

علوم زیستی ورزشی _ تابستان ۱۳۹۰
شماره ۹ - ص ص : ۲۱-۳۲
تاریخ دریافت : ۸۹ / ۱۲ / ۰۵
تاریخ تصویب : ۹۰ / ۰۶ / ۱۵

تأثیر مدت کشش ایستا بر حداکثر انقباض ارادی و انعطاف پذیری همسترینگ

مرتضی سنگدوبینی^۱ _ بهمن میرزایی _ علی مصطفی لو _ احسان سعیدی

کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه گلستان، دانشیار دانشگاه گیلان، کارشناس ارشد آسیب شناسی ورزشی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مینودشت، کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر مدت کشش ایستا بر حداکثر انقباض ارادی (MVC) و انعطاف پذیری همسترینگ بود. به این منظور ۱۰ دانشجوی پسر تربیت بدنی سه پروتکل مختلف گرم کردن شامل ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل و ۴۵ ثانیه (۳×۱۵) ثانیه) کشش ایستای همسترینگ، ۵ دقیقه دویدن و ۹۰ ثانیه (۳×۳۰) کشش ایستای همسترینگ و ۵ دقیقه دویدن (شرایط کنترل) را به صورت تصادفی در روزهای جداگانه اجرا کردند. در هر جلسه قبل و بعد از هر پروتکل، انعطاف پذیری همسترینگ به وسیله آزمون نشستن و رساندن و بعد از آن MVC همسترینگ اندازه گیری شد. نتایج نشان داد انعطاف پذیری همسترینگ به طور معناداری بعد از هر دو پروتکل کشش ایستا افزایش یافت ($p < 0/05$) و تفاوت معناداری نیز بین دو وضعیت کشش مشاهده نشد ($p > 0/05$). حداکثر انقباض ارادی به طور معناداری بعد از ۳×۳۰ کشش در مقایسه با شرایط کنترل و ۳×۱۵ کشش کاهش یافت ($p < 0/05$). باین حال، بین شرایط کنترل و ۳×۱۵ کشش تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p > 0/05$). بنابراین، نتیجه گرفته می شود که مدت کوتاه کشش ایستا (۳×۱۵) اثر منفی بر تولید نیروی عضلانی ندارد.

واژه های کلیدی

کشش ایستا، حداکثر انقباض ارادی و انعطاف پذیری.

مقدمه

کشش ایستا، با توجه به اینکه گفته می‌شود می‌تواند با افزایش دامنه حرکت موجب کاهش خطر آسیب عضلانی اسکلتی شود (۲، ۲۶)، همواره به‌عنوان بخشی از برنامه گرم کردن قبل از تمرین و مسابقه توسط بسیاری از ورزشکاران استفاده می‌شود. با این حال، اخیراً در مطالعات متعددی بیان شده‌است که کشش ایستا برای گروه‌های عضلانی مختلف قبل از فعالیت‌هایی که به قدرت بیشینه نیاز دارند، اثر منفی بر عملکرد عضلانی دارد (۴، ۵، ۶، ۱۴-۸، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۲۵). برای نمونه، کوکون و همکاران (۱۹۹۸) کاهش معناداری را در قدرت یک تکرار بیشینه (IRM) در دو حرکت فلکشن و اکستنشن زانو بعد از کشش ایستای عضلات درگیر در این حرکات نشان دادند (۱۴). فولز و همکاران (۲۰۰۰) نیز دریافتند که حداکثر انقباض ارادی^۱ (MVC) و فعالیت عصبی عضلانی عضله سه‌سر بازویی بلافاصله بعد از کشش ایستا (۱۳۵ ثانیه با ۵ ثانیه استراحت در ۱۳ ست) مختل می‌شود (۱۲). همچنین، کورنول و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که ارتفاع پرش عمودی بعد از کشش ایستای غیرفعال (۱۸۰ ثانیه) عضله نعلی کاهش می‌یابد (۸). بنابراین، این پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند، ورزشکاران نباید قبل از فعالیت‌هایی که به قدرت عضلانی و برون‌ده توان عضلانی زیادی نیاز دارند، از کشش ایستا استفاده کنند. به طور کلی، پیشنهاد شده است که مدت کشش ایستا برای هر گروه عضلانی در برنامه گرم کردن ۱۵ تا ۳۰ ثانیه باشد (۲). با وجود این، مدت کشش ایستای مورد استفاده در مطالعات قبلی که تأثیرات منفی کشش ایستا بر عملکرد عضلانی را گزارش کرده‌اند (۳، ۹، ۱۰)، طولانی‌تر از آنچه ورزشکاران در برنامه گرم کردن خود قبل از تمرین و مسابقه استفاده می‌کنند، بوده است. تحقیقات نشان داده‌اند که مدت طولانی‌تر کشش ایستا با تغییر در ویژگی‌های الاستیکی واحدهای تاندونی عضلانی می‌تواند موجب کاهش قدرت عضلانی شود (۱۵، ۲۰). در همین زمینه، براندنبورگ و همکاران (۲۰۰۶) و اگورا و همکاران (۲۰۰۷) در دو تحقیق جداگانه تأثیر مدت کشش ایستا بر قدرت عضلانی را بررسی کردند. در تحقیق براندنبورگ و همکاران مشخص شد که قابلیت تولید نیروی عضلانی بعد از هر دو مدت کوتاه (۱۵ ثانیه \times ۳ ست) و طولانی (۳۰ ثانیه \times ۳ ست) کشش ایستا، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آنها نتیجه گرفتند که مدت کشش ایستا تأثیری بر مقدار کاهش تولید نیرو ندارد و کشش ایستا با مدت کوتاه نیز اثر منفی بر تولید نیروی عضلانی دارد (۷). با این حال، اگورا و

