

بررسی تغییرات سطوح IGF-1 و PDGF سرمی زنان غیرفعال در اثر تمرینات ترکیبی

سنّتی و تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون

لیلا جعفری^۱، محمود سلطانی^۲، محمدرضا حسین‌آبادی^۳، آمنه برجسته یزدی^۴

چکیده

اهداف: تمرینات مقاومتی برای افزایش حجم توده عضلانی توصیه می‌شود. اخیراً تمرینات همراه با محدودیت جریان خون مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین ورزشی ترکیبی همراه با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی عامل رشد شبه انسولین-۱ (IGF-1) و عامل رشد مشتق از پلاکت (PDGF) سرمی زنان جوان غیر فعال بود.

روش مطالعه: ۴۵ زن غیرفعال به صورت تصادفی انتخاب و در سه گروه تمرین ترکیبی همراه با BFR (۱۵ نفر)، تمرین ترکیبی سنّتی (TRT) (۱۵ نفر) و گروه کنترل (۱۵ نفر) تقسیم شدند. گروه BFR، تمرینات ترکیبی را با بستن کاف و شدت تمرین ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام دادند؛ گروه تمرین TRT، تمرین مقاومتی با ۸۰ درصد 1RM را ۳ جلسه در هفته برای ۱۲ هفته در روزهای متوالی انجام دادند. نمونه سرم قبل و بعد از ۱۲ هفته تمرین از آزمودنی‌ها گرفته شد. سطح سرمی IGF-1 و PDGF به روش الایزا اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از تی وابسته، آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معناداری $P < 0.05$ تحلیل شدند. **یافته‌ها:** سطح سرمی PDGF و IGF-1 در هر دو گروه تمرین به طور معناداری نسبت به پیش آزمون افزایش داشت ($P < 0.05$). همچنین سطح سرمی PDGF و IGF-1 در گروه‌های BFR و TRT به طور معناداری بالاتر از گروه کنترل بود ($P = 0.001$). سطح این شاخص‌ها در گروه‌های تمرینی تفاوت معناداری را نشان نداد.

نتیجه گیری: بنابراین به توجه به عدم تفاوت معنادار بین تمرین ترکیبی سنّتی و تمرینات ترکیبی کم شدت همراه با BFR بنابراین می‌توان به زنان غیرفعال توصیه کرد که به جای تمرینات شدید از تمرینات کم شدت همراه با BFR با نتایج مشابه استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: تمرین ترکیبی، محدودیت جریان خون، PDGF، IGF-1، زنان غیرفعال

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

^۲ استادیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران نویسنده مسئول: soltanni3545@mshdiau.ac.ir

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

^۴ استادیار گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

مقدمه

یکی از سازگاری‌های فیزیولوژیکی مهم پس از فعالیت بدنی، سازگاری‌های هورمونی است. پاسخ‌های هورمونی به ورزش از شدت، مدت، نوع تمرین و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها سرچشمه می‌گیرد (Ladlow et al., 2018). تحقیقات نشان می‌دهد که واکنش‌های هورمونی مختلف که در اثر تمرینات مقاومتی رخ دهد، منجر به افزایش ظرفیت، کارایی و اندازه سلول‌های عضلانی شود. برخی از این سازگاری‌های ناشی از تمرینات مقاومتی با تغییر در سطح هورمون‌ها انجام می‌شود. به طور کلی، اعتقاد بر این است که تمرینات مقاومتی سنتی، با ۷۰-۸۰ درصد حداکثر یک تکرار بیشینه^۱ (1RM) باید انجام شود تا هایپرتروفی و افزایش قدرت و شدت عضلانی لازم ایجاد شود و تمرین مقاومتی با شدت کم، تنش کافی برای افزایش قدرت و توده عضلانی را ایجاد نخواهد بود (Jensen, Palombo, Niederberger, Turcotte, & Kelly, 2016; Ladlow et al., 2018). در این راستا گزارش شده است که فقط برخی از هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون رشد^۲ (GH) به تمرینات مقاومتی سنگین و با شدت بالا پاسخ می‌دهند (Loenneke & Pujol, 2009). بنابراین، روش‌های ایمن و مؤثر برای حفظ و توسعه قدرت عضلانی برای افرادی که توانایی تحمل تمرینات ورزشی با شدت بالا را ندارند، مورد توجه محققان قرار گرفته است (Ladlow et al., 2018). از این رو محققان شکلی از تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون^۳ (BFR) را پیشنهاد کرده‌اند (Kawada & Ishii, 2005). در این راستا، کاتسو روش تمرینی را پیشنهاد می‌کند که شامل انجام روش‌های تمرینی است که شامل تمرینات با مقاومت کم در اندام‌های فوقانی یا تحتانی است در حالی که قسمت پروکسیمال اندام با ابزاری سبک و انعطاف‌پذیر بسته است و فشار مناسبی به اندام می‌آورد (Sundberg, 1994). تمرینات BFR باعث کاهش جریان خون به عضلات می‌شود و ایجاد رگ‌های خونی بیشتر در عضلات درگیر در تمرین را در پی دارد. در این روش تمرینی، جریان خون ورودی به عضلات فعال در حین تمرین با بستن کاف یا کش (تورنیکه) منعطف در بخش پروگزیمال بازو یا ران محدود می‌شود. شدت این تمرینات معمولاً بین ۲۰ تا ۳۰ درصد حداکثر یک تکرار (تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه) در نظر گرفته شده است. بنابراین برای افرادی با ویژگی‌های فیزیکی و شرایط آمادگی متفاوت، قابل تحمل است (Saraf, Goyal, & Goyal, 2024).

