زیست‌شناسی جانوری، سال چهاردهم، شماره سوم، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۲۷- ۱۷

مقاله پژوهشی

بیان ژن‌های MyF5 و MyoG با یک جلسه فعالیت مقاومتی اکسنتریک و کانسنتریک مجزا در عضله پهن جانبی افراد سالم

فرزانه اخگر[۱]، لیدا مرادی[۱*]، یاسر کاظم‌زاده[۲]

۱- گروه تربیت بدنی وعلوم ورزشی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران.

* مسئول مکاتبات: moradi.lida@gmail.com

DOI: 10.22034/ascij.2022.1938929.1295

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی بیان ژن MyF5 و MyoG به یک جلسه فعالیت مقاومتی اکسنتریک و کانسنتریک مجزا در عضله پهن جانبی افراد سالم بود. **در یک کارآزمایی میدانی** ۱۰ مرد سالم بصورت تصادفی در دوگروه انقباض کانسنتریک – و اکسنتریک هر گروه ۵ نفر قرار گرفتند. پروتکل های انقباض آیزوکینتیک شامل اکسنتریک و کانسنتریک اکستنشن زانو با حداکثر قدرت و سرعت زاویه ای ۶۰ درجه بر ثانیه بود. گشتاورهای تعیین شده برای هر آزمودنی به منظور همسان سازی بارکاری در هر دو پروتکل یکسان در نظر گرفته شد و سرعت رفت و برگشت ۶۰ درجه بر ثانیه بود. در ابتدا و انتهای فعالیت از بافت عضله پهن جانبی برای بررسی بیان ژن MyF5 و MyoG بایوپسی انجام شد. نتایج نشان داد، تغییرات درون گروهی MyF5 بعد از یک جلسه فعالیت، در گروه اکسنتریک (p =۰/۰۰۱) معنادار و کانسنتریک (p=۰/۰۶۹) معنادار نبود. همچنین تغییرات بین گروهی نشان دهنده عدم تفاوت بین دو گروه بود (p =۰/۶۸۱). همچنین تغییرات درون گروهی MyoG بعد از یک جلسه فعالیت، در گروه اکسنتریک (p =۰/۰۰۱) و گروه کانسنتریک (p =۰/۰۰۱) معنادار بود. همچنین تغییرات بین گروهی نشان دهنده عدم تفاوت بین دو گروه بود (p =۰/۳۷۱). درمجموع مطالعه حاضر نشان داد یک جلسه فعالیت اکسنتریک و کانسنتریک منجر به تغییر فاکتورهای درگیر در قدرت و هایپرتروفی عضلات اسکلتی می شود. علاوه براین، این تغییرات در مجموع در انقباض اکسنتریک بیش از کانسنتریک است.

کلمات کلیدی: انقباض اکسنتریک، انقباض کانسنتریک، MyF5، MyoG.

مقدمه

نقش فعالیت بدنی و تمرین در راستای بهبود عوامل تندرستی، آمادگی جسمانی و رقابت در عرصه ورزش قهرمانی بسیار حساس و دارای اهمیت است، بنابراین نیاز روز افزون به پژوهش‌های متعدد در راستای توسعه بهینه این عوامل، اجتناب ناپذیر است (۱۸). پژوهشگران با دستکاری متغیرها و عوامل تمرینی به راهکارهای مختلفی برای دستیابی به سطح بهینه تندرستی و اجرای ورزشی اندیشیده و رسیدن به اقتصاد حرکتی بهینه را سرلوحه پژوهش‌های خود قرار داده‌اند که نتیجه آن پیشرفت‌های گسترده در این زمینه

است. کارایی تمرین ورزشی به شدت، حجم، زمان و تواتر تمرینات و توانائی ورزشکار بستگی دارد، بنابراین تلاش‌های بسیاری انجام گرفته تا تعادل بین بار تمرینات و تحمل ورزشکاران، کمی و قابل بررسی و اندازه گیری شود (۱۳). از طرفی هایپرتروفی عضلانی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله سلول-های ماهواره‌ای است که هنگام تمرین و مخصوصاً تمرین مقاومتی برونگرا که باعث ایجاد آسیب در سطح سلول و در نتیجه فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای می-شود منجر به افزایش حجم عضلانی یا همان هایپرتروفی می‌گردد (۱۲).

هنگامی که در اثر تمرین مقاومتی سلول‌های عضلانی آسیب می‌بیند سلول‌های ماهواره‌ای فعال شده که این سلول‌ها با عوامل ژنی تنظیم کننده عضله (MRFs) که به عوامل تنظیمی میوژنیک که شامل عامل تمایز میوژنیکی (MyoD)، عامل تنظیم عضلانی (MRF4)، عامل میوژنیکی ۵ (MyF5) و میوژنین (MyoG) می-باشند، کنترل می‌گردد (۱۶). عامل میوژنیکی (MyF5) و میوژنین دو عضو مهم خانواده MRFs است که در هسته سلول عضلانی قرار داشته و در هایپرتروفی عضلانی نیز نقش دارند. به‌طور موازی باعث تشکیل تارهای عضلانی قطورتر و ترمیم یافته می‌شوند (۱۰). پژوهش‌های گوناگونی نشان داد که به دنبال تمرین مقاومتی، مقدار بیان mRNA عوامل میوژنیک MyF5 و MyoG افزایش می‌یابد.

