



مقایسه اثر یک دوره تمرینات مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح پلاسمایی آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز در پسران فعال

زهرا مسیبی^۱، ابوالفضل ترابی^{۲*}

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد واحد الیگودرز، لرستان، ایران.

۲. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد واحد الیگودرز، لرستان، ایران.

چکیده

نوع مقاله: پژوهشی اصیل

مقدمه: یکی از پیامدهای تمرین مقاومتی با شدت بالا، بروز آسیب‌های عضلانی می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه اثر یک دوره تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح پلاسمایی آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز در پسران فعال می‌باشد.

روش: بدین منظور، ۲۴ پسر نوجوان فعال (میانگین وزن 68.15 ± 4.21 و سن 16.52 ± 0.62) بعد از آشنایی با تمرین، به ۳ گروه ۸ تایی (تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت تمرینی ۳۰ درصد 1RM، تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون با شدت تمرین ۷۵ درصد 1RM و گروه کنترل) تقسیم شدند. برنامه تمرینی ۶ هفته و هر هفته سه جلسه برگزار گردید. تمرین مبتنی بر وزنه آزاد بود که آزمودنی‌های در هر جلسه دو حرکت بالاتنه و سه حرکت پایین تنه را اجرا نمودند و هر حرکت شامل ۳ نوبت و ۱۰ تکرار بود که بین هر نوبت ۲ دقیقه و بین هر حرکت ۵ دقیقه استراحت داشتند. برای اعمال محدودیت جریان خون از کاف مخصوص استفاده شد، برای آزمون فرضیه‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار از آزمون تعقیبی LSD برای یافتن محل تفاوت استفاده شد.

یافته‌ها: قبل و بعد از ۶ هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون، غلظت پلاسمایی سطوح کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز اندازه‌گیری شد. یافته‌ها نشان داد تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون منجر به کاهش معناداری در سطوح پلاسمایی کراتین کیناز ($P=0.01$) شد، ولی سطح پلاسمایی لاکتات دهیدروژناز ($P=0.56$) تغییر معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به این نتایج، به نظر می‌رسد، تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون، می‌تواند به‌عنوان رویکردی پیشگیرانه در آسیب عضلانی مورد توجه قرار بگیرد.

کلیدواژه‌ها: تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون، لاکتات دهیدروژناز، کراتین کیناز، پسران فعال

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۳

*نویسنده مسئول: ابوالفضل

ترابی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد

الیگودرز، دانشکده علوم انسانی، گروه

فیزیولوژی ورزشی.

تلفن: ۰۹۱۶۶۲۹۵۲۸۹

پست الکترونیک:

saman20201030@gmail.com



مقدمه

تمرین مقاومتی، در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از روش‌های مؤثر برای بهبود سلامت و عملکرد فیزیکی، نه تنها در بزرگسالان بلکه در نوجوانان و جوانان توجه بسیاری از پژوهشگران و ورزشکاران را به خود جلب کرده است (۱). تمرین مقاومتی می‌تواند سبب کسب قدرت، هایپرتروفی، توان عضلانی، استقامت عضلانی و بهبود وضعیت سلامتی افراد گردد. به همین دلیل سازمان‌های بهداشت جهانی مثل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و انجمن قلب آمریکا، تمرینات مقاومتی را برای اغلب افراد جامعه (نوجوانان، افراد سالم، سالمندان، بیماران قلبی عروقی و غیره) توصیه می‌نمایند (۲).

کوفتگی و درد عضلانی یک تجربه معمول و شایع پس از انجام فعالیت‌های غیر معمول و شدید، خصوصاً پس از فعالیت‌های مقاومتی برون‌گرا است که می‌توان گفت یکی از پیامدهای منفی به شمار می‌آید. کوفتگی عضلانی تاخیری حالت ناخوشایندی است که با محدودیت حرکتی، سفتی، درد، ضعف و اسپاسم در عضلات درگیر همراه می‌باشد. اخیراً معلوم شده که تخریب تارهای عضلانی باعث ایجاد درد عضلانی گردیده که متعاقب تمرین‌های مقاومتی رخ می‌دهد (۳). آنزیم‌های کراتین کیناز (CK)^۱ و لاکتات دهیدروژناز (LDH)^۲ شاخص پلاسمايي آسیب سلولی می‌باشند که در درون سلول محصور هستند و به دلیل پارگی غشای سلول و افزایش تخریب سلولی میزان رهايش آن‌ها در خون افزایش می‌یابد. همچنین افزایش این دو آنزیم به همراه میوگلوبین در خون نشان‌دهنده تخریب سلول‌های عضلانی بوده و افزایش رهايش این مواد نشان‌دهنده تنش شدید عضلانی ناشی از انقباض بوده و نشانه آسیب‌های ریز عضلانی است. مقادیر پلاسمايي این آنزیم‌ها تحت شرایط تمرین از جمله شدت، مدت و حجم تمرین، دما، زمان استراحت و هیپوکسی به آسانی تغییر می‌کند (۴). هر چند یک جلسه تمرین مقاومتی می‌تواند سبب افزایش کوفتگی عضلانی گردد اما تحقیقات نشان داده که

تمرینات مقاومتی در بلند مدت می‌تواند سبب سازگاری مثبت و کاهش استرس اکسایش، عوامل آنتی اکسیدانی و آسیب‌های ریز عضله و کوفتگی تاخیری گردد (۵). سازوکارهای مختلفی برای کوفتگی عضلانی بیان شده است. از جمله این سازوکارها می‌توان به افزایش استرس اکسایش، التهاب و همچنین آسیب‌های ریز عضلانی اشاره نمود؛ به نظر می‌رسد پدیده کوفتگی عضلانی با هر سه سازوکار ارتباط داشته و هیچ یک به تنهایی دلیل این رویداد فیزیولوژیک نیست (۶).

در گذشته نظر متخصصین بر این بود که تحریک پیشرفت قدرت عضلانی و هایپرتروفی و سازگاری مثبت غلظت برخی هورمون‌های آنابولیک مانند هورمون رشد فقط با تمرینات مقاومتی با شدت بالا (۸۵ درصد یک تکرار بیشینه) انجام می‌گیرد. اما تمرینات مقاومتی با شدت بالا ممکن است برای گروه‌های خاصی از افراد مثل زنان، بیماران، نوجوانان و سالمندان مناسب نباشد و سبب افزایش آسیب‌دیدگی گردد. از این رو، ابداع روش‌های ایمن و مؤثر برای حفظ و توسعه قدرت عضلانی برای دامنه گسترده‌ای از مردم که تحمل شدت‌های بالای تمرینی را ندارند، همواره مورد نظر محققان بوده است، به همین منظور، امروزه روش‌های جدیدی از تمرین مقاومتی مانند تمرین مقاومتی سرعت آهسته باشدت پایین (۳۰ تا ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه) و تمرین با محدودیت جریان خون (BFR)^۳ معرفی شده است. تحقیقات نشان داده که این نوع از تمرینات با وجود شدت کم سبب تحریک هایپرتروفی و قدرت عضلانی می‌گردد (۷).