عامل رشد شبه انسولی-۱^۴ (IGF-1) یک واسطه اصلی مهم برای مسیرهای سیگنال دهی مرتبط با GH است (Gubbi, Quipildor, Barzilai, Huffman, & Milman, 2018). نقش‌های اصلی IGF-1 شامل تنظیم متابولیسم سلولی، رشد، تکثیر و آپوپتوز است (Yüksel et al., 2011). از این رو، اثر خالص IGF-1 شامل افزایش رشد نوزاد، رشد در کودکان و همچنین اعمال خواص آنابولیک در بزرگسالان است. حفظ سطوح بهینه IGF-1 در گردش برای سلامتی بسیار حیاتی است (Thankamony et al., 2014). همچنین عامل رشد مشتق از پلاکت^۵ (PDGF) یک عامل رشد دیگری است که علاوه بر این که در سنتز کلاژن، تولید اجزای ماتریکس خارج سلولی و انقباض نقش دارد، از عوامل مهم رشد عضلانی نیز محسوب می‌شود (Cao et al., 2002; Sarikhani, Gholipour, & Malekipooya, 2022). نشان داده شده است که کاهش سطح عوامل رشدی

¹ 1 Repetition Maximum² Growth Hormone³ Blood Flow Restriction⁴ Insulin-Like Growth Factor 1⁵ Platelet Derived Growth Factor

عضله در نتیجه عدم فعالیت ورزشی، افراد را مستعد ابتلا به سارکوپنی، بیماری‌های قلبی عروقی می‌کند (Lang et al., 2010). در حالی که بهبود و حفظ سطح این عوامل در جریان خون در نتیجه سبک زندگی سالم و تمرینات ورزشی مناسب، منجر به افزایش بهبود قدرت و حجم عضله و تناسب اندام فرد می‌شود (Yang et al., 2020). برخی از مطالعات نشان می‌دهد که تمرینات مقاومتی همراه با BFR دارای مزایایی مانند تمرینات مقاومتی سنتی و حتی بیشتر است (Saraf et al., 2024; Sundberg, 1994). برای مثال پولونین^۱ و همکاران در یک مطالعه نشان دادند که در هر دو تمرین مقاومتی شدید سنتی و کم شدت با محدودیت جریان خون، لاکتات به طور قابل توجهی در مردان افزایش یافت، اما GH تنها در تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون افزایش یافت. با این حال، تستوسترون و کورتیزول بین دو گروه تفاوتی نداشت (Pullinen, Mero, Huttunen, Pakarinen, & Komi, 2002). کارابولوت^۲ و همکاران نیز همان افزایش قدرت عضلانی را پس از شش هفته تمرین قدرتی با محدودیت جریان خون و روش سنتی گزارش کردند (Karabulut, Abe, Sato, & Bemben, 2010). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که افزایش هورمون رشد بعد تمرینات با محدودیت جریان خون، بسیار بیشتر از تمرینات سنتی است (Manini et al., 2012)، همچنین گزارش شده است که افزایش ضربان قلب و فشارخون ناشی از بازتاب فشاری، سبب افزایش ترشح عوامل رشدی در اثر تمرینات مقاومتی با BFR می‌شود (Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer, & Häkkinen, 2003). افزایش شدت تمرینات مقاومتی یکی از عوامل اصلی در ایجاد سازگاری‌های هورمونی در رابطه با افزایش توده عضلانی است. اما این افزایش با افزایش آسیب عضلات و مفاصل نیز همراه است. دستیابی به روش‌های تمرینی که کمترین آسیب را ایجاد می‌کنند، یکی از زمینه‌های پژوهشی مهم در پژوهش‌های جدید است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین ورزشی مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی IGF-1 و PDGF سرمی زنان جوان غیر فعال بود.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر به روش نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون صورت گرفت. تحقیق حاضر توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور با کد IR.IAU.NEYSHABUR.REC.1403.009 مورد تأیید قرار گرفت. نمونه آماری این پژوهش را زنان جوان غیرفعال تشکیل می‌دادند که به شکل هدفمند و در دسترس انتخاب شدند. معیارهای ورود به تحقیق شامل نداشتن سابقه بیماری خاص و یا مصرف داروی خاص، عدم مصرف سیگار و الکل، نداشتن رژیم‌های غذایی خاص قبل و در حین دوره پژوهش، عدم شرکت در فعالیت ورزشی منظم و داشتن دوره قاعدگی منظم بود. پس از احراز شرایط ورود به تحقیق، توضیحات اولیه در مورد هدف، نحوه اجرای پژوهش و خطرهای احتمالی آن آشنا شدند. رژیم غذایی آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه ۲۴ ساعته یاد آمد رژیم غذایی، کنترل گردید و مصرف هرگونه مکمل و مصرف دارو نیز مورد بررسی قرار گرفت. از کلیه آزمودنی‌ها رضایت‌نامه کتبی، پرسشنامه پزشکی و آمادگی برای شروع فعالیت بدنی اخذ گردید. قد و وزن با استفاده از ترازو و قدسنج مدل SECA اندازه‌گیری گردید. همچنین ترکیب بدن آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز ترکیب بدن مدل ۷۲۰ ساخت کره جنوبی انجام گرفت؛ نمونه گیری خون پیش از آزمون انجام شد. سپس آزمودنی‌ها بر اساس سن و وزن به صورت تصادفی به سه گروه ۱۵ نفری: تمرینات مقاومتی+BFR، تمرین مقاومتی سنتی (TRT) و کنترل تقسیم شدند.