بیکل و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که یک جلسه فعالیت مقاومتی موجب افزایش سه برابر mRNA میوژنین می‌شود. آنها به این نتیجه رسیدند که بیان بعضی از MRFs ، ۱۲ تا ۲۴ ساعت پس از یک جلسه فعالیت مقاومتی افزایش می‌یابد (۲).

علاوه بر موارد ذکر شده، MyF5 به‌عنوان اولین و میوژنین به‌عنوان آخرین عامل درگیر در عضله سازی از عوامل اصلی این فرایند هستند (۱۵).

مطالعات گذشته نشان داده‌اند فعالیت ورزشی به‌عنوان یک استرس فیزیولوژیک میتواند فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای و به تبع آن، عوامل عضله‌سازی، مانند MyF5را تحت تأثیر قرار دهد. بیگلری و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند تمرینات HIIT، به افزایش بارز بیان ژن MyF5، میوژنین و وزن عضلهٔ دوقلوی موش های صحرایی منجر شد (۳).

جورمینگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند تمرینات همزمان هوازی با شدت بالا و تمرینات مقاومتی منجر به افزایش MyF5 می شود.

از طرفی بر طبق گزارش های قبلی، تمرینات مقاومتی باعث سازگاری‌های عصبی–عضلانی می‌گردند و زمان اجرای انقباضات عضلانی زیربیشینه را بهبود می‌بخشد (۵). امروزه نقش دستکاری نوع انقباض عضلانی در تمرینات مقاومتی نیز مسئله مهمی تلقی می‌شود، زیرا اکثر برنامه‌های تمرینی و بازتوانی شامل هر دو انقباض کانسنتریک و اکسنتریک طی هر تکرار می-باشند. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت اکسنتریک از نظر متابولیک در سطح پایین‌تری از فعالیت کانسنتریک است، اما همواره منجر به آسیب بیشتر تارعضلانی و پاسخ‌های التهابی بیشتر می‌شود (۱۸).

هورتوباگی و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های برونگرا نسبت به دورنگرا سازگاری‌های بیشتری ایجاد می‌کنند (۶) در صورتی که کی و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیق خود به سازگاری‌های عصبی یکسانی در هر دو نوع تمرین دست یافتند (۸).

از طرفی همانطور که اشاره شد نوع و شکل تمرین نقش مهمی در سازگاری های عصبی–عضلانی بازی می کند. بااین حال مطالعات بسیار کمی درباره اثرات انواع انقباضات بر روی بافت عضلانی انجام شده است، لذا پژوهش حاضر درنظر دارد تا به این سوال

پاسخ دهد آیا یک جلسه فعالیت اکسنتریک و کانسنترک بر بیان ژن‌های MyF5 و MyoG تاثیر دارد؟

مواد و روش‌ها

آزمودنی‌ها: در یک کارآزمایی میدانی از بین مردان جوان سالم و فعال،۱۸ تا ۳۰ سال ، (افرادی که به منظور سلامت عمومی بدن و ارتقای ترکیب بدنی حداقل۳ روز به صورت تفریحی تمرین مقاومتی انجام می‌دادند، ۱۰ مرد سالم بصورت تصادفی در هر یک از گروه‌ها (گروه کانسنتریک ۵ نفر- گروه اکسنتریک ۵ نفر) تقسیم شدند. به منظور تعیین سلامتی آزمودنی‌ها و به حداقل رساندن خطرهای مرتبط با سیستم قلبی عروقی از راهنمای سلامت کالج پزشکی ورزشی آمریکا استفاده شد. آزمودنی ها شش ماه قبل از شرکت در مطالعه عمل جراحی نداشته و در زمان مطالعه تحت درمان دارویی نبودند. همچنین کد اخلاق این پژوهش IR.UT.SPORT.REC.1397.029 که توسط دانشگاه تهران صادر و در سایت وزارت بهداشت جمهوری اسلامی ایران به ثبت رسیده است. پس از انتخاب آزمودنی‌ها، اهداف و اقدامات مطالعه برای آنان شرح داده شد و آنها فرم رضایت‌نامه شرکت در مطالعه را امضاء نمودند. مشخصات آزمودنی‌ها در جدول یک ارائه شده است.

