

بررسی تغییرات برخی فاکتورهای رشدی متعاقب دوازده هفته تمرینات ترکیبی با و بدون محدودیت جریان خون در زنان جوان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰

خلاصه

مقدمه

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تغییرات برخی فاکتورهای رشدی متعاقب دوازده هفته تمرینات ترکیبی با و بدون محدودیت جریان خون در زنان جوان بود.

روش کار

جامعه آماری این پژوهش زنان جوان غیر فعال شهر مشهد بودند. از بین آنها ۴۵ نفر به صورت تصادفی به سه گروه تمرین ترکیبی + با محدودیت جریان خون (۱۵ نفر)، گروه تمرین ترکیبی + بدون محدودیت جریان خون (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. روش کار پژوهش، حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون بود. گروه تمرین ترکیبی هفته‌ای سه جلسه تمرین مقاومتی و هوازی انجام دادند به این صورت است که این تمرینات در روزهای متوالی صورت گرفت. گروه تمرین ترکیبی با محدودیت جریان خون تمرین مقاومتی را با بستن کاف و شدت تمرین ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه در ابتدای تمرین و تمرین هوازی با ۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب انجام دادند و گروه تمرین ترکیبی بدون محدودیت جریان خون، فقط تمرین مقاومتی با ۸۰ درصد $1RM$ و تمرین هوازی را با ۴۵ درصد HR_{max} را انجام دادند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار $SPSS$ نسخه ۲۱ تحلیل شدند. $P \leq 0/05$ و نرم افزار $SPSS$ نسخه ۲۱ تحلیل شدند.

نتایج

نتایج آماری نشان می‌دهد که دوازده هفته تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون و بدون محدودیت جریان خون سبب افزایش سطوح فاکتور شبه انسولین^۱، فولستاتین، فاکتور مشتق شده از پلاکت و کاهش مایواستاتین در زنان جوان می‌شود.

نتیجه گیری

تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون می‌تواند با ایجاد برخی تغییرات تاثیرگذار بر فاکتورهای رشدی، موجب بهبود وضعیت جسمانی و بهبود شرایط فیزیولوژیکی زنان جوان می‌شود.

کلمات کلیدی

تمرینات ترکیبی - محدودیت جریان خون - فاکتورهای رشدی - زنان جوان

پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

لیلا جعفری^۱

محمود سلطانی^{۲*}

محمد رضا حسین آبادی^۳

آمنه برجسته یزدی^۳

^۱ دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

^۲ استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)

^۳ استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

Email: soltani.mahmood@gmail.com

مقدمه

اهمیت حیاتی عضله اسکلتی برای سلامت عمومی و فعالیت های روزمره به خوبی مورد قبول همگان قرار گرفته است. عضله اسکلتی کارکردهای متعددی از جمله حفظ وضعیت بدن، حرکت و برآوردن نیازهای متابولیکی دارد. به طور ویژه، عضله اسکلتی تقریباً ۴۰ تا ۵۰ درصد کل وزن بدن را تشکیل می دهد و به عنوان جایگاه اصلی سوخت و ساز گلوکز عمل می کند و نقش تعیین کننده ای در مقدار سوخت و ساز پایه دارد (۱). در این میان، فاکتورهای رشدی وجود دارد که نقش مهمی را در تقویت عضلات ایفاء می نمایند که می توان به فاکتور مشتق شده از پلاکت (PDGF)، میوستاتین^۲، فولیستاتین^۳ و فاکتور شبه انسولین^۴ (IGF-1) اشاره کرد (۲). میوستاتین نقش مهمی را در کنترل توده عضلانی ایفاء می کند و مطالعات حیوانی و انسانی، نشان دهنده نقش تنظیمی منفی میوستاتین در رشد عضله اسکلتی می باشد. ترشح میوستاتین از دستگاه گلژی در نهمین روز از دوره رویانی آغاز می گردد و تا بعد از تولد در تمامی دوران رشد و توسعه عضلانی ادامه می یابد. به طوری که نشان داده شده است، این پروتئین قبل از تولد در دوران رویانی از کمپارتمان های سلول های مایتوم^۵ و در دوران توسعه جنین، از سلول های عضلانی در حال توسعه بیان می گردد (۳). میوستاتین پیش از اینکه به صورت پروتئین پیش ساز در عضله اسکلتی سنتز شود، دو فرایند پروتولیتیکی را طی می کند و به هدف اصلی پیام رسانی؛ یعنی سرکوب تکثیر و تمایز سلول های اقماری و در نهایت، مهار رشد عضله منجر می شود. میوستاتین در عضله اسکلتی بیان شده و سپس، به گردش خون ترشح می شود و در سطح سلول های عضلانی با اتصال به گیرنده اکتیوین^۶، تأثیرات مهاری خود را اعمال می کند (۴). میوستاتین به عنوان یک

فاکتور مهارکننده شناسایی شده، که عضوی از خانواده بزرگ فاکتور رشد تغییر شکل دهنده بتا است و بیان آن رشد عضله اسکلتی را تنظیم منفی می کند. بیان میوستاتین حین دوره های بی تحرکی عضله اسکلتی افزایش می یابد و برعکس، مهار میوستاتین باعث افزایش قدرت و توده عضلانی، کاهش بافت چربی و همچنین افزایش توده استخوانی می شود (۵). اعمال میوستاتین می تواند تحت تأثیر فاکتورهای تعاملی دیگری، نظیر فولیستاتین، عامل رشد شبه انسولینی^۷ -۱، پروتئین وابسته به فاکتور رشد و تمایز و گیرنده میوستاتین (اکتیوین IIb) نیز قرار گیرد که در این بین فولیستاتین مهم ترین عامل مهارکننده است. فولیستاتین علاوه بر تأثیر بر میوستاتین می تواند بر سایر اعضای خانواده بتا اثرگذار باشد. فولیستاتین و میوستاتین به شدت تحت تأثیر سبک زندگی و سطح فعالیت بدنی افراد قرار می گیرند (۶). سانتوس^۸ و همکاران (۲۰۲۲) به این نتیجه رسیدند که ورزش و فعالیت بدنی موجب کاهش میوستاتین و افزایش فولیستاتین می شود (۷). پژوهشی دیگر نشان داد که ناک اوت^۸ کامل میوستاتین در موش ها با افزایش دو تا سه برابری توده عضله اسکلتی همراه است که در نتیجه افزایش اندازه میوفیبریل ها به وقوع می پیوندد (۸). اما برخی پژوهش ها عدم تغییرات مایوستاتین و فولیستاتین را متعاقب تمرینات ورزشی گزارش کردند (۹، ۱۰).

از دیگر فاکتورهای رشدی، فاکتور شبه انسولین^۷ می باشد. IGF مجموعه ای از پپتیدها و پروتئین های هم خانواده است که نقش محوری در رشد و متابولیسم بازی می کند. IGF-1 به عنوان مهم ترین عضو این خانواده، اثرات رشد قوی را بر بافت عضلانی و استخوانی اعمال می کند (۱۱). هورمون رشد یکی از مهم ترین هورمون های بدن است که همراه با گروهی از هورمون های دیگر مانند کاتکولامین ها بر

⁵Myotome⁶Activin⁷ Santos⁸ knock out¹ Platelet-derived factor² Myostatin (Myo)³ Follstatin (foll)⁴ Insulin-like factor 1

کرده است. آنها نشان داده‌اند که این فاکتور در پی انجام تمرینات بدنی افزایش یافته و تأثیر بسزایی در گرزی و افزایش انشعابات سیستم عصبی دارد (۲۴-۲۲). کراوسکا و همکاران، (۲۰۱۱)، گزارش کردند که تمرینات هوازی سبب افزایش بیان ژن PDGF می‌شود اما سطوح پروتئینی آن افزایش نداشت (۲۵). برای و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که تمرینات مقاومتی تأثیری بر سطوح PDGF نداشت (۲۶)، اما سیدی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کرد که تمرینات ترکیبی سبب افزایش PDGF در بیماران قلبی عروقی شد (۲۲).