1 - Maximal voluntary contraction

همکاران نشان دادند که میزان تولید نیروی عضلانی بعد از کشش ایستا تحت تأثیر مدت کشش قرار می‌گیرد. آنها پس از مقایسه ۳۰ و ۶۰ ثانیه کشش ایستا دریافتند که تولید نیرو بعد از ۶۰ ثانیه کشش به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما ۳۰ ثانیه کشش ایستا تأثیر منفی بر قابلیت تولید نیروی عضلانی نداشت (۱۸). با توجه به اهمیت استفاده از کشش ایستا قبل از تمرین و مسابقه برای افزایش دامنه حرکتی و پیشگیری از آسیب عضلانی و همچنین نتایج متناقضی که در زمینه تأثیر مدت کشش ایستا بر عملکرد عضلانی در دو تحقیق براندنبورگ و همکاران (۲۰۰۶) و اگورا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شده است به نظر می‌رسد تعیین مدت مطلوب کشش ایستا به گونه‌ای که بتواند هم موجب افزایش دامنه حرکتی شود و هم اثر منفی بر تولید نیروی عضلانی نداشته باشد، ضروری است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر دو مدت مختلف کشش ایستا بر حداکثر نیروی ارادی و انعطاف‌پذیری همسترینگ انجام گرفت.

روش تحقیق

جامعه آماری

جامعه آماری تحقیق حاضر، دانشجویان پسر تربیت بدنی بودند که ۱۲ نفر از آنها (سن $22/3 \pm 2/2$ سال، قد $175/4 \pm 4/3$ سانتی‌متر و وزن $67/1 \pm 4/8$ کیلوگرم) هیچ‌گونه آسیب‌دیدگی در مفصل زانو یا عضلات همسترینگ نداشتند و به طور داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند.

پروتکل تحقیق

پس از تکمیل برگه رضایت‌نامه، آزمودنی‌ها در ۴ جلسه جداگانه شامل یک جلسه آشناسازی و سه جلسه آزمون، با فاصله زمانی ۴۸ ساعت در آزمایشگاه حضور یافتند. در جلسه آشناسازی، آزمودنی‌ها با هدف انجام تحقیق و روش‌های انجام کار، شامل آزمون حداکثر انقباض ارادی (MVC) در حرکت فلکشن زانو، آزمون نشست و رساندن (sit and reach) برای ارزیابی انعطاف‌پذیری همسترینگ و حرکت کششی مورد نظر آشنا شدند. در سه جلسه بعدی (جلسات آزمون)، آزمودنی‌ها پس از ورود به آزمایشگاه، هر یک از پروتکل‌های زیر را به صورت تصادفی در هر جلسه اجرا کردند:

پروتکل اول: (۱) اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری همسترینگ، (۲) ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل با سرعت ۱۳-۹ کیلومتر در ساعت، (۳) اندازه‌گیری مجدد انعطاف‌پذیری همسترینگ، (۴) اندازه‌گیری حداکثر انقباض ارادی.

