فیزیولوژی ورزشی شماره ۳۷، بهار ۱۳۹۷. صص ۳۴-۱۷

اثر کوتاه‌مدت حرکات کششی ایستا و پویا بر نسبت عملکردی و رایج عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی زنان ورزشکار

محمد شریعت‌زاده[۱]، سمیرا غلامیان[۲]، داوود محسنی‌نیا[۳]، زهره برهانی[۴]، علی کاشی[۵]

۱. استادیار فیزیولوژی ورزشی، پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی*

۲. دانشجوی دکتری بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، کارشناس آزمایشگاه پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی

۳. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش عصبی- عضلانی، دانشگاه سبزوار

۴. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشگاه سیستان‌وبلوچستان

۵. استادیار رفتار حرکتی، پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی

مقالهٔ مستخرج از طرح پژوهشی پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۰۴

چکیده

هدف این پژوهش بررسی اثر کوتاه‌مدت حرکات کششی ایستا و پویا بر اوج گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ و نسبت عملکردی و رایج عضلهٔ همسترینگ بر چهارسرانی زنان ورزشکار بود. در این پژوهش، ۱۶ زن ورزشکار رشتهٔ فوتسال (۴/۲ ± ۲۴ سال و وزن ۱۵/۸۳ ± ۵۲/۶۵ کیلوگرم) و بدون سابقهٔ آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی شرکت کردند. از آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ مختلف در یکی از وضعیت‌های بدون کشش (کنترل)، کشش ایستا و کشش پویا، میزان اوج گشتاور ایزوکینتیک عضلات چهارسرانی و همسترینگ در انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرا اندازه‌گیری شد. جلسهٔ تمرین‌های کششی آزمودنی‌ها شامل چهار حرکت کششی برای گروه‌های عضلانی اصلی در اندام تحتانی (همسترینگ، چهارسرانی، نزدیک‌کننده‌های ران و عضلهٔ سوئز) بود. حرکات کششی دو بار و هر بار ۳۰ ثانیه در وضعیت کشش ایستا و ۱۵ تکرار دوثانیه‌ای در وضعیت کشش پویا با فاصلهٔ استراحت به‌مدت ۲۰ ثانیه انجام شد. ۱۵ دقیقه پس از اتمام حرکات کششی، آزمون‌های ایزوکینتیک با استفاده از دینامومتر ایزوکینتیک- بایودکس برای تعیین اوج گشتاور برون‌گرا و درون‌گرا و نیز، نسبت رایج و عملکردی همسترینگ به چهارسرانی در سرعت‌های زاویه‌ای ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه انجام شد. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی (سرعت زاویه‌ای و نوع کشش) در سطح $P<0.05$ تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان داد که ۱۵ دقیقه پس از پایان کشش، کاهش اوج گشتاور برون‌گرای همسترینگ در وضعیت کشش پویا معنادار بود. همچنین، در متغیر نسبت رایج قدرت همسترینگ به چهارسرانی، تغییرات معناداری پس از انجام کشش ایستا و پویا مشاهده نشد. نتایج در متغیر نسبت عملکردی نیز نشان‌دهندهٔ کاهش معنادار آن در کشش پویا در مقایسه با وضعیت بدون کشش و کشش ایستا بود ($P>0.05$). براساس یافته‌های حاصل از این پژوهش، به‌نظر می‌رسد ۱۵ دقیقه استراحت غیرفعال، برخی اثرهای نامطلوب کشش ایستا را برطرف می‌کند؛ اما درزمینهٔ توصیه به استفاده از حرکات کششی پویا باید احتیاط بیشتری کرد.

واژگان کلیدی: کشش ایستا، اوج گشتاور، نسبت رایج اوج گشتاور عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی، نسبت عملکردی اوج گشتاور عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی

* نویسندهٔ مسئول Email: shariatzade221@yahoo.com

مقدمه

بسیاری از ورزشکاران با هدف بهبود عملکرد عضلانی هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی، از برنامه‌های مختلف گرم‌کردن پیش از انجام تمرین‌ها یا مسابقه‌ها استفاده می‌کنند (۱). گرم‌کردن معمولاً شامل فعالیت‌های هوازی با شدت پایین برای افزایش دمای عضلات و بدن و بهبود عملکرد عصبی- عضلانی و کشش عضلات اختصاصی درگیر درهنگام فعالیت است. به‌طور سنتی و رایج، بخشی از برنامهٔ گرم‌کردن شامل استفاده از تمرین‌های کششی (به‌ویژه ازنوع ایستا) است. اعتقاد بر این است که افزایش دامنهٔ حرکتی مفصل یا همان انعطاف‌پذیری، عملکرد ورزشی را ازطریق بهبود عملکرد عضلانی، ایجاد شلی عضلانی، کاهش سختی واحد تاندون- عضله و کاهش احتمالی خطر آسیب عضلانی افزایش می‌دهد (۲)؛ بنابراین، مربیان و ورزشکاران از انوع مختلف تمرین‌های کششی (به‌ویژه ایستا و پویا) قبل از تمرین‌ها یا مسابقات استفاده می‌کنند.

بااین‌وجود، نقش انعطاف‌پذیری در عملکرد ورزشی موضوع چالش‌برانگیزی در علوم ورزشی است (۳). در سال‌های اخیر، نظرهای متفاوتی درخصوص باورهای پیشین دربارهٔ حرکات کششی مطرح شده است. در گذشته اعتقاد بر این بود که کشش قبل از تمرین یا رقابت به پیشگیری از آسیب‌دیدگی کمک می‌کند و منجر به بهبود عملکرد می‌شود (۴). همچنین، بیان می‌شد که دامنهٔ حرکتی بیشتر مفصل ظرفیت‌های تمرینی فردی را افزایش می‌دهد (۵)؛ اما پژوهش‌های حاضر از این عقیده حمایت نمی‌کنند (به‌خصوص کشش‌های ایستا) و نظرهای متناقضی ارائه شده‌اند (۶-۷)؛ برای مثال، مشخص شده است که انجام کشش عضلانی میزان سفتی عضلانی را کاهش می‌دهد و با تغییر سیگنال‌هایی از دوک‌های عضلانی دریافت شده که سرعت کار آهسته‌تر و کاهش تعداد تارهای عضلانی فعال را ایجاد می‌کنند (۸).

