مجله دانشکده پزشکی اصفهان
سال بیست و نهم/شماره ۱۷۰/هفته دوم اسفند ماه ۱۳۹۰
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۹۰/۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۵

تغییرات در گشتاور نیرو و نوسانات الکترومایوگرافی فلکسورهای عضله‌ی بازوی انسان پس از تمرین اکسنتریک حاد

دکتر مهدی کارگرفرد[۱]، دکتر آنتونی شیلد[۲]

چکیده

مقدمه: به طور کلی تمرین عضلانی حاد منجر به توسعه‌ی خستگی می‌شود که اثرات مخربی بر عملکرد دارد. هدف این مطالعه بررسی اثرات تمرین حاد اکسنتریک روی گشتاور نیرو و فعالیت الکتریکی فلکسورهای عضله‌ی بازوی انسان بود.

روش‌ها: تعداد ۱۶ مرد فعال سالم بدون هیچ گونه سابقه‌ی آسیب عضلانی بالاتنه، ۱۰ ست ۵ تکراری تمرین بیشینه‌ی اکسنتریک با یک دست غالب با استفاده از نیروسنج ایزوکنتیک بایودکس (سیستم، ۳) در سرعت زاویه‌ای ۱۲۰ درجه بر ثانیه در دامنه‌ی حرکتی ۹۰ درجه‌ی مفصل آرنج را اجرا کردند. تغییرات در حداکثر گشتاور ارادی و فعالیت الکترومایوگرافی (ریشه‌ی مجذور میانگین، RMS) عضلات دو سر بازو و براکیالیس اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: تمرین حاد اکسنتریک منجر به کاهش معنی‌داری در حداکثر گشتاور ارادی گردید ($P < ۰/۰۰۱$). هنگام تمرین اکسنتریک، متوسط کاهش حداکثر گشتاور ارادی (۱۰/۲۰) ۲۸/۲۱ درصد کاهش یافت ($P < ۰/۰۰۱$). در واقع، به طور متوسط مقادیر حداکثر گشتاور اکسنتریک از (۱۱/۲۸) ۶۴/۱۱ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک در ست اول به (۱۰/۶۶) ۴۶/۰۵ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک پایانی از ست دهم کاهش یافت. هم‌زمان با کاهش گشتاور نیرو، مقادیر نوسانات فعالیت الکترومایوگرافی (ریشه‌ی مجذور میانگین، RMS) عضلات دوسر بازو و براکیالیس نیز پس از جلسه‌ی تمرین اکسنتریک در سرعت زاویه‌ای مورد نظر پایین‌تر بود ($P < ۰/۰۰۱$). پس از جلسه‌ی تمرین حاد، متوسط مقادیر ریشه‌ی مجذور میانگین عضلات دوسر بازو و براکیالیس به ترتیب حدود ۱۵/۱۶ و ۱۳/۸۷ درصد کاهش یافت ($P < ۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که یک جلسه تمرین حاد اکسنتریک منجر به کاهش معنی‌داری در حداکثر گشتاور ارادی و تغییرات الکترومایوگرافی فلکسورهای بازو هنگام اعمال عضلانی اکسنتریک گردید.

واژگان کلیدی: حداکثر گشتاور ارادی، فعالیت الکترومایوگرافی، عضله‌ی دوسر بازو، عضله‌ی براکیالیس، تمرین اکسنتریک

مقدمه

اهمیت و ارزش آمادگی بدنی و داشتن قدرت عضلانی بالا از دیرباز برای رفع نیازهای روزمره‌ی انسان مورد توجه بوده است. به همین دلیل، امروزه تمرین‌های مقاومتی به طور گسترده‌ای توسط بسیاری از افراد جامعه به عنوان یک روش با ارزش جهت افزایش در قدرت عضلانی با هدف بالا بردن عملکرد ورزشی، جلوگیری از صدمات و حفظ شیوه‌ی زندگی سالم استفاده می‌شود (۳-۱).

عضلات اسکلتی به روش های گوناگون از جمله برنامه‌های مقاومتی شامل انقباض‌های عضلانی ایستا (استاتیک) و پویا (دینامیک) منقبض می‌شوند. هنگام انقباض ایستا، تنش عضله در طول ثابت تار به طور فعال حفظ می‌شود. در مقابل، انقباض عضلانی پویا را می‌توان به دو انقباض کانسنتریک، مربوط به کوتاه شدن فیبرهای عضلانی، و انقباض اکسنتریک، که شامل فعال شدن طول فیبرهای عضلانی است، تقسیم کرد (۲).

بر اساس گزارش‌های تحقیقاتی، اثربخشی

[۱] دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده‌ی تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
[۲] استادیار، دانشکده‌ی مطالعات حرکت انسان، دانشگاه تکنولوژی کوییزلند، استرالیا
نویسنده‌ی مسؤول: دکتر مهدی کارگرفرد
Email: kargar_m46@yahoo.com

برنامه های تمرین مقاومتی نیز برای کسب نتایج مطلوب به چندین متغیر حاد تمرینی وابسته است (۵-۴). کالج آمریکایی طب ورزش در مطالعه‌ای مروری این متغیرها را شامل نوع انقباض عضلانی، شدت یا بار تمرین، حجم تمرین، انتخاب حرکت، نوع وسایل مورد استفاده، ترتیب حرکات، دوره‌های استراحت، سرعت انقباض عضلانی و تعداد دفعات تمرین در هفته عنوان کرده است (۴).

