

Comparison of Three Methods of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Functional Factors and Cardio Respiratory Preparedness in Military Soldiers

Farid Farhani ¹, Simin Riyahi ^{2*}

¹ Master in Exercise Physiology, Faculty of Aerospace Medicine and subsurface, Army Medical University, Tehran, Iran.

² PhD in Exercise Physiology, Faculty of Aerospace Medicine and subsurface, Army Medical University, Tehran, Iran.

Received: 29 September 2018 Accepted: 14 February 2019

Abstract

Background and Aim: Promoting factors associated with physical fitness and improving performance through new methods of training for soldiers is also important. The purpose of this study was to compare the three methods of resistance exercise (RE) with blood flow restriction (BFR) on functional factors in Iranian army soldiers.

Methods: Eighteen Iranian soldiers with a mean age of 22.4 ± 2.2 years, body mass index of 22.3 ± 1.1 and a history of military services of 10.4 ± 3.3 months were included. A total of 18 soldiers were randomly categorized in to three groups of resistance exercise with variable blood flow ($R + BFR_v$, $n=6$), resistance exercise with variable intensities and constant blood flow restriction ($R_v + BFR$, $n=6$) and resistance exercise with variable intensities and blood flow restriction (C, $n=6$). A total of 18 soldiers performed resistance training with BFR at the same training volume three days a week for four weeks.

Results: Significant variations were only observed in the upper endurance muscle variables ($P=0.01$) while there was no significant difference between other factors ($P>0.05$). The highest variations in cardiovascular endurance variables, upper and lower trunk muscular endurance and the mean anaerobic power occurred in the $R + BFR_v$ group ($P \leq 0.05$), and the highest variations in upper and lower trunk muscular endurance occurred in $R_v + BFR$ group ($P \leq 0.05$). Group C showed the highest improvement in agility, and the same variations were observed in the balance in the three groups ($P \leq 0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, the resistance exercise with constant intensities was suitable for the increase in cardiovascular and muscular endurance and mean anaerobic power, the resistance exercise with variable intensities and constant blood flow restriction ($R + BFR_v$) was suitable for the increase in strength and balance, and the combined method was recommended for the increase in agility.

Keywords: Blood Flow Restriction, Resistance Training, Training Load, Physical Fitness, Soldier.

*Corresponding author: Simin Riyahi, Email: riahy_simin@yahoo.com

مقایسه سه روش تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر آمادگی قلبی تنفسی و شاخص های عملکردی سربازان

فرید فرحانی^۱، سیمین ریاحی^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران
^۲ دکتری تخصصی فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: ارتقا عوامل مرتبط با آمادگی جسمانی و بهبود آن‌ها از طریق روش‌های تمرینی نوین برای سربازان اهمیت خاصی دارد. هدف از پژوهش حاضر، مقایسه سه روش تمرین مقاومتی (RE) همراه با محدودیت جریان خون (BFR) بر میزان آمادگی جسمانی سربازان ارتش جمهوری اسلامی ایران بود.

روش‌ها: هجده سرباز با محدوده سنی $22/4 \pm 2/2$ سال، شاخص توده بدنی $22/3 \pm 1/1$ کیلوگرم بر مترمربع و سابقه خدمت $10/4 \pm 3/3$ ماه در سه گروه ورزش مقاومتی با جریان خون متغیر ($R+BFR_v$) (۶ نفر)، گروه ورزش مقاومتی با شدت متغیر و میزان انسداد جریان خون ثابت (R_v+BFR) (۶ نفر) و گروه دارای محدودیت جریان خون متغیر و شدت ورزش مقاومتی متغیر (C) (۶ نفر)، تصادفی تقسیم شدند. آزمودنی‌ها به مدت ۴ هفته، ۳ بار در هفته به تمرین مقاومتی همراه با BFR در سه روش با بار تمرینی یکسان پرداختند.

یافته‌ها: فقط در استقامت عضلانی بالاتنه تغییرات معنی‌دار بین گروه‌ها مشاهده شد ($P=0/01$)، و سایر شاخص‌ها تغییرات معنی‌داری نشان نداد ($P>0/05$). درون گروه‌ها بیشترین تغییرات در استقامت قلبی و عروقی، استقامت عضلانی بالا و پایین تنه، میانگین توان بی‌هوازی در گروه $R+BFR_v$ ($P \leq 0/05$) و قدرت عضلانی بالا و پایین تنه بیشترین تغییرات را در گروه R_v+BFR داشت ($P \leq 0/05$)، گروه C بیشترین بهبودی در چابکی را نشان داد و تعادل در هر سه گروه تغییرات یکسانی نشان داد ($P \leq 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که برای افزایش استقامت قلبی-عروقی، استقامت عضلانی، میانگین توان بی‌هوازی، روش افزایش در کاهش جریان خون با ورزش مقاومتی با شدت ثابت و برای افزایش قدرت و تعادل، روش افزایش شدت ورزش مقاومتی همراه با میزان انسداد ثابت جریان خون و برای افزایش در چابکی، روش ترکیبی مناسب می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: محدودیت جریان خون، تمرین مقاومتی، بار تمرینی، آمادگی جسمانی، سرباز.