تمرین همراه با محدودیت جریان خون، شامل کاهش جریان خون عضله با به کار بردن وسیله‌هایی مانند کاف فشارسنج است. شدت این تمرینات به طور معمول بین ۲۰ تا ۳۰ درصد یک تکرار بیشینه (1RM)^۴ است که تقریباً معادل شدت فعالیت روزانه افراد در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، برای افراد با ویژگی‌های جسمانی متفاوت قابل تحمل است (۸). این مورد در برخی از جوامع از جمله

^۳ . Blood Flow Restriction

^۴ . Repetition Maximum

^۱ . Creatine Kinase (CK)

^۲ . lactate dehydrogenase (LDH)



سالمندان، ورزشکاران آسیب دیده و نوجوانان که باید با شدت کم‌تری تمرین نمایند، مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به تحقیقات، این فرضیه شکل گرفته است که در روش تمرینی محدودیت جریان خون، علی‌رغم شدت بار اندک (۳۰ تا ۵۰ درصد تکرار بیشینه) به دلیل افزایش هاپوکسی، هورمون رشد و هورمون تستوسترون به دلیل افزایش اسیدوز بیشتر تحریک شده و تحرک لازم برای رشد عضله فراهم می‌شود (۱۰). در زمینه تاثیر تمرین محدودیت جریان خون بر عوامل رشد عضلانی تحقیقات حیوانی و انسانی مختلفی صورت گرفت که اکثر شواهد فرضیه فوق را تایید نموده‌اند. در رابطه با تاثیر تمرین محدودیت جریان خون بر شاخص‌های آسیب و کوفتگی عضلانی تحقیقات اندکی انجام گرفته است. در رابطه با تاثیر تمرین محدودیت جریان خون بر کوفتگی و آسیب عضلانی دو فرضیه متناقض وجود دارد. از طرفی به علت بار و شدت پایین تمرین مقاومتی و فشار کمتر بر عضلات و مفاصل و بافت همبند انتظار می‌رود که میزان رهايش شاخص‌های آسیب عضلانی در این تمرینات کمتر از تمرینات با شدت بالا باشد، اما از طرفی احتمالاً به دلیل ایسکمی و افزایش فشار اکسایشی میزان رهايش عوامل استرس اکسایش و شاخص‌های آسیب و کوفتگی عضلانی بیشتر افزایش یابد. برای آزمون این دو فرضیه نیاز به تحقیقات مختلفی وجود دارد که تعداد تحقیقات انجام گرفته در این زمینه اندک است (۹). تحقیقات کوتاه مدت و بلند مدت در این زمینه انجام گرفته است. برای مثال، خواجه لندی و همکاران (۲۰۱۸) تاثیر تمرین مقاومتی با محدودیت و بدون محدودیت جریان خون بر کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز پلاسمایی را بررسی و نتایج تحقیق ایشان نشان داد که هر دو متغیر کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز در پاسخ به یک جلسه تمرین مقاومتی به یک میزان افزایش یافته بود این محققین گزارش کردند علاوه بر شدت تمرین که در پارگی و آسیب سلول‌های عضلانی نقش دارد احتمالاً هیپوکسی و استرس اکسایش نیز می‌تواند مقادیر آسیب عضلانی را به اندازه تمرین شدید افزایش دهد (۱۱). از طرفی کاروالهو^۱ و

همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که مقدار آسیب بافتی و کاهش قدرت، تنها به دلیل رهايش کراتین کیناز نبوده و نشان دادند که پس از ۶۰ دقیقه فعالیت برون‌گرای ارادی، کاهش قدرت عضلانی بیشتر از این که با کراتین کیناز ارتباط داشته باشد با استرس اکسایش ارتباط داشته است (۱۲). رحمانیان و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهشی تحت عنوان پاسخ آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دی‌هیدروژناز به فعالیت ورزشی استقامتی در ۱۴ شناگر مرد پرداختند، که نتایج آن‌ها نشان داد میزان CK و LDH بعد از تمرین های استقامتی به شدت افزایش پیدا کرده است (۱۱). تحقیقات اندکی تغییرات بلند مدت را مورد بررسی قرار داده است، برای مثال، عبدالفتاح و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی خود مشاهده نمودند که ۱۲ هفته تمرین محدودیت جریان خون تاثیری بر سطوح پلاسمایی لاکتات دهیدروژناز خون نداشت (۱۲). پرسش و همکاران (۱۳۹۵)، به مقایسه تاثیر ۶ هفته تمرین مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر سطوح پروتئین واکنشگر C و لاکتات دهیدروژناز در دختران فعال پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد پس از ۶ هفته تمرین مقاومتی شاخص آسیب عضلانی لاکتات دهیدروژناز در هر دو گروه تمرین بهبود معناداری داشت، اما شاخص پروتئین واکنشگر C تفاوت معنی داری بین سه گروه نداشت (۱۳). اکثر تحقیقات تاثیر حاد انواع تمرینات مقاومتی بر سطوح کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز را مورد بررسی قرار داده‌اند و معمولاً تمرینات مقاومتی سبب افزایش این عوامل می‌شود. در حالی که در بلند مدت تمرین ممکن است سبب سازگاری و کاهش استرس اکسایش و التهاب شده و اینگونه سبب کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی گردد.

با توجه به نتایج تحقیقات ذکر شده، تمرین محدودیت جریان خون نسبت به تمرین بدون محدودیت سبب می‌شود تا رهای تند انقباض بیشتری درگیر شوند، این بدین معنی است که نیروی بیشتری تولید و از طرفی مقدار آسیب‌های ریز عضلانی افزایش می‌یابد. افزایش آسیب عضلانی سبب افزایش پاسخ التهابی و کاهش عملکرد عضلانی می‌گردد.

