



بررسی تغییرات عوامل فعال کننده سلول‌های ماهوارهای ناشی از تمرینات مقاومتی دایره‌ای و عملکردی شدید در مردان ۱۸-۲۸ سال غیر فعال

عماد سلطانیان^۱، الله یار عرب مومنی^{۲*}

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

۲- گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

چکیده	مقاله پژوهشی اصیل
مقدمه عوامل سلول ماهواره‌ای ظرفیت قابل توجهی برای بازسازی عضله اسکلتی فراهم می‌کنند؛ اما این که این سلول‌ها تا چه حد سازگاری ناشی از ورزش را تسهیل می‌کنند، روشن نیست؛ از این رو مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات عوامل فعال کننده سلول‌های ماهواره‌ای (Myf-5 و MyoD) ناشی از تمرینات مقاومتی دایره‌ای و عملکردی شدید در مردان ۱۸-۲۸ سال غیر فعال انجام گرفت. مواد و روش‌ها در این مطالعه نیمه تجربی، با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه شاهد، از بین مردان ۱۸-۲۸ سال غیر فعال شهر اصفهان، ۴۵ نفر به صورت در دسترس انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه تمرینات عملکردی شدید (۱۵)، تمرینات مقاومتی دایره‌ای (۱۵) و شاهد (۱۵) قرار گرفتند. هر دو برنامه تمرینی در ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه و هر جلسه ۴۰ تا ۵۰ دقیقه انجام گرفت. همچنین خون‌گیری در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شد. داده‌ها با استفاده از آزمون کوواریانس و آزمون تعقیبی بنفرونی با استفاده از نرم افزار SPSS-24 در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شدند. یافته‌ها نتایج مطالعه نشان داد که به دنبال هر دو روش تمرینی مقادیر Myf-5 و MyoD مردان غیر فعال افزایش معناداری یافت. ($p \leq 0/05$). این افزایش در گروه تمرین عملکردی شدید در مقایسه با گروه تمرینات مقاومتی دایره‌ای بالاتر بود ($p \leq 0/05$). نتیجه‌گیری نتایج حاکی از تغییر افزایشی مقادیر Myf-5 و MyoD ناشی از تمرینات ورزشی است؛ بنابراین این روش‌های تمرینی به ویژه تمرینات عملکردی با افزایش عوامل فعال کننده سلول‌های ماهواره‌ای می‌تواند بر هایپر تروفی و افزایش نیروی عضلانی موثر باشد. کلید واژها تمرینات عملکردی شدید، تمرینات مقاومتی دایره‌ای، سلول‌های ماهواره‌ای، Myf5، MyoD	تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸ *نویسنده مسئول: الله یار عرب مومنی؛ گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران تلفن: ۳۱۳۵۵۵۹۱۷۱ پست الکترونیک: arabmomeni@iaukhsh.ac.ir



مقدمه

درک سازوکارهای تنظیم توده عضلانی برای افزایش قدرت عضلانی و بهبود عملکرد ورزشی موضوعی حائز اهمیت برای ورزشکاران است. از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر تنظیم توده عضلانی سلول های ماهواره ای (SC) است (۱، ۲). سلول های ماهواره ای در سارکولما و لایه پایه قرار دارند و بنابراین به سیگنال های ناشی از فیبرهای عضلانی پاسخ می دهند (۳) و در نتیجه باعث ترمیم فیبر عضله اسکلتی و رشد می شوند (۴). هنگام فعالیت بدنی یا آسیب عضلانی، سلول های ماهواره ای فعال می شوند و برای سنتز میونوکله های جدید تمایز پیدا کرده و به میوفیبرها تبدیل می شوند (۵). خانواده ای از پروتئین ها تنظیم کننده میوژنیک (MRF) مانند: Myo-5 (میوژنیک ۵)، MyoD (عامل تمایز میوژنیک) و میوژنین، میزان میوژنیک را کنترل می کنند و سلول های بنیادی را تحت تأثیر قرار می دهند تا به سلول های دودمان میوژنیک تمایز یابند. در این فرایند، بیان فاکتورهای تنظیم کننده میوژنیک افزایش می یابد و پیشرفت میوژنیک تنظیم می شود (۶، ۷).

Myf5 اولین MRF است که در طی میوژنز جنینی بیان می شود و به عنوان فاکتور رونویسی ژن های تنظیم کننده میوژن عمل می کند. MyoD، یک عامل رونویسی است که مدت کوتاهی پس از Myf5 بیان می شود. این ژن به دنباله های تقویت کننده ژن های خاص عضلات متصل می شود و یک عامل تنظیم کننده سلول های عضلانی (MRF) است که بوسیله BetaM تحریک می شود. BetaM به ناحیه تنظیم کننده دیستال MyoD متصل می شود و تغییرات اپی ژنتیک مرتبط با فعال سازی رونویسی را افزایش می دهد (۸)؛ از این رو MyoD و Myf5 در تعیین، تمایز و بازسازی سلول های ماهواره ای، نقش مهمی دارند (۹). اگر چه این ژن ها در عضلات بیان می شوند و بافت برداری بهترین روش

ارزیابی است، ولی به علت موازین اخلاقی این روش با محدودیت هایی رو به روست؛ بنابراین در مطالعات از سطوح سرمی آنها استفاده می شود و به نظر می رسد، این شیوه نیز می تواند تغییرات این ژن ها را تا حدود قابل قبولی منعکس کند.