* نویسنده مسئول: سیمین ریاحی. پست الکترونیک: riahy_simin@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۷ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۵

مقدمه

امروزه علاوه بر ورزشکاران حرفه‌ای و مربیان ورزشی، نظامیان و سربازان نیز، پیوسته در پی روش‌های جدید تمرینی هستند. اگرچه، تمرین مقاومتی (Resistance Training) یا RT از روش‌های نوین تمرینی محسوب نمی‌گردد، اما؛ اثرات مثبت فیزیولوژیکی، عصبی-عضلانی و آمادگی جسمانی آن گزارش شده است (۱). هدف اصلی از تمرین مقاومتی؛ افزایش قدرت بیشینه و اندازه عضله (Hypertrophy) است. تمریناتی که با وزنه‌های سنگین، تعداد تکرار کم و فواصل استراحتی زیاد انجام می‌شود، جهت افزایش قدرت بیشینه و تمریناتی که با وزنه‌های متوسط، تعداد تکرار زیاد و فواصل استراحتی کم انجام می‌گیرد، برای هایپرتروفی عضلانی می‌باشد (۲). بنابراین، با توجه به هدف با تغییر متغیرها می‌توان پروتکل نوینی را طراحی کرد. یکی از روش‌های نوین تمرینات، تمرین با محدودیت جریان خون (Blood Flow Restriction) یا BFR است، که در آن توسط اعمال فشار تورنیک یا کاف محدود شده بازو یا ران از بازگشت خون وریدی جلوگیری می‌شود. مطالعات انجام شده گزارش کردند که BFR همانند تمرین مقاومتی اثرات مثبت فیزیولوژیکی دارد و به تاثیرات آن اشاره ویژه‌ای شده است. ترکیب تمرین مقاومتی و محدودیت جریان خون، نسبت به تمرین مقاومتی به تنهایی، فعالسازی عصبی، سازگاری‌های ورزشی و میزان افزایش آمادگی جسمانی و سلامتی بیشتری را نشان داده است (۳).

افزایش تاثیر ورزش مقاومتی وقتی که با BFR باشد در مطالعات ذکر شده است، Scott و همکاران، در مقاله مروری خود گزارش کردند، انجام تمرین مقاومتی با شدت پایین یا 1-repetition maximum (IRM) ۵۰-۲۰٪، همراه با BFR نسبت به تمرین با شدت بالا (بیش از ۷۰ IRM٪) به تنهایی، افزایش قدرت و هایپرتروفی عضلانی بیشتری را در پی دارد (۴). همچنین، Yasuda و همکاران، در پژوهشی نشان دادند، در یک فعالیت یکسان، در فشارهای محدودیت جریان خون ۹۸، ۰، ۱۲۱ و ۱۴۷ میلی‌متر جبهه ورزش مقاومتی با BFR با فشار (۱۴۷ میلی‌متر جبهه)، بیشترین فعالسازی عصبی را به دنبال داشت (۵). با این حال هنوز علت اینکه، افزایش اثرات ناشی از ورزش مقاومتی یا محدودیت جریان خون باشد، هنوز مشخص نشده است.

از متغیرهای مهم ترکیب تمرین مقاومتی با BFR می‌توان به شدت محدودیت جریان خون، شدت ورزش مقاومتی، تعداد تکرار، تعداد ست و زمان فعالیت و استراحت اشاره کرد (۶). شدت BFR مطلوب که سبب هایپرتروفی عضلانی می‌شود، در مطالعات متفاوت است (۷). در پژوهشی Sumide و همکاران اثرات تمرین با BFR را با استفاده از فشارهای مختلف انسداد عروقی (۰، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌متر جبهه) در پروگزیمال ران بررسی کرده و افزایش قدرت افراد را مشاهده کردند و کار عضلانی (muscle work) به طور قابل توجهی در فشار انسدادی با ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌متر جبهه

افزایش یافت که نشان می‌دهد در مقایسه با فشارهای بالاتر این میزان فشار، احتمالاً اثرات مثبت بیشتری ایجاد کند (۸). به منظور افزایش آمادگی عضلانی در ورزش مقاومتی، دانشکده پزشکی ورزشی آمریکا (American College of Sports Medicine)، شدت مناسب ۵۰-۶۰٪ را توصیه کرده است. همچنین به منظور هایپرتروفی عضلانی انجمن ملی قدرت و بدنسازی (National Strength and Conditioning Association)، شدت IRM ۶۷-۸۵٪ را توصیه کرده است (۹). با این حال، Burd و همکاران، نشان دادند، تمرین مقاومتی با IRM ۳۰٪، به اندازه IRM ۹۰٪ موجب، تحریک مسیرهای سیگنالینگ رشد عضلانی و سنتز پروتئین عضلانی می‌شود (۱۰). اگرچه، Nathaniel و همکاران، فعالسازی عصبی بیشتری را در تمرین مقاومتی با IRM ۸۰٪ در مقایسه IRM ۳۰٪ گزارش کردند (۱۱)، اما برای رسیدن به نتایج قطعی، به بررسی‌های بیشتری نیاز است. در پژوهشی نیز Vechin و همکاران، به مقایسه بین تمرین مقاومتی با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون (۵۰٪ انسداد شریانی) و تمرین مقاومتی با شدت بالا پرداختند، که پس از ۱۲ هفته تمرین افزایش ۱۷٪ قدرت 1-IRM در گروه RT+BFR و افزایش ۵۴٪ در گروه RT با شدت بالا را نشان دادند (۱۲).