^۱ . Carvalho



این امر در بلند مدت محرک مهمی برای افزایش عوامل ضد التهابی و فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای برای ترمیم بافت عضلانی و رشد عضله محسوب می‌شود. هر چند نتایج تحقیقات میدانی همگی این فرضیه را تایید نمی‌کنند، اما برخی از تحقیقات مانند یافته لیندرو و همکاران (۲۰۲۴) از این یافته حمایت می‌کند. این محققین گزارش کردند که تمرین محدودیت جریان خون نسبت به تمرین بدون محدودیت می‌تواند پاسخ مارکرهای آسیب عضلانی و مقیاس بصری درد را تحت تاثیر قرار دهد (۱۴). در مقابل نتایج متناقضی هم وجود دارد، برای مثال لوتک و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای مروری بیان داشتند که تمرین محدودیت جریان خون تاثیری بر مارکرهای آسیب عضلانی نداشته است (۱۵). لویز و همکاران (۲۰۲۱) بیان داشتند که تغییرات مارکرهای آسیب عضلانی با توجه به وضعیت تمرینی فرد، نوع تمرین، مقدار بار، حجم تمرین، سرعت انقباض متفاوت است (۱۶). بنابراین، باید در تحقیقات متغیرهای مورد مطالعه انتخاب و متغیرهای تاثیر گذار کنترل گردند تا نتایج روشن و دقیق تری به دست آید. از این رو پژوهش حاضر بر آن شد که به بررسی مقایسه اثر یک دوره تمرینات مقاومتی با و بدون محدودیت جریان خون بر برخی از فاکتورهای آمادگی جسمانی و تغییرات سطوح پلاسمایی آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز در پسران فعال بپردازد، و به این سوال پاسخ دهد که بین تاثیر دو شیوه تمرینی با و بدون محدودیت جریان خون بر شاخص‌های آسیب عضلانی و فاکتورهای آمادگی جسمانی چه تفاوتی وجود دارد؟

روش

این تحقیق مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد است که در سال ۱۴۰۲ پایان یافته است. قبل از ارایه و تصویب پیشنهادیه ابتدا طرح توسط کمیته اخلاق در پژوهش با کد IR.IAU.AGZ.REC.1402.002 تصویب گردید. جامعه آماری این تحقیق نوجوانان ورزشکار فعال (رشته فوتبال) شهرستان الیگودرز بودند. نمونه آماری پژوهش حاضر ۲۴ نوجوان پسر با میانگین سنی ۱۶/۵۱ سال بودند (تعیین حجم نمونه با توجه به تحقیقات قبلی). آزمودنی‌ها واجد

شرایط شرکت در تحقیق و از بین جامعه آماری به طور داوطلبانه انتخاب شدند. سپس به طور تصادفی (قرعه‌کشی با جایگزین) در سه گروه هشت نفری شامل گروه تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون، گروه تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل قرار گرفتند. این پژوهش از نوع کاربردی و به روش نیمه تجربی با دو گروه تمرینی و یک گروه کنترل با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام گرفت. معیارهای ورود به تحقیق اینگونه بود که آزمودنی‌ها از سلامت کامل برخوردار بودند، قبل از اجرای پروتکل سلامت آزمودنی‌ها توسط پرسشنامه سلامت و تندرستی بررسی شدند. همچنین برای اطمینان، سلامتی تمامی آزمودنی‌ها توسط پزشک عمومی مورد تایید قرار گرفت. در بررسی عمومی مشخص شد تمامی آزمودنی‌ها دارای شاخص توده بدنی نرمال بودند، در شش ماه اخیر تمرین منظم ورزشی (فوتبال) داشتند برای شرکت در پژوهش آزمودنی‌ها حداقل باید ۳ سال سابقه شرکت در ورزشی داشته باشند و جنسیت همه آن‌ها مرد بود. معیارهای خروج از تحقیق شامل عدم رضایت شخصی برای ادامه شرکت در پروتکل مطالعه، عدم حضور منظم در تمرینات (بیشتر از ۲ جلسه غیبت یا انجام ندادن منظم تمرینات)، ابتلا به بیماری‌های واگیردار و هر گونه آسیب دیدگی ورزشی در حین اجرای پروتکل مطالعه و مصرف هر گونه مکمل که نتایج را تحت تاثیر قرار می‌دهد بود.

تمام آزمودنی‌ها به همراه والدین در یک جلسه آشنایی با روند اجرای پژوهش شرکت نموده و فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش توسط والدین و پرسشنامه سلامت و فعالیت شرکت توسط آزمودنی‌ها در حضور والدین پر شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و بررسی آن‌ها ۲۴ نفر از افراد واجد شرایط تعیین شده برای شرکت در مراحل بعدی پژوهش انتخاب شدند و سپس به طور تصادفی به سه گروه هشت نفره تقسیم شدند. از آزمودنی‌ها خواسته شد که در طول تمرین غیبت نداشته باشند، در کل دوره به طور منظم شرکت نموده و زیر نظر مربی آشنا به تمرین مقاومتی و محدودیت جریان خون پروتکل را رعایت کنند. آزمودنی‌ها



با انگیزه بالا در تمرینات شرکت و پروتکل تمرین را اجرا نمودند، همچنین بیش از دو جلسه غیبت نداشتند. آزمودنی‌ها در یک جلسه آشنایی با مراحل تمرین و آموزش تکنیک صحیح شرکت کردند و سه روز پس از آن سنجش حداکثر قدرت پویا (1RM) برای حرکات اسکوات، جلودان، پشت ران، جلو بازو و پشت بازو بر اساس فرمول برزیسکی، انجام گرفت. فاصله آزمون حداکثر قدرت پویا و آزمون اصلی حداقل یک هفته بود. همچنین از آزمودنی‌ها خواسته شد که هیچ فعالیت ورزشی را ۲۴ ساعت قبل از آزمون اصلی انجام ندهند. برای افزایش پایایی نتایج، تمامی آزمون‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون زیر نظر یک شخص متخصص فیزیولوژی ورزشی و مربی رسمی فدراسیون بدنسازی جمهوری اسلامی ایران انجام گرفت. فرمول برزیسکی در زیر آمده است.

$$((0.278 \times \text{تعداد تکرار تا خستگی}) - 0.278) / \text{وزنه}$$

جا به جا شده (کیلوگرم) = یک تکرار بیشینه

افراد گروه تجربی به دو گروه ۱- تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون با شدت ۷۵ درصد از 1RM و ۲- تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون با شدت ۳۰ درصد از 1RM تقسیم شدند. حجم تمرین (مقدار وزنه جابه شده در کل یک جلسه تمرین) با توجه به پیشینه تحقیق برای هر دو گروه تقریباً برابر در نظر گرفته شد (۱۷).

$$\% 75 = (10 + 10 + 10) \times 30\% = (15 + 15 + 15) \times 30\%$$

برنامه تمرینی به مدت ۶ هفته و ۳ جلسه در هفته انجام شد که هر جلسه تمرینی شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن، برنامه اصلی تمرین و ۱۰ دقیقه سرد کردن شامل حرکات کششی و پیاده روی برای کاهش ضربان قلب بود (۲). گرم کردن شامل ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل با شدت ۶۰ درصد حداکثر ضربان قلب و سپس یک ست ۱۰ تکراری با ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه عضلات درگیر در برنامه تمرینی بود، که پس از پنج دقیقه استراحت در برنامه تمرینی اصلی شرکت کردند. روند اجرای حرکت برای همه آزمودنی‌ها با سرعت یک ثانیه در بخش برون گرای انقباض و یک ثانیه در بخش درون گرای انقباض بود. برنامه تمرین شامل تمرین با وزنه آزاد بود، که شامل سه حرکت برای اندام تحتانی: اسکوات، جلودان و پشت‌ران و دو حرکت برای اندام

فوقانی جلو بازو و پشت بازو بود (۱۲). برنامه تمرینی هر دو گروه در جدول ۱ و ۲ بیان شده است. همچنین برای رعایت اصل اضافه بار هر دو هفته ۵٪ از یک تکرار بیشینه به فشار تمرین اضافه شد (۱۸).

