

اثر تمرین کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد جسمانی فوتبال‌بالیست‌های مرد

علی مصطفی لو^۱، سیدعلیرضا حسینی کاخک^۲، امیرحسین حقیقی^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری (نویسنده مسئول)

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۰

چکیده

تمرین مقاومتی، جزء مهم برنامه تمرینی در بیشتر فعالیت‌های ورزشی است. تمرین مقاومتی کم‌شدت همراه با محدودیت جریان خون نیز می‌تواند باعث افزایش قدرت عضلانی و استقامت موضعی شود؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر تمرین کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد جسمانی فوتبال‌بالیست‌های مرد انجام شد. بدین منظور، ۴۰ فوتبال‌بالیست انتخاب شدند و به صورت تصادفی به چهار گروه تمرین مقاومتی سنتی (تعداد = ۱۰)، تمرین مقاومتی کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون (تعداد = ۱۰)، تمرین مقاومتی شدید برونگرا بدون محدودیت جریان خون (تعداد = ۱۰) و کنترل (تعداد = ۱۰) تقسیم شدند. قبل و پس از دوره تمرینی هشت هفته‌ای، آزمون‌های قدرت و استقامت عضلانی گرفته شد و هاپر تروفی عضلانی با توجه به روش اولتراسوند اندازه‌گیری شد. برای مقایسه بین گروه‌ها از روش تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد ($P \leq 0.05$). نتایج حاکی از آن بود که گروه‌های تجربی تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون و تمرین سنتی در مقایسه با گروه کنترل در آزمون قدرت بالاتنه افزایش معناداری داشتند ($P < 0.001$). همچنین، در قدرت عضلات پا بین گروه‌ها تفاوت معنادار وجود نداشت، اما تغییرات درون گروهی در همه گروه‌های تجربی افزایش معناداری را نشان داد. همچنین، استقامت عضلات پا افزایش معناداری را در تمام گروه‌های تجربی نشان داد. نتایج بین گروهی حاکی از وجود افزایش معنادار بین گروه تمرینات مقاومتی سنتی با گروه تمرینات مقاومتی برونگرا بدون محدودیت جریان خون ($P = 0.001$) و بین گروه تمرینات مقاومتی سنتی و گروه تمرینات مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون با گروه کنترل ($P = 0.001$) بود. تفاوت معناداری در استقامت عضلات بالاتنه ($P = 0.18$)، هاپر تروفی عضلات چهارسرران ($P = 0.12$) و همسترینگ ($P = 0.053$) وجود نداشت ($P > 0.05$). هر سه برنامه تمرین مقاومتی برونگرا با و بدون محدودیت جریان خون و سنتی اثری مشابه بر قدرت، استقامت و هاپر تروفی عضلانی در فوتبال‌بالیست‌ها داشتند. به دلیل استفاده از بار کمتر در تمرینات مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون و کسب نتیجه مشابه، ورزشکاران و مربیان می‌توانند از این نوع برنامه استفاده کنند.

واژگان کلیدی: انسداد عروق، قدرت عضلانی، استقامت عضلانی، ضخامت عضلانی، انقباض برونگرا.

1. Email: a.mostafaloo@gmail.com

2. Email: hosseini18@yahoo.com

3. Email: ah.haghighi292@yahoo.com

مقدمه

فوتبال، ورزشی ساده با فاکتورهای تشکیل دهنده پیچیده شامل استقامت، قدرت و توان است که در آن از حرکات گوناگونی مانند دویدن، تکل زدن، سرزدن، شوت زدن، پریدن و کنترل توپ در برابر فشارهای حریف استفاده می شود (۱). علم تمرین در فوتبال نشان داده است که تمرینات مقاومتی برای فوتبالیست‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و تیمی که از تمرینات مقاومتی در مرحله آمادگی جسمانی در ابتدای فصل استفاده نمی کند، به احتمال زیاد به اوج اجرا نمی رسد. افزون بر این، مشاهده شده است که تمرینات مقاومتی بر استقامت عضلانی و در نتیجه ارتقای سطح عملکرد ورزشکاران مؤثرند (۲). مریبان تیم‌های فوتبال با توجه به نیازهای مربوط به رشته فوتبال می توانند از برنامه‌های متفاوت تمرین مقاومتی برای طراحی تمرین استفاده کنند (۳).

امروزه قدرت عضلانی در ورزش و فعالیت‌های روزمره از اهمیت زیادی برخوردار است. قدرت عضلانی برای طیف وسیعی از ورزشکاران از جمله فوتبالیست‌ها که تلاش می کنند عملکرد ورزشی خود را بهبود دهند، مورد نیاز است (۴). تمرینات قدرتی به عنوان یک روش مؤثر برای افزایش قدرت، توان، هایپرتروفی، استقامت عضلانی و عملکرد حرکتی بیان می شود. براساس هدف برنامه تمرین قدرتی، متغیرهای متفاوتی مانند شدت، مدت، تکرار، تناوب و فاصله استراحت دستکاری شدند (۵). همچنین، برای اجرای یک برنامه تمرین قدرتی مطلوب استفاده از انقباض‌های عضلانی برون‌گرا و درون‌گرا و اجرای حرکات تک‌مفصلی و چندمفصلی توصیه شده است (۴). برخی پژوهش‌ها نشان می دهند که این دو نوع فعالیت موجب تولید تحریک عصبی-عضلانی مجزایی می شوند و به پاسخ‌های سازگاری پس از انجام دادن فعالیت متفاوت منجر می شوند (۶)؛ باین حال، قدرت برون‌گرا تقریباً ۵۰-۲۰ درصد بیشتر از قدرت درون‌گراست و شدت‌های زیاد بار، اغلب حین تمرینات برون‌گرا به کار گرفته می شوند. ممکن است هنگام مقایسه سازگاری‌های مرتبط با دو نوع فعالیت، یک عامل محدودکننده باشد (۷).

تمرین برون‌گرا این ظرفیت را دارد که با هزینه انرژی خیلی کم عملکرد عضلانی را افزایش دهد و نشان داده شده است که بهبودی در قدرت عضله، توسعه توان، طول بهینه عضله و هماهنگی را هنگام حرکات برون‌گرا شتاب می بخشد و به سطح بهینه‌ای می رساند. در پژوهش‌های بسیار زیادی به مقایسه اثربخشی برنامه‌های مقاومتی برون‌گرا و درون‌گرا در افزایش قدرت و توده عضله پرداخته شده است (۸). هنگام انقباض برون‌گرا عضله می تواند در مقایسه با انقباض درون‌گرا به نیروهای بیشتری دست پیدا کند؛ زیرا، چنین تصور می شود که افزایش قدرت عضله متناسب با اندازه نیروی اعمال شده هنگام تمرین است؛ بنابراین، می توان بیان کرد که برنامه‌های تمرین مقاومتی که فعالیت‌های برون‌گرا را در برمی گیرند، نسبت به تمرین درون‌گرا سازگاری بیشتری را ایجاد می کنند (۹).