پروتکل فعالیت کانسنتریک و اکسنتریک: آزمودنی ها در هر جلسه ابتدا پس از مراجعه به آزمایشگاه به مدت ۱۰ دقیقه به حالت نشسته استراحت کردند و مراحل کار بار دیگر برای آنها به منظور اطمینان از درک آنها از نحوه اجرای تمرین مرور شد. پس از آن آزمودنی بر روی صندلی دینامومتر نشسته و تنظیمات برای آماده سازی دستگاه صورت گرفت. این تنظیمات شامل جهت‌گیری دینامومتر ۹۰ درجه، تیلت دینامومتر. درجه، جهت‌گیری صندلی ۹۰ درجه، تیلت پشتی صندلی ۸۵ درجه، دامنه حرکت ۰ تا ۹۰ درجه و محور چرخش دینامومتر در صفحه ساجیتال در راستای خطی که از کندیل خارجی محور می گذرد انتخاب شد. گرم کردن اختصاصی با سیستم آیزوکینتیک شامل ۲ ست ۵ تایی و زمان استراحت بین هر ست ۳۰ ثانیه بود. آزمودنی‌ها سپس یکی از دو پروتکل مختلف انقباض عضلانی آیزوکینتیک که از قبل و به صورت تصادفی برای آنها تعیین شده بود را با پای راست اجرا کردند. پس از اتمام فعالیت پای تمرین کرده بدون هیچ فشاری تا زمان انجام بایوپسی ثابت نگاه داشته شد. بایوپسی از هر آزمودنی ۳ تا ٤ ساعت پس از اتمام پروتکل تمرینی انجام شد. طی اجرای پروتکل در انتهای هر ست میزان درک فشار با استفاده از مقیاس ۲۰ نمره‌ای بورگ (RPE) تعیین گردید . مقیاس بورگ همبستگی بالایی با میزان HR، میزان تنفس و تجمع اسید لاکتیک دارد و یکی از راه-های تعیین شدت فعالیت بدنی می‌باشد. از آزمودنی ها خواسته شد که پس از اتمام هر ست عدد مربوط به مقیاس بورگ را اعلام کنند. زمانیکه آزمودنی عدد ۲۰ را اعلام می‌کرد با تشویق کلامی ۲ ست دیگر تمرین ادامه پیدا می‌کرد و هنگامی که توانایی اجرای کامل پروتکل توسط آزمودنی وجود نداشت، تمرین متوقف می شد. پروتکل های انقباض آیزوکینتیک شامل اکسنتریک و کانسنتریک اکستنشن زانو با حداکثر قدرت و سرعت زاویه ای ٦۰ درجه بر ثانیه بود. گشتاورهای تعیین شده برای هر آزمودنی به منظور همسان سازی بارکاری در هر دو پروتکل یکسان در نظر گرفته شد و سرعت رفت و برگشت ٦۰ درجه بر ثانیه بود. انقباض‌ها شامل حدکثر ۱۲ ست ۱۰ تکراری برای پای برتر، زمان استراحت بین هر ست ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد. بدیهی است که زمان اجرای تمرینات اکسنتریک بیشتر از تمرینات کانسنتریک بود.

نمونه برداری بافت عضله: در ابتدا و انتهای مطالعه از بافت عضله پهن جانبی بایوپسی انجام شد. نمونه

بایوپسی در شرایط پایه برای بار اول و پس از انجام تمرین در شرایط کاملا استریلیزه و در بیمارستان فوق تخصصی بقیه‌الله و توسط فوق تخصص جراحی ارتوپد انجام شد (٤). بایوپسی‌های عضلانی پوستی (۱۵ تا ۲۰ میلی‌گرم) از قسمت میانی عضله پهن جانبی در نقطه میانی بین کشکک و تروکانتر بزرگتر ران در یک عمق بین ۱ تا ۲ سانتی‌متر بر اساس روش‌های قبلا تأیید شده به دست آمد. برای تمامی آزمودنی‌ها از پای راست استفاده شد. ناحیه بایوپسی تمیز شده و موهای پا در آن ناحیه کاملا برداشته شد و با صابون ضد عفونی شسته و با الکل ضدعفونی شد. علاوه بر این، مکان بایوپسی با سم‌زدایی نیز با بتادین (آنتی‌سپتیک مایع) ضدعفونی شد. یک ناحیه کوچک از پوست تمیز شده، تقریبا ۲ سانتی متر قطر، با یک تزریق زیر جلدی ۰/۱ میلی‌لیتر موضعی لیدوکائین بی حس شد. پس از بی‌حسی، یک نمونه بیوپسی آسپیراسیون سوزنی با اندازه ١٦ اینچی (Tru-Core I Biopsy Instrument، Techniques Device Technologies، Gainesville، FL) در عمق تقریبی ۱ سانتی‌متر برای استخراج نمونه عضلانی قرار گرفت. پس از بایوپسی اولیه، بایوپسی بعدی، با استفاده از نشانه‌های پیش بایوپسی و نشانه های عمق روی سوزن، بافت عضلانی را از تقریبا همان مکان اولیه استخراج شد. پس از استخراج عضله، بافت چربی از نمونه های عضلانی برداشته شد. نمونه‌ها بلافاصله در دمای −۸۰ درجه سانتی گراد ذخیره شدند. در هر یک از دو جلسه آزمون، دو نمونه عضلانی به دست آمد که مجموعا ۱۰ نمونه عضلانی طی دوره مطالعه برای هر گروه و در کل ۲۰ نمونه به دست آمد.