از طرفی شدت تمرین به عنوان یکی از متغیرهای اصلی در طراحی اصول تمرین محسوب می‌شود. این متغیر برای افرادی که توانایی کافی جهت انجام تمرینات ندارند و سابقه‌ی انجام فعالیت ورزشی آنها کم می‌باشد، از اهمیت بیشتری برخوردار است. لذا اثر بخشی روش‌های تمرینی جایگزین مورد مطالعه قرار گرفته است. یکی از روش‌های تمرینی جایگزین تمرینات با شدت بالا، استفاده از تمرینات مقاومتی با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون می‌باشد (۲۷). در همین راستا، تمرین‌های با محدودیت جریان خون یکی از روش‌های تمرینی است که در آن از طریق بستن قسمت پایین تر بازو و ران، جریان خون ورودی به عضلات درگیر در تمرین را محدود می‌کنند (۲۸). برخی تحقیقات گزارش کردند که این نوع تمرینات باعث افزایش مشابهی در سطوح هورمون‌های آنابولیکی مانند IGF-1، قدرت و توده عضلانی در مقایسه با تمرینات مقاومتی سنتی می‌شود (۲۹). برخی شواهد بیان می‌کنند که تمرینات با محدودیت جریان خون بدون نیاز به انجام تا سر حد خستگی، به طور معنی‌داری توده و قدرت عضلانی را افزایش می‌دهد (۳۰، ۳۱). بنابراین برای افرادی که تمایل به اکتساب عضله بدون انجام تمرین مقاومتی با شدت بالا دارند مثلاً افراد تمرین نکرده، تمرینات با محدودیت جریان خون

متابولیسم اثر می‌گذارد و برای حفظ وزن بدن و پروتئین سازی در افراد بالغ، لازم و ضروری است. گزارش شده است که رشد طبیعی، رابطه مستقیمی با هورمون رشد شبه انسولین ۱ دارد. ترشح IGF-1 بر افزایش اندازه عضله‌ها مؤثرند و رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون و افزایش قدرت و اندازه عضلات مشاهده شده است (۱۲). مطالعات متعددی در ارتباط با تأثیر هورمون رشد بر افزایش قدرت پیشینه و افزایش اندازه عضله‌ها صورت گرفته است که در بیشتر آنها رابطه مستقیمی بین میزان غلظت این هورمون و افزایش قدرت و اندازه عضله‌ها مشاهده شده است. هورمون رشد، پروتئین سازی را در افراد بالغ تسهیل می‌کند. این عمل با انتقال اسید آمینه از طریق غشای سلول انجام می‌گیرد و منجر به تحریک افزایش تولید و به تحریک فعالیت ریبوزوم‌های سلولی می‌شود (۱۳). برخی پژوهش‌ها افزایش (۱۷-۱۴) و برخی پژوهش‌ها عدم تغییر (۲۰-۱۸) سطوح IGF-1 را متعاقب تمرینات ورزشی گزارش کردند. همچنین، فاکتور رشد مشتق از پلاکت (میتوزن اصلی برای فیروبلاست‌ها و سایر سلول‌های ارگان‌های مزانشیمی است. PDGF به طور موضعی تولید می‌شود و بر روی فاکتور رشد عمل می‌کند. PDGF توسط سلول‌های عضلانی صاف، فیروبلاست‌ها، سلول‌های اندوتلیال و ماکروفاژها تولید و عمدتاً در پلاکت‌ها ذخیره می‌شوند. PDGF متشکل از دو دی‌سولفید مجزا که به زنجیره‌های پپتیدی A و B متصل هستند که دارای ۶۰ درصد توالی پروتئینی می‌باشند. PDGF به عنوان یکی از جدیدترین فاکتورهای رشدی کشف شده که با زیر واحد‌های PDGF-A، PDGF-B، PDGF-C، PDGF-D از سلول‌های پلاکت خون ترشح می‌شود، نقش مهمی در تکثیر و تمایز سلول‌های بسیاری از بافت‌های بدن از جمله دیواره رگ‌های خونی و بافت عصبی و بافت همبند دارد (۲۱). تحقیقات PDGF را به عنوان یکی از فاکتورهای اصلی در رشد عضلانی متعاقب تمرینات ورزشی معرفی

³ Czarkowska

⁴ proximal

¹.Platelet-derived growth factor

² Platelet-derived growth factor(PDGF)

استفاده از ترازو و قد سنج مدل SECA اندازه گیری گردید. همچنین ترکیب بدن آزمودنی ها با استفاده از دستگاه آنالیز ترکیب بدن مدل ۷۲۰ ساخت کره جنوبی انجام گرفت. پس از احراز شرایط ورود، به صورت تصادفی به سه گروه ۱۵ نفری: تمرینات ترکیبی + محدودیت جریان خون، تمرین ترکیبی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل تقسیم شدند. آزمودنی های گروه کنترل طی مدت پژوهش هیچ گونه فعالیت ورزشی نداشتند. یک هفته قبل از شروع تحقیق، آزمودنی ها در یک جلسه آشنا سازی شرکت کردند و با نحوه صحیح اجرای تمرین با وزنه و تمرین استقامتی آشنا شدند و سپس یک تکرار بیشینه (IRM) حرکات مورد نظر اندازه گیری شد. یک تکرار بیشینه حرکات مقاومتی از طریق فرمول برزیسنکی محاسبه گردید.

$$\text{(تعداد تکرار * ۰/۲۷۸ - ۱/۰۲۷۸) / وزن به کیلوگرم = یک تکرار بیشینه}$$

پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه آزمودنی ها صبح درمحل آزمایشگاه حضور داشتند و نمونه خونی از ورید قدامی بازویی توسط متخصص خون گیری از آنها گرفته شد. سپس نمونه های سانتریفوژ شده و نمونه سرمی آن جدا شد. سرم جهت اندازه گیری فاکتورهای خونی دردمای ۷۰- درجه سلسیوس فریز شد. پس از جمع آوری داده های اولیه، برنامه تمرین به مدت دوازده هفته درمحل مجموعه ورزشی که از قبل تدارک دیده شده بود و امکانات ایمنی هم تدارک دیده شد بود، آغاز شد و بعد از اتمام ۲۴ ساعت از آخرین جلسه تمرینی مجدداً اندازه گیری های آنترپومتریکی و آزمایشگاهی در شرایط و زمان اولیه و باهمان ابزار توسط محقق و متخصص آزمایشگاه انجام گرفت. جهت اندازه گیری متغیرهای پژوهشی از کیت Glory Science ساخت کشور آمریکا با حساسیت ۱/۵۵ نانوگرم در میلی لیتر برای IGF-1، ۰/۲۵ نانوگرم بر میلی لیتر برای فولستاتین، ۲/۵ نانوگرم بر لیتر برای مایواستاتین کیت مینیپولیس ساخت

می تواند یک روش تمرینی مناسب برای رسیدن به اهدافی چون افزایش توده، قدرت و توان عضلانی و هورمون های آنابولیکی باشد (۳۱). در این روش تمرینی، تأثیر محرک تمرین از طریق ایجاد استرس متابولیک، افزایش می یابد. با محدود شدن جریان خون، بازگشت وریدی به قلب کاهش یافته و در پی این کاهش، جریان خون شریانی به عضو فعال نیز کاهش می یابد. این محرک ها در نهایت در بهبود وضعیت قلبی عروقی، هورمونی و متابولیکی فرد تأثیر گذار است. تمرین های ترکیبی بدون محدودیت جریان خون نسبت به ایجاد محدودیت جریان خون کارایی بیشتری را خواهد داشت و فاکتورهای رشدی عملکرد بهتری را از خود نشان می دهند (۳۲). با توجه به مطالب بیان شده، این سوال برای پژوهشگر ایجاد شد که آیا دوازده هفته تمرین ترکیبی با و بدون محدودیت جریان خون بر فاکتورهای رشدی زنان جوان تأثیر دارد یا خیر؟