با وجود سازگاری های متفاوت ناشی از انواع تمرین‌های مقاومتی کانسنتریک و اکسنتریک، به خصوص هنگام اجرای فعالیتی که مستلزم انقباض های اکسنتریک است و نیز هنگامی که مدت زمان و شدت آن غیرمعمول باشد، وقوع آسیب های عضلانی به ویژه آسیب های میکروسکوپی ریز عضلانی اجتناب ناپذیر است. این آسیب عضلانی افزایش فعالیت کراتین کیناز سرم، تورم، کوفتگی، درد و محدودیت دامنه ی حرکتی را در ۴۸ ساعت بعدی به همراه دارد. علاوه بر این، از دست دادن طولانی مدت قدرت پس از تمرین اکسنتریک یکی از اندازه های غیر مستقیم و معتبر آسیب عضلانی در انسان است (۹-۶).

کاهش در نیرو و قدرت بلافاصله پس از تمرینی که آسیب ایجاد نمی‌کند (بطور مثال، پس از انقباض های درون مرکز)، در چند ساعت بعدی مجدداً بازسازی و ترمیم می شود و بطور کلی خستگی پس از این گونه تمرین ها بعنوان خستگی متابولیکی و عصبی مورد توجه است (۱۰، ۱۱). بر اساس گزارش های تحقیقاتی پروتکل های تمرین درون مرکز با از دست رفتن قدرت حدود ۳۰-۱۰ درصد بلافاصله پس از تمرین همراه با بازیافت قدرت به سطح پایه در چند ساعت پس از تمرین در ارتباط هستند (۱۲). در حالی که پروتکل های دویدن در سراشیبی که بر اساس تمرین برون گرا انجام می شوند، اغلب حداقل خستگی را ایجاد می کنند، و به طور کلی حدود ۳۰-۱۰ درصد نیرو را بلافاصله پس از تمرین از دست می‌دهند که با یک دوره‌ی بازیافت طولانی تر (بیش از ۲۴ ساعت پس از تمرین) در مقایسه با پروتکل های درون مرکز همراه است (۱۴-۱۲). بالاترین میزان از دست رفتن قدرت و دوره‌های طولانی مدت بازیافت با تمرین برون‌گرا با شدت بالا و غیرمعمول همراه است (۱۴-۱۲). انجام تمرین برون گرا با نیروی شدید اغلب می تواند منجر به از دست رفتن بیش از ۶۰-۵۰ درصد ظرفیت نیروی تولیدی در مقایسه با مقادیر قبل از تمرین گردد. تحقیقات انجام شده با استفاده از مدل‌های حیوانی نشان داده‌اند که از دست رفتن قدرت بیشتر پس از تمرین برون‌گرا ممکن است به دلیل آسیب ایجاد شده در اثر استرین های شدیدتر روی عضله باشد (۱۷-۱۵). از دست رفتن طولانی مدت نیرو طی روزها پس از تمرین برون‌گرا می‌تواند حداقل ۱ تا ۲ هفته به طول انجامد (۱۸-۱۵). که این باعث طولانی شدن زمان بازیافت در اثر آسیب اولیه هنگام تمرین و آسیب اضافی هنگام فرایند بازسازی می‌گردد.

بر اساس گزارش های تحقیقی یک جلسه تمرین حاد اغلب منجر به کاهش فوری نیرو می شود (۲۰-۱۹). عوامل اصلی درگیر در کاهش نیروی ناشی از تمرین هنوز به طور کامل مشخص نشده‌اند. اگر چه بر اساس یافته‌های تحقیقات، یک فرایند متابولیکی که با تجمع تولیدات جنبی ناشی از تجزیه‌ی ATP مشخص می‌گردد، می‌تواند منجر به کاهش ظرفیت تولید نیروی عضله گردد (۱۵، ۱۲). کاهش نیرو همچنین می تواند نتیجه ی ناتوانی اتصال و جفت شدن

www.mui.ac.ir

مرحله‌ی تحریک-انقباض باشد (۲۱). فشار مکانیکی ناشی از تمرین برون‌گرا از طریق تغییر شکل فراساختاری همچون از هم گسیختگی باند Z، اختلال در ساختار تاندون و اتصالات عضله-وتر نیز می تواند در کاهش نیرو نقش داشته باشد (۲۲، ۱۶).