پروتکل دوم: (۱) اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری همسترینگ، (۲) ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل، (۳) ۴۵ ثانیه کشش ایستا (۳×۱۵ ثانیه)، (۴) اندازه‌گیری مجدد انعطاف‌پذیری همسترینگ، (۵) اندازه‌گیری حداکثر انقباض ارادی.

پروتکل سوم: (۱) اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری همسترینگ، (۲) ۵ دقیقه دویدن روی تردمیل، (۳) ۹۰ ثانیه کشش ایستا (۳×۳۰ ثانیه)، (۴) اندازه‌گیری مجدد انعطاف‌پذیری همسترینگ، (۵) اندازه‌گیری حداکثر انقباض ارادی.

اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری همسترینگ

انعطاف‌پذیری همسترینگ با استفاده از آزمون sit and reach و مطابق با روشی که پیش از این گزارش شده است (۱۶)، اندازه‌گیری شد. برای این کار آزمودنی در مقابل جعبه‌ی مدرج (سانتی‌متر) مخصوص انجام آزمون sit and reach می‌نشست، به صورتی که جفت پاهای وی صاف و کشیده بود، همچنین، کف هر دو پا به قسمت انتهایی جعبه مماس می‌شد. در این حالت از آزمودنی خواسته می‌شد بدون خم کردن زانوهای خود، با دست‌های کاملاً کشیده تا حد ممکن بالاتنه خود را به سمت جلو بر روی جعبه خم کند. در این وضعیت آزمونگر مقدار مسافتی را که آزمودنی موفق می‌شد بر روی جعبه مدرج خم شده و با نوک انگشتان دست لمس کند، به عنوان مقدار انعطاف‌پذیری همسترینگ ثبت می‌کرد.

کشش ایستای همسترینگ

کشش ایستای عضلات همسترینگ مطابق با روش آندرسون و بورک انجام گرفت (۲). برای این منظور، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا روی زمین بنشینند و یکی از پاهای خود را در وضعیت صاف و کشیده قرار دهند و پای دیگر خود را خم کنند، به‌گونه‌ای که کف پا در کنار پای کشیده شده قرار گیرد. آنگاه از آزمودنی‌ها خواسته شد با نزدیک کردن بالاتنه خود به سمت پای کشیده شده و نگهداشتن در این وضعیت تا زمان مورد نظر (۱۵ یا

۳۰ ثانیه)، عضلات همسترینگ خود را تحت کشش قرار دهند. آزمودنی‌ها هر کشش را سه بار و بر روی هر دو پا اجرا کردند. فاصله استراحت بین هر تکرار و هر پا نیز ۱۵ ثانیه بود.

اندازه‌گیری حداکثر انقباض ارادی (MVC)

آزمون MVC بلافاصله بعد از اجرای آزمون اول انعطاف‌پذیری همسترینگ انجام گرفت. این آزمون با استفاده از دستگاه دینامومتر الکتریکی (CON-TREX.USA) انجام گرفت. برای انجام این آزمون، آزمودنی روی دستگاه می‌نشست و پشت ساق پای خود را در وضعیت زانوی ۹۰ درجه بر روی دسته اهرم دستگاه قرار می‌داد. بعد از استقرار صحیح آزمودنی روی دستگاه، با صدور فرمان شروع توسط آزمونگر، آزمودنی، درحالی‌که اهرم دستگاه ثابت بود، حداکثر نیروی خود را برای خم کردن زانوهایش به اهرم وارد می‌کرد و به این ترتیب حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی آزمودنی ثبت می‌شد.

روش‌های آماری

به منظور مقایسه مقادیر آزمون sit and reach اول و دوم در هر پروتکل از آزمون t وابسته، و به منظور مقایسه تغییرات انعطاف‌پذیری همسترینگ و حداکثر انقباض ارادی بین سه پروتکل، از آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. بعد از مشاهده معناداری در نسبت F، از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. سطح معناداری نیز در $p \leq 0/05$ قرار داده شد.