روش کار

پژوهش حاضر به روش نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون صورت گرفت. جامعه آماری کلیه زنان غیرفعال شهر مشهد بودند که از میان آنها؛ نمونه آماری این پژوهش با نرم افزار GPOWER با توان آماری ۰/۸، خطای آلفای ۰/۵، تعداد دوبار اندازه گیری و سه گروه انتخاب شدند که شامل، زنان جوان با دامنه سنی (سال) $28/11 \pm 3/31$ ، وزن (کیلوگرم) $64/69 \pm 3/31$ ، قد (سانتیمتر) $159/41 \pm 3/40$ ، شاخص توده بدن $1/50 \pm 25/45$ (کیلوگرم بر متر مربع^۲) و توده چربی $27/49 \pm 2/79$ (درصد)، که به شکل هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. کلیه آزمودنی ها برای ورود به مطالعه دارای معیارهایی چون نداشتن هرگونه بیماری یا مصرف دارو و عدم مصرف سیگار، عدم داشتن فقر حرکتی و رژیم های خاص غذایی قبل و حین دوره پژوهش بودند. از کلیه آزمودنی ها رضایتنامه کتبی، پرسشنامه پزشکی و آمادگی برای شروع فعالیت بدنی اخذ گردید. قد و وزن درحالی که افراد دارای حداقل لباس و بدون کفش بودند با

کشور آمریکا با حساسیت ۰/۱ نانوگرم بر میلی لیتر برای سطوح PDGF استفاده شد. گروه تمرین ترکیبی هفته‌ای سه جلسه تمرین مقاومتی و هوازی انجام داد که حدود ۲۰ دقیقه بود، به این صورت است که این تمرینات در روزهای متوالی صورت گرفت. گروه تمرین ترکیبی با محدودیت جریان خون، تمرین مقاومتی را با بستن کاف و شدت تمرین ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه در ابتدای تمرین و تمرین هوازی را با ۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب و گروه تمرین ترکیبی بدون محدودیت جریان خون، تمرین مقاومتی با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه و تمرین هوازی را با ۴۵ درصد حداکثر ضربان

قلب انجام دادند. هر دو گروه ۱۰ دقیقه راه رفتن روی تردمیل را به عنوان گرم کردن و ۵ دقیقه حرکات کششی را به عنوان بخش سرد کردن انجام دادند. گروه تمرین ترکیبی با محدودیت جریان خون و گروه تمرین ترکیبی بدون محدودیت جریان خون، سه روز در هفته و به مدت دوازده هفته تمرینات را انجام دادند. ضربان قلب آزمودنی‌ها توسط ضربان سنج پلار که به سینه آنها نصب شده، کنترل می شد. همچنین، ضربان حداکثر آنها توسط فرمول $220 - \text{سن}$ محاسبه شده بود. در این مدت، گروه کنترل هیچ گونه فعالیت ورزشی منظم نداشتند و فقط فعالیت‌های روزمره را انجام می دادند (۳۳).

جدول ۱. پروتکل تمرینات ترکیبی با وجود محدودیت جریان خون

حرکت	تایم/استراحت	استراحت بین ست/حرکات	تمرین ترکیبی با محدودیت جریان خون	تمرین ترکیبی بدون محدودیت جریان خون
گرم کردن (راه رفتن روی تردمیل)	۱۰ دقیقه	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	-----	-----
پرس پا ماشین	۳ ست	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
پشت پا ماشین	۳ ست	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
جلو بازو سیم کش	۳ ست	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
پشت بازو سیم کش	۳ ست	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
لت از پشت دستگاه	۳ ست	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	۲۰ درصد یک تکرار بیشینه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
تمرین هوازی	۲۰ دقیقه	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب	۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب
سرد کردن (حرکات کششی)	۵ دقیقه	۱ دقیقه / ۲ دقیقه	-----	-----

در پژوهش حاضر، از آمار توصیفی برای تعیین شاخص‌های پراکنندگی میانگین، انحراف معیار، و خطای معیار میانگین و از آمار استنباطی، از آزمون شاپیروویلک برای تعیین نحوه توزیع داده‌ها، از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها و از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تی همبسته جهت بررسی تغییرات درون گروهی استفاده شد. سپس در صورت وجود تفاوت معنی دار، به نتایج پژوهش حاضر نشان داد دوازده هفته تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون سبب افزایش معنی داری فولستاتین

منظور مقایسه میانگین‌ها بین گروه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. کلیه عملیات و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. همچنین، حداقل سطح معناداری در این پژوهش ($P < 0/05$) در نظر گرفته شد.

نتایج

($P = 0/001$) و ($P = 0/001$) IGF-1، ($P = 0/001$) PDGF و ($P = 0/001$) و کاهش معنی داری مایواستاتین ($P = 0/001$) شد. همچنین نتایج

در جدول شماره ۲ و ۳، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای سن، قد، وزن، توده چربی، شاخص توده بدنی، در سه گروه کنترل (۱۵ نفر)، گروه تمرین ترکیبی BFR+ (۱۵ نفر) و گروه تمرین ترکیبی (۱۵ نفر) نشان داده شده است.

اماری تی همبسته نشان داد که تغییرات درون گروهی هریک از متغیرها نیز معنی دار بود. همچنین، نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در متغیرهای پژوهشی، بین گروه‌های تمرین ترکیبی + محدودیت جریان خون و تمرین ترکیبی تفاوت معنی داری وجود نداشت اما بین هر دو گروه با گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده شد.

جدول ۲. شاخص‌های مرکزی متغیرهای سن، وزن، قد، توده چربی و شاخص توده بدن در سه گروه

متغیرها	گروه	میانگین \pm انحراف استاندارد	میانگین \pm انحراف استاندارد	تی همبسته
		پیش آزمون M \pm SD	استاندارد پس آزمون M \pm SD	معنی داری
سن (سال)	تمرین ترکیبی BFR+	۲۷/۱۴ \pm ۳	---	---
	تمرین ترکیبی	۲۸/۶۶ \pm ۲/۵۵	---	---
	کنترل	۲۸/۴۳ \pm ۴/۱۳	---	---
قد (سانتیمتر)	تمرین ترکیبی BFR+	۱۵۹/۱۴ \pm ۲/۸۱	---	---
	تمرین ترکیبی	۱۵۹/۲۶ \pm ۳/۶۰	---	---
	کنترل	۱۵۹/۷۸ \pm ۳/۸۱	---	---
وزن (کیلوگرم)	تمرین ترکیبی BFR+	۶۴/۰۹ \pm ۲/۷۲	۶۲/۹۳ \pm ۲/۹۵	* ۰/۰۰۴
	تمرین ترکیبی	۶۴/۹۴ \pm ۳/۶۸	۶۳/۳۶ \pm ۳/۱۷	* ۰/۰۰۱
	کنترل	۶۴/۹۸ \pm ۳/۵۵	۶۴/۶۰ \pm ۴/۲۲	* ۰/۰۰۱
توده چربی (درصد)	تمرین ترکیبی BFR+	۲۸/۰۹ \pm ۱/۹۱	۲۶/۷۷ \pm ۲/۰۱	* ۰/۰۰۱
	تمرین ترکیبی	۲۷/۰۷ \pm ۳/۳۱	۲۴/۳۶ \pm ۳/۳۶	* ۰/۰۰۱
	کنترل	۲۷/۳۷ \pm ۲/۹۸	۲۸/۴۳ \pm ۲/۵۵	* ۰/۰۰۱
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر مربع ^۲)	تمرین ترکیبی BFR+	۲۵/۳۱ \pm ۱/۱۰	۲۴/۸۶ \pm ۱/۲۷	* ۰/۰۰۴
	تمرین ترکیبی	۲۵/۵۹ \pm ۰/۹۹	۲۴/۹۷ \pm ۰/۸۹	* ۰/۰۰۱
	کنترل	۲۵/۵۱ \pm ۲/۱۵	۲۵/۹۸ \pm ۲/۱۷	* ۰/۰۰۱
توده عضلانی (کیلوگرم)	تمرین ترکیبی BFR+	۲۸/۰۲ \pm ۱/۳۵	۳۰/۰۲ \pm ۱/۵۰	* ۰/۰۰۴
	تمرین ترکیبی	۲۸/۴۱ \pm ۱/۳۱	۲۹/۲۳ \pm ۱/۵۵	* ۰/۰۰۱
	کنترل	۲۸/۶۸ \pm ۱/۴۵	۲۸/۰۱ \pm ۰/۳۱	۰/۲۵۱

