
اثر انقباض ایزومتریک در تولید اسید لاکتیک روی عضو فعال و بررسی تاثیر آن روی میزان اسید لاکتیک عضو غیر فعال

مهدی کسب پرست^{۱*}، حمید طباطبایی^۲، آزاده معماری^۳، پریسا زارعی^۴، رضا عبدی^۵

ص ص: ۶۷-۸۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۷

تاریخ تصویب: ۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

هدف از انجام دادن این مطالعه، بررسی اثر انقباض ایزومتریک در تولید اسید لاکتیک بر روی عضو فعال و بررسی تاثیر آن بر میزان اسید لاکتیک عضو غیر فعال است. به منظور انجام دادن پژوهش، تعداد ۱۲ نفر از دانشجویان پسر غیر ورزشکار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب در دامنه سنی ۲۰ الی ۲۲ سال ($21/8 \pm 4/12$) که سابقه تمرین ورزشی منظم طی دو سال اخیر را نداشته اند، با توجه به تمایل شخصی برای شرکت در پژوهش، حاضر شدند. برای اجرای برنامه پژوهش در آغاز، میزان اسید لاکتیک در زمان استراحت پیش از اجرای آزمون در دست فعال و غیر فعال اندازه گیری شد آزمودنی‌ها در یک جلسه توجیهی شرکت کردند و روش کار برای آنان شرح داده شد و برای انجام دادن آزمون در جلسه بعدی آماده شدند. پیش از آغاز آزمون، ابتدا میزان اسید لاکتیک خون آزمودنی‌ها در حالت استراحت اندازه گیری شد تا اطمینان حاصل شود که آزمودنی‌ها پیش از اجرای آزمون، فعالیتی نداشته اند؛ سپس هر یک از افراد، انقباض ایزومتریک را تا سرحد خستگی انجام دادند. شیوه اجرای انقباض ایزومتریک به این شکل بود که دمبل با وزنه‌ای معادل ۷۰٪ حداکثر قدرت عضلات خم کننده آرنج برای هر آزمودنی انتخاب شد و تا سر حد خستگی وزنه را در زاویه ۹۰ درجه آرنج نسبت به بازو برای مدت ۴۵ ثانیه نگه داشتند و این کار با استراحت‌های ۱۵ ثانیه‌ای تکرار شد تا مدت کل فعالیت به دو دقیقه برسد. بلافاصله پس از پایان فعالیت، میزان اسید لاکتیک در عضو فعال و غیر فعال اندازه گیری شد. اطلاعات جمع آوری

mehdikasbparast@gmail.com

۱- عضو هیات علمی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

۲- عضو هیات علمی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

۳- دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

۴- دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

۵- دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

شده از طریق آزمون تی همبسته مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج پژوهش نشان داد که پس از انقباض ایزومتریک لاکتات در عضلات فعال انباشته شده است ($\alpha = 1\%$). با توجه به اینکه اندازه گیری اسید لاکتیک در عضو غیر فعال بلافاصله پس از پایان دوره تمرینی صورت گرفت نتایج به دست آمده بیانگر این موضوع است که انتقال لاکتات در خون به عضو غیر فعال به اندازه‌ای نیست که بتواند عضو را تحت تاثیر قرار دهد ($\alpha = 1\%$). از سویی، آزمودنی‌ها پس از پایان دوره تمرین‌های ایزومتریک در عضو غیرفعال اظهار خستگی نکردند که نتایج آماری به دست آمده در این پژوهش را مورد تایید قرار می‌دهد. نتایج به دست آمده از این پژوهش آثار تجمع لاکتات در عضو فعال و انتقال آن به عضو غیرفعال را تایید نمی‌کند و با نظریه انتقال قدرت و استقامت عضلانی از عضو تمرین کرده به عضو تمرین نکرده (انتقال عرضی) همخوانی ندارد.

