



بررسی مقایسه‌ای پاسخ‌های هورمونی و تغییرات لاکتات خون به دو پروتکل تمرین مقاومتی و پیاده‌روی همراه با محدودیت جریان خون (BFR) در مردان جوان

فائزه حیدری^a

^aگروه تربیت بدنی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

نویسنده مسئول: فائزه حیدری (f-heydari@tvu.ac.ir-09907732165)

مقدمه

تمرینات با محدودیت جریان خون (BFR) یا کاتسو، به عنوان یک استراتژی نوین و اثربخش جهت ارتقای قدرت و هایپرتروفی عضلانی شناخته می‌شوند. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی اثر تعاملی پروتکل‌های تمرینی کاتسو بر پاسخ هورمون‌های آنابولیک و غلظت لاکتات خون در مردان جوان است. روش‌شناسی: این مطالعه نیمه‌تجربی با طرح «اندازه‌گیری‌های مکرر» و به صورت «متقاطع» (Crossover) انجام شد. بیست مرد جوان (۲۰ تا ۲۵ سال، BMI: ۲۱/۳۶ kg/m²) به روش فراخوان عمومی انتخاب و در دو گروه تمرین مقاومتی (باز کردن زانو با ۳۰٪ RM^۱) و تمرین پیاده‌روی (سرعت ۵۰ متر در دقیقه) قرار گرفتند. پروتکل‌های تمرینی در دو شرایط «با محدودیت جریان خون» و «بدون محدودیت» با فاصله زمانی یک هفته اجرا شدند. نمونه‌گیری خونی در سه مرحله جهت اندازه‌گیری متغیرهای هورمونی (GH و IGF-1) و لاکتات انجام شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معناداری $P < 0.05$ صورت گرفت. یافته‌ها: نتایج نشان داد که سطح لاکتات خون و هورمون رشد (GH) در هر دو پروتکل تمرینی همراه با محدودیت جریان خون، به طور معناداری افزایش یافت ($P < 0.05$). همچنین، مقادیر IGF-1 بلافاصله پس از تمرین پیاده‌روی همراه با محدودیت، نسبت به شرایط بدون محدودیت جریان خون، افزایش معناداری نشان داد. نتیجه‌گیری: یافته‌ها مؤید آن است که انباشت لاکتات خون احتمالاً به عنوان یکی از محرک‌های اصلی ترشح هورمون رشد در تمرینات کاتسو عمل می‌کند. با این حال، پیرامون پاسخ‌های IGF-1 و تفاوت‌های آن در انواع پروتکل‌های کاتسو، نیاز به مطالعات تکمیلی جهت تبیین مکانیسم‌های دقیق فیزیولوژیک احساس می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین کاتسو، محدودیت جریان خون (BFR)، هورمون رشد، IGF-1، پاسخ‌های آنابولیک، لاکتات.



مقدمه:

سال‌های اخیر، تمرینات مقاومتی به‌ویژه در میان جمعیت جوان، به عنوان ابزاری حیاتی برای ارتقای آمادگی جسمانی، بازتوانی آسیب‌دیدگان ورزشی و حفظ سلامت عمومی مورد توجه گسترده قرار گرفته است [۱]. از آنجا که تمرینات مقاومتی یکی از محرک‌های اصلی برای افزایش سنتز پروتئین عضلانی و متعاقباً هایپرتروفی محسوب می‌شود [۲]، پروتکل‌های مختلفی برای دستیابی به دو هدف اصلی یعنی افزایش قدرت بیشینه و هایپرتروفی عضلانی توسعه یافته‌اند [۳]. بر اساس توصیه‌های کلاسیک (مانند ACSM)، دستیابی به هایپرتروفی مطلوب معمولاً مستلزم شدت تمرینی حداقل ۶۵ درصد یک تکرار بیشینه (RM۱) است [۴]. با این حال، یافته‌های جدید نشان می‌دهند که هایپرتروفی عضلانی می‌تواند حتی در شدت‌های بسیار پایین (حدود ۲۰ درصد RM۱) و در صورت همراهی با انسداد عروقی متوسط، به شکلی موثر رخ دهد [۵].

تمرینات با محدودیت جریان خون (Blood Flow Restriction - BFR) که با استفاده از ابزاری نظیر کاف فشار خون انجام می‌شود، با کاهش جریان خون عضلانی، امکان ایجاد سازگاری‌های مثبت تمرینی را حتی در شدت‌های پایین (۱۰ تا ۳۰ درصد حداکثر ظرفیت کاری) فراهم می‌کند [۶]. شواهد علمی نشان می‌دهند که حتی پروتکل‌های هوازی مانند پیاده‌روی همراه با محدودیت جریان خون (BFR-Walking) نیز می‌توانند منجر به افزایش اندازه و قدرت عضلانی شوند [۷].