در گروه تمرین با محدودیت جریان خون، برای تعیین فشار انسداد نسبی، فشار خون افراد در ساعت ۸ تا ۹ صبح اندازه گیری شد. سپس با توجه به مقدار فشار سیستولی به دست آمده شدت کاف هنگام تمرین در نظر گرفته شد. روش اجرا به این صورت بود که کاف را در قسمت فوقانی بازوها و ران‌های آزمودنی بسته و فشار نسبی انسداد بازو ۲۰ میلی متر جیوه زیر فشار خون سیستولی و فشار نسبی انسداد ران ۲۰ میلی متر بالاتر از فشار سیستولی افراد در نظر گرفته شد (۸). کاف تا اتمام هر حرکت بسته بود و هنگام استراحت بین هر حرکت باز شد (۱۹). تحقیق به صورت یک سو کور انجام گرفت و برای این کار کاف محدودیت جریان خون در گروه بدون محدودیت بسته می‌شد اما هیچ گونه انسدادی انجام نمی‌گرفت.

جدول ۱ برنامه تمرینی گروه تمرین مقاومتی (با شدت ۷۵ درصد 1RM) بدون محدودیت جریان خون

حرکت	تعداد ست	تعداد تکرارها	استراحت بین ست	استراحت بین حرکت
اسکوات	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
جلودان	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
پشت‌ران	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
جلوبازو	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه
پشت‌بازو	۳	۱۰	۲ دقیقه	۵ دقیقه

جدول ۲ برنامه تمرینی گروه تمرین مقاومتی (با شدت ۳۰ درصد 1RM) با محدودیت جریان خون

حرکت	تعداد ست	تعداد تکرارها	استراحت بین ست	استراحت بین حرکت
اسکوات	۴	۳۰+۱۰+۱۰+۱۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه
جلودان	۴	۳۰+۱۰+۱۰+۱۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه



استفاده از کیت مخصوص (شرکت eastbiopharm چین) اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

برای دسته‌بندی و تعیین شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی، با استفاده از نرم افزار SPSS 24 استفاده شد. نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد بیان شده‌است. برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک^۱ استفاده شد. پس از تایید توزیع نرمال داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های این پژوهش و برای مقایسه میانگین‌های بین گروهی پاسخ سه گروه از روش آماری تحلیل کواریانس و در صورت مشاهده تفاوت از آزمونی تعقیبی بونفرونی استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌های درون گروهی (پیش‌آزمون-پس‌آزمون) پاسخ سه گروه از آزمون T همبسته در سطح معناداری $p < 0.05$ استفاده شد و برای رسم نمودار از Microsoft Excel 2021 استفاده شد.

یافته‌ها

اطلاعات دموگرافیک حاصل از نتایج در جدول ۳ آمده است. نتایج آزمون شاپیروویلک معنی‌دار نبود یعنی توزیع نمرات در تمامی گروه‌ها طبیعی بود و برای آزمون فرضیه‌ها از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد.

پشت‌ران	۴	۳۰+۱۰+۱۰+۱۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه
جلوبازو	۴	۳۰+۱۰+۱۰+۱۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه
پشت بازو	۴	۳۰+۱۰+۱۰+۱۰	۴۵ ثانیه	۳ دقیقه

به منظور اندازه‌گیری میزان سطوح پلاسمایی آنزیم‌های کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز، نمونه خون ورید بازویی (کوبیتال میانی) پس از حدود ۸ ساعت ناشتایی در دو مرحله (هر مرحله به میزان ۵ سی سی)، نمونه اول قبل و نمونه دوم ۴۸ ساعت پس از پایان پروتکل پژوهش از آزمودنی‌ها گرفته شد. سپس نمونه‌های خون به آزمایشگاه تخصصی انتقال یافت و در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد فریز شد. اندازه‌گیری میزان سطوح پلاسمایی آنزیم‌های کراتین کیناز (با حساسیت ۱۸/۹ پیکوگرم بر میلی لیتر به روش ساندویچ) و لاکتات دهیدروژناز به روش الایزا (با حساسیت ۸ پیکوگرم بر میلی لیتر به روش ساندویچ) و با استفاده از کیت مخصوص نمونه‌های انسانی الایزا (ساخت شرکت eastbiopharm، ساخت کشور چین) انجام گرفت.

تعریف عملیاتی متغیرها

محدودیت جریان خون: در تحقیق حاضر از شیوه تداومی محدودیت جریان خون استفاده شد و محدودیت از طریق کاف بر پروگزیمال اندام تحتانی و فوقانی اعمال شد. لاکتات دهیدروژناز: این آنزیم بطور فراوان و با غلظت‌های متفاوت در سیتوپلاسم بافت‌های بدن یافت می‌شود و در مسیر گلیکولیز بی مقاومتی باعث تبدیل اسید پیرویک به اسید لاکتیک می‌شود (Baird et al., 2012). در تحقیق حاضر مقدار لاکتات دهیدروژناز پلاسمایی قبل و پس از دوره تمرینی به روش الایزا و با استفاده از کیت مخصوص (شرکت eastbiopharm چین) اندازه‌گیری شد.

کراتین کیناز: آنزیم کلیدی است که موجب متابولیسم سلول عضلانی و تسریع تبدیل کراتین به فسفات یا به عکس می‌شود. در تحقیق حاضر مقدار کراتین کیناز پلاسمایی قبل و پس از دوره تمرینی به روش الایزا و با

^۱.Shapiro-wilk



جدول ۳- توزیع میانگین و انحراف معیار اطلاعات دموگرافیک نمونه‌ها در گروه‌های مختلف

متغیر	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	با محدودیت جریان	۸	۱۶/۵۷	۰/۷۸
	بدون محدودیت جریان خون	۸	۱۶/۵۲	۰/۶
	کنترل	۸	۱۶/۴۲	۰/۵۳
قد (سانتی متر)	با محدودیت جریان خون	۸	۱۷۶/۸۶	۵/۱۸
	بدون محدودیت جریان خون	۸	۱۷۴/۵۹	۴/۱۴
	کنترل	۸	۱۷۵/۱۳	۴/۷۱
وزن (کیلوگرم)	با محدودیت جریان خون	۸	۶۷/۴۲	۵/۴
	بدون محدودیت جریان خون	۸	۶۷/۲۸	۳/۱
	کنترل	۸	۶۹/۵۷	۴/۱۵
شاخص توده بدنی (BMI) ^۱	با محدودیت جریان خون	۸	۲۱/۶۳	۱/۴۷
	بدون محدودیت جریان خون	۸	۲۱/۳۳	۱/۵۵
	کنترل	۸	۲۲/۰۷	۱/۵۰