سلول های ماهواره ای از قابلیت انعطاف پذیری قابل توجهی برخوردار هستند و می توانند به طیف گسترده ای از محرک ها مانند آسیب، کوفتگی و فعالیت بدنی پاسخ دهند (۳). گزارش شده است که افزایش فعالیت عضلانی باعث افزایش تکثیر سلول های ماهواره ای می شود (۱۰)؛ با وجود این هنگام بررسی تغییرات سلول های ماهواره ای ناشی از تمرین باید عوامل تمرینی (فرکانس، شدت، مدت زمان و نوع/حالت تمرین) در نظر گرفته شود (۴). زمان و شدت ورزش عوامل مهمی در فعال سازی سلول های ماهواره ای هستند (۱۱) با این حال، افزایش محتوای سلول های ماهواره ای پس از ۴۰ تا ۱۵۵ دقیقه تمرین با شدت متوسط تا زیاد گزارش شده است (۱۲)، در حالی که تغییر مشابهی پس از ۳۰ دقیقه ورزش با شدت کم مشاهده نشده است (۱۳). این یافته ها نشان می دهد که شدت ورزش عامل مهمی در فعال سازی سلول های ماهواره ای است (۱۴، ۱۵). افزون بر این، افزایش فعالیت سلول های ماهواره ای به دنبال تمرین هوازی با شدت زیاد (۱۶) و کم (۱۷) گزارش شده است. از سوی دیگر، فعالیت مقاومتی که باعث هیپروتروفی عضله اسکلتی است، در این زمینه نقش مهمی دارد (۱۸). مشاهده شده است که ۲۰-۶ هفته تمرین مقاومتی همراه با مکمل های ورزشی باعث افزایش محتوای و فعالیت سلول های ماهواره ای می شود (۱۹).

با همه این اوصاف، این که میزان سازگاری سلول های ماهواره ای ناشی از تاثیر انواع تمرین چقدر است، روشن نیست (۲۰)؛ اما به نظر می رسد این سلول ها تحت تاثیر



برنامه‌های تمرینی مختلف افزایش می‌یابند (۲۱)؛ بنابراین احتمالاً ترکیبی از فعالیت هوازی و مقاومتی مانند تمرینات عملکردی شدید و تمرینات مقاومتی دایره‌ای ممکن است بیشترین افزایش را ایجاد کند. در تمرینات عملکردی شدید از فعالیت‌های هوازی تک ساختاری، حرکات تحمل وزن بدن و حرکات وزنه‌برداری استفاده می‌شود (۲۲)؛ در نتیجه این تمرینات باعث بهبود ترکیب بدنی، افزایش ظرفیت هوازی، هیپروتروفی و افزایش قدرت می‌شود (۲۳، ۲۴). تمرینات مقاومتی نیز با افزایش هایپرتروفی، قدرت و نیروی عضلانی ارتباط دارند (۱۸). با توجه به ویژگی‌های عنوان شده این تمرینات، به نظر می‌رسد دو شیوه تمرینی عملکردی شدید و مقاومتی دایره‌ای، علاوه بر اثرگذاری بر عوامل فعال کننده سلول‌های ماهوارهای و افزایش قدرت عضلانی به علت تنوع در تمرینات و سازگاری با شرایط افراد مختلف، کارایی زیادی دارند و علاقمندان به شرکت در فعالیت‌های بدنی جهت استمرار در ادامه تمرین ترغیب می‌شوند. به همین علت در این مطالعه این شیوه‌های تمرین در نظر گرفته شده‌اند. با توجه به موارد عنوان شده و محدودیت مطالعات، هدف از انجام این مطالعه بررسی تغییرات عوامل فعال کننده سلول‌های ماهوارهای ناشی از تمرینات مقاومتی دایره‌ای و عملکردی شدید در مردان ۱۸-۲۸ سال غیرفعال بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی بود و با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با دو گروه آزمایش و یک گروه شاهد اجرا شد. جامعه آماری پژوهش، شامل کلیه مردان غیرفعال با دامنه سنی ۱۸-۲۸ سال، شهر اصفهان بودند که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند، نمونه‌ای به حجم ۴۵ نفر که واجد شرایط لازم برای ورود به پژوهش بودند، انتخاب شدند و به صورت تصادفی در ۳ گروه ۱۵ نفره (دو گروه آزمایش و یک گروه شاهد) طبقه‌بندی شدند. این حجم نمونه با

استفاده از نرم افزار جی پاور (G* Power) محاسبه گردید. حداقل اندازه نمونه ۳۶ نفر (دوازده نفر در هر گروه) با احتساب آلفای ۵ درصد، بتای ۸۰ درصد و اندازه اثر ۰/۳۰ به دست آمد، ولی با توجه به افت احتمالی نمونه‌ها در مراحل مختلف تحقیق، تعداد ۱۵ نفر در هر گروه انتخاب شدند.

معیارهای ورود به پژوهش عبارت بودند از: تکمیل فرم رضایت شرکت داوطلبانه؛ مردان جوان سالم؛ ۱۸-۲۸ سال؛ نداشتن هرگونه بیماری قلبی عروقی و دیابت؛ عدم محدودیت ارتوپدی/عصبی؛ عدم استعمال دخانیات؛ عدم استفاده از دارو و عدم مصرف الکل و معیارهای خروج شامل: سابقه آسیب؛ معلولیت جسمی؛ ممنوعیت پزشکی یا مشکل ارتوپدی و غیبت بیش از دو جلسه در جلسات تمرینی بود. پس از هماهنگی لازم، آزمودنی‌ها در زمینه طرح تحقیق کاملاً توجیه شدند و فرم رضایت در مطالعه را تکمیل نمودند. به منظور رعایت اصول اخلاقی پژوهش، مشخصات فردی آزمودنی‌ها محرمانه نگه‌داشته شد و به آنها اطمینان داده شد که آزاد خواهند بود هر زمان که بخواهند، از پژوهش خارج شوند. در ضمن مطالعه حاضر دارای کد اخلاق به شناسه IR.IAU.KHSH.REC.1401.081 می‌باشد. برای اجرای طرح ابتدا اندازه‌گیری قد، وزن، شاخص BMI و خون‌گیری به‌عنوان پیش‌آزمون انجام شد. سپس گروه‌های آزمایش پروتکل تمرینی را اجرا کردند. گروه شاهد در این مدت، برنامه تمرینی نداشتند و در نهایت پس از اتمام دوره تمرینی، پس‌آزمون اجرا شد. به منظور ارزیابی متغیرهای بیوشیمیایی، نمونه‌های خونی آزمودنی‌ها در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون جمع‌آوری شد. در مرحله پیش‌آزمون یک روز قبل از شروع برنامه تمرینی و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی، نمونه خونی در فاصله زمانی ۸ الی ۱۰ صبح توسط تکنسین آزمایشگاهی و با رعایت نکات استریل از ورید بازویی دست راست آزمودنی‌ها در حالت نشسته، با



