پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله پژوهشی**
سال هجدهم/ شماره سی و شش/پاییز و زمستان ۱۴۰۱

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۲ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۸ ص ص: ۶۰-۴۷

اثر حاد اعمال محدودیت جریان خون، کشش ایستا و پویا در زمان استراحت بین نوبت‌های یک جلسه فعالیت مقاومتی بر سطوح هورمون رشد، اسید لاکتیک و نیتریک اکساید در مردان تمرین کرده

پیام سعیدی[۱]، سعدی ابوبکری[۲]، کیهان ساسانیان[۳]

چکیده

اهداف: در پژوهش حاضر اثر حاد محدودیت جریان‌خون (BFR) کشش ایستا (SS) و پویا (DS) بین نوبت‌های یک جلسه فعالیت-مقاومتی بر سطوح هورمون رشد (GH)، اسیدلاکتیک (LA) و نیتریک اکساید (NO) در مردان تمرین‌کرده بررسی شد.

روش مطالعه: ۲۸ ورزشکار با حداقل یک سال تمرین‌مقاومتی منظم (سن ۱±۲۲/۲۸ سال، BMI ۱±۲۳/۷۲ kg/m2 و درصد چربی ۰/۶±۱۳/۱۵) داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند و به‌صورت تصادفی به ۴ گروه، BFR (۳۰٪ 1RM)، SS (۷۵٪ 1RM)، DS (۷۵٪ 1RM) و فعالیت مقاومتی سنتی (TRE) (۷۵٪ 1RM) تقسیم‌شدند. فعالیت مقاومتی (حرکت جلو ران دستگاه به‌صورت یک‌طرفه) شامل اجرای یک نوبت ۳۰ تکراری و سپس ۳ نوبت ۱۵ تکرار برای گروه BFR و ۴ نوبت ۱۵ تکراری برای سایر گروه‌ها در نظر گرفته شد. زمان استراحت بین نوبت‌ها برای BFR۶۰ ثانیه و برای سه گروه دیگر ۹۰ ثانیه در نظر گرفته شد. گروه‌های SS و DS بلافاصله بعد از حرکت بمدت ۶۰ ثانیه روی همان پا کشش و گروه BFR محدودیت جریان خون را اعمال کردند. سطوح سرمی هورمون رشد، لاکتات و نیتریک اکساید قبل و بلافاصله بعد از جلسات ورزشی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: هر چهار نوع فعالیت موجب افزایش معنی‌دار GH، AL و NO بلافاصله پس از فعالیت شد (P = ۰/۰۰۱). بین گروه‌ها هیچ تفاوت معناداری مشاهده نشد.

نتیجه گیری: بر اساس یافته‌های حاضر استفاده از BFR یا انواع کشش (SS و DS) در فواصل استراحتی حداقل در یک حرکت و به‌صورت یکطرفه احتمالا نسبت به استراحت غیر فعال در تمرینات سنتی برتری ندارند.

واژه‌های کلیدی: محدودیت جریان خون، کشش، لاکتات، نیتریک اکساید، هورمون رشد

[۱] استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه گیلان، رشت، ایران. نویسنده مسئول: payam.saidie@gmail.com
[۲] دانشجو دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
[۳] کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

مقدمه

تمرین مقاومتی به طور گسترده به عنوان یک رویکرد موثر برای افزایش عملکرد عضلانی، توانایی عملکردی و شاخص‌های سلامت کلی در گروه‌های مختلف شناخته می‌شود که هم افراد سالم و هم افراد با شرایط بالینی را در بر می‌گیرد. در میان مزایای مختلف پیش‌بینی‌شده، افزایش اندازه و قدرت عضلانی اهمیت قابل‌توجهی دارد و متخصصان و پزشکان به طور یکسان به دنبال این هستند که برای بهینه‌سازی عملکرد و برای تقویت سلامت و عملکرد مورد استفاده قرار گیرد (Lopez et al., 2021). طبق بیانیه کالج طبی ورزشی آمریکا[1] متغیرهای زیادی مانند شدت (مقدار بار وزنه، زمان استراحتی بین نوبت‌ها، آهنگ حرکات) و حجم (تعداد کل ست‌ها، تعداد کل تکرارها، مدت فعالیت، تواتر تمرین در طول روز، هفته و ماه) و ترتیب حرکات در یک جلسه در طراحی تمرین برای ایجاد تغییرات مطلوب مانند هایپرتروفی، قدرت و غیره دخیل می‌باشند (Ratamess et al., 2009). یکی از این عوامل مهم تأثیرگذار در یک جلسه فعالیت نوع استراحت بین نوبت‌های استراحتی می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که استراحت بین نوبت‌ها عامل بسیار مهمی است که بر پاسخ‌های کوتاه‌مدت و درازمدت ناشی از تمرین می‌تواند اثر بگذارد (Mohamad et al., 2012). در فواصل استراحتی بین نوبت‌ها دو فاکتور مدت و نوع فعالیت در زمان استراحت مورد توجه پژوهشگران قرارگرفته است (Evangelista et al., 2019). مطالعات بسیار اندکی بکار گیری استراتژی‌ها برای به حداکثر رساندن عملکرد ورزشکار در زمان استراحتی بین نوبت‌ها را بصورت جامع مد نظر قرار داده‌اند (Evangelista et al., 2019; Mohamad et al., 2012; Mohamad et al., 2011). یکی از روش‌های که افراد ممکن است بین نوبت‌های تمرین از آن استفاده کنند انجام حرکات کششی پویا[2] (DS) و ایستا[3] (SS) در فعالیت مورد نظر می‌باشد. برخی از مطالعاتی که تأثیر DS و SS را بین نوبت‌های استراحتی فعالیت‌های مقاومتی موردبررسی قرار داده‌اند، ادعا کرده‌اند که اگر عضله فعال بلافاصله بعد از اتمام نوبت به مدت چند ثانیه مورد کشش (DS، SS) قرار بگیرد باعث فشردگی و مسدود شدن عروق می‌شود و این موجب پاسخ‌های مکانیکی، هورمونی و متابولیکی بین نوبت استراحت در عضله فعال می‌شود که به‌نوبه خود می‌تواند سازگاری مرتبط با هایپرتروفی را افزایش دهد (Kruse et al., 2016; Mohamad et al., 2012; Mohamad et al., 2011). بین محققین این کاملاً موردقبول است که کشش ایستا و پویا احتمالاً موجب مختل کردن جریان خون موضع و اکسیژن مصرفی عضله می‌شود که به تنگ شدن عروق خونی عضو نسبت داده‌شده است (Åstroöm & Westlin, 1994; Kruse et al., 2016; Wigmore et al., 2006). بر اساس نظر برخی محققین محدودیت جریان خون درون بخش‌هایی از عضله متفاوت می‌باشد، به عنوان نمونه، حین اعمال کشش جریان خون در مرکز عضله با شدت بیشتری کاهش می‌یابد (Gray & Staub, 1967; Kirkebø & Wisnes, 1982). این تفاوت در جریان خون، به تفاوت‌های فشار وارد شده در بافت عضله آن منطقه و همچنین الگوی ناهمگون مسیر فیبر عضله (نوع معماری عضله) ارتباط داده شده است که ممکن است موجب فشار برشی و متعاقب آن انسداد بخشی از عروق خونی طی کشش و انقباض و در نتیجه هایپوکسی شود (Mohamad et al., 2011). نوعی مدل تمرینی جدید در مجموعه فعالیت‌های مقاومتی با مکانیسم مشابه (ایجاد شرایط هایپوکسیک)، تحت عنوان محدودیت جریان خون[4] (BFR) مطرح شده است که