برای آزمون فرضیه‌ها، ابتدا همگنی واریانس‌ها از طریق آزمون لوین بررسی گردید. نتایج آزمون لوین برای آنزیم کراتین کیناز ($F=0/13$ و $P=0/87$) و آنزیم لاکتات دهیدروژناز ($F=0/07$ و $P=0/97$) معنی‌دار نبود، یعنی واریانس‌ها همگن بودند و یکی از شرایط استفاده از آزمون کواریانس رعایت شده بود. همچنین شرط دیگر آزمون کواریانس یعنی همگنی شیب‌های رگرسیون بررسی شد، که اثر معنی‌دار در متغیر کراتین کیناز ($F=2/48$ ، $P=0/21$)، $F=2/10$ ، $P=0/10$ و لاکتات دهیدروژناز ($F=0/06$ ، $P=0/21$)، $F=0/51$ ، $P=0/51$) مشاهده نشد.

آزمون تحلیل کواریانس برای سنجش تاثیر دو نوع تمرین مختلف (کنترل و دو نوع تمرین) بر مقادیر آنزیم کراتین

کیناز و لاکتات دهیدروژناز در دو دوره زمانی (پیش و پس از تمرین) انجام شد، که نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است.

با توجه به جدول تفاوت بین گروهی معنی‌داری در هر دو متغیر مشاهده شد ($p=0/001$)، مقایسه زوجی گروه‌ها (جدول ۵) نشان داد که کراتین کیناز در گروه تمرینی با محدودیت نسبت به گروه بدون محدودیت ($p=0/02$) و کنترل ($p=0/02$) کاهش معنی‌داری داشت. هر چند کراتین کیناز در گروه بدون محدودیت کاهش یافته بود، اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل نداشت ($p=0/06$). در مقابل مقدار لاکتات دهیدروژناز فقط در گروه با محدودیت نسبت به کنترل کاهش معنی‌داری یافته بود ($p=0/03$).



جدول ۴. تحلیل کواریانس برای بررسی اثر تمرین

متغیر وابسته	منابع تغییر	مجدور مربعات	df	میانگین مربعات	F	p value	ضریب اتا
کراتین کیناز (ng/l)	اثر اصلی گروه	۱۸۱۲/۱۶۱	۲	۹۰۶/۰۸	۲۱/۸۸	*۰/۰۰۲	۰/۶۸
	اثر تعاملی	132/33	۱	132/33	3/19	۰/08	۰/۱۳
	خطا	821/171	20	41/40			
لاکتات دهیدروژناز (IU/L)	اثر اصلی گروه	۱۳۱۶/۰۳	۲	۶۵۸/۱۸۰	۴/۰۵۲	*۰/۰۰۳	۰/۲۸
	اثر تعاملی	۷۶/۳۹	۱	۷۶/۳۹	0/۴۷	۰/۵۰	۰/۰۲
	خطا	۳۲۴۸/۱۳	20	۱۶۲/40			

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی جایگاه تفاوت بین گروه‌ها

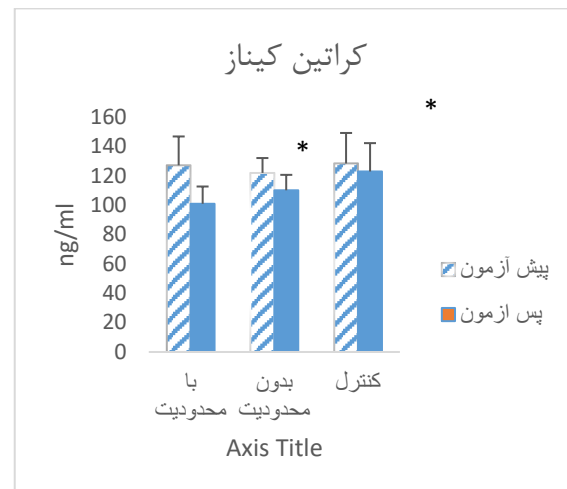
متغیر	گروه (I)	گروه (J)	اختلاف میانگین	خطای استاندارد	سطح معناداری
کراتین کیناز (ng/l)	تمرین با محدودیت	تمرین بدون محدودیت	۱۳/۰۳	۳/۲۱	*۰/۰۰۲
		کنترل	۲۱/۰۹	۳/۲۱	*۰/۰۰۱
	تمرین بدون محدودیت	کنترل	۸/۰۵	۳/۲۱	۰/۰۶
لاکتات دهیدروژناز (IU/L)	تمرین با محدودیت	تمرین بدون محدودیت	۷/۰۱	۶/۵۳	۰/۸۸
		کنترل	۱۸/۰۰	۶/۳۷	*۰/۰۰۳
	تمرین بدون محدودیت	کنترل	۱۰/۹۹	۶/۵۵	۰/۳۲