اندازه‌گیری بیان MyF5 و MyoG بافتی: برای بررسی بیان ژن‌های MyF5 و MyoG ، در هر گروه بررسی بافت‌ها با تکنیک Real Time PCR استفاده شد. ابتدا طراحی پرایمر انجام شد و سپس RNA کل از بافت ها استخراج گردید و به cDNA تبدیل گردید. سپس cDNA به روش PCR تکثیر شده و از نظر بیان ژن های ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت. از تکنیک RT-qPCR جهت تایید بیان ژن‌های مورد مطالعه به صورت کمی استفاده شد. برای این منظور ابتدا با استفاده از محلول کیازول، RNA کل سلول‌ها طبق پروتکل سیناژن استخراج شد و جهت اطمینان از آلودگی با DNA ژنومیک، در معرض (DNase I Fermentas) قرار گرفت. سپس کیفیت RNAهای استخراج شده با دستگاه اسپکترفتومتری (,DPI-1 Kiagen) مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تهیه cDNA تک رشته‌ای از پرایمر (-Oligo dt MWG Biotech, Germany) و آنزیم نسخه برداری معکوس (Fermentas) و بر اساس پروتکل مربوطه انجام شد. هر واکنش PCR با استفاده از PCR master mix (Applied Biosystems) و SYBER Green در دستگاه ABI Step One (Applied Biosystems, Sequences Detection Systems. Focter City, CA) طبق پروتکل شرکت سازنده انجام گرفت. ٤٠ سیکل برای هر چرخه Real-Time PCR در نظر گرفته شد و دماهای هر سیکل شامل ٩٤ درجه سانتیگراد برای ۲۰ ثانیه، ٦٠–٥٨ درجه سانتیگراد برای ۳۰ ثانیه و ۷۲ درجه سانتی گراد برای ۳۰ ثانیه تنظیم شدند. نمودار Melting جهت بررسی صحت واکنش‌های PCR انجام شده و به صورت اختصاصی برای هر ژن و در هر بار از واکنش به همراه نمودار کنترل منفی جهت بررسی وجود آلودگی در هر واکنش مورد ارزیابی قرار گرفت. نسبت بیان ژن‌های مورد بررسی در این مطالعه، با روش مقایسه‌ای چرخه آستانه (Thereshold Cycle: CT) مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از جمع آوری داده‌ها برای تجزیه و تحلیل داده‌های این پژوهش ازروش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و

انحراف استاندارد داده‌ها استفاده شد و از آمار استنباطی برای مقایسه گروه ها با هم استفاده شد. برای مقایسه دو گروه از آزمون کوواریانس استفاده شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS21 و برای رسم نمودارها از نرم افزار Exell 2013 استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات عمومی آزمودنی‌ها (اطلاعات بر اساس میانگین و انحراف استاندارد)

متغیر	گروه‌ها	میانگین ± انحراف استاندارد
وزن (کیلوگرم)	گروه فعالیت کانستریک	۷۱/۵۰±۸/۱۶
	گروه فعالیت اکستریک	۷۲/۱۰±۹/۶۱
BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	گروه فعالیت کانستریک	۲۳/۴۵±۲/۲۶
	گروه فعالیت اکستریک	۲۴/۲۶±۱/۹۷
قد (سانتیمتر)	گروه فعالیت کانستریک	۱۷۸/۸۰±۴/۲۶
	گروه فعالیت اکستریک	۱۷۶/۲۶±۴/۶۷
سن (سال)	گروه فعالیت کانستریک	۲۶/۷۶±۳/۴۵
	گروه فعالیت اکستریک	۲۵/۱۵±۲/۶۸

جدول ۲- پروتکل فعالیت در گروه های اکستریک و کانستریک

گروه	تعداد ست	تعداد حرکت	استراحت بین ست
اکستریک	حداکثر ۱۲ ست	۱۰ تکرار	۳۰ ثانیه استراحت بین ست ها با سرعت پایین
کانستریک	حداکثر ۱۲ ست	۱۰ تکرار	۳۰ ثانیه استراحت بین ست ها با سرعت بالا