براساس شواهد جدید، استفاده از حرکات کششی ازنوع ایستا قبل از فعالیت‌هایی که نیازمند نیرو و توان زیاد هستند، ممکن است به‌طور موقت باعث کاهش عملکرد ورزشی شود و تأثیر منفی بر آن‌ها داشته باشد (۳،۹). نلسون [1] و همکاران (۱۰) کاهش اوج گشتاور ایزوکینتیک عضلات بازکنندهٔ زانو را پس از ۱۵ دقیقه کشش ایستای عضلهٔ چهارسررانی نشان دادند. پاپادوپلوس [2] و همکاران (۱۱) کاهش اوج گشتاور ایزوکینتیک را فقط پس از کشش ایستا در سرعت‌های ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه در عضلات بازکنندهٔ زانو نشان دادند. آن‌ها تفاوتی در میزان گشتاور تولیدی پس از کشش پویا مشاهده نکردند. برخی مطالعات افزایش عملکرد را پس از کشش‌های ایستا گزارش کرده‌اند؛ برای مثال، لیتل

1. Nelson
2. Papadopoulos

و ویلیامز [1](۱۲) در مقایسهٔ بین کشش ایستا، کشش پویا و فقدان کشش، بهبود معنادار زمان دوی سرعت ۲۰ متر را پس از کشش ایستا و پویا گزارش کردند. همچنین، پژوهش‌های اندکی درخصوص تأثیر حاد حرکات کششی پویا بر عملکرد ورزشی انجام شده‌اند و گاهی نتایج متناقضی گزارش شده است؛ برای مثال، مک‌میلن[2] و همکاران (۱۳) در مقایسهٔ تأثیر کشش ایستا و پویا، بهبود عملکرد در دوی رفت‌وبرگشت T، پرتاب توپ طبی از پشت سر و پنج گام پرش پس از ۱۰ دقیقه کشش پویا را گزارش کردند؛ درحالی‌که پس از کشش ایستا، بهبود عملکرد ورزشی در آزمون‌های ذکرشده مشاهده نشد. درمقابل، بدل[3] و همکاران (۸) با انجام سه کشش ۱۵ ثانیه‌ای ایستا و سه کشش ۳۰ ثانیه‌ای پویا در عضلات سه‌سربازویی، چهارسران و همسترینگ، تغییرنکردن یک تکرار بیشینه (1RM)[5] عضلات را در مقایسهٔ بین کشش ایستا و پویا گزارش کردند. کاستا و همکاران (۱۴) نیز اثرهای حاد کشش پویا در عضلات چهارسررانی و همسترینگ را بر نسبت عملکردی گشتاور برون‌گرای ایزوکینتیک عضلهٔ همسترینگ در سرعت‌های ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بررسی کردند. آن‌ها کاهش نسبت عملکردی و اوج گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ را پس از کشش گزارش کردند.

وود [4]و همکاران (۱۵) بیان کردند برخی مطالعات که به بررسی اثرهای تمرین‌های کششی پرداخته‌اند، از دستورالعمل‌های علمی تمرین‌های کششی (از منظر شدت، نوع تمرین‌ها و تکرار) استفاده نکرده‌اند. علاوه‌براین، محدودیت دیگر این پژوهش‌ها آن است که شباهت تمرین‌های کششی استفاده‌شده (نوع، مدت و تکرار) با آنچه در میدان عمل ورزشکاران از آن‌ها استفاده می‌کردند، بسیار کم بود(۱۵)؛ درنتیجه، به‌نظر می‌رسد که فرضیه‌های جدید و توصیه‌های سنتی درمورد تمرین‌های کششی به‌درستی بررسی و تأیید نشده‌اند و نیاز به بررسی دقیق‌تر دارند.

با توجه به افزایش حضور زنان در رشته‌های مختلف ورزشی، در سال‌های اخیر توجه زیادی به شناسایی عوامل اثرگذار بر وقوع آسیب‌های ورزشی آنان شده است. وقوع برخی از این آسیب‌ها در زنان بیشتر از مردان گزارش شده است. مطالعات انجام‌شده نشان داده‌اند که زنان با مردان تفاوت‌های ساختاری و بیومکانیک دارند که فشار مضاعفی را بر زانوهایشان وارد می‌کند. این مطلب از دلایل شیوع بیشتر آسیب‌های زانو در زنان است (۱۶).

1. Little, Williams
2. McMillian
3. Beedle
4. Woods
5. One-Repetition Maximum

قدرت عضلات اطراف مفصل زانو یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده در آسیب مفصل زانو ازجمله رباط صلیبی زانو[1] (ACL) است. نبود تعادل در قدرت عضلانی ناشی از ضعف عضلهٔ همسترینگ یا قدرت بالای چهارسران می‌تواند ثبات مفصل زانو را برهم زند و احتمال وقوع آسیب‌های مفصل زانو ازجمله ACL را در زنان ورزشکار افزایش دهد (۱۷). نسبت قدرت بیشینهٔ ایزوکینتیک عضلات همسترینگ به چهارسررانی (H:Q)، به‌عنوان یک آزمون غربالگری برای پیشگیری از آسیب‌های مرتبط با مفصل زانو و عضلهٔ همسترینگ استفاده می‌شود. به‌طور متداول، نسبت H:Q از تقسیم حداکثر گشتاور کانسنتریک فلکسورهای ران بر حداکثر گشتاور کانسنتریک اکستنسورهای ران محاسبه می‌شود. یانگ و همکاران (۱۷) بیان کردند در مرحلهٔ پیش از فصل مسابقات، دوندگان سرعتی‌ای که نسبت H:Q کمتر از ۰/۶ در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه داشتند، خطر آسیب‌دیدگی عضلات همسترینگ آن‌ها ۱۷ برابر افزایش یافت. در حرکات ورزشی، عضلهٔ همسترینگ برای کنترل حرکات اغلب به‌صورت اسنتریک مقاومت می‌کند و انقباض قدرتمندی را درمقابل عضلهٔ چهارسررانی طی اکستنشن ران هنگام دویدن، پرش‌ها و ضربه‌زدن با پا ایجاد می‌کند (۱۴)؛ بنابراین، شاخص نسبت عملکردی که از تقسیم حداکثر گشتاور اکسنتریک فلکسورهای ران بر حداکثر گشتاور کانسنتریک اکستنسورهای به‌دست می‌آید، کاربردی‌تر است. اخیراً برخی مطالعات نشان داده‌اند که کشش‌های حاد ایستا نسبت H:Q و اوج گشتاور اکسنتریک را کاهش می‌دهد (۱۸).