با توجه به موارد گفته شده و با توجه به این که بیشتر تحقیقات به بررسی اثر تمرین اکسنتریک در فعال سازی عضلات پایین تنه از جمله عضلات زانو با استفاده از آزمون ایزوکنتیک (۲۶-۲۳) پرداخته‌اند و کمتر تحقیقی بر روی فلکسورهای عضلات بالاتنه به خصوص آرنج صورت گرفته است، محقق در این تحقیق به مطالعه‌ی این مسأله پرداخت که آیا یک جلسه تمرین اکسنتریک حاد در اندام‌های بالاتنه می‌تواند منجر به کاهش قدرت و همچنین تغییرات الکتریکی مشابه آن چه که در پایین تنه رخ می‌دهد، گردد؟ میزان تغییرات قدرت در مراحل مختلف تمرین نیز مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌ها

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف پژوهش، پژوهش حاضر یک مطالعه ی تجربی مبتنی بر آزمایشگاه بود که با استفاده از دستگاه نیروسنج ایزوکنتیک و تغییرات الکترومایوگرافی عضلات این موضوع را مورد بررسی قرار داد که آیا یافته‌های متفاوتی که برای قدرت کانسنتریک و اکسنتریک در اندام های پایین تنه مورد توجه هستند، در اندام های بالاتنه نیز یکسان است؟ جامعه‌ی آماری این تحقیق را کلیه‌ی دانشجویان فعال دانشگاه تکنولوژی کوییزلند استرالیا تشکیل دادند. از بین این افراد ۱۶ مرد فعال و بدون هیچ گونه سابقه ی آسیب دیدگی در اندام بالاتنه به صورت داوطلبانه و هدفمند به عنوان نمونه‌ی آماری انتخاب شدند.

آزمودنی های پژوهش دارای دامنه‌ی سنی ۱۹ تا ۲۸ سال بودند. بعد از تکمیل پرسشنامه‌های حاوی رضایت نامه و عوامل خطرزای قلبی عروقی، آسیب‌های ورزشی و تشریح روند پژوهش، به آزمودنی ها توصیه شد که از هر گونه فعالیت بدنی شدید، مصرف دارو، مکمل غذایی، مصرف الکل، قهوه، چای، دخانیات، کاکائو تا ۴۸ ساعت قبل از انجام آزمون و ۵ روز پس از آزمون امتناع ورزند.

پس از طرح موضوع، تحویل پیشنهادیه ی طرح، انجام اصلاحات لازم بر طرح و تصویب آن در شورای پژهشی و کمیته ی اخلاق دانشگاه تکنولوژی کوییزلند استرالیا، از همان ابتدا مقدمات انجام کار به شرح زیر فراهم گردید. ابتدا فراخوان شرکت در مطالعه، نحوه ی مشارکت، فواید و مزایای شرکت، آسیب های احتمالی و نحوه‌ی پیشگیری از آسیب ها، تلفن تماس و آدرس دقیق آزمایشگاه از طریق اینترنت به کلیه‌ی کاربران دانشگاه (دانشجویان پسر) ارسال گردید. در این مدت یک مطالعه‌ی مقدماتی بر روی چند نفر از دانشجویان انجام و از آن‌ها خواسته شد که پس از چند روز نتایج و کوفتگی های احتمالی را به پژوهشگران گزارش کنند. پس از گذشت یک هفته پروتکل مورد نظر آماده گردید. قبل از اجرای آزمون اصلی و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و پرسشنامه‌های حاوی موارد جامعه شناختی، عوامل خطرزای قلبی عروقی و سوابق آسیب احتمالی در اندام بالاتنه توسط شرکت کنندگان، آن هایی که دارای مشکلات قلبی و پرفشار خونی بودند یا از آسیب های عضلات بالا تنه رنج می برند و یا دارو مصرف می کردند، به طوری که می توانست روی پاسخ آن‌ها به آزمون‌های مورد نظر تأثیر بگذارد،

www.mui.ac.ir

از انجام تحقیق کنار گذاشته شدند.

در نهایت تعداد ۱۶ نفر واجد شرایط لازم برای شرکت در تحقیق بودند که در جلسه‌ای پس از توجیه آن ها، و گزارشی در مورد اهداف، مزایا و آسیب های احتمالی آزمون های مورد نظر، یک جدول برنامه‌ی زمانبندی شده با حضور آن‌ها تهیه و در اختیار آن‌ها قرار داده شد. در این برنامه ی زمانبندی شده تاریخ و ساعات مراجعه و خروج هر آزمودنی از آزمایشگاه مشخص و به اطلاع آن ها رسانیده شد. قبل از شروع برنامه‌ی اصلی، قد و وزن آزمودنی ها اندازه گیری شد. پس از این مرحله، دستگاه نیروسنج دینامومتر برای هر آزمودنی کالیبره و تنظیم گردید. سپس محل های مورد نظر برای نصب الکترودها و ثبت تحریکات الکترومایوگرافی هر آزمودنی مشخص و با ماژیک مخصوص علامت گذاری گردید. پس از تمیز کردن محل های مورد نظر با استفاده از تیغ و الکل مخصوص، اقدام به نصب الکترودها گردید. تعداد هشت الکترود در نواحی مشخص شده در قسمت شکم دوسر بازو، سه سر بازو، براکیالیس و روی شانه ها نصب شد. سپس هر آزمودنی با استفاده از تمرین کانسنتریک و اکسنتریک زیر بیشینه (شامل دمبل‌های ۵ کیلوگرمی ۱۰ تکرار، ۷/۵ کیلوگرمی ۶ تکرار و ۵ کیلوگرمی ۴ تکرار) اقدام به گرم کردن زیر نظر پژوهشگر کرد. در نهایت پس از تنظیم دستگاه برای هر آزمودنی و اجرای پروتکل مورد نظر که در ادامه خواهد آمد، کلیه ی متغیرهای وابسته از قبیل حداکثر گشتاور ارادی در سرعت زاویه‌ای ۱۲۰ درجه بر ثانیه در عضله‌ی دوسر بازو به همراه نتایج تحریکات الکترومایوگرافی به طور خودکار توسط دستگاه اندازه گیری و سپس بر روی صفحه مانیتور ثبت گردید.