تمرین قدرتی با محدودیت جریان خون^۱، انجام‌دادن تمرین قدرتی با شدت کم همراه با بستن دور بخش فوقانی بازو یا ران به‌منظور محدودیت جریان خون سرخرگی و مسدودشدن جریان خون سیاهرگی است. معمولاً شدت این تمرینات ۳۰-۲۰ درصد یک تکرار بیشینه^۲ است که تقریباً معادل فعالیت روزانه افراد است و بنابراین، افراد با ویژگی‌های جسمانی متفاوت می‌توانند آن‌ها را تحمل کنند. براساس برخی مطالعات، محدودیت جریان خون همان فواید تمرینات قدرتی سنتی و حتی بیشتر را دارد (۱۰). به‌تازگی پژوهشگران به تمرینات مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون توجه کرده‌اند (۱۱-۱۳). نتایج مطالعات تجربی در این زمینه مبهم هستند؛ برای مثال، ریگ^۳ و همکاران (۱۴) به این نتیجه رسیدند که تمرین برونگرا در مقایسه با تمرین درونگرا موجب بهبودی بیشتری در قدرت عضلانی می‌شود. درمقابل، امیل^۴ و همکاران (۱۵) نشان دادند تغییرات زیادی در ناحیه سطح مقطع عضله^۵ پهن خارجی، ۲۴ ساعت بعد از بازشدن زانو با فشار کم در تمرین مقاومتی درونگرا با محدودیت جریان خون نسبت به تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون است. همچنین، یاسودا^۶ و همکاران (۱۱) دریافتند که بعد از بررسی تمرین شش‌هفته‌ای پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین گروه ۳۰ درصد حداکثر انقباض ارادی^۷، تمرین مقاومتی درونگرا با محدودیت جریان خون نسبت به تمرین مقاومتی برونگرا با محدودیت جریان خون با سازگاری قدرت و هایپرتروفی بیشتری همراه است. در مطالعه دیگری، یاسودا و همکاران (۱۲) اثرهای بی‌تمرینی بعد از محدودیت جریان خون با تمرین درونگرا و برونگرای با شدت پایین را بر اندازه و قدرت عضله بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشینه انقباض ارادی از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون با افزایش همراه بود؛ در نتیجه، افزایش قدرت عضله بعد از شش هفته تمرین درونگرا با محدودیت جریان خون، در شش هفته بی‌تمرینی حفظ شد و این در وهله اول، به هایپرتروفی عضله ارتباط پیدا می‌کند (۱۲).

در پژوهش‌های اندکی اثرهای تمرینات مقاومتی کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرینات مقاومتی درونگرا با محدودیت جریان خون بررسی شده است. فرض بر این است که انقباض‌های برونگرا به‌همراه محدودیت جریان خون به فعالیت عصبی-عضلانی بیشتری در مقایسه با زمانی منجر می‌شوند که جریان خون به‌صورت آزادانه روی می‌دهد. همچنین، انقباض برونگرای عضله باعث افزایش تقاضای خون‌رسانی به آن ناحیه می‌شود، اما با اجرای هم‌زمان محدودیت جریان خون

-
1. Blood Flow Restriction
 2. One-Repetition Maximum
 3. Roig
 4. Umbel
 5. Cross-Sectional Area
 6. Yasuda
 7. Maximal Voluntary Contraction

در آن ناحیه، اکسیژن‌رسانی در عروق ریز آن بخش کمتر می‌شود؛ براین اساس، به‌نظر می‌رسد تغییرات قدرت، استقامت و هایپرتروفی عضله در اثر تمرین‌های مقاومتی کم‌شدت صرفاً برونگرا همراه با محدودیت جریان خون، نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی بیشتر باشد. با توجه به برنامه‌ی تمرینی بسیار متنوع محدودیت جریان خون استفاده‌شده در پژوهش‌ها، نیاز است مطالعات بیشتری در این حوزه انجام شود تا با اطمینان بیشتری بتوان توصیه‌های تمرینی را به‌خصوص برای ورزشکاران ارائه داد. با بررسی‌ها مشخص شد که در پژوهش‌ها غالباً بر مطالعه‌ی تمرینات مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون با شدت‌های کم و زیاد تمرکز شده است (۱۶-۲۰) و مطالعات اندکی در زمینه‌ی تمرینات مقاومتی کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون انجام شده است (۱۱-۱۳). در مطالعات اندکی حجم عضله به‌تفکیک عضلات موافق و مخالف بررسی شده که در این پژوهش این موضوع بررسی شده است؛ بنابراین، این امر لزوم انجام‌دادن مطالعات بیشتر در این زمینه و به‌خصوص در زمینه‌ی تمرینات مقاومتی برونگرا و درونگرا را مشخص می‌کند. مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی اثر تمرین کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد جسمانی فوتبالیست‌های مرد انجام شده است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی است که به‌صورت میدانی انجام شد. فوتبالیست‌های لیگ دسته‌ی یک شهرستان مینودشت جامعه‌ی آماری این پژوهش را تشکیل دادند. بدین‌منظور، ۴۰ فوتبالیست به‌صورت تصادفی انتخاب شدند و به چهار گروه تمرین مقاومتی سنتی (شش تا هشت تکرار، با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد 1-RM)، تمرین مقاومتی کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون (شش تا هشت تکرار، با شدت ۳۰ تا ۴۰ درصد 1-RM)، تمرین مقاومتی شدید برونگرا بدون محدودیت جریان خون (شش تا هشت تکرار، برابر با ۷۰ تا ۸۰ درصد 1-RM) و کنترل (انجام فعالیت‌های معمول روزانه) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها سابقه‌ی هیچ‌گونه بیماری یا هرگونه مصرف دارو و مصرف دخانیات نداشتند و در یک برنامه‌ی منظم ورزشی (سه روز در هفته) شرکت داشتند. همچنین، آن‌ها سابقه‌ی حداقل یک سال کار با وزنه و تمرینات مقاومتی داشتند. طرح پژوهش به تأیید کمیته‌ی اخلاق علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آبادکتول (IR.IAU.AK.REC.1396.5) رسید.