جدول ۳. داده‌های مربوط به متغیرهای مایواستاتین، فولستاتین، IGF1 و PDGF در سه گروه

متغیرها	گروه‌ها	M \pm SD	M \pm SD	تی همبسته
		پیش آزمون	پیش آزمون	نتیجه معنی داری
مایواستاتین (Ng/l)	تمرین ترکیبی BFR+	۶/۶۷ \pm ۰/۵۳	۶/۱۵ \pm ۰/۳۷	* ۰/۰۰۱
	تمرین ترکیبی	۷/۰۹ \pm ۰/۷۰	۶/۵۶ \pm ۰/۶۰	* ۰/۰۰۱
	کنترل	۶/۵۵ \pm ۰/۷۴	۶/۶۵ \pm ۰/۷۲	* ۰/۰۰۱
فولستاتین (Ng/ml)	تمرین ترکیبی BFR+	۰/۸۲ \pm ۰/۱۷	۱/۱۱ \pm ۰/۱۹	* ۰/۰۰۴
	تمرین ترکیبی	۰/۷۷ \pm ۰/۱۸	۱/۴۱ \pm ۰/۲۹	* ۰/۰۰۱
	افزایش معنی دار			

کاهش معنی دار	* ۰/۰۰۱	-۴/۲۷۲	۰/۷۵ ± ۰/۲۳	۰/۸۰ ± ۰/۰۵	کنترل	IGF-1 (Ng/ml)
افزایش معنی دار	* ۰/۰۰۱	۷/۱۵۰	۱۵۳/۳۷ ± ۷/۹۲	۱۳۸/۱۶ ± ۱۰/۵	تمرین ترکیبی+BFR+	
افزایش معنی دار	* ۰/۰۰۱	۸/۵۶۳	۱۵۰/۸۷ ± ۱۴/۳	۱۳۹/۰۵ ± ۱۲/۸	تمرین ترکیبی	
کاهش	۰/۱۰۰	-۱/۷۵۱	۱۳۵/۹۴ ± ۱۶/۸	۱۳۷/۵۱ ± ۱۶/۷	کنترل	
غیر معنی دار						
افزایش معنی دار	* ۰/۰۰۱	۵/۹۸۵	۱/۱۹ ± ۰/۱۳	۰/۸۶ ± ۰/۲۷	تمرین ترکیبی+BFR+	PDGF (Ng/ml)
افزایش معنی دار	* ۰/۰۰۷	۳/۱۶۶	۰/۹۷ ± ۰/۲۸	۰/۸۰ ± ۰/۳۳	تمرین ترکیبی	
کاهش معنی دار	* ۰/۰۰۱	۴/۰۳۲	۰/۷۳ ± ۰/۲۴	۰/۸۶ ± ۰/۲۸	کنترل	

جدول ۳. نتایج آزمون آنوای یک طرفه جهت بررسی تفاوت‌های بین گروهی

گروه‌ها متغیرها	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	معنی داری
فولستاتین					
تغییرات درون‌گروهی	۳/۶۸۶	۲	۱/۸۴۳	۷۴/۹۲۲	* ۰/۰۰۱
تغییرت برون‌گروهی	۱/۰۳۳	۴۲	۰/۰۲۵		
مجموع	۴/۷۱۹	۴۴			
مایواستاتین					
تغییرات درون‌گروهی	۴/۰۱۷	۳	۲/۰۰۸	۱۹/۰۲۹	* ۰/۰۰۱
تغییرت برون‌گروهی	۴/۴۳۳	۴۲	۰/۱۰۶		
مجموع	۸/۴۵۰	۳۹			
IGF1					
تغییرات درون‌گروهی	۱۷۹/۱۶	۳	۵۹/۷۲	۲/۶۴۱	* ۰/۰۰۱
تغییرت برون‌گروهی	۸۱۳/۹۰	۳۶	۲۲/۶۰		
مجموع	۹۹۳/۰۷	۳۹			
PDGF					
تغییرات درون‌گروهی	۱/۶۶۰	۲	۰/۸۳۰	۲۴/۳۳۵	* ۰/۰۰۱
تغییرت برون‌گروهی	۱/۴۳۲	۴۲	۰/۰۳۴		
مجموع	۳/۰۹۲	۴۴			

۰/۰۵ ≤ P سطح معنی داری

جدول ۴. بررسی نتایج تست تعقیبی بونفرونی

متغیرها	گروه یک با گروه دو	گروه یک با گروه سه	گروه دو با گروه سه
	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین
فولستاتین	۰/۳۷۱	۱۶/۷۸	* ۰/۰۰۱
مایواستاتین	۰/۰۰۵	۱۶/۶۲۱	* ۰/۰۰۱

IGF1	۳/۳۹	۰/۳۷۱	۱۶/۷۸	* ۰/۰۰۱	۱۶/۷۸	* ۰/۰۰۱
PDGF	۰/۱۵۵	۰/۰۸۷	۰/۴۵۹	* ۰/۰۰۱	۰/۳۰۴	* ۰/۰۰۱

تمرین ترکیبی +BFR: گروه یک - تمرین ترکیبی: گروه دو - کنترل: گروه سه

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هر دو گروه تمرین ترکیبی با بدون محدودیت جریان خون نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری را برسطوح IGF-1 نشان دادند اما گروه تمرین ترکیبی با محدودیت جریان خون تاثیر بیشتری در این افزایش نشان داد. نتایج پژوهش حاضر با (۱۲, ۱۳, ۱۵-۱۷, ۳۴) همسو بود و با نتایج (۹, ۱۸, ۲۹, ۳۵, ۳۶) ناهمسو بود. دلیل اختلاف جنس و همکاران (۲۰۱۶)، با نتایج پژوهش حاضر، عدم مشابهت پروتکل تمرینی در پژوهش بود. جنس و همکاران از تمرینات استقامتی با محدودیت جریان خون استفاده کرده بودند (۳۵). همچنین دلیل ناهمسوئی نتایج پژوهش حاضر با نتایج آرنارسون و همکاران (۲۰۱۵)، اختلاف در سن آزمودنی‌ها بود. آنها در پژوهش خود از آزمودنی‌های سالمند استفاده کرده بودند (۳۶). بهرینگر و همکاران (۲۰۱۷) نیز از تمرینات سرعتی با شدت کم همراه با محدودیت جریان خون استفاده کرده بودند در حالی که در این پژوهش از تمرینات ترکیبی همراه با محدودیت جریان خون استفاده شده بود (۲۰). IGF-1 از مهم‌ترین فاکتورهای رشدی است که در فعال‌سازی مسیرهای رشدی عضلات اسکلتی مانند Mtor/akt/s6k1، فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای، افزایش سنتز پروتئین، کاهش تجزیه پروتئین بواسطه‌ی مهار Ubiquitine/Mafk/Murf/bax/bad و هایپرتروفی عضلات اسکلتی نقش مهمی دارد (۱۲). چندین مکانیزم برای افزایش IGF-1 بعد از تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون بیان شده است. افزایش هورمون رشد، لاکتات عضلانی، نیتریک اکساید، ADP و اسیدوز موضعی از مهمترین دلایل افزایش IGF-1 بعد از این تمرینات است (۱۵, ۳۴). البته این متابولیت‌ها در پژوهش حاضر اندازه‌گیری نشد که جزء محدودیت‌های تحقیق بودند، اما

احتمالاً دلیل افزایش IGF-1 بعد از تمرین ترکیبی با و بدون محدودیت جریان خون بوده است. اما نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزایش هورمون رشد بعد از این تمرینات با محدودیت جریان خون ۲۹ برابر بیشتر نسبت به تمرینات سنتی افزایش می‌یابد (۳۷). همچنین افزایش ضربان قلب و فشارخون ناشی از بازتاب فشاری سبب افزایش ترشح هورمون رشد می‌شود. این افزایش‌ها سبب ترشح هورمون رشد و متعاقباً تحریک بیشتر IGF-1 می‌شود. همچنین افزایش فراخوانی تارهای تندانقباض در تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون و استفاده بیشتر از منابع گلیکولیتی، مهارتارهای عصبی III و IV که موجب مهارتارهای کندانقباض می‌شود، ایجاد شرایط هایپوکسی و افزایش متابولیت‌های مرتبط با هایپوکسی، همگی سبب ایجاد شرایط اسیدوز می‌شود. ایجاد اسیدوز خود محرکی قوی برای ترشح هورمون رشد و متعاقب آن افزایش ترشح IGF-1 است. احتمالاً یکی از دلایلی که IGF-1 در گروه تمرین ترکیبی با محدودیت جریان بیشتر ترشح شده بود، افزایش محیط هایپوکسی در عضلات ناشی از ایجاد محدودیت جریان خون حین تمرین بود. (۱۴, ۱۵) البته یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر نیز عدم اندازه‌گیری هورمون رشد از آزمودنی‌ها بود.