¹ Pullinen

² Karabulut

یک هفته قبل از شروع تحقیق، آزمودنی‌ها در یک جلسه آشنا سازی شرکت کردند و با نحوه‌ی صحیح اجرای تمرین با وزنه آشنا شدند و سپس 1RM حرکات مورد نظر آزمودنی‌ها با استفاده از از فرمول برزینسکی برآورد شد. (تعداد تکرار * ۰/۰۲۷۸ - ۱/۰۲۷۸) / وزنه جابجا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه گروه BFR، تمرینات را همراه با کش محدود کننده جریان خون با ۲۰ درصد 1RM انجام دادند. گروه TRT، تمرین را با ۸۰ درصد 1RM انجام دادند. هر دو گروه تمرینی ۱۰ دقیقه گرم کردن را در ابتدای جلسه تمرین اجرا شد. سپس ۲۰ دقیقه پیاده روی با شدت ۴۵ درصد ضربان قلب بیشینه روی نوارگردان به عنوان تمرین هوازی (بدون محدودیت جریان خون در هر دو گروه) انجام دادند. در انتهای جلسه تمرین ۵ دقیقه سرد کردن انجام شد جلسات تمرین، سه روز در هفته و هر جلسه ۳ نوبت و به مدت ۱۲ هفته تمرینات به انجام رسید؛ تمرینات مقاومتی شامل حرکات پرس پا ماشین، پشت پا ماشین، جلو بازو سیم کش، پشت بازو سیم کش و لت از پشت دستگاه بود. برای رعایت اصل اضافه بار هر ۴ هفته از آزمودنی‌ها آزمون 1RM گرفته شد و برنامه تمرینی بر اساس آن تنظیم شد (Rezaee, Javaheri, Rashidlamir, Oral, & Stavropoulos). در این مدت، گروه کنترل هیچ گونه فعالیت ورزشی منظم نداشتند و فقط فعالیت‌های روزمره را انجام می‌دادند.