آزمودنی‌ها پس از پر کردن فرم رضایت‌نامه، اطلاعات فردی و سوابق پزشکی و آشناسدن با طرح پژوهش، آمادگی خود را اعلام کردند. از آن‌ها خواسته شد برای اجرای آزمون‌های موردنظر در باشگاه

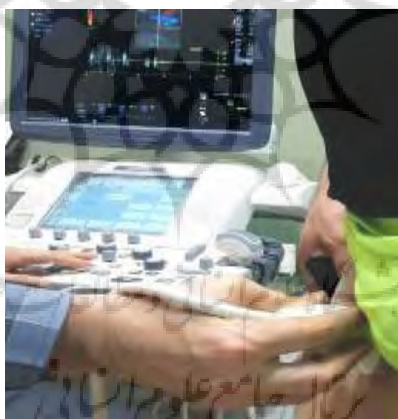
بدن‌سازی حاضر شوند. سپس، اندازه‌گیری‌های تن‌سنجی^۱ شامل وزن با استفاده از ترازوی دیجیتالی و قد به وسیلهٔ قدسنج دیواری انجام گرفت. برای اجرای پروتکل، ابتدا آزمودنی‌ها با آزمون‌ها آشنا شدند و سپس، نحوهٔ انجام پروتکل به‌دقت توسط پژوهشگر به آزمودنی‌ها آموزش داده شد. طول دورهٔ تمرینی پژوهش حاضر هشت هفته و هر هفته سه جلسه بود. در ابتدای هر جلسهٔ تمرینی، آزمودنی‌های گروه یک تا سه (تجربی)، گرم‌کردن عمومی شامل دویدن آهسته، نرمش و تمرینات با وزنهٔ سبک را انجام دادند. سپس، هر گروه برنامهٔ تمرینی خود را اجرا کردند. اندازه‌های تن‌سنجی (شامل سن، قد، وزن و نمایهٔ تودهٔ بدن)، ضخامت عضلانی^۲ ران، قدرت عضلانی و استقامت عضلانی بدنهٔ اصلی تمرین شامل حرکات عمدتاً چندمفصلهٔ پایین‌تنه (شامل بازکردن و خم کردن زانو) و بالاتنه (شامل پرس سینه، کشش جانبی از پهلو^۳ و پرس سرشانه) بود؛ البته تعداد حرکات در سرتاسر دورهٔ تمرینی ثابت بود. شاخص‌های تمرینات مقاومتی در جدول شمارهٔ یک ارائه شده است.

روش اجرای تمرینات مقاومتی برون‌گرا بدین‌صورت بود که آزمودنی وزنه‌ای را انتخاب کرد که توانست بین شش تا هشت تکرار جابه‌جا کند. آزمودنی حرکت موردنظر را (حرکت خم کردن و بازکردن ران) در بخش درون‌گرا (خم کردن ران) با سرعت دلخواه (یک ثانیه) خلاف جاذبهٔ زمین جابه‌جا کرد و در بخش برون‌گرا (بازکردن ران) یعنی موافق با جاذبه، در مدت پنج ثانیه وزنه را پایین آورد (۲۱). شدت تمرین این‌گونه کنترل شد که آزمودنی وزنه‌ای را انتخاب کرد که حداقل شش بار و حداکثر هشت بار بدون کمک جابه‌جا کند. هرگاه تعداد تکرارها به بیشتر از هشت بار افزایش یافت، مقدار وزنه پنج تا ۱۰ درصد افزایش یافت تا تعداد تکرارها در دامنهٔ موردنظر حفظ شود (۲۱، ۱۳)؛ به‌این‌ترتیب، اصل اضافه‌بار نیز رعایت شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

-
1. Anthropometric
 2. Muscle Thickness
 3. Lateral Pull Down

در این پژوهش برای ایجاد محدودیت جریان خون از کش الاستیکی کاربردی پژوهشگر ساخته (به عرض هفت سانتی‌متر برای پایین‌تنه و عرض پنج سانتی‌متر برای بالاتنه) استفاده شد. برای تعیین میزان اعمال نیرو بر کش الاستیکی، آزمودنی‌ها با حجم ران متفاوت با دستگاه اولتراسونوگرافی (مدل GE-Logic E9; USA-2012) بررسی شدند؛ به طوری که قبل از شروع تمرینات، بعد از بستن کش‌های الاستیکی با دستگاه اولتراسوند، مقدار انسداد عروق هر آزمودنی و جریان خون شریانی با دستگاه توسط کش بررسی شد و با چند بار آزمون و خطا طول مناسب کش و میزان مناسب کشش با توجه به حجم ران به دست آمد. سپس، روی کش‌ها علامت‌گذاری شد و پس از آن تمرینات شروع شد. همچنین، به منظور اطمینان بیشتر برای ایجاد محدودیت جریان خون سرخرگی و مسدود شدن جریان خون وریدی (شکل شماره یک)، میزان فشار احساس شده توسط آزمودنی بر اساس مقیاس بورگ یک تا ۱۰ امتیازی از آزمودنی‌ها پرسیده شد و امتیاز هفت به عنوان معیار محدودیت جریان خون سرخرگی در نظر گرفته شد (۲۲، ۲۳). در حرکات خم کردن و باز کردن آرنج، بخش پروگزیمال بازو و در حرکات خم کردن و باز کردن زانو، بخش پروگزیمال ران توسط کش بسته شد. محدودیت اعمال شده در هنگام استراحت بین ست‌ها حفظ و بین حرکات برداشته شد (۲۴).

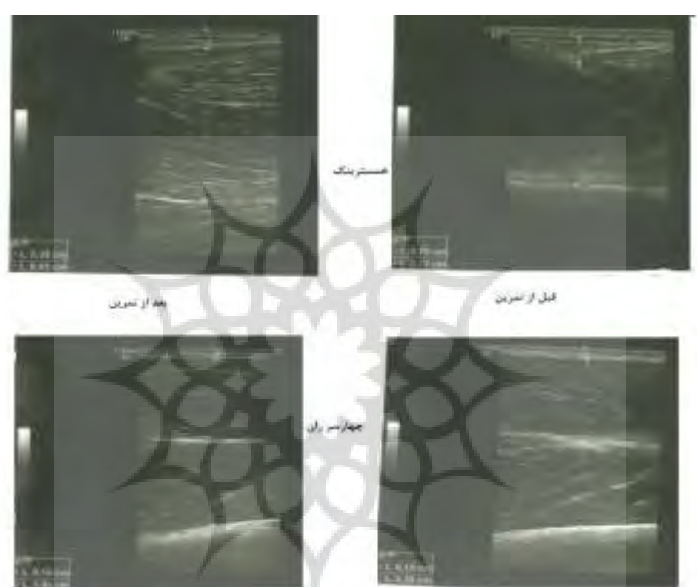


شکل ۱- نحوه اندازه‌گیری محدودیت جریان خون

برای اندازه‌گیری قدرت عضلانی پویا به روش یک تکرار بیشینه، ابتدا وزنه‌ای به طور تخمینی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه با توجه به تمرین‌های جلسه آشنایی برای هر فرد در نظر گرفته شد؛ به طوری که آزمودنی قادر به انجام چند تکرار بود. بعد از استراحت به مدت سه دقیقه، وزنه اضافه شد و در صورتی که قادر به انجام چند حرکت بود، تمرین متوقف شد و حدود پنج تا ۱۰ درصد به وزنه‌ها افزوده شد تا اینکه آزمودنی قادر به انجام فقط یک تکرار برای حرکت شد. در این زمان، میزان