یکی از مکانیزم‌های کلیدی در ایجاد سازگاری‌های عضلانی، تغییر در پروفایل هورمونی پس از تمرین است [۸]. این تغییرات هورمونی هم به صورت حاد (پاسخ‌های گذرا بلافاصله پس از تمرین) و هم به صورت مزمن (سازگاری‌های طولانی‌مدت) بر توده عضلانی اثرگذار هستند [۹]. در تمرینات BFR، کاهش جریان اکسیژن منجر به فعال‌سازی تارهای عضلانی تندانقباض (Type II) می‌شود که نقش کلیدی در افزایش قدرت و هایپرتروفی ایفا می‌کنند [۱۰].

در این میان، هورمون‌های آنابولیک از جمله هورمون رشد (GH) و فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1) نقش محوری در فرآیند رشد عضلانی دارند [۱۱]. هورمون رشد از طریق تسهیل انتقال اسیدهای آمینه و همچنین تحریک تولید IGF-1 در کبد، باعث افزایش سنتز پروتئین می‌شود [۱۲]. IGF-1 با فعال‌سازی سلول‌های ماهواره‌ای و کاهش تجزیه پروتئین، عامل اصلی هایپرتروفی تار عضلانی است [۱۳].

با وجود مطالعات گسترده، هنوز بحث‌هایی در مورد تفاوت پاسخ‌های هورمونی بین پروتکل‌های مختلف BFR (مانند تمرینات مقاومتی در مقابل تمرینات هوازی/پیاده‌روی) وجود دارد. در حالی که بسیاری از پژوهش‌ها بر نقش انباشت لاکتات و محیط اسیدی در تحریک ترشح GH پس از تمرینات BFR تاکید دارند [۱۴]، برخی از مطالعات نشان می‌دهند



2

The Second National Conference on
Physical Education, Modern Sports
Sciences, Professional Sport, and
Health Promotion

تاریخ همایش: ۱۳۰۵/۰۲/۱۵

دومین همایش ملی تربیت بدنی علوم ورزشی
نوبین، ورزش حرفه ای و ارتقای تندرستی



که پاسخ هورمونی ممکن است بسته به نوع پروتکل تمرینی (انسدادی در مقابل غیرانسدادی) متفاوت باشد و لزوماً در همه شرایط افزایش معناداری را نشان ندهد [۱۵]

روش شناسی

طرح پژوهش و شرکت کنندگان

این مطالعه با استفاده از طرح آزمایشی نیمه تجربی با پروتکل متقاطع (Crossover Design) و اندازه گیری های مکرر انجام شد. شرکت کنندگان ۲۰ مرد جوان (در بازه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال) با شاخص توده بدنی (BMI) میانگین ۲۱.۳۶ متر مربع بر کیلوگرم بودند. ویژگی های آنتروپومتریک شامل قد (با استفاده از قدسنج Seca، آلمان، دقت ۰.۵ و ترکیب بدنی (با استفاده از دستگاه InBody 720، کره جنوبی) اندازه گیری شد. پیش از شروع هر جلسه تمرینی، فشار خون شرکت کنندگان به روش سمعی با استفاده از فشارسنج جیوه ای چک گردید تا اطمینان حاصل شود که شرکت کنندگان در وضعیت فیزیولوژیک پایدار قرار دارند.

پروتکل های تمرینی

برای تعیین شدت تمرینات، ابتدا حداکثر قدرت یک تکرار بیشینه (1RM) با استفاده از فرمول واتن (Wattene, 1994) محاسبه شد:

$$1RM = 100 \times W48.8 + [53.8 \times e(-0.075 \times rep)]$$

دو پروتکل تمرینی اصلی با اعمال محدودیت جریان خون (BFR) و بدون آن (Control) اجرا گردید:

تمرین مقاومتی (BFR-Resistance Exercise): تمرینات شامل حرکت باز کردن زانو (Leg Extension) با شدت ۳۰٪ 1RM بود. تمرینات در حالت ۹۰ درجه فلکشن زانو و در دامنه کامل حرکتی انجام شد. پروتکل شامل یک ست ۳۰ تکراری (با ۳۰ ثانیه استراحت) و متعاقباً ۳ ست ۱۵ تکراری (با ۳۰ ثانیه استراحت بین ست ها) بود (مجموعاً ۷۵ تکرار). جهت کنترل زمان تحت تنش، هر تکرار با سرعت مشخص (Tempo 2:2؛ شامل ۲ ثانیه بخش اکسنتریک و ۲ ثانیه بخش کنسنتریک) با استفاده از زمان سنج انجام شد.

تمرین پیاده روی (BFR-Walking Exercise): پروتکل شامل ۵ ست پیاده روی به مدت ۲ دقیقه بر روی تردمیل با سرعت ثابت ۵۰ متر در دقیقه بود که با ۱ دقیقه استراحت بین ست ها همراه بود (زمان کل پروتکل: ۱۴ دقیقه). در تمامی پروتکل ها، برای حالت کنترل (بدون محدودیت جریان خون)، دقیقاً همان ساختار تمرینی اما بدون استفاده از کاف فشار خون اجرا گردید تا اثر متقابل بین نوع تمرین و BFR بررسی شود.