محدودیت جریان خون با استفاده از کاف‌های مخصوص به عرض ۵ سانتی‌متر برای دست‌ها و ۱۰ سانتی‌متر برای پاها اجرا شد. محدودیت در جریان خون در قسمت فوقانی دست‌ها و پاها اعمال شد. کاف‌ها در طول سه ست حرکت باز می‌ماندند و سپس برای سه دقیقه استراحت بین حرکات باز می‌شدند. پس از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه از آزمودنی‌ها نمونه خونی از دست چپ و ورید قدامی بازویی گرفته شد. سپس نمونه‌های سانتریفوژ شده و نمونه سرمی آن جدا شد. سرم جهت اندازه‌گیری فاکتورهای خونی در دمای ۷۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. جهت اندازه‌گیری سطح IGF-1 سرمی از کیت Glory Science ساخت کشور آمریکا با حساسیت ۱/۵۵ نانوگرم در میلی‌لیتر و ضریب تغییرات ۸/۲ درصد و برای اندازه‌گیری سطح PDGF سرم از کیت Cusabio ساخت کشور چین با حساسیت کمتر از ۰/۳۹ نانوگرم در میلی‌لیتر با ضریب تغییرات ۷/۴ درصد استفاده شد.

کلیه عملیات و تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. از آزمون شاپیروویلیک برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها داده‌ها استفاده شد. از آزمون تی وابسته برای مقایسه درون گروهی استفاده شد. پس از محاسبه و کسر پیش آزمون و پس آزمون (diff)، آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی جهت بررسی تغییرات بین گروهی مورد استفاده قرار گرفت. حداقل سطح معناداری در $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های آنترپومتریک آزمودنی‌های گروه‌های تحقیق ارائه شده است. نتایج حاصل از تی وابسته نشان داد که میزان وزن، توده چربی و BMI آزمودنی‌های گروه‌های TRT و BFR در پس آزمون به طور معناداری پایین تر از پیش آزمون است ($P < 0.05$). در جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد سطح سرمی IGF-1 و PDGF گروه‌های تحقیق همراه با نتایج تی وابسته و همچنین آنالیز واریانس یک طرفه گزارش شده است. نتایج حاصل از تی وابسته نشان داد که سطح سرمی PDGF زنان غیرفعال در پس آزمون گروه‌های BFR و TRT به طور معناداری نسبت به پیش آزمون افزایش داشت (مقادیر P به ترتیب ۰/۰۰۲ و

۰/۰۰۱). همچنین نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین سطح سرمی PDGF گروه‌های تحقیق تفاوت معناداری وجود دارد ($F=24/335$ و $P=0/001$). همچنین نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد که سطح سرمی PDGF در گروه BFR و TRT به طور معناداری بالاتر از گروه کنترل بود ($P=0/001$). بین سطح سرمی PDGF در گروه‌های BFR و TRT تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p=0/087$).

جدول ۱: مقادیر (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) ویژگی‌های آنترپومتریک گروه‌های تحقیق

متغیر	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	درون گروهی	
				P	T
وزن (کیلوگرم)	BFR	$64/09 \pm 2/72$	$62/93 \pm 2/95$	۰/۰۰۴	۳/۱۱۸
	TRT	$64/94 \pm 3/68$	$63/36 \pm 3/17$	۰/۰۰۱	۴/۱۸۷
	کنترل	$64/98 \pm 3/55$	$65/66 \pm 4/22$	۰/۴	-۰/۲۷۲
درصد چربی	BFR	$28/09 \pm 1/91$	$26/77 \pm 2/01$	۰/۰۰۱	۱۹/۱۸۴
	TRT	$27/07 \pm 3/31$	$24/36 \pm 3/36$	۰/۰۰۱	۲۸/۸۴۳
	کنترل	$27/37 \pm 2/98$	$28/43 \pm 2/55$	۰/۳	-۰/۵۸۴
BMI (کیلوگرم/متر ^۲)	BFR	$25/31 \pm 1/10$	$24/86 \pm 1/27$	۰/۰۰۴	۳/۱۱۸
	TRT	$25/59 \pm 0/99$	$24/97 \pm 0/89$	۰/۰۰۱	۴/۱۸۷
	کنترل	$25/51 \pm 2/15$	$25/98 \pm 2/17$	۰/۴	-۰/۲۷۲

$P \leq 0/05$ بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

جدول ۲: مقادیر سرمی (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) متغیرهای وابسته تحقیق

متغیرها	گروه	پیش آزمون	پیش آزمون	درون گروهی		بین گروهی	
				P	T	P	F
PDGF (نانوگرم/میلی لیتر)	BFR	$0/86 \pm 0/27$	$1/19 \pm 0/13$	۰/۰۰۱	۵/۹۸۵	۰/۰۰۱	۲۴/۳۳
	TRT	$0/8 \pm 0/33$	$0/97 \pm 0/28$	۰/۰۰۲	۳/۱۶۶		
	کنترل	$0/86 \pm 0/28$	$0/73 \pm 0/24$	۰/۰۰۱	-۴/۰۳۲		
IGF-1 (نانوگرم/میلی لیتر)	BFR	$138/16 \pm 10/5$	$153/37 \pm 7/92$	۰/۰۰۱	۷/۱۵۰	۰/۰۰۱	۲/۶۴
	TRT	$139/05 \pm 12/8$	$150/87 \pm 14/3$	۰/۰۰۱	۸/۵۶۳		
	کنترل	$137/51 \pm 16/7$	$135/94 \pm 16/8$	۰/۱	-۱/۷۵۱		

$P \leq 0/05$ بعنوان سطح معناداری در نظر گرفته شده است.