حجم ۵ سی‌سی گرفته‌شد. در مرحله پس‌آزمون نیز جهت جلوگیری از تأثیر حاد تمرین بر متغیرهای مورد مطالعه پس از گذشت ۲۴ ساعت از آخرین جلسه تمرینی بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی در بازه زمانی ۸ الی ۱۰ صبح خون‌گیری انجام شد. نمونه‌های خونی بلافاصله در یونولیت محتوی یخ خشک قرار داده‌شد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

جهت ارزیابی Myf5 و MyoD از کیت ۹۶ تایی انسانی Myf5 و MyoD (Zellbio, Germany) به روش الایزا طبق پروتکل شرکت سازنده استفاده شد و غلظت‌های پلاسمایی Myf5 و MyoD نسبت به تغییرات حجم پلاسما با استفاده از هماتوکریت و هموگلوبین بر اساس معادلات دیل و کاستیل بیان شد (۲۵).

به‌علاوه برای اندازه‌گیری قد از قدسنج (SECA model 210 Germany) با دقت ۳ میلی‌متر و برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتال (KEEP FIT model 6657 CHINA) با دقت ۰/۱ کیلوگرم استفاده شد. برای محاسبه BMI هم از فرمول $BMI = kg/m^2$ (وزن به کیلوگرم تقسیم بر توان دوم قد به متر) استفاده گردید. سطح فعالیت‌بدنی شرکت‌کنندگان نیز با استفاده از نسخه کوتاه پرسش‌نامه بین المللی فعالیت‌بدنی (IPAQ) اندازه‌گیری شد و شرکت‌کنندگانی برای مطالعه انتخاب شدند که سطح فعالیت بدنی آن‌ها کم بود. این پرسش‌نامه شامل ۴ سوال می‌باشد که در تمام افراد بزرگ‌سال در سراسر دنیا دارای

روایی و پایایی مناسب می‌باشد و ضریب همبستگی آن بین ۰/۷۷ و ۰/۹۵ است (۲۶). سوالات پرسش‌نامه درباره میزان زمان صرف شده برای انواع فعالیت‌های بدنی کم، متوسط و شدید می‌باشد. براساس پروتکل این پرسش‌نامه، فعالیت بدنی شدید این‌که فرد حداقل سه روز در هفته فعالیت شدید و یا هفت روز یا بیشتر روزها، ترکیبی از فعالیت شدید، متوسط و پیاده‌روی داشته باشد، تعریف می‌شود. فعالیت بدنی متوسط حداقل ۲۰ دقیقه در روز فعالیت شدید به مدت سه روز یا بیشتر در هفته، یا حداقل ۳۰ دقیقه در روز فعالیت متوسط و یا پیاده‌روی به مدت ۵ روز یا بیشتر در هفته یا ترکیبی از فعالیت بدنی شدید، متوسط یا پیاده‌روی ۵ روز یا بیشتر در هفته در نظر گرفته می‌شود. فعالیت بدنی کم، این‌که فرد هیچ فعالیت بدنی را گزارش نکند یا فعالیت‌های گزارش شده، طبق تعریف معادل فعالیت متوسط و شدید نباشد (۲۶).

پروتکل‌های تمرینی

پروتکل تمرینات عملکردی شدید (HIFT): پروتکل تمرین HIFT (جدول ۱) به مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه اجرا شد. مراحل تمرین شامل ده دقیقه گرم کردن به‌صورت دویدن با شدت کم، حدود ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه و حرکات کششی در ابتدای جلسه، پروتکل تمرینی اختصاصی و در نهایت ده دقیقه سرد کردن شامل دویدن نرم و حرکات کششی در پایان هر جلسه تمرین بود و به صورت زیر اجرا شد (۲۴).



جدول ۱- پروتکل تمرین عملکردی شدید

هفته ها	تمرین ها	فعالیت	شدت	حجم/دوره/روش
۱ و ۵	ایستادن و نشستن با آرنج خم (Sit-to-stand with elbow flexion) شنا (Push-ups) کرانچ با چرخش (Crunches with rotation) چرخش دمبل (Dumbbell swing) کشیدن به پایین با اسکات (Front pulldown with squat) حرکت فیله کمر با وزنه روی سرشانه از پشت ("Good morning") باز شدن لگن همراه با بالا بردن پا (Side-lying hip abduction) حرکت کول با سومو اسکات (Upright row with sumo squat) فلای دمبل با کشیدن لگن به بالا (Dumbbell fly with pelvic elevation) چرخش تنه با باند الاستیک (Elastic trunk rotation)	تمرینات مقاومتی یکپارچه، شامل تمرینات همزمان انجام فوقانی و تحتانی، حرکات چند صفحه ای، تمرینات ثبات مرکزی، هماهنگی حرکتی و تعادل	هفته ۱-۸ شاخص درک فشار ۶-۷ (۰-۱۰۰) (مقیاس بورگ، RPE)	طرح دایره ای با ۸ ایستگاه (تمرین)، ۴۰ ثانیه تمرین، ۲۰ ثانیه استراحت، ۳ تکرار، در مجموع ۲۵ دقیقه
۲ و ۶	نشر نظامی با لانچ از بغل (Front raise with side lunge) پارویی به حالت شیب دار (Suspended row) خم شدن زانو همراه با خم شدن آرنج (Knee flexion with elbow flexion) خم شدن تنه به طرفین (Trunk lateral flexion) ایستادن روی یک پا با چشم بسته (Single leg balance with eyes closed) اسکات تراست (Squat thruster) فلکشن لگن با آرنج خم (Hip flexion with elbow flexion) کرانچ با توپ (Ball crunch) نشر جانب با لانچ (Side lateral raise with lunge) پارویی زیربغل (Horizontal row) ددلیفت با وزنه (Stiff leg deadlift) پرس نیمکت (Bench press) ایستادن روی یک پا با چشم بسته (Single leg balance with eyes closed) پرس نیمکت ایستاده (Standing bench press) سومو اسکات (Sumo squat) پارویی زیربغل (Horizontal row) کرانچ (Crunch) اکستنشن لگن (Hips extension) آبداکشن و آداکشن شانه (Shoulder abduction/adduction) چرخش تنه (Trunk rotation)			
۳ و ۷				
۴ و ۸				