[1] American College of Sports Medicine
[2] Dynamic Stretching
[3] Static Stretching
[4] Blood Flow Restriction

می‌تواند بر پاسخ‌ها و سازگاری‌های عضلانی تأثیر بگذارد (Takarada et al., 2000). احتمال داده می‌شود در تمرین به روش BFR مکانیسم‌های بیشتری درگیر شود و به نظر می‌رسد در این روش فراخوان تار عضلانی نوع دو حیاتی باشد (Fahs et al., 2012). تاکارادا و همکاران گزارش کردند که در تمرین BFR با بار کم، افزایش شدید در سطح سرمی هورمون رشد و متابولیت‌ها مشاهده می‌شود (Takarada et al., 2000; Takarada et al., 2004). احتمال می‌رود طی شرایط ایسکمی مثل کشش بین دوره‌های استراحتی متابولیت‌ها و یون‌های (هیدروژن، فسفات و سدیم) نیز به‌جای متابولیزه شدن، تجمع یابند که به نوبه خود منجر به ترشح هورمون رشد می‌شود (Mohamad et al., 2012; Mohamad et al., 2011). یکی از متغیرهای دیگر مورد توجه محققان در تمرینات با وزنه، سطوح سرمی لاکتات می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش حاد لاکتات و یون هیدروژن ممکن است ترشح انواع گوناگونی از هورمون‌های آنابولیک را افزایش دهد یا منجر به افزایش فعالیت واحدهای حرکتی معین شود که می‌تواند با سازگاری‌های هایپرتروفی ارتباط داشته باشد (Ohno et al., 2019).

از متابولیت‌هایی که نقش مهمی در شرایط ایسکمی بازی می‌کند و نیمه‌عمر بسیار کوتاهی دارد، نیتریک اکساید[1] (NO) می‌باشد. NO در بدن توسط آنزیم نیتریک اکساید سنتتاز از اسیدآمینه آل–آرژنین سنتز می‌شود. NO یکی از عوامل مهم اتساع دهنده عروق و تنظیم‌کننده تون عضلات صاف و التهاب نیز شناخته‌شده که در پاسخ به فشارهای مکانیکی (فعالیت ورزشی) ناشی از فشار برشی افزایش می‌یابد. NO توسط اندوتلیال عروق تولید می‌شود. NO برای کمک به بهبود جریان خون و درنتیجه تمرینات ورزشی بسیار حائز اهمیت است. در پاسخ به محرکی مانند کشش و افزایش تقاضا در جریان خون، مسیر PI3K/AKT که فسفوریلاسیون اندوتلیال نیتریک اکساید سنتتاز را فعال می‌کند، سبب تولید NO می‌شود. همچنین کشش عضله باعث تخریب عناصر سازنده سلولی می‌شود که ممکن است منجر به رهایش NO شود (Mirzaei & Khazaei, 2017). به‌بیان‌دیگر حس‌گرهای اکسیژنی هموگلوبین و میوگلوبین در شرایط هیپوکسی به‌جای پاک‌سازی NO، سبب تولید NO می‌شوند که این حالت با انتشار NO، اتساع عروق و افزایش جریان خون به بافت هیپوکسیک همراه است. در بافت دچار آنوکسی (فقدان اکسیژن در بافت)، آنزیم گزانتین اکسیدوردوکتاز نیز باعث تولید NO از نیترات و نیتریت می‌شود که این سازوکار به‌عنوان یک عامل محافظتی در برابر ایسکمی عمل می‌کند. به‌طور مشابه، در شرایط هیپوکسی(پایین بودن سطح اکسیژن)، سیتوکروم اکسیداز[2] سبب تولید NO از نیتریت در میتوکندری می‌شود و فرایند تولید NO با کاهش pH، افزایش می‌یابد (Mirzaei & Khazaei, 2017).

با وجود مطالعات فراوان در حیطه آثار کشش یا تمرینات BFR، متأسفانه مطالعه‌ای پروتکل‌های مذکور را در یک پروتکل بصورت همزمان مورد مقایسه قرار نداده است. در واقع تعدادی از مطالعات اثرات مثبت استفاده از BFR یا انواع کشش را بصورت ایزوله گزارش کرده‌اند، با این حال علی‌رغم مکانیسم عمل مشابه در اعمال اضافه بار بواسطه ایسکمی در بافت عضله، بر اساس دانش نویسندگان مقاله حاضر مقایسه جامع این پروتکل‌ها مورد توجه قرار نگرفته است. لذا فرض نویسندگان حاضر پیش از اجرای پژوهش بر این بود که کشش‌های ایستا و پویا می‌تواند با افزایش زمان تحت تنش عضله و احتمالا القای هیپوکسی (مانند BFR) و تجمع LA و متعاقب آن تحریک GH شود. از طرفی تصور می‌شود NO متعاقب کشش بدلیل فشار برشی بر عروق اندوتلیال و همچنین بدلیل احتمالا فشردگی عروق و هیپوکسی ناشی از آن افزایش یابد (Mirzaei & Khazaei, 2017;