واژه‌های کلیدی: عضو فعال، عضو غیرفعال، اسید لاکتیک، انتقال عرضی

مقدمه

یکی از عوامل مهم ایجاد خستگی و ناتوانی عضلات برای ادامه فعالیت، تجمع اسید لاکتیک در خون و عضلات است که امکان ادامه فعالیت را از عضلات سلب می‌کند (۱). فعالیت‌هایی که در مدت ۱ تا ۳ دقیقه با بیشترین سرعت و قدرت انجام می‌گیرند، موجب تحریک دستگاه اسید لاکتیک برای تولید انرژی می‌شوند. در این وضعیت، مواد قندی ذخیره شده در عضلات به سرعت و بدون حضور اکسیژن تجزیه و سپس به اسید لاکتیک تبدیل می‌شوند که در نتیجه مقدار کمی انرژی برای انجام دادن فعالیت در اختیار عضله قرار می‌گیرد (۳). روند تولید اسید لاکتیک محدود است و طی چند دقیقه فعالیت شدید و تجمع بیش از حد آن در بدن موجب بروز خستگی و ناتوانی عضلات برای ادامه فعالیت می‌شود و فرد از فعالیت باز می‌ماند (واماندگی). این موضوع در افرادی که دارای فعالیت‌های بدنی با یک عضو خاص هستند (به عنوان مثال فعالیت فقط با دست راست) نیز صدق می‌کند. با توجه به وضعیت ایجاد شده برای دست راست، این پرسش مطرح می‌شود که آیا عضو مقابل (دست چپ) نیز تحت تاثیر این فعالیت قرار می‌گیرد و تجمع اسید لاکتیک به واسطه جریان خون در این عضو نیز جریان دارد یا خیر؟

برای پاسخ به این پرسش، موضوع انقباض‌های عضلانی به شیوه‌های گوناگون مورد توجه قرار گرفته است؛ بنابراین پرسشی که پیش می‌آید این است که انقباض ایزومتریک چه آثاری را می‌تواند در تجمع اسید لاکتیک عضو مخالف ایجاد کند و آیا جریان خون در این نوع انقباض در انتقال اسید لاکتیک عضو مخالف می‌تواند تاثیر گذار باشد یا خیر؟

میزان جذب و خروج اسید لاکتیک از عضلات و رسیدن اکسیژن به آنها به حجم خونی بستگی دارد که در واحد زمان از شبکه عروق ماهیچه‌ها می‌گذرد؛ از این رو وقتی افراد در دوره

بازگشت به استراحت، قدم می‌زنند و یا به آهستگی راه می‌روند، میزان حذف اسید لاکتیک از گردش خون آنها بیشتر از افرادی است که در این دوره استراحت می‌کنند.^(۲)

این واقعیت که تمرین دادن عضلات یک اندام (مربوط به یک سمت بدن) سبب بهبود قدرت استقامت عضلانی و حتی یادگیری مهارت‌های حرکتی در سمت دیگر (سمت مخالف) می‌شود، علاقه و توجه پژوهشگرانی را به خود جلب کرده که در زمینه تربیت بدنی، پزشکی، ورزشی، درمانی و بازتوانی به کار مشغول هستند. حتی امروزه اساس منطقی این انتقالِ قرینه‌ای کاملاً شناخته نشده است. بسیاری از پژوهشگرانی که اساس تئوریک این پدیده را مطالعه می‌کنند، معتقد هستند که توضیح این انتقال به حوزه عصب‌شناسی مربوط است.

از گذشته‌های دور تا به امروز پدیده انتقال عرضی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته که می‌توان به هلبران^۱ و همکارانش اشاره کرد. آنها در سال‌های ۱۹۴۷، ۱۹۵۰ و ۱۹۵۱ پژوهش‌های چشمگیری را در این زمینه انجام داده‌اند.

همچنین هتینگر^۲ و مولر در سال ۱۹۵۵ طی پژوهش‌هایی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تاثیر متقابل در طرف دیگر بدن و انتقال خستگی زمانی رخ می‌دهد که از تمرین‌های ایزومتریک استفاده شود.

آرای^۳ پژوهشی را انجام داد که در آن شش نوع گوناگون از تمرین را در مورد افرادی به کار برد که قادر به حرکت دادن پای خود نبودند و نتایج استفاده از الکتروکاردیو گرافی نیز نشان داد که انتقال عرضی قدرت از پای تمرین کرده به پای تمرین نکرده صورت گرفته است. انتقال برخی فاکتورها نظیر؛ قدرت عضلانی از یک عضو به عضو مقابل بر اثر تمرین‌های با وزنه مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که هر گاه فردی که به دلیل صدمه در یک عضو قادر به انجام دادن