پروتکل تمرین مقاومتی دایره ای: پروتکل تمرین مقاومتی دایره ای به مدت ۸ هفته و هر هفته سه جلسه اجرا شد. مراحل تمرین مقاومتی دایره ای عبارت بود از: ده دقیقه گرم کردن به صورت دویدن با شدت کم؛ حدود ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه و حرکات کششی در ابتدای جلسه؛

پروتکل تمرینی اختصاصی و در نهایت ده دقیقه دویدن نرم و حرکات کششی در پایان هر جلسه تمرین. این پروتکل به صورت دایره ای، شامل ۸ ایستگاه طراحی شد و چند روز قبل از آزمون، جلساتی توجیهی برای آشنایی با ایستگاه های تمرینی، اصول صحیح تمرین با وزنه، حجم و شدت تمرین،



فرمول (تعداد تکرارها $\times (1 + 33/10)$) $\times$ مقدار وزنه = RM۱ محاسبه شد. برنامه تمرینی مقاومتی به صورت افزایشی با ۶۵٪ (RM۱) شروع و در هفته هفتم و هشتم به ۸۰٪ (RM۱) افزایش یافت (۲۷).

تعداد تکرارها و زمان استراحت بین دستگاه ها و دوره ها برگزار شد (جدول ۲). جهت اعمال شدت تمرین آزمون یک تکرار بیشینه (RM۱) قبل از مداخله تمرین و پس از ۴ هفته مداخله مجدداً محاسبه شد. یک تکرار بیشینه از طریق

جدول ۲- پروتکل تمرینات مقاومتی دایره ای

هفته	تمرینات اصلی	شدت	تکرار
اول	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۶۵ درصد (1RM)	۸ تکرار ۴ نوبت
دوم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۶۵ درصد (1RM)	۸ تکرار ۴ نوبت
سوم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۷۰ درصد (1RM)	۹ تکرار ۴ نوبت
چهارم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۷۰ درصد (1RM)	۹ تکرار ۴ نوبت
پنجم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۷۵ درصد (1RM)	۱۰ تکرار ۳ نوبت
ششم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۷۵ درصد (1RM)	۱۰ تکرار ۳ نوبت
هفتم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۸۰ درصد (1RM)	۱۱ تکرار ۲ نوبت
هشتم	پرس سینه، پرس پا، پایین کشیدن میله (زیر بغل)، دوقلو با دستگاه، جلو بازو، پشت ران با دستگاه، نشر جانبی با دمبل (صلیب)، سرشانه با هالتر	۸۰ درصد (1RM)	۱۱ تکرار ۲ نوبت

یافته ها

یافته های مربوط به ویژگی های آنترپومتریک: میانگین و انحراف معیار ویژگی های دموگرافیک آزمودنی ها در گروه های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است.

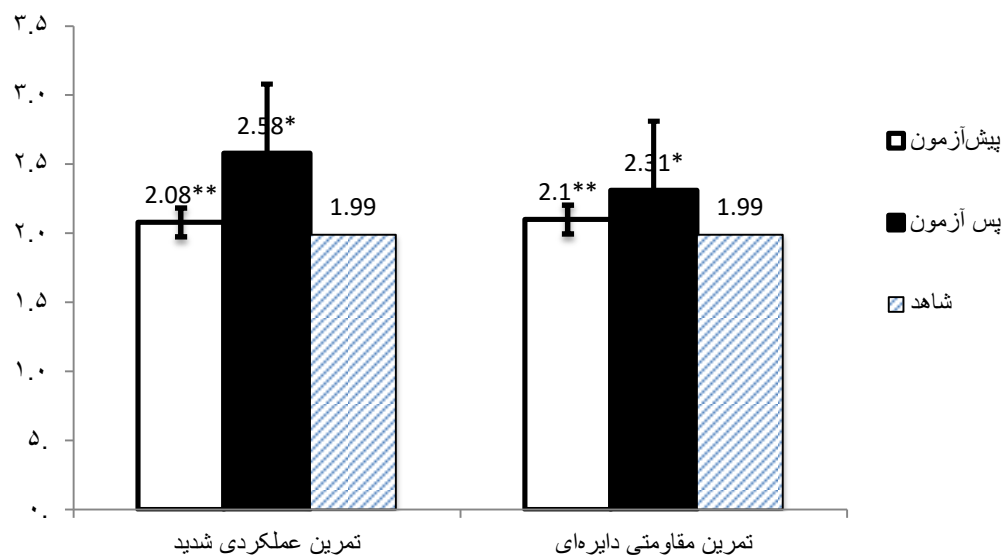
روش آماری: در این پژوهش، جهت آزمون معناداری تفاوت های میانگین گروه ها (پیش آزمون و پس آزمون) از روش آماری تجزیه و تحلیل کواریانس چند متغیری و آزمون تعقیبی بنفرونی با استفاده از نرم افزار SPSS-24 در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.



جدول ۳- میانگین و انحراف معیار مربوط به سن، قد، وزن و شاخص توده بدن آزمودنی ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتی متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)
تمرینات عملکردی شدید	۲۲/۹۳±۳/۷۵	۱۷۶/۸۰±۶/۴۸	۷۶/۴±۶۰/۷۲	۲۴/۲±۶۳/۸۴
تمرین مقاومتی دایره ای	۲۳/۸۶±۳/۴۴	۱۷۴/۸۰±۵/۸۵	۷۵/۵۳±۵/۹۲	۲۳/۹۹±۱/۹۵
شاهد	۲۴/۲۰±۳/۲۵	۱۷۵/۷۳±۶/۴۰	۷۷/۴۰±۵/۵۶	۲۴/۳۵±۲/۷۴
تحلیل واریانس	(F=۰/۵۳, P=۰/۵۹)	(F=۰/۳۸, P=۰/۶۴)	(F=۰/۴۴, P=۰/۶۴)	(F=۰/۲۴, P=۰/۷۸)

تغییرات مقادیر MyoD به دنبال تمرینات عملکردی شدید و مقاومتی دایره ای در مردان ۱۸-۲۸ سال غیرفعال در شکل ۱ ارائه شده است.