[1] Nitric Oxide
[2] Cytochrome c oxidase

(Mohamad et al., 2011; Souza et al., 2013). در نتیجه با توجه به ماهیت ارزشمند عامل زمان در رقابت‌ها که دلیل شکل‌گیری دوره بندی پیشرفته نیز محسوب می‌شود، ضرورت کسب نتایج بیشتر در زمان کمتر، کاملا مشهود است. بنابراین بررسی مداخلاتی که پتانسیل حصول نتایج بهتری نسبت به پروتکل سنتی را دارند می‌تواند کاربردی باشد و به نظر می‌رسد بررسی و مقایسه این رویکردها می‌تواند شناخت ما را نسبت به اثرات هورمونی و هومورال و متعاقب آن هایپرتروفی و همچنین چگونگی طراحی تمرینات مقاومتی ورزشکاران برای کسب نتایج بیشتر را نمایان کند. ازاین‌رو، در پژوهش حاضر به مقایسه چهار روش BFR، SS، DS و TRE بر سطوح GH، LA و NO در مردان تمرین کرده پرداختیم.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر کاربردی و بصورت نیمه تجربی می‌باشد. جامعه آماری پژوهش حاضر، دانشجویان تربیت‌بدنی دانشگاه گیلان بودند. تعداد نمونه بر اساس نرم‌افزار جی پاور با اندازه اثر ۰/۴۵، توان آزمون ۰/۹۵ (۴ گروه با دوبار اندازه‌گیری) و آلفای ۰/۰۵، ۲۸ نفر در نظر گرفته شد. که از میان آن‌ها ۲۸ دانشجوی مرد ورزشکار با میانگین سن ۱±۲۲/۲۸ *سال* واجد شرایط، که حداقل یک سال سابقه تمرینات مقاومتی داشتند، انتخاب شدند. معیارهای ورود به پژوهش شامل ورزشکار بودن، عدم مصرف مواد افیونی و نداشتن بیماری‌های زمینه‌ای، بود. همچنین به آزمودنی‌ها در خصوص محرمانه بودن اطلاعات نیز در همین جلسه توضیح داده شد. و پس از شرح آزمون، آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه، پرسشنامه‌های تندرستی، آمادگی برای فعالیت‌بدنی، پیشینه پزشکی و کنترل کیفیت خواب را تکمیل و امضا کردند. همچنین آزمودنی‌ها به‌صورت تصادفی در چهار گروه(هر گروه ۷ نفر) تقسیم شدند. پروتکل پژوهش حاضر با دریافت کد اخلاق (شناسه اخلاق از دانشگاه علوم پزشکی: IR.GUMS.REC.1398.062) و مطابق با موازین توافق‌نامه هلسینکی اجرا شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که در هفته اجرای پروتکل فعالیت شدیدی نداشته باشند و رژیم غذایی معمول خود را در طول هفته حفظ کنند و صبح اجرای پروتکل ناشتا در محل تعیین‌شده حضورداشته باشند.

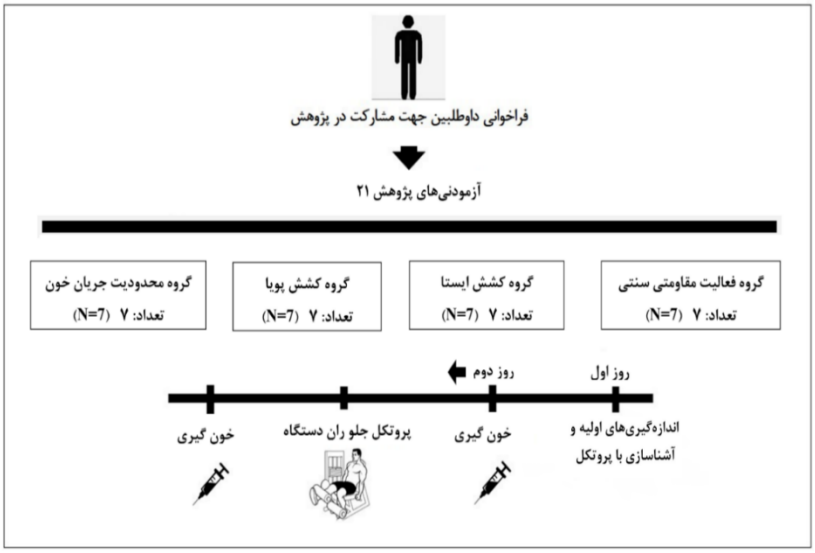
آزمودنی‌ها در جلسه اول با هدف آشنایی با اجرای حرکات پروتکل و اندازه‌گیری‌های اولیه(قد، وزن، BMI و درصد چربی بدن) و یک تکرار بیشینه'(1RM) و جلسه دوم اجرای اندازه‌گیری‌های اصلی(پروتکل‌های تمرینی) و نمونه گیری خونی حضور پیدا کردند. در جلسه دوم از آزمودنی‌ها (با ۱۲ ساعت ناشتایی) خواسته شد تا به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه به‌صورت نشسته استراحت کنند سپس نمونه خونی از ورید براکورادیال بازو گرفته شد. پس از ۱۵ دقیقه گرم کردن عمومی یکی از پروتکل‌های SS، DS، BFR و TRE به‌طور جداگانه برای هر گروه بلافاصله اجرا شد و پس از نمونه‌گیری خونی مجدد، ۱۰ دقیقه سرد کردن با شدت ۵۰ درصد ضربان اوج قلب (راه رفتن) انجام شد.

۱- **BFR**: آزمودنی‌ها با بستن کاف به قسمت پروگزیمال ران پای راست به فعالیت پرداختند. فشار کاف محدودکننده، ۱۶۰ میلی‌متر جیوه در نظر گرفته شد (Fahs et al., 2012). پروتکل در چهار نوبت اجرا گردید. در نوبت اول ۳۰ تکرار جهت القای هیپوکسی و سپس ۳ نوبت بعدی با ۱۵ تکرار اجرا شدند. تمام حرکات با نسبت سرعت حرکت درون‌گرا و برون‌گرا ۳:۱ و ۳۰ درصد 1RM پای راست در حرکت جلو ران تک‌پا با دستگاه با دوره‌های استراحتی ۶۰ ثانیه بین هر نوبت اجرا شد (Fahs et al., 2012).