تمرین پیاده‌روی (BFR-Walking Exercise): پروتکل شامل ۵ ست پیاده‌روی به مدت ۲ دقیقه بر روی تردمیل با سرعت ثابت ۵۰ متر در دقیقه بود که با ۱ دقیقه استراحت بین ست‌ها همراه بود (زمان کل پروتکل: ۱۴ دقیقه).

نمونه‌گیری خون و آنالیز بیوشیمیایی

جهت ارزیابی پاسخ‌های هورمونی، نمونه‌های خون (حدود ۵ میلی‌لیتر) از ورید بازویی در سه مرحله زمانی مشخص (قبل، بلافاصله و ۱۵ دقیقه بعد) در وضعیت نشسته و استراحت جمع‌آوری شد. نمونه‌ها بلافاصله جداسازی شده و سرم حاصل در دمای ۱۸- فریز گردید. پس از ۱۵ روز، غلظت هورمون رشد (GH)، فاکتور رشد شبه‌انسولین یک (IGF-1) و لاکتات خون با استفاده از کیت‌های ELISA (ساخت شرکت Diagnostics Biochem، کانادا) با حساسیت ۰/۰۲ نانوگرم در میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) تحلیل شدند. ابتدا توزیع نرمال داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون بررسی شد. با توجه به ماهیت طرح تحقیق از آزمون تحلیل واریانس اندازه‌های مکرر استفاده گردید.

یافته‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل نتایج، پس از تایید طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن واریانس‌ها از طریق آزمون لون؛ برای بررسی اثرمداخله‌ی تمرین (مقاومتی و پیاده‌روی) بر متغیرهای وابسته از اندازه‌های مکرر تحلیل واریانس استفاده شد.

آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی سن و شاخص‌های تن‌سنجی گروه‌های تجربی تمرین مقاومتی (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین پیاده‌روی (تعداد ۱۰ نفر) در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی سن و شاخص‌های تن‌سنجی گروه تمرین مقاومتی (۱۰ نفر) و گروه پیاده‌روی (۱۰ نفر)، پیش از مداخله متغیرهای مستقل

شاخص	گروه‌های تجربی	آماره‌های گرایش مرکزی و پراکندگی		
		میانگین	انحراف معیار	خطای معیار میانگین
سن (سال)	تمرین مقاومتی	۲۰/۴	۲/۸۷	۰/۹
	تمرین پیاده‌روی	۱۹/۵	۰/۹۷	۰/۳
قد (سانتی‌متر)	تمرین مقاومتی	۱۷۶	۵/۴۹	۱/۷۳



۱/۳۹	۴۱/۴	۱۷۷/۲۵	تمرین پیاده‌روی	وزن (کیلوگرم)
۱/۷۳	۸/۶۱	۶۵/۹۳	تمرین مقاومتی	
۲/۱۴	۶/۷۸	۶۶/۳۹	تمرین پیاده‌روی	
۰/۹۴	۲/۹۸	۳۱/۲	تمرین مقاومتی	توده عضلانی اسکلتی (کیلوگرم)
۱/۷۴	۵/۵	۲۹/۱۹	تمرین پیاده‌روی	
۰/۹۴	۲/۹۸	۲۱/۳۶	تمرین مقاومتی	نمایه توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)
۰/۶۸	۲/۱۵	۲۱/۰۷	تمرین پیاده‌روی	
۱/۴۶	۴/۶۳	۱۰/۳۷	تمرین مقاومتی	درصد چربی بدن
۲/۴۶	۸/۳۶	۱۲/۶۱	تمرین پیاده‌روی	

جدول شماره ۲ نشان می‌دهد تغییرات درون گروهی سطوح لاکتات خون متعاقب هر دو مداخله با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$).

جدول ۲: مقایسه تغییرات درون گروهی میانگین‌های سطوح لاکتات خون گروه تمرین مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت در جریان خون (تعداد ۱۰ نفر)

گروه *	وهله های تمرینی	پیش از فعالیت	بلافاصله پس از فعالیت	۱۵ دقیقه پس از فعالیت
تمرین پیاده‌روی بدون محدودیت	پیش از فعالیت	---	۲/۵۹۱ [†] -	۰/۲۷۹
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۲/۸۷ [†]
تمرین پیاده‌روی با محدودیت	پیش از فعالیت	---	۴/۰۵ [†] -	۰/۷۷ -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۳/۲۸ [†]
تمرین مقاومتی بدون محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱۰/۵۲ [†] -	۱/۴۹ -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۹/۰۳ [†]
تمرین مقاومتی با محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱۳/۳۵ [†] -	۳/۵ [†] -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۹/۸۵ [†] -