نتایج و یافته‌های تحقیق

نتایج به‌صورت میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۱ نشان داده شده است. انعطاف‌پذیری همسترینگ بعد از دو پروتکل کشش ایستا (3×30 و 3×15 ثانیه) به طور معناداری افزایش یافت ($p < 0/05$)؛ با این حال در شرایط کنترل (بدون کشش) افزایش انعطاف‌پذیری معنادار نبود ($p > 0/05$). همچنین، تفاوت معناداری در افزایش انعطاف‌پذیری بین دو شرایط کشش ایستا مشاهده نشد ($p > 0/05$) (جدول ۱). حداکثر انقباض ارادی به‌طور معناداری بعد از 3×30 ثانیه کشش ایستا در مقایسه با شرایط کنترل کاهش یافت ($p < 0/05$). با این-

حال، بین شرایط ۱۵ × ۳ ثانیه کشش ایستا با شرایط کنترل و ۳۰ × ۳ ثانیه کشش ایستا تفاوت معناداری در حداکثر انقباض ارادی مشاهده نشد ($p > 0/05$) (جدول ۱).

جدول ۱_ حداکثر انقباض ارادی (کیلوگرم) و مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون *sit and reach* (سانتی‌متر)

کنترل (بدون کشش)	۱۵ × ۳ ثانیه کشش ایستا	۳۰ × ۳ ثانیه کشش ایستا	
۴۴/۶۸ ± ۶/۶	۴۲/۵۵ ± ۵/۹	۳۸/۷۵ ± ۵/۷ *	حداکثر انقباض ارادی
۳۸/۸ ± ۳/۳	۳۹ ± ۴/۵	۳۸/۹ ± ۴/۷	پیش‌آزمون <i>sit and reach</i>
۳۹/۴ ± ۴/۳	۴۱/۴ ± ۴/۸ #	۴۲/۷ ± ۴/۲ #	پس‌آزمون <i>sit and reach</i>

* تفاوت معنادار با شرایط کنترل ($p \leq 0/05$).

تفاوت معنادار با پیش‌آزمون ($p \leq 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این تحقیق، مقایسه تغییرات در قدرت و انعطاف‌پذیری همسترینگ بعد از دو پروتکل کشش ایستا در مقایسه با شرایط کنترل (بدون کشش) بود. همان‌طور که اشاره شد، بسیاری از پژوهش‌های قبلی گزارش کرده‌اند که کشش ایستا تأثیر منفی بر قدرت عضلانی یا برون‌ده توان عضلانی دارد. با این‌حال، مدت کشش ایستای مورد استفاده در بیشتر این پژوهش‌ها بسیار طولانی‌تر از مدت واقعی و عملی مورد استفاده توسط ورزشکاران بود. بنابراین، در پژوهش حاضر اثرات کشش ایستا با مدت کوتاه‌تر بر MVC فلکشن زانو بررسی شد. نتایج نشان داد، MVC به طور معناداری بعد از ۳۰ × ۳ ثانیه کشش ایستا در مقایسه با شرایط کنترل کاهش یافت که با نتایج بسیاری از پژوهش‌های قبلی همسوست. با این‌حال، بعد از ۱۵ × ۳ ثانیه کشش ایستا در مقایسه با شرایط کنترل کاهش معناداری در MVC مشاهده نشد. مقدار انعطاف‌پذیری همسترینگ نیز بعد از دو وضعیت کشش ایستا به‌طور معناداری افزایش یافت. با این‌حال، تغییر معناداری در انعطاف‌پذیری شرایط کنترل مشاهده نشد. همچنین، بین افزایش انعطاف‌پذیری همسترینگ بعد از دو مدت مختلف کشش ایستا تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش اگورا و همکاران (۲۰۰۷) همخوانی دارد. آنها در پژوهش خود پس از بررسی تأثیر دو مدت مختلف کشش ایستا (۳۰ و ۶۰ ثانیه) بر قدرت عضلانی، گزارش کردند