نتایج حاصل از تی وابسته نشان داد که سطح سرمی IGF-1 در پس آزمون گروه‌های BFR و TRT به طور معناداری نسبت به پیش آزمون افزایش داشت ($P=0/001$). همچنین نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین سطح سرمی IGF-1 گروه‌های تحقیق تفاوت معناداری وجود دارد ($F=2/641$ و $P=0/001$). نتایج حاصل از آزمون تعقیبی توکی نشان داد که سطح سرمی IGF-1 در گروه‌های BFR و TRT به طور معناداری

بالا تر از گروه کنترل بود ($p=0/001$). بین سطح سرمی IGF-1 در گروه‌های BFR و TRT تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P=0/5$).

بحث و بررسی:

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر ۱۲ هفته تمرین ورزشی مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی IGF-1 و PDGF سرمی زنان جوان غیر فعال بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرین مقاومتی سنتی و تمرین مقاومتی کم شدت همراه با محدودیت جریان خون باعث افزایش عوامل رشدی IGF-1 و PDGF زنان جوان غیر فعال شد. 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 (Yang et al., 2020). عنوان شده است که تمرینات مقاومتی با کاهش اکسیژن رسانی به عضلات همراه است که باعث تحریک ترشح عوامل رشد عضلانی می‌شود که نتیجه آن رشد عضله و قدرت آن است. در این راستا عنوان شده است که تمرینات BFR با وجود شدت پایین نسبت به تمرینات سنتی با شدت بالا نتایج مشابهی را برای قدرت و حجم عضلانی ایجاد می‌کند. مکانیزم این سازگاری هنوز به طور دقیق مشخص نشده است اما توافق عمومی این است که افزایش شدید در سیستم هورمونی، به ویژه GH و عوامل متعاقب آن از جمله IGF-1، نقش عمده‌ای در افزایش توده عضلانی و احتمالاً با تحریک سنتز، ایفا می‌کند (Loenneke, Fahs, Wilson, & Bemben, 2011). نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد که افزایش هورمون رشد بعد تمرینات با محدودیت جریان خون، بسیار بیشتر از تمرینات سنتی است (Manini et al., 2012)، همچنین گزارش شده است که افزایش ضربان قلب و فشارخون ناشی از بازتاب فشاری سبب افزایش ترشح هورمون رشد در اثر تمرینات مقاومتی با BFR می‌باشد. یافته‌های آتینان^۱ و همکاران نیز با این نتایج همراستا است (Ahtiainen et al., 2003). این افزایش‌ها سبب ترشح هورمون رشد و متعاقباً، تحریک بیشتر IGF-1 می‌شود. همچنین افزایش فراخوانی تاندانقباض در تمرینات ترکیبی با محدودیت جریان خون و استفاده بیشتر از منابع گلیکوژنی، مهار تارهای عصبی III و IV که موجب مهار تارهای کند انقباض 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 (Lopes et al., 2019).

عنوان شده است که پس از تحریک ترشح توسط GH، IGF-1 عمدتاً در کبد بیان می‌شود. همچنین سایر بافت‌ها همچون استخوان‌ها و عضلات اسکلتی نیز در پاسخ به تمرین ورزشی، به روش پاراکرین/اتوکرین، IGF-1 ترشح می‌کنند (Schoenfeld, 2013). این عامل رشدی می‌تواند با افزایش تکثیر سلولی استئوبلاست‌ها و تولید ماتریکس معدنی استخوان، اثرات آنابولیک بر روی استخوان‌ها اعمال کند (Olney, 2003)، علاوه بر این عنوان شده است که در اثر افزایش ترشح IGF-1، توده بدون چربی بدن حفظ می‌شود (Velloso, 2008). عدم فعالیت ورزشی نه تنها با تضعیف و از دست دادن سیستم عضلانی اسکلتی همراه است، بلکه کاهش ترشح IGF-1 در گردش خون را نیز به دنبال دارد که به معنی سارکوپنی و کاهش حجم عضلات می‌باشد (Frontera et al., 2000). از سوی دیگر، مکانیزم احتمالی دیگری نشان می‌دهد که بزرگ شدن یا بازسازی سلول‌های عضلانی پس