۲- SS: حرکت باز کردن زانو با دستگاه به صورت یک طرفه در ۴ نوبت با ۱۵ تکرار و با آهنگ حرکت درون‌گرا و برونگرا ۳:۱ با شدت ۷۵ درصد 1RM اجرا شد. دوره‌های استراحتی بین هر نوبت ۹۰ ثانیه و به‌منظور اعمال SS، عضلات چهار سر ران به مدت ۶۰ ثانیه تحت کشش قرار گرفتند بدین منظور آزمودنی در حالت ایستاده قرار

[1] One-repetition maximum

گرفتند و با یک دست از روبه‌رو تعادل خود را به کمک دیوار حفظ می‌کردند و با کمک دست دیگر با گرفتن پا از ناحیه مچ کشش را با خم‌کردن مفصل زانو تا آستانه درد انجام می‌دادند.



شکل ۱- طرح کلی پژوهش

۳- **DS**: اجرای حرکت و زمان استراحت در گروه DS، مانند گروه SS صورت گرفت. دوره‌های استراحتی بین هر نوبت ۹۰ ثانیه و به‌منظور اعمال کشش پویا **(DS)**، عضلات چهار سر ران (تا آستانه درد) به مدت ۶۰ ثانیه تحت کشش قرار گرفتند. بدین منظور آزمودنی در حالت ایستاده قرار می‌گرفت و با یک دست از روبه‌رو تعادل خود را به کمک دیوار حفظ می‌کرد و با کمک دست دیگر با گرفتن و رها کردن متناوب پا از ناحیه مچ کشش را با خم‌کردن مفصل زانو تا آستانه درد انجام می‌داد.

۴- **TRE**: این گروه ۴ نوبت با ۱۵ تکرار و با آهنگ حرکت درون‌گرا و برونگرا ۳:۱ با شدت ۷۵ درصد 1RM حرکت باز کردن زانو را به‌صورت یکطرفه با دستگاه اجرا کردند. دوره‌های استراحتی بین هر نوبت ۹۰ ثانیه بصورت غیر فعال در نظر گرفته شد.

نمونه‌گیری خونی از آزمودنی‌ها در حالت نشسته به مقدار ۵ سی‌سی از ورید بازویی و در حالت نشسته قبل و بلافاصله بعد از اجرای پروتکل (قبل از سرد کردن) انجام شد. سرم‌ها پس از کدگذاری، توسط سانتیریوفیوژ ۱۲ دقیقه با RPM ۳۰۰۰ از نمونه‌ها جدا و در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در مرحله بعد، تجزیه‌وتحلیل بیوشیمیایی در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه برای تعیین غلظت سطح سرمی NO، LA و GH انجام شد.

برای تعیین غلظت سرمی LA از کیت الایزا (شرکت زل‌بایو ساخت کشور المان) با ضریب حساسیت ۲mg/dl استفاده شد. همچنین برای تعیین غلظت سرمی GH از کیت الایزا (شرکت پادتن علم ساخت کشور ایران) با

ضریب حساسیت ۰/۱، استفاده شد. در نهایت برای اندازه‌گیری غلظت سرمی NO، از روش گریس و کیت محصول شرکت سیب زیست تن ساخت کشور ایران با ضریب حساسیت nmol/ml ۱، استفاده شد. داده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ تجزیه و تحلیل شدند. برای بررسی توزیع نرمال داده از آزمون آماری شاپیرو–ویلک استفاده شد. جهت مقایسه بین گروهی میانگین متغیرهای پژوهش از آزمون تحلیل واریانس دو راهه با اندازه‌گیری مکرر (جهت تعیین تفاوت‌های بین گروهی و سینتکس نویسی) و همچنین جهت بررسی مقایسه درون گروهی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. مقدار α در تمامی آنالیزهای آماری معادل ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

مشخصات فردی آزمودنی‌ها در جدول شماره یک ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک و آنتروپومتریک آزمودنی‌ها

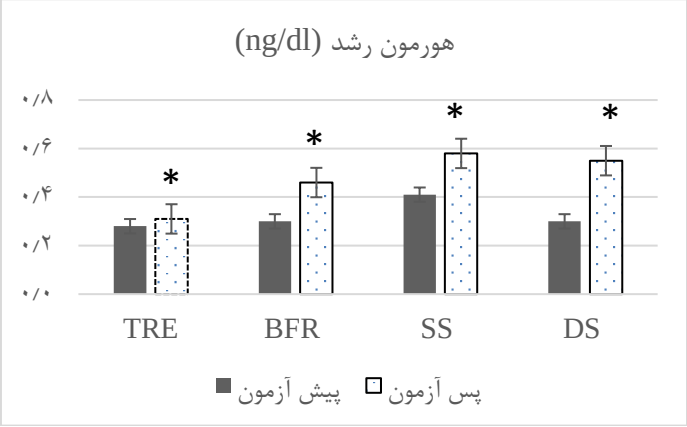
گروه / متغیر	TRE	SS	DS	BFR
سن (سال)	۲۱/۸۵ ± ۱/۹۵	۲۲/۲۸ ± ۱/۲۵	۲۳/۲۸ ± ۳/۰۳	۲۲/۲۷ ± ۱/۲۷
قد (متر)	۱/۷۹ ± ۰/۰۱	۱/۸۰ ± ۰/۰۵	۱/۷۸ ± ۰/۰۳	۱/۷۹ ± ۰/۰۶
وزن (کیلوگرم)	۷۵/۱۴ ± ۹/۶۳	۸۰/۰۷ ± ۷/۶۰	۷۸/۱۴ ± ۸/۲۹	۸۰/۰۲ ± ۷/۲۹
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۳/۳۵ ± ۳/۱۱	۲۴/۷۱ ± ۲/۹۸	۲۴/۴۶ ± ۲/۷۹	۲۴/۳۵ ± ۳/۵۰
چربی بدن (درصد)	۱۲/۷۱ ± ۱/۴۹	۱۳/۵۷ ۱±/۸۱	۱۲/۷۱ ± ۲/۱۳	۱۳/۶۲ ± ۳/۱۳

نتایج تحلیل واریانس نشان داد تفاوت معناداری در میزان GH، AL و NO در درون گروه‌ها وجود دارد ($P<0.05$) اما هیچ تفاوت بین گروهی مشاهده نشد (نمودارهای ۲، ۳ و ۴).