** : تفاوت های معنادار از پیش آزمون به پس آزمون؛ * : تفاوت معنادار بین سه گروه

شکل ۱- میزان تغییرات MyoD گروه های تحقیق

در MyoD مردان جوان غیرفعال تفاوت معناداری وجود دارد (۱۰/۰۰۱، $P=0.001$)، مقایسه دو به دو گروه ها با استفاده از آزمون تعقیبی بنفرونی در جدول ۴ ارائه شده است.

شکل ۱ افزایش معنادار MyoD به دنبال هر دو روش تمرینی در مردان غیرفعال ۱۸-۲۸ سال را نشان می دهد ($p \leq 0.05$). همچنین مشاهده می شود که بین گروه ها با اندازه اثر ۰/۵۷

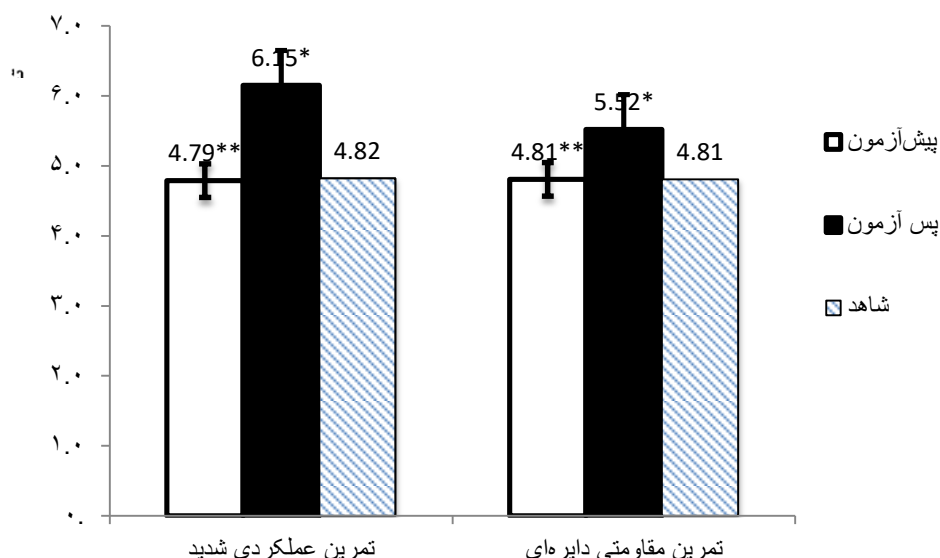


جدول ۴- نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه MyoD گروه ها

گروه	گروه	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	سطح معناداری
تمرین عملکردی شدید	تمرین مقاومتی دایره ای	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۰۰۵*
	کنترل	۰/۵۹	۰/۰۸	۰/۰۰۱*
تمرین مقاومتی دایره ای	کنترل	۰/۳۲	۰/۰۸	۰/۰۰۱*

نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که هر دو گروه تمرین عملکردی شدید و تمرین مقاومتی دایره ای در مقایسه با گروه کنترل MyoD بالاتری داشتند ($p \leq 0.05$). به علاوه، افزایش این متغیر در گروه تمرین عملکردی شدید

نسبت به گروه تمرین مقاومتی دایره ای بیشتر بود ($p \leq 0.05$). تغییرات مقادیر Myf5 به دنبال تمرینات عملکردی شدید و مقاومتی دایره ای در مردان ۱۸-۲۸ سال غیرفعال در شکل ۲ ارائه شده است.



** : تفاوت های معنادار از پیش آزمون به پس آزمون؛ * : تفاوت معنادار بین سه گروه

شکل ۲- میزان تغییرات Myf5 گروه های تحقیق

شکل ۲، افزایش معنادار Myf5 به دنبال هر دو روش تمرینی در مردان غیرفعال ۱۸-۲۸ سال را نشان می دهد ($p \leq 0.05$). همچنین مشاهده می شود که بین گروه ها با اندازه اثر ۰/۳۹

در Myf5 مردان غیرفعال تفاوت معناداری وجود دارد ($F_{13/15} = 13.15, P = 0.001$). مقایسه دو به دو گروه ها با استفاده از آزمون تعقیبی بنفرونی در جدول ۵ ارائه شده است.



جدول ۵- نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه Myo-5 گروه‌ها

گروه	گروه	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	سطح معناداری
تمرین عملکردی شدید	تمرین مقاومتی دایره‌ای	۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۰۴۱*
	کنترل	۱/۲۴	۰/۲۴	۰/۰۰۱*
تمرین مقاومتی دایره‌ای	کنترل	۰/۶۲	۰/۲۴	۰/۰۴۱*

نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که هر دو گروه تمرین عملکردی شدید و تمرین مقاومتی دایره‌ای در مقایسه با گروه کنترل، Myo-5 بالاتری داشتند ($p \leq 0.05$). به علاوه، افزایش این متغیر در گروه تمرین عملکردی شدید نسبت به گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای بیشتر بود ($p \leq 0.05$).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرینات مقاومتی دایره‌ای و عملکردی شدید بر افزایش مقادیر MyoD و Myo-5 مردان غیرفعال تاثیر معناداری دارد ($p \leq 0.05$). این نتایج با نتایج مطالعات ایزدی و همکاران، فتحی و همکاران، رسولی و همکاران و دی‌ایگان و همکاران هم‌خوانی دارد. ایزدی و همکاران گزارش کردند که تمرین مقاومتی با شدت بالا بر افزایش بیان ژن MyoD در عضله نعلی موش‌های نر بالغ تاثیر معناداری دارد (۲۸). همچنین فتحی و همکاران نشان دادند که تمرین مقاومتی باعث افزایش بیان ژن MyoD در عضلات کند و تند انقباض رت‌های نر نژاد ویستار می‌گردد (۲۹). علاوه بر این، رسولی و همکاران با بررسی تأثیر یک دوره تمرین هوازی و هیپالورونیک اسید بر بیان ژن‌های MyoD در موش‌های مدل تجربی آرتروز گزارش کردند که بیان ژن MyoD در مقایسه با گروه بیمار و هیپالورونیک اسید، افزایش معناداری در گروه تمرین داشت؛ از این رو ممکن است تمرین ورزشی با شدت متوسط با مهار آتروفی، نقش مهمی در بهبود عضله‌سازی داشته باشند (۳۰). در مطالعه‌ای دیگر، دی‌ایگان و همکاران گزارش کردند که پس