اگرچه مقایسه روش‌های تمرینی در سال‌های اخیر رشد کرده و تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام شده، با این حال یکسان سازی بار تمرین‌ها برای مقایسه جهت جلوگیری از فشار بیولوژیک بیشتر ضروری به حساب می‌آید (۱۳). Bourdon و همکاران، به میزان یکسان سازی بار تمرین به وضوح اشاره کردند، آن‌ها عنوان کردند، بارهای داخلی (مانند؛ ضربان قلب، لاکتات خون، مصرف اکسیژن و RPE) و بار خارجی (مانند؛ شدت، زمان تمرین، زمان استراحت، تواتر) باید به صورت دقیقی اندازه‌گیری در مدیریت کردن بار تمرین و یکسان سازی آن محاسبه گردند (۱۳). اگرچه در تحقیقات، مقایسه روش‌های تمرینی صورت گرفته است (۱۴)، اما به دلیل کمبود دانش، پژوهشی به مقایسه ترکیب روش‌های تمرینی محدودیت جریان خون و تمرین مقاومتی نپرداخته است، که در آن محدودیت جریان خون نیز به عنوان متغیر تمرینی کنترل شود (۱۳، ۶). با توجه به تحقیقات ترکیب تمرین مقاومتی همراه با BFR، به عنوان روش تمرینی نوین، که موجب افزایش بیشتری در آمادگی جسمانی می‌شود (۱۲). بررسی اینکه در بار تمرینی ثابت کدامیک از فاکتورهای افزایش شدت محدودیت جریان خون یا افزایش شدت یک تکرار بیشینه و یا هر دو، می‌تواند آمادگی جسمانی را بیشتر بهبود دهد، ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت ویژه افزایش آمادگی جسمانی سربازان با موثرترین روش در کوتاهترین زمان بررسی این روش تمرینی می‌تواند اهمیت ویژه‌ای داشته باشد (۹). بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، مقایسه سه روش تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون بر میزان آمادگی جسمانی سربازان ارتش جمهوری اسلامی ایران است.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی است که با طرح پیش آزمون- پس آزمون اجرا شد. نمونه آماری ۱۸ نفر از سربازان ارتش جمهوری اسلامی ایران به صورت هدفمند با میانگین سن $(22/4 \pm 2)$ سال، قد $(174/6 \pm 4/8)$ سانتی متر، وزن $(68/1 \pm 2/6)$ کیلوگرم، شاخص توده بدنی $(22/3 \pm 1/1)$ کیلوگرم بر مترمربع) و سابقه خدمت $(10/4 \pm 3/3)$ ماه بودند.

معیارهای ورود به مطالعه شامل مواردی همچون؛ دامنه سنی ۱۸ تا ۲۵ سال، شاخص توده بدنی طبیعی، تاییدیه پزشکی مبنی بر نداشتن هرگونه مشکلات مزمن و بیماری‌ها، عدم مصرف دارو و عدم مصرف مکمل غذایی خاص، بود و معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل؛ غیبت (حتی ۱ جلسه)، ابتلا به بیماری‌های حاد در طی پروتکل که می‌تواند در روند پژوهش اختلال ایجاد کند، مرخصی و عدم همکاری آزمودنی به هرجهت بود.

یک هفته (۲ جلسه) قبل از شروع برنامه تمرین آزمودنی‌ها با شیوه صحیح انجام پروتکل تمرینی آشنا شدند. ۲ ماه قبل از شروع پروتکل تا انتهای پژوهش، آزمودنی‌ها هیچ‌گونه مکملی مصرف نکردند. آزمودنی‌ها در سه گروه ۶ تایی گروه اول گروه ورزش مقاومتی با جریان خون متغیر (Resistance exercise + Blood flow Restriction variable) در گروه دوم ورزش مقاومتی با شدت متغیر و میزان انسداد جریان خون ثابت ($Rv + BFR$, Resistance exercise + Blood flow Restriction variable) و گروه سوم گروه دارای محدودیت جریان خون متغیر و شدت ورزش مقاومتی متغیر ($Rv + BFR$, Resistance exercise + Blood flow Restriction variable) قرار گرفتند.

تمام اندازه‌گیری‌های مربوط به مشخصات آنروپومتریکی، عملکردی در دمای بین ۱۹ - ۲۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد. به منظور حذف تاثیر ساعات زیستی اندازه‌گیری پیش و پس آزمون هر فرد در یک زمان ثابت روز انجام شد.

وزن شرکت کنندگان بر حسب کیلوگرم با استفاده از ترازوی دیجیتال با خطای کمتر از $0/1$ کیلوگرم و قد بر حسب سانتی متر با استفاده از دستگاه قدسنج و خطای کمتر از $0/1$ سانتی متر اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدنی نیز بر حسب کیلوگرم بر مترمربع و براساس وزن و قد هر فرد محاسبه گردید. برای سنجش فشار خون از دستگاه فشارخون سنج مدل HEINE GAMMA G7 استفاده گردید. ترکیب بدنی شامل درصد چربی در حالت ناشتایی و پس از تخلیه دستگاه گوارش توسط کالیپر به روش سه نقطه ای انجام شد. برای اندازه‌گیری اسقامت قلب و عروق از آزمون ۱۲ دقیقه‌ای کوپر استفاده شد و برای برآورد مقدار VO_{2max} از طریق آزمون مذکور، از معادله $11.288 - (22.351 * km) = VO_{2max}(ml/min/kg)$ استفاده شد (۱۵). به منظور اندازه‌گیری اسقامت عضلانی حرکت اسکوات برای اسقامت پایین تنه و حرکت پرس سینه برای اسقامت بالاتنه انجام شد (۱۶). اندازه

گیری قدرت عضلانی طبق دستور العمل انجمن ملی قدرت و بدنسازی NSCA آمریکا با استفاده از اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه انجام شد (۹). برای تعیین مقدار توان بی‌هوازی آزمودنی‌ها از آزمون RAST استفاده شد و رکوردها با دستگاه چشم نوری (فتوسل) ثبت شدند (۱۷). از تست تی برای سنجش چابکی استفاده شد و زمان محاسبه شده در این آزمون به عنوان مقدار چابکی فرد در نظر گرفته شد (۱۸). جهت بررسی سطح تعادل آزمودنی‌ها از آزمون تعادل ستاره تعدیل شده یا همان تست تعادل وای استفاده شد آزمودنی‌ها در هر جهت سه بار پای خود را حرکت می‌دادند، که سه مرتبه اندازه‌گیری و میانگین هر جهت ثبت شد. در نهایت میانگین هر جهت بر طول پا (از زائده آسیس تا قوزک داخلی پا) تقسیم شده و در ۱۰۰ ضرب شد تا میزان تعادل پویای هر آزمودنی مشخص شود (۱۹).