با توجه به اینکه برخی مطالعات تأثیر منفی کشش قبل از فعالیت را گزارش کرده بودند، دراین‌راستا مطالعاتی دربارهٔ تأثیر کشش ایستا و پویا بر نسبت‌های عملکردی و رایج عضلهٔ همسترینگ بر چهارسرانی انجام شدند. مطالعات انجام‌شده عمدتاً تأثیر کشش‌های ایستا را بر نسبت متداول H:Q بررسی کرده‌اند و عموماً کاهش قدرت ایزومتریک و ایزوکینتیک را نشان داده‌اند (۱۹)؛ براین‌اساس، به ورزشکاران رشته‌هایی که سطح بالایی از تولید دارند، توصیه شده است که انجام کشش‌های ایستا قبل از رقابت ممکن است تأثیر منفی بر عملکرد ورزشی آن‌ها بگذارد (۷).

علاوه‌براین، در برخی مطالعات، ایزوکینتیک قدرت فلکسورها و اکستنسورهای ران بلافاصله یا حداکثر با فاصلهٔ زمانی دو تا سه دقیقه پس از پایان حرکات کششی اندازه‌گیری شده است (۱۸،۲۰)؛ در حالی‌که حداقل فاصلهٔ زمانی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه‌ای بین پایان گرم‌کردن و انجام حرکات کششی و شروع تمرین یا مسابقه در ورزشکاران رشته‌هایی مانند فوتبال یا والیبال مشاهده شده است. براساس بررسی‌های انجام‌شده، تاکنون پژوهشی به ارزیابی قدرت ایزوکینتیک ۱۰ تا ۱۵ دقیقه‌ای پس از پایان حرکات کششی که شباهت بیشتری به شرایط تمرین و رقابت ورزشکاران دارد، نپرداخته است و چه‌بسا با گذشت زمان این اثرهای موقتی افت قدرت عضلانی برطرف شود؛ بنابراین، هدف از انجام

1. Anterior Cruciate Ligament

این پژوهش اثر کوتاه‌مدت حرکات کششی ایستا و پویا بر اوج گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ و نسبت عملکردی و رایج عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی زنان ورزشکار بود.

روش پژوهش

در این پژوهش، ۱۶ زن سالم ورزشکار (با میانگین سنی ۴/۲ ± ۲۴ سال، وزن ۱۵/۸۳ ± ۵۲/۶۵ کیلوگرم و قد ۵/۳ ± ۱۶۳/۳۵سانتی‌متر) بدون سابقهٔ آسیب‌دیدگی در اندام تحتانی (به‌ویژه مفصل زانو) شرکت کردند. همهٔ داوطلبان ۴-۳ سال در رقابت‌های باشگاهی فوتسال دستهٔ اول کشور ایران حضور داشتند. فرایند آزمون‌گیری از پای برتر انجام شد که علاوه‌بر سؤال از آزمودنی‌ها، از آن‌ها نیز خواسته شد توپ فوتبال را با حداکثر دقت و با شدت متوسط به‌سمت دروازه به‌طول یک متر در فاصلهٔ ۱۰ متر شوت کنند. پای ضربه‌زننده به توپ پای برتر درنظر گرفته شد. در همهٔ این ورزشکاران، پای غالب پای راست بود. علت استفاده از این آزمون اندازه‌گیری متغیرهای این پژوهش در پای برتر آزمودنی‌ها بود. افراد درزمینهٔ پژوهش و روش‌های آزمون و همچنین، خطرهای احتمالی که ممکن است حین اجرای آزمون به‌وجود آیند، مطلع شدند و بعد از آن، فرم رضایت‌نامه را با آگاهی کامل تکمیل کردند. یک جلسه آشناسازی مجدد در محل آزمایشگاه با هدف ثبت اطلاعات آنتروپومتریک، آشنایی مجدد با نحوهٔ کار با دستگاه ایزوکینتیک بایودکس و انجام کشش‌ها برای آن‌ها درنظر گرفته شد. سپس، آزمودنی‌ها در سه جلسهٔ مختلف با فاصلهٔ زمانی ۷۲ ساعت در محل آزمایشگاه حضور یافتند تا به‌صورت تصادفی در یکی از وضعیت‌های بدون کشش (کنترل)، کشش ایستا و کشش پویا، میزان قدرت ایزوکینتیک عضلات چهارسرانی و همسترینگ آن‌ها اندازه‌گیری شود. برای کنترل اثر یادگیری، دو هفته قبل از اجرای آزمون، آزمودنی‌ها طی دو جلسه با فاصلهٔ ۷۲ ساعات فرایند کامل کشش‌ها و پروتکل را روی دستگاه بایودکس انجام دادند و دوباره نیز یک جلسه آشناسازی ۴۸ ساعت قبل از شروع آزمون اصلی برای آن‌ها درنظر گرفته شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۴۸ ساعت قبل از جلسات آزمون از انجام فعالیت‌های ورزشی سنگین خودداری کنند و درطول دورهٔ زمانی جلسات آزمون مکمل‌های ورزشی مصرف نکنند. برای گرم‌کردن در هر جلسهٔ آزمون، آزمودنی‌ها قبل از آزمون ایزوکنتیک، پنج دقیقه گرم‌کردن را روی دوچرخهٔ کارسنج با شدت ۵۰ وات انجام دادند.