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی GH نشان از عدم تفاوت بین گروهی (P= ۰/۴۲۳) و وجود تفاوت معناداری درون‌گروهی داشت (P= ۰/۰۰۱). درصد تغییرات GH در گروه TRE ۳ درصد افزایش، در گروه BFR ۱۶ درصد افزایش، در گروه SS ۱۷ درصد و درگروه DS ۲۵ درصد افزایش یافت. در ادامه آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که بین میانگین GH پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های TRE، BFR (P= ۰/۰۰۱)، SS (P= ۰/۰۰۸) و DS (P= ۰/۰۰۶) تفاوت معناداری وجود دارد (نمودار ۱).

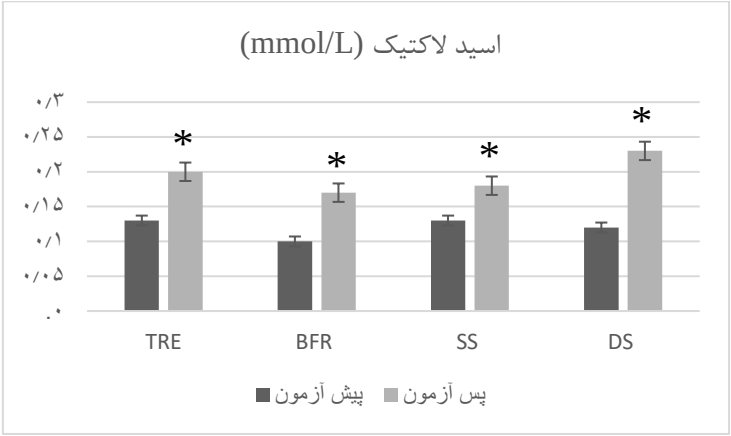
نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی LA نشان از عدم تفاوت بین گروهی (P= ۰/۲۳۳) و وجود تفاوت معناداری درون‌گروهی داشت (P= ۰/۰۰۱). درصد تغییرات LA در گروه TRE ۷ درصد افزایش، در گروه BFR ۷ درصد افزایش، در گروه SS ۵ درصد افزایش و درگروه DS ۱۱ درصد افزایش یافت. درواقع نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین میانگین GH پیش‌آزمون و

پس‌آزمون در گروه‌های TRE (P= ۰/۰۲۹)، BFR (P= ۰/۰۳۳)، SS (P=۰/۰۱۲) و DS (P= ۰/۰۰۱) تفاوت معناداری وجود دارد (نمودار ۲).



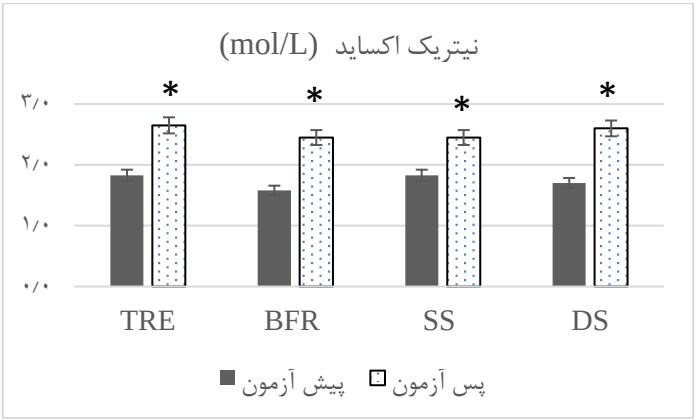
نمودار ۱- مقادیر هورمون رشد (میانگین±انحراف استاندارد) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه‌های فعالیت مقاومتی سنتی (TRE)، کشش ایستا (SS)، کشش پویا (DS) و محدودیت جریان خون (BFR)، * نشان دهنده افزایش معنادار نسبت به قبل از فعالیت.



نمودار ۲- مقادیر اسید لاکتیک (میانگین ± انحراف استاندارد) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه‌های فعالیت مقاومتی سنتی (TRE)، کشش ایستا (SS)، کشش پویا (DS) و محدودیت جریان خون (BFR)، * نشان دهنده افزایش معنادار نسبت به قبل از فعالیت.



نمودار ۳- مقادیر نیتریک‌اکساید (میانگین±انحراف استاندارد) در پیش‌آزمون-پس‌آزمون

گروه‌های فعالیت مقاومتی سنتی (TRE)، کشش ایستا(SS)، کشش پویا(DS) و محدودیت جریان خون(BFR)،

** نشان دهنده افزایش معنادار نسبت‌به قبل از فعالیت.*

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر برای مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی NO نشان از عدم تفاوت بین گروهی (P= ۰/۰۹۶) و وجود تفاوت معناداری درون‌گروهی داشت (P= ۰/۰۰۱). درصد تغییرات NO در گروه TRE ۸۲ درصد افزایش، در گروه BFR ۸۷ درصد افزایش، در گروه SS ۶۲ درصد افزایش و درگروه DS ۹۰ درصد افزایش یافت. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که بین میانگین NO پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های TRE (P= ۰/۰۱۶)، BFR (P= ۰/۰۱۹)، SS (P= ۰/۰۱۴) و DS (P= ۰/۰۱۲) تفاوت معناداری وجود دارد (شکل شماره ۴).

بحث و بررسی:

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر حاد BFR، SS، DS و TRE (استراحت مطلق) در زمان استراحتی بین نوبت‌های فعالیت مقاومتی بر هورمون رشد، نیتریک اکساید و اسیدلاکتیک مردان جوان تمرین کرده بود. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که اجرای چهار وضعیت مورد نظر در یک جلسه فعالیت مقاومتی باعث افزایش معنی‌دار درون‌گروهی در میزان سطوح سرمی GH، LA و NO شده است با این حال تفاوت معناداری در مقادیر بین گروهی سه متغیر دیده نشد؛ به بیان دیگر چهار شیوه مداخله به میزان مشابهی می‌توانند منجر به پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی شوند.