پروتکل تمرین طبق جدول ۱- انجام شد. آزمودنی‌ها به مدت ۴ هفته و هفته ای ۳ جلسه آن را اجرا می‌کردند (۹). پروتکل تمرین به گونه‌ای بود، که در گروه $Rv + BFR$ ، اضافه بار از طریق فشار محدودیت جریان خون، در گروه $Rv + BFR$ ، از طریق افزایش درصد IRM و در گروه C، از هر دو روش BFR و IRM اضافه بار القا می‌شد. به منظور یکسان سازی بار تمرین (ایزوولومیک)، برای هر آزمودنی، فشار محدودیت جریان خون، تعداد تکرار و شدت ورزش مقاومتی را به عنوان بار خارجی در همدیگر ضرب نموده بار تمرین به دست آید. تلاش بر این است که میزان بار خارجی تمرین بین گروه‌ها در هر هفته یکسان باشد (۱۳). همچنین از مقیاس درک فشار RPE برای یکسان سازی بار داخلی تمرین استفاده شد (۱۳). از این رو، در گروه C، به دلیل اضافه بار دوگانه BFR و IRM، تعداد تکرار حرکات کاهش می‌یافت (جدول ۱-). تمرین مقاومتی شامل: جلو ران، پشت ران، پرس پا، جلو بازو، پشت بازو و پرس سینه بود که تعداد حرکات با وسیله مترونوم هماهنگ شده تا زمان تمرین نیز یکسان سازی شود. برای القا محدودیت جریان خون از کاف (ساخت شرکت قامت‌پویان - ایران) ۸ سانتی‌متری استفاده شد. فشار کاف از طریق محاسبه درصدی از فشار خون سیستول هر فرد و با توجه به روش استفاده شده در مطالعات پیشین تعیین شد (جدول ۱-)(۲۰). تعداد جلسات تمرینی ۱۲ جلسه بود، که همه آنها در باشگاه بدنسازی و در دمای بین ۱۸ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد اجرا گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلیکس و برای مقایسه بین گروهی از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه و برای مقایسه زوجی میانگین گروه‌ها از آزمون تقییبی بونفرونی استفاده شد. از آزمون تی همبسته برای مقایسه پیش و پس آزمون و همچنین از آزمون تی مستقل برای اختلاف بین جلسات و هفته‌ها در میزان درک تلاش گروه‌ها استفاده شد. آزمون‌های آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P \leq 0.05$) انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ پردازش شد.

جدول-۱. پروتکل تمرینی گروه اول (R + BFR v)، گروه دوم (R v + BFR) و گروه سوم (C)

گروه اول: R + BFR v				
متغیرها	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم
شدت BFR	۱۱۶٪ فشارخون سیستول	۱۳۳٪ فشارخون سیستول	۱۵۰٪ فشارخون سیستول	۱۶۶٪ فشارخون سیستول
تعداد ست‌ها	۲	۲	۲	۲
تعداد تکرار	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
شدت IRM	۴۰٪ IRM	۴۰٪ IRM	۴۰٪ IRM	۴۰٪ IRM
مدت استراحت بین ست	۲ دقیقه	۲ دقیقه	۲ دقیقه	۲ دقیقه
مدت استراحت بین حرکت	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۱ دقیقه
بار تمرین	۹۲۸۰۰	۱۰۶۴۰۰	۱۲۰۰۰۰	۱۳۲۸۰۰
گروه دوم: R v + BFR				
شدت BFR	۱۱۶٪ فشارخون سیستول	۱۱۶٪ فشارخون سیستول	۱۱۶٪ فشارخون سیستول	۱۱۶٪ فشارخون سیستول
تعداد ست‌ها	۲	۲	۲	۲
تعداد تکرار	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
شدت IRM	۴۰٪ IRM	۴۵٪ IRM	۵۱٪ IRM	۵۷٪ IRM
مدت استراحت بین ست	۲ دقیقه	۲ دقیقه	۲ دقیقه	۲ دقیقه
مدت استراحت بین حرکت	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۱ دقیقه
بار تمرین	۹۲۸۰۰	۱۰۶۴۰۰	۱۲۰۰۰۰	۱۳۲۸۰۰
گروه سوم: C				
شدت BFR	۱۱۶٪ فشارخون سیستول	۱۳۳٪ فشارخون سیستول	۱۵۰٪ فشارخون سیستول	۱۶۶٪ فشارخون سیستول
تعداد ست‌ها	۲	۲	۲	۲
تعداد تکرار	۱۰	۸	۶	۵
شدت IRM	۴۰٪ IRM	۵۰٪ IRM	۶۶٪ IRM	۸۰٪ IRM
مدت استراحت بین ست	۲ دقیقه	۲ دقیقه	۲ دقیقه	۲ دقیقه
مدت استراحت بین حرکت	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۱ دقیقه	۱ دقیقه
بار تمرین	۹۲۸۰۰	۱۰۶۴۰۰	۱۲۰۰۰۰	۱۳۲۸۰۰

گروه C ($P=0/041$). قدرت عضلانی بالاتنه نیز اختلاف معنی‌دار بین گروهی را نشان نداد، اما تغییرات معنی‌دار درون گروهی در هر سه گروه R + BFR v، R + BFR، Rv + BFR و C مشاهده شد (به ترتیب، $P=0/005$ ، $P=0/000$ و $P=0/001$). این یافته در متغیر قدرت عضلانی پایین‌تنه نیز تکرار شد، به نوعی که، اختلاف بین گروهی معنی‌دار نبود، ولی، تغییرات درون گروهی هر سه گروه معنی‌دار بود (به ترتیب، $P=0/002$ ، $P=0/002$ و $P=0/002$). متغیر توان بی‌هوازی تغییرات معنی‌دار درون گروهی در سه گروه را نشان داد (به ترتیب، $P=0/001$ ، $P=0/002$ و $P=0/008$)، اگرچه، تغییرات بین گروهی معنی‌دار نبود. چابکی نیز نشان داد، اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های پژوهش حاضر وجود ندارد، اما، تغییرات درون گروهی، در همه گروه‌های پژوهش مشاهده شد (به ترتیب، $P=0/001$ ، $P=0/003$ و $P=0/000$). نتایج مربوط به متغیر تعادل نشان داد، علی‌رغم تغییرات معنی‌دار درون گروهی هر سه گروه (به ترتیب، $P=0/000$ ، $P=0/001$ و $P=0/000$)، تغییرات بین گروهی معنی‌دار نبود. نتایج آماری تحلیل واریانس دوطرفه در رابطه با متغیرهای مورد بررسی در جدول-۲ آورده شده است.