تمرین‌های کششی: در جلسهٔ کشش ایستا، آزمودنی‌ها چهار حرکت کششی را بدون کمک برای گروه‌های عضلانی اصلی در اندام تحتانی (همسترینگ، چهارسرانی، نزدیک‌کننده‌های ران و عضلهٔ سوئز) مشابه با تمرین‌های کششی که عمدتاً توسط ورزشکاران استفاده‌می‌شود، اجرا کردند (۱۴) (شکل شمارهٔ یک). هر حرکت کششی دو بار (شدت کشش‌ها درحد سختی ملایم و تا آستانهٔ درد) به‌مدت ۳۰ ثانیه در هر دو پا انجام شد. بین حرکات کششی هر دو پا استراحت درنظر گرفته نشد؛ اما

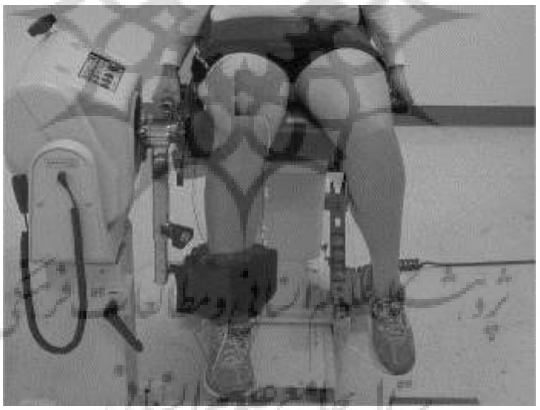
۲۰ ثانیه استراحت بین هر حرکت کششی و هر تکرار آن درنظر گرفته شد. کشش پویا نیز شامل ۱۵ حرکت کنترل‌شده و مداوم پویا از وضعیت ایستاده تا انتهای دامنهٔ حرکتی (هر دو ثانیه یک کشش) با استفاده از مترونوم و همچنین، کرنومتر درحد سختی ملایم و تا آستانهٔ درد بود.

شکل ۱- کشش عضلات چهار سر (راست) و سوئز خاصره‌ای (چپ)

شکل ۲- کشش عضلات نزدیک‌کنندهٔ ران (چپ) و همسترینگ (راست)

در جلسهٔ بدون انجام کشش، پس از رکاب‌زدن و نیز در جلسهٔ انجام حرکات کششی، پس از پایان آن، آزمودنی‌ها به‌صورت غیرفعال ۱۵ دقیقه استراحت کردند و سپس، آزمون‌های ایزوکینتیک انجام شدند.

آزمون قدرت بیشینهٔ ایزوکینتیک: با استفاده از نیروسنج ایزوکینتیک[1]، برای تعیین اوج گشتاور[2] (PT) برون‌گرا و درون‌گرا فلکسورها و اکستنسورهای زانو با پای برتر انجام شد. بعد از استقرار زانو روی صفحهٔ اکستنشن و فلکشن سیستم بایودکس، دامنهٔ حرکتی مفصل زانو صفر تا ۹۰ درجه (صفر درجه اکستنشن کامل) روی دستگاه تنظیم شد. سرعت اجرای آزمون‌های ایزوکینتیک ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بود که در مطالعات پیشین، این دو سرعت برای ارزیابی خطر آسیب‌دیدگی زانو و عضلات اطراف آن استفاده شده‌اند (۱۷). برای گرم‌کردن، آزمودنی‌ها دو تکرار زیربیشینه با ۵۰٪ قدرت را انجام دادند و سپس، سه تکرار بیشینه برای هر آزمون را در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه انجام دادند (کانسنتریک/ کانسنتریک) و (اکسنتریک/ اکسنتریک). بین هر سرعت، یک دقیقه و بین آزمون‌ها، پنج دقیقه استراحت برای حذف آثار خستگی درنظر گرفته شد. مقادیر مربوط به اوج گشتاور عضلات چهارسررانی و همسترینگ توسط دستگاه محاسبه و ثبت گردید. همچنین، نسبت H:Q به دو روش تقسیم اوج گشتاور کانسنتریک عضلهٔ همسترینگ به اوج گشتاور کانسنتریک عضلهٔ چهارسرران و نیز تقسیم اوج گشتاور اکسنتریک عضلهٔ همسترینگ به اوج گشتاو ر کانسنتریک عضلهٔ چهارسررانی (شاخص عملکردی) محاسبه شد.



شکل ۳- نحوهٔ قرارگرفتن آزمودنی‌ها روی دستگاه بایودکس

برای بررسی تفاوت سه وضعیت بدون کشش، کشش ایستا و پویا، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی (سرعت زاویه‌ای و نوع کشش) در سطح معناداری $P<0.05$ استفاده شد. همهٔ محاسبات با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس[3] نسخهٔ ۱۶ انجام شد.

1. Biodex System 4, USA
2. Peak Tourque
3. SPSS

نتایج

جدول شمارهٔ یک میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای اندازه‌گیری شده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- توصیف شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی متغیرهای پژوهش

متغیر اندازه گیری‌شده	میانگین	انحراف استاندارد
قد (سانتی‌متر)	۱۶۷/۲۳	۵/۵۵
وزن (کیلوگرم)	۶۵/۴۱۳۶	۱۵/۸۳۰۶۶
گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه و بدون انجام کشش	۱/۳۰۹۷	۱۹/۴۸۱۲۵
گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه و بدون انجام کشش	۱/۳۳۲۶	۲۲/۴۲۳۰۷
گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه پس از کشش ایستا	۱/۲۹۱۷	۲۶/۷۵۶۹۳
گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه پس از کشش ایستا	۱/۳۰۱۸	۲۵/۳۵۱۲۲
گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه پس از کشش پویا	۱/۱۲۵۳	۲۳/۴۷۷۷۳
گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه پس از کشش پویا	۱/۱۰۶۴	۲۵/۰۲۴۱۱
نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه و بدون کشش	۰/۵۲۶۲	۰/۰۷۹۱۴
نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه و بدون کشش	۰/۵۳۷۸	۰/۱۱۰۲۳
نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهار سرانی در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه و بدون کشش	۰/۹۸۶۸	۰/۲۳۲۴۳
نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه و بدون کشش	۱/۶۵۷۷	۰/۴۳۱۰۷
نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه پس از کشش ایستا	۰/۵۲۶۱	۰/۰۶۷۸۶
نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه پس از کشش ایستا	۰/۵۰۱۷	۰/۱۰۴۶۹

ادامه جدول ۱- توصیف شاخص‌های گرایش مرکزی و پراکندگی متغیرهای پژوهش

متغیر اندازه گیری‌شده	میانگین	انحراف استاندارد
نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه پس از کشش ایستا	۰/۹۲۳۹	۰/۱۵۹۶۰
نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه پس از کشش ایستا	۱/۵۵۲۶	۰/۴۷۲۸۸
نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه پس از کشش پویا	۰/۵۰۰۵	۰/۱۰۲۳۲
نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه پس از کشش پویا	۰/۸۲۱۸	۰/۱۱۵۸۵
نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه پس از کشش پویا	۰/۸۲۱۸	۰,۱۱۵۸۵
نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در سرعت ۱۸۰ درجه بر ثانیه پس از کشش پویا	۱/۲۵۳۳	۰/۲۲۸۲۳

جداول شمارهٔ دو، شمارهٔ سه و شمارهٔ چهار نتایج آزمون تحلیل واریانس را با اندازه‌های تکراری دوعاملی (سرعت زاویه‌ای و نوع کشش) در متغیر گشتاور برون‌گرای همسترینگ، نسبت رایج و نسبت عملکردی آزمودنی‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۲ - نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی (سرعت زاویه‌ای و نوع کشش) در متغیر گشتاور برون‌گرای همسترینگ زنان ورزشکار

آمارهٔ آزمون	ضریب F	درجهٔ آزادی	خطای درجهٔ آزادی	معناداری	معناداربودن عملی (η)	توان آماری
تأثیر سرعت زاویه‌ای	۰/۰۵۴	۱	۲۱	۰/۸۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۵۶
تأثیر نوع کشش	۱۱/۴۱۹	۲	۲۰	۰/۰۰۰	۰/۵۵۳	۰/۹۸۳
تأثیر سرعت زاویه‌ای * نوع کشش	۰/۸۳۰	۲	۲۰	۰/۴۵۱	۰/۰۷۷	۰/۱۷۲

جدول شمارهٔ دو نشان می‌دهد که نوع کشش تأثیر معناداری بر میزان گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ دارد. به‌بیان‌دیگر، ۵۵٪ از تغییرپذیری نمرات متغیر گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ ناشی از نوع حرکات کششی اجراشده است. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان می‌دهد که حرکات

کششی پویا به‌صورت معناداری باعث ایجاد اوج گشتاور کمتری نسبت به حرکات کششی ایستا (P=0.000) و اوج گشتاور بدون انجام حرکات کششی (P=0.001) شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی (سرعت زاویه‌ای و نوع کشش) در متغیر نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به عضلهٔ چهارسررانی زنان ورزشکار

آمارهٔ آزمون	ضریب F	درجهٔ آزادی	خطای درجهٔ آزادی	معناداری	معناداربودن عملی (η)	توان آماری
تأثیر سرعت زاویه‌ای	۰/۷۲۴	۱	۲۱	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵	۰/۳۵۲
تأثیر نوع کشش	۰/۱۳۱	۲	۲۰	۰/۸۷۸	۰/۰۱۳	۰/۰۶۷
تأثیر سرعت زاویه‌ای* نوع کشش	۳/۵۰۷	۲	۲۰	۰/۰۶۱	۰/۲۶۰	۰/۵۸۶

جدول شمارهٔ سه نشان می‌دهد که سرعت زاویه‌ای و نوع کشش تأثیری بر میزان نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به عضلهٔ چهارسررانی ندارند.

جدول شمارهٔ چهار نشان می‌دهد که سرعت زاویه‌ای اجرای انقباض عضلانی بر میزان نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی تأثیر معناداری دارد. انجام آزمون بونفرونی نشان داد که این تفاوت نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی تنها در مقایسهٔ انجام‌شده در کشش پویا وجود دارد (P=0.011) و در دو مقایسهٔ دیگر، تفاوت‌ها معنادار نیستند (P>0.05). این نتیجه بدین‌مفهوم است که نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در تمرین‌های پویا بین دو سرعت زاویه‌ای ۶۰ درجه و ۱۸۰ درجه بر ثانیه با یکدیگر تفاوت معناداری دارند؛ اما این تفاوت‌ها در وضعیت بدون کشش و کشش ایستا معنادار نیستند.

همچنین، ردیف دوم این جدول نشان می‌دهد که نوع کشش تأثیر معناداری بر نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به عضلهٔ چهارسررانی دارد. به‌عبارت‌دیگر، ۶۱٪ از تغییرپذیری نمرات متغیر نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی، ناشی از نوع حرکات کششی اجراشده است. نتایج آزمون تعقیبی نشان می‌دهد که نمرات نسبت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی در دو وضعیت بدون کشش و کشش ایستا با کشش پویا دارای تفـاوت معنادار (P<0.05) است. به‌بیان‌دیگر، فقط کشش پویا نسبت عملکردی را به‌طور معناداری در مقایسه با شرایط بدون کشش و کشش ایستا کاهش داده است.

جدول ۴- نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری دوعاملی (سرعت زاویه‌ای و نوع کشش) در متغیر سرعت زاویه ای زنان ورزشکار

آمارهٔ آزمون	ضریب F	درجهٔ آزادی	خطای درجهٔ آزادی	معناداری	معناداربودن عملی (η)	توان آماری
تأثیر سرعت زاویه‌ای	۱۲۱/۷۴	۱	۲۱	۰/۰۰۰	۰/۸۵۳	۱
تأثیر نوع کشش	۱۵/۷۳۹	۲	۲۰	۰/۰۰۰	۰/۶۱۱	۰/۹۹۸
تأثیرسرعت زاویه‌ای * نوع کشش	۱۱/۶۶۰	۲	۲۰	۰/۰۶۲	۰/۵۳۸	۰/۵۵

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی اثر کوتاه‌مدت حرکات کششی ایستا و پویا بر اوج گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ و نسبت متداول و عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسرانی زنان ورزشکار بود. نتایج نشان داد که ۱۵ دقیقه پس از پایان هر دو نوع کشش ایستا و پویا، کاهش اوج گشتاور برون‌گرای همسترینگ مشاهده می‌شود؛ هرچندکه این کاهش تنها در کشش پویا در مقایسه با شرایط بدون کشش و کشش ایستا معناداری را نشان داد (جدول شمارهٔ سه). این یافته با نتایج پژوهش‌های قبلی که کاهش گشتاور اوج را پس از کشش‌های ایستا (۱،۲۱) و کشش پویا (۱۴) گزارش کرده بودند، همسو است؛ برای مثال، کاستا و همکاران (۶،۲۲) کاهش ۳٪ تا ۱۲٪ از قدرت فلکشن زانو را پس از کشش ایستای همسترینگ گزارش کردند. هردا [1] و همکاران (۲۳) نیز کاهش اوج گشتاور پس از کشش‌های پویا را ناشی از کاهش سفتی غیرفعال [2] و گشتاور مقاومتی غیرفعال [3] دانستند. از عوامل اثرگذار بر کاهش گشتاور مشاهده‌شده می‌توان به عوامل مکانیکی و عوامل عصبی اشاره کرد. عوامل مکانیکی شامل تغییرات ارتباط طول- تنش عضله (۶،۲۴) و عوامل عصبی شامل کاهش فعال‌سازی عضلانی با تغییر حساسیت بازتاب‌های عضلانی و در برخی مواقع، ناشی از سازوکارهای مهاری سیستم عصبی مرکزی هستند (۷).

دراین‌راستا، پژوهش‌های انجام‌شده نشان داده‌اند که کاهش گشتاور تولیدی ممکن است ناشی از ویژگی‌های ویسکو الاستیک واحد تاندونی عضلانی باشد که می‌تواند باعث کاهش تنش غیرفعال و کاهش فعال‌سازی عضلانی شود (۲۵).

1. Herda
2. Passive Stiffness
3. Passive Resistive Torque

فاول[1] و همکاران (۲۶) ماندگاری اثرهای منفی کشش ایستا را تا یک ساعت پس از پایان کشش گزارش کردند؛ هرچندکه در مطالعهٔ آن‌ها زمان کشش بسیار فراتر از (۱۳ کشش و ۱۳۵ ثانیه) میزان توصیه‌شده بود. این درحالی است که پژوهش حاضر نشان می‌دهد درصورتی‌که مدت زمان‌های رایج توصیه‌شده ۳۰ تا ۶۰ ثانیه برای کشش ایستا به‌کار رود، احتمالاً اثرهای منفی آن ۱۵ دقیقه پس از پایان کشش ازبین می‌روند. یکی از عوامل احتمالی کاهش قدرت برون‌گرا پس از کشش پویا می‌تواند تاحدی ناشی از تأخیر الکترومکانیکی باشد که پس از انجام کشش حاد مشاهده می‌شود (۱۴،۲۷). افزایش تأخیر الکترومکانیکی ناشی از شلی بیشتر واحد تاندونی عضلانی است؛ به‌گونه‌ای که نیروی بیشتری در بافت‌های مجاور ازدست می‌رود؛ به‌جای‌آنکه نیرو به‌صورت مستقیم از اجزای انقباضی به استخوان انتقال یابد.

اما نتایج این پژوهش با مطالعاتی که تغییرنکردن گشتاور اوج برون‌گرای چهارسرران را پس از کشش گزارش کرده‌اند، متناقض است (۲۷). ممکن است یکی از دلایل احتمالی این باشد که گروه عضلات چهارسرران در مقایسه با همسترینگ پاسخ متفاوتی به کشش هنگام اعمال برون‌گرا می‌دهند. این وضعیت ممکن است به‌سبب ظرفیت تولید نیروی بیشتر چهارسرران، سطح مقطع نسبی بیشتر آن و ساختار هندسی این عضله باشد. علاوه‌براین، عضلات چهارسرران دامنهٔ حرکتی بزرگتری دارند و درگیری کامل آن‌ها طی حرکات کششی کمی سخت و پیچیده است (۱۴).

همچنین، نتایج نشان داد که در مقایسه با وضعیت بدون کشش، ۱۵ دقیقه پس از پایان حرکات کششی ایستا و پویا، تغییرات معناداری در نسبت رایج قدرت عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی مشاهده نمی‌شود. همان‌طورکه قبلاً ذکر شد، نسبت رایج از تقسیم اوج گشتاور درون‌گرای عضلهٔ همسترینگ بر اوج گشتاور درون‌گرای چهارسررانی به‌دست می‌آید. این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های کاستا[2] و همکاران (۶،۱۴)، سکیر[3] و همکاران (۱۸)، کرامر[4] و همکاران (۲۸) که کاهش نسبت رایج را به‌ویژه پس از کشش‌های ایستا گزارش کرده‌اند، متفاوت است. شاید بتوان مهم‌ترین عامل این اختلاف را ناشی از زمان اندازه‌گیری دانست. در تمامی مطالعات ذکرشده، بلافاصله پس از پایان حرکات کششی نسبت رایج قدرت همسترینگ به چهارسرران اندازه‌گیری شده است؛ اما در پژوهش حاضر، پژوهشگران به‌دنبال یافتن پاسخ برای این سؤال بودند که آیا با درنظرگرفتن فاصلهٔ استراحت ۱۵ دقیقه‌ای (عموماً زمان رایج بین پایان حرکات کششی و شروع مسابقه یا تمرین)، همچنان اثرهای منفی (براساس یافته‌های مطالعات قبلی که اثرات منفی را گزارش کرده بودند) حرکات کششی باقی

1. Fowles
2. Costa
3. Sekir
4. Cramer

می‌ماند؟ براساس این یافته‌ها، به‌نظر می‌رسد که ۱۵ دقیقه استراحت غیرفعال تأثیر منفی کشش را بر نسبت رایج ازبین برده باشد. احتمال دارد که درنتیجهٔ این فاصلهٔ ۱۵ دقیقه‌ای، عوامل عصبی و مکانیکی همچون الاستسیتهٔ عضله، مهار خودبه‌خودی عضلات مخالف، عملکرد واحد تاندونی- عضلانی و رابطهٔ طول تنش که درنتیجهٔ کشش تحت‌تأثیر قرار می‌گرفتند، مجدداً بازیابی شده‌باشند و به شرایط اولیه بازگشته باشند. بااین‌حال، نبود مطالعه‌ای مشابه با پژوهش حاضر مقایسه و بررسی دقیق‌تر مکانیسم‌های احتمالی را دشوار می‌کند.