1-Hellebrandt

2-Hettinger

3- Arai

فعالیت با آن نباشد، اجرای تمرین‌های مستمر با عضو مخالف از آتروفی و کاهش قدرت عضلانی جلوگیری می‌کند. نتایج پژوهش‌های کلمن^۱ در سال ۲۰۰۴ نشان داد که با استفاده از تمرین‌های ایزومتریک و ایزوتونیک علاوه بر افزایش قدرت در عضلات تمرین کرده، افزایش قابل توجهی نیز در قدرت عضلات عضو مقابل مشاهده می‌شود. انجام دادن فعالیت‌های شدید و خسته کننده موجب تجمع اسید لاکتیک در عضله و خون می‌شود و این موضوع ادامه فعالیت را برای فرد دشوار می‌سازد تا جایی که قادر به انجام دادن فعالیت نخواهد بود. از سوی دیگر، تمرین‌های پیاپی باعث افزایش تحمل اسید لاکتیک می‌شود و خستگی را به تعویق می‌اندازد. در مورد انتقال اسید لاکتیک از یک عضو به عضو مقابل و آثار آن برای بروز خستگی در عضو مخالف، ابهاماتی وجود دارد. موضوع فوق به این دلیل حائز اهمیت است که نتایج پژوهش‌ها در این زمینه می‌تواند اطلاعات مفیدی را در مورد چگونگی انتقال عرضی به واسطه جریان خون به عضو مخالف بدن در اختیار پژوهشگران و علاقه مندان قرار دهد.

راجر جی استون^۲ (۲۰۱۱) پژوهشی در مورد اثر تمرین‌های انقباض برونگرا در عضلات تا کننده آرنج و تاثیر آن بر نگهداری اثر تمرین‌های انجام شده در دست طرف مقابل (که دچار آسیب شده بودند) انجام داد و اعلام کرد که میزان قدرت و اسید لاکتیک در عضو مقابل (که فاقد تمرین بوده) به طور مشخص افزایش یافت.

ماگنوس^۳ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی انتقال عرضی در حین ۴ هفته تمرین در ناحیه شانه با ارزیابی قدرت، اندازه و میزان فعالیت عضله در سمت تمرین کرده و تمرین نکرده پرداختند. نتایج نشان داد که انتقال عرضی در اندام بی تحرک پس از تمرین باز کردن آرنج موثرتر بود و همچنین تمرین قدرتی در اندازه و قدرت برای اندام

1- Coleman

2- Eston

3- Magnus

فعال مفیدتر از اندام بدون تحرک بود.

کولمن^۱ (۱۹۶۹) به این نتیجه رسید که تاثیر متقابل و ایجاد خستگی و انتقال آن در هر دو روش ایزومتریک و ایزوتونیک به یک اندازه حاصل می شود. اوتوویچ و همکارانش پژوهشی را انجام دادند که در آن، تاثیر انقباض درونگرا در عضلات باز کننده ران را بر روی عضو تمرین کرده و تمرین نکرده اندازه گیری می کرد. نتایج نشان داد که ۱۲ هفته تمرین تاثیر قابل توجهی هم بر روی عضو تمرین کرده و هم بر روی عضو تمرین نکرده داشته است.

بزیرا^۲ و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی انقباض ایزومتریک در پای راست پرداختند و بیان داشتند که افزایش قدرت، بدون هایپرترافی در پای تمرین نکرده، "نظریه انتقال عرضی" را تایید می کند. همچنین در پژوهشی دیگری که پیتر جی مارتین^۳ و همکاران انجام دادند، تاثیر انجام دادن تمرین بر روی عضلات چهارسر رانی، میزان خستگی و اثر آن در عضلات چهارسر ران پای مقابل در مردان و زنان را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان خستگی در اندام مقابل برای مردان بیشتر از زنان بوده است؛ در واقع مشاهده شد که انتقال عرضی در بین زنان و مردان متفاوت است.

جودی راتی^۴ و همکارانش در پژوهش دیگری اثر انقباض های ایزومتریک در عضلات باز کننده ساق پا و ایجاد خستگی در همان گروه از عضلات در پای مقابل را مورد سنجش قرار داد. ارزیابی دستگاه الکترومیوگراف در عضو غالب نشان داد که میزان تنش در عضو غالب به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت؛ ولی در عضو غیر غالب تغییر قابل توجهی دیده نشد.