در نمودار-۱ نیز میزان درک تلاش RPE در ۱۲ جلسه تمرینی نشان داده شده است. در هیچ یک از جلسات تمرینی در بین گروه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جلسه اول؛ $P=1/569$ ، جلسه

ملاحظات اخلاقی: تمام آزمودنی‌ها قبل از ورود به تحقیق توسط پزشک معاینه شدند و پزشک مجوز شرکت ایشان را در تحقیق صادر کرد. رضایتمانه کتبی مبنی بر شرکت داوطلبانه و آگاهانه در جلسات تمرین از آزمودنی‌ها دریافت شد. در تمام مراحل تحقیق، اصول بیابیه هلسینکی و نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران با شناسه اخلاق IR.AJAUMS.REC.1397.091 رعایت شد.

نتایج

یافته‌های آزمون آماری نشان داد، درصد چربی درون و بین گروهی تفاوت معناداری نداشت. استقامت قلبی و عروقی بین گروه تفاوتی معنی‌داری نداشت ولی در گروه‌های R + BFR v ($P=0/006$) و Rv + BFR ($P=0/01$) افزایش معناداری نشان داد. استقامت عضلانی بالاتنه درون گروهی تفاوت معنی‌دار داشت در گروه‌های R + BFR v ($P=0/000$) و Rv + BFR ($P=0/014$)، اختلاف معنی‌دار بین گروه R + BFR v با گروه Rv + BFR ($P=0/018$) و گروه C ($P=0/036$) بود. اما عکس آن، استقامت عضلانی پایین‌تنه اختلاف معنی‌دار بین گروهی را نشان نداد، با این حال تغییرات معنی‌دار درون گروهی در هر سه گروه مشاهده شد (گروه R + BFR v ($P=0/000$)، گروه Rv + BFR ($P=0/01$) و

جلسات تمرینی مشاهده نشد (هفته اول؛ $P=0/916$ ، هفته دوم؛ $P=1/580$ ، هفته سوم؛ $P=0/667$ ، هفته چهارم؛ $P=1/095$). اما اختلاف معنی‌داری بین هفته‌های تمرینی مشاهده شد (اختلاف بین هفته اول و هفته دوم؛ $P=0/001$ ، اختلاف بین هفته دوم و هفته سوم؛ $P=0/008$ ، اختلاف بین هفته سوم و هفته چهارم؛ $P=0/02$).

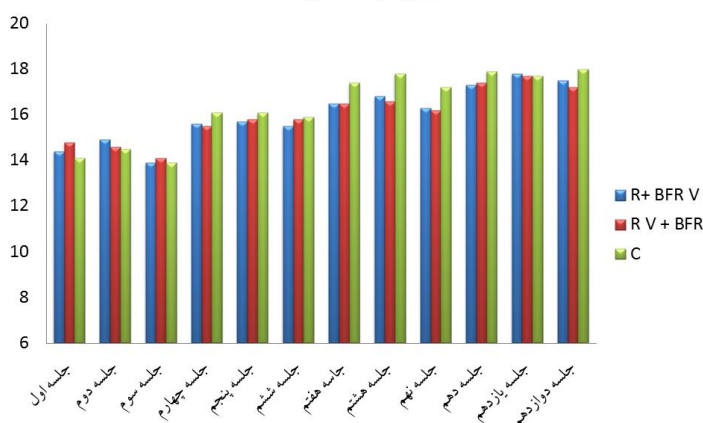
دوم؛ $P=1/145$ ، جلسه سوم؛ $P=2/089$ ، جلسه چهارم؛ $P=1/487$ ، جلسه پنجم؛ $P=1/213$ ، جلسه ششم؛ $P=1/952$ ، جلسه هفتم؛ $P=0/641$ ، جلسه هشتم؛ $P=0/264$ ، جلسه نهم؛ $P=0/229$ ، جلسه دهم؛ $P=1/007$ ، جلسه یازدهم؛ $P=3/951$ و جلسه دوازدهم؛ $P=1/284$). همچنین اختلاف معنی‌دار RPE درون هفتگی بین