همچنین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی با و بدون محدودیت جریان خون سبب کاهش معنی‌دار سطوح مایواسستاتین در زنان جوان شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج (۳۸-۴۲) همسو بود و با نتایج (۹, ۱۰, ۴۳, ۴۴) همسو نبود. در پژوهش امانی و همکاران (۲۰۱۹)، از آزمودنی‌ها مرد در طول سه ماه پروتکل تمرینی با محدودیت جریان خون استفاده شده بود در حالی که در پژوهش حاضر، آزمودنی‌ها مرد و طول مدت پژوهش دوازده هفته بود (۹). تفاوت در سن آزمودنی‌ها دلیل

جریان خون، ایجاد تغییرات در مسیرهای بالادستی بیان ژن مایو استاتین می‌تواند باشد. در تایید این موضوع، گزارش شده است که افزایش توده عضلانی ناشی از تمرینات انسدادی ممکن است همزمان در بیان ژن مایو استاتین و افزایش بیان ژن مربوط به ایزوفرم‌های فولستاتین، $GASPI^5$ و $SMAD7$ منجر شود. تحقیقی گزارش کرد که $GASPI$ نقش مهمی در کنترل عملکرد مایو استاتین از طریق مهار پروتئازها دارد. همچنین، $SMAD7$ به عنوان یک مهارکننده‌ی آبشار داخل سلولی مایو استاتین شناخته می‌شود که در پاسخ به شرایط هایپوکسی و فاکتور مکانیکی افزایش می‌یابد (۴۶، ۴۷). ازدیگر دلایل کاهش میزان میو استاتین سرمی بعد از تمرین را می‌توان برهم خوردن تعادل تنظیم کننده‌های رشدی عضله به سمت تنظیم کننده‌های مثبت دانست. در وضعیت عادی به منظور حفظ اندازه تار عضلانی، یک تعادل هموستاتیک بین تنظیم کننده‌های مهم مثبت مانند $IGF-1$ و منفی مانند میو استاتین رشدی عضله وجود دارد، اما این تعادل در صورتی که عضله دچار آتروفی شود، به سمت تنظیم کننده‌های منفی و در صورتی که باری روی عضله اعمال شود، به سمت تنظیم کننده‌های مثبت سوق می‌یابد. اگر چه مکانیسم ارتباط این تنظیم کننده‌ها با یکدیگر کاملاً روشن نیست، به نظر می‌رسد این ارتباط از طریق حلقه بازخورد منفی بسیار پیچیده‌ای برقرار می‌شود؛ از اینرو، یک از علل احتمالی کاهش میزان میو استاتین پلاسما بلافاصله بعد از تمرین را می‌توان ناشی از برهم خوردن تعادل تنظیم کننده‌های رشدی عضله به سمت تنظیم کننده‌های مثبت دانست (۴۲). نتایج پژوهش حاضر نیز افزایش یکی از تنظیم کننده‌های مثبت عضلانی بنام $IGF-1$ را گزارش کرد. علاوه بر موارد فوق، پس از فعالیت ورزشی افزایش برتری

اختلاف نتایج پژوهش حاضر با نتایج رشیدی و همکاران (۱۳۹۸) بود. آنها از شرکت کنندگان زن سالمند استفاده کرده بودند (۴۴). همچنین نتایج شب‌خیر و همکاران (۲۰۱۷) (۱۰) عدم کاهش مایو استاتین را گزارش کردند. دلیل عدم همسویی نتایج آنها را نتایج پژوهش حاضر، بررسی اثرات حاد مایو استاتین به تمرینات با محدودیت جریان خون بود در حالی در این پژوهش به بررسی تغییرات مزمن سطوح مایو استاتین پرداخته شد. مایو استاتین یک فاکتور ترشحی و عضو خانواده بزرگ $TGF-B$ است که نقش تنظیمی منفی در رشد و هموستاز عضله اسکلتی دارد. این فاکتور در روز نهم دوره رویانی شروع به ترشح می‌کند. در عضله اسکلتی بیان می‌شود و سپس به گردش خون می‌ریزد و در سطح سلول‌های عضلانی با اتصال به گیرنده‌ی اکتیوین II تاثیرات مهاری خود را اعمال می‌کند (۶). تحقیقات نشان داده‌اند که حذف ژن مایو استاتین، موجب مهار تکثیر و تمایز سلول‌های ماهواره‌ای توسط فاکتور رونویسی $Pax7$ و در نهایت افزایش توده عضلانی می‌شود. همچنین مایو استاتین با مهار مهم‌ترین تنظیم کننده‌ی درون سلولی سنتز پروتئین بنام $mTOR$ و افزایش فاکتورهای آتروفی مانند آتروژین^۴، $MURF1$ و PKB نقش دارد (۶). مکانیزم دقیق برای کاهش سطوح مایو استاتین متعاقب تمرینات با محدودیت جریان خون هنوز وجود ندارد اما برای تحقیقی گزارش کرد که اجرای تمرینات انسدادی، سبب ایجاد شرایط هایپوکسی و افزایش متابولیت‌های محرک جهت فراخوانی تارهای تندانه‌قباض می‌شود که این تغییرات سبب رهایش عوامل رشد موضعی و فعال‌سازی مسیرهای درون سلولی مرتب با هایپرتروفی عضلانی می‌شود. مجموع این تغییرات سبب کاهش سطوح مایو استاتین می‌شود (۴۵). ازدیگر علل احتمالی کاهش مایو استاتین متعاقب تمرینات ترکیبی همراه با محدودیت

⁵ Protein Kinase B

⁶ growth and differentiation factor-associated serum protein 1

⁷ Mothers against decapentaplegic homolog 7

¹ Paired box protein Pax-7

² Mechanistic target of rapamycin

³ Atrogin-1

⁴ Muscle RING-finger protein-1

همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرد که تمرینات استقامتی، مقاومتی و ترکیبی با افزایش IL6 و IL15 سبب افزایش فولستاتین می‌شود (۵۳). همچنین، افزایش فاکتورهای میوزنیک مانند MyoD و بیان ژن‌های مرتبط با هایپرتروفی عضلانی، از دلایل دیگر افزایش فولستاتین متعاقب تمرینات ورزشی می‌باشد. پژوهشی گزارش کرد که افزایش MyoD و نسبت گلو کاکن به انسولین، سبب افزایش سطوح فولستاتین می‌شود (۵۴، ۵۵). از طرفی دیگر، پژوهشی گزارش کرد که تمرینات مقاومتی و استقامتی با فعال کردن خانواده‌ی پروگیزوم‌ها سبب کاهش مایواستاتین و افزایش سطوح فولستاتین می‌شوند. این پژوهش گزارش کرد که تمرینات ورزشی با افزایش PGC1a4 در افزایش فولستاتین نقش تاثیر گذاری دارند (۵۶).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون سبب افزایش معنی‌دار سطوح PDGF در زنان جوان شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج (۲۳-۲۱، ۲۵) همسو بود و با نتایج (۲۶، ۵۷) برای و همکاران، نتایجی ناهم‌سویی را گزارش کردند زیرا پروتکل تمرینی آنها با پروتکل تمرینی پژوهش حاضر مشابه نبود (۹). همچنین دالوند و همکاران، زمان پروتکل پژوهش آنها دو هفته بود (۵۷) و با زمان دوازده هفته‌ای پژوهش حاضر مغایرت دارد. در مراحل اولیه جدید عروقی سازی و آنژیوژنز، عواملی مانند فاکتور رشد فیبروبلاست و VEGF نقش اولیه را ایفا می‌کنند و با ارتباط با گیرنده‌های خود می‌توانند روند آنژیوژنز را ارتقا دهند. با پیشرفت روند آنژیوژنز در مراحل پایانی خود، هنگامی که رگ‌های خونی و سیستم گردش خون رشد و بالغ می‌شوند، نقش PDGF برجسته تر می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد ارزیابی پاسخ PDGF در تعیین سرنوشت آنژیوژنز و به طور کلی، سازگاری سیستم گردش خون مفید باشد. PDGF از طریق