فارتینگ و همکارانش پژوهشی را بر روی انتقال قدرت عضلانی در افراد راست دست انجام دادند که نتایج به دست آمده نشان داد انتقال قدرت در افراد راست دست

1- Coleman

2- Bezerra

3- Martin

4- Rattey

به نسبت افراد چپ دست بیشتر بوده است.

بعضی از پژوهشگران از جمله "لی"^۱ تاثیر انتقال عرضی را با گیرنده‌های عصبی مرتبط می‌دانند. این گیرنده‌ها در پایه مغز وجود دارند و باعث می‌شوند هرگاه در عضوی، تمرینی مقاومتی اعمال شود؛ آثار آن تمرین مقاومتی نه تنها در عضو تمرین کرده بلکه به دلیل همین گیرنده‌های عصبی به عضو تمرین نکرده نیز منتقل می‌شود. از دیگر پژوهشگران در این عرصه می‌توان به ژو^۲ اشاره کرد که انتقال قدرت از عضو تمرین کرده، به عضو تمرین نکرده را در نتیجه سازگاری عصبی می‌داند.

گابریل تاد^۳ و همکارانش (۲۰۰۳) اثر تمرین‌های انقباضی بر روی دست را به دو شکل مورد ارزیابی قرار دادند. گروه اول ۴ دقیقه انقباض‌های متوالی و گروه دوم نیز به همین تعداد و همان شکل انقباض را اجرا کردند با این تفاوت که بین هر دقیقه فعالیت یک دقیقه استراحت در نظر گرفته شده بود. نتایج حاصل نشان داد که گروه با انقباض‌های یک دقیقه استراحت، تغییر قابل ملاحظه‌ای در میزان ایجاد خستگی عضو طرف مقابل نداشتند و در هر دو گروه دست طرف مقابل دچار خستگی شده بودند. شیمای^۴ و همکاران (۲۰۰۲) اعلام کردند که انتقال عرضی و افزایش قدرت در اندام قرینه می‌تواند به عوامل دستگاه عصبی مرکزی وابسته باشد و فقط منحصر به دوران بی‌تمرینی نیست.

هارتوباگی^۵ و همکاران (۱۹۹۷، ۱۹۹۹) پژوهشی را بر اساس اثر بیشتر انتقال عرضی به دنبال تمرین در عضله‌ای که ابتدا طویل و سپس کوتاه شده، انجام دادند. این پژوهش بر روی عضلات دوسر رانی و پهن خارجی با استفاده از الکترومیوگراف صورت گرفت. آنها پی بردند که انتقال عرضی بیشتر به دنبال تمرین عضله‌ای که طویل شده

1- Lee

2-Zhou

3- Todd

4- Shima

5-Hartobagyi

صورت می‌گیرد؛ زیرا ساخت و کار پیام‌های آوران و وابران، عضلات بدون تمرین (سمت قرینه) را بیشتر فعال می‌کند.

در سال ۱۹۹۲ میلادی گارفینکل^۱ پژوهشی را انجام داد که هدف آن بررسی اثر تمرین با یک پا بر روی قدرت، توان و استقامت پای سمت مقابل بود. منظور این امر ابتدا قدرت و عمل عضلات اکستنسور و همچنین عضلات فلکسور زانو با استفاده از سایبکس داینامومتر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در هر دو عضله چهارسر رانی و همسترینگ اثر انتقال عرضی فاکتورهای مورد نظر از عضو تمرین کرده به عضو تمرین نکرده می‌توان ملاحظه کرد؛ حتی استقامت نیز در عضلات مذکور به خوبی قدرت و توان منتقل شده بود.

موریتانی^۲ و همکاران (۱۹۷۹) پژوهشی را براساس هایپرتروفی عضله به دنبال ۸ هفته تمرین قدرتی ایزوتونیک انجام داد. نتایج مشخص کرد که هایپرتروفی پس از ۳ الی ۵ هفته نمایان می‌شود و همچنین عضلات خم‌کننده دست مخالف، فرضیه انتقال عرضی را تایید کرد و مشخص ساخت که این تمرین‌ها با سطوح مختلف تحریک دستگاه عصبی می‌تواند باعث افزایش حداکثر میزان فعالیت عضله شود.