جدول-۲. نتایج مربوط به اختلاف درون و بین گروهی متغیرهای پژوهش

متغیر	گروه شدت BFR		گروه شدت IRM		گروه شدت ترکیبی		مقدار P	اختلاف بین گروهی
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		
درصد چربی (%)	۱۷/۷±۱/۲	۱۷/۵±۱/۳	۱۷/۹±۱/۰	۱۷/۲±۱/۴	۱۷/۳±۱/۰	۱۶/۶±۰/۸	۰/۳۳۵	
استقامت قلب و عروق (ml/min/kg)	۴۶/۸±۳/۰	۴۹/۳±۲/۳	۴۶/۱±۲/۱	۴۷/۵±۱/۹	۴۶/۷±۲/۶	۴۶/۸±۲/۲	۰/۳۷۶	
استقامت عضلانی (تکرار)	۱۰/۶±۱/۰	۱۶/۵±۱/۳	۱۰/۵±۱/۰	۱۳/۱±۱/۶	۱۱/۱±۱/۹	۱۲/۸±۱/۴	۰/۰۱	
قدرت عضلانی (IRM)	۷۴/۶±۷/۶	۸۰/۸±۵/۲	۷۴/۵±۷/۷	۸۷/۶±۶/۴	۷۵/۱±۶/۴	۸۴/۸±۷/۳	۰/۴۷۸	
توان بی‌هوازی (وات بر کیلوگرم)	۳۴۸/۰±۱۳/۴	۳۶۶/۳±۱۶/۷	۳۴۸/۱±۱۹/۶	۳۶۲/۷±۲۳/۹	۳۴۸/۹±۱۸/۸	۳۶۵/۶±۲۵/۰	۰/۹۶۸	
چابکی (ثانیه)	۱۰/۸±۰/۴	۱۰/۱±۰/۲	۱۰/۷±۰/۵	۱۰/۰±۰/۲	۱۰/۸±۰/۵	۹/۷±۰/۳	۰/۴۲۷	
تعادل (متر)	۷۹/۳±۲/۹	۸۶/۰±۲/۶	۷۸/۵±۳/۷	۸۵/۰±۲/۵	۷۸/۵±۲/۵	۸۵/۰±۲/۸	۰/۶۸۲	

* اختلاف درون و بین گروهی، # اختلاف با دیگر گروه‌ها

مقیاس درک تلاش RPE



نمودار-۱. میزان درک تلاش RPE گروه‌های پژوهش در هر جلسه

آزمودنی‌های پژوهش حاضر، سربازانی بودند که همه دوره آموزشی را گذرانده بودند و آماده سازی نسبی بدنی را داشتند. درصد چربی در هر سه گروه تغییرات معنی‌داری نداشت، که دلیل آن را می‌توان به درصد چربی متناسب افراد نسبت داد، زیرا دامنه شاخص توده بدنی آن‌ها ۲۲ بود و در وضعیت ایده آل به سر می‌بردند (۲۱).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد، چهار هفته تمرین مقاومتی همراه با محدودیت جریان خون با سه روش متفاوت ولی با بار تمرینی یکسان، نشان از بهبود عوامل مرتبط با آمادگی جسمانی دارد، اگرچه این تغییرات در همه گروه‌ها و متغیرها یکسان نیست.

توان بی‌هوازی نیز در همه گروه‌ها افزایش داشت و تقریباً درصد تغییرات مشابهی داشتند، افزایش میانگین توان بی‌هوازی در گروه R_v+BFR را نمی‌توان به درستی توجیه کرد، لذا، در همین راستا گزارش حداکثر، حداقل و شاخص خستگی جهت، توجیه بهتر نتایج ضروری محسوب می‌شود، که در نتایج به آن اشاره نشده است. با این حال نتایج یکسان در هر سه گروه، نشان از اثر گذاری یکسان این سه روش بر میانگین توان بی‌هوازی سربازان پس از چهار هفته تمرین دارد. در پژوهشی Saedmocheshi و همکاران، در مقایسه تاثیر بارگیری کوتاه مدت و طولانی مدت مکمل بیکرینات سدیم همراه با فعالیت وامانده ساز بر شاخص‌های عملکردی و خستگی سربازان، افزایش معنی‌دار توان را نشان دادند (۲۷)، البته علی‌رغم همسویی در افزایش توان، پژوهش Saedmocheshi و همکاران، به بررسی مدت زمان مصرف مکمل بیکرینات سدیم پرداخته بود (۲۷). بنابراین، احتمالاً با توجه به نتایج پژوهش حاضر نمی‌توان بهترین روش برای ارتقا سطح توان بی‌هوازی پیشنهاد کرد. چابکی نیز، در همه گروه‌ها تغییرات معنی‌دار داشت، بیشترین درصد مربوط به گروه C بود، همسو با این مطالعه، نیکرو و همکاران، طی پژوهشی مقایسه‌ای اثر تمرینات ترکیبی منتخب و تمرینات ورزشی جاری بر بهبود سطوح آمادگی جسمانی مشمولان مراکز آموزش سربازی، افزایش معنی‌دار چابکی را در هر دو تمرین نشان دادند (۱۷). که احتمالاً به دلیل افزایش $1RM$ ، BFR و همچنین کاهش تعداد تکرارها، موجب به کارگیری واحدهای حرکتی تند انقباض شده و توان انفجاری و سرعت رفت و برگشت‌ها را افزایش داده است (۷).

تعادل نیز پیشرفت معنی‌دار در هر سه گروه نشان داد، که احتمالاً به قدرت و سطح مقطع عضلانی آزمودنی‌ها که با تعادل ارتباط معنی‌دار دارد مرتبط است (۲۸). اگرچه، پژوهش Lixandrao و همکاران، با نتایج پژوهش حاضر ناهمسو بود، آن‌ها پس از ۱۲ هفته سه پروتکل تمرینی ($1RM/20\% + 1RM/80\%$ ، انسداد، $1RM/40\% + 1RM/40\%$ ، انسداد و $1RM/40\% + 1RM/80\%$) را در سطح مقطع عضلانی ۲۶ مرد جوان اندازه‌گیری کردند و علاوه بر افزایش سطح مقطع در همه گروه‌ها، تغییرات معنی‌داری بین سه گروه مشاهده نکردند (۲۹).