عملکرد تنظیم کننده‌های افزایشی به ویژه دکورین با تعداد گیرنده‌های کینازی سرین/تروئونینی اکتیوین IIb و IIa، موجب افزایش بیشتر اتصال میوستاتین به این گیرنده‌های درون عضلانی شده و در نهایت، موجب کاهش میزان میوستاتین پلازما می‌شود (۴۸، ۴۹).

علاوه بر این، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون سبب افزایش معنی‌دار سطوح فولستاتین در زنان جوان شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج (۱۹، ۳۸-۴۰، ۵۰، ۵۱) همسو بود اما با نتایج (۵۲) ناهم‌سوی بود. دلیل اختلاف نتایج، عدم تشابه پروتکل تمرین بود. از جمله پروتئین‌هایی که در مهار مایواستاتین نقش دارد، پروتئین فولستاتین است. نشان داده شده است که پیش‌بیانی فولستاتین سبب افزایش ۴ برابری توده عضلانی می‌شود. در بررسی‌های مختلفی نشان داده است که افزایش فولستاتین سبب کاهش مایواستاتین متعاقب تمرینات ورزشی می‌شود. به نظر می‌رسد که تمرینات ترکیبی با توجه به حجم و شدت مناسب به عنوان دو عامل تاثیر گذار بر رهایی مایو کاین‌های تنظیم کننده‌ی رشدی، می‌تواند محرکی مناسب در رهایی فولستاتین از عضلات اسکلتی باشد. تمرینات مقاومتی گنجانده شده در بطن تمرینات ترکیبی، با افزایش انقباض و کشش سبب ایجاد تعادل مثبت در فاکتورهای مایوزنیک از جمله فولستاتین می‌شود (۵۱). پژوهشی نیز گزارش کرد که افزایش فولستاتین متعاقب تمرینات ورزشی، مشابه افزایش IGF-1 می‌باشد. آنها گزارش کردند که تغییرات درون سلولی و افزایش برخی هورمون‌ها مانند تستوسترون و استروژن از عوامل احتمالی افزایش فولستاتین می‌باشد. همچنین افزایش برخی مایو کاین‌ها مانند اینترلوکین ۶ و اینترلوکین ۱۵، به عنوان عوامل ارتباطی بین کبد و عضله اسکلتی از محرک‌های تحریک فولستاتین می‌باشد. در تایید این موضوع، هانسن و

⁵ Hansen

⁶ Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator (PGC)

⁷FGF2

¹ Decorin

² Activin IIa and IIb serine/threonine kinase receptors

³ IL6

⁴ IL15

سطوح اکسیژن در عضلات متعاقب تمرینات با محدودیت جریان خون، فاکتور HIF1^۵ بیان می‌شود تا با ایجاد تغییرات لازم از هایپوکسی ایجاد شده در سلول‌های عضلانی جلوگیری کند و اکسیژنی را به نحوه احسن انجام دهد. تحقیقی گزارش کرد که افزایش HIF1 اصلی‌ترین فاکتور تنظیم‌کننده بیان ژن PDGF در عضلات اسکلتی می‌باشد (۶۰). پس می‌توان از علل افزایش سطوح PDGF متعاقب تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون را، بروز شرایط هایپوکسی و افزایش HIF1 عنوان کرد.

نتیجه‌گیری: نتیجه این که، در مجموع، بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون سبب افزایش PDGF، IGF1، فولستاتین و کاهش مایوآستاتین می‌شود. در این پژوهش فرض بر این است که تمرینات تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون با ایجاد سازوکارهای درون و برون سلولی، ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و آناتومیکی سبب بهبود وضعیت آزمودنی‌های این پژوهش شد که می‌توان نتایج این پژوهش را به جامعه‌ی هدف پیشنهاد داد.

تشکر و قدردانی

از تمامی اساتید و مسئولین دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور و مشهد و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

گیرنده‌های تیروزین کیناز به فعالیت میتوژنیک خود در قلب عمل می‌کنند و از این مسیر سبب مهاجرت سلول‌های مزانشیمی می‌شوند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد بیان لیگاند های PDGF بر روی قسمت قدامی اندورم سبب تسهیل پیش سازهای ر سیتورهای PDGF می‌کارد می‌شود که این عمل سبب ارتباط بین میوکارد و اندودرم و گسترش عملکرد و رشد همه جانبه سلول‌های قلبی می‌گردد. توسعه‌ی این ارتباط سبب افزایش برگشت پذیری میوسیت‌ها در مواقعی مانند بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود. همچنین PDGF سبب تحریک VEGF و تنظیم اتصالات چسبنده‌ی دوام ماتریکس خارج سلولی در قسمت داخلی سلول‌های میوکارد می‌شود که همگی افزایش آنژیوژنز و بهبود روند میوسیت‌ها را تسهیل می‌کند (۲۲). برخی تحقیقات افزایش سطوح PDGF و برخی کاهش سطوح این فاکتور را متعاقب تمرینات ورزشی گزارش کرده‌اند. مکانیزم دقیق و روشنی برای این تغییرات متعاقب تمرینات ورزشی گزارش نشده است اما فرضیه‌های مختلفی در این زمینه مطرح می‌باشد که نیاز بیشتر به تحقیقات را الزامی می‌دارد. جیان^۳ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که سطوح PDGF پس از فعالیت ورزشی کاهش می‌یابد (۵۸) اما ترنری^۴ و همکاران (۲۰۱۱) افزایش معنی‌دار سطوح PDGF پس از فعالیت ورزشی حاد گزارش کردند (۵۹). تحقیقات همسو با نتایج این پژوهش (۲۳-۲۱، ۲۵)، فرضیه‌ی افزایش توده عضلانی را یکی از علل افزایش PDGF مطرح کرده‌اند. آنها بیان کردند که PDGF از عضلات اسکلتی ترشح می‌شود در نتیجه افزایش فاکتورهای آنابولیکی مانند IGF1 و افزایش توده عضلانی از علل اصلی افزایش PDGF می‌باشد. همچنین با کاهش

References

1. Arntz F, Markov A, Behm DG, Behrens M, Negra Y, Nakamura M, et al. Chronic Effects of Static Stretching Exercises on Muscle Strength and Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review with Multi-level Meta-analysis. *Sports Medicine*. 2023;1-23.