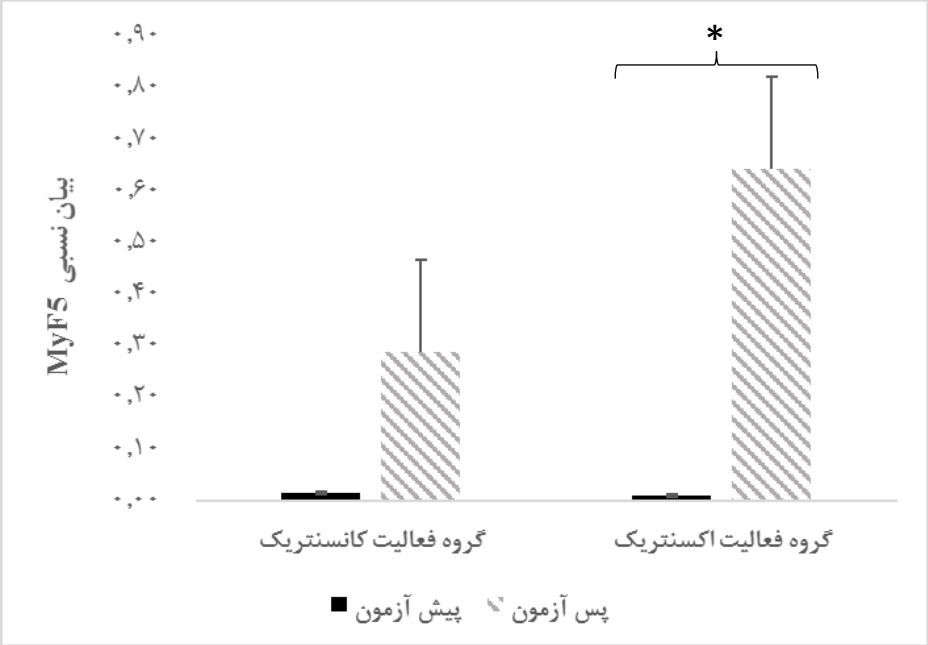
جدول ۳- توالی پرایمرهای استفاده شده در تکنیک Real Time PCR

ژن	Forward/Reverse	پرایمر (۳ → ۵)
MyF5	F	TTATTCCCACCATCCCACCTCT
	R	CCTCTTCCCTTTTCCCTTACCA
MyoG	F	CAAGCAGAAGAAGGAGTTGGAG
	R	CGAGATGAGTTAGAAGTTGATG
hGAP	F	GCA GGG ATG ATG TTC TGG
	R	CTT TGG TAT CGT GGA AGG AC

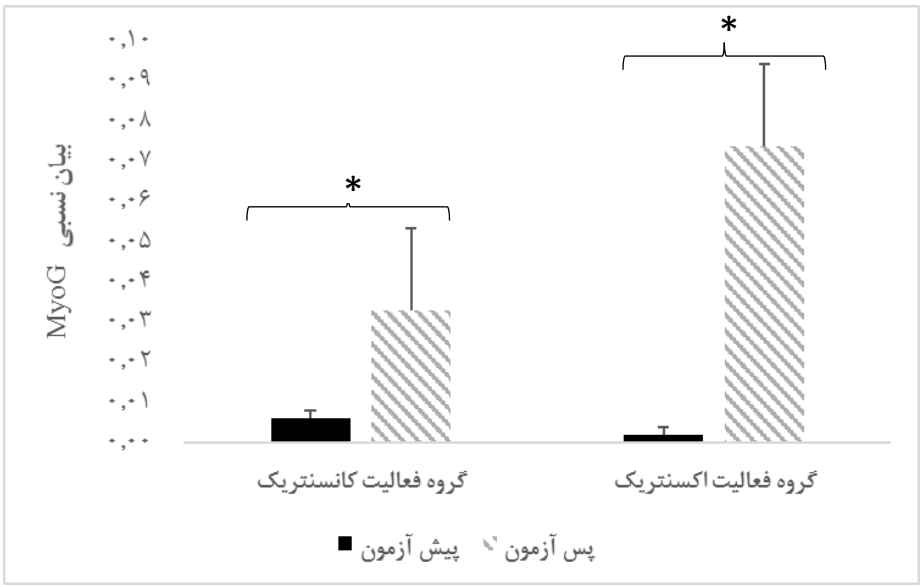
نتایج

شکل‌های ۱ و ۲ تغییرات مقادیر بیان ژن MyF5 و MyoG را در دو گروه فعالیت کانستریک و اکستریک نشان می‌دهد. نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری در میزان بیان MyF5 عضله پهن جانبی گروه‌های تحقیقی مشاهده نشد (p ۰/۳۰۷ = و F= ۱/۲۱۲). همچنین بین مقادیر پیش آزمون و پس آزمون MyF5 گروه فعالیت کانستریک تفاوت معنادار وجود ندارد (p =۰/۰۶۹). اما در گروه فعالیت اکستریک تفاوت معنادار وجود دارد (p =۰/۰۰۱). نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که تفاوت معناداری در میزان بیان ژن MyoG عضله پهن جانبی بین گروه-های تحقیقی مشاهده نشد (p = ۰/۶۰۱ و F= ۰/۱۸۴). همچنین بین مقادیر پیش آزمون و پس آزمون MyoG

گروه فعالیت کانسنتریک (p =۰/۰۰۱) و گروه فعالیت اکسنتریک (p =۰/۰۰۱) تفاوت معنادار وجود دارد.



شکل ۱- مقادیر بیان نسبی MyF5 در پیش آزمون و پس آزمون دو گروه. مطابق با تحلیل آماری بین مقادیر پیش آزمون و پس آزمون MyF5 گروه فعالیت کانسنتریک تفاوت معنادار وجود ندارد ($p \geq$ ۰/۰۵)، اما در گروه فعالیت اکسنتریک تفاوت معنادار وجود دارد ($p \leq$ ۰/۰۵). * تفاوت معنی‌دار پیش آزمون و پس آزمون ($p \leq$ ۰/۰۵).