پژوهش حاضر تنها توسط سربازان انجام شده است؛ بنابراین، مطالعات بیشتری برای بررسی روش‌های تمرینی $RT+BFR$ در زنان و دیگر ورزشکاران جهت آمادگی مورد نیاز است. حجم نمونه نیز شامل ۱۸ نفر و در هر گروه ۶ نفر بود، که مطالعات آینده می‌توانند این پژوهش در گروه بزرگتری بررسی کرده تا با اعتبار دقیق‌تر بتوان نتایج را به بحث گذاشت. پژوهش حاضر با در نظر گرفتن شاخص کارایی و رسیدن به بیشترین آمادگی در کمترین زمان، تعداد جلسات تمرین را ۳ جلسه برای ۴ هفته طراحی کردند؛ از این رو کاهش تعداد جلسات و هفته‌ها برای رسیدن به بیشترین کارایی و افزایش تعداد جلسات و هفته‌ها جهت افزایش عوامل

قنبرزاده در پژوهشی به بررسی شش هفته تمرینات تناوبی شدید بر مولفه‌های ترکیب بدنی نیروهای نظامی پرداخت، که در تغییرات معنی‌داری در شاخص توده بدنی، درصد چربی و نسبت دور کمر به ران مشاهده کرد (۲۲). دلیل ناهمسوئی پژوهش قنبرزاده، با پژوهش حاضر مربوط به اضافه وزن آزمودنی‌های پیشین دارد که احتمالاً مستعد از دست دادن توده چربی بودند (۲۲). استقامت قلبی و عروقی در گروه‌های $R+BFR$ و R_v+BFR بر خلاف گروه C افزایش معنی‌دار داشت. این بهبود استقامت قلبی و عروقی احتمالاً مربوط به شیوه تمرینی با تکرار بالا می‌باشد. مطالعات نشان داد که افزایش $R+BFR$ موجب رشد سلول عضلانی شده و تحمل لاکتات را افزایش داده و در نهایت استقامت قلبی و عروقی را بهبود می‌بخشد (۲۳). این یافته‌ها با پژوهش Abe و همکاران، همسو است که با مقایسه ۸ هفته تمرین، بین گروه BFR (۱۵ دقیقه، $40\% VO_{2max}$) و گروه بدون BFR (۴۵ دقیقه، $40\% VO_{2max}$)، نشان دادند، علی‌رغم یکسان نبودن زمان تمرین، VO_{2max} در گروه $R+BFR$ افزایش معنی‌دار داشت (۲۴). در گروه‌های $R+BFR$ و R_v+BFR افزایش استقامت عضلانی بالاتنه معنی‌دار بود، ولی در گروه C معنی‌دار نبود، که گروه $R+BFR$ اختلاف معنی‌داری با گروه R_v $BFR + (P=0/018)$ و گروه C $(P=0/036)$ داشت. استقامت عضلانی در پایین تنه، مشابه با استقامت عضلانی بالاتنه بود، اما اختلاف گروه $R+BFR$ با دیگر گروه‌ها معنی‌دار نبود. اگرچه، درصد تغییرات استقامت عضلانی در دو بخش بالاتنه و پایین تنه تقریباً یکسان است، اما اختلاف معنی‌دار در گروه $R+BFR$ نسبت به دیگر گروه در بخش بالاتنه، علاوه بر مسیر انرژی‌زایی، احتمالاً به نوع تمرین و آزمون مربوط می‌شود، که در بخش بالاتنه حرکت پرس سینه جزء پروتکل تمرین بود، اما اسکوات جزء پروتکل تمرین نبود، در حالی که جزء پیش و پس آزمون بود. همسو با این یافته‌های استقامت عضلانی Christopher و همکاران، نیز در پژوهشی نشان دادند، ۶ هفته تمرین مقاومتی همراه با BFR ، موجب افزایش معنی‌دار در استقامت عضله چهارسربران مردان و زنان می‌شود (۲۵). نتایج قدرت عضلانی در بخش بالا و پایین تنه مشابه بود. تغییرات بین گروهی در همه گروه‌ها معنی‌دار بود و بیشترین درصد تغییرات به گروه R_v+BFR مربوط بود. همسو با این نتیجه، Vechin و همکاران، به مقایسه بین تمرین مقاومتی با شدت پایین همراه با محدودیت جریان خون (50% انسداد شریانی) و تمرین مقاومتی با شدت بالا پرداختند، که پس از ۱۲ هفته تمرین افزایش 17% قدرت $1-RM$ در گروه $RT+BFR$ و افزایش 54% در گروه RT با شدت بالا را نشان دادند (۱۲). اگرچه هر دو تمرین BFR و تمرین مقاومتی در مطالعات دیگر افزایش قدرت را نشان دادند (۲۳، ۲۶)، با این حال، در ترکیب این دو روش احتمالاً افزایش در شدت $1RM$ ، موجب افزایش قدرت بیشتری نسبت به دیگر روش‌ها می‌شود.

استفاده کرد، افزایش تعادل نیز از فاکتورهای مهم افزایش آمادگی جسمانی است که با همه روش‌ها افزایش می‌یابد، اما چون افزایش قدرت و سطح مقطع عضلانی موجب بهبود تعادل نیز می‌گردد، لذا؛ با احتیاط می‌توان روش افزایش در 1RM را مطرح کرد. بنابراین؛ از ترکیب تمرینات نوین، با توجه به اهداف تمرینی و دسترسی به اوج عملکرد به طور کاربردی می‌توان استفاده کرد و طراحی تمرین ویژه هر فرد براساس میزان آمادگی در هر فاکتور عملکردی و نحوه قرارگیری فرد در مانورها قابل اجرا است.

تشکر و قدردانی: پژوهش حاضر نتیجه طرح تحقیقاتی انجام

شده در دانشگاه علوم پزشکی ارتش با کد رهگیری ۹۱۰۰۰۳۸۹ و با شناسه IR.AJAUMS.REC.1397.091 مصوب کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ارتش تهران می‌باشد. پژوهشگران بدینوسیله از همه سربازانی که همکاری خالصانه‌ای در جهت اجرای این پروژه داشتند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع: بدین وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که

هیچگونه تضاد منافی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Manimmanakorn A, Manimmanakorn N, Taylor R, Draper N, Billaut FS, Hamlin M. Effects of resistance training combined with vascular occlusion or hypoxia on neuromuscular function in athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(17):67–74.
2. Stanton R, Reaburn P. Exercise and the treatment of depression: A review of the exercise program variables. *J Sci Med Sport*. 2014;17(2):177–82.
3. Pearson SJ, Hussain SR. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sport Med*. 2015;45(2):187–200.
4. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe B. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport*. 2016;19(36):0–7.
5. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, et al. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; 24 (1):55–61.
6. Fahs CA, Loenneke JP, Rossow LM, Tiebaud RS, Bemben MG. Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *J Trainology*. 2012;1(1):14–22.
7. Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Ugrinowitsch C, Bemben M. Blood flow restriction: how does it work? *Front Physiol*. 2012;(3):392.
8. Sumide T, Sakuraba K, Sawaki K, Ohmura H, Tamura Y. Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *J Sci Med Sport*. 2009;10(12):7– 12.