از تمرین مقاومتی با شدت زیاد سطح بیان mRNA فاکتورهای چون MyoD در عضله پهن جانبی افزایش می‌یابد و اشاره به این دارد که ممکن است این ژن‌ها در تنظیم هایپرتروفی درگیر باشند (۳۱).

از دیگر نتایج مطالعه حاضر افزایش مقادیر Myo-5 متعاقب با تمرینات عملکردی شدید و مقاومتی دایره‌ای بود. همسو با این یافته‌ها، طبیبی و همکاران نشان دادند که تمرین مقاومتی و انسداد جریان خون بر افزایش بیان ژن عامل انتقال‌دهنده سیگنال و فعال‌کننده رونویسی (STAT3) و عامل عضله‌زایی ۵ (Myf5) افراد جوان فعال غیرورزشکار تاثیر معناداری دارد (۳۲). در پژوهشی دیگر، بیگلری و همکاران به بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی بر مقادیر Myf5 پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد پس از مداخله، مقادیر Myf5 در گروه‌های مداخله در مقایسه با گروه کنترل به صورت معناداری افزایش یافت (۲۵). علاوه بر این، نیرنی و همکاران نشان دادند که ۸ هفته تمرین مقاومتی بر مقادیر Myo5 مردان جوان فعال تاثیر معناداری دارد (۳۳).

در مجموع یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد، تمرین و فعالیت بدنی بر روی بیان ژن‌های MyoD و Myo-5 موثر است و می‌تواند منجر به هایپرتروفی و بهبود عملکرد سیستم عضلانی گردد. اگرچه فرایند ساز و کار این تاثیرات به روشنی آشکار نشده است، ولی به نظر می‌رسد، فعال شدن سلول‌های ماهواره‌ای عضله اسکلتی، برای رشد طبیعی و بازسازی بافت آسیب‌دیده در اثر آسیب یا استرس ضروری است (۳۴). گزارش شده است که احتمالاً Myo-D و Myf5



(۷۵٪ مقدار VO_2 پایه) به طور ناچیزی بر استخر سلول های ماهورای تأثیر می گذارد (۳۹)؛ بنابراین این احتمال وجود دارد که برنامه های تمرینی که از تمرینات مرکب در دامنه ای از شدت و با مدت زمان متفاوت و حرکات انفجاری استفاده می کنند، می تواند از نظر توسعه فشار متابولیکی و افزایش فاکتورهای رشدی برای بهبود میزان Myo-D و Myf5 موثرتر باشند.

از محدودیت های پژوهش حاضر می توان به دوره تمرینی این مطالعه که ۸ هفته بود، اشاره کرد، احتمالاً دوره های تمرینی بلند مدت تر موثرتر باشند. ضمن این که علیرغم توصیه به آزمودنی ها جهت حفظ رژیم غذایی معمول خود و عدم شرکت در برنامه تمرینی دیگر، ولی کنترل دقیق میزان فعالیت بدنی و تغذیه روزانه آنها خارج از کنترل محققین بود. هم چنین این پژوهش صرفاً روی جوانان تمرین نکرده انجام شد.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دو روش تمرینی مقاومتی دایره ای و عملکردی شدید بر افزایش MyoD و Myo-5 مردان غیرفعال تأثیر معناداری دارد؛ اما افزایش این متغیرها در گروه تمرین عملکردی شدید بیشتر بود. با این وجود جهت روشن تر شدن شرایط این سازگاری ها و توصیه های کاربردی نیاز به تحقیقات دیگر با حجم نمونه بیشتر و مدت زمان طولانی تر است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آزمودنی های شرکت کننده که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می دارند که در این مقاله هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

در طول فعال سازی سلول های ماهورای نقش عملکردی داشته باشند و برای تنظیم میوبلاست ها همکاری می کنند (۳۵).

تمرین مقاومتی با ایجاد ریز آسیب های عضلانی، سلول های ماهورای را فعال می کند. پس از فعال سازی سلول های بیان Myf5 برای تکثیر و تمایز سلول های ماهورای افزایش می یابد که در نهایت به بازسازی و رشد عضله اسکلتی منجر می شود (۳۶). عامل افزایش دهنده این فعال سازی می تواند عوامل رشدی و ایمنی باشد که از عضلات آسیب دیده آزاد شده و با الگوی پاراکراین بر سلول های ماهورای اثر می گذارند. به هر حال تاکنون این فرآیند به طور کامل درک نشده است. نیاز به مطالعات انسانی بیشتری برای مشخص نمودن مکانیسم های دقیق این فرآیندها و این که چگونه این عوامل سازگاری عضلات اسکلتی با ورزش در شرایط متفاوت را تحت تأثیر قرار می دهند، وجود دارد.