پروتکل اصلی تمرین اکسنتریک حاد شامل ۱۰ ست و هر ست ۵ تکرار اعمال عضلانی برون گرا (۵۰ تکرار بیشینه) در دامنه ی حرکتی ۱۲۰ درجه بر روی فلکسورهای مفصل آرنج دست غالب بود که تمام آزمودنی ها آن را با استفاده از نیروسنج ایزوکنتیک سیستم ۳ در جهت باز کردن مفصل آرنج اجرا کردند. هر عمل اکسنتریک حداقل دو ثانیه به طول انجامید که با یک دوره ی استراحت دو ثانیه از هم مجزا گردید. در این پروتکل، یک دوره‌ی استراحت یک دقیقه‌ای نیز بین هر ست در نظر گرفته شده بود.

در این تحقیق از دو روش آمار توصیفی و استنباطی جهت مرتب کردن و تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. در بخش آمار توصیفی از میانگین و انحراف معیار به ترتیب برای محاسبه‌ی شاخص های گرایش مرکزی و پراکندگی استفاده گردید و در بخش آمار استنباطی از آزمون Repeated measure ANOVA برای مقایسه ی تغییرات میانگین متغیرهای مورد نظر استفاده گردید. در صورت معنی داری از آزمون تعقیبی Least significant difference (LSD) برای تعیین تفاوت بین ست‌های مختلف تمرین حاد اکسنتریک استفاده گردید. از نرم‌افزار EXCEL نسخه‌ی ۲۰۰۷ نیز برای ترسیم نمودارها استفاده شد. سطح معنی‌داری در این تحقیق برای تمام متغیرها کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. کلیه عملیات آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۷ (version 17, SPSS Inc., Chicago, IL) تحلیل شد.

یافته‌ها

ویژگی های بدنی گروه نمونه که در تمام مراحل تمرین شرکت داشتند، شامل متغیرهای سن، قد، وزن، شاخص توده‌ی بدنی و سابقه‌ی شرکت در فعالیت‌های

www.mui.ac.ir

ورزشی در جدول ۱ آورده شده است. میزان تغییرات گشتاور نیرو به همراه تغییرات الکترومایوگرافی عضله‌ی دوسر بازو پس از ۵۰ تکرار بیشینه‌ی تمرین اکسنتریک در سرعت زاویه‌ای ۱۲۰ درجه بر ثانیه در شکل ۱ آورده شده است.

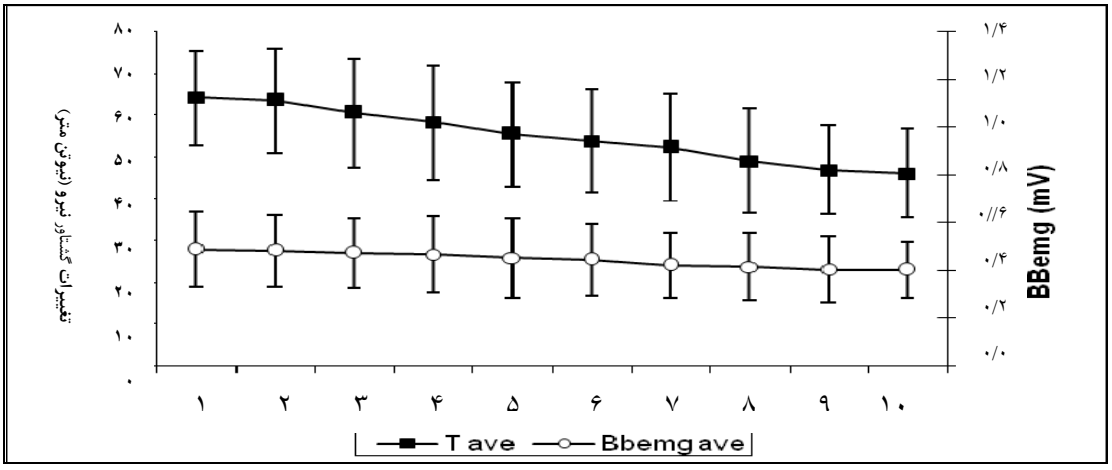
جدول ۱. مشخصات بدنی گروه نمونه

ویژگی	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	۲۵/۱۴ ± ۵/۸۹
قد (سانتی‌متر)	۱۸۱/۷۹ ± ۶/۱۴
وزن (کیلوگرم)	۸۳/۲۹ ± ۸/۲۵
شاخص توده‌ی بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۵/۲۷ ± ۲/۹۶
سابقه‌ی فعالیت ورزشی (سال)	۵/۶۷ ± ۲/۳۲
تمرین در هفته (ساعت)	۷/۵۵ ± ۱/۴۳

چنان چه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، پس از جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک حداکثر گشتاور ارادی در عضله‌ی دوسر بازو به طور معنی‌داری در هر یک از ست‌های اول تا دهم کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < ۰/۰۰۱$). آزمون تعقیبی LSD نیز کاهش معنی‌داری بین تمام ست‌های تمرینی به جز ست اول با دوم و ست نهم با دهم نشان داد ($P < ۰/۰۰۱$).