شکل ۲- مقادیر بیان نسبی MyoG در پیش آزمون و پس آزمون دو گروه. مطابق با تحلیل آماری بین مقادیر پیش آزمون و پس آزمون MyoG گروه فعالیت کانسنتریک و گروه فعالیت اکسنتریک تفاوت معنادار ($p \leq$ ۰/۰۵) وجود دارد. * تفاوت معنی‌دار پیش آزمون و پس آزمون ($p \leq$ ۰/۰۵).

بحث

یافته‌های تحقیق حاضر افزایش معنادار بیان MyF5 و MyoG را در گروه اکستریک نشان داد. همچنین تغییرات MyoG در گروه کانسنتریک نیز معنادار بود. مطالعات گذشته حاکی از آن است که از بین انواع مداخله‌های ورزشی، تمرین‌های مقاومتی بیشترین اثر را بر فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای دارند (۱). باوجود این ندروین و همکارانش (۲۰۱۵) در مطالعه ای، نشان دادند، شدت انقباض عضلانی نقش مهمی بر فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای دارد (۱٤). فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای، بیان MRFs، شامل MyoD ،Myf5 و میوژنین افزایش می‌یابد که به تکامل مراحل عضله سازی منجر می شود (۱۵). کوسک و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند تمرین مقاومتی در افراد جوان و سالمند باعث افزایش mRNA میوژنین و MyoD در افراد جوان و سالمند افزایش شد، اما Mrf5 فقط در افراد جوان افزایش یافت (۹). از سوی دیگر شواهد موجود حاکی از آن است که پاسخ عوامل میوژنیک به فعالیت ممکن است به نوع پروتکل (یک جلسه ای یا چند جلسه ای) یا نوع فعالیت عضلانی (الکتریکی یا تمرین با وزنه) و نوع تار درگیر در فعالیت بستگی داشته باشد (۷; ۱۹). همچنین بیگلری و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی اثر یک دوره تمرین تناوبی خیلی شدید بر بیان ژن برخی عوامل عضله سازی در عضلهٔ اسکلتی موش های صحرایی پرداختند. نتایج نشان داد، بیان ژن Mrf5 و میوژنین در گروه HIIT در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری افزایش داشت. همچنین، وزن عضلهٔ دوقلو در گروه تمرینی در مقایسه با گروه کنترل افزایش معناداری داشت (۳). در این مطالعه نشان داده شد پس از فعالیت های اکسنتریک و کانسنتریک بیان دو ژن MyF5 و MyoG افزایش معناداری، به جز MyF5 در فعالیت کانسنتریک، را نشان داد.

صالح پور و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش دادند که سطح میوژنین در پاسخ به تمرین مقاومتی دایره‌ای بالاتر از سطوح جلسه کنترل است و تعامل بین زمان-های مختلف با در نظر گرفتن نوع جلسه تمرین بر میزان میوژنین اثر معناداری دارد، همچنین سطوح میوژنین بلافاصله پس از فعالیت مقاومتی دایره‌ای به میزان معناداری بیشتر از سایر زمان ها است، بطوری که میزان میوژنین بلافاصله بعد از فعالیت ۱۱۵٪ بیشتر از قبل از فعالیت بود. جورمینگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز به بررسی تمرینات همزمان هوازی با شدت بالا (شدت ۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب) و تمرینات مقاومتی (۱۰ تا ۱۲ تکرار با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه) بر تغییرات MyF5 در مردان جوان پرداختند. برنامه تمرینی به مدت ۳ هفته، انجام شد. نمونه های خونی قبل، بلافاصله و بعد از ۳۰ دقیقه بعد از تمرین و همچنین ۲٤ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین گرفته شد. نتایج نشان داد، MyF5 نسبت به پیش آزمون در همه مراحل افزایش داشته است. همراستا با نتایج فرانچی و همکاران (۲۰۱٤)، صرف نظر از بار تمرینی بیشتر در گروه اکستریک، افزایش بیان ژن MyF5 و میوژنین در هر دو گروه تقریبا برابر بود. بنظر می رسد پاسخ های مولکولی نشان داد که مقادیر فاکتورهای میوژنیک بعد از ۳۰ دقیقه از فعالیت ورزشی بین انقباض‌های مختلف معنادار باشد (۱۱). رائو و همکاران (۲۰۰٦) طی تحقیقی بیان ژن میوژنیک را در حالت استراحت و بعد از یک جلسه تمرین مقاومتی در زنان جوان و سالمند مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد که سطح MyoD، MRF4 ، Myf5، میوژنین و میوستاتین در آزمودنی های سالمند در زمان استراحت بالاتر از آزمودنی های جوان بود. فعالیت مقاومتی سبب افزایش

MyoDبرابر و MRF4 و MyoG و کاهش میوستاتین در هردو گروه شد (۱۷).