در خصوص نوع پروتکل و زمان بندی کل پژوهش، مطالعاتی وجود دارند که با استفاده از ۴ ست و ۱۰ تکرار افزایش معنی دار GH را گزارش کرده‌اند (Ojasto & Häkkinen, 2009) لذا کفایت بار تمرین برای افزایش GH سرمی مورد تایید است. با این حال همانطور که پیشتر اذعان شد احتمالا تفاوت‌های روش‌های مداخله تحت فشار متابولیکی قوی‌تر تفاوت‌های احتمالی مشخص‌تری را نشان می‌دادند. هر چند جهت تایید چنین اظهار نظری، بدون شک انجام تحقیقات تکمیلی با بار تمرینی بیشتر یا تعداد حرکات بیشتر که مشابه یک جلسه تمرین مقاومتی کامل باشد، ضرورت دارد. افزایش غلظت سرمی هورمون GH در شرایط ایسکمی مانند استفاده از کشش یا BFR در تمرینات مقاومتی گزارش‌شده است که این یافته با نتایج مطالعات پیشین در مواردی همسو و

در مواردی ناهم‌سو بوده است (Mohamad et al., 2011; Souza et al., 2013). دراین‌ارتباط، مطالعه فرا تحلیل محمد و همکاران (Mohamad et al., 2011) در رابطه با به حداکثر رساندن هایپرتروفی با استفاده از DS، SS بین نوبت‌های استراحت گزارش کردند که به‌کارگیری SS, DS می‌تواند موجب افزایش زمان تحت تنش عضله و همچنین باعث افزایش مقادیر GH شود که با یافته‌های ما همسو بود. سوزا و همکاران (Souza et al., 2013) در پژوهشی بلندمدت تمرینات قدرتی با و بدون SS بین نوبت‌های استراحت را بر سازگاری‌های هورمونی، قدرت و انعطاف‌پذیری مردان تمرین کرده بررسی کردند. این پژوهش شامل دو گروه بود که گروه اول بین نوبت‌های استراحت به مدت ۳۰ ثانیه عضله موافق را مورد SS و گروه دوم غیرفعال بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که هیچ تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در میزان GH مشاهده نشد. در پژوهشی دیگر رحمانی و همکاران (Rahmani & Mirzaei, 2018) اثر حاد فعالیت مقاومتی با BFR و ماسک تنفسی بر غلظت LA و GH در کشتی گیران دانشگاهی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ۸ کشتی گیر در سه شرایط کنترل ۸۰٪ 1RM، BFR و ماسک محدود کننده تنفس ۳۰ درصد 1RM قرار گرفتند. فعالیت شامل حرکت اسکوات (۱۵×۴) بود. یافته‌های این پژوهش افزایش معنی‌دار GH و LA در هر سه شرایط را نشان داد و هیچ تفاوت معنی‌داری بین سه گروه دیده نشد. این مطالعه با نتایج AL و GH پژوهش همسو بود. در واقع افزایش LA در هر چهار گروه بلافاصله بعد از فعالیت از نتایج قابل انتظار پژوهش حاضر به شمار می‌رود. از طرفی هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد. دلیل عدم معناداری بین گروه‌ها می‌تواند استفاده یکطرفه اندام تحتانی باشد زیرا استفاده دو سویه از اندام بر اساس اصل فشار متابولیک احتمالا می‌توانست نتایج بهتری در بر داشته باشد ولی با در نظر گرفتن مطالعات متعددی که پروتکل‌های یک طرفه اعمال کرده بودند در طراحی پژوهش حاضر شکل یک طرفه در نظر گرفته شد و همچنین از آنجایی که ایجاد کشش هم‌زمان بر عضلات چهار سر ران هر دو پا دشوار به‌نظر می‌رسد، روش‌های مداخله‌ای بصورت یک طرفه اعمال شدند (Migiano et al., 2010). ویریا و همکاران (Padilha et al., 2019) اثر حاد SS بین نوبت‌های استراحتی بر پاسخ‌های عصبی–عضلانی و متابولیکی ۱۲ مرد سالم تمرین کرده را بررسی کردند. آزمودنی‌ها با روش کانتربالانس در سه گروه حرکت جلو ران با دستگاه (۱۲×۷) را انجام دادند. گروه تجربی از ۴۰ ثانیه استراحت، ۲۵ ثانیه بلافاصله پس از انجام حرکت عضله چهار سرخود را تحت SS قرار داد. گروه کنترل نیز به مدت ۴۰ ثانیه استراحت غیر فعال داشت. در گروه سنتی آزمودنی‌ها به مدت ۱۲۰ ثانیه به استراحت پرداختند. نتایج حاکی از این بود که مقادیر سطوح لاکتات در هر سه گروه به یک مقدار افزایش داشته (P<۰/۰۰۱)و هیچ تفاوت معناداری بین سه گروه دیده نشد (P=0.06). این مطالعه نتایج ارزشمند دیگری را نشان داد. بطوری که مشخص شد شاخص خستگی (P<۰/۰۵) افزایش و کل کار انجام شده (P<۰/۰۰۱) و فرکانس الکترومایوگرافی (P<۰/۰۵) در گروه SS نسبت به گروه کنترل و سنتی کاهش معناداری پیدا کرد (Padilha et al., 2019). با توجه به نتایج این یافته که هم راستا با نتایج پژوهش حاضر است علیرغم اینکه اعمال پروتکل‌های تلفیقی بین نوبت‌ها می‌تواند موجب کاهش حجم کار و احتمالا افزایش شاخص خستگی در طول تمرین شود، استفاده از کشش بین نوبت‌ها حداقل در یک جلسه فعالیت ورزشی با اعمال بار بصورت یک طرفه برتری خاصی نسبت به گروه‌های دیگر نشان نداد.