⁴ Trenerry

⁵ Hypoxia-inducible factor 1-alpha

¹ Mesenchymal cells

² adhesion

³ Jian

2. Guo Y, Zhang K, Geng W, Chen B, Wang D, Wang Z, et al. Evolutionary analysis and functional characterization reveal the role of the insulin-like growth factor system in a diversified selection of chickens (*Gallus gallus*). *Poultry Science*. 2023;102(3):102411.
3. Kartika RW, Sidharta V, Djuartina T, Rika I, Sartika CR, Timotius KH. Role of myostatin protein in sarcopenia (aging muscle) after conditioned medium umbilical cord mesenchymal stem cells (secretome) therapy: mini review. *Bali Medical Journal*. 2023;12(1):7-10.
4. Lee S-J, Bhasin S, Klickstein L, Krishnan V, Rooks D. Challenges and Future Prospects of Targeting Myostatin/Activin A Signaling to Treat Diseases of Muscle Loss and Metabolic Dysfunction. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2023;glad033.
5. Silva MZC, Vogt BP, Reis NSC, Minicucci FC, Dorna MS, Minicucci MF, et al. Serum myostatin levels are associated with physical function and hospitalization in peritoneal dialysis patients. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2023;77(2):292-4.
6. Hanson AM, Young MH, Harrison BC, Zhou X, Han H, Stodieck LS, et al. Inhibiting myostatin signaling partially mitigates structural and functional adaptations to hindlimb suspension in mice. *npj Microgravity*. 2023;9(1):2.
7. Santos HO, Cerqueira HS, Tinsley GM. The Effects of Dietary Supplements, Nutraceutical Agents, and Physical Exercise on Myostatin Levels: Hope or Hype? *Metabolites*. 2022;12(11):1146.
8. Lee S-J. Quadrupling muscle mass in mice by targeting TGF- β signaling pathways. *PloS one*. 2007;2(8):e789.
9. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, et al. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength. *Frontiers in physiology*. 2019;10:614.
10. Fatemeh Shabkhiz *, Siros Chubineh, Amir Ghafarian Isfahani, Morteza Yari. 2016. Response of serum myostatin to a bout of resistance training with and without blood flow restriction in immature male athletes. *Physiology and management research in sports*. 9-19.[in persian]
11. Nasr S, Nakisa A, Jandaghian S, Kouhi M, Sadeghi E, Varshosaz J. A Systematic Review and Meta-analysis on the Effect of Flavonoids on Insulin-like Growth Factor and Insulin-like Growth Factor Binding Protein and Incidence of Breast Cancer. *Current Medicinal Chemistry*. 2023.
12. Signorile PG, Viceconte R, Vincenzi B, Baldi A. Differential Expression in Endometriosis Tissue versus Endometrium of the Uterine Adenogenesis Factors PRL-R, GH, IGF1, and IGF2. *Critical Reviews™ in Eukaryotic Gene Expression*. 2023;33(3).
13. Kohama EB, da Silva ASR, Rocha A, Puggina EF, Fornel R, Custódio R, et al. IGF-I and IGFBP-3 are modulated in adolescent during a competitive soccer season. 2023.
14. Lopes KG, Bottino DA, Farinatti P, de Souza MdGC, Maranhão PA, de Araujo CMS, et al. Strength training with blood flow restriction—a novel therapeutic approach for older adults with sarcopenia? A case report. *Clinical Interventions in Aging*. 2019:1461-9.
15. Törpel A, Brennicke M, Kuck M, Behrendt T, Schega L. Effect of blood flow restriction training in combination with a high-intensity interval training on physical performance. *Int J Sport Exerc Med*. 2018;10:2469-5718.
16. Chen HT, Chung YC, Chen YJ, Ho SY, Wu HJ. Effects of different types of exercise on body composition, muscle strength, and IGF-1 in the elderly with sarcopenic obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2017;65(4):827-32.
17. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, CF K, Inoue K, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005;1(1):6-12.
18. Laurentino GC, Loenneke JP, Ugrinowitsch C, Aoki MS, Soares AG, Roschel H, et al. Blood-Flow-Restriction-Training-Induced Hormonal Response is not Associated with Gains in Muscle Size and Strength. *Journal of human kinetics*. 2022;83(1):235-43.
19. EBRAHIMNIA M, HOSSEINI KSA, HAGHIGHI AH. The Effect Of Three Combined Training Method (Aerobic And Resistance) With And Without Vascular Occlusion On Some Indices Of Hypertrophy In Elderly Women. 2019.
20. Behringer M, Behlau D, Montag JC, McCourt ML, Mester J. Low-intensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(9):2462-72.
21. Novak S, Madunic J, Shum L, Vucetic M, Wang X, Tanigawa H, et al. PDGF inhibits BMP2-induced bone healing. *npj Regenerative Medicine*. 2023;8(1):3.
22. Seyedi SH, Khajei R, Rashidlamir A, Ramezanpour MR, Mehrzad J. Effect of eight weeks of aerobic-resistance training on stromal cell-derived factor-1 and platelet-derived growth factor level in patients with coronary artery bypass grafting: A clinical trial study. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2021;23(2):16-23.

23. Rahimi M, Ghaforyan S, Asad MR, Abbasi A. The Effect of Exercise with Different Intensity on Platelet-Derived Growth Factor Gene Expression in Visceral and Subcutaneous Adipose Tissue of Rats. *Report of Health Care*. 2017;3(3):37-45.
24. Palmefors H, DuttaRoy S, Rundqvist B, Börjesson M. The effect of physical activity or exercise on key biomarkers in atherosclerosis—a systematic review. *Atherosclerosis*. 2014;235(1):150-61.
25. Czarkowska-Paczek B, Zendzian-Piotrowska M, Bartłomiejczyk I, Przybylski J, Gorski J. The influence of physical exercise on the generation of TGF- β 1, PDGF-AA, and VEGF-A in adipose tissue. *European journal of applied physiology*. 2011;111:875-81.
26. Barari A, Bashiri J, Sarabandi M. The effect of circuit resistance training combined with ginseng supplementation level of VEGF and PDGF in inactive females. *Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences*. 2015;37(5):6-13.
27. da Silva JC, Freitas ED, Aniceto RR, Silva KF, Araújo JP, Bembem MG, et al. Aerobic exercise with blood flow restriction: Energy expenditure, excess postexercise oxygen consumption, and respiratory exchange ratio. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2022;42(4):241-9.
28. Amorim S, Gaspar AP, Degens H, Cendoroglo MS, de Mello Franco FG, Ritti-Dias RM, et al. The effect of a single bout of resistance exercise with blood flow restriction on arterial stiffness in older people with slow gait speed: A pilot randomized study. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2022;9(3):85.
29. Chen Y, Wang J, Li S, Li Y. Acute effects of low load resistance training with blood flow restriction on serum growth hormone, insulin-like growth factor-1, and testosterone in patients with mild to moderate unilateral knee osteoarthritis. *Heliyon*. 2022;8(10):e11051.
30. Zhang T, Wang X, Wang J. Effect of blood flow restriction combined with low-intensity training on the lower limbs muscle strength and function in older adults: A meta-analysis. *Experimental Gerontology*. 2022:111827.
31. Chang H, Yao M, Chen B, Qi Y, Zhang J. Effects of Blood Flow Restriction Combined with Low-Intensity Resistance Training on Lower-Limb Muscle Strength and Mass in Post-Middle-Aged Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(23):15691.
32. Lim ZX, Goh J. Effects of blood flow restriction (BFR) with resistance exercise on musculoskeletal health in older adults: a narrative review. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2022;19(1):1-16.
33. Rezaee Z, Javaheri SAAH, Rashidlamir A, Oral O, Stavropoulos E. Effects of BFR training in serum NRG-1 and IL-6 in overweight postmenopausal women.
34. Vakili J, Amirsasan R, Sanei P. Effects of 4 weeks resistance training with and without blood flow restriction on GH, IGF-1, NO and Lactate in male rock climbers. *Journal of Sport Biosciences*. 2022;14(1):33-48.
35. Jensen AE, Palombo LJ, Niederberger B, Turcotte LP, Kelly KR. Exercise training with blood flow restriction has little effect on muscular strength and does not change IGF-1 in fit military warfighters. *Growth Hormone & IGF Research*. 2016;27:33-40.
36. Arnarson A, Geirsdottir OG, Ramel A, Jonsson P, Thorsdottir I. Insulin-like growth factor-1 and resistance exercise in community dwelling old adults. *The journal of nutrition, health & aging*. 2015;19:856-60.
37. Manini TM, Yarrow JF, Buford TW, Clark BC, Conover CF, Borst SE. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. *Growth Hormone & IGF Research*. 2012;22(5):167-72.
38. Pazokian F, Amani-Shalamzari S, Rajabi H. Effects of functional training with blood occlusion on the irisin, follistatin, and myostatin myokines in elderly men. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2022;19(1):22.
39. Motahari Rad M, Bijeh N, Attarzadeh Hosseini SR, Raouf Saeb A. The effect of two concurrent exercise modalities on serum concentrations of FGF21, irisin, follistatin, and myostatin in men with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2020:1-10.
40. Bagheri R, Rashidlamir A, Attarzadeh Hosseini SR. Effect of resistance training with blood flow restriction on follistatin to myostatin ratio, body composition and anaerobic power of trained-volleyball players. *Medical Laboratory Journal*. 2018;12(6):28-33.
41. Santos A, Neves Jr M, Gualano B, Laurentino G, Lancha Jr A, Ugrinowitsch C, et al. Blood flow restricted resistance training attenuates myostatin gene expression in a patient with inclusion body myositis. *Biology of sport*. 2014;31(2):121-4.
42. Goharshad Mohammadi Gonbad*, Amin Farzaneh Hessari, Hajar Abbaszadeh. 2018. Comparison of the effect of a period of resistance training with blood flow restriction and traditional resistance training on serum myostatin levels, muscle volume and some physiological indicators in middle-aged women: a clinical trial. *Rafsanjan University of Medical Sciences*. 31-42[in persian]