وزنه جابه‌جاشده در یک حرکت صحیح به‌عنوان رکود 1RM شخص ثبت شد. برای ارزیابی قدرت عضلانی بالاتنه از آزمون پرس سینه و برای قدرت عضلات پا از آزمون پرس پا به روش 1RM استفاده شد (۴).

برای ارزیابی استقامت عضلانی بالاتنه (پرس سینه) و پایین‌تنه (آزمون پرس پا) با شمارش تعداد تکرارها در ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه استفاده شد (۴).



شکل ۲- تصاویر هایپرتروفی قبل و بعد از تمرین گروه عضلات چهارسرران و همسترینگ چهارسرران و همسترینگ (L_۱: چربی زیر پوستی، L_۲: ضخامت عضلانی، فاصله استخوان تا سطح عضله)

ضخامت عضلانی خم‌کننده‌های ران و بازکننده‌های ران پای برتر از طریق استفاده از یک دستگاه اولتراسوند (GE-Logic E9, USA-2012) با پروب خطی و طیف ۱۲ مگاهرتز ۸۰ میلی‌متری بود. همه اندازه‌گیری‌های ضخامت عضلانی در آزمودنی‌ها در حالت استراحت انجام شد. در تمامی تصاویر، ضخامت عضلانی به‌عنوان فاصله بین سطح بافت عضلانی و چربی زیر پوستی تا استخوان ران تعیین شد. برای اجتناب از اثر حاد و تورم بافت عضلانی به‌دلیل تمرین عضلانی در پس‌آزمون، اندازه‌گیری‌ها دو روز بعد از آخرین جلسه تمرین انجام شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط یک آزمونگر ماهر صورت گرفت (۲۵).

از آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) برای توصیف داده‌ها استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد؛ بدین صورت که اثر زمان، گروه و اثر تعاملی زمان در گروه تحلیل شد. برای بررسی پذیره‌های زیربنایی مدل تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، آزمون باکس^۱ (برای بررسی ثابت بودن ماتریس کوواریانس خطا)، آزمون لاین^۲ در قبل و بعد از تمرین (برای بررسی برابری واریانس خطای مدل) و آزمون شاپیرو-ویلک^۳ و کلوموگروف-اسمیرنوف^۴ در قبل و بعد از تمرین (برای بررسی طبیعی بودن توزیع خطاهای مدل) اجرا شد. همه عملیات آماری توسط نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. نسخه ۲۲ انجام شد و سطح معناداری آزمون‌ها (0.05) $P <$ در نظر گرفته شد.

نتایج

جدول ۲- شاخص‌های آماری مشخصات فردی آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)
تمرین مقاومتی سنتی (تعداد = ۱۰)	۲۳/۲±۷/۸	۱۷۸/۷±۳	۷۱/۱۳±۳۵/۵	۲۲/۳±۳۷
تمرین مقاومتی برون‌گرا با محدودیت جریان خون (تعداد = ۱۰)	۲۴/۳±۲/۶	۱۷۴/۲±۹/۸	۷۰/۵±۶/۴	۲۳/۱±۱۶/۹
تمرین مقاومتی برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون (تعداد = ۱۰)	۲۳/۳±۱/۸	۱۷۱/۳±۳/۱	۶۶/۹±۸/۴	۲۲/۹±۳
کنترل (تعداد = ۱۰)	۳۲/۵±۷	۱۷۷/۴±۳	۷۲/۳±۳/۶	۲۴/۳±۱/۱

1. Box's Test
2. Levene's Test
3. Shapiro-Wilk Test
4. Kolmogorov-Smirnov test

جدول ۳- نتایج آزمون RM- ANCOVA در مورد متغیرهای قدرت (کیلوگرم)، استقامت (تکرار) و هایپر تروفی (متر مربع) عضلات: اثر زمان، اثر گروه و اثر زمان در گروه