در خصوص سطوح سرمی NO نیز تفاوت درون گروهی معناداری پس از اعمال پروتکل‌هایBFR، TRE، DS و SS مشاهده شد (P= ۰/۰۰۱). با این حال مانند دو متغیر دیگر این تغییرات تفاوت بین گروهی نشان نداد

(P= ۰/۰۹۶). مطالعات زیادی در رابطه با NO انجام‌شده و نشان از تأثیر مثبت انواع کشش بخصوص کشش ایستا بر این متابولیت بوده است (Leiter et al., 2012; Mirzaei & Khazaei, 2017; Nunes et al., 2020; Poole et al., 1997). اما مطالعات اندکی اثر کشش در زمان استراحتی بین نوبت‌ها بررسی کردند. در مورد تمرینات BFR نیز گزارش‌هایی وجود دارند با این حال هیچ یک از مطالعات بررسی شده تا کنون بر اساس از رویکرد هیپوکسی که در هر سه پروتکل مداخله‌ای در پژوهش حاضر نقطه مشترک محسوب می‌شود برای مقایسه این روش‌ها استفاده نکرده‌اند. عبادی فر و همکاران نشان دادند که تمرینات BFR سبب افزایش مقادیر سرمی NO نسبت به پیش آزمون می‌شوند که مشابه با پژوهش حاضر بود، با این حال مقایسه بین گروهی در این مطالعه گزارش نشده است(Ebadifar et al., 2020).

در مجموع مداخله‌های مورد استفاده در این پژوهش در مقایسه با شرایط کنترل (BFR، SS، DS Vs. TRE) در زمان‌های استراحت بین نوبت‌ها باعث تغییر معنادار در تغییرهای GH، LA و NO می‌شود که با برخی از پژوهش‌های اشاره‌شده همسو (Marin et al., 2019; Mirzaei & Khazaei, 2017; Mohamad et al., 2011; Padilha et al., 2019; Palomero et al., 2012) و با برخی ناهم‌سو بود (Padilha et al., 2019; Souza et al., 2013).دلایل احتمالی برخی از این تفاوت‌ها در بخش مربوط به هر متغیر شرح داده شد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر درباره اثر حاد BFR، SS، DS و گروه TRE با تمرکز بر متغیرهای GH، LA و NO، می‌توان اذعان داشت که اعمال انواع کشش در زمان‌های استراحت حداقل با پروتکل حاضر (با یک حرکت و به صورت یک طرفه) اثرگذار می باشد اما با توجه به درصد تغییرات در گروه‌های مورد بررسی تا حدودی نتیجه گیری کنیم که روش‌های مداخله مورد استفاده برتری معنی داری نسبت به پروتکل‌های سنتی ندارند. با این حال باید به دو عاملی که احتمالا می‌توانست نتایج متفاوتی را در پژوهش حاضر بوجود آورد توجه کرد؛ افزایش زمان تحت تنش و اعمال بارکار بیشتر (استفاده از حرکات دوطرفه به جای یک طرفه یا استفاده از تعداد حرکات بیشتر). در واقع با توجه به اینکه اندازه تغییرات مشاهده شده در مقادیر سرمی هورمون رشد در هر سه گروه مداخله نسبت به گروه TRE بیشتر بوده است (علی رغم اینکه معنی دار نبودند)، احتمالا استفاده از حجم عضلانی بیشتر بصورت دوطرفه یا افزایش تعداد حرکات می‌توانست نتایج متمایزی از نظر آماری فراهم کند. ازجمله محدودیت‌های پژوهش حاضر نیز می‌توان به چند بخش اشاره کرد اولین مورد عدم همسان سازی حجم کار در گروه BFR با سایر گروه‌ها است که عمدتا به دلیل ماهیت این نوع تمرینات بسیار سخت می‌باشد، زیرا در پروتکل‌های استفاده از BFR اعمال مرحله اولیه پرتکرار برای القای هیپوکسی ضروری است و در تحقیق حاضر تلاش شد تا حدامکان بارکار گروه BFR به سه گروه دیگر نزدیک شود. سایر موارد عدم استفاده از دستگاه الکترومایوگرافی و دستگاه اکسی‌متر در پروتکل حاضر بود که می‌توانست داده بسیار موثری در تحلیل نتایج و بررسی خستگی موضعی و همچنین میزان هیپوکسی ناشی از روش‌های مداخله‌ای و در نتیجه بسط نتایج هومورال فراهم کند، لذا موارد مذکور را می‌توان به عنوان پیشنهادهای پژوهشی در آینده نیز در نظر گرفت.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌هایی که صادقانه و با صمیمیت در این پژوهش شرکت داشتند و پرسنل آزمایشگاه مرکزی دانشگاه کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

منابع

Åstroöm, M., & Westlin, N. (1994). Blood flow in the human Achilles tendon assessed by laser Doppler flowmetry. *Journal of orthopaedic research*, *12*(2), 246-252.

Ebadifar, K., Matinhomaee, H., & Banaeifar, A. (2020). The effect of special training with blood flow restriction on serum basal levels of growth hormone, insulin-like growth factor-1, and nitric oxide levels in elite rock climbers. *Journal of Applied Exercise Physiology*, *16*(31), 13-14.

Evangelista, A. L., De Souza, E. O., Moreira, D. C., Alonso, A. C., Teixeira, C. V. L. S., Wadhi, T., Rauch, J., Bocalini, D. S., Pereira, P. E. D. A., & Greve, J. M. D. A. (2019). Interset stretching vs. traditional strength training: effects on muscle strength and size in untrained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *33*, S159-S166.

Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Rossow, L. M., Tiebaud, R. S., & Bemben, M. G. (2012). Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *Journal of Trainology*, *1*(1), 14-22.

Gray, S. D., & Staub, N. C. (1967). Resistance to blood flow in leg muscles of dog during tetanic isometric contraction. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, *213*(3), 677-682.

Kirkebø, A., & Wisnes, A. (1982). Regional tissue fluid pressure in rat calf muscle during sustained contraction or stretch. *Acta Physiologica Scandinavica*, *114*(4), 551-556.

Kruse, N. T., Silette, C. R., & Scheuermann, B. W. (2016). Influence of passive stretch on muscle blood flow, oxygenation and central cardiovascular responses in healthy young males. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *310*(9), H1210-H1221.

Leiter, J. R., Upadhaya, R., & Anderson, J. E. (2012). Nitric oxide and voluntary exercise together promote quadriceps hypertrophy and increase vascular density in female 18-mo-old mice. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *302*(9), C1306-C1315.

Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., Trajano, G. S., Teodoro, J. L., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., & Pinto, R. S. (2021). Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: Systematic review and network meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, *53*(6), 1206.

Marin, D. P., Urtado, C. B., Marques, C. G., Serafim, A. I. S., Polito, L. F. T., de Almeida, F. N., Prestes, J., & Otton, R. (2019). Effects of inter-set

stretching on acute hormonal and metabolic response: a pilot study. *Human Movement*, *20*(1), 55-61.

Migiano, M. J., Vingren, J. L., Volek, J. S., Maresh, C. M., Fragala, M. S., Ho, J.-Y., Thomas, G. A., Hatfield, D. L., Häkkinen, K., & Ahtiainen, J. (2010). Endocrine response patterns to acute unilateral and bilateral resistance exercise in men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(1), 128-134.

Mirzaei, F., & Khazaei, M. (2017). Role of nitric oxide in biological systems: a systematic review. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, *27*(150), 192-222.

Mohamad, N. I., Cronin, J., & Nosaka, K. (2012). Brief review: Maximizing hypertrophic adaptation—Possible contributions of aerobic exercise in the interset rest period. *Strength & Conditioning Journal*, *34*(1), 8-15.

Mohamad, N. I., Nosaka, K., & Cronin, J. (2011). Maximizing hypertrophy: Possible contribution of stretching in the interset rest period. *Strength & Conditioning Journal*, *33*(1), 81-87.

Nunes, J. P., Schoenfeld, B. J., Nakamura, M., Ribeiro, A. S., Cunha, P. M., & Cyrino, E. S. (2020). Does stretch training induce muscle hypertrophy in humans? A review of the literature. *Clinical physiology and functional imaging*, *40*(3), 148-156.

Ohno, Y., Ando, K., Ito, T., Suda, Y., Matsui, Y., Oyama, A., Kaneko, H., Yokoyama, S., Egawa, T., & Goto, K. (2019). Lactate stimulates a potential for hypertrophy and regeneration of mouse skeletal muscle. *Nutrients*, *11*(4), 869.

Ojasto, T., & Häkkinen, K. (2009). Effects of Different Accentuated Eccentric Loads on Acute Neuromuscular, Growth Hormone, and Blood Lactate Responses During a Hypertrophic Protocol. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(3), 946-953.

Padilha, U. C., Vieira, A., Vieira, D. C. L., De Lima, F. D., Junior, V. A. R., Tufano, J. J., & Bottaro, M. (2019). Could inter-set stretching increase acute neuromuscular and metabolic responses during resistance exercise? *European journal of translational myology*, *29*(4).

Palomero, J., Pye, D., Kabayo, T., & Jackson, M. J. (2012). Effect of passive stretch on intracellular nitric oxide and superoxide activities in single skeletal muscle fibres: influence of ageing. *Free radical research*, *46*(1), 30-40.

Poole, D. C., Musch, T. I., & Kindig, C. A. (1997). In vivo microvascular structural and functional consequences of muscle length changes. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *272*(5), H2107-H2114.

Rahmani, A., & Mirzaei, B. (2018). The acute effects of resistance exercise with blood flow and respiratory restriction on blood lactate and growth hormone in collegiate wrestlers. *Metabolism and Exercise*, *8*(2), 137-150.

Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. E., Housh, T. J., Ben Kibler, W., Kraemer, W. J., & Triplett, N. T. (2009). Progression models in resistance

training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(3), 687-708.

Souza, A. C., Bentes, C. M., de Salles, B. F., Reis, V. M., Alves, J. V., Miranda, H., & da Silva Novaes, J. (2013). Influence of inter-set stretching on strength, flexibility and hormonal adaptations. *Journal of human kinetics*, *36*(1), 127-135.

Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of applied physiology*, *88*(6), 2097-2106.

Takarada, Y., Tsuruta, T., & Ishii, N. (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese journal of physiology*, *54*(6), 585-592.

Wackerhage, H., Schoenfeld, B. J., Hamilton, D. L., Lehti, M., & Hulmi, J. J. (2019). Stimuli and sensors that initiate skeletal muscle hypertrophy following resistance exercise. *Journal of applied physiology*.

Wigmore, D., Propert, K., & Kent-Braun, J. (2006). Blood flow does not limit skeletal muscle force production during incremental isometric contractions. *European journal of applied physiology*, *96*(4), 370-378.

Acute effects of implementing blood flow restriction, static and dynamic stretch during rest intervals of resistance exercise on growth hormone, lactic acid and nitric oxide levels in trained males

Payam Saidie*, Saadi Aboubakri, Keyhan Sasanian

Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

***Corresponding author**: payam.saidie@gmail.com

Abstract

Objectives: The purpose of the study was to investigate the acute effects of blood flow restriction (BFR), static (SS) and dynamic (DS) stretching during rest between sets of a resistance session on serum levels of growth hormone (GH), lactic acid (LA), and nitric oxide (NO) levels in men.

Methods: Twenty-eight healthy men with at least one year of regular resistance training (age: 22.28±1 years, BMI: 23.72±1 kg/m2, and fat percentage: 13.15±0.6%) participated in this study voluntarily and were randomly divided into 4 groups: blood flow restriction (BFR,30% 1RM) Static-Stretching (SS, 75% 1RM), Dynamic-Stretching (DS, 75% 1RM) and traditional resistance exercise (TRE, 75% 1RM). Resistance exercise (unilateral front knee extension on the machine) included 1 set of 30 repetition plus 3 sets of 15 repetitions for BFR and 4 sets of 15 repetitions for other groups. For BFR and other groups respectively 90 sec and 60 sec rest intervals implemented. The SS and DS groups performed static stretching on the same leg immediately after each set for 60 seconds. Serum levels of growth hormone, lactate, and nitric oxide were measured before and immediately after exercise sessions.

Results: All four types of activities significantly increased GH, LA, and NO immediately after exercise (P=0.001). But no significant differences were observed between conditions.

Conclusion: Based on the findings, it can be concluded that incorporating different stretching methods (SS or DS) or utilizing BFR during rest intervals, at least for one exercise in a unilateral condition, does not provide any additional benefits compared to inactive rest intervals in the traditional resistance exercise method.

Key words: BFR, Stretching, Lactate, Nitric oxide, Growth hormone