* داده های جدول بر مبنای تفاوت میانگین های گروه ها است. †: تفاوت بین گروهی در $p < 0.05$

اما در مقایسه بین گروهی سطوح لاکتات خون بر طبق جدول ۳ گروه مقاومتی با محدودیت به طور معناداری توانسته بود نسبت به دو گروه تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت تفاوت معناداری را ایجاد نماید ($P < 0.05$). همچنین گروه مقاومتی بدون محدودیت نیز توانسته بود نسبت به دو گروه تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت تفاوت معناداری را ایجاد نماید ($P < 0.05$) هر چند که نسبت به گروه مقاومتی با محدودیت آثار کمتری را نشان داده بود. با



The Second National Conference on Physical Education, Modern Sports Sciences, Professional Sport, and Health Promotion

تاریخ همایش: ۱۳۰۵/۰۲/۱۵

دومین همایش ملی تربیت بدنی علوم ورزشی
نوین، ورزش حرفه ای و ارتقای تندرستی

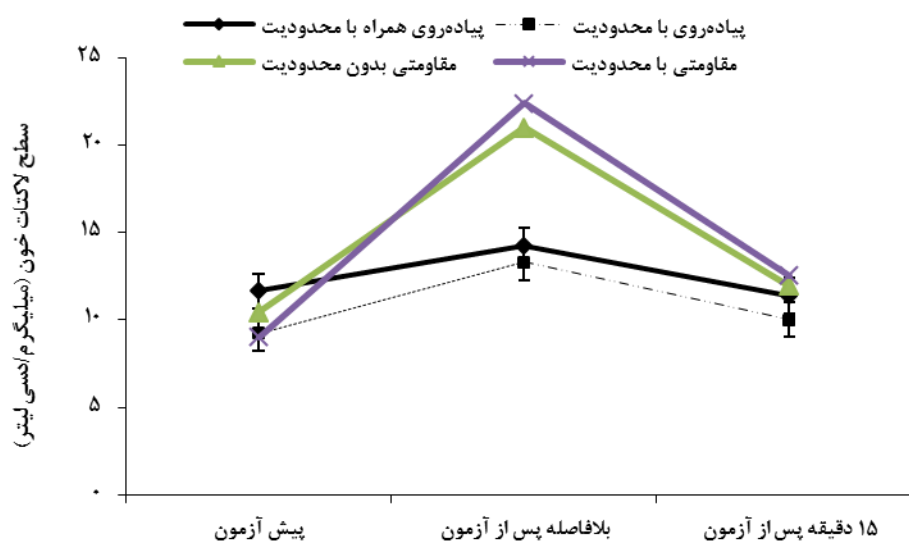
این حال، هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌های هم خانواده مقاومتی (با محدودیت و بدون آن) و پیاده‌روی (با محدودیت و بدون آن) وجود نداشت ($P > 0.05$).

جدول ۳: مقایسه تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح لاکتات خون گروه‌های تمرین مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت در جریان خون (تعداد ۱۰ نفر)

گروه *	پیاده‌روی بدون محدودیت	پیاده‌روی با محدودیت	مقاومتی بدون محدودیت	مقاومتی با محدودیت
پیاده‌روی بدون محدودیت	---	۱/۵۸۳	۲/۲۱۷ [†]	۲/۰۳۴ [†]
پیاده‌روی با محدودیت	---	---	۳/۸ [†]	۳/۶۱۷ [†]
مقاومتی بدون محدودیت	---	---	۰/۱۸۳	---

* داده‌های جدول بر مبنای تفاوت میانگین‌های گروه‌ها است. †: تفاوت بین گروهی در $p < 0.05$

نمودار ۱: تغییرات لاکتات خون هر چهار گروه را در وهله‌های سه‌گانه قبل، بلافاصله بعد و پس از آزمون نشان داده است.



نمودار ۱: تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح لاکتات خون گروه‌های تجربی تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت و تمرین پیاده‌روی با و



بدون محدودیت در جریان خون طی وهله‌های سه گانه

از یافته‌های جدول ۴ مشخص می‌شود که تمرین باعث افزایش معنادار هورمون رشد در گروه‌های همراه با محدودیت جریان خون شده است ($P < 0.05$).