که مدت طولانی‌تر کشش ایستا موجب کاهش معنادار تولید نیروی عضلانی می‌شود؛ با این حال، مدت کوتاه‌تر کشش ایستا تأثیر منفی بر تولید نیروی عضلانی ندارد (۱۸). آلپکایا و کوجبا (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که 3×15 ثانیه کشش ایستا تأثیر معناداری در تولید نیروی عضلانی ندارد (۱) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. در مقابل، نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش براندنبورگ و همکاران (۲۰۰۶) که گزارش کردند نیروی عضلانی بعد از هر دو مدت کوتاه (3×15 ثانیه) و طولانی (3×30 ثانیه) کشش ایستا به طور معناداری کاهش می‌یابد و مدت کشش تأثیری بر مقدار کاهش نیرو ندارد (۷)، مغایر است. علت این مغایرت احتمالاً تفاوت در پروتکل کشش مورد استفاده است. براندنبورگ و همکاران در پژوهش خود از یک حرکت کشش ایستای فعال و یک حرکت کشش ایستای غیرفعال استفاده کردند، اما در پژوهش حاضر فقط یک حرکت کشش ایستای فعال اجرا شد. به طور کلی، دو سازوکار اصلی برای کاهش قدرت عضلانی و برون‌ده توان عضلانی بعد از کشش ایستا پیشنهاد شده است: ۱- عامل مکانیکی، ۲- عامل عصبی. کاهش سفتی واحدهای تاندونی-عضلانی به عنوان عامل مکانیکی و بازدارندگی تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی آلفا یا سیستم عصبی مرکزی به عنوان عامل عصبی در نظر گرفته می‌شوند (۱۸). در مورد عامل مکانیکی، اظهار شده که سفتی واحدهای تاندونی عضلانی به طور معناداری با عملکرد ایزومتریک و کانسنتریک مرتبط است (۲۳، ۲۴). ویلسن و همکاران (۱۹۹۱) بیان کردند که واحد تاندونی-عضلانی سفت‌تر در انتقال اولیه نیرو و افزایش مقدار توسعه نیرو مؤثرتر است (۲۴). در تحقیق حاضر، MVC به طور معناداری در 3×30 ثانیه کشش ایستا در مقایسه با شرایط کنترل کاهش یافت. با این حال، نتایج آزمون نشستن و رساندن (انعطاف‌پذیری همسترینگ)، که با سفتی واحدهای تاندونی عضلانی همبستگی منفی دارد (۲۴)، در هر دو شرایط کشش ایستا به طور معناداری افزایش یافت و تفاوت معناداری در افزایش انعطاف‌پذیری همسترینگ بین دو مدت مختلف کشش ایستا مشاهده نشد. بنابراین، اختلاف در مقدار تولید نیرو بین سه شرایط و به‌ویژه شرایط 3×30 ثانیه کشش ایستا با کنترل را نمی‌توان از طریق عوامل مکانیکی واحد تاندونی عضلانی تشریح کرد. با این حال، با توجه به اینکه در پژوهش حاضر انعطاف‌پذیری همسترینگ از طریق اندازه‌گیری مستقیم ویژگی‌های ویسکوالاستیکی واحدهای تاندونی عضلانی ارزیابی نشده، بنابراین، باید این احتمال را مدنظر قرار دهیم که کاهش MVC با تغییر ویسکوالاستیسیته در عضلات همسترینگ مرتبط است. در حقیقت، نشان داده شده است که بین ویسکوالاستیسیته عضله اسکلتی و مدت کشش ایستا ارتباط مستقیم وجود دارد (۹، ۱۵، ۲۰). همچنین، پیشنهاد شده که کاهش قدرت عضلانی بعد از

کشش ایستا ممکن است با عوامل عصبی مرتبط باشد (۳، ۴، ۱۲). در این زمینه، آولا و همکاران (۱۹۹۹) بعد از بررسی اثرات کشش غیرفعال طولانی عضله سه سر بازویی بر حساسیت رفلکسی، گزارش کردند که دامنه رفلکس هافمن به طور معناداری بعد از یک ساعت کشش ایستا کاهش یافت و پیشنهاد کردند که هدایت تحریکی از اعصاب آوران اولیه به نورون‌های حرکتی اولیه احتمالاً به دلیل کاهش تخلیه دوک‌های عضلانی مختل می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد کاهش MVC بعد از کشش ایستا ممکن است با تغییر در فعال‌سازی عصبی مرتبط باشد (۳). از عوامل عصبی مؤثر دیگر در کاهش قدرت عضلانی بعد از کشش ایستا، بازدارندگی هدایت مرکزی به وسیله بعضی از اعصاب آوران III و IV و بازدارندگی خود به خودی اندام وتری گلژی است (۹، ۱۲). در تحقیق حاضر انجام کشش تا آستانه درد انجام گرفت. با توجه به اینکه بهم و همکاران (۲۰۰۱) اظهار کرده‌اند در شرایطی که انجام کشش بیشتر از آستانه درد نباشد، اثر بازدارندگی آوران اتفاق نمی‌افتد (۵)، بنابراین، در این پژوهش احتمالاً اثرات بازدارنده اعصاب آوران III و IV بر هدایت مرکزی که به کاهش عملکرد عضلانی منجر می‌شود، صورت نگرفته است. یکی دیگر از عوامل عصبی پیشنهادی مرتبط با کاهش قدرت عضلانی بعد از کشش ایستا، سازوکار فوق نخاعی است (۱۸). کرامر و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که کاهش در قدرت عضلانی و دامنه الکترومیوگرافی از طریق کشش ایستا، هم در پای تحت کشش و هم در پایی که تحت کشش ایستا قرار نگرفته بود، ایجاد شد. آنها نتیجه گرفتند که احتمالاً کاهش قدرت عضلانی با اختلال در فعال‌سازی عضلانی از طریق بازدارندگی سیستم عصبی مرکزی مرتبط است (۹). بنابراین، به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، احتمالاً بازدارندگی سیستم عصبی مرکزی ممکن است تا اندازه‌ای مسئول کاهش قدرت عضلانی بعد از کشش ایستا باشد. در مجموع، این گونه استنباط می‌شود که عوامل مسئول کاهش قدرت بعد از کشش ایستا ممکن است با اختلال در تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی آلفا یا بازدارندگی سیستم عصبی مرکزی مرتبط باشد و چنین عوامل مؤثری ممکن است بعد از انجام کشش ایستای طولانی‌تر (۳۰ × ۳ ثانیه کشش ایستا) در مقایسه با مدت کوتاه‌تر کشش (۱۵ × ۳ ثانیه کشش ایستا) بیشتر باشد. در نتیجه، با توجه به اینکه پژوهش حاضر نشان داد که ۱۵ × ۳ ثانیه کشش ایستا در مقایسه با شرایط بدون کشش اثر منفی بر تولید نیروی عضلانی ندارد، اما ۳۰ × ۳ ثانیه کشش ایستا به کاهش معنادار نیروی عضلانی در مقایسه با شرایط بدون کشش منجر می‌شود. همچنین با توجه به اینکه افزایش انعطاف‌پذیری همسترینگ بعد از ۱۵ × ۳ و ۳۰ × ۳ ثانیه کشش ایستا مشابه بود، پیشنهاد می‌شود که مربیان و ورزشکاران می‌توانند از پروتکل‌های کشش ایستای با مدت کوتاه‌تر (۱۵ × ۳ ثانیه) نسبت به

کشش ایستای طولانی‌تر (۳۰ × ۳ ثانیه) قبل از فعالیت‌هایی که نیازمند حداکثر قدرت عضلانی هستند، استفاده کنند تا بتوانند هم از مزیت افزایش انعطاف پذیری که موجب کاهش آسیب عضلانی اسکلتی می‌شود برخوردار شوند و هم اینکه تأثیرات منفی کشش ایستا بر تولید نیروی عضلانی را به حداقل برسانند.