¹ Ahtiainen

از تمرین مقاومتی ممکن است منجر به افزایش سطح IGF-1 شود (Jiang et al., 2020). در این ارتباط سئو^۱ و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی ارتباط بین توده عضلانی و سطح IGF-1 در زنان میانسال نشان دادند که افزایش توده عضلانی با افزایش سطح IGF-1 ارتباط دارد و تمرینات ترکیبی اثرات بهتری نسبت به تمرینات هوازی را به نمایش می‌گذارد که می‌تواند به دلیل اثرات آن در افزایش حجم عضلات باشد (Seo et al., 2010).

PDGF به عنوان یکی از جدیدترین فاکتورهای رشدی کشف شده که با زیر واحد 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. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این فاکتور در پی انجام تمرینات بدنی افزایش یافته و تأثیر بسزایی در رگ‌زایی و افزایش انشعابات سیستم عصبی دارد (Novak et al., 2023). نقش PDGF ها در عضله اسکلتی طبیعی و پاتولوژیک به طور کامل شناخته نشده است. شواهدی وجود دارد که از اثرات سودمند PDGF در دیستروفی عضلانی حمایت می‌کند. از جمله نشان داده شده است که سلول‌های پیش ساز فیبرو-چربی، گیرنده‌های آلفا PDGF اطراف عروقی، پس از آسیب عضلانی تکثیر می‌شوند و عضلات اسکلتی موش‌هایی که در آن‌ها فعال کننده گیرنده PDGF، غیرفعال شده بود، افزایش بافت فیبروزی را نشان دادند (Hafstad et al., 2013) و در نهایت درمان موش‌های مدل دیستروفی عضلانی با آنتاگونیست‌های گیرنده PDGF، فیبروز عضلانی را کاهش می‌دهد (Ieronimakis et al., 2016). در این راستا عنوان شده است که افزایش سطح PDGF با افزایش بازسازی عضلانی از طریق فعال سازی تکثیر و مهاجرت سلول‌های ماهواره‌ای، نقش محافظتی در دیستروفی‌های عضلانی ایفا می‌کند (Piñol-Jurado et al., 2017). 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. گزارش شده است که سطوح PDGF پس از فعالیت ورزشی کاهش می‌یابد (Gu, Gadonski, Wang, Makey, & Adair, 2004). اما افزایش معنی‌دار سطوح PDGF پس از فعالیت ورزشی حاد نیز گزارش شده است (Trenerry, Della Gatta, Larsen, Garnham, & Cameron-Smith, 2011). سیدی و همکاران نیز افزایش سطوح PDGF را متعاقب تمرینات ترکیبی مشاهده کردند (Seyed, Khajei, Rashidlamir, Ramezanpour, & Mehrzad, 2021). تحقیقات همسو با نتایج این پژوهش، 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 IGF-1 و افزایش توده عضلانی از علل اصلی افزایش PDGF می‌باشد. همچنین با کاهش سطوح اکسیژن در عضلات متعاقب تمرینات با محدودیت جریان خون، فاکتور HIF-1 بیان می‌شود تا با ایجاد تغییرات لازم از هاپوکسی ایجاد شده در سلول‌های عضلانی جلوگیری کند. در این راستا گزارش شده است که افزایش HIF-1 اصلی‌ترین فاکتور تنظیم‌کننده‌ی بیان ژن PDGF در عضلات اسکلتی می‌باشد (Olfert et al., 2009). پس می‌توان از علل افزایش سطوح PDGF متعاقب تمرینات مقاومتی سنتی با شدت بالا و همچنین تمرینات BFR را، بروز شرایط هاپوکسی و افزایش HIF-1 عنوان کرد.

نتیجه‌گیری

¹ Seo

در مجموع بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر افزایش عوامل رشدی IGF-1 و PDGF در هر دو شیوه تمرین مقاومتی سنتی و تمرین مقاومتی کم شدت همراه با محدودیت جریان خون، به افراد تمرین نکرده می‌توان توصیه کرد که به جای تمرینات شدید مقاومتی از تمرینات کم شدت همراه با BFR با نتایج مشابه استفاده کنند.

تضاد منافع

این پژوهش هیچ‌گونه تضاد و تعارض منافی ندارد.