احتمالاً افزایش بیشتر Myo-D و Myf5 در اثر تمرینات عملکردی شدید نسبت به تمرینات مقاومتی در اثر تحمیل فشار متابولیکی قابل توجه ناشی از این نوع تمرینات می باشد (۳۷). در همین زمینه، شمیم و همکاران گزارش کردند، اگر چه بعد از ۱۲ هفته تمرین موازی (ترکیب تمرین مقاومتی و استفامتی) محتوای سلول های ماهورای بدون تغییر باقی ماند، ولی افزایش میوفیبر چند هسته ای از طریق همجوشی سلول های ماهورای با هیپرتروفی پس از این برنامه تمرینی، همبستگی مثبت داشت و افراد با محتوای تارهای چند هسته ای بیشتر هیپرتروفی قابل توجهی را نشان دادند (۳۸). افزون بر این، گزارش شده است که شدت ورزش عامل مهمی در فعال سازی سلول های ماهورای است و از درگیری سلول های ماهورای در بازسازی عضلات پشتیبانی می کند (۱۴). در مطالعه ای دیگر، اسنیدرس و همکاران نشان دادند که شش ماه مداخله تمرین هوازی با شدت متوسط

References

1. McCarthy JJ, Mula J, Miyazaki M, Erfani R, Garrison K, Farooqui AB, et al. Effective fiber hypertrophy in satellite cell-depleted skeletal muscle. *Development*. 2011;138(17):3657-66 .
2. Sambasivan R, Yao R, Kissenpfennig A, Van Wittenberghe L, Paldi A, Gayraud-Morel B, et al. Pax7-expressing satellite cells are indispensable for adult skeletal muscle regeneration. *Development*. 2011;138(17):3647-56 .
3. Kaczmarek A, Kaczmarek M, Ciałowicz M, Clemente FM, Wolański P, Badicu G, Murawska-Ciałowicz E. The Role of Satellite Cells in Skeletal Muscle Regeneration-The Effect of Exercise and Age. *Biology (Basel)*. 2021;10(10):1056.
4. Kadi F, Thornell L-E. Concomitant increases in myonuclear and satellite cell content in female trapezius muscle following strength training. *Histochem. Cell Biol.* 2020; 113(2):99–103 .
5. Dhawan J, Rando TA. Stem cells in postnatal myogenesis: molecular mechanisms of satellite cell quiescence, activation and replenishment. *Trends Cell Biol.* 2015; 15(12): 666-673.
6. Sabourin LA, Rudnicki MA. The molecular regulation of myogenesis. *Clin Genet.* 2020; 57(1): 16-25.
7. Shirakawa T, Toyono T, Inoue A, Matsubara T, Kawamoto T, Kokabu S. Factors regulating or regulated by myogenic regulatory factors in skeletal muscle stem cells. *Cells.* 2022; 11(9):1493 .
8. Ahmad N, de la Serna IL, Marathe HG, Fan X, Dube P, Zhang S, Haller ST, Kennedy DJ, Pestov NB, Modyanov NN. Eutherian-Specific Functions of BetaM Acquired through Atp1b4 Gene Co-Option in the Regulation of MyoD Expression. *Life (Basel)*. 2023;13(2):414
9. Hutcheson DA, Zhao J, Merrell A, Haldar M, Kardon G. Embryonic and fetal limb myogenic cells are derived from developmentally distinct progenitors and have different requirements for beta-catenin. *Genes Dev.* 2009 15;23(8):997-1013.
10. Schultz E. A quantitative study of satellite cells in regenerated soleus and extensor digitorum longus muscles. *Anat Rec.* 2015; 208(4): 501-506.
11. Mangan G, Bombardier E, Mitchell AS, Quadrilatero J, Tiidus PM. Oestrogen-dependent satellite cell activation and proliferation following a running exercise occurs via the PI3K signalling pathway and not IGF-1. *Acta Physiol (Oxf)*. 2014; 212(1): 75-85.
12. Parise G, McKinnell IW, Rudnicki MA. Muscle satellite cell and atypical myogenic progenitor response following exercise. *Muscle Nerve.* 2018; 37(5): 611-619.
13. Smith HK, Maxwell L, Rodgers CD, McKee NH, Plyley MJ. Exercise-enhanced satellite cell proliferation and new myonuclear accretion in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2020; 90(4): 1407-1414.



14. Martin NRW, Lewis MP. Satellite cell activation and number following acute and chronic exercise: a mini review. *Cell Mol Exerc Physiol*. 2012; 1(1): e3.
15. Kurosaka M, Naito H, Ogura Y, Machida S, Katamoto S. Satellite cell pool enhancement in rat plantaris muscle by endurance training depends on intensity rather than duration. *Acta Physiol (Oxf)*. 2012; 205(1): 159-166.
16. Fry CS, Noehren B, Mula J, Ubele MF, Westgate PM, Kern PA, et al. Fibre type specific satellite cell response to aerobic training in sedentary adults. *J Physiol*. 2014; 592(12): 2625-2635.
17. Joanisse S, McKay BR, Nederveen JP, Scribbans TD, Gurd BJ, Gillen JB, et al. Satellite cell activity, without expansion, after nonhypertrophic stimuli. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2015; 309(9): R1101-1111.
18. Bellamy LM. Temporal pattern of type II fibre-specific satellite cell expansion to exercise correlates with human muscle hypertrophy: potential role for myostatin. Presented for the Ph.D., Hamilton, Ontario, Canada. McMaster University. 2012.
19. Bruusgaard JC, Johansen IB, Egner IM, Rana ZA, Gundersen K. Myonuclei acquired by overload exercise precede hypertrophy and are not lost on detraining. *Proc Natl Acad Sci*. 2020; 107(34): 15111-15116.
20. Jency NE, Sims JK, Dieli-Conwright CM, Sattler FR, Rice JC, Schroeder ET. Exercise does not influence myostatin and follistatin messenger RNA expression in young women. *J Strength Cond Res*. 2010;24(2):522-30 .
21. Walsh JJ, Bonafiglia JT, Goldfield GS, Sigal RJ, Kenny GP, Doucette S, et al. Interindividual variability and individual responses to exercise training in adolescents with obesity. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2020;45(1):45-54 .
22. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports (Basel)*. 2018; 6(3):76 .
23. Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, Souza HS, Miranda RC, Mezêncio B, Soncin R, Cardoso Filho CA, Bottaro M, Hernandez AJ, Amadio AC, Serrão JC. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2018; 4(1):11 .
24. Banaszek A, Townsend JR, Bender D, Vantrease WC, Marshall AC, Johnson KD. The effects of whey vs. pea protein on physical adaptations following 8-weeks of high-intensity functional training (HIFT): A pilot study. *Sports*. 2019; 7(1):12.
25. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *J Appl Physiol*. 1974;37(2):247-8 .
26. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, Oja P. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(8):1381-95 .

