates oxidative stress levels after acute exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 36 (5):772-9.
 21. Lieber RL, Frid'en J.(1999). Mechanisms of