هنگام جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک مقدار متوسط حداکثر گشتاور ارادی عضله‌ی دوسر بازو حدود (۱۰/۲۰) ۲۸/۲۱ درصد کاهش پیدا کرد ($P < ۰/۰۰۱$). در واقع، به طور متوسط مقادیر حداکثر گشتاور اکسنتریک از (۱۱/۲۸) ۶۴/۱۱ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک در ست اول به (۱۰/۶۶) ۴۶/۰۵ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک پایانی از ست دهم کاهش یافت.

همچنین شکل ۱ کاهش معنی‌داری را نیز در نوسانات الکترومایوگرافی عضله‌ی دوسر بازو هم‌زمان با کاهش نیرو نشان می‌دهد، به طوری که میزان کاهش متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین (RMS) عضله‌ی دوسر بازو پس از یک جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک حدود ۱۵/۱۶ درصد کاهش پیدا کرد ($P < ۰/۰۰۱$). در واقع، به طور متوسط مقادیر متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین اکسنتریک از (۰/۱۶) ۰/۴۶ در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک در ست اول به



شکل ۱. تغییرات گشتاور نیرو (Torque بر حسب نیوتن متر) و تغییرات الکترومایوگرافی عضله‌ی دوسر بازو (Biceps brachii electromyography) پس از ۵۰ تکرار بیشینه‌ی تمرین اکسنتریک در سرعت زاویه‌ای ۱۲۰ درجه بر ثانیه

www.mui.ac.ir

(۰/۱۲) ۰/۴۰ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک پایانی از ست دهم کاهش یافت. پس از جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک نیز متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین (RMS) عضله‌ی دو سر بازو به طور معنی‌داری در هر یک از ست‌های اول تا دهم تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < ۰/۰۰۱$).

همچنین، به موازات کاهش گشتاور نیرو و نوسانات الکتریکی در عضله‌ی دوسر بازو، کاهش معنی‌داری نیز در نوسانات الکتریکی عضله‌ی براکیالیس مشاهده شد، به طوری که میزان کاهش متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین عضله‌ی براشیالی پس از یک جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک حدود ۱۳/۸۷ درصد کاهش پیدا کرد ($P < ۰/۰۰۱$).

بحث

یافته‌های اصلی تحقیق حاضر این بود که یک جلسه تمرین حاد اکسنتریک منجر به کاهش معنی‌داری در حداکثر گشتاور ارادی آزمودنی‌ها گردید. این کاهش گشتاور نیز با کاهش معنی‌دار در ریشه‌ی دوم مجذور میانگین عضلات دو سر بازو و عضله‌ی براکیالیس همراه بود.

پس از جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک کاهش حداکثر گشتاور ارادی به طور معنی‌داری در هر یک از ست‌های ده گانه مشهود بود ($P < ۰/۰۰۱$). در واقع، به طور متوسط مقادیر حداکثر گشتاور اکسنتریک از (۱۱/۲۸) ۶۴/۱۱ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک در ست اول به (۱۰/۶۶) ۴۶/۰۵ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک پایانی از ست دهم کاهش یافت. این بیانگر حدود (۱۰/۲۰) ۲۸/۲۱ درصد کاهش در نیروی عضله‌ی دوسر بازوی آزمودنی‌ها پس از ۵۰ تکرار بیشینه‌ی هنگام یک جلسه تمرین حاد اکسنتریک بود ($P < ۰/۰۰۱$).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، کاهش معنی‌داری نیز در نوسانات الکترومایوگرافی عضله‌ی دوسر بازو هم‌زمان با کاهش نیرو مشاهده شد ($P < ۰/۰۰۱$)، به طوری که میزان کاهش متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین (RMS) عضله‌ی دو سر بازو پس از یک جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک حدود ۱۵/۱۶ درصد کاهش پیدا کرد ($P < ۰/۰۰۱$). در واقع، به طور متوسط مقادیر متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین اکسنتریک از (۰/۱۶) ۰/۴۶ در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک در ست اول به (۰/۱۲) ۰/۴۰ نیوتن بر متر در پنج تکرار عمل انقباضی اکسنتریک پایانی از ست دهم کاهش یافت.

همچنین، به موازات کاهش گشتاور نیرو و نوسانات الکتریکی در عضله‌ی دوسر بازو، کاهش معنی‌داری نیز در نوسانات الکتریکی عضله‌ی براکیالیس مشاهده ش، به طوری که میزان کاهش متوسط ریشه‌ی مجذور میانگین عضله‌ی براکیالیس پس از یک جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک حدود ۱۳/۸۷ درصد بود ($P < ۰/۰۰۱$).

این نتایج با بیشتر یافته‌های تحقیقاتی که به خصوص در اندام های پایین تنه اجرا گردیده بود، مشابه بود. بر اساس گزارش‌های تحقیقاتی متعدد تمرین برون‌گرا موجب اختلال در ظرفیت نیروی تولیدی می‌شود (۳۰-۲۷، ۲۱-۱۸) که می‌تواند برای چندین روز (۳۰، ۲۸، ۲۰، ۱۸) تداوم داشته باشد.

