

Short vs. long vs. periodized static stretching bouts for enhancing and maintaining range of motion in upper and lower extremities in healthy women

Kiana Sadat Hosseini Noushirvani¹- Farahnaz Amirshaghghi² - Mahdiyeh zamankhanpour³ - Rahman Soori^{*4}

1. Ph.D. Student in Exercise Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran 2.Assistant Professor, Exercise Physiology Dept., Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran 3.Master Student in Exercise Psychology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran 4.Full Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received:2025/03/25; Accepted:2025/05/16)

Abstract

Static stretching is recognized for its effectiveness in enhancing flexibility, primarily due to its simplicity and established benefits in increasing range of motion (ROM). This study aimed to investigate several under-researched aspects of static stretching, including the effects of periodization, retention of ROM through various protocols, and its potential to improve ROM in the upper limbs. A total of 49 healthy young women (ages 24.81 ± 5.84 years) were randomly assigned to a control group or one of three training groups. Each training group participated in three weekly sessions focusing on short, long, or periodized stretching, with each limb receiving 145 seconds of stretching. Range of motion was assessed biweekly using goniometry applications (Goniometro for Android and Moasure for iOS) before and throughout the eight-week training period, as well as four weeks post-training. Data were analyzed using a 4×7 mixed model ANOVA (groups $\times$ measurement times) for each joint, with a significance level set at $p < .05$. The results showed no significant differences among groups regarding shoulder flexion and ankle dorsiflexion ROM. However, hip flexion ROM improved over time in the short and periodized protocols, with gains retained after four weeks. All three training groups exhibited similar trends in wrist extension improvement. Overall, while results varied across limbs, short and periodized stretching bouts appear more effective than prolonged sessions, considering the percentage of change and ease of adherence.

Keywords

Active Stretching, Mobile Applications Arthrometry, Retention, Time Factors.

* Corresponding Author: E - mail: soori@ut.ac.ir

مقایسه اثر وهله‌های کشش ایستای کوتاه، بلند و زمان‌بندی شده بر بهبود و حفظ دامنه حرکتی اندام منتخب تحتانی و فوقانی در زنان جوان سالم

کیانا سادات حسینی نوشیروانی^۱ - فرحناز امیرشقایق^۲ - مهدیه زمان خانپور^۳ - رحمان سوری^{۴*}

۱. دانشجوی دکتری، گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. استاد، گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۰۶، تاریخ تصویب: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷)

چکیده

هدف پژوهش حاضر مقایسه اثر وهله‌های کشش کوتاه، بلند و زمان‌بندی شده بر بهبود و حفظ دامنه حرکتی اندام تحتانی و فوقانی است. این مطالعه نیمه تجربی با طرح اندازه‌گیری مکرر ۷ مرحله‌ای انجام شد. در این تحقیق، ۴۹ زن جوان سالم با میانگین سنی $5/84 \pm$ سال به یک گروه کنترل و سه گروه تمرینی تقسیم شدند. پروتکل تمرینی شامل انجام وهله‌های کشش کوتاه، طولانی یا زمان‌بندی شده بر روی اندام‌های منتخب بود که هر جلسه شامل زمان کشش کلی ۱۴۵ ثانیه در هر جلسه برای هر یک از اندام‌ها بوده، و سه روز در هفته اجرا می‌شد. اندازه‌گیری‌ها، قبل از دوره تمرینی، هر دو هفته در طول دوره هشت هفته‌ای و تا چهار هفته پس از دوره تمرینات انجام شد. داده‌ها با استفاده از ANOVA مدل ترکیبی 4×7 (گروه‌ها $\times$ زمان‌های اندازه‌گیری) برای هر مفصل تجزیه و تحلیل شدند. سطح معناداری در تمامی آزمون‌های آماری برابر $p < 0/05$ بود. براساس نتایج حاصله تفاوت معناداری بین گروه‌ها در دامنه حرکتی فلکشن شانه و دورسی فلکشن مچ پا وجود نداشت. اما در رابطه با دامنه حرکتی فلکشن هیپ در پروتکل‌های کوتاه و زمان‌بندی، سه گروه تمرینی روند مشابهی از بهبود را نشان دادند. با توجه به درصد تغییرات و سهولت پایداری شرکت‌کنندگان، به نظر می‌رسد که استفاده از وهله‌های کشش کوتاه (به ویژه برای دو اندام منتخب فوقانی) یا زمان‌بندی شده (به ویژه برای دو اندام منتخب تحتانی) موثرتر از وهله‌های طولانی باشد. این یافته‌ها می‌تواند در طراحی برنامه‌های تمرینی برای بهبود انعطاف‌پذیری در زنان جوان، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

آرترومتری با اپلیکیشن، حفظ اثرات، کشش فعال، عوامل زمانی.

*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی: soori@ut.ac.ir

مقدمه

کشش ایستا^۱ یک روش محبوب برای افزایش انعطاف‌پذیری است که به دلیل سادگی و اثربخشی اثبات شده آن در بهبود دامنه حرکتی^۲ (ROM) مورد توجه قرار گرفته است (۱). در این رابطه، نشان داده شده است که کشش ایستا کارآمدتر از کشش بالستیک^۳ اپوپا^۴ است (۲). پژوهشگران در مطالعات مختلف، روش‌های متنوع بهینه‌سازی پروتکل‌های کشش ایستا را مورد کاوش قرار داده‌اند؛ یکی از محورهای اصلی این تحقیقات، بررسی تأثیر تغییرات در مدت زمان هر تکرار کشش است، در حالی که زمان کلی تخصیص داده شده به تمرینات کششی ثابت نگه داشته می‌شود (۵-۲). با این وجود، این حوزه همچنان دارای خلأهایی است که نیازمند پژوهش‌های بیشتر می‌باشد.

نکته قابل توجه این است که بخش عمده‌ای از مطالعات پیشین، عمدتاً بر اندام‌های تحتانی تمرکز داشته‌اند. به طور خاص، این تحقیقات بیشتر به بررسی دامنه حرکتی فلکشن مفصل ران و انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ پرداخته‌اند. این در حالی است که دامنه‌های حرکتی مختلف می‌توانند به شیوه‌های متفاوتی تحت تأثیر پروتکل‌های کششی قرار گیرند. این تفاوت‌ها ناشی از تنوع در ساختار مفاصل، و نوع عضلات می‌باشد (۲، ۵). برای نشان دادن اینکه به کارگیری پروتکل کششی با اثرات بهینه، می‌تواند برای دامنه‌های حرکتی مختلف متفاوت باشد، می‌توان به دو پژوهش کلیدی دونتی و همکاران (۲۰۱۸)، که بر فلکشن ران تمرکز داشت (۶)، و پژوهش دونتی و همکاران (۲۰۲۱)، که اکستنشن ران را مورد بررسی

قرار داده (۷)، اشاره نمود. جالب اینجاست، که اگرچه دو مطالعه با پروتکل‌های یکسان (کشش تداومی ۹۰ ثانیه‌ای در مقابل کشش تناوبی ۳۰×۳ ثانیه‌ای)، با بسامد مشابه (۳ روز در هفته) و توسط ژیمناست‌های دختر با سن یکسان (۸ تا ۱۰ ساله) انجام شده‌اند، اما نتایج متفاوت است. دونتی و همکاران (۲۰۱۸)، نشان دادند که کشش تناوبی برای فلکشن ران مؤثرتر است (از هفته سوم) (۶)، در حالی که دونتی و همکاران (۲۰۲۱)، افزایش در اکستنشن ران را بدون تفاوت معنادار بین پروتکل‌ها مشاهده کردند (از هفته ششم) (۷). جنبه مهم دیگر دو مطالعه ذکر شده، این است که بر اساس دانش ما، اینها تنها تحقیقاتی هستند که اثرات پروتکل‌های مختلف کشش ایستا را بر حفظ مقادیر بهبود یافته دامنه حرکتی مقایسه کرده‌اند. دونتی و همکاران (۲۰۱۸)، نشان دادند که پروتکل تناوبی برای فلکشن ران، از هفته دوم به بعد مؤثرتر بود. با این حال، طبق مطالعه دونتی و همکاران (۲۰۲۱)، در رابطه با اکستنشن ران، تفاوتی در بهبود و حفظ دامنه حرکتی، بین دو پروتکل مشاهده نشد، و دستاورد تمرینی به مدت ۳ هفته حفظ شد (۶، ۷). با توجه به وقفه‌های اجتناب‌ناپذیر در دوره‌های تمرینی به دلیل شرایط پیش‌بینی نشده، هم میزان و هم ماندگاری دستاوردهای تمرینی مهم هستند. بنابراین، پرداختن به این موضوع در تحقیقات کشش ایستا ارزشمند است و هدف دوم این مطالعه را تشکیل می‌دهد. افزون بر آن، استفاده از پروتکل کششی زمان‌بندی شده، به جای یک پروتکل ثابت در طول دوره تمرینی، موضوعی است که در این حوزه نسبتاً نادیده گرفته شده است. در این مورد، اگرچه برخی

3Ballistic stretching

4Dynamic stretching (DS)

1 Static stretching (SS)

2 Range of motion

فوقانی و تحتانی مختلف الگوهای متمایزی را نشان می‌دهد یا خیر.

روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه با ۴۹ زن جوان سالم (۱۸ تا ۴۵ ساله) آغاز شد. معیارهای ورود به پژوهش شامل نداشتن آسیب‌های اخیر یا مشکلات اسکلتی-عضلانی در اندام‌های هدف، عدم شرکت در تمرینات دیگر با تمرکز خاص بر انعطاف‌پذیری، و توانایی خودداری از تمرینات انعطاف‌پذیری برای یک دوره یک ماهه بود. شرکت‌کنندگان در صورت غیبت در بیش از ۳ جلسه غیرمتوالی یا ۲ جلسه متوالی، یا اگر داده‌های ارائه شده برای اندازه‌گیری‌ها غیرقابل اعتماد به نظر می‌رسید، از دوره تمرینی حذف می‌شدند. وضعیت سلامت داوطلبان برای اطمینان از عدم آسیب‌رسانی تمرینات ارزیابی شد و یک رضایت‌نامه کتبی توسط آزمودنی‌ها امضا شد و افرادی که نمی‌توانستند شرایط لازم را در طول تحقیق حفظ کنند یا عدم تمایل خود را برای ادامه همکاری ابراز کردند، از مطالعه خارج شدند. با شیوع ویروس کرونا همزمان با دوره مطالعه، این مطالعه به صورت از راه دور در خانه‌های شرکت‌کنندگان انجام شد تا ایمنی آنها حفظ شود. ۲۶ نفر از شرکت‌کنندگان (با میانگین سنی $5/84 \pm 24/81$ سال، قد $5/64 \pm 168/15$ سانتی‌متر، وزن $6/54 \pm 52/92$ کیلوگرم) کل فرآیند را با موفقیت به پایان رساندند. شرکت‌کنندگان تقریباً به طور مساوی به چهار گروه شامل یک گروه بدون مداخله (کنترل) و سه گروه مداخله (کوتاه، طولانی و زمان‌بندی شده) تقسیم شدند. در تمام گروه‌های مداخله، تمرینات کششی ایستا به مدت ۸ هفته، با تکرار ۳ جلسه در هفته در خانه انجام شد.

مطالعات، از پروتکل‌های زمان‌بندی شده استفاده کرده‌اند، اما اثرات آن را با پروتکل ثابت مقایسه نکرده‌اند. به نظر می‌رسد مطالعه ۸ هفته‌ای لیما و همکاران (۲۰۱۹)، اولین تلاش برای بررسی این موضوع باشد. اگرچه نتایج نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌ها از نظر بهبود دامنه حرکتی وجود ندارد، اما مداخله زمان‌بندی شده اندازه اثر بزرگتری داشت و از نظر زمانی کارآمدتر بود (۸). علاوه بر مزایای صرفه‌جویی در زمان، پروتکل‌های زمان‌بندی شده‌ای که به خوبی طراحی شده باشند، پتانسیل تسهیل سازگاری افراد با تمرینات را دارا می‌باشند. این امر ممکن است در برخی موارد، حتی اگر در نهایت به نتایج یکسانی منجر شود، آنها را به انتخابی مناسب‌تر تبدیل کند. به همین دلیل است که یکی از پروتکل‌هایی که در مطالعه حاضر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، در یک چارچوب زمان‌بندی شده سازماندهی شده است. مطالعه حاضر با هدف کسب بینش در مورد اثرات پروتکل‌های مختلف کشش (ثابت/زمان‌بندی شده) بر دامنه حرکتی مفصلی که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، انجام شد. بر اساس محدوده معمول مدت زمان کشش‌های منفرد استفاده شده در مطالعات مختلف، ما سه پروتکل را طراحی و مقایسه کردیم تا تأثیر آنها را بر فلکشن ران، فلکشن شانه، دورسی فلکشن مچ پا و اکستنشن مچ دست (چهار دامنه حرکتی متمایز از اندام‌های فوقانی و تحتانی) ارزیابی کنیم. هدف ما این بود که هنگامی که کل زمان کشش به نوبت‌های کوتاه، طولانی یا زمان‌بندی شده تقسیم می‌شود، آیا تفاوتی در بهبود یا حفظ دامنه حرکتی وجود دارد یا خیر. علاوه بر این، ما به دنبال بررسی این موضوع بودیم که آیا اثرات تمرین کششی بر اندام‌های

برای اطمینان از پایبندی مناسب به مداخله، ارتباط منظم با شرکت‌کنندگان حفظ شد و گزارش‌های آنها از انجام تمرینات ثبت شد. به تمام شرکت‌کنندگان یک ویدیوی آموزشی در مورد نحوه انجام اندازه‌گیری‌ها ارائه شد و به شرکت‌کنندگان هر گروه مداخله، ویدئوی مختص به آن گروه، جهت انجام تمرینات همراه با آن داده شد. ذکر نکات لازم و اطمینان از درک کامل افراد از روش‌های اندازه‌گیری از طریق ارتباط فرد به فرد با آزمودنی‌ها انجام شد. اندازه‌گیری‌ها قبل و سپس هر دو هفته یکبار در طول دوره تمرینی ۸ هفته‌ای و به مدت یک ماه پس از آن انجام شدند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا برنامه‌های تمرینی فوق برنامه خود را تا حد امکان ثابت نگه دارند و از سایر تمرینات متمرکز بر انعطاف‌پذیری خودداری کنند. تمرین شامل یک برنامه گرم کردن عمومی ۷ دقیقه‌ای بود که در تمام جلسات ثابت بود، و به دنبال آن ۱۴۵ ثانیه کشش ایستا برای هر یک از چهار اندام هدف انجام می‌شد. برنامه کششی بر اساس گروه مداخله تنظیم شده بود.

تمرینات کششی دو طرفه برای جلوگیری از عدم برهم خوردن تعادل عضلانی و صرفه‌جویی در زمان استفاده شد. تمرینات طوری طراحی شدند که برای تمام گروه‌های عضلانی هدف، از نظر نوع کشش و اجرا مشابه باشند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تمام کشش‌ها را با شدت متوسط، با نمره دشواری ۵-۶ در مقیاس ۱ تا ۱۰ انجام دهند. از آنجا که تمرینات کششی دو طرفه بودند، طرف کم‌انعطاف‌تر به عنوان مرجع تعیین شد استفاده شد. پس از اتمام کشش‌های اصلی برای هر گروه عضلانی، شرکت‌کنندگان ۱۵ ثانیه کشش در جهت مخالف، در هر طرف بدن انجام دادند تا تعادل بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست حفظ شود. فاصله استراحت بین ست‌ها برای تمام گروه‌های مداخله ۱۰ ثانیه بود و پروتکل‌ها تنها در مدت زمان تکرارها متفاوت بودند، زمان‌های استفاده شده در هر یک از گروه‌های تمرینی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. تکرار- زمان‌های استفاده شده در هر یک از گروه‌های تمرینی

بازه‌ی تمرین	تعداد تکرار	زمان وهله‌ها (ثانیه)	ترکیب تکرار و زمان
کوتاه	۸	۱۵-۲۰	$(۳ \times ۱۵) + (۵ \times ۲۰)$
بلند	۳	۴۵-۵۰	$(۱ \times ۴۵) + (۲ \times ۵۰)$
زمان‌بندی شده	۸	۱۵-۲۰	$(۳ \times ۱۵) + (۵ \times ۲۰)$
	۵	۲۵-۳۰	$(۱ \times ۲۵) + (۴ \times ۳۰)$
	۴	۳۵-۴۰	$(۳ \times ۳۵) + (۱ \times ۴۰)$
	۳	۴۵-۵۰	$(۱ \times ۴۵) + (۲ \times ۵۰)$

برای کشش عضلات اکستنسور ران، فرد با پای صاف می‌نشست و بدن را به جلو خم می‌کرد. دست‌ها زیر ساق پا را می‌گرفتند و کشش مورد نظر با خم کردن و پایین کشیدن آرنج‌ها اعمال می‌شد. برای دستیابی به نتایج بهتر (۹) و جلوگیری از کشش عضلات پلانتر فلکسور، پا در حالت پلانتر فلکشن قرار می‌گرفت. برای

کشش عضلات اکستنسور شانه، فرد جلوی دیوار می‌ایستاد و کف دست‌هایش را روی دیوار در خط شانه‌هایش قرار می‌داد، سپس یک قدم به عقب برمی‌داشت و سینه‌اش را به سمت زمین می‌کشید، در حالی که سر و ستون فقرات را در یک راستا نگه می‌داشت تا کشش مورد نظر بر روی اکستنسورهای

آیفون ۷ اپل و سامسونگ گلکسی A50 به عنوان پلتفرم‌های نصب برنامه استفاده شدند. برای ارزیابی اعتبار همزمان و پایایی درون‌آزمونگر، یک روش دقیق و جامع به کار گرفته شد. یک آزمونگر زوایای موقعیت معمول مطالعه را در فواصل ۳۰ درجه‌ای ارزیابی کرد و این ارزیابی برای هر برنامه ده بار تکرار شد. دو آزمونگر دیگر به طور مستقل همان زوایا را که توسط شخص سوم تنظیم شده بود، دو بار ارزیابی کردند و میانگین این ارزیابی‌ها برای سنجش پایایی بین‌آزمونگر استفاده شد.

نتایج این روش، اعتبار همزمان عالی برای هر دو برنامه، پایایی درون‌آزمونگر بالا، پایایی بین‌آزمونگر قابل توجه و همبستگی قوی بین دو برنامه مورد استفاده را نشان داد. علاوه بر این، به دلیل انجام تحقیق از راه دور، برخی تمهیدات برای اطمینان از دقت بیشتر داده‌های دریافتی انجام شد. دستیاران اندازه‌گیری‌ها را دو بار برای هر مفصل تکرار کردند و میانگین برای به حداقل رساندن خطاها استفاده شد. برای جلوگیری از اثرات رفلکس کششی، یک فاصله ۲۰ ثانیه‌ای بین اندازه‌گیری‌ها الزامی بود. اگر بیش از ۴ درجه تفاوت بین مقادیر ارزیابی شده اول و دوم وجود داشت، یک اندازه‌گیری سوم انجام می‌شد، و دو مقدار نزدیک‌تر پذیرفته می‌شدند. علاوه بر این، فقط از داده‌های مربوط به سمت کم‌انعطاف‌تر بدن (که در ابتدا دامنه حرکتی کمتری داشت) استفاده شد زیرا هنگام انجام حرکات، بیشتر تحت کشش قرار می‌گرفت. با این حال، از افراد خواسته شد که اندازه‌گیری‌ها را در هر دو طرف بدن انجام دهند تا معیاری برای بررسی دقت داده‌های ارائه شده توسط آنها فراهم شود. از آزمودنی‌ها و دستیاران آنها خواسته شد که شرایط تمام اندازه‌گیری‌ها را تا حد امکان مشابه نگه دارند. اندازه‌گیری‌ها در موقعیت‌های

شانه اعمال شود. برای کشش عضلات پلانتر فلکسور مچ پا، فرد جلوی دیوار می‌ایستاد و ساعدهایش را روی آن قرار می‌داد، دست‌ها به هم گره خورده. سپس تا جایی که می‌توانست پاشنه‌هایش را روی زمین نگه دارد، به عقب قدم برمی‌داشت و لگن را به پایین می‌کشید تا کشش مورد نظر بر روی عضلات ساق پا اعمال شود. برای کشش عضلات فلکسور مچ دست، فرد روی زانوهایش قرار می‌گرفت و دست‌هایش را روی زمین با انگشتان به سمت خودش قرار می‌داد و تا جایی که می‌توانست کف دست‌ها را به زمین چسبیده نگه دارد، سپس پاهایش را از دست‌هایش دور می‌کرد. کشش مورد نظر بر روی فلکسورهای مچ دست با کشیدن تنه به عقب اعمال می‌شد. دامنه حرکتی فعال از طریق گونیومتری با گوشی هوشمند ارزیابی شد، که شواهد کافی برای حمایت استفاده از آن به جای گونیومترهای معمولی ارائه شده است (۱۰)، و نشان داده شده که توسط چندین آزمایشگر به طور دقیق قابل استفاده است (۱۱). این روش امکان اندازه‌گیری دامنه حرکتی در خانه توسط یک دستیار (طبق دستورالعمل‌های ارائه شده از طریق یک ویدیوی شامل جزئیات) را فراهم کرد و بدین ترتیب از به خطر انداختن سلامت شرکت‌کنندگان در طول شیوع ویروس کرونا جلوگیری شد.

دو برنامه برای اندازه‌گیری‌ها استفاده شد:

Goniometro برای اندروید و Moasure برای iOS.

این برنامه‌ها به دلیل سهولت استفاده، در دسترس بودن رایگان و پاسخ‌های دقیق انتخاب شدند. از آنجا که ارزیابی برای برنامه‌های خاص در دسترس نبود، ما یک ارزیابی با استفاده از یک گونیومتر جهانی با بازوی ثابت روی یک ساختار پایدار و بازوی متحرک برای شبیه‌سازی حرکت اندام از ابتدا تا انتها انجام دادیم.

تفاوت‌های نسبت شرایط تمرینی و سابقه افراد انجام شد. میانگین دامنه حرکتی به دست آمده از اندازه‌گیری در هر زمان و گروه عضلانی به عنوان داده‌های اندازه‌گیری استفاده شد و روش بیشینه‌سازی انتظار^۱ برای جایگزینی داده‌های پرت و نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد (۱۳)، که سپس توسط آزمون شاپیرو-ویلک تأیید شد. همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لوین و کرویت داده‌ها توسط آزمون ماچلی ارزیابی شد. یک تحلیل واریانس مختلط 4×7 (گروه‌ها $\times$ زمان‌های اندازه‌گیری) برای ارزیابی تأثیر مداخلات مختلف بر هر گروه عضلانی انجام شد. در صورت لزوم، از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین سن آزمودنی‌ها $24/81 \pm 5/84$ سال، میانگین قد $168/15 \pm 5/64$ سانتی‌متر، میانگین وزن $59/92 \pm 6/54$ کیلوگرم و میانگین شاخص توده بدنی $1/998 \pm 21/19$ است.

نتایج آزمون آنوای یک‌طرفه نشان داد که تفاوتی بین گروه‌ها از نظر ویژگی‌های آزمودنی‌ها (سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی و دامنه‌های حرکتی هدف اولیه) وجود ندارد ($p > 0/05$). نتایج تحلیل خی دو نیز نشان داد که تفاوتی در نسبت‌های گروه‌ها از نظر شرایط و سابقه تمرینی آزمودنی‌ها (داشتن سابقه تمرین حرفه‌ای، سابقه شرکت حرفه‌ای در ورزش‌های مبتنی بر انعطاف‌پذیری و داشتن بیش از یک ساعت تمرینات منظم دیگر در طول دوره تمرین) وجود ندارد ($p > 0/05$). برای داده‌های مربوط به دامنه حرکتی لگن، شانه، مچ دست و مچ پا، نرمال بودن و همگنی

زیر انجام شد: ایستاده برای مفصل شانه، دراز کشیده با پاهای صاف برای مفاصل ران و مچ پا، و نشسته پشت میز برای مفصل مچ دست. نقطه احساس مقاومت (جایی که کشش بیشتر نیاز به تلاش زیادی داشت) به عنوان نقطه پایانی برای ارزیابی دامنه حرکتی در نظر گرفته شد. برای تطبیق با شرکت‌کنندگانی که دامنه حرکتی فلکشن شانه بیشتر از 180° درجه داشتند، روش اندازه‌گیری تغییر یافت تا از موقعیت فلکشن 90° درجه شروع شود و 90° به نتیجه نهایی اضافه شد. برای انجام اندازه‌گیری‌ها، آزمایشگران گوشی هوشمند را به اندام مورد نظر چسبانده، و دست خود را همراه با حرکت اندام به سمت نقطه پایانی حرکت دادند. سپس گوشی را ثابت نگه داشته و زاویه را ثبت کردند. برای تسهیل در ثابت نگه داشتن گوشی، موقعیت‌های زیر برای قرار دادن گوشی استفاده شد: عمودی روی لبه برای دامنه حرکتی ران، افقی روی لبه برای دامنه حرکتی مچ دست و مچ پا، و افقی متصل از پشت برای دامنه حرکتی شانه. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶، برای تحلیل داده‌ها در سطح معناداری $p < 0/05$ استفاده شد. ضرایب همبستگی درون‌رده‌ای (ICC) با استفاده از مدل مختلط دو طرفه برای ارزیابی اعتبار همزمان و همبستگی بین برنامه‌ها و مدل تصادفی دو طرفه برای بررسی پایایی بین‌آزمونگر و درون‌آزمونگر محاسبه شدند (۱۲). آمار توصیفی برای محاسبه میانگین ($\pm$ انحراف معیار) سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی شرکت‌کنندگان، و همچنین دامنه حرکتی مفاصل هدف در هر زمان اندازه‌گیری استفاده شد. تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای بررسی شباهت گروه‌ها از نظر ویژگی‌های آزمودنی‌ها و دامنه حرکتی اولیه استفاده شد. تحلیل‌های مجذور کای برای آزمون

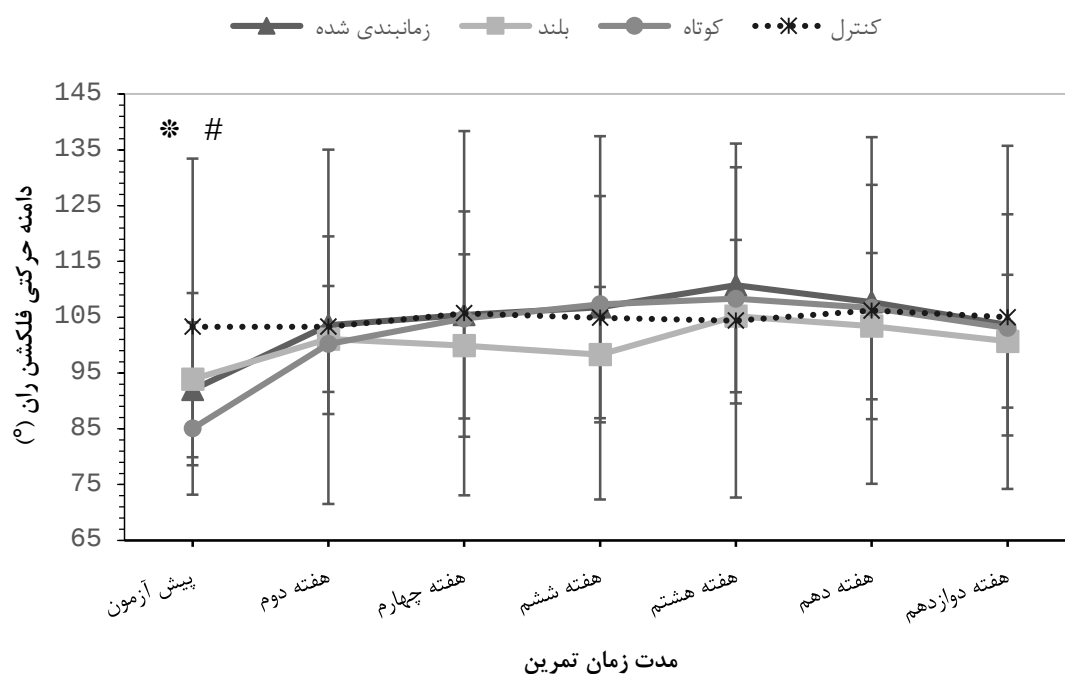
برای زمان اندازه‌گیری مشاهده شد ($p < ۰/۰۰۱$)، (نمودار ۲). نتایج تحلیل داده‌های دامنه حرکتی فلکشن شانه با استفاده از آزمون آنوای ترکیبی، هیچ تعامل معناداری را بین گروه و زمان اندازه‌گیری نشان نداد ($p = ۰/۵۲۴$). با این حال، اثر اصلی برای زمان اندازه‌گیری معنادار بود ($p = ۰/۰۰۵$)، (نمودار ۳). نتایج تحلیل داده‌ها برای دامنه حرکتی اکستنشن مچ دست با استفاده از آزمون آنوای ترکیبی، اثر تعاملی بین گروه و زمان‌های اندازه‌گیری را نشان داد ($p = ۰/۰۴$) و تغییرات معناداری در هر ۳ گروه مداخله مشاهده شد ($p < ۰/۵$). با این حال، هیچ تفاوت معناداری درون گروهی در گروه کنترل و گروه بلند مشاهده نشد، (نمودار ۴). درصد تغییرات در دامنه حرکتی برای نواحی ذکر شده، در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون، در جدول ۲ ارائه شده است.

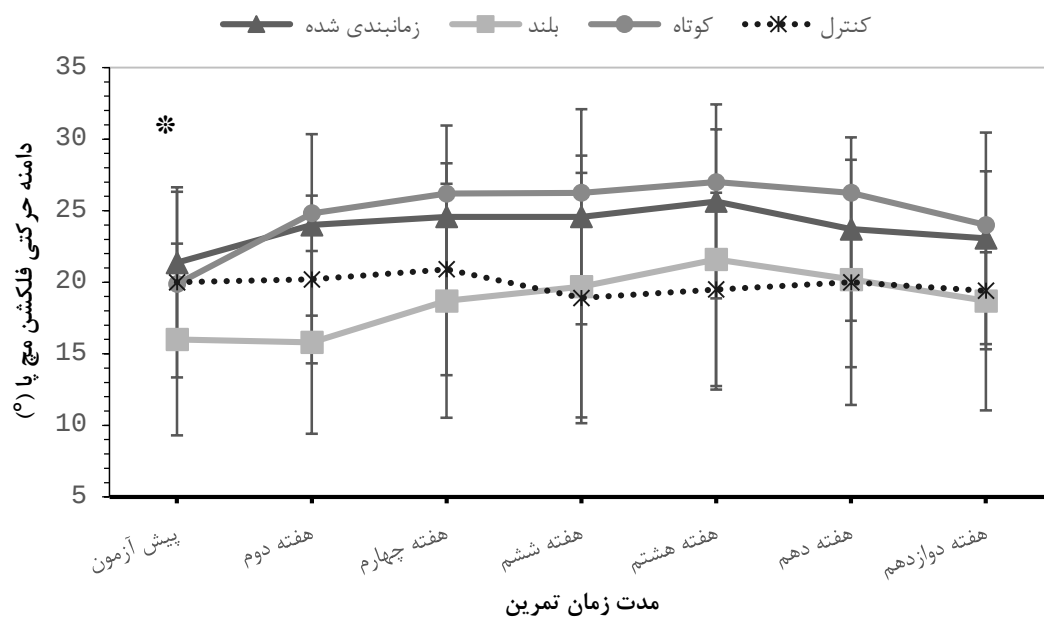
واریانس‌ها برای تمام گروه‌ها به ترتیب توسط آزمون شاپیرو-ویلک و آزمون لون تأیید شد ($p > ۰/۰۵$). آزمون ماچلی برای ارزیابی فرضیه کرویت داده‌ها برای تمام گروه‌های عضلانی هدف انجام شد و از آنجایی که رد شد ($p < ۰/۰۵$)، از روش گرین-هاوس-گایسر با تعدیل اندازه نمونه استفاده شد. برای دامنه حرکتی فلکشن ران، آزمون آنوای ترکیبی تعامل معناداری بین گروه و زمان اندازه‌گیری نشان داد ($p = ۰/۰۴۴$). آزمون تعقیبی بونفرونی تغییرات معناداری را در گروه‌های زمان‌بندی شده و کوتاه از هفته دوم نشان داد ($p < ۰/۰۵$)، در حالی که هیچ تفاوت معناداری در گروه‌های کنترل و طولانی مشاهده نشد ($p > ۰/۱۰$)، (نمودار ۱). نتایج تحلیل داده‌ها برای دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با استفاده از آزمون آنوای ترکیبی، اثر تعاملی بین گروه و زمان اندازه‌گیری را رد کرد ($p = ۰/۰۹۳$)، با این حال، یک اثر اصلی معنادار

جدول ۲. درصد تغییرات در دامنه حرکتی برای فلکشن ران، دورسی فلکشن مچ پا، فلکشن شانه و اکستنشن مچ دست به تفکیک گروه، در مقایسه با مقادیر پیش‌آزمون

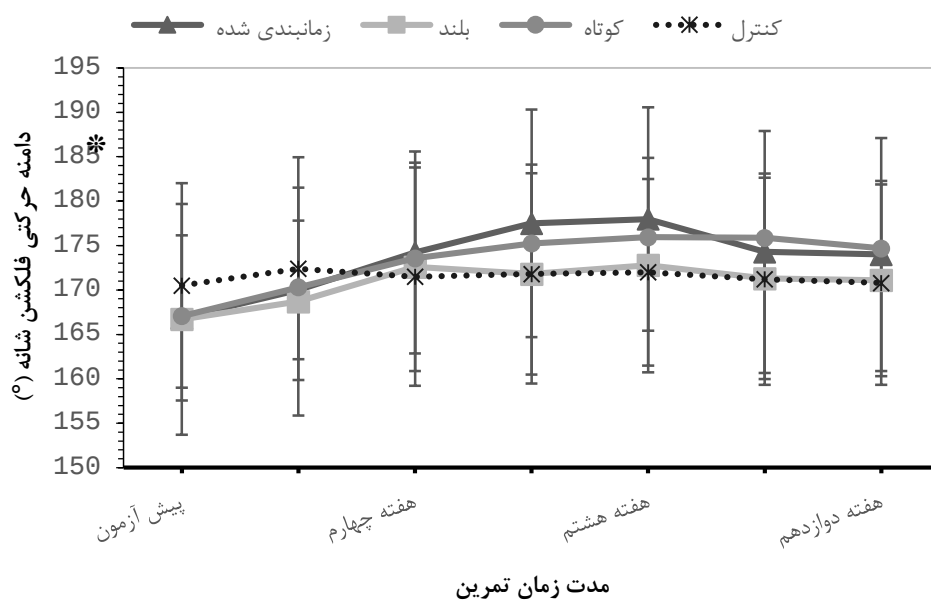
دامنه حرکتی	گروه	هفته ۲	هفته ۴	هفته ۶	هفته ۸	هفته ۱۰	هفته ۱۲
فلکشن ران	زمان‌بندی شده	۱۴/۹۲*	۱۶/۹۸	۱۸/۴۸	۲۲/۸۴*	۱۹/۵۱*	۱۴/۹۹
	بلند	۳/۰۰	۳/۴۶	۴/۲۰	۷/۱۷	۵/۳۴	۲/۵۹
	کوتاه	۱۷/۷۸*	۲۳/۱۴*	۲۶/۱۶*	۲۷/۳۳*	۲۵/۴۲*	۲۱/۱۶*
	کنترل	-۰/۰۹	۱/۱۰	۳/۳۶	۲/۶۸	۳/۳۹	۲/۴۶
دورسی فلکشن مچ پا	زمان‌بندی شده	۱۳/۵۵	۲۰/۱۱	۱۹/۸۳	۲۵/۳۵	۱۵/۹۲	۱۲/۷۸
	بلند	۶/۸۸	۱۶/۸۸	۲۰/۲۵	۳۰/۲۵	۲۲/۲۵	۱۰/۰۰
	کوتاه	۱۷/۴۸	۳۱/۷۶	۳۲/۰۸	۳۵/۸۵	۳۲/۰۸	۲۰/۷۵
	کنترل	۳/۷۱	۴/۲۲	-۵/۶۰	-۵/۶۰	-۱/۷۲	-۳/۰۲
فلکشن شانه	زمان‌بندