

بررسی تمرینات انسداد عروقی (کاتسو) در عملکرد ورزشکاران (مطالعه موردی: ورزش کاراته)

محمد سلطانی^۱، علی عباسی^۲، مهدی تقوا^۳

^۱ کارشناس ارشد تربیت بدنی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز.

^۲ استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

^۳ استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز.

نام نویسنده مسئول:

محمد سلطانی

چکیده

مفهوم تمرینات مقاومتی شدید برای افزایش هایپرتروفی عضلانی به یونان باستان بر می‌گردد. در مقایسه با تمرینات کم شدت، تمرین مقاومتی با شدت متوسط و بالا یک محرک قوی جهت افزایش سنتز پروتئین عضلانی و فعالیت سلول‌های ماهواره‌ای و کاهش پروتئولیز می‌باشد. تمرین مقاومتی با شدت بالا می‌تواند موجب هایپرتروفی عضلانی اندام و تنه و افزایش قدرت شود. در حال حاضر، در قرن ۲۱ انواع مختلف تمرینات ورزشی مثل انسداد عروقی در طول تمرینات مقاومتی کم شدت آزموده و بررسی می‌شوند. تمرینات انسداد عروقی یا همان کاتسو تمرینات نسبتاً جدیدی هستند که در شرایط محدود کردن جریان خون به عضلات اجرا می‌گردد. این نوع تمرین برای اولین بار توسط ژاپنی‌ها طراحی و در دسترس عموم قرار گرفت.

واژگان کلیدی: تمرین مقاومتی، انسداد عروقی، ورزشکاران.

مقدمه

در ابتدا این تمرین در ترکیب با تمرینات مقاومتی و با هدف افزایش هایپر تروفی و قدرت عضلانی اجرا گردید. در همین راستا چندین تحقیق به بررسی تأثیر تمرینات مقاومتی همراه با انسداد عروق بر هایپر تروفی عضلات اسکلتی، افزایش قدرت و همچنین پاسخ های عصبی، غدد درون ریز و قلبی عروقی پرداختند (فاهس، ۲۰۱۲). به هر حال تمرین کآتسو مختص تمرینات مقاومتی نبوده و مطالعات متعددی در زمینه تأثیر تمرینات هوازی همراه با انسداد عروقی بر ظرفیت های هوازی، قدرت و حجم عضلات اسکلتی صورت گرفته است (ابی، ۲۰۰۶). نشان داده شده که تمرین کم شدتی مثل راه رفتن وقتی با انسداد همراه باشد می تواند سطح مقطع عضله ران و قدرت مفصل زانو را در آزمودنی های جوان و مسن به طور معنا داری بهبود ببخشد (فاهس، ۲۰۱۲). بر خلاف تمرینات قدرتی با شدت بالا، تمرین راه رفتن علاوه بر افزایش اندازه عضله، کامپلیانس شریان و ورید کاروتید را نیز افزایش می دهد (فاهس، ۲۰۱۲). ویژگی تمرین کآتسو در این است که با صرف زمان کمتر و شدت های پایین تمرینی می توان عملکرد ورزشکاران را ارتقا داد (فاهس، ۲۰۱۲). برای ایجاد انسداد یک کش یا باند محدود کننده روی قسمت پروگزیمال عضو تمرینی قرار می گیرد که جریان خون به عضله فعال را کاهش می دهد. مسدود شدن بازگشت وریدی باعث ایجاد حوضچه خونی وریدی در اطراف عضله درگیر می شود (ابی، ۲۰۱۲) و از این طریق باعث ایجاد هایپوکسی می شود که در شرایط هایپوکسی میزان متابولیت ها و VEGF افزایش می یابد (هوریوچی، ۲۰۱۲).

در حال حاضر هیچ روش استاندارد جهت به کارگیری انسداد عروقی در طول تمرین وجود ندارد. تفاوت های موجود در نوع کش های محدود کننده (اندازه و جنس)، فشار کش محدود کننده و مدت زمانی که این فشار اعمال می شود همگی ممکن است بر میزان انسداد در طول تمرین تأثیر بگذارند. دستکاری میزان انسداد در طول تمرین مقاومتی بر فعال سازی عضله و میزان خستگی تأثیر گذاشته است، بنابراین متغیرهایی که بر میزان انسداد تأثیر می گذارند باید به دقت بررسی شوند (فاهس، ۲۰۱۲).

ابزار انسداد عروقی

وسایل متنوع و در اندازه های مختلفی برای ایجاد انسداد در تمرینات کآتسو استفاده می شود. بسیاری از مطالعات از کش های محدود کننده الاستیک کآتسو مستر^۱ استفاده کرده اند که معمولاً دارای ۳ سانتی متر پهنا برای اندام بالاتنه و ۵ سانتی متر برای پایین تنه می باشد. پوشاک ورزشی کآتسو، پیراهن و شلوارک با طراحی ویژه ای که نوار الاستیک به انتهای آنها متصل شده است نیز در این گونه تمرینات استفاده شده است. سایر تحقیقات از کش های محدود کننده متنوعی با پهنای متغیری از ۲ سانتی متر برای اندام بالاتنه تا ۲۰/۵ سانتی متر برای اندام پایین تنه استفاده کرده اند (فاهس، ۲۰۱۲). اندازه کش به ویژه پهنای آن متغیر بسیار مهمی می باشد، چنانکه نشان داده شده است که کش محدود کننده پهن تر در انسداد عروقی در فشارهای پایین تر تأثیر بیشتری در مقایسه با کش های محدود کننده باریک تر دارد (کرنشاو، ۱۹۸۸). متأسفانه اکثر تحقیقات در مورد پهنای کشی که استفاده کرده اند گزارشی ندادند. اگر از کش های محدود کننده با پهنای زیاد همراه با فشار موضعی بالا استفاده گردد ممکن است ناراحتی هایی را به دنبال داشته باشد. چنانکه در طول تمرین حاد باز کردن (اکستنشن) زانو همراه با انسداد با استفاده از یک کش با پهنای ۱۳/۵ سانتی متر و فشار ۲۰۰ میلی متر جیوه در عضله چهار سر سطوح بالای درد گزارش شده است (ورن بوم، ۲۰۰۶). اگرچه اکثر تحقیقات درد را به عنوان یک برون داد مهم در نظر نگرفته اند، حداقل یک مطالعه به صراحت بیان کرده است که وقتی از کش های محدود کننده باریک تر استفاده کرده اند (۳/۳ سانتی متر) هیچ دردی در طول تمرین پرس سینه همراه با انسداد عروقی رخ نداده است (یاسودا، ۲۰۱۱). در یک دوره تمرین مقاومتی پایین تنه همراه با انسداد با بار کم (۳۰-۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) کش های محدود کننده با پهنای ۴، ۵ و ۹ سانتی متر و فشار ۲۴۰-۱۶۰ میلی متر جیوه برای افزایش قدرت و هایپر تروفی عضلات اکستنسور زانو مؤثر بوده است. در مقایسه، کش با پهنای ۱۳ سانتی متر و فشار ۲۳۰ میلی متر جیوه که انسداد کامل عروق را سبب شده بود پاسخ هایپر تروفیک را به تمرین اکستنشن زانو همراه با انسداد، مخصوصاً در محل به کارگیری کش به تأخیر انداخته است (فاهس، ۲۰۱۲). این تحقیق این حقیقت را روشن می کند که کش های محدود کننده پهن با یک فشار معین که باعث انسداد کامل عروق می شوند ممکن است اثر بخشی تمرینات انسدادی را محدود نمایند.

میزان فشار محدود کننده

فشار محدود کننده ای که اکثر تحقیقات به کار برده اند برای تمرینات اندام پایین تنه ۱۶۰ تا ۲۴۰ میلی متر جیوه و برای بالاتنه ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلی متر جیوه و در حالت ایستاده می باشد. البته با توجه به بافت نرم اطراف عروق میزان فشار می تواند متغیر باشد (فاهس، ۲۰۱۲).

¹- KAATSU Master (Sato Sports Plaza, Tokyo, Japan)

تحقیقات دیگری میزان فشار را بر اساس فشار خون سیستولیک استراحتی استفاده کرده‌اند (۱۳۰٪ فشار خون سیستولیک استراحتی) (هوریوچی، ۲۰۱۲؛ اسلامی، ۲۰۰۳). هر چند شاید این میزان فشار برای همه افراد مناسب نباشد. اگرچه اکثر تحقیقات تاثیر دامنه‌ای از فشارهای مختلف را حین تمرینات انسدادی روی عضلات و عملکرد آن بررسی کرده‌اند. باید توجه داشت که کاهش جریان خون به عضلات اسکلتی باعث افزایش بیشتر ضربان قلب و فشار خون در حین تمرین می‌شود. برای مثال در طول تمرین راه‌رفتن، محدود کردن جریان خون باعث افزایش پاسخ ضربان قلب و فشار خون شده است. علاوه بر این کش محدود کننده با فشار بالا (۲۰۰ میلی متر جیوه) در طول تمرین ضربان قلب و فشار خون را به مقدار بیشتری نسبت به کش محدود کننده با فشار کمتر (۱۶۰ میلی متر جیوه) افزایش داده است. بر همین مبنای، برای ایجاد انسداد موضعی و نه کامل، اکثر تحقیقات از فشار محدود کننده با دامنه ۱۶۰ تا ۲۳۰ میلی متر جیوه استفاده کرده‌اند (فاهس، ۲۰۱۲).

ساز و کار تمرینات انسدادی

ساز و کار تمرینات انسدادی به طور دقیق شناسایی نشده است، اما ساز و کار احتمالی برای تمرین مقاومتی با شدت کم همراه با انسداد (هافمن، ۲۰۰۶) افزایش ترشح هورمون رشد به واسطه تجمع متابولیت‌های درون عضلانی مثل لاکتات و یون‌های هیدروژن در عضله فعال، عوامل رشد موضعی و مسیرهای سیگنالی درون سلولی و (گفکن، ۲۰۰۱) فراخوانی بیشتر تارهای تند انقباض در شرایط هایپوکسیک می‌باشد.

ضربه زوکی کاراته

ضربه زوکی یکی از رایج‌ترین ضربات در رشته کاراته می‌باشد که با هدف وارد کردن ضربه به بدن حریف جهت کسب امتیاز در حین انجام تمرین و مسابقات کاراته انجام می‌شود. ضربه زوکی با عمل متناوب دست‌ها انجام می‌شود و به هماهنگی عصبی عضلانی نیاز دارد. این حرکت در واقع یک ضربه است که از حرکت‌های زاویه‌ای اندام کوچکتر حاصل می‌شود. در عین حال نمونه‌ای از حرکت تناوبی است که قسمت متحرک از نقطه صفر شروع به حرکت می‌کند و پس از طی مسیر قوسی شکل خود مجدداً به صفر می‌رسد، یعنی یک ضربه انجام می‌شود. در ضربه زوکی هر دست دو مرحله را تکرار می‌کند. ضربه زوکی یکی از مهارت‌های پایه‌ای است که هنرجوی کاراته آن را از اولین روزهای شروع این رشته می‌آموزد و سعی دارد تا با بهبود بخشیدن به این مهارت، آن را در تمرینات و مسابقات به کار گیرد.

مراحل ضربه زوکی

چرخه ضربه زوکی عبارت است از فعالیت‌های که از تماس اولیه مشت به بدن حریف شروع شده و با تماس بعدی مشت همان دست تمام می‌شود. شکل ۲-۹ مراحل ضربه زوکی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۹، مراحل ضربه زوکی

عوامل موثر بر ضربه زوکی

عوامل متعددی بر قسمت‌های مختلف مراحل ضربه زوکی اثرگذار است. از جمله این عوامل می‌توان به سن، جنس، اندازه و شکل استخوان‌ها، بلندی و کوتاهی قد و طول دست‌ها، میزان تحرک مفصل و قدرت عضلانی، نوع لباس کاراته، وضعیت‌های فیزیولوژیکی و بالاخره عادات شخصی اشاره نمود.

حرکت شناسی ضربه زوکی

با نگاهی سطحی به ضربه زوکی، اعمالی که انجام می شود بسیار ساده به نظر می آید، ولی تجزیه و تحلیل حرکت شناسی نشان می دهد که این مهارت پیچیده می باشد. هماهنگی عمل عضلات و همزمانی حرکت مفاصل کار تیمی بسیار زیادی را نشان می دهد. جهت شناخت حرکت شناسی ضربه زوکی و عضلات، مفاصل و حرکتهایی که در حین ضربه زوکی انجام می شود، در دو بخش حرکت شناسی در مرحله اجرای ضربه و جمع کردن ضربه یا عکس العمل را به طور اختصاصی تر مورد بررسی قرار می دهیم.

حرکت شناسی مرحله اجرای ضربه زوکی

حرکت بازو: هنگام اجرای ضربه زوکی حرکت فلکشن بازو انجام می شود. عضلات درگیر در این عمل عضله دلتوئید قدامی^۲، سینه ای بزرگ^۳، غرابی بازویی^۴ و سر کوتاه دوسربازویی می باشد (تندنویس، ۱۳۸۱) و (Rogers&etal,2003).

حرکت آرنج: هنگام پرتاب مشت حرکت اکستنشن آرنج انجام می شود. عضلات درگیر در مفصل آرنج در این مرحله از حرکت شامل عضله سه سر بازویی و سه گوش آرنجی^۵ می باشد که در واقع عضله سه گوش آرنجی به علت کوچکی و موقعیت قرارگیری در این عمل کمتر موثر می باشد (تندنویس، ۱۳۸۱) و (Rogers&etal,2003).

حرکت ساعد: هنگام اجرای ضربه زوکی حرکت پرونیشن^۶ ساعد انجام می شود. عضلات درگیر در این عمل عضله درون گرداننده مدور^۷ و مربع درون گرداننده^۸ می باشد (تندنویس، ۱۳۸۱) و (Rogers&etal,2003). شکل ۲-۱۰ مرحله اجرای ضربه زوکی را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۰، مرحله اجرای ضربه زوکی (دست راست)

² Deltoid

³ Pectoralis Major

⁴ Coracobrachialis

⁵ Anconeus

⁶ Pronation

⁷ Pronator Teres

⁸ Pronator Quadratus

حرکت شناسی مرحله جمع کردن ضربه یا عکس العمل ضربه زوکی

حرکت بازو: هنگام جمع کردن ضربه زوکی حرکت اکستنشن و در ادامه هایپراکستنشن بازو انجام می شود. عضلات درگیر در این اعمال عضله دلتوئید خلفی، پشتی بزرگ^۹، تحت خاری^{۱۰} و گرد کوچک^{۱۱} می باشد (تندنویس، ۱۳۸۱) و (Rogers&etal,2003).

حرکت آرنج: هنگام جمع کردن ضربه زوکی حرکت فلکشن آرنج انجام می شود. عضلات درگیر در مفصل آرنج در این مرحله از حرکت شامل عضله دوسربازویی، بازویی قدامی^{۱۲} و بازویی زند اعلائی^{۱۳} می باشد (تندنویس، ۱۳۸۱) و (Rogers&etal,2003).

حرکت ساعد: هنگام جمع کردن ضربه زوکی حرکت سوپینیشن^{۱۴} ساعد انجام می شود. عضلات درگیر در این عمل عضله برون گرداننده کوتاه^{۱۵} و دوسربازویی می باشد (تندنویس، ۱۳۸۱) و (Rogers&etal,2003). شکل ۲-۱۱ مرحله جمع کردن ضربه زوکی را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۱، مرحله جمع کردن ضربه زوکی (دست راست)

کاراته دو

این رشته رزمی به عنوان عمومی ترین ورزش رزمی شناخته شده است. لغت کاراته دو از سه کلمه "کارا" به معنی خالی، "ته" به معنی دست و "دو" به معنی روش یا هنر تشکیل شده است و آن را هنر جنگیدن یا دفاع با دست خالی و بدون سلاح می گویند. تمرینات کاراته موجب بهبود تعادل، انعطاف، و قدرت و نیز توسعه کیفیت هایی همچون احترام، نظم، صبر و اعتماد به نفس و کاهش میزان پرخاشگری در کاراته کاهها می شود. مسابقات و تمرینات کاراته به دو صورت کاتا (فرم) و کومیته (مبارزه) انجام می گیرد. کاراته شامل حرکات رو به جلو، رو

⁹ Latissimus Dorsi

¹⁰ Infraspinatus

¹¹ Teres Minor

¹² brachialis

¹³ brachioradialis

¹⁴ Supination

¹⁵ Supinator

به عقب، این سو و آن سو رفتن و حرکات بسیار فعال است که این حرکات همراه با تکنیک‌های کوتاه حمله یا دفاع هستند که برای اجرا به حداکثر شدت نیاز دارند.

پیشینه تحقیق

دانی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه ای تغییرات عصبی-عضلانی (توسط الکترومیوگرافی) در عضله راست رانی را به دنبال تمرین مقاومتی کوتاه مدت با و بدون محدودیت جریان خون بررسی کردند. در این مطالعه تعداد ۱۲ مرد ورزشکار شش جلسه تمرین مقاومتی یک طرفه اندام تحتانی را با استفاده از دستگاه لگ اکستنشن انجام دادند. پایی که به عنوان تمرین محدودیت جریان خون در نظر گرفته شد به صورت تصادفی انتخاب شد. داده های الکترومیوگرافی برای شرکت کنندگان در طی دو انقباض بیشینه ارادی و دو تست اکستنشن ایزوکینتیک زانو (در سرعت های ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه) با استفاده از دستگاه بایودکس ثبت شد. تمرینات مقاومتی شامل شش جلسه غیر پیوسته تمرین اکستنشن زانو در بازه زمانی دو هفته بود. در مورد گروه محدودیت جریان خون، آزمودنی ها به مدت ۴ ست در فشار ۲۰ درصد یک تکرار بیشینه تمرین کردند. اندام غیر درگیر در دو ست یازده تکراری در شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه بدون محدودیت جریان خون تمرین داده می شد. حجم تمرینات برای هر دو شرایط مشابه بود. نتایج این مطالعه نشان داد برای مقادیر محاسبه شده از فعالیت الکتریکی عضلات، تعامل معنی داری برای زمان و شرایط و همچنین اثر اصلی زمان در هر دو شرایط حداکثر انقباض ارادی و انقباض ایزوکینتیک با سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه مشاهده نشد. این محققین چنین نتیجه گیری کردند که مدت زمان یا تحریکات کافی برای مشاهده تفاوت قابل توجه در مدالیته های مرتبط با تطابق های عصبی-عضلانی که با الکترومیوگرافی اندازه گیری شد مشاهده نشد.

بیتانی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه ای پاسخ حاد و مزمن عضله اسکلتی به سطوح مختلف فشار محدودیت جریان خون را بررسی کردند. در این مطالعه چهارده شرکت کننده تمرین فلکشن آرنج با فشارهای ۴۰ درصد تا ۹۰ درصد محدودیت سرخرگی را انجام دادند. اندازه های گشتاور قبل و بعد و دامنه فعالیت الکتریکی عضلات هر ست برای هر شرایط اندازه گیری شد. سپس با یک مطالعه تمرین هشت هفته ای مجزا از تاثیر فشار بالا (۹۰ درصد محدودیت سرخرگی) و فشار پایین (۴۰ درصد محدودیت سرخرگی) روی اندازه و عملکرد عضله ادامه یافت. در مورد نتایج مطالعه تاثیر حاد، کاهش گشتاور بین فشارها مشابه بود. برای دامنه الکترومیوگرافی در سه تکرار اول و سه تکرار آخر، تاثیر زمانی مشاهده شد. بعد از تمرین، افزایش در حجم عضله (۱۰ درصد)، حداکثر قدرت ایزوتونیک (۱۸ درصد)، حداکثر گشتاور ایزوکینتیک (۲۳ درصد در سرعت زاویه ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه و ۱۱ درصد در سرعت زاویه ای ۶۰ درجه بر ثانیه) و استقامت عضلانی (۶۲ درصد) بین فشارها به طور مشابه تغییر کرد. این محققین چنین نتیجه گیری کردند که فشارهای نسبی بالاتر ممکن است برای تمرینات محدود کننده جریان خون ضروری نباشند.

عارف باسره و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر میزان محدودیت جریان خون هنگام فعالیت ایزومتریک بر غلظت هورمون رشد و تستوسترون مردان فعال به این نتیجه رسیدند با وجود اینکه با افزایش فشار محدودیت جریان خون میزان هورمون های رشد و تستوسترون بیشتر افزایش یافت اما تفاوت معنادار در مقدار هورمون های تستوسترون و رشد، بین فعالیت با فشارهای مختلف محدودیت جریان خون در یک شدت برابر دیده نشد.

کریستوفر و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای تطابق های عضلانی به تمرین مقاومتی با فشار پایین با و بدون محدودیت جریان خون که تا حد خستگی انجام شده بود بررسی کردند. در این مطالعه تعداد ۱۲ مرد و ۶ زن میانسال هجده جلسه تمرین مقاومتی اکستنشن یک طرفه زانو را تا خستگی اختیاری در طی شش هفته انجام دادند. یک اندام تحت شرایط محدودیت جریان خون تمرین کرد و اندام دیگر به عنوان کنترل و بدون محدودیت جریان خون تمرین کرد. قبل و بعد از تمرین، اندازه های ضخامت عضلانی قدامی و جانبی، قدرت، توان و استقامت چهارسران در هر دو اندام مورد بررسی قرار گرفت. حجم کلی تمرین برای اندام کنترل نسبت به اندام محدودیت جریان خون به طور معنی داری بالاتر بود. به دنبال تمرین در هر اندام، ضخامت قدامی چهارسران و عملکرد عضله در هر دو تمرین افزایش یافت و هیچ تفاوت معنی داری بین دو اندام نبود. ضخامت جانبی عضله چهارسران در اندام تمرینات محدودیت جریان خون به طور معنی داری بالاتر بود. این محققین چنین نتیجه گیری کردند که هر دو تمرینات با و بدون محدودیت جریان خون برای بهبود عملکرد عضلانی در آزمودنی های میانسال تمرینات مناسبی هستند. در هر حال، تمرین محدودیت جریان خون بهبود هایپرتروفی در شدت تمرین پایین را به ارمغان دارد که نیاز به شدت های بالای تمرین ندارد.

ناصرخانی و همکاران (۱۳۹۴) تاثیر یک جلسه تمرین روی نوارگردان با محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی هورمون رشد، هورمون رشد شبه انسولین و کورتیزول در دانشجویان دختر غیر فعال را بررسی کردند. ۳۰ دانشجوی دختر به صورت تصادفی در سه گروه تمرین روی نوارگردان با محدودیت جریان خون، تمرین روی نوارگردان بدون محدودیت جریان خون و گروه کنترل با محدودیت جریان خون و بدون ورزش. بر اساس تحلیل داده ها، یک جلسه تمرین روی نوارگردان با محدودیت جریان خون باعث افزایش معنادار سطح سرمی هورمون

رشد، عامل رشد شبه انسولین و کورتیزول در مقایسه با مقادیر پیش از ورزش شد. آنها نتیجه گرفتند یک جلسه تمرین روی نوارگردان همراه با محدودیت جریان خون می تواند باعث افزایش بیشتر هورمون های کاتابولیکی - آنابولیکی در دختران غیرفعال شود.

فائزه ناصرخانی و همکاران (۱۳۹۴) تأثیر یک جلسه تمرین روی نوارگردان با محدودیت جریان خون بر سطوح سرمی هورمون های رشد، عامل رشد شبه انسولین - ۱ و کورتیزول در دانشجویان دختر غیرفعال مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که یک جلسه تمرین روی نوارگردان همراه با محدودیت جریان خون می تواند باعث افزایش بیشتر هورمون های کاتابولیک - آنابولیک در دختران جوان غیرفعال شود، از این رو به لحاظ کاربردی به نظر می رسد محدود شدن جریان خون در تمرین راه رفتن روی نوارگردان، خود عامل مهمی در ایجاد پاسخ های حاد هورمونی است و محدودیت اجرایی کمتری در مقایسه با تمرینات قدرتی با شدت بالا دارد و در عین حال، اهدافی را که از تمرینات با شدت بالا انتظار می رود، برآورده می کند و برای طیف وسیعتری از مردم، از جمله افراد غیرفعال، ضعیف، بیمار و مسن قابل اجراست.

حسینی کاخک و همکاران (۲۰۱۲) در این حوزه مطالعه ای تحت عنوان مقایسه اثر تمرینات قدرتی همراه با انسداد عروق بر عملکرد عضلانی و استقامت قلبی - عروقی دختران انجام گرفت. آزمودنی ها شامل ۴۳ دختر جوان بودند که در سه گروه تمرین مقاومتی سنتی (۸۰-۷۰ درصد یک تکرار بیشینه)، تمرین مقاومتی همراه با انسداد عروق (۳۰-۲۰ درصد یک تکرار بیشینه) و گروه کنترل قرار گرفتند. تمرین شامل سه حرکت باز شدن زانو، پرس پا و هاگ پا در ۴ ست تا رسیدن به خستگی به مدت ۸ هفته بود. نتایج حاکی از افزایش معنی دار قدرت عضلانی، استقامت عضلانی و توان انفجاری در گروه های تمرین در مقایسه با گروه کنترل بود با این حال بین گروه های تجربی تفاوت معنی داری وجود نداشت. همچنین در استقامت قلبی - عروقی و توان بی هوازی بین سه گروه تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

فائزه حیدری و همکاران (۱۳۹۳) اثر حاد تمرین مقاومتی کاتسو بر هورمون رشد، عامل شبه انسولینی - ۱ و لاکتات مردان جوان سالم را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که سطوح لاکتات و هورمون رشد در هر دو گروه و طی وهله های دوم به طور معناداری افزایش می یابد. با وجود این، نتایج بیانگر آن بود که بلافاصله پس از فعالیت ورزشی، IGF-1 طی تمرین کاتسو نسبت به تمرین بدون محدودیت به طور معناداری افزایش می یابد. از این نتایج چنین برمی آید که الگوی تغییرات غلظت لاکتات خون و هورمون رشد در هر دو گروه شبیه به هم بود. ضریب همبستگی پیرسون بین سه فاکتور نیز نشان داد که تنها ارتباط بین hGH و لاکتات گروه تمرین کاتسو معنادار است. همچنین تمرین کاتسو به افزایش معنادار IGF-1 نسبت به گروه دیگر منجر شده بود.

شیمیزو و همکاران در سال ۲۰۱۶ با هدف بررسی اثرات تمرین مقاومتی کم شدت با محدودیت جریان خون بر عملکرد اندوتلیال و گردش خون محیطی انجام دادند، نشان داد که تمرین انسدادی عملکرد اندوتلیال عروقی و گردش خون محیطی را در افراد سالم ارتقا بخشد. در این مطالعه ۴۰ نفر شرکت داشتند که به دو گروه تمرین مقاومتی با BFR و گروه کنترل تقسیم شده و پروتکل تمرینی که شامل ۴ حرکت باز کردن زانو، پرس پا رویینگ و پرس سینه بود را اجرا نمودند. اندازه گیری لاکتات، نوراپی نفرین، فاکتور رشد اندوتلیال عروق و هورمون رشد قبل و بعد از ۴ هفته تمرین نشان داد که همه ی این فاکتورها به طور معناداری در گروه تمرین با BFR افزایش یافتند.

سوسا و همکاران (۲۰۱۶) مطالعه ای با عنوان تأثیر تمرینات مقاومتی با محدودیت جریان خون بر گشتاور، فعالیت الکتریکی عضلات و استقامت عضلات موضعی در آزمودنی های سالم انجام دادند. تعداد سی و هفت فرد جوان سالم به چهار گروه تقسیم شدند: گروه تمرینات شدت بالا، شدت پایین با محدودیت جریان خون، شدت بالا و شدت پایین با محدودیت جریان خون و شدت پایین. گشتاور، فعالیت عضلانی و استقامت عضلانی موضعی قبل و بعد از دومین، چهارمین و ششمین هفته از تمرینات ثبت شد. نتایج این مطالعه نشان داد تمام گروه ها افزایش گشتاور، فعالیت عضلانی و استقامت عضلانی موضعی بعد از مداخله را نشان دادند، اما اندازه اثر و مقدار اثر در گروه شدت بالا و شدت پایین و شدت بالا به همراه محدودیت جریان خون بیشتر بود. این محققین چنین نتیجه گیری کردند که گروه با تمرین محدودیت جریان خون (شدت پایین و محدودیت جریان خون و شدت بالا و شدت پایین و محدودیت جریان خون) مقادیر فعالیت الکتریکی عضلانی، گشتاور و استقامت عضلانی موضعی بالاتری در مقایسه با گروه تمرین فشار بالا نشان دادند.