اگر چه در این تحقیق قدرت عضلانی در اثر یک جلسه تمرین حاد اکسنتریک کاهش داشت، ولی به طور کلی میزان از دست دادن قدرت را بر اساس گزارش‌های تحقیقاتی می‌توان به اختلال در مرحله‌ی جفت شدن تحریک-انقباض و آسیب فراساختاری

www.mui.ac.ir

هم‌چون از هم گسیختگی و موج‌دار شدن باند Z، پارگی‌های باند A و کشیدگی بیش از حد سارکومرها نسبت داد (۲۲، ۱۲، ۱۰). چنین آسیبی به سیستم عضله-تاندون اغلب در اثر اعمال عضلانی برون‌گرا که در آن تنش عضله افزایش و اعمال عضلانی با حداکثر تنش انجام می‌گیرد، مشاهده شده است (۳۲-۳۱).

همچنین، بر اساس گزارش های تحقیقی، نتیجه‌ی یک سری انقباضات اکسنتریک کاهش در نیروی عضلانی است، که اغلب به صورت ایزومتریکی اندازه‌گیری شده است. با در نظر گرفتن اندازه‌ی کاهش، تعدادی از عوامل باید در این مسأله در نظر گرفته شود. اول، نیروی اندازه‌گیری شده پس از یک سری انقباض‌های اکسنتریک محاسبه شده باشد. این احتمال وجود دارد که کاهش نیرو ناشی از هر دو عامل خستگی و آسیب متابولیکی باشد. بنابراین، اثرات خستگی را می‌توان با انجام فقط تعداد کمتری از انقباضات اکسنتریک (۳۳) و یا انتظار فروکش کردن اثرات خستگی به حداقل رسانید. البته نیروی کاهش یافته تا یک هفته پس از انقباضات اکسنتریک به همین صورت باقی می‌ماند، در حالی که اغلب بهبود کامل ظرف مدت ۱ تا ۲ ساعت پس از انقباضات کانسنتریک رخ می‌دهد. بنابراین، کاهش نیروی اندازه‌گیری شده در ۲ ساعت بعد و یا بلافاصله بعد از انقباضات اکسنتریک به احتمال زیاد تنها توسط آسیب ایجاد شده، می‌باشد (۱۷-۱۶). دوم، انقباضات اکسنتریک منجر به یک جابجایی و شیفت در رابطه‌ی طول-تنش عضله در جهت طول طویل‌تر عضله می‌گردد. اگر این مورد محاسبه نگردد، و اندازه‌گیری در طول اولیه صورت گیرد، میزان کاهش و سقوط در نیرو بیش از حد تخمین زده خواهد شد. بنابراین، این مسأله منجر به گزارش سقوط بسیار بیشتری در نیروی ناشی از تمرین اکسنتریک نسبت به طول واقعی آن خواهد شد. به عنوان مثال، انجام ۵۰ انقباضات اکسنتریک در سراسر طول بهینه‌ی گاستروکنمیوس داخلی عضلات گربه‌ی بیهوش، میزان تنش را به ۵۵ درصد در مقایسه با مقدار طول کنترل شده کاهش می‌دهد. البته این اندازه‌گیری در طول اصلی و مطلوب عضله ایجاد شده بود که از طریق رابطه‌ی طول-تنش تعیین شده بود. وقتی رابطه‌ی طول و تنش پس از انقباض اکسنتریک دوباره اندازه‌گیری شد، طول بهینه در جهت طول طویل‌تر عضله در حدود ۳/۲ میلی متر تغییر جهت داشت. این بیانگر ۱۶ درصد محدوده‌ی کار عضله بود. تنش اندازه‌گیری شده در طول مطلوب جدید ۳۹ درصد از ارزش‌های کنترل بود (۱۷).

اثر دیگر منتسب به انقباضات اکسنتریک این است که مقدار نیرو در میزان تحریک کم در مقایسه با نیرو در میزان تحریک بالا کاهش می‌یابد. به همین دلیل است که گاهی اوقات با عنوان خستگی با فرکانس پایین نامیده می‌شود. چنین کاهشی به عنوان یک عامل تعیین کننده‌ی آسیب‌های اکسنتریک در حمایت از جفت شدن تحریک-انقباض در گذشته مورد استفاده قرار می‌گرفت. وقتی تغییر در رابطه‌ی طول-تنش در نظر گرفته شود، افسردگی با فرکانس پایین هنوز وجود دارد، اما میزان آن کمتر و در حدود ۳۰ درصد است (۱۷). سایر دلایل احتمالی عبارت هستند از تفاوت در ساختار عضلانی و نوع تار عضلانی. ساختار و معماری عضلانی (شکل دوک مانند عضله‌ی دوسر بازو در مقابل عضله‌ی چهارسر ران که پری شکل است) به عنوان یک عامل مؤثر بر نتیجه‌ی آسیب عضلانی پس از تمرین اکسنتریک مطرح شده است (۱). به نظر می‌رسد که عضلات دوک مانند در مقایسه با عضلات پری

www.mui.ac.ir

شکل بیشتر مستعد ابتلا به آسیب ناشی از تمرین اکسنتریک هستند (۱۷-۱۶).