27. Sobrero G, Arnett S, Schafer M, Stone W, Tolbert TA, Salyer-Funk A, et al. A comparison of high intensity functional training and circuit training on health and performance variables in women: a pilot study. *Women in sport and physical activity journal*. 2017 1;25(1):1-0.
28. Izadi M, Habibi A, Khodabandeh Z, Nikbakht M. Simultaneous effect of high intensity interval training and decellularized amniotic membrane fluid scaffold on gene expression of cell proliferation factors of satellite cells in the volumetric muscle loss injury in the tibialis anterior of rats: An Experimental Study. *JRUMS* 2019; 18 (9) :875-888. [Persian]
29. Fathi M, Gharakhanlou R, solimani M, Rajabi H, Rezaei R. The effect of resistance exercise on myoD expression in slow and fast muscles of wistar rats. *J Sport Biosci*, 2015; 6(4): 435-449. [Persian].
30. Rasouli S H, Farzanegi P, Abbaszadeh H. The effect of aerobic training and hyaluronic acid on expression of MYOD and MURF-1 genes in experimental arthritis model rats. *RJMS* 2021; 28 (3) :48-58.
31. D Egan A, B Winchester J, Foster C, R McGuigan M. Using Session RPE to Monitor Different Methods of Resistance Exercise. *J Sports Sci Med*. 2006 1;5(2):289-95. PMID: 24260002; PMCID: PMC3827571.
32. Tabibi MA, Mosavian A, Gaeini A, Ghara khanlou R, Nuri R, Kordi M. The concurrent effect of eccentric resistance training and blood flow occlusion on STAT3 and MyF5 gene expressions affecting the activation of satellite cells growth in non-athletes. *J Sport Biosci*, 2020; 12(2): 143-154. [Persian].
33. Tierney M, Aydogdu T, Sala D, Malecova B, medicine SG-N, 2014 undefined. STAT3 signaling controls satellite cell expansion and skeletal muscle repair. *nature.com* [Internet]. [cited 2020 Sep 16]; Available from: <https://www.nature.com/nm/journal/v20/n10/abs /nm.3656.html>
34. Kadi F, Schjerling P, Andersen LL, Charifi N, Madsen JrL, Christensen LR, et al. The effects of heavy resistance training and detraining on satellite cells in human skeletal muscles. *J physiol*. 2004; 558(3): 1005-1012.
35. Willoughby DS. Effects of heavy resistance training on myostatin mRNA and protein expression. *Med Sci Sports Exercise*. 2004; 36(4):574–82 .
36. Bazgir B, Fathi R, Rezazadeh Valojerdi M, Mozdziak P, Asgari A. Satellite cells contribution to exercise mediated muscle hypertrophy and repair. *Cell J*. 2017;18(4):473-484 .
37. Roberson KB, Chowdhari SS, White MJ, Signorile JF. Loads and movement speeds dictate differences in power output during circuit training. *J. Strength Cond. Res*. 2017; 31:2765–2776.
38. Shamim B, Camera DM, Whitfield J. Myofibre hypertrophy in the absence of changes to satellite cell content following concurrent exercise training in young healthy men. *Front Physiol*. 2021; 12:625044.
39. Snijders T, Verdijk LB, Hansen D, Dendale P, van Loon LJ. Continuous endurance-type exercise training does not modulate satellite cell content in obese type 2 diabetes patients. *Muscle Nerve*. 2018; 43(3): 393-401.2.



Investigating Changes in Satellite Cell Activating Factors Induced by Circular Resistance Training and High-Intensity Functional Training in Inactive Men Aged 18-28

Emad Soltanian¹, Allahyar Arabmomeni^{2,*}

1- Department of Sport Physiology, School of Physical Education & Sports Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2- Department of Sports Sciences, School of Human Sciences, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr/Isfahan, Iran.

Original Article

Received: 13 Mar 2023

Accepted: 19 Sep 2023

*Corresponding Author:

Allahyar Arabmomeni,
Department of Sports
Sciences, School of Human
Sciences, Khomeinishahr
Branch, Islamic Azad
University

TEL: 3135559171

Email:

arabmomeni@iaukhsh.ac.ir

ABSTRACT

Introduction

Satellite cell compartments endow skeletal muscles with remarkable regenerative capacity. However, it is not yet clear to what extent these cells facilitate exercise-induced adaptation. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating changes in activating factors of satellite cells (MyoD and Myf-5) induced by circular resistance training (CRT) and high-intensity functional training (HIFT) in inactive men aged 18-28.

Materials and Methods

In this semiexperimental study, with a pre-test, post-test, and a control group, 45 inactive men aged 18-28 were selected and randomly divided into three groups: HIFT (n= 15), CRT (n= 15), and control (n= 15). Both training programs were performed for 8 weeks, three sessions per week, and 40-50 min for each session for the experimental groups. Blood sampling measurements were performed in two phases: pre-test and post-test. The data were analyzed using the Covariance and Benferroni post hoc tests using SPSS 24 software at a significance level of 0.05.

Results

The results of the study showed that both training methods had significant effects on increasing MyoD, and Myf5 in inactive men ($p \leq 0.05$). However, the improvements in these variables were higher in the HIFT group compared to the CRT group ($p \leq 0.05$).

Conclusion

These results indicate an increase in MyoD and Myf-5 values following the exercise. Therefore, these exercise methods, especially HIFT, can be effective in hypertrophy and increase muscle strength by increasing the activating factors of satellite cells.

Keywords

High-Intensity Functional Training, Circuit Resistance Training, Satellite Cells, MyoD, Myf-5

► **Please cite this article as:** Soltanian E, Arabmomeni A. Investigating Changes in Satellite Cell Activating Factors Induced by Circular Resistance Training and High-Intensity Functional Training in Inactive Men Aged 18-28. J Neyshabur Univ Med Sci 2022;10(2):139-152.