منابع

- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *International journal of sports medicine*, 24(06), 410-418 .
- Cao, R., Bråkenhielm, E., Li, X., Pietras, K., Widenfalk, J., Östman, A., . . . Cao, Y. (2002). Angiogenesis stimulated by PDGF-CC, a novel member in the PDGF family, involves activation of PDGFR- α and- β receptors. *The FASEB Journal*, 16(12), 1575-1583 .
- Frontera, W. R., Hughes, V. A., Fielding, R. A., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of applied physiology*, 88(4), 1321-1326 .
- Gu, J.-W., Gadonski, G., Wang, J., Makey, I & Adair, T. H. (2004). Exercise increases endostatin in circulation of healthy volunteers. *BMC physiology*, 4, 1-6 .
- Gubbi, S., Quipildor, G. F., Barzilai, N., Huffman, D. M., & Milman, S. (2018). 40 YEARS of IGF1: IGF1: the Jekyll and Hyde of the aging brain. *Journal of molecular endocrinology*, 61(1), T171-T185 .
- Hafstad, A. D., Lund, J., Hadler-Olsen, E., Höper, A. C., Larsen, T. S., & Aasum, E. (2013). High-and moderate-intensity training normalizes ventricular function and mechanoenergetics in mice with diet-induced obesity. *Diabetes*, 62(7), 2287-2294 .
- Ieronimakis, N., Hays, A., Prasad, A., Janebodin, K., Duffield, J. S., & Reyes, M. (2016). PDGFR α signalling promotes fibrogenic responses in collagen-producing cells in Duchenne muscular dystrophy. *The Journal of pathology*, 240(4), 410-424 .
- Jensen, A. E., Palombo, L. J., Niederberger, B., Turcotte, L. P., & Kelly, K. R. (2016). 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*, 27, 33-40 .
- Jiang, Q., Lou, K., Hou, L., Lu, Y., Sun, L., Tan, S. C., . . . Pang, S. (2020). The effect of resistance training on serum insulin-like growth factor 1 (IGF-1): a systematic review and meta-analysis. *Complementary therapies in medicine*, 50, 102360 .
- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bemben, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European journal of applied physiology*, 108, 147-155 .

- Kawada, S., & Ishii, N. (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1144-1150.
- Ladlow, P., Coppack, R. J., Dharm-Datta, S., Conway, D., Sellon, E., Patterson, S. D., & Bennett, A. N. (2018). Low-load resistance training with blood flow restriction improves clinical outcomes in musculoskeletal rehabilitation: a single-blind randomized controlled trial. *Frontiers in physiology*, 9, 1269.
- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D. R., & Harris, T. (2010). Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporosis international*, 21, 543-559.
- Loenneke, J., Fahs, C., Wilson, J., & Bembien, M. (2001). Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. *Medical hypotheses*, 77(5), 748-752.
- Loenneke, J. P., & Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 77-84.
- Lopes, K. G., Bottino, D. A., Farinatti, P., de Souza, M. d. G. C., Maranhão, P. A., de Araujo, C. M. S., . . . de Oliveira, R. B. (2019). Strength training with blood flow restriction—a novel therapeutic approach for older adults with sarcopenia? A case report. *Clinical interventions in aging*, 1461-1469.
- Manini, T. M., Yarrow, J. F., Buford, T. W., Clark, B. C., Conover, C. F., & Borst, S. E. (2012). Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. *Growth Hormone & IGF Research*, 22(5), 167-172.
- Novak, S., Madunic, J., Shum, L., Vucetic, M., Wang, X., Tanigawa, H., . . . Kalajzic, I. (2023). PDGF inhibits BMP2-induced bone healing. *npj Regenerative Medicine*, 8(1), 3.
- Olfert, I. M., Howlett, R. A., Tang, K., Dalton, N. D., Gu, Y., Peterson, K. L., . . . Breen, E. C. (2009). Muscle-specific VEGF deficiency greatly reduces exercise endurance in mice. *The Journal of physiology*, 587(8), 1755-1767.
- Olney, R. C. (2003). Regulation of bone mass by growth hormone. *Medical and pediatric oncology*, 41(3), 228-234.
- Piñol-Jurado, P., Gallardo, E., de Luna, N., Suárez-Calvet, X., Sánchez-Riera, C., Fernández-Simón, E., . . . Díaz-Manera, J. (2017). Platelet-derived growth factor BB influences muscle regeneration in Duchenne muscle dystrophy. *The American journal of pathology*, 187(8), 1814-1827.
- Pullinen, T., Mero, A., Huttunen, P., Pakarinen, A., & Komi, P. V. (2002). Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), 806-813.
- Rezaee, Z., Javaheri, S. A. A. H., Rashidlamir, A., Oral, O., & Stavropoulos, E. (2022). Effects of BFR training in serum NRG-1 and IL-6 in overweight postmenopausal women. *Scientific Chronicles*, 27(4): 541-554
- Saraf, A., Goyal, M., & Goyal, K. (2024). Historical Perspective and Introduction to Blood Flow Restriction Training *Blood Flow Restriction Training* (pp. 23-40): Jenny Stanford Publishing.