یانگ و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش خود دوره زمانی بیان ژن میوژنیک و متابولیک در پاسخ به یک جلسه فعالیت مقاومتی و دویدن برروی تردمیل را در عضله اسکلتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، در گروه استقامتی mRNA MyoD پس از فعالیت ۵ تا ۸ برابر پس از گذشت ۸ تا ۱۲ ساعت افزایش داشت. درحالیکه هیچ تغییری در میوژنین و MRF4 و Myf5 در قبل و ۲٤ ساعت بعد از فعالیت مشاهده نشد. یافته های این تحقیق حاکی از این است که زمان افزایش بیان ژنی متغیر است و عموماً پس از گذشت ٤ تا ۸ ساعت بعد از فعالیت به نقطه اوج خود می رسد و ۲٤ ساعت بعد از فعالیت به حالت اولیه برمی گردد (۱۹). در نهایت بیکل و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که یک جلسه فعالیت مقاومتی سبب افزایش سه برابر mRNA میوژنین می‌شود. آنها به این نتیجه رسیدند که بیان برخی از MRFs ، ۱۲ تا ۲٤ ساعت بعد از یک جلسه فعالیت مقاومتی افزایش می‌یابد (۲).

در نهایت، افزایش بارز بیان ژن MyF5 و MyoG پس از اجرای انقباضات اکسنتریک و کانسنتریک به عنوان یافته‌ای جدید در این مطالعه بود. محدودیت اصلی این پژوهش عدم دسترسی به نمونه های بیشتر بود که به ناچار با تعداد نمونه ۵ در هر گروه پژوهش انجام شد. محدودیت دیگر این پژوهش عدم حمایت مالی بود که سبب شد از روش‌های وسترن بلات جهت اطمینان از تبدیل mRNA متغیرهای مورد نظر به پروتئین، ایمونوهیستوشیمی برای اطمینان از تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای استفاده نشود.

نتیجه‌گیری

بسیاری از سازگاری‌ها مانند افزایش قدرت و توده بدون چربی، ناشی از تمرینات مقاومتی تکراری می باشد و این به دلیل درجه بالای شکل پذیری عضله اسکلتی در پاسخ به فشار تمرینی است. محرک‌های تمرینی متفاوت در ورزش‌های مقاومتی می‌تواند پاسخ‌های مولکولی متفاوتی را در ارتباط با سازگاری های ویژه عضله اسکلتی به نوع تمرین مقاومتی ایجاد کند. تجویز یک برنامه مقاومتی باید با توجه به دستکاری‌های انجام شده در متغیرها صورت گیرد. متغیرهای تمرینی شامل شدت، حجم و زمان تحت تنش می‌باشد. دستکاری هر یک از این متغیرها می تواند در نتیجه نهایی تاثیر گذار باشد. البته باید در نظر داشت که دستکاری تنها یک متغیر می تواند مطالعه اثر دیگر متغیرها را در پاسخ های مولکولی غیر ممکن کند. درمجموع مطالعه حاضر نشان داد یک جلسه فعالیت اکسنتریک و کانسنتریک منجر به تغییر فاکتورهای درگیر در قدرت و هایپرتروفی عضلات اسکلتی می‌شود. علاوه براین، این تغییرات در مجموع در انقباض اکسنتریک بیش از کانسنتریک است.

منابع

1. Bazgir, B., Fathi, R., Valojerdi, M.R., Mozdziak, P., and Asgari, A. 2017. Satellite cells contribution to exercise mediated muscle hypertrophy and repair. *Cell Journal (Yakhteh)*, 18(4): 473.

2. Bickel, C. S., Slade, J., Mahoney, E., Haddad, F., Dudley, G. A., and Adams, G. R. (2005). Time course of molecular responses of human skeletal muscle to acute bouts of resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 98(2): 482-488.

3. Biglari, S., Gaeini, A. A., Kordi, M. R., and Ghardashi Afousi, A. 2018. The Effect of 8 Weeks High-intensity Interval Training on Myostatin and Follistatin Gene Expression in Gastrocnemius Muscle of the Rats. *Journal of Arak University of Medical Sciences*, 21(1): 1-10.

4. Dieli-Conwright, C. M., Kiwata, J. L., Tuzon, C. T., Spektor, T. M., Sattler, F. R.,

eccentric-concentric vs concentric training in males. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(11): 2101-2115.

12. McCarthy, J. J., Mula, J., Miyazaki, M., Erfani, R., Garrison, K., Farooqui, A. B., Keller, C. 2011. Effective fiber hypertrophy in satellite cell-depleted skeletal muscle. *Development*, 138(17): 3657-3666.

13. Meckel, Y., Eliakim, A., Seraev, M., Zaldivar, F., Cooper, D. M., Sagiv, M., and Nemet, D. 2009. The effect of a brief sprint interval exercise on growth factors and inflammatory mediators. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1): 225-230.