*مقادیر معنادار

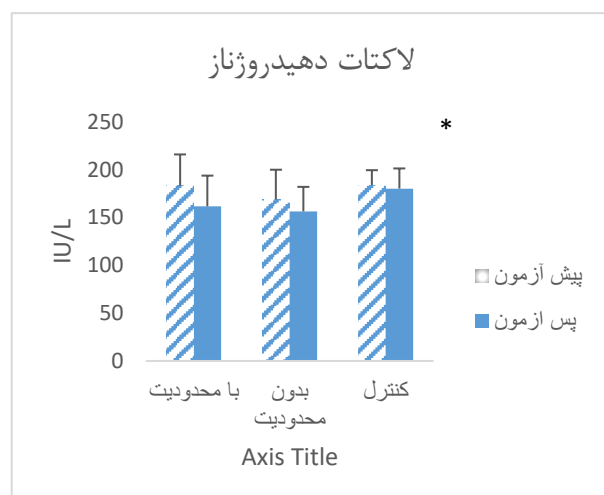


آنزیم کراتین کیناز، از آنزیم‌های کلیدی انجام واکنش کراتین فسفات به کراتین و فسفات و بالعکس است. این آنزیم در غشای سلول عضله اسکلتی وجود دارد و در سطح استراحتی غلظت آن پایین است. با این حال، به دنبال افزایش فعالیت ورزشی میزان آن در پلاسما بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد (۲۲). سطوح سرمی CPK تحت تاثیر عواملی همچون سن، جنس، نژاد، فعالیت ورزشی و توده عضله اسکلتی می‌باشد. به دنبال فعالیت‌های خیلی شدید که میزان آسیب عضلانی بالاست، سطح سرمی CPK افزایش می‌یابد و بیشترین میزان در دوی ماراتون، تمرین تحمل وزن بدن و دویدن در سرازیری گزارش شده است که تحت تاثیر انقباض برون‌گرا است. میزان غلظت سرمی CPK تا ۲۴ ساعت بعد از تمرین به تدریج بالا می‌رود و سپس به سطح پایه برمی‌گردد (۲۵). دیگر شاخص آسیب‌زای عضلانی لاکتات دهیدروژناز می‌باشد، که از آنزیم‌های کلیدی سیتوپلاسمی در تبدیل اسیدپروویک به اسیدلاکتیک برعکس در مسیر گلیکولیز بی‌هوازی فعالیت می‌کند و در تمام بافت‌های بدن یافت می‌شود. تغییرات LDH ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از تمرین به تدریج افزایش می‌یابد. گزارش شده است که در پاسخ به فعالیت‌های شدید و انقباض‌های برون‌گرا میزان آن در پلاسما افزایش می‌یابد، به دنبال تمرین مقاومتی با شدت بالا بر روی افراد غیر فعال زن گزارش شده است که میزان شاخص‌های آسیب عضلانی لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. گزارش شده است که تعداد ست (دو ست در مقابل چند ست) منجر به افزایش تغییرات کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از تمرین می‌گردد (۲۶).

تنش اکسایشی یک پدیده بیولوژیکی مشخص شده با عدم تعادل بین رادیکال‌های آزاد واکنشی و دفاع‌های آنتی اکسیدانی است. اصطلاح تنش اکسایشی، ترکیبی از تولید رادیکال‌های آزاد افزایش یافته و یا فرسودگی دفاع‌های آنتی اکسیدانی را نشان می‌دهد (۲۷). تحقیقات نشان می‌دهند که تمرین با شدت بالا (۷۰ درصد RM) که در بردارنده توده بزرگ عضلانی است، به‌طور سازگار یک افزایش قابل اندازه‌گیری در شاخص‌های فشار اکسایشی



نمودار ۱. تغییرات سطوح پلاسمایی کراتین کیناز، *: تفاوت معنی‌دار با گروه محدودیت جریان خون



نمودار ۲. تغییرات سطوح پلاسمایی لاکتات دهیدروژناز، *: تفاوت معنی‌دار با گروه محدودیت جریان خون

بحث

در تحقیق حاضر مشخص شد که تمرین مقاومتی با محدودیت جریان خون در مقایسه با تمرین مقاومتی بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل در بلند مدت توانست سبب کاهش معنادار سطوح پلاسمایی لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز گردد. این نتیجه با نتایج آبادیا و همکاران (۲۰۱۷)، چن و همکاران (۲۰۱۳)، سنتر و همکاران (۲۰۱۹)، ماوو و همکاران (۲۰۱۷) و پرسشتش و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد (۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴).



خون ایجاد می‌کند؛ این در حالی است که فشار اکسایشی در تمرینات با محدودیت جریان خون مشاهده نشده است (۲۸). احتمال دیگر شاید یک اثر حفاظتی از پروتئین‌های شوک گرمایی باشد، به عنوان اینکه آنها بازدارنده‌های تنش اکسایشی شناخته شده‌اند و محققین با استفاده از یک مدل موش صحرایی نشان دادند که محدودیت جریان خون پروتئین‌های شوک گرمایی را افزایش می‌دهد (۲۹). کاندو و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که نوع فعالیت ورزشی هم بر میزان رهایش کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز اثرگذار است. برای مثال، دویدن در سرازیری سبب بیشتر آزاد سازی عوامل کوفتگی عضلانی نسبت به تمرین مقاومتی و سایر روش‌های تمرینی می‌گردد. آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی، می‌تواند سبب کوفتگی عضلانی گردد که معمولاً پس از فعالیت ورزشی درمانده‌ساز یا ناآشنا بروز می‌کند (۳۰) و با افت عملکرد ورزشی همراه است. یکی از روش‌های پیشنهادی برای کاهش این علائم سازگاری با تمرین بلند مدت است. مطالعات نشان داده که تمرین بلند مدت می‌تواند نقش محافظتی داشته و سازوکارهای مختلفی برای این سازگاری ذکر شده است. یکی از مسیرهایی که تمرین سبب کاهش رهایش کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز می‌شود، تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. فعالیت ورزشی بویژه فعالیت مقاومتی با محدودیت جریان خون به دلیل ایجاد ایسکمی و خونریزی مجدد در طول جلسات تمرینی این سازگاری را بیشتر تقویت می‌کند. احتمالاً به همین دلیل نیز در تحقیق حاضر تمرین محدودیت جریان خون تأثیر بیشتری بر کاهش کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز داشته است. علاوه بر مبحث اکسایشی باربر و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که تمرین محدودیت جریان خون به دلیل افزایش دمای عضلانی سبب افزایش برگشت پذیری عضله و ویسکوالاستیسیته بافت و در نهایت کاهش کوفتگی عضلانی می‌شود (۳۱). یافته مهم این تحقیق می‌تواند این علی‌رغم تمامی فواید شرکت در فعالیت‌های ورزشی و تمرینات مقاومتی، بروز یکسری آسیب‌های عضلانی و اسکلتی غیر قابل انکار می‌باشد که

منجر به پارگی جزئی در تارهای عضلانی و آسیب به پروتئین‌هایی مانند اکتین، میوزین، تیتین و نشست اجزای داخل سلولی به مایع برون سلولی و شناور شدن آزادانه محتویات سلول بین تارها می‌گردد (۳۲).

از دیگر سازوکارهای مهم در بهبود وضعیت ورزشکاران می‌توان به کاهش پاسخ التهابی و بهبود گردش خون اشاره نمود. تمرین محدودیت جریان خون به دلیل ایجاد ایسکمی و افزایش NO در گردش سبب بهبود وضعیت گردش خون و کاهش چسبندگی عوامل خونی بویژه پلاکت‌ها می‌گردد و از این طریق احتمالاً وضعیت عوامل خونی و التهابی تنظیم می‌شود چرا که گزارش شده است سطوح عوامل التهابی با مارکرها آسیب عضلانی ارتباط دارد (۳۴). از طرف دیگر تمرین محدودیت جریان خون در بلند مدت ممکن است سبب سرکوب عوامل پیش التهابی از جمله عامل نکروز توموری TNF α و اینترلوکین ۱ شده و از طرف دیگر عوامل ضد التهابی را بهبود بخشد. در این مورد نه تنها سایتوکاین‌های مترشح‌شده از عضله بلکه آدیپوکاین‌ها (سایتوکاین‌های مترشح‌شده از بافت چربی) دخیل هستند (۳۵).