متغیرها	استقامت		قدرت		پوس سینه	پوس یا	پوس سینه	پوس یا	متغیرها
	هایپر تروفی چهار سوزان	پوس یا	پوس سینه	پوس یا					
تکرین مقاومتی سستی	۵۰±۱۱۸	۳۰۶±۲۱	۳۰۶±۴۲	۵۲±۲۰۲۱۸	۱۲±۶۲۱	قبل از تمرین	تکرین مقاومتی سستی	قبل از تمرین	
	۵۰±۶۲۴	۳۸۴±۲۷	۳۵۶±۶۲	۳۴۱۵۱±۵۲۴	۷۰۱۲±۹۱۹	بعد از تمرین		بعد از تمرین	
	۱۲۳۸	۷۱۲	۱۷۱۱	۱۹۵۵*	۱۴۳۵†	درصد تغییرات		درصد تغییرات	
تکرین مقاومتی کم شدت پروتگرا یا محدودیت جریان خون	۴۰±۶۳۹	۲۴۳±۷۵	۲۶۳±۶۴	۱۷۱۲۳±۵۵	۱۲±۵۶۴۰	قبل از تمرین	تکرین مقاومتی کم شدت پروتگرا یا محدودیت جریان خون	قبل از تمرین	
	۵۰±۱۱۸	۴۱۰±۷۵	۳۲۴±۹۴	۲۰۹۳۸±۵۱	۶۲۱۳±۹۱۸	بعد از تمرین		بعد از تمرین	
	۱۰/۱۵	۸۵۵	۳۲۱۳*	۳۲۱۳*	۱۲۳۵†	درصد تغییرات		درصد تغییرات	
تکرین مقاومتی شدید پروتگرا بدون محدودیت جریان خون	۵۰±۱۲۱۶	۴۱۰±۸۱۶	۲۹۶±۳۵	۷۱±۲۱۷	۱۵±۷۰۲	قبل از تمرین	تکرین مقاومتی شدید پروتگرا بدون محدودیت جریان خون	قبل از تمرین	
	۵۰±۳۵۶	۴۱۰±۹۴۶	۳۱۶±۲۱۹	۲۴۲۶۷±۵۵	۱۵±۷۶۱	بعد از تمرین		بعد از تمرین	
	۴۹۹	۲۹۲	۶۴۸	۱۱۷۵*	۸۵۷	درصد تغییرات		درصد تغییرات	
کنترل	۴۰±۲۲۴	۲۲۳±۸۱	۲۲۴±۳۴	۴۸±۱۵۱	۱۱±۶۶۸	قبل از تمرین	کنترل	قبل از تمرین	
	۴۰±۲۸۴	۲۵۳±۴۶	۲۵۳±۴۹	۲۰۲۴۹±۵۱	۶۸۱۰±۱۱۹	بعد از تمرین		بعد از تمرین	
	۱۱۸	۴۴۷	۹۰۱	۳۸۵	۳۱۸†	درصد تغییرات		درصد تغییرات	
زمان (مقدار F و درجه آزادی)	P=۰/۱۶۱ (F=۲۱/۵, ۱/۳۵)	P=۰/۱۹ (F=۱/۷۱, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱ (F=۵/۹, ۱/۳۵)	P=۰/۲۴۵ (F=۱/۳۹, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱ (F=۳۳/۵, ۱/۳۵)	زمان (مقدار F و درجه آزادی)			
گروه (مقدار F و درجه آزادی)	PS=۰/۰۰۹ (F=۸۳/۶۶, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱ (F=۷/۹۲, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱ (F=۶۱/۳۷, ۱/۳۵)	P=۰/۰۹۵ (F=۲/۲۸, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱ (F=۲۲/۸۸, ۱/۳۵)	گروه (مقدار F و درجه آزادی)			
زمان * گروه (مقدار F و درجه آزادی)	P=۰/۰۵۳ (F=۳/۸, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱* (F=۱۲/۶۶, ۱/۳۵)	P=۰/۱۸ (F=۱/۷, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱* (F=۱۳/۸۱, ۱/۳۵)	PS=۰/۰۰۱* (F=۱۳/۶۶, ۱/۳۵)	زمان * گروه (مقدار F و درجه آزادی)			

* سطح معناداری (P<0.05) می‌باشد.

تغییرات درون گروهی می‌باشد.

† تغییرات بین گروهی می‌باشد.

نتایج تحلیل آماری نشان داد که اثر تعاملی زمان و گروه در قدرت پرس پا و پرس سینه و استقامت پرس پا معنادار بود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که گروه‌های تجربی تمرین کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون و تمرین سنتی (از قبل به بعد از تمرین) در مقایسه با گروه کنترل در آزمون‌های قدرت بالاتنه (پرس سینه) افزایش معنادار داشت ($P < 0.001$). همچنین، بین سایر گروه‌های تمرینی تفاوت معناداری در قدرت بالاتنه وجود نداشت ($P > 0.05$). نتایج نشان داد که بین گروه‌ها در قدرت عضلات پا اختلاف معناداری وجود نداشت، اما تغییرات درون‌گروهی قدرت عضلات پا در همه گروه‌ها افزایش معناداری را نشان داد.

استقامت عضلات پا افزایش معناداری را در تمام گروه‌های تجربی نشان داد. نتایج بین‌گروهی حاکی از وجود تفاوت معنادار بین گروه تمرینات مقاومتی سنتی و گروه تمرینات مقاومتی شدید برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون ($P = 0.001$)، بین گروه تمرینات مقاومتی سنتی و گروه کنترل ($P = 0.001$) و همچنین بین گروه تمرینات مقاومتی کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون ($P = 0.001$) و گروه کنترل ($P = 0.001$) بود، اما بین سایر گروه‌ها تفاوت معنادار وجود نداشت. نتایج تحلیل آماری نشان داد که اثر تعاملی زمان و گروه در استقامت عضلات بالاتنه ($P = 0.18$)، هایپرتروفی گروه عضلات چهارسرران ($P = 0.12$) و همسترینگ ($P = 0.053$) معنادار نبود؛ بنابراین، بین گروه‌ها تفاوت معنادار وجود نداشت ($P > 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مطالعه اثر تمرین کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد جسمانی فوتبالیست‌های مرد انجام شد. یافته‌های پژوهش حاضر افزایش هایپرتروفی را در سه گروه تمرینی نشان دادند، اما این افزایش بین گروه‌های تمرینی و کنترل تفاوت معناداری را نشان نداد. افزایش هایپرتروفی عضلات چهارسرران از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه تمرینات سنتی ۷/۱ درصد، گروه تمرینات کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان ۸/۵ درصد و گروه تمرین شدید برون‌گرا ۲/۹ درصد بود. همچنین، افزایش هایپرتروفی عضلات همسترینگ از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون در گروه تمرینات سنتی ۱۲/۳ درصد و گروه تمرین با محدودیت جریان خون ۱۰/۱ درصد بود، اما میزان افزایش در گروه تمرین بدون محدودیت جریان خون ۴/۴ درصد نزدیک به نصف گروه تمرین با محدودیت جریان خون بود. نتایج پژوهش حاضر در مورد تمرینات مقاومتی کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون، با نتایج پژوهش یاسودا و همکاران (۱۲، ۱۱) همخوانی دارد و با نتایج مطالعه پوپ و همکاران (۱۳) همخوانی ندارد. علت ناهمخوانی را می‌توان در روش اندازه‌گیری هایپرتروفی عضلانی در دو پژوهش دانست که در پژوهش حاضر از دستگاه التراسوند استفاده شد، اما در مطالعه

پوپ^۱ و همکاران (۱۳) براساس فرمول ارزیابی شد. شاید دلیل ناهمخوانی دیگر را بتوان مدت زمان پروتکل تمرینی در پژوهش حاضر و مطالعه پوپ و همکاران (چهار هفته) ذکر کرد. علاوه بر عوامل عصبی-هورمونی، تولید گونه‌های اکسیژن واکنشی می‌تواند نقش مستقیمی در هایپرتروفی عضلانی و اکتساب قدرت متعاقب آن داشته باشد. گونه‌های اکسیژن واکنشی اغلب باعث آسیب یا حتی مرگ سلول‌های عضلانی و عصبی می‌شوند؛ با این حال، آن‌ها نقش مهمی در انتقال سیگنال‌ها برای رشد عضلات اسکلتی دارند. گفته می‌شود گونه‌های اکسیژن واکنشی شرایط اکسید و احیای پروتئین‌های تنظیمی را تغییر و بهبود می‌دهند و باعث بیان برخی از عوامل تنظیمی نسخه‌برداری می‌شوند؛ بنابراین، احتمالاً بخشی از افزایش اندازه عضله می‌تواند به علت افزایش حجم عروق باشد (۲۶)؛ البته با توجه به پروتکل تمرینی و افزایش قدرت عضلانی آزمودنی‌های مطالعه حاضر نیز افزایش سطح مقطع عضله چهارسرران و همسترینگ قابل انتظار بود.