افزون‌براین، عمل برون‌گرای همسترینگ نقش مهمی در پیشگیری از آسیب‌های زانو و آسیب‌های بخش خلفی ران دارد. ازآنجایی‌که معمولاً همسترینگ نسبت به چهارسرران ضعیف‌تر است، نبود تعادل ممکن است خطر آسیب‌دیدگی را افزایش دهد (۱۷،۲۹)؛ ازاین‌رو، بیان شده است که نسبت بین حداکثر گشتاور برون‌گرای خم‌کننده‌های پا و حداکثر گشتاور درون‌گرای بازکننده‌های پا ممکن است شاخص بهتری از تفاوت عملکردی قدرت عضلهٔ همسترینگ و چهارسررانی باشد و بنابراین، به‌عنوان نسبت عملکردی بیان شده است. در رابطه با تأثیر حاد کشش ایستا و پویا بر نسبت عملکردی نتایج نشان داد که تنها کشش پویا تغییرات معناداری را (کاهش) در مقایسه با شرایط بدون کشش و کشش ایستا ایجاد کرده است. به‌بیان‌دیگر، استراحت غیرفعال ۱۵ دقیقه‌ای پس از پایان کشش نیز نتوانسته است اثرهای منفی کشش پویا را بر نسبت عملکردی از بین ببرد. در مطالعهٔ مروری بهم[1] (۹) فقدان تأثیر منفی یا بهبود عملکرد نسبت رایج و عملکردی قدرت همسترینگ به چهارسرران پس از کشش‌های حاد پویا و تأثیر منفی کشش‌های حاد ایستا گزارش شده است؛ ازاین‌رو است که توصیه به جایگزینی کشش‌های پویا به‌جای کشش‌های ایستا در جلسات گرم‌کردن قبل از تمرین یا مسابقه شده است.

همهٔ مطالعات، بهبود قدرت را پس از کشش پویا گزارش نکرده‌اند؛ برای مثال، بدل[2] و همکاران (۸) در مقایسهٔ بین کشش ایستا و پویا نبود بهبود در قدرت را مطرح کردند. کاستا[3] و همکاران (۱۴) اثرهای حاد کشش پویا را بر نسبت عملکردی و گشتاور برون‌گرای آیزوکینتیک عضلهٔ همسترینگ را در دو سرعت ۶۰ و ۱۸۰ درجه بر ثانیه بررسی کردند. آن‌ها کاهش نسبت عملکردی و اوج گشتاور برون‌گرای عضلهٔ همسترینگ را پس از کشش گزارش کردند و بیان نمودند که هنگام توصیه به انجام کشش‌های پویا به‌جای کشش‌های ایستا قبل از فعالیت ورزشی، باید احتیاط کرد. آیالا [4] و همکاران

1. Behm
2. Beedle
3. Costa
4. Ayala

(۱) نیز تأثیر حاد نداشتن کشش پویا را بر قدرت برون‌گرای ایزوکینتیک همسترینگ و نسبت عملکردی آن بیان کردند.

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج گزارش مطالعهٔ سکیر[1] و همکاران (۱۸) متفاوت است. سکیر در مطالعهٔ خود بهبود نسبت عملکردی را پس از کشش‌های پویا گزارش کرده است. این اختلاف ممکن است ناشی از نوع کشش‌های مورداستفاده باشد که در مطالعهٔ وی کشش‌های پرقدرت و با حداکثر سرعت استفاده شده‌اند؛ درحالی‌که در مطالعهٔ حاضر کشش‌های پویا و کنترل‌شده در مدت ۳۰ ثانیه به‌کار برده شده‌اند.

در رابطه با تأثیر کشش ایستا بر نسبت عملکردی، نتایج این پژوهش با پژوهش زاکاس[2] و همکاران (۳۰) هم‌راستا است. آن‌ها در مطالعهٔ خود نشان دادند که کشش‌های حاد ایستا به‌مدت ۶۰ ثانیه در مقایسه با مدت زمان ۸ دقیقه تأثیری منفی بر اوج گشتاور و نسبت عملکردی قدرت ندارند.

همچنین، یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های کاستا[3] و همکاران (۶) و کرامر[4] و همکاران (۲۴،۲۷) ناهمسو است. پژوهشگران ذکرشده در مطالعات خود کاهش اوج گشتاور و نسبت عملکردی را گزارش کرده بودند. در بررسی چرایی تفاوت در یافته‌ها می‌توان نوع انقباض استفاده‌شده در مطالعات ذکرشده را به‌عنوان یکی از دلایل احتمالی و اثرگذار دانست. در مطالعات کاستا و کرامر، گشتاور اوج همسترینگ در انقباض درون‌گرا سنجیده شده است؛ درحالی‌که در پژوهش حاضر، گشتاور اوج به‌صورت برون‌گرا (با توجه به نقش عضله به‌صورت برون‌گرا در هنگام اکستنشن زانو) اندازه‌گیری شده است. مطالعات نشان داده‌اند که عمل عضلانی بیشینهٔ برون‌گرا نیازمند سطح پایین‌تری از فعال‌سازی عضلانی است؛ اما در مقایسه با انقباض درون‌گرا گشتاور بیشتری را تولید می‌کند (۲۷)؛ بنابراین، تغییرنکردن گشتاور برون‌گرا می‌تواند احتمالاً ناشی از راهبردهای کنترل حرکتی منحصربه‌فردی باشد که برای تعدیل و تنظیم گشتاور تولیدی هنگام انقباض‌های برون‌گرا استفاده می‌شود؛ هرچندکه اثرهای احتمالی استراحت غیرفعال ۱۵ دقیقه‌ای پس از پایان کشش ایستا را نیز باید مدنظر قرار داد. با توجه به اینکه بیشتر مطالعات انجام‌شده در گذشته اثرهای حاد منفی حرکات کششی به‌ویژه ازنوع ایستا را بر قدرت عضلات و متعاقباً افزایش خطر آسیب‌دیدگی گزارش کرده بودند، در این پژوهش استراحتی ۱۵ دقیقه‌ای پس از حرکات کششی، فقدان تأثیر نامطلوب آن را بر برخی متغیرهای مهم شامل اوج گشتاور برون‌گرا پس از کشش ایستا، نسبت رایج قدرت پس از کشش ایستا و پویا و نیز نسبت عملکردی قدرت پس از کشش ایستا را نشان داد؛ هرچندکه اثرهای منفی کشش پویا بر نسبت