یافته مهم این تحقیق می‌تواند این نکته باشد که تمرین محدودیت جریان خون در فوتبالیست‌های نوجوان توانست سبب بهبود وضعیت آسیب عضلانی ناشی از ورزش گردد که از طریق مارکرها خونی اندازه‌گیری شد. این یافته در فوتبالیست‌ها بویژه در نوجوانان اهمیت بالایی دارد. زیرا تمرینات طولانی و زمان طولانی مسابقه سبب ایجاد آسیب‌های ریز عضلانی در این ورزشکاران شده و اگر سازگاری لازم برای بهبود این آسیب‌ها در نظر گرفته نشود ممکن است عملکرد ورزشی کاهش یافته و حتی به علت افزایش عوامل التهابی تعادل ایمنولوژیکی ورزشکار به هم بخورد. از سوی دیگر گزارشات نشان داده تمرینات محدودیت جریان خون الگوی فراخوانی و احدهای حرکتی (از کند انقباض به تند انقباض) را تغییر داده و سبب فراخوانی واحدهای تند انقباض بیشتری شده و تحقیقات نشان داده این واحدها و تارهای حرکتی سازگاری بیشتری از هایپرترافی و رشد عضلانی داشته و مسیرهای سیگنالی



متفاوتی برای رشد دارند هر چند این عامل به بررسی بیشتری احتیاج دارد، اما می‌تواند یکی از دلایل کاهش مارکرهای آسیب عضلانی در اثر ورزش محسوب گردد. با این وجود باید این نکته را در ذهن داشت که تفاوت‌های فردی ممکن است سبب نتایج متفاوتی گردد و میزان اثر گذاری مداخله ممکن است از فردی به فردی تفاوت داشته‌باشد (۳۶).

در این تحقیق علارغم کنترل بسیاری از متغیرهای مداخله‌گر مانند حجم کم نمونه، سن، جنسیت، سطح رقابتی و ... محدودیت‌هایی وجود داشت که کنترل آن از عهده محقق خارج بود. از این محدودیت‌ها می‌توان به میزان آشنایی قبلی آزمودنی‌ها با تمرین مقاومتی، وضعیت تغذیه‌ای، عوامل فردی و همچنین چرخه خواب و بیداری آزمودنی‌ها اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که تمرین محدودیت جریان خون و بدون محدودیت به ترتیب سبب کاهش ۱۱/۸۲ درصدی و ۲/۷۳ درصدی لاکتات دهیدروژناز و کاهش ۲۰/۶۰ درصدی و ۳/۹۳ درصدی کراتین کیناز گردید. بنابراین مشخص است که تمرین با شدت کم و محدودیت جریان خون نسبت به تمرین با شدت بالا بدون محدودیت جریان خون سبب کاهش خطر آسیب عضلانی شد. بنابراین با احتیاط توصیه می‌شود متخصصان ورزشی و مربیان به علت شدت پایین این تمرینات، از این تمرین برای افرادی که در تمرین با شدت

بالا محدودیت دارند (سالمنندان و افراد آسیب دیده و نوجوانان) استفاده کنند. البته باید در نظر داشت، با توجه به حجم نمونه محدود و مدت زمان کوتاه مطالعه، تعمیم‌پذیری نتایج به همه افراد ممکن است با محدودیت‌هایی همراه باشد. با توجه به مرور پیشینه و محدودیت‌ها، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده همچنین تاثیر تمرین بر سایتوکاین‌های التهابی با حجم نمونه بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

تعارض منافع

نتایج مقاله تضاد و تعارض منافی با هیچ موسسه یا شرکتی ندارد.

حمایت مالی

مقاله مستخرج از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد بوده و تحت هیچ حمایت مالی نبود.

ملاحظات اخلاقی و کد اخلاق

این تحقیق مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد است که در سال ۱۴۰۲ پایان‌یافته‌است. قبل از ارایه و تصویب پیشنهادیه ابتدا طرح توسط کمیته اخلاق در پژوهش با کد IR.IAU.AGZ.REC.1402.002 تصویب گردید.

References

- 1- Anabestani M., Hosseini-Kakhek A, Hamedinia MC. omparison of combined training with and without vascular occlusion on selected physical fitness components in postmenopausal women. Sport physiology j, 2014;6(21), 123-136.[in Persian]
- 2- Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. J Appl Physiol 2006; 100(5):1460-6.
- 3- Lewis P B, Ruby D, Bush-Joseph C. A. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. J of Clinics in sports medicine. 2012; 31(2), 255-262.
- 4- Holm L, Reitelseder S, Pedersen TG, Doessing S, Petersen SG, Flyvbjerg A. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. J Appl Physiol. 2008; 105(5): 1454-61.
- 5- Kim E, Gregg LD, Kim L, Sherk VD, Bembien MG, Bembien DA. Hormone responses to an acute bout of low intensity blood flow restricted resistance exercise in college-aged females. J sports sci Med. 2014;13(1):91.



- 6- Zeng C, Luo G, Xu S, Li Y. [Retracted] The Application of DOMS Mechanism and Prevention in Physical Education and Training. *Journal of Healthcare Engineering*. 2022;2022(1):9654919.
- 7- Fujita T, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *Int J KAATSU Training Res*. 2008; 4(1): 1-8.
- 8- Goldfarb A, Kraemer RR. Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. *European journal of applied physiology*. 2008; 104, 813-819.
- 9- Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports medicine*. 2005 Jun;35:501-36.
- 10- Filopoulos D, Cormack SJ, Whyte DG. Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men. *European Journal of Sport Science*. 2017 Aug 9;17(7):821-9.
- 11- Rahmanian, K., Hooshmand, F., Shakeri, M., Rahmanian, V., Jahromi, F. S., & Jahromi, A. S. (2022). Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Enzymes Response to Lactate Tolerance Exercise Test. *Exercise Science*. restriction on skeletal muscle function. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39 (10): 1708-13.
- 12- Abdelfattah A, Salem, H. Effect of occlusion swimming training on physiological biomarkers and swimming performance. *World Journal of Sport Sciences*. 2011; 4(1), 70-5.
- 13- KHAJEHLANDI M, JANBOZORGI Maryam. Effect of one session of resistance training with and without blood flow restriction on serum levels of creatine kinase and lactate dehydrogenase in female athletes. *J of Clinical and Basic Research*. 2018; 2.2: 5-10.
- 14- Sousa LL, Barbosa JM, Silva RC, da Silva TF, da Silva MG, de S Martins L, Rosa TD, Ferreira CE. Acute and delayed muscle damage following blood flow restriction resistance training in healthy adults. *Journal of Physical Education and Sport*. 2024 Feb 1;24(2):464-72.
- 15- Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2014 Dec;24(6):e415-422.
- 16- Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvão DA, Trajano GS, Teodoro JL, Kraemer WJ, Häkkinen K, Pinto RS. Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: systematic review and network meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2021 Jun;53(6):1206.
- 17- Mazzetti SA, Kraemer WJ, Volek JS, Duncan ND, Ratamess NA, Gómez AL, Newton RU, Hakkinen KE, Fleck SJ. The influence of direct supervision of resistance training on strength performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000 Jun 1;32(6):1175-84.
- 18- Erickson N. Effect of blood flow restriction training on quadriceps muscle strength, morphology, physiology, and knee biomechanics before and after anterior cruciate ligament reconstruction: protocol for a randomized clinical trial. *Physical therapy*. 2019; 99(8): 1010-1019.
- 19- Pignanelli C, Christiansen D, Burr F. Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *Journal of Applied Physiology*. 2021: 18-32.
- 20- Abaïdia E, Lamblin J, Delecroix B, Leduc C, McCall A, Nédélec M. Recovery from exercise-induced muscle damage: cold-water immersion versus whole-body cryotherapy. *International journal of sports physiology and performance*. 2017; 12(3), 402-409.
- 21- Chen C. Damage protective effects conferred by low-intensity eccentric contractions on arm, leg and trunk muscles. *Eur j of app physio*, 2012; 119(5), 1055-1064.
- 22- Centner C. Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training. *J of App Physio*, 2019; 127.6: 1660-1667.
- 23- SHIMIZU R. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *Eur j of appl physio*. 2016; 116: 749-757.