عملکردی از پیشنهادات پژوهشی آینده می‌باشد. در نهایت، از یکسان‌سازی بار تمرین می‌توان به عنوان یکی از محدودیت‌های شاخص پژوهش حاضر نام برد، که علی‌رغم، یکسان‌سازی بار داخلی و خارجی آن طبق مطالعات پیشین، یکسان‌سازی شدت وارده از جانب کاف‌های القاکننده محدودیت جریان خون، به نظر خالی از چالش نیست. در نهایت، پیشنهاد می‌شود، تمرین با توجه به نیاز فرد طراحی شود. ولی از آن‌جا که، افزایش استقامت از عوامل حیاتی در آمادگی جسمانی به شمار می‌رود (۱۷)، میتوان از روش شدت BFR به عنوان یک روش موثر در افزایش استقامت استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر ترکیب دو روش تمرینی BFR و RT بر شاخص‌های آمادگی جسمانی اثر گذار هستند. به نوعی که، جهت افزایش استقامت قلبی و عروقی و استقامت عضلانی روش افزایش در شدت BFR و برای افزایش قدرت عضلانی نیز روش افزایش شدت 1RM توصیه می‌شود. از روش افزایش شدت ترکیبی (BFR و 1RM) نیز، می‌توان برای ارتقا سطح چابکی

9. Loturco I, Kobal R, Maldonado T, Piazzzi AF, Bottino A, Kitamura K, et al. Jump Squat is More Related to Sprinting and Jumping Abilities than Olympic Push Press. *Int J Sports Med*. 2017;38(8): 604–12.
10. Burd NA, West DW, Staples AW, Atherton PJ, Baker JM, et al. Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One*. 2010;9(1):20–33.
11. Jenkins NDM, Housh TJ, Bergstrom HC, Cochrane KC, Hill EC, Smith CM, et al. Muscle activation during three sets to failure at 80 vs. 30 % 1RM resistance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2015; 115(11):2335–47.
12. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RP, et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(4):1071-6.
13. Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gatin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(2):S2-161-S2-170.
14. Ataee J, Dehkhoda MR, Rajabi H, Khajavi N, Zare Karizak S. The Comparative Study of Effects of 4 Weeks Accommodation and Constant Load Strength Training Methods on Maximum Strength and Power of Trained Athletes. *J Sport Med Technol*. 2015;8(4):12–8.
15. Mohammed Z, Abelatif H, Mokhtar M, Ali B. Traditional versus scientific method: The differences

exist between selecting players. *J Phys Educ Sport*. 2016;16(2):673–8.

16. De Salles BF, Simão R, Miranda F, Da Silva Novaes J, Lemos A, Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sport Med*. 2009;39(9):766–77.

17. Nikroo H, Barancheshme ASA. The comparison of the effects of combined selection of exercises and current sports activities on the improvement of physical fitness of soldiers during the training term of national service. *J Mil Med*. 2014;16(1):9–16.

18. Miller MG, Herniman JJ, Ricard MD, Cheatham CC, Michael TJ. The effects of a 6 week plyometric program on agility. *J Sport Sci Med*. 2006;5(6):459–65.

19. Cosio-Lima L, Knapik JJ, Shumway R, Reynolds K, Lee Y, Greska E, et al. Associations Between Functional Movement Screening, the Y Balance Test, and Injuries in Coast Guard Training. *Mil Med*. 2016;181(7):643–8.

20. Gualano B, Ugrinowitsch C, Neves Jr. M, Lima FR, Pinto ALS, Laurentino G, et al. Vascular Occlusion Training for Inclusion Body Myositis: A Novel Therapeutic Approach. *J Vis Exp*. 2010; 5(40): 428-439.

21. Kjaer IGH, Kolle E, Hansen BH, Anderssen SA, Torstveit MK. Obesity prevalence in Norwegian adults assessed by body mass index, waist circumference and fat mass percentage. *Clin Obes*. 2015;5(4):211–8.

22. Ghanbarzadeh M. The Effect of an Intensity Interval Training (Hit) on the Fitness and Body Composition of the Military Personnel. *J Mil Med*. 2017;18(4):367–74.

23. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med*. 2010;31(1):1–4.

24. Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, et al. Effects of Low-Intensity Cycle Training with Restricted Leg Blood Flow on Thigh Muscle Volume and VO₂MAX in Young Men. *J Sports Sci Med*. 2010;9(3):452–8.

25. Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Rossow LM, Kim D, Abe T, et al. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015;35(3): 167–76.

26. Harries SK, Lubans DR, Callister R. Systematic review and meta-analysis of linear and undulating periodized resistance training programs on muscular strength. *J Strength Cond Res*. 2015;29(4):1113–25.

27. Saedmocheshi S, Zareyan P, Saed L. The Effect of Acute and Chronic Sodium Bicarbonate Supplementation Loading With Exhaustive Work on Performance Indicators and Fatigue of Soldiers. *J Mil Med*. 2017;19(5):476–85.

28. Overmoyer GV, Reiser RF. Relationships between lower-extremity flexibility, asymmetries, and the Y balance test. *J Strength Cond Res*. 2015;29(5):1240–7.

29. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2471–80.