1. Sekir
2. Zakas
3. Costa
4. Cramer

عملکردی و اوج گشتاور برون‌گرا همچنان باقی مانده بود؛ بنابراین، درزمینهٔ توصیه به استفاده از حرکات کششی پویا به‌جای ایستا باید احتیاط بیشتری کرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی انجام شده است که بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی پژوهشگاه تشکر می‌شود. همچنین، از همکاری صمیمانهٔ آزمودنی‌ها تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Ayala F, de Ste Croix M, Sainz de Baranda P, Santonja F. Acute effects of static and dynamic stretching on hamstring eccentric isokinetic strength and unilateral hamstring to quadriceps strength ratios. Journal of Sports Sciences. 2013;31(8):831-9.
2. Gleim GW, McHugh MP. Flexibility and its effects on sports injury and performance. Sports Medicine. 1997;24(5):289-99.
3. Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2004;36(8):1389-96.
4. Amako M, Oda T, Masuoka K, Yokoi H, Campisi P. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. Military medicine. 2003;168(6):442-6.
5. Stamford B. Sportsmedicine adviser: Flexibility and stretching. The Physician and Sportsmedicine. 1984;12(2):171.
6. Costa P, Ryan E, Herda T, Walter A, Defreitas J, Stout J, et al. Acute effects of static stretching on peak torque and the hamstrings-to-quadriceps conventional and functional ratios. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2013;23(1):38-45.
7. Behm DG, Kibele A. Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. European Journal of Applied Physiology. 2007;101(5):587-94.
8. Beedle B, Rytter SJ, Healy RC, Ward TR. Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(6):1838-43.
9. Behm DG, Bradbury EE, Haynes AT, Hodder JN, Leonard AM, Paddock NR. Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. Journal of Sports Science & Medicine. 2006;5(1):33.
10. Nelson AG, Kokkonen J, Eldredge C. Strength inhibition following an acute stretch is not limited to novice stretchers. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2005;76(4):500-6.

11. Papadopoulos G, Siatras T, Kellis S. The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. Isokinetics and Exercise Science. 2005;13(4):28-291.
12. Little T, Williams AG. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2006;20(1):203-237.
13. McMillian DJ, Moore JH, Hatler BS, Taylor DC. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2006;20(3):492-9.
14. Costa PB, Herda TJ, Herda AA, Cramer JT. Effects of dynamic stretching on strength, muscle imbalance, and muscle activation. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2014;46(3):586-93.
15. Woods K, Bishop P, Jones E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. Sports Medicine. 2007;37(12):1089-99.
16. Jenkins WL, Killian CB, Williams Iii D, Loudon J, Raedeke SG. Anterior cruciate ligament injury in female and male athletes: the relationship between foot structure and injury. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2007;97(5):371-6.
17. Yeung SS, Suen AM, Yeung EW. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. British Journal of Sports Medicine. 2009;43(8):589-94.
18. Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan S. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2010;20(2):268-81.
19. White KK, Lee SS, Cutuk A, Hargens AR, Pedowitz RA. EMG power spectra of intercollegiate athletes and anterior cruciate ligament injury risk in females. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2003;35(3):371-6.
20. Nelson AG, Kokkonen J. Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2001;72(4):415-9.
21. Franco BL, Signorelli GR, Trajano GS, de Oliveira CG. Acute effects of different stretching exercises on muscular endurance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(6):1832-7.
22. Costa P, Ryan E, Herda T, DeFreitas J, Beck T, Cramer JT. Effects of stretching on peak torque and the H: Q ratio. International Journal of Sports Medicine. 2009;30(01):60-5.
23. Herda TJ, Herda ND, Costa PB, Walter-Herda AA, Valdez AM, Cramer JT. The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. Journal of Sports Sciences. 2013;31(5):479-87.
24. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2004;18(2):236-41.
25. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. Journal of Applied Physiology. 2001;90(2):520-7.

26. Fowles J, Sale D, MacDougall J. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. Journal of Applied Physiology. 2000;89(3):1179-88.
27. Cramer JT, Housh TJ, Coburn JW, Beck TW, Johnson GO. Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. Journal of Strength and Conditioning Research. 2006;20(2):354-8.
28. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Weir JP, Beck TW, Coburn JW. An acute bout of static stretching does not affect maximal eccentric isokinetic peak torque, the joint angle at peak torque, mean power, electromyography, or mechanomyography. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2007;37(3):130-9.
29. Sugiura Y, Saito T, Sakuraba K, Sakuma K, Suzuki E. Strength deficits identified with concentric action of the hip extensors and eccentric action of the hamstrings predispose to hamstring injury in elite sprinters. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2008;38(8):457-64.
30. Zakas A, Doganis G, Zakas N, Vergou A. Acute effects of active warm-up and stretching on the flexibility of elderly women. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2006;46(4):617.

ارجاع‌دهی

شریعت‌زاده محمد، غلامیان سمیرا، محسنی‌نیا داود، برهانی زهره، کاشی علی. اثر کوتاه‌مدت حرکات کششی ایستا و پویا بر نسبت عملکردی و رایج عضلهٔ همسترینگ به چهارسررانی زنان ورزشکار. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۳۹۷؛ ۱۰(۳۷): ۳۴ـ۱۷. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/spj.2017.4568.1616

Shariatzade M, Gholamian S, Mohseninia D, Borhani Z, Kashi A. Effect of Short Term Static and Dynamic Stretching Exercise on Conventional and Functional Ratio of Hamstring-to-Quadriceps in Female Athletes. Sport Physiology. Spring 2018; 10(37): 17-34. (In Persian). DOI: 10.22089/spj.2017.4568.1616