در گزارش های تحقیقاتی قبلی نشان داده شده است که تارهای عضلانی نوع دوم در مقایسه با تارهای عضلانی نوع اول بیشتر مستعد آسیب های عضلانی ناشی از تمرین اکسنتریک هستند (۳۶-۳۴). همچنین گزارش شده است که عضله ی دوسر بازو درصد بالایی از تارهای عضلانی نوع دوم را دارند (۳۷)، در حالی که اکستنسورهای زانو بیشتر از الیاف نوع اول برخوردار هستند (۳۸).

همچنین، ممکن است که فرض کنیم که تفاوت موجود در اندازه‌ی حرکت بازو، سطح مقطع فیزیولوژیکی، تنش ویژه و کمپلکس تاندون-عضله در استعداد ابتلا به آسیب عضلانی ناشی از تمرین اکسنتریک در ارتباط باشند. با این حال، این داده ها برای بحث در این زمینه کافی به نظر نمی‌رسند، بنابراین، نیاز به تحقیق بیشتر در این زمینه می‌باشد.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد توسعه‌ی خستگی ناشی از یک جلسه‌ی تمرین حاد اکسنتریک منجر به کاهش معنی‌داری در حداکثر گشتاور ارادی در عضلات بالاتنه می‌گردد. این کاهش گشتاور نیز با کاهش معنی‌دار در ریشه‌ی دوم مجذور میانگین عضلات دو سر بازو و براکیالیس همراه بود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت های مالی و معنوی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه اصفهان و همکاری دانشگاه تکنولوژی کوییزلند استرالیا انجام گردید. بنابراین، از کلیه‌ی مسؤولین دانشگاه اصفهان، گروه مطالعات حرکت انسان دانشگاه تکنولوژی کوییزلند استرالیا، پروفسور کیت، دکتر تونی، دانشجویان دوره‌ی دکترای علوم ورزشی، دستیاران و همچنین آزمودنی های تحقیق که در به ثمر رسیدن این پژوهش کمال همکاری را داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Rees JD, Wolman RL, Wilson A. Eccentric exercises; why do they work, what are the problems and how can we improve them? Br J Sports Med 2009; 43(4): 242-6.
2. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. Br J Sports Med 2009; 43(8): 556-68.
3. LaStayo PC, Woolf JM, Lewek MD, Snyder-Mackler L, Reich T, Lindstedt SL. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. J Orthop Sports Phys Ther 2003; 33(10): 557-71.
4. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(2): 364-80.
5. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. Med Sci Sports Exerc 2004; 36(4): 674-88.
6. Newham DJ, Jones DA, Ghosh G, Aurora P. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. Clin Sci (Lond) 1988; 74(5): 553-7.
7. Nosaka K, Clarkson PM. Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. Med Sci Sports Exerc 1996; 28(8): 953-61.
8. Saxton JM, Donnelly AE. Length-specific impairment of skeletal muscle contractile function after eccentric muscle actions in man. Clin Sci (Lond) 1996; 90(2): 119-25.
9. Shellock FG, Fukunaga T, Mink JH, Edgerton VR. Exertional muscle injury: evaluation of concentric versus eccentric actions with serial MR imaging. Radiology 1991; 179(3): 659-64.
10. Byrne C, Eston RG, Edwards RH. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. Scand J Med Sci Sports 2001; 11(3): 134-40.

www.mui.ac.ir

11. Prasartwuth O, Taylor JL, Gandevia SC. Maximal force, voluntary activation and muscle soreness after eccentric damage to human elbow flexor muscles. J Physiol 2005; 567(Pt 1): 337-48.

12. Allen DG. Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. Acta Physiol Scand 2001; 171(3): 311-9.

13. Cleak, MJ, Eston RG. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. Br J Sports Med 1992; 26(4): 267–72.

14. Baltzopoulos V, Gleeson NP. Skeletal muscle function. In: Eston R, Reilly T, editors. Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual: Tests, Procedures and Data. 3rd ed. London: Routledge; 2008. p. 3-40.

15. Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. J Physiol 2001; 537(Pt 2): 333-45.

16. Warren GL, Ingalls CP, Lowe DA, Armstrong RB. Excitation-contraction uncoupling: major role in contraction-induced muscle injury. Exerc Sport Sci Rev 2001; 29(2): 82-7.

17. Warren GL, Ingalls CP, Lowe DA, Armstrong RB. What mechanisms contribute to the strength loss that occurs during and in the recovery from skeletal muscle injury? J Orthop Sports Phys Ther 2002; 32(2): 58-64.

18. Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. Med Sci Sports Exerc 1992; 24(5): 512-20.

19. Crenshaw AG, Karlsson S, Styf J, Backlund T, Friden J. Knee extension torque and intramuscular pressure of the vastus lateralis muscle during eccentric and concentric activities. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1995; 70(1): 13-9.

20. Komi PV, Viitasalo JT. Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. Acta Physiol Scand 1977; 100(2): 246-54.