ماتیاس و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر حاد محدودیت جریان خون بر فعالیت الکتریکی و استقامت عضلات در حین اکستنشن دینامیک خسته کننده زانو در بارهای پایین را بررسی کردند. در این مطالعه یازده آزمودنی سالم با سابقه تمرین مقاومتی سه ست اکستنشن زانوی یک طرفه بدون استراحت بین تکرارها را تا رسیدن به ۳۰ درصد گشتاور کانسنتریک یک تکرار بیشینه انجام دادند. یک پا به عنوان تمرین با محدودیت جریان خون و پای دیگر به عنوان کنترل در نظر گرفته شد. فعالیت الکتریکی عضلات چهارسرانی ثبت شد. میزان درک فشار و درد حاد نیز بلافاصله و کوفتگی عضلانی تاخیری در بازه های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تمرین ثبت شد. نتایج این مطالعه نشان داد سطوح الکترومایوگرافی در هر دو وضعیت تمرینی بالا بود اما تفاوت معنی داری بین حداکثر فعالیت الکتریکی عضلانی نبود به جز فعالیت الکتریکی بالاتر در فاز اکسنتریک در سه سوم برای پای غیر درگیر. این محققین چنین نتیجه گیری کردند که تمرینات محدودیت جریان خون در حین اکستنشن دینامیک زانو در شدت پایین، استقامت را کاهش می دهد و حداکثر فعالیت الکتریکی عضله را در مقایسه با شرایط

بدون محدودیت جریان خون افزایش نمی دهد. با این حال، سطوح بالای فعالیت الکتریکی عضلانی پیشنهاد می کند که اجرای اکستنشن دینامیک زانو با شدت پایین، زمانی که نیروهای بالا نمی توانند اعمال شود، ممکن است روشی مفید برای بازتوانی زانو باشد.

پارک و همکاران در همین راستا اثرات پیاده روی با محدودیت جریان خون بر استقامت قلبی - عروقی، توان بی هوازی و قدرت عضلانی را مورد بررسی قرار دادند. شرکت کنندگان در پژوهش بسکتبالیست های دانشگاهی بودند که در دو گروه پیاده روی با BFR و بدون BFR قرار گرفته و ۵ ست ۳ دقیقه ای راه رفتن (با سرعت ۴ تا ۶ کیلومتر در ساعت) را با ۱ دقیقه استراحت بین و هله ها انجام دادند. تمرینات ۲ بار در روز، ۶ روز در هفته و به مدت ۲ هفته اجرا شد. حداکثر اکسیژن مصرفی و حداکثر تهویه دقیقه ای به صورت معناداری در گروه پیاده روی با BFR افزایش یافت. توان بی هوازی به میزان ۲/۵ درصد در گروه تمرین BFR افزایش داشت که از نظر آماری معنادار نبود. اما تغییری در اوج توان و قدرت عضلانی مشاهده نشد.

کارابولات و همکاران (۲۰۱۱ و ۲۰۱۳) در مطالعه ای که بر ۳۴ مرد جوان بررسی کردند، دریافتند که ترکیب بدن و اندازه ران تاثیر معنی داری بر فشار محدودیت جریان خون دارند و علاوه بر این EMG به طور قابل توجهی تحت تاثیر تنگی کاف و ضخامت چربی پوست و زیر پوست قرار دارد.

ورن بوم و همکاران (۲۰۰۹) پاسخ یک جلسه تمرین انسداد جریان خون با مقاومت کم را در ۱۱ فرد بررسی کردند، نتایج EMG آنها بین عضوهای با و بدون محدودیت انسداد جریان خون تفاوت معنی داری نداشت.

یاسودا و همکاران خود (۲۰۱۳) در طی تحقیقات مختلف این گونه نتایج را عنوان کرد که تحریکات عصبی عضلانی در تمرینات انسداد جریان خون مداوم و متناوب تفاوت معنی داری وجود ندارد. در تحقیقی دیگری نیز یاسودا و همکاران (۲۰۱۴) اثر انسداد جریان خون با مقاومت کم بر عضلات بالاتنه را بررسی کردند و نتیجه گرفتند EMG نسبت به قبل تمرین افزایش معناداری داشته است. در نهایت یاسودا به همراه همکاران خود (۲۰۱۴ ب) در تحقیق دیگری اثر تمرینات انسداد جریان خون عضلات بالاتنه را تا سرحد خستگی سنجیدند و تفاوت معناداری بین تمرین با و بدون محدودیت جریان خون مشاهده نکردند.

نتیجه گیری

در زمینه ایجاد محدودیت جریان خون در کاراته کاها و انجام کارهای مهارتی، محقق با جستجو در پایگاه های علمی تحقیق مشابهی را نتوانست پیدا کند. با توجه به پیشینه ای که بیان شد مشخص است که تاثیر این تمرینات بر پارامترهای مختلف فیزیولوژیکی در تمرینات مختلف بررسی شده است. با این حال تاثیر این تمرینات از منظر بیومکانیک و آسیب شناسی مورد بررسی قرار نگرفته است. به عنوان مثال تغییر در فراخوانی عضلات آگونیست و آنتاگونیست می تواند باعث ایجاد آسیب در حرکات انفجاری مانند ضربه زوکی کاراته شود. چون هنگام ضربه زوکی عضلات سه سر بازویی می بایست به صورت کانسنتریک منقبض شوند تا ضربه با قدرت انجام شود. این در حالی است که عضله دوسر بازویی به عنوان عضله آنتاگونیست می بایست به موقع فعال شود تا از باز شدن بیش از حد مفصل آرنج جلوگیری کند و باعث بروز آسیب نشود. بنابراین اگر چه تاثیر مثبت این تمرینات بر پارامترهای مختلف فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفته است، با این حال مشخص نیست که آیا این تمرینات باعث تغییر در فراخوانی عضلات آگونیست و آنتاگونیست می شود یا خیر.