کسب پرست (۱۳۷۳) پس از پژوهشی اظهار کرد اگر فردی دچار شکستگی یا در رفتگی یا هر عامل دیگری شود که به محدودیت حرکتی در یکی از اندام‌های فوقانی و یا تحتانی بینجامد، نباید نگران این نکته باشد که بی‌حرکتی عضو آسیب دیده، دچار آتروفی شود؛ بلکه با انجام دادن تمرین‌های قدرتی - درمانی و استفاده از یک برنامه منظم و مناسب جهت عضو طرف مقابل نه تنها می‌توان از آتروفی شدن عضو جلوگیری کرد؛ بلکه نسبت به تقویت آن نیز می‌توان اقدام کرد و اظهار داشت که "تمرین‌های قدرتی در عضلات یک عضو می‌تواند باعث افزایش قدرت همان عضلات در عضو طرف

1- Garfinkel

2- Moritani

مقابل شود. با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده می‌توان چنین بیان کرد که این پدیده فیزیولوژیک که با اسامی مختلف از جمله؛ اثر متقابل عضو، انتقال قرینه ای، انتقال عرضی، تاثیر متقابل و پرورش عرضی معرفی شده، امری است که به طور قطع اتفاق می‌افتد و افزایش قدرت، استقامت و توان در عضو تمرین نکرده در نتیجه افزایشی است که در فاکتورهای مذکور در عضو تمرین کرده به وجود می‌آید؛ ولی با توجه به کیفیت انجام دادن تمرین‌ها و اجرای برنامه‌های مختلف، اختلاف‌هایی مشاهده می‌شود که شاید تناقض‌هایی را ایجاد کنند. در مورد با انتقال اسید لاکتیک نیز این امر صدق می‌کند و پژوهش‌های مختلف نتایج گوناگونی را نشان می‌دهد.

روش شناسی پژوهش:

در این پژوهش که نیمه تجربی است، یک گروه نمونه آماری انتخاب شد تا آثار انقباض عضلانی ایزومتریک بر روی تجمع اسید لاکتیک در عضو فعال و غیرفعال مورد بررسی قرار گیرد.

جامعه آماری پژوهش را دانشجویان پسر غیر ورزشکار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تشکیل دادند (N= ۵۴). برای اجرای پژوهش، پژوهشگر تعداد ۱۲ نفر از دانشجویان پسر غیر ورزشکار (بدون سابقه بیماری خاص) در رده سنی ۲۰ الی ۲۲ سال را که همگی راست دست بوده و سابقه ورزشی منظم در طی دو سال اخیر نداشتند، با توجه به تمایل آنها برای شرکت در پژوهش، انتخاب کردند.

جدول ۱: مشخصات فردی آزمودنی‌ها

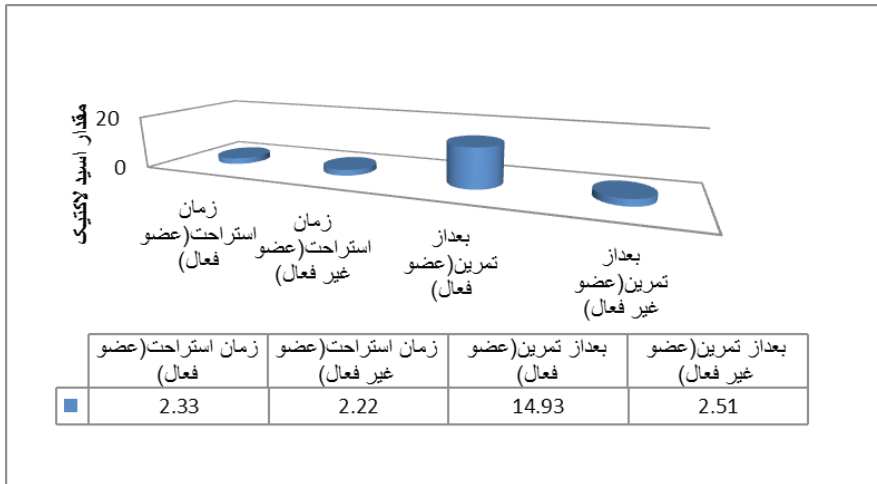
سن(سال)	۲۱.۸±۴.۱۲
قد(سانتیمتر)	۱۷۷.۶±۶.۸
وزن(کیلوگرم)	۸۲.۳±۲.۲

آزمودنی‌ها در یک جلسه توجیهی شرکت کردند و روش کار برای آنان شرح داده شد و سپس برای انجام دادن آزمون در جلسه بعدی آماده شدند. پیش از آغاز آزمون، ابتدا میزان اسید لاکتیک خون آزمودنی‌ها در حالت استراحت اندازه گیری شد تا اطمینان حاصل شود که آزمودنی‌ها پیش از اجرای آزمون، فعالیتی نداشته‌اند؛ سپس هر یک از افراد، انقباض ایزومتریک را تا سرحد خستگی انجام دادند. شیوه اجرای انقباض ایزومتریک به این شکل بود که دمبلی با وزنه‌ای معادل ۷۰٪ قدرت بیشینه عضلات خم کننده آرنج برای هر یک از آزمودنی‌ها انتخاب شد؛ آنگاه آنان تا سر حد خستگی وزنه را در زاویه ۹۰ درجه آرنج نسبت به بازو برای مدت ۴۵ ثانیه نگه داشتند و این کار با استراحت‌های ۱۵ ثانیه‌ای تکرار شد تا مدت کل فعالیت به دو دقیقه برسد. بلافاصله پس از پایان یافتن فعالیت، اندازه گیری میزان اسید لاکتیک در عضو فعال و غیر فعال به مرحله اجرا درآمد.

نتایج حاصل با استفاده از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف استاندارد، نمودارها و فراوانی‌ها، آمار استنباطی و آزمون تی گروه همبسته به منظور مقایسه مقادیر پیش از آزمون و پس از آزمون، مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش:

نتایج آزمون t همبسته نشان داد که میانگین اسید لاکتیک آزمودنی‌ها در زمان استراحت برای عضو فعال و غیر فعال به ترتیب ۲/۳۳ و ۲/۲۲ بود و میانگین لاکتات آزمودنی‌ها پس از انقباض ایزومتریک با پایان یافتن دوره فعالیت در دست فعال ۱۴/۹۳ و در دست غیر فعال ۲/۵۱ بود.



شکل ۱: مقایسه میزان اسید لاکتیک در زمان استراحت و پس از انقباض ایزومتریک در عضو فعال و غیرفعال

با توجه به میانگین میزان تجمع اسید لاکتیک پس از انقباض‌های ایزومتریک در عضو فعال که ۱۴/۹۳ و در زمان استراحت ۲/۳۳ بود، نتایج به دست آمده در آزمون تی همبسته درمیزان تجمع لاکتات دست راست یا دست فعال اختلاف معنی‌داری ($\alpha = 0/01$) را نشان داد.

از بررسی میزان تجمع اسید لاکتیک عضو غیرفعال با توجه به اینکه میانگین میزان تجمع اسید لاکتیک پس از انقباض‌های ایزومتریک ۲/۵۱ و در زمان استراحت ۲/۲۲ بود نتایج به دست آمده در آزمون تی همبسته اختلاف معنی‌داری ($\alpha = 0/01$) را در تجمع اسید لاکتیک در دست چپ یا دست غیر فعال نشان نداد.

بحث و نتیجه گیری

آثار تجمع اسید لاکتیک در خون از جمله؛ احساس خستگی، ناتوانی یا کاهش انگیزه برای ادامه فعالیت، تصمیم‌های نادرست و... بر همگان بویژه "مربی‌ان و ورزشکاران

روشن است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که انجام دادن فعالیت‌های شدید با حداکثر شدت و سرعت به مدت ۱ الی ۳ دقیقه، موجب تجمع لاکتات در خون و عضله می‌شود که این امر با ایجاد خستگی و در نتیجه ناتوانی در ادامه فعالیت همراه است. اسید لاکتیک انباشته شده در عضلات فعال به تدریج در روندهای مختلفی دفع می‌شود و پس از چند ساعت با پایان فعالیت، میزان لاکتات در عضله به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر به علت وجود جریان خون در عضلات بدن، ممکن است اسید لاکتیک تولید شده از عضو فعال به سایر اندام‌های غیر فعال نیز انتقال یابد.

برای پاسخ به پرسش فوق، اثر انقباض ایزومتریک بر تجمع اسید لاکتیک عضو فعال مورد بررسی قرار گرفت و سرانجام به مقایسه انتقال اسید لاکتیک به عضو غیر فعال پس از فعالیت پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد که پس از انقباض ایزومتریک، تجمع لاکتات در عضلات فعال مشاهده می‌شود که آزمون آماری نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد. این نتیجه با سایر پژوهش‌های مشابه انجام شده همخوانی دارد (کلمن - هتینگر - هلبران). نتایج به دست آمده شاید به این دلیل باشد که در انقباض‌های ایزومتریک به علت کاهش جریان خون در عضله و کمبود اکسیژن، امکان استفاده از دستگاه گلیکولیز بی‌هوازی به منظور تامین انرژی افزایش می‌یابد و این امر موجب تجمع قابل توجه لاکتات در عضلات می‌شود.

از سوی دیگر، میزان تجمع اسید لاکتیک در عضو غیر فعال به مقدار قابل توجهی کمتر از عضو فعال در انقباض ایزومتریک بود. نتایج آزمون آماری نیز اختلاف معنی‌داری را در این مورد نشان داد. این موضوع تاییدی است بر این فرضیه که در عضو غیر فعال آثار خستگی به علت تجمع لاکتات وجود ندارد. با توجه به اینکه اندازه‌گیری اسید لاکتیک در عضو غیر فعال بلافاصله پس از پایان دوره تمرینی صورت گرفت، نتایج به دست آمده بیانگر این موضوع است که انتقال لاکتات در خون به عضو غیر

فعال به اندازه‌ای نیست که بتواند عضو را تحت تاثیر قرار دهد که این یافته با نتیجه پژوهش (جودی راتی) همخوانی دارد. از سوی آزمودنی‌ها پس از پایان دوره تمرین‌های ایزومتریک، در عضو غیرفعال اظهار خستگی کردند را نداشتند که نتایج آماری به دست آمده در این پژوهش را مورد تایید قرار می‌دهد. نتایج به دست آمده از این پژوهش آثار تجمع اسید لاکتیک در عضو فعال و انتقال آن به عضو غیرفعال را تایید نمی‌کند و با پژوهش‌های انجام شده در مورد انتقال قدرت و استقامت عضلانی از عضو تمرین کرده به عضو تمرین نکرده همخوانی ندارد (موریتانی - گارفینکل - کسب پرست). علت همخوان نبودن نتایج شاید به این دلیل باشد که اجرای تمرینات ویژه برای افزایش قدرت و استقامت در مدت زمان طولانی آثار خود را نشان می‌دهند و در پی انجام دادن این تمرین‌ها به مرور زمان افزایش قدرت و استقامت در عضو غیرفعال اتفاق می‌افتد؛ ولی در مورد میزان انتقال اسید لاکتیک از عضو فعال به عضو غیر فعال باید اشاره کرد که این پژوهش به دنبال یک جلسه تمرین خسته کننده انجام شده است. در یکی از پژوهش‌های انجام شده (فارتینینگ) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد، عضو غالب و عضو غیر غالب مطرح بوده است و بر اساس این پژوهش انتقال قدرت در افرادی که عضو غالب آنها دست راست بوده به نسبت کسانی که عضو غالب آنها دست چپ بوده است، بهتر صورت گرفته که شاید نا همخوان بودن این دو پژوهش مربوط به همین عضو غالب و غیر غالب باشد در واقع در پژوهش حاضر ملاک شرکت در آزمون عضو برتر یا غیر برتر نبوده است

همچنین انتقال عرضی قدرت و استقامت عضلانی (به عضو غیرفعال) به واسطه جریان‌های عصبی نیز انجام می‌شود؛ ولی در مورد انتقال عرضی لاکتات، جریان خون می‌تواند تاثیرگذار باشد؛ بنابراین علت تفاوت را ممکن است بتوان در شیوه انتقال بین این دو موضوع ذکر کرد. با توجه به اینکه هیچ پژوهش خارجی و داخلی مشابه این

پژوهش مشاهده نشد و این پژوهش برای نخستین بار انجام شده است، بنابراین برای اظهار نظر قطعی و پاسخ به این پرسش که: آیا لاکتات انباشته شده از عضو فعال به عضو غیر فعال پس از پایان فعالیت خسته کننده و شدید انتقال می یابد و باعث ایجاد خستگی در عضو غیر فعال می شود، یا نه؟ به پژوهش های بیشتری در این زمینه نیازمندیم.

منابع

- ۱- ادینگتون و ادگرتون، بیولوژی فعالیت بدنی، ترجمه حجت اله نیکبخت، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، چاپ هشتم ۱۳۹۰.
- ۲- سندگل. حسین، فیزیولوژی ورزش، جلد اول، انتشارات کمیته ملی المپیک ۱۳۷۲.
- ۳- رابرت. رابرتس. اسکات، . مبانی فیزیولوژی ورزش برای آمادگی، اجرا و سلامتی، ترجمه دکتر خسرو ابراهیم و مجید کوزه چیان، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۵.
- ۴- کسب پرست، مهدی (۱۳۷۳) اثر تمرین قدرتی روی یک عضو و بررسی تاثیر آن روی عضو مقابل. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی
- 5-Arai, M., Shimizu, H., Shimizu, ME., Tanaka, Y., Yanagisawa, K., (2001), Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles. Hiroshima J Med Sci. 50(3):65-73.
- 6-Bezerra, P., Zhou, S., Crowley, Z., Brooks, L., Hooper, A., (2009). Effect of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area. Muscle & Nerve, 40(3):430-437.
- 7-Coleman AE. (2004) A comparison of isotonic and isometric exercised performed on contralateral limbs. Am Correct Ther J. 23(6):163-6.
- 8-Coleman AE (1969) Effect of unilateral isometric and isotonic contractions on the strength of the contralateral limb. Res Q 40:490-495.
- 9-Evetovich, TK., Housh, TJ., Housh, DJ., Johnson, G., Smith, DB., Ebersole, KT (2001)., The effect of concentric isokinetic strength training of the quadriceps femoris on electromyography and muscle strength in the trained and untrained limb. J Strength Cond Res., , 15: 439-445.
- 10-Farthing, JP., Chilibeck, PD., Binsted, G., (2005) , Cross-education of arm

muscular strength is unidirectional in right-handed individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(9):1594-600.

11-Gabrielle Todd, Janet L Taylor, S C Gandevia.(2003). Measurement of voluntary activation of fresh and fatigued human muscles using transcranial magnetic stimulation. *J Physiol*, 551(Pt 2): 661-671.

12-Garfinkel, S., Cafarelli E. (1992), Relative changes in maximal force, EMG, and muscle cross-sectional area after isometric training. *Med Sci Sports Exercise*, 24: 1220-1227.

13-Hellebrandt FA Parrish AM, Houtz SJ (1947) Cross education – the influence of unilateral exercise on the contralateral limb. *Arch phys Med* 28: 76-84

14-Hellebrandt FA, Houtz SJ. 1950 Ergographic study of hand dominance. *Jun*;8(2):225-36.

15-Hellebrandt FA.(1951) Cross education; ipsilateral and contralateral effects of unimanual training. *J Appl Physiol*. 1951 Aug;4(2):136-44. No abstract available.

16-Hettinger T, Muller EA.(1953) Muscle capacity and muscle training. *Arbeitsphysiologie*. 15(2):111-26.

17-Hortobagyi, T., Lambert, NJ., Hill, JP, (1997). Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Med Sci Sports Exerc*, 29:107-112.

18-Lee, M., Carroll, TJ.(2007)., Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Medicine* 37(1):1-14.

19-Magnus, Charlene R.A., Barss, Trevor S., Lanovaz, Joel L., Farthing, Jonathan P. (2010), The effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. *J Appl Physiol* 109(6):1887-94

20-Moritani, T., Devries, HA. (1979), Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain, American Journal of Physical Medicine, : 58(3):115-130.

21- Peter G. Martin, Janette L. Smith, Jane E. Butler, Simon C. Gandevia,, Janet L. Taylor(2006). Fatigue-Sensitive Afferents Inhibit Extensor but Not Flexor Motoneurons in Humans **26**(18): 4796-4802.

22- Rattey J¹, Martin PG, Kay D, Cannon J, Marino FE.(2006). Contralateral muscle fatigue in human quadriceps muscle: evidence for a centrally mediated fatigue response and cross-over effect. Pflugers Arch. 452(2):199-207.

23- Roger G Eston, Chelsea Starbuck.(2012). Exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect: evidence for cross transfer. Eur J Appl Physiol 112(3):1005-13.

24- Shima, N., Ishida, K., Katayama, K., Morotome, Y., Sato, Y., Miyamura, M., (2002), Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. Eur J Appl Physiol, 86: 287-294.