- Sarikhani, N., Gholipour, M., & Malekipooya, M. (2022). Effect of exercise activity with different intensity and volume on the expression of PDGF-B and FGF-2 genes in subcutaneous adipose tissue of Wistar rats. *medical journal of mashhad university of medical sciences*, 65(3), 1259-1267 .
- Schoenfeld, B. J. (2013). Postexercise hypertrophic adaptations: a reexamination of the hormone hypothesis and its applicability to resistance training program design. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1720-1730 .
- Seo, D. I., Jun, T. W., Park, K. S., Chang, H., So, W. Y., & Song, W. (2010). 12 weeks of combined exercise is better than aerobic exercise for increasing growth hormone in middle-aged women. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(1), 21-26.
- Seyedi, S. H., Khajei, R., Rashidlamir, A., Ramezanzpour, M. R., & Mehrzad, J. (2021). 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*, 23(2), 16-23 .
- Sundberg, C. J. (1994). Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 615, 1-50 .
- Thankamony, A., Capalbo, D., Marcovecchio, M. L., Sleight, A., Jørgensen, S. W., Hill, N. R., . . . Juul, A. (2014). Low circulating levels of IGF-1 in healthy adults are associated with reduced β -cell function, increased intramyocellular lipid, and enhanced fat utilization during fasting .*The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 99(6), 2198-2207 .
- Trenerry, M. K., Della Gatta, P. A., Larsen, A. E., Garnham, A. P., & Cameron-Smith, D. (2011). Impact of resistance exercise training on interleukin-6 and JAK/STAT in young men. *Muscle & nerve*, 43(3), 385-392 .
- Velloso, C. (2008). Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I. *British journal of pharmacology*, 154(3), 557-568.
- Yang, X., Kord-Varkaneh, H., Talaei, S., Clark, C. C., Zanghelini, F., Tan, S. C., . . . Zhang, Y. (2020). The influence of metformin on IGF-1 levels in humans: A systematic review and meta-analysis. *Pharmacological research*, 151, 104588 .
- Yüksel, B., Özbek, M. N., Mungan, N. Ö., Darendeliler, F., Budan, B., Bideci, A., . . . Yeşilkaya, E. (2011). Serum IGF-1 and IGFBP-3 levels in healthy children between 0 and 6 years of age. *Journal of clinical research in pediatric endocrinology*, 3(2), 84.

Study of Changes in Serum IGF-1 and PDGF Levels in Inactive Women Due to Traditional Combined Training and Combined Training with Blood Flow Restriction

Leila Jaafari¹, Mahmoud Soltani^{2*}, Mohammad Reza Hosseinabadi¹,
Amene Barjaste Yazdi¹

1 Department of Physical Education and Sport Sciences, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran.

2 Department of Physical Education and Sport Sciences. Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

***Corresponding author:** soltanni3545@mshdiau.ac.ir

Abstract

Objectives: Resistance training is recommended for increasing muscle mass. Recently, blood flow restriction training has received attention. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of 12 weeks of combined exercise training with blood flow restriction on serum levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and platelet-derived growth factor (PDGF) in inactive young women.

Methods: 45 inactive young women were selected and randomly divided into three groups: combined exercise group with BFR (n=15), traditional combined exercise (TRT) (n=15), and control group (n=15). The BFR group performed combined exercises with cuff closure and an exercise intensity of 20% of one repetition maximum; the TRT exercise group performed resistance training with 80% of 1RM 3 sessions per week for 12 weeks on consecutive days. Serum samples were collected from the subjects before and after 12 weeks of training. Serum levels of IGF-1 and PDGF were measured by ELISA. Data were analyzed using paired t-test, one-way analysis of variance, and Tukey's post hoc test at a significance level of $P < 0.05$.

Results: Serum levels of PDGF and IGF-1 in both exercise groups increased significantly compared to the pre-test ($p < 0.05$). Also, serum levels of PDGF and IGF-1 in the BFR and TRT groups were significantly higher than the control group ($p = 0.001$). The levels of these indicators in the exercise groups did not show a significant difference.

Conclusion: Therefore, considering the lack of significant difference between traditional combined exercise and low-intensity combined exercise with BFR, it can be recommended to inactive women to use low-intensity exercises with BFR instead of intense exercises with similar results.

Key words: Combined Training, Blood Flow Restriction, PDGF, IGF-1, Inactive Women