14. Nederveen, J., Joanisse, S., Séguin, C., Bell, K., Baker, S., Phillips, S., Parise, G. 2015. The effect of exercise mode on the acute response of satellite cells in old men. *Acta Physiologica*, 215(4): 177-190.

15. Petrella, J. K., Kim, J.-s., Mayhew, D. L., Cross, J. M., and Bamman, M. M. (2008). Potent myofiber hypertrophy during resistance training in humans is associated with satellite cell-mediated myonuclear addition: a cluster analysis. J*ournal of Applied Physiology*, 145(3), 633-642.

16. Psilander, N., Damsgaard, R., and Pilegaard, H. 2003. Resistance exercise alters MRF and IGF-I mRNA content in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 95(3): 1038-1044.

17. Raue, U., Trappe, T. A., Estrem, S. T., Qian, H.-R., Helvering, L. M., Smith, R. C., and Trappe, S. 2012. Transcriptome signature of resistance exercise adaptations: mixed muscle and fiber type specific profiles in young and old adults. *Journal of Applied Physiology*, 112(10): 1625-1636.

18. Taghibeikzadehbadr, P., Shirian, S., and Sabouri, M. 2020. Effect of different muscle contraction mode on the expression of Myostatin, IGF-1, and PGC-1 alpha family members in human vastus lateralis muscle. *Molecular Biology Reports*, 47(12): 9251-9258.

Rice, J. C., and Schroeder, E. T. 2016. Acute Response of PGC-1alpha and IGF-1 Isoforms to Maximal Eccentric Exercise in Skeletal Muscle of Postmenopausal Women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4): 1161-1170.

5. Fang, Y., Siemionow, V., Sahgal, V., Xiong, F., Yue, G. H. 2001. Greater movement-related cortical potential during human eccentric versus concentric muscle contractions. *Journal of Neurophysiology*, 86(4): 1764-1772.

6. Hortobagyi, T., Barrier, J., Beard, D., Braspennincx, J., Koens, P., Devita, P., Lambert, J. 1996. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. *Journal of Applied Physiology*, 81(4): 1677-1682.

7. Hughes, S. M., Chi, M. M.-Y., Lowry, O. H., and Gundersen, K. 1999. Myogenin induces a shift of enzyme activity from glycolytic to oxidative metabolism in muscles of transgenic mice. *The Journal of Cell Biology*, 145(3): 633-642.

8. Kay, D., St Clair Gibson, A., Mitchell, M. J., Lambert, M. I., and Noakes, T. D. 2000. Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(6): 425-431.

9. Kosek, D. J., Kim, J.-s., Petrella, J. K., Cross, J.M., Bamman, M.M. 2006. Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *Journal of Applied Physiology*, (1985). 101(2): 531-544.

10. Lee, J.H., Jun, H.S. 2019. Role of myokines in regulating skeletal muscle mass and function. *Front Physiology*, 10(42): 27-35.

11. Mallinson, J.E., Taylor, T., Constantin-Teodosiu, D., Billeter-Clark, R., Constantin, D., Franchi, M. V., Greenhaff, P. L. 2020. Longitudinal hypertrophic and transcriptional responses to high-load

19. Yang, Y., Creer, A., Jemiolo, B., and Trappe, S. 2005. Time course of myogenic and metabolic gene expression in response to acute exercise in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 98(5): 1745-1752.

Gene Expression of MyF5 and MyoG Genes of Eccentric and Concentric Resistance Activity in the Vastus Lateralis Muscle of Healthy Individuals

Farzaneh Akhgar[1], Lida Moradi[1]*, Yaser Kazemzadeh[2]

1. Department of Physical Education and Sport Science, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Department of Sport Physiology, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran

Abstract

This study was mainly aimed at investigating gene expression of MyF5 and MyoG genes of eccentric and concentric resistance activity in the vastus lateralis muscle of healthy individuals. Ten healthy men were randomly assigned to two groups of concentric and eccentric contractions of five. Isokinetic contraction protocols included eccentric and concentric knee extension with a maximum power and angular velocity of 60 degrees per second. The torque set for each subject was considered the same in both protocols in order to match the load, and the reciprocating speed was 60 degrees per second. At the beginning and end of the activity, extensive biopsy was performed to examine the expression of MyF5 and MyoG genes. Results revealed that intra-group changes of MyF5 after one session of exercise were significant in eccentric ($p = 0.001$) and non-significant in concentric ($p = 0.069$) group. Moreover, inter-group changes showed no difference between the two group ($p = 0.371$). Besides, intra-group MyoG changes after one session of exercise were significant in the eccentric group ($p = 0.001$) and concentric group ($p = 0.001$). Furthermore, inter-group changes showed no difference between the two groups ($p = 0.681$). Overall, the present study showed that a session of eccentric and concentric activity leads to changes in the factors involved in skeletal muscle strength and hypertrophy. In addition, these changes in aggregate eccentric contraction are more than concentric.

Keywords: Eccentric Contraction, Concentric Contraction, MyF5, MyoG.