- 24- Parastesh M. The effect of concurrent endurance-resistance training on serum testosterone levels, body composition, muscular strength and international index of erectile function in older men. *Postepy Rehabilitacji*. ۲۰۲۲; ۳۶,۱: ۱.
- 25- Giandolini M. Fatigue associated with prolonged graded running. *European journal of applied physiology*. ۲۰۱۶; ۱۱۶: ۱۸۷۳-۱۸۵۹.
- 26- Strachecka A. Comparison of lactate dehydrogenase activity in hive and forager honeybees may indicate delayed onset muscle soreness—preliminary studies. *Biochemistry (Moscow)*. ۲۰۱۹; ۸۴: ۴۴۰-۴۳۵.
- 27- Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports med J*. ۲۰۰۶; ۳۶: ۳۵۸-۳۲۷.
- 28- Ismaeel A. Resistance training, antioxidant status, and antioxidant supplementation. *International j of sport nut and exer metab*. 2019; 29.5: 539-547.
- 29- Shi J, Xu B, Zheng Q, Lu L. Responses of growth inhibition and antioxidant gene expression in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to tetrabromobisphenol A, hexabromocyclododecane and decabromodiphenyl ether. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Tox & Pharm J*. 2015;174, 32-38.
- 30- Kanda K. Eccentric exercise-induced delayed-onset muscle soreness and changes in markers of muscle damage and inflammation. *Exercise immunology review*, ۲۰۱۳, 19.
- 31- barber-westin S, Noyes R. Blood flow—restricted training for lower extremity muscle weakness due to knee pathology: a systematic review. *Sports Health*. 2019; 11.1: 69-83.
- 32- White E. Massage therapy modulates inflammatory mediators following sprint exercise in healthy male athletes. *J of Func Morph and Kin*. 2020; 5.1: 9. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med* 2010;48:757-767.
- 33- Pedersen BK, Steensberg A. Exercise and hypoxia: effects on leukocytes and interleukin-6—shared mechanisms?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002 Dec 1;34(12):2004-12.
- 34- Rausch LK, Hofer M, Pramsöhler S, Kaser S, Ebenbichler C, Haacke S, Gatterer H, Netzer NC. Adiponectin, leptin and visfatin in hypoxia and its effect for weight loss in obesity. *Frontiers in endocrinology*. 2018 Oct 18;9:615.
- 35- Khalafi M, Sakhaei MH, Symonds ME, Noori Mofrad SR, Liu Y, Korivi M. Impact of exercise in hypoxia on inflammatory cytokines in adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine-Open*. 2023 Jun 29;9(1):50.
- 36- Torres-Peralta R, Losa-Reyna J, González-Izal M, Perez-Suarez I, Calle-Herrero J, Izquierdo M, Calbet JA. Muscle activation during exercise in severe acute hypoxia: role of absolute and relative intensity. *High Altitude Medicine & Biology*. 2014 Dec 1;15(4):472-82.



Comparison of the Effect of Resistance Training Periods With and Without Blood Flow Restriction on Changes in Plasma Levels of Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Enzymes in Active Boys

Zahra Mosayebi¹, Abolfazl Torabi^{*2}

1. PhD, exercise physiology group, faculty of human science, Azad university Alighudarz branch, Lorestan, Iran.
2. MSc, exercise physiology group, faculty of human science, Azad university Alighudarz branch, Lorestan, Iran.

Type of Article Original Research

Received: 2023/12/16

Accepted: 2024/09/24

*Corresponding Author:

Abolfazl Torabi: MSc, exercise physiology group, faculty of human science, Azad university Alighudarz Branch, Lorestan, Iran.

TEL: 09166295289

Email:

(saman20201030@gmail.com)

Abstract

Introduction: A consequence of high-intensity resistance training is muscle damage. The aim of this study was to compare the effect of a resistance training period with and without blood flow restriction on physical fitness factors and plasma creatine kinase and lactate dehydrogenase enzyme levels in active boys.

Methods: for this study, 24 active adolescent boys (mean weight 68.15 ± 4.21 kg and mean age 16.52 ± 0.62 years) were familiarized with bodybuilding equipment and then divided into 3 groups of 8: resistance exercise with blood flow restriction and exercise intensity of 30% 1RM, resistance exercise without blood flow restriction and exercise intensity of 75% 1RM and control group. The training program lasted for 6 weeks, with three sessions per week. Before and after 6 weeks of resistance training with and without blood flow restriction, plasma creatine kinase and lactate levels were measured. The exercise training protocol was based on free weight, with the participants performing two upper and three lower body movements per session. Each movement consisting of 3 sets and 10 repetitions, with 2 minutes intraset rest period and 5 minutes interset rest period. Special cuffs were used to restrict blood flow. A one-way ANOVA was used to test the hypotheses, and LSD post-hoc tests were used to identify specific differences if a significant difference was found.

Results: The findings showed that resistance training with blood flow restriction led to a significant decrease in the plasma levels of creatine kinase ($p=0.01$) compared with the resistance training group without blood flow restriction and control groups. However, the plasma levels of lactate dehydrogenase showed no significant difference between the groups ($p=0.56$, $p=0.53$).

Conclusion: It appears that resistance training with blood flow restriction can be considered a preventive approach for muscle damage in active boys.

Keywords: Resistance training with and without blood flow restriction, Lactate Dehydrogenase, creatine kinase, active boys

► **Please cite this article as:** Mosayebi Z, Torabi A. Comparison of the Effect of Resistance Training Periods With and Without Blood Flow Restriction on Changes in Plasma Levels of Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Enzymes in Active Boys. J Neyshabur Univ Med Sci 2022;10(4):62-75.