منابع و مآخذ

1. Alpkaya, U., Koceja, D. (2007). "The effects of acute static stretching on reaction time and force". *J. Sports Med. Phys Fitness*. 47:PP:147-50.
2. Anderson, B., and Burke, E.R.(1991). "Scientific, medical, and practical aspects of stretching". *Clin. Sports Med*. 10:PP:63-87.
3. Avela, J., Kyrolainen, H., and Komi, P.V. (1999). "Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching". *J. Appl. Physiol*. 86: PP:1283-1291.
4. Bacurau, R.F.P., Monteiro, G.A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L.F., and Aoki, M.S. (2009). "Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength". *J. Strength Cond. Res*. 23(1): PP:304-308.
5. Behm, D.G., Button, D.C., and Butt, J.C. (2001). "Factors affecting force loss with prolonged stretching". *Can. J. Appl. Physiol*. 26:PP:261-272.
6. Bradley, P.S., Olsen, P.D., and Portas, M.D. (2007). "The effect of static, ballistic, and proprioceptive facilitation stretching on vertical jump performance". *J. Strength Cond. Res*. 21:PP:221-226.
7. Brandenburg, J. P. (2006). "Duration of static stretching dose not influence the degree of force loss following static stretching". *J. Sport Med. Phys Fitness*. 46:PP:526-534.

8. Cornwell, A., Nelson, A. G., and Sideway B. (2002). "Acute of effects stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex". *Eur. J. Appl. Physiol.* 86:PP:428-432.
9. Cramer, J.T., Housh, T.J., Johnson, G.O., Cuborn, J.W., and Beck, T.W. (2004). "Acute effects of static stretching on peak torque in women". *J. Strength Cond. Res.* 18: PP:236-241.
10. Cramer, J.T., Housh, T.J., Weir, J.P., Johnson, G.O., Cuborn, J.W., and Beck, T.W. (2005). "The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography". *Eur. J. Appl. Physiol.* 93: PP:530-539.
11. Evetovich, T.K., Nauman, N.J., Conley, D.S., and Todd, J.B. (2003). "Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions". *J. Strength Cond. Res.* 17: PP:484-488.
12. Fowles, J.R., Sale, D.G., and MacDougal, J. D. (2000). "Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors". *J. Appl. Physiol.* 89: PP:1179-1188.
13. Knudson, D., and Noffal, G. (2005). "Time course of stretch-induced isometric strength deficits". *Eur. J. Appl. Physiol.* 94: PP:348-351.
14. Kokkonen, J., Nelson, A.G., and Cornwell, A. (1998). "Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance". *Res. Q. Exerc. Sport.* 69:PP:411-415.
15. Magnusson, S.P., Simonsen, E.B., Aagaard, P., and Kjaer, M. (1996). "Biomechanical responses to repeated stretch in human hamstring muscle in vivo". *Am. J. Sports Med.* 24:PP:622-628.
16. Minkler, S., and Patterson, p. (1994). "The validity of the modified sit-and-reach test in college-aged students". *Res. Q. Exerc. Sport.* 65:1; PP:89-192.

17. Miyahara, Y., Ogura, Y., Naito, H., Katamoto, S., and Aoki, J. (2005). "Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching on maximal voluntary contraction". *Med. Sci. Sports Exerc.* 37:S441.
18. Ogura, Y., Miahara, Y., Naito, H., Katamoto, S., and Aoki, J. (2007). "Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles". *J. Strength Con. Res.* 21: PP:788-792.
19. Power, K., Behm, D., Cahili, F., Carrol, M., and Young, W. (2004). "An acute bout of static stretching: Effects on force and jumping performance". *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:PP:1389-1396.
20. Taylor, D.C., Dalton, J.D., and Garret, W.E. (1990). "Viscoelastic properties of muscle tendon-units. The biomechanical effects of stretching". *Am. J. Sports Med.* 18:PP:300-309.
21. Unick, J., Kieffer, H.S., Cheesman, W., and Feeney, A. (2005). "The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women". *J. Strength Cond Res.* 19: PP:206-212.
22. Vetter, R.E. (2007). "Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance". *J. Strength Cond. Res.* 21: PP: 819-823.
23. Wilson, G.J., Murphy, A.J., and Pryor, J.F. (1994). "Musculotendinous stiffness: Its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance". *J. Appl. Physiol.* 76:PP:2714-2719.
24. Wilson, G.J., Wood, G.A., and Elliott, B.C. (1991). "The relationship between stiffness of the musculature and static flexibility: An alternative explanation for the occurrence of muscular injury". *Int. J. Sports Med.* 12: PP:403-407.
25. Young, W., and Elliott, S. (2001). "Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance". *Res. Q. Exerc. Sport.* 72:PP:273-279.

26. Young, W., Elias, G., and Power, J. (2006). "Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion". *J. Sports Med. Phys Fitness*. 46:PP:403-411.