جدول ۴: مقایسه تغییرات درون گروهی میانگین‌های سطوح هورمونی رشد خون گروه‌های تجربی تمرین مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت در جریان خون (تعداد ۱۰ نفر)

گروه *	وهله‌های تمرینی	پیش از فعالیت	بلافاصله پس از فعالیت	۱۵ دقیقه پس از فعالیت
پیاده‌روی بدون محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱/۰۰ -	۰/۷۳ -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۰/۲۷
پیاده‌روی با محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱/۷۳ † -	۰/۵۷ -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۱/۱۶ †
مقاومتی بدون محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱/۸۳ -	۱/۳۷ † -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۰/۴۶ -
مقاومتی با محدودیت	پیش از فعالیت	---	۴/۹۸ † -	۲/۰۸ † -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۲/۹ † -

* داده‌های جدول بر مبنای تفاوت میانگین‌های گروه‌ها است. †: تفاوت بین گروهی در $p < 0.05$

بر طبق جدول ۵ گروه مقاومتی با محدودیت به طور معناداری توانسته بود نسبت به دو گروه تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت تفاوت معناداری را ایجاد نماید ($P < 0.05$). با این حال، گروه مقاومتی بدون محدودیت نتوانسته بود نسبت به دو گروه تمرین پیاده‌روی با محدودیت و بدون محدودیت تفاوت معناداری را ایجاد نماید ($P > 0.05$) هر چند که افزایش بیشتری را نسبت به دو فعالیت استقامتی دیگر نشان داده بود. به علاوه، هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌های هم خانواده مقاومتی (چه با محدودیت و چه بدون آن) و استقامتی (چه با محدودیت و چه بدون آن) وجود نداشت ($P > 0.05$). با این حال در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت نسبت به گروه بدون محدودیت افزایش بیشتری را شاهد بودیم منتها این افزایش به لحاظ آماری معنادار نبود.



2

The Second National Conference on Physical Education, Modern Sports Sciences, Professional Sport, and Health Promotion

کاربش همایش: ۱۳۰۵/۰۲/۱۵

دومین همایش ملی تربیت بدنی علوم ورزشی نوین، ورزش حرفه ای و ارتقای تندرستی

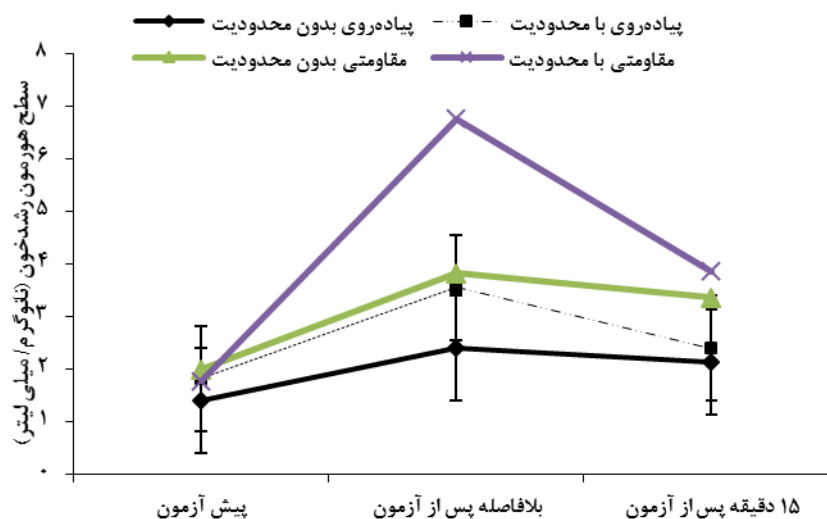
جدول ۵: مقایسه تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح هورمون رشد خون گروه‌های تمرین مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین استقامتی با محدودیت و بدون محدودیت در جریان خون (تعداد ۱۰ نفر)

گروه *	پیاده‌روی بدون محدودیت	پیاده‌روی با محدودیت	مقاومتی بدون محدودیت	مقاومتی با محدودیت
پیاده‌روی بدون محدودیت	---	۰/۶۲	- ۱/۰۸	- ۲/۱۵۶ †
پیاده‌روی با محدودیت	---	---	- ۰/۴۶	- ۱/۵۳۶ †
مقاومتی بدون محدودیت	---	---	---	- ۱/۰۷۶

* داده‌های جدول بر مبنای تفاوت میانگین‌های گروه‌ها است. †: تفاوت بین گروهی در $p < 0.05$

نمودار ۲ نیمرخ تغییرات هورمون رشد هر چهار گروه را در وهله‌های سه گانه قبل، بلافاصله بعد و پس از آزمون نشان

داده است.



نمودار ۲: تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح هورمون رشد خون گروه‌های تجربی تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت و تمرین پیاده‌روی با و بدون محدودیت در جریان خون طی وهله‌های سه گانه



یافته های جدول ۶ نشان دهنده ی عدم وجود تفاوت معنادار در وهله های سه گانه است و این موضوع برای تمام وهله ها به جز یک وهله (در گروه تمرین پیاده روی با محدودیت و بین وهله های دوم و سوم) صدق می کند و گرنه در سایر وهله های سه گانه و در سایر گروه ها تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

جدول ۶: مقایسه تغییرات درون گروهی میانگین های سطوح IGF-1 خون گروه های تجربی تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین پیاده روی با محدودیت و بدون محدودیت در جریان خون (تعداد ۱۰ نفر)

گروه *	وهله های تمرینی	پیش از فعالیت	بلافاصله پس از فعالیت	۱۵ دقیقه پس از فعالیت
پیاده روی بدون محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱/۹۳	۲/۲۲
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۰/۲۹
پیاده روی با محدودیت	پیش از فعالیت	---	۲۵/۰۰ -	۰/۵
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۲۵/۵ †
مقاومتی بدون محدودیت	پیش از فعالیت	---	۷/۰۶ -	۱۹/۶۲
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۱۲/۵۶
مقاومتی با محدودیت	پیش از فعالیت	---	۱۷/۸۱ -	۱۱/۳۶ -
	بلافاصله پس از فعالیت	---	---	۶/۵۶

* داده های جدول بر مبنای تفاوت میانگین های گروه ها است. †: تفاوت بین گروهی در $p < 0.05$

بر طبق نتایج جدول ۷ گروه مقاومتی با محدودیت تنها به طور معناداری توانسته بود نسبت به گروه پیاده روی بدون محدودیت تفاوت معناداری را ایجاد نماید ($P < 0.05$). همچنین، گروه پیاده روی با محدودیت نیز توانسته نسبت به گروه پیاده روی بدون محدودیت تفاوت معناداری را ایجاد نماید ($P < 0.05$). لذا چنین به نظر می رسد که در دو گروه تمرین پیاده روی همراه با محدودیت و تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون می تواند افزایش معناداری را در IGF-1 آزمودنی ها ایجاد نماید. با این حال بین گروه های دیگر تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

جدول ۷: مقایسه تغییرات بین گروهی میانگین های خون IGF-1 گروه های تجربی تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت (تعداد ۱۰ نفر) و تمرین پیاده روی با و بدون محدودیت در جریان خون (تعداد ۱۰ نفر)

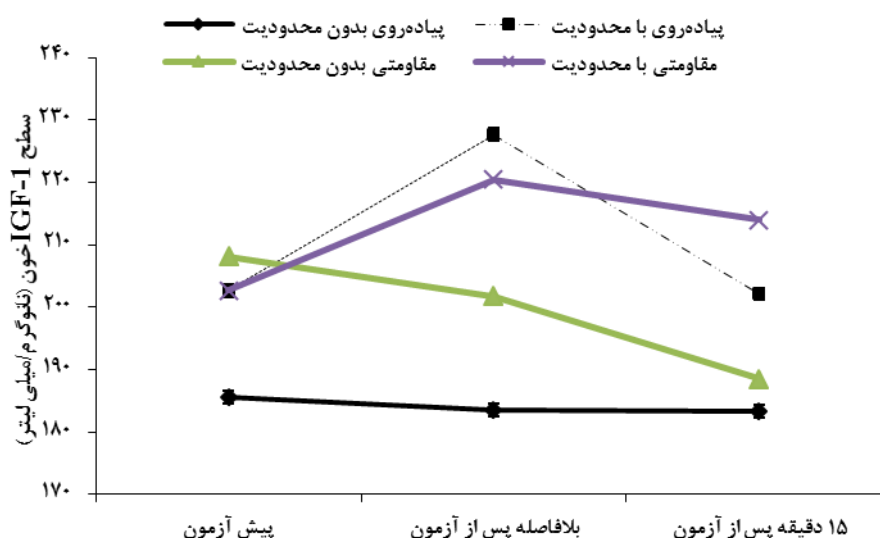
گروه *	پیاده روی بدون محدودیت	پیاده روی با محدودیت	مقاومتی بدون محدودیت	مقاومتی با محدودیت
--------	------------------------	----------------------	----------------------	--------------------



پیاده روی بدون محدودیت	---	$\dagger$ - ۲۶/۶۷	- ۱۵/۱۱	$\dagger$ - ۲۸/۲۴
پیاده روی با محدودیت	---	---	- ۱۱/۵۶	- ۱/۵۷
مقاومتی بدون محدودیت	---	---	---	- ۱۳/۱۳

* داده‌های جدول بر مبنای تفاوت میانگین‌های گروه‌ها است. †: تفاوت بین گروهی در $p < 0.05$

نمودار ۳ نیمرخ تغییرات سطوح IGF-1 خون هر چهار گروه را در وهله‌های سه گانه قبل، بلافاصله بعد و پس از آزمون نشان داده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بر خلاف دو فاکتور لاکتات و هورمون رشد، تمرین پیاده-روی همراه با محدودیت افزایش اندک و غیرمعناداری را در سطوح IGF-1 نسبت به گروه تمرین مقاومتی همراه با محدودیت نشان داد. منتها سطح IGF-1 ۱۵ دقیقه پس از فعالیت در گروه مقاومتی همراه با محدودیت هم‌چنان بالا بود.



نمودار ۳: تغییرات بین گروهی میانگین‌های سطوح IGF-1 خون گروه‌های تمرین مقاومتی کم شدت با محدودیت و بدون محدودیت و تمرین پیاده روی با محدودیت و بدون محدودیت در جریان خون طی وهله‌های سه گانه



بحث و نتیجه گیری

پاسخ لاکتات خون

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که انجام تمرینات مقاومتی و پیاده‌روی (چه با محدودیت جریان خون و چه بدون آن) منجر به افزایش معنادار غلظت لاکتات خون می‌شود. با این حال، میزان افزایش لاکتات در پروتکل تمرین مقاومتی (با و بدون BFR) به طور قابل توجهی بیشتر از پروتکل پیاده‌روی بود. این اختلاف می‌تواند ناشی از ماهیت فیبرهای عضلانی درگیر در هر پروتکل باشد؛ تمرینات مقاومتی عمدتاً تارهای عضلانی تندانقباض (Type II) را درگیر می‌کنند که به دلیل وابستگی بالا به سیستم گلیکولیز بی‌هوازی، لاکتات بیشتری تولید می‌کنند [۱۰]، در حالی که تمرینات هوازی (پیاده‌روی) بیشتر بر تارهای کندانقباض (Type I) تمرکز دارند [۱۱].

بررسی دقیق‌تر نشان داد که بالاترین میزان لاکتات در پروتکل تمرین مقاومتی همراه با BFR مشاهده شد. این امر می‌تواند با افزایش به کارگیری واحدهای حرکتی و فیبرهای عضلانی غیرفعال برای مقابله با خستگی زودرس ناشی از محدودیت جریان خون و شدت تمرین توضیح داده شود [۸]. همچنین، محدودیت جریان خون با ایجاد شرایط هیپوکسی موضعی، متابولیسم هوازی را سرکوب کرده و با افزایش وابستگی به مسیرهای بی‌هوازی، منجر به تجمع محصولات جانبی نظیر لاکتات و فسفات در بافت عضلانی می‌شود [۱۲].

نتایج تحقیق ما با تحقیقات فوجیتا و همکارانش [۳] و تاکانو و همکاران [۶] همسو است اما با نتایج تحقیق تاکارادا و همکاران [۹] همسو نیست. در مطالعه تاکارادا، در گروه بدون محدودیت جریان خون افزایش لاکتات مشاهده نشد؛ این تفاوت احتمالاً ناشی از سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌هاست. از آنجایی که آزمودنی‌های پژوهش حاضر افراد غیرورزشکار بودند، پاسخ متابولیک آن‌ها به فشار تمرینی مقاومتی نسبت به ورزشکاران، شدت بیشتری داشت [۱۳].

پاسخ فاکتور رشد شبه‌انسولین-۱

در رابطه با پاسخ‌های هورمونی، یافته‌ها نشان داد که سطح IGF-1 در هر دو گروه تمرینی همراه با BFR افزایش یافت، اما این افزایش تنها در پروتکل پیاده‌روی همراه با BFR از نظر آماری معنادار بود. از آنجا که محور GH/IGF-1 نقش کلیدی در سنتز پروتئین و هایپرتروفی عضلانی ایفا می‌کند [۱۴]، این یافته حائز اهمیت است.

در مورد مکانیسم افزایش IGF-1، هنوز توافق علمی کاملی وجود ندارد. برخی پژوهشگران افزایش IGF-1 را وابسته به ترشح GH کبدی می‌دانند و برخی دیگر معتقدند این پاسخ مستقل از GH است [۱۱]. همچنین، زمان‌بندی در ترشح IGF-1 بسیار حائز اهمیت است؛ چرا که تغییرات در سطح IGF-1 ممکن است با تاخیر نسبت به ترشح GH رخ دهد [۸]. نتایج ما که نشان‌دهنده افزایش معنادار IGF-1 در ۱۵ دقیقه پس از پیاده‌روی با BFR



بود، می‌تواند نشان‌دهنده فعال شدن مکانیسم‌های سنتز پروتئین در پاسخ به آسیب‌های میوفیبریلی ایجاد شده در طول تمرین باشد [۱۵].

مقایسه با مطالعات دیگر نشان می‌دهد که یافته‌های ما در برخی موارد با نتایج فوجیتا و همکاران (عدم تغییر معنادار در تمرین مقاومتی کم‌شدت) همسو است، اما با نتایج تاکانو و همکاران (افزایش معنادار در تمرین مقاومتی) تفاوت دارد که احتمالاً به دلیل تفاوت در حجم تمرینی است [۱۳]. در نهایت، با توجه به تفاوت در نتایج مطالعات مختلف (از جمله تفاوت در زمان نمونه‌گیری و سطح آمادگی ورزشی)، هنوز نمی‌توان با قطعیت کامل درباره مکانیسم دقیق و یکسان تغییرات IGF-1 در تمامی پروتکل‌های تمرین کاتسو (BFR) حکم داد و انجام پژوهش‌های بیشتر با کنترل دقیق‌تر متغیرها ضروری است.