21. Michaut A, Pousson M, Ballay Y, Van HJ. Short-term changes in the series elastic component after an acute eccentric exercise of the elbow flexors. Eur J Appl Physiol 2001; 84(6): 569-74.

22. Morgan DL, Allen DG. Early events in stretch-induced muscle damage. J Appl Physiol 1999; 87(6): 2007-15.

23. Linnamo V, Strojnik V, Komi PV. EMG power spectrum and features of the superimposed M-wave during voluntary eccentric and concentric actions at different activation levels. Eur J Appl Physiol 2002; 86(6): 534-40.

24. McHugh MP, Tyler TF, Greenberg SC, Gleim GW. Differences in activation patterns between eccentric and concentric quadriceps contractions. J Sports Sci 2002; 20(2): 83-91.

25. Seger JY, Thorstensson A. Effects of eccentric versus concentric training on thigh muscle strength and EMG. Int J Sports Med 2005; 26(1): 45-52.

26. Westing SH, Cresswell AG, Thorstensson A. Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1991; 62(2): 104-8.

27. Gibala MJ, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Stauber WT, Elorriaga A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. J Appl Physiol 1995; 78(2): 702-8.

28. MacIntyre DL, Sorichter S, Mair J, Berg A, McKenzie DC. Markers of inflammation and myofibrillar proteins following eccentric exercise in humans. Eur J Appl Physiol 2001; 84(3): 180-6.

29. Nosaka K, Sakamoto K. Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. Med Sci Sports Exerc 2001; 33(1): 22-9.

30. Rinard J, Clarkson PM, Smith LL, Grossman M. Response of males and females to high-force eccentric exercise. J Sports Sci 2000; 18(4): 229-36.

31. Katz B. The relation between force and speed in muscular contraction. J Physiol 1939; 96(1): 45-64.

32. Komi PV, Buskirk ER. Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. Ergonomics 1972; 15(4): 417-34.

33. Morgan DL, Gregory JE, Proske U. The influence of fatigue on damage from eccentric contractions in the gastrocnemius muscle of the cat. J Physiol 2004; 561(Pt 3): 841-50.

34. Friden J. Changes in human skeletal muscle induced by long-term eccentric exercise. Cell Tissue Res 1984; 236(2): 365-72.

35. Friden J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. Acta Physiol Scand 2001; 171(3): 321-6.

36. Lieber RL, Friden J. Selective damage of fast glycolytic muscle fibres with eccentric contraction of the rabbit tibialis anterior. Acta Physiol Scand 1988; 133(4): 587-8.

37. Klein CS, Marsh GD, Petrella RJ, Rice CL. Muscle fiber number in the biceps brachii muscle of young and old men. Muscle Nerve 2003; 28(1): 62-8.

38. Travnik L, Pernus F, Erzen I. Histochemical and morphometric characteristics of the normal human vastus medialis longus and vastus medialis obliquus muscles. J Anat 1995; 187 (Pt 2): 403-11.

www.mui.ac.ir

Journal of Isfahan Medical School Original Article

Vol 29. No 170. 2nd week. March 2012 Received: 22.10.2011 Accepted: 16.12.2011

Changes in Torque and Electromyography of Human Elbow Flexors following Acute Eccentric Exercise

Mehdi Kargarfard PhD[1], Anthony Shield PhD[2]

Abstract

Background: Acute muscular exercise generally induces the development of fatigue that has detrimental effects on performance. The purpose of this study was to examine the effects of acute eccentric exercise (ECC) training on torque and electromyography (EMG) activity of human elbow flexors.

Methods: Sixteen healthy male active subjects with no previous history of pathology of the elbow performed ten sets of 5 repetitions of maximal eccentric muscle actions training (ECC-T) with one arm using the calibrated electronically Biodex isokinetic dynamometer (System 3: Biodex) at 120° s^{-1} velocity of the dominant elbow flexors determined at the elbow joint of 90° (1.57 rad). Changes in maximal voluntary torque and EMG activity (root mean square (RMS)) of biceps brachii and brachialis muscles were measured after acute ECC.

Findings: The acute ECC induced a significant torque reduction ($P < 0.01$). During the exercise session, mean maximal voluntary eccentric torque reduction reached 28.21 ± 10.20% ($P < 0.001$). Indeed, average maximal eccentric torque values dropped from 64.11 ± 11.28 N/m for the first three muscle actions of the first set to 46.05 ± 10.66 N/m for the final five muscle actions of the tenth set. Concurrent to the torque decrease, the RMS values of the biceps brachii and brachialis muscles at the same velocity were significantly lower after the exercise session ($P < 0.05$). After the acute exercise session, mean RMS values of the biceps brachii and brachialis muscles reduction reached respectively 15.16% and 13.87% ($P < 0.001$).

Conclusion: These results showed that an acute ECC induced a significant voluntary maximal torque and EMG reduction of human elbow flexors during eccentric muscle actions.

Keywords: Maximal voluntary torque, Myoelectrical activity, Biceps brachii, Eccentric training.

[1] Associate Professor, Department of Sport Physiology, School of Physical Education and Sport Sciences, Isfahan University, Isfahan, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Health, School of Human Movement Studies, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia
Corresponding Author: Mehdi Kargarfard PhD, Email: m.kargarfard@spr.ui.ac.ir