براساس یافته‌های پژوهش حاضر، قدرت عضلات بالاتنه در گروه‌های تمرینی (به جز تمرینات شدید برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون) به‌طور معناداری افزایش پیدا کرد که این افزایش در گروه تمرینات سنتی ۱۴/۴ درصد، گروه تمرینات کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون ۱۲/۳ درصد و گروه تمرین شدید برون‌گرا ۸/۵ درصد بود. قدرت عضلات پا نیز در گروه‌های تمرینی افزایش پیدا کرد، اما این افزایش بین گروه‌های تمرینی و کنترل تفاوت معناداری را نشان نداد؛ با این حال، میزان افزایش در گروه تمرینات سنتی ۱۹/۶ درصد، اندکی کمتر از گروه تمرین کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون ۲۲/۲ درصد بود، اما میزان افزایش در گروه تمرین شدید برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون ۱۱/۸ درصد نزدیک به نصف گروه تمرین کم‌شدت با محدودیت جریان خون بود. نتایج پژوهش حاضر در خصوص تمرینات مقاومتی کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون با نتایج پژوهش‌های یاسودا و همکاران (۱۲، ۱۱) پوپ و همکاران (۱۳) همخوانی ندارد. علت ناهمخوانی بین این پژوهش‌ها با پژوهش حاضر را می‌توان مدت زمان پروتکل تمرینی (به ترتیب چهار و شش هفته) و نوع تمرین پژوهشی دانست که در این پژوهش‌ها از تمرین متقاطع استفاده شده بود. واضح است که ایجاد محدودیت جریان خون بر افزایش قدرت اثرگذار بوده است. در همین راستا، از نظر پژوهشگران، محدودیت جریان خون به کاهش اکسیژن‌رسانی و تغییر در شرایط سوخت‌وساز موضعی عضله منجر می‌شود. در واقع، محدودیت جریان خون در حین تمرین، باعث تجمع مواد متابولیتی و سرکوب متابولیسم هوازی می‌شود که این فرایند باعث فراخوانی بیشتر واحدهای حرکتی می‌شود (۲۷). چندین مکانیسم برای سازگاری پس از تمرین با محدودیت جریان خون پیشنهاد شده است، اما مکانیسم دقیقی هنوز شناسایی نشده است. از جمله مکانیسم‌های مطرح‌شده می‌توان به افزایش تنش متابولیک

ناشی از هیپوکسی (۲۸)، تورم سلولی، افزایش پاسخ‌های هورمونی، افزایش سیگنالینگ درون عضلانی برای سنتز پروتئین و فراخوانی تارهای عضلانی نام برد (۲۹). برخلاف تمرینات سنتی که تنش مکانیکی مکانیسم اصلی پیشنهاد شده است، مکانیسم‌های غالب در تمرینات با محدودیت جریان خون، استرس متابولیک ذکر شده است که به افزایش تورم سلولی منجر می‌شود و نقش مهمی در تکثیر سلولی و تسهیل مشارکت آن‌ها در هایپرتروفی عضلانی دارد (۱۳). در واقع، بیان شده است که تغییرات قدرت ناشی از تمرین با محدودیت جریان خون بیشتر به علت افزایش هایپرتروفی عضلانی نسبت به سازگاری‌های عصبی است که از این حیث نیز با تمرینات سنتی متفاوت است (۳۰).

هنگام تمرین مقاومتی، تمرین برونگرا در مقایسه با تمرین درونگرا با رشد بیشتر در قدرت و حجم عضله در ارتباط است (۱۴)؛ البته باید شدت تمرین به اندازه‌ای باشد که نیروی بیشتری را توجیه کند که ظرفیت انقباض برونگرا را به وجود می‌آورد. در حال حاضر، پژوهش‌های اندکی وجود دارد که در آن‌ها تأثیر فعالیت‌های عضلانی برونگرا با محدودیت جریان خون بررسی شده باشد؛ به عنوان مثال، یاسودا و همکاران (۱۲) اثرهای تمرین درونگرا و برونگرا با شدت کم بر محدودیت جریان خون را در اندازه و قدرت عضله بررسی کردند. آزمودنی‌ها به مدت شش هفته تمرین جلو بازو را با ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه انجام دادند؛ بدین صورت که یک بازو تمرین درونگرا با محدودیت جریان خون و بازوی دیگر، تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون بود. قدرت عضله در تمرین برونگرا با محدودیت جریان خون با گذر زمان هیچ تغییری نکرد؛ ولی افزایش قدرت عضله بعد از شش هفته تمرین درونگرا با محدودیت جریان خون حفظ شد و این در وهله اول به هایپرتروفی عضله ارتباط پیدا می‌کند که این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر متفاوت است. از علت‌های تفاوت می‌توان نوع حرکت تمرینی را ذکر کرد که در پروتکل تمرینی یاسودا و همکاران (۱۲) برای ارزیابی قدرت از حرکت جلو بازو استفاده شده بود، ولی در پژوهش حاضر از پرس سینه استفاده شد؛ بنابراین، پژوهش حاضر نیز در تأیید پژوهش‌های گذشته نشان داد که محدودیت جریان خون اثری مشابه بر قدرت عضلانی در مقایسه با تمرینات سنتی دارد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت فوتبالیست‌هایی که خواهان افزایش قدرت عضلانی هستند، می‌توانند به سادگی از تمرینات مقاومتی با تأکید بر بخش برونگرا با محدودیت جریان خون استفاده کنند و به اهداف تمرینی خود دست یابند.