این نتایج نشان می‌دهد که پیاده‌روی با محدودیت جریان خون می‌تواند یک جایگزین موثر برای تحریک پاسخ‌های هورمونی آنابولیک در افرادی باشد که قادر به انجام تمرینات مقاومتی سنگین نیستند.

منابع

1. Wong A, et al. Hormonal, immune, and oxidative stress responses to blood flow-restricted exercise: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* 2024;15:1349882. doi: 10.3389/fphys.2024.1349882.
2. Du J, Guo B, Wang Q. Evaluation of the effect of blood flow restriction training combined with repeated transcranial stimulation on lower limb function after stroke. *Chin Foreign Med Treat.* 2022;41(12):23–6+35.
3. Fujita S, Abe T, Drummond M J, Cadenas J G, Dreyer H C, Sato Y, et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol* 2007; 103: 903–910.
4. Hughes L, et al. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2021;55(1):37-46. doi: 10.1136/bjsports-2020-102952.
5. Jing S, et al. Effects of upper extremity blood flow restriction training on muscle strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol.* 2024;15:1488305. doi: 10.3389/fphys.2024.1488305.
6. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol* 2000; 88: 61-65.



7. Zhang Q, et al. The effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction on knee rehabilitation in middle-aged and elderly patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2025;20(6):e0323388. doi: 10.1371/journal.pone.0323388.
8. Yinghao L, et al. Effects of a blood flow restriction exercise under different pressures on testosterone, growth hormone, and insulin-like growth factor levels. *J Int Med Res*. 2021;49(9). doi: 10.1177/03000605211044439.
9. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol* 2005; 95: 65–73.
10. Scott BR, et al. Blood flow restriction training: a review of its physiological mechanisms and clinical applications. *Sports Med*. 2022;52(4):815-832.
11. Loenneke JP, et al. The effects of blood flow restriction training on hormonal responses: a systematic review. *Sports Med*. 2023;53(2):211-228.
12. Libardi A, et al. Effects of low-load resistance training with blood flow restriction on IGF-1 and muscle hypertrophy in young adults. *J Strength Cond Res*. 2020;34(11):3120-3128.
13. Da Silva Neto A, et al. Blood flow restriction training: a review of its physiological mechanisms. *Physiol Rev*. 2022;102(3):1123-1155.
14. Peake JM, et al. Muscle hypertrophy and the role of mechanical tension and metabolic stress: a review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2021;31(5):345-358.
15. Doghi S, Khodaei K, Zolfaghar Didani MR. The Effect of Low-Intensity Suspension Training with Blood Flow Restriction on Serum Sex Hormones, Muscular Hypertrophy, and Balance in Young Women. *Women. Health. Bull*. 2024;11(4):250-261. doi: 10.30476/whb.2024.103488.1303.



Comparative analysis of hormonal responses and blood lactate changes to resistance training and walking protocols combined with blood flow restriction (BFR) in young men

Faezeh heydaria^a

^aDepartment of Physical Education, Technical and Vocational University (TVU),
Tehran, Iran

* Corresponding author: Faezeh heydari - f-heydari@tvu.ac.ir – 09907732165

Abstract

Introduction: Blood Flow Restriction (BFR) training, also known as Kaatsu training, is recognized as a novel and effective strategy for enhancing muscular strength and hypertrophy. The aim of the present study was to evaluate the interactive effect of Kaatsu training protocols on anabolic hormone responses and blood lactate concentrations in young men.

Methods: This semi-experimental study employed a crossover, repeated-measures design. Twenty young men (age: 20–25 years; BMI: 21–26 kg/m²) were recruited via public call and assigned to two training modalities: resistance training (leg extension at 30% 1RM) and walking training (speed: 50 m/min). The training protocols were implemented under two conditions “with BFR” and “without BFR”—with a one-week washout period between sessions. Blood sampling was performed at three stages to measure hormonal variables (GH and IGF-1) and lactate levels. Data were analyzed using repeated-measures ANOVA at a significance level of $P < 0.05$.

Results: The results indicated that blood lactate levels and growth hormone (GH) concentrations significantly increased in both training protocols when combined with blood flow restriction ($P < 0.05$). Furthermore, IGF-1 levels immediately following the walking protocol with BFR showed a significant increase compared to the non-BFR condition.

Conclusion: The findings suggest that blood lactate accumulation likely acts as a primary stimulus for growth hormone secretion during Kaatsu training. However, further studies are required to elucidate the precise physiological mechanisms underlying the IGF-1 responses and the differences between various BFR protocols.



Keywords: Kaatsu training, Blood Flow Restriction (BFR), Growth Hormone (GH), IGF-1, Anabolic responses, Lactate.