43. Khoubi M, Habibi A, Ghanbarzadeh M, Shakerian S, Mirzaii B. Acute interval waking with blood flow restriction could not increase ERK, p38 and decrease myostatin. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020;60(1):32-6.[in persian]
44. Esmat Rashidi, Seyed Alireza Hosseini Kakhek, Roya Askari. 2018. The effect of resistance training programs with two different intensities on the serum concentration of myostatin and muscle mass of elderly women. *The 3rd National Congress of Sports Science and Health Achievements*. [in persian]
45. Rababe Mohammadi, Ruqiya Afrondeh, Mojdeh Khaje Landi*, Mehrdad Mohammadian. 2019. Investigating the acute effect of resistance training with and without blood flow restriction on indicators related to muscle hypertrophy. *Rehabilitation medicine*. 147-155.[in persian]
46. Soomro A, Khajehei M, Li R, O'Neil K, Zhang D, Gao B, et al. A therapeutic target for CKD: activin A facilitates TGF β 1 profibrotic signaling. *Cellular & Molecular Biology Letters*. 2023;28(1):10.
47. Aoki MS, Soares AG, Miyabara EH, Baptista IL, Moriscot AS. Expression of genes related to myostatin signaling during rat skeletal muscle longitudinal growth. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 2009;40(6):992-9.
48. Arabzadeh E, Ghassemi Gil-kalayeh Z, Gholami M, Abed Natanzi H, Ebrahimi S. The effect of 8 weeks of circuit resistance training on serum levels of decorin and IGF-I in sedentary young men. *Sport Sciences for Health*. 2023:1-7.
49. Elham Wasadi*, Farhad Gholami, Elham Mortazavi. 1400. The effect of eight weeks of exercise with different intensities on decorin and TGF- β gene expression in adult male rats. *Ilam University of Medical Sciences 2*. 86-94[.in persian]
50. Hamid Agha Alinjad, Maqsood Piri, Mehdi Khalili Vaighani. 2013. The effect of a resistance training session with blood flow restriction on serum levels of IL-6 in trained men. *Islamic Azad University - Islamic Azad University, Central Tehran Branch - Faculty of Physical Education and Sports Sciences*[in persian]
51. Jalal Shirzad, Asghar Tawfighi, Javad Toloui Azar*, Mohammad Hassan Khadim Ansari. 2019. Adaptation of serum irisin, follistatin and myostatin to eight weeks of resistance, aerobic and combined training in obese men. *Physiology and management research in sports 4*. 21-39.[in persian]
52. Jensky NE, Sims JK, Dieli-Conwright CM, Sattler FR, Rice JC, Schroeder ET. Exercise does not influence myostatin and follistatin mRNA expression in young women. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*. 2010;24(2):522.
53. Hansen J, Brandt C, Nielsen AR, Hojman P, Whitham M, Febbraio MA, et al. Exercise induces a marked increase in plasma follistatin: evidence that follistatin is a contraction-induced hepatokine. *Endocrinology*. 2011;152(1):164-71.
54. Renzini A, D'onghia M, Coletti D, Moresi V. Histone deacetylases as modulators of the crosstalk between skeletal muscle and other organs. *Frontiers in physiology*. 2022:282.
55. Hansen JS, Rutti S, Arous C, Clemmesen JO, Secher NH, Drescher A, et al. Circulating follistatin is liver-derived and regulated by the glucagon-to-insulin ratio. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2016;101(2):550-60.
56. Ruas JL, White JP, Rao RR, Kleiner S, Brannan KT, Harrison BC, et al. A PGC-1 α isoform induced by resistance training regulates skeletal muscle hypertrophy. *Cell*. 2012;151(6):1319-31.
57. Dalvand H, Hematfar A, Behpoor N. Interactive Effects of Exhaustive Exercise Training and Curcumin Supplementation on PDGF-BB and TGF- β 1 Gene Expressions in Alcoholic Rats. *Nutrition and Food Sciences Research*. 2020;7(1):33-40.
58. Gu J-W, Gadonski G, Wang J, Makey I, Adair TH. Exercise increases endostatin in circulation of healthy volunteers. *BMC physiology*. 2004;4:1-6.
59. Trenerry MK, Della Gatta PA, Larsen AE, Garnham AP, Cameron-Smith D. Impact of resistance exercise training on interleukin-6 and JAK/STAT in young men. *Muscle & nerve*. 2011;43(3):385-92.
60. Olfert IM, Howlett RA, Tang K, Dalton ND, Gu Y, Peterson KL, et al. Muscle-specific VEGF deficiency greatly reduces exercise endurance in mice. *The Journal of physiology*. 2009;587(8):1755-67.

Original Article

Investigating the changes of some growth factors following eight weeks of combined exercises with and without blood flow restriction in young women

Received: 22/03/2023 - Accepted: 20/06/2023

Leila Jafari¹

Mahmoud Soltani^{2*}

Mohammadreza Hosseinabadi³

Amane Barjaste Yazdi³

¹ Phd student of sports physiology, Department of Physical Education and Sports Sciences, Neyshabour Branch, Islamic Azad University, Neyshabor, Iran

² Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran (corresponding author)

³ Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, Neyshabor Branch, Islamic Azad University, Neyshabor, Iran

Email: soltani.mahmood@gmail.com

Abstract

Introduction

The aim of this research was to investigate the changes of some growth factors following twelve weeks of combined exercises with and without blood flow restriction in young women.

Material and Method

The statistical population of this research was the inactive young women of Mashhad. Among them, 45 people were randomly divided into three groups of combined exercise + with blood flow restriction (15 people), combined exercise group + without blood flow restriction (15 people) and control group (15 people). The current research methodology was semi-experimental with a pre-test-post-test design. The combined training group did three resistance and aerobic training sessions per week. These exercises were done on consecutive days. The combined training group with blood flow restriction performed resistance training by closing the cuff and training intensity 20% of one maximum repetition at the beginning of the training and aerobic exercise with 45% maximum heart rate, and the combined training group without blood flow restriction, only resistance training with 80% 1RM and training They did aerobic exercise with 45% HRmax. The data were analyzed using t-correlated test, one-way analysis of variance test and Bonferroni's post hoc test at a significance level of $P \geq 0.05$ and SPSS software version 21.

Results

Statistical results show that twelve weeks of combined exercises with blood flow restriction and without blood flow restriction increases the levels of insulin-like factor 1, follistatin, platelet-derived factor and decreases myostatin in young women.

Conclusion

combined exercises with blood flow restriction can improve the physical condition and improve the physiological conditions of young women by making some changes affecting the growth factors.

Key words

combined exercises - blood flow restriction - growth factors - young women

Acknowledgement: There is no conflict of interest