منابع و مراجع

- [۱] حسینی کاخک ع. شریفی ا. مقایسه اثر تمرینات قدرتی سنتی با تمرینات قدرتی همراه با انسداد عروق بر عملکرد عضلانی و استقامت قلبی - عروقی در دختران جوان. نشریه علوم زیستی ورزشی. ۲۰۱۲؛ ۴(۱۰): ۹۵-۱۱۴.
- [۲] صادقی حیدر، موسوی سید خلیل، نبوی نیک حسین. (۱۳۹۳). راهنمای آزمایشگاه بیومکانیک ورزشی. چاپ دوم. تهران. انتشارات حتمی.
- [۳] عارف باسره ، خسرو ابراهیم ، فریبرز هوانلو ، پونه دهقان ، کیوان خرمی پور ، اثر میزان محدودیت جریان خون هنگام فعالیت ایزومتریک بر غلظت هورمون رشد و تستوسترون مردان فعال. ۲۰۱۶
- [۴] فائزه حیدری ، سیدرضا عطارزاده حسینی ، صادق عباسیان ، اثر حاد تمرین مقاومتی کاتسو بر هورمون رشد، عامل شبیهانسولینی - ۱ و لاکتات مردان جوان سالم. ۱۳۹۵، ۸(۴) ۴۴۷ - ۴۶۳.
- [5] Brittany R. Counts, Scott J. Dankel, Brian E. Barnett, Daeyeol Kim, J. Grant Mouser, Kirsten M. Allen, Robert S. Thiebaud, Takashi Abe, Michael G. Bemben, Jeremy P. Loenneke. (2016). Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. *Muscle & Nerve*. 53: 438-445.
- [6] Christopher A. Fahs, Jeremy P. Loenneke, Robert S. Thiebaud, Lindy M. Rossow, Daeyeol Kim, Takashi Abe, Travis W. Beck, Daniel L. Feedback, Debra A. Bemben, Michael G. (2014). Bemben Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 35(3); 167-176.
- [7] Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9(1):166-172.
- [8] Crenshaw, Albert G, Hargens, Alan R, Gershuni, David H, & Rydevik, Björn. (1988). Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. *Acta Orthopaedica*, 59(4), 447-451.
- [9] De Luca, C.J. Electromyography. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, (John G. Webster, Ed.) John Wiley Publisher, 98-109, 2006.
- [10] Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007; 37(12):754-62.
- [11] Fahs, Christopher A, Loenneke, Jeremy P, Rossow, Lindy M, Thiebaud, Robert S, & Bemben, Michael G. (2012). Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *J Trainology*, 1, 14-22.
- [12] Geffken, D. F., Cushman, M., Burke, G. L., Polak, J. F., Sakkinen, P. A., & Tracy, R. P. (2001). Association between physical activity and markers of inflammation in a healthy elderly population. *American journal of epidemiology*, 153(3), 242-250.
- [13] Hermens, H. J., et al. (2000). "Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures." *Journal of Electromyography and Kinesiology* 10(5): 361-374.
- [14] Horiuchi, M. and Okita, K. (2012). Blood flow restricted exercise and vascular function. *International Journal of Vascular Medicine*, 543218.
- [15] Horiuchi, Masahiro, & Okita, Koichi. (2012). Blood Flow Restricted Exercise and Vascular Function. *International journal of vascular medicine*, 2012.
- [16] Huffman, K. M., Samsa, G. P., Slentz, C. A., Duscha, B. D., Johnson, J. L., Bales, C. W., ... & Kraus, W. E. (2006). Response of high-sensitivity C-reactive protein to exercise training in an at-risk population. *American heart journal*, 152(4), 793-800..
- [17] Karabulut, M. and Perez, G. (2013). Neuromuscular response to varying pressures created by tightness of restriction cuff. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(6), 1494-8.
- [18] Konrad, P. (2005). "The abc of emg." *A practical introduction to kinesiological electromyography* 1: 30-35.
- [19] Shima, N., et al. (2002). "Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining." *European Journal of Applied Physiology* 86(4): 287-294.

- [20] Sugaya, M., Yasuda, T., Suga, T., Okita, K. & Abe, T. (2011). Change in intramuscular inorganic phosphate during multiple sets of blood flow restricted low-intensity exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(5), 411-3.
- [21] Yasuda, T., Fukumara, K., Fukuda, T., Iida, H., Imuta, H., Sato, Y., Yamasoba, T. & Nakajima, T. (2014a). Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. *Scandinavian Journal of Muscle and Science in Sports*, 24(1), 55-61.
- [22] Yasuda, T., Loenneke, J. P. Ogasawara, R. & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 419-26.