در پژوهش حاضر، استقامت عضلانی در پاها در همه گروه‌ها به طور معناداری افزایش پیدا کرد که این افزایش در گروه تمرینات سنتی ۲۶/۴ درصد، گروه تمرینات کم‌شدت برونگرا با محدودیت جریان خون ۳۳/۲ درصد و گروه تمرین شدید برونگرا بدون محدودیت جریان خون ۱۶/۹ درصد بود. استقامت عضلات سینه در همه گروه‌ها (حتی گروه کنترل) افزایش داشت، اما معنادار نبود ($P = 0.18$). میزان افزایش در گروه تمرینات سنتی ۱۷/۱ درصد، تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون ۱۷/۳ درصد

و گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون ۶/۴ درصد بود. همچنین، استقامت عضلانی در پاها با افزایش معنادار در همه گروه‌های تمرینی و بدون تغییر معنادار در گروه کنترل همراه بود؛ با این حال، میزان افزایش در گروه تمرینات سنتی ۲۶/۴ درصد کمتر از گروه تمرین کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون ۳۳/۲ درصد بود، اما میزان افزایش در گروه تمرین شدید برون‌گرا بدون محدودیت جریان خون ۱۶/۹ درصد شد. افزایش و معناداری تمرینات استقامت عضلات پایین‌تنه می‌تواند به علت عضلات بزرگ‌تر و بیشتر اندام تحتانی باشد (۲۹). افزایش استقامت عضلانی در پژوهش حاضر می‌تواند به تعداد تکرارهای زیاد تا سر حد خستگی وابسته باشد و به لحاظ تئوری، استقامت عضلانی به‌طور پیش‌بینی‌شده‌ی باید در نتیجه افزایش قدرت افزایش یابد. این موضوع در پژوهش حاضر ملاحظه شد و نتیجه مطالعه نشان داد که در اثر افزایش قدرت عضلانی، استقامت عضلانی بهبود یافت (۳۱).

در مطالعه‌ای تاکارادا^۱ و همکاران (۲۷) اثر دو نوع برنامه تمرین قدرتی را به مدت هشت هفته بر ورزشکاران مرد بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که استقامت عضلانی به‌طور معناداری در گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون از دو گروه دیگر بیشتر بود. همچنین، بین گروه کنترل و تمرین بدون محدودیت جریان خون تفاوت معناداری در استقامت عضلانی مشاهده نشد. مکانیسمی که در این مطالعه می‌توان برای بهبود استقامت ناشی از محدودیت جریان خون ارائه داد، افزایش عروق خونی در عضلات تمرین‌کرده بود. در شرایطی که عضله با محدودیت جریان خون همراه است، هم‌هایپوکسی و هم تجمع لاکتات نقش مهمی در مویرگ‌زایی عضلات ایفا می‌کنند. در واقع، افزایش در مویرگ‌زایی موجب مبادله خون در بافت‌ها می‌شود و در نتیجه، سطح انتشار مواد و زمان تبادل آن‌ها افزایش می‌یابد؛ به بیان دیگر، افزایش جریان خون می‌تواند ظرفیت استقامت عضله و کاهش شاخص خستگی را بهبود بخشد و موجب رهایی خون بیشتر در عضلات شود (۳۲).

پژوهش حاضر نیز همانند سایر پژوهش‌ها محدودیت‌هایی داشت؛ از جمله اینکه تغذیه و فعالیت‌های بدنی روزانه آزمودنی‌ها به‌صورت دقیق و نیز شرایط روحی و روانی آن‌ها کنترل‌شده نبود. از محدودیت‌های دیگر پژوهش حاضر این است که اول اینکه دوره تمرینی تنها هشت هفته بود؛ پس، مطمئن نیستیم که آیا نتایج برای بازه‌های زمانی طولانی‌تر تعمیم‌یافتنی است یا خیر. دوم اینکه آزمودنی‌های پژوهش حاضر سه روز در هفته تمرین می‌کردند؛ بنابراین، مطمئن نیستیم آیا نتایج برای فوتبالیست‌هایی که هر روز هفته تمرین می‌کنند، معتبر است یا خیر؛ بر این اساس، پیشنهاد می‌شود مطالعات دقیق‌تری با بازه زمانی بیشتر و با ورزشکاران حرفه‌ای‌تر انجام شود.

پیام مقاله: براساس نتایج پژوهش، سه برنامه تمرینی بررسی شده اثر مشابهی بر قدرت و استقامت عضلانی در فوتبالیست‌های مرد دارند؛ بنابراین، فوتبالیست‌ها و مربیانی که در صدد افزایش قدرت و استقامت عضلانی هستند و به انجام دادن تمرینات قدرتی شدید و سنتی تمایل ندارند، می‌توانند از تمرینات مقاومتی کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون در برنامه‌های آماده‌سازی فوتبالیست‌ها و برای تسریع در دستیابی به اهداف برنامه تمرینی استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری در گرایش فیزیولوژی ورزش (عصب و عضله) دانشگاه حکیم سبزواری است. بدین‌وسیله نویسندگان از همه افرادی که به‌عنوان نمونه پژوهش در این مطالعه شرکت کردند، کمال تشکر و قدردانی را می‌کنند. همچنین، تجزیه و تحلیل آماری این پژوهش زیر نظر آقای دکتر مهدی جباری نوقایی، استادیار دانشگاه فردوسی مشهد، و اندازه‌گیری ضخامت عضلانی این پژوهش توسط دکتر طاهر آخوندزاده، متخصص رادیولوژی و سونوگرافی، انجام شد.

منابع

1. Zagatto AM, Papoti M, Da Silva ASR, Barbieri RA, Campos EZ, Ferreira EC, Loures JP, Chamari K. The Hoff circuit test is more specific than an incremental treadmill test to assess endurance with the ball in youth soccer players. *Biol Sport*. 2016; 33(3):263–8.
2. Saez de Villarreal, E, Suarez-Arrones, L, Requena, B, Haff, GG, and Ferrete, C. Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J Strength Cond Res*. 2015; 29(7):1894–903.
3. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, Townsend JR, Wells AJ, Jajtner AR, et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiol Rep*. 2015; 3(8):12472- 8.
4. Assumpcao CO, Tibana RA, Viana LC, Willardson J, Prestes J. Influence of exercise order on upper body maximum and submaximal strength gains in trained men. *Int J Environ Res Public Health*. 2013; 33(5):359-63.
5. Abe T, Beekley M, Hinata S, Koizumi K, Sato Y. Day to day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days kaatsu resistance training: Acase study. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 1:71-6.
6. Schoenfeld, BJ. *Science and Development of Muscle Hypertrophy*. Champaign, IL; Human Kinetics; 2016. p. 12, 36-8.
7. Schoenfeld, BJ. Ogborn, DI. Vigotsky, AD. Franchi, MV. et al. Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2017; 31(9):2599–608.
8. Vogt M, Hoppeler HH. Eccentric exercise: Mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *J Appl Physiol*. 2014; 116(11):1446-54.

9. Hather, BM. Tesch, PA. Buchanan, P. Dudley, G. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Bull Med Libr Assoc.* 1991; 143(2):177-85.
10. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *J Strength Cond Res.* 2009; 3:112-8.
11. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *Plos One.* 2012; 7(12):52843.
12. Yasuda T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Effects of detraining after blood flow-restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *J Biol Chem.* 2014; 65(1):139-44.
13. Pope, Z. Willardson, J. Schoenfeld, B. Emmett, J. et al. Hypertrophic and strength responses to eccentric resistance training with blood flow restriction: A pilot study. *Br J Sports Med.* 2015; 10(5), 919-31.
14. Roig M, O'Brien K, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2009; 43(8):556-68.
15. Umbel JD, Hoffman RL, Dearth DJ, Chleboun GS, Manini TM, Clark BC. Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 107:687-95.
16. Moore DR, Burgomaster KA, Schofield LM, Gibala MJ, Sale DG, Phillips SM. Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 92:399-406.
17. Fatouros I, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, Leontsini D, Taxildaris K. Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *Br J Sports Med.* 2005; 39(10):776-80.
18. Patterson SD, Ferguson RA. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108(5):1025-33.
19. Van Roie E, Delecluse C, Coudyzer W, Boonen S, Bautmans I. Strength training at high versus low external resistance in older adults: Effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. *Exp Gerontol.* 2013; 48(11):1351-61.
20. Seo D, So WY, Sung DJ. Effect of a low-intensity resistance exercise programme with blood flow restriction on growth hormone and insulin-like growth factor-1 levels in middle-aged women. *Br J Sports Med.* 2016; 38(2):167-77.
21. Bird, SP. Tarpenning, KM. Marino, FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *J Athl Train.* 2005; 35(10):841-51.
22. Lowery RP, Loenneke JP, Souza EO, Machado M, Dudeck JE, Wilson JM. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014; 34(4):317-21.
23. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *J Strength Cond Res* 2013; 27(11):3068-75.

24. Hoseini Kakhak SAR, Sharifi Moghadam A, Hamedinia MR, Azarniveh MS. Comparison of the effect of traditional strength training with strength training and vascular obstruction on muscular performance and cardiovascular endurance in young girls. *J Sports Sci*. 2011; 10:95-114. (In Persian)
25. Radaelli, R. Fleck, SJ. Leite, T. Leite, RD, et al. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. *J Strength Cond Res*. 2015; 29(5):1349–58.
26. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*. 2000; 88:2097-106.
27. Takada, S. Okita, K. Suga, T. Omokawa, M. Kadoguchi, T. Sato, T, et al. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *J Appl Physiol*. 2012; 113(2):199-205.
28. Wilson, JM. Lowery, RP. Joy, JM. Loenneke, JP. Naimo, M. A Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *J Strength Cond Res*. 2013; 27(11):3068-75.
29. Scott BR, Slattery KM, Sculley DV, Dascombe BJ. Hypoxia and resistance exercise: a comparison of localized and systemic methods. *Sports Med*. 2014; 44(8):1037-54.
30. Kraemer WJ, Adams K, A-Dudley G, Dooly C, S-Feigenbaum M, Fleck SJ, et al. American college of sports medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(2):364-80
31. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Med*. 2015; 45(2), 187-200.
32. Takarada Y, Ishii N. Effects of low intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle-aged women. *J Strength Cond Res*. 2002; 16:123-8.

ارجاع دهی

مصطفی‌لو علی، حسینی کاخک سیدعلیرضا، حقیقی امیرحسین. اثر تمرین کم‌شدت برون‌گرا با محدودیت جریان خون بر حجم عضله و عملکرد جسمانی فوتبالیست‌های مرد. *فیزیولوژی ورزشی*. تابستان ۱۳۹۹؛ ۱۲(۴۶): ۹۴-۷۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2019.6652.1840

Mostafaloo A, Hosseini Kakhak S. A. R, Haghghi A. H. The Effect of Low Intensity Eccentric Training with Blood Flow Restriction on Muscle Volume and Physical Function of Male Soccer Players. *Sport Physiology*, Summer 2020; 12(46): 77-94. (In Persian). DOI: 10.22089/spj.2019.6652.1840

The Effect of Low Intensity Eccentric Training with Blood Flow Restriction on Muscle Volume and Physical Function of Male Soccer Players

A. Mostafaloo¹, S. A. R. Hosseini Kakhak², A. H. Haghighi³

1. Ph.D. Student in Exercise Physiology, Hakim Sabzevari University
2. Associated Professor of Exercise Physiology, Hakim Sabzevari University (Corresponding Author)
3. Associated Professor of Exercise Physiology, Hakim Sabzevari University

Received: 2018/11/11

Accepted: 2019/06/10

Abstract

Resistance training is an important component of the exercise program in most sports. However, low intensity resistance training with blood flow restriction can also increase muscle strength and local endurance. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of low intensity eccentric resistance training with blood flow restriction on muscle volume and physical function of male soccer players. For this purpose, 40 soccer players were selected and randomly divided into four groups: traditional strength training (n=10), low intensity eccentric resistance training with blood flow restriction (n=10), intensified eccentric resistance training without blood flow restriction (n=10) and control (n=10). Before and after an eight-week training period, muscular strength and endurance tests were taken, and muscular hypertrophy according to ultrasound method was measured. ANOVA with repeated measures and Bonferroni post hoc tests were used to compare the variables between groups ($P < 0.05$). The results indicated that the experimental groups of eccentric training with a blood flow restriction and traditional training compared with the control group had a significant increase in upper strength test ($P < 0.001$). Also, there was no significant difference in the strength of the leg muscles between the groups. But, intra-group changes in all experimental groups showed a significant increase. Foot muscular endurance also showed a significant increase in all experimental groups. The results of the intergroup showed a significant increase between the traditional resistance training group and the eccentric resistant training group without blood flow restriction ($P = 0.001$) and between the group of the traditional resistance training and the eccentric resistant training group with blood flow restriction in the control group ($P = 0.001$). Also, there was no significant difference in upper endurance muscles ($P = 0.18$), quadruple muscle hypertrophy ($P = 0.62$) and hamstring ($P = 0.053$). These three training protocols eccentric resistance training program with and without blood flow restriction and traditional have the same effects on muscular strength, endurance, and hypertrophy in soccer players. However, athletes and coaches are advised to use resistance training with blood flow restriction because of its lower load use.

Keywords: Vascular Obstruction, Muscle Strength, Muscular Endurance, Muscle Thickness, Eccentric Contraction.

1. Email: a.mostafaloo@gmail.com
2. Email: hosseini18@yahoo.com
3. Email: ah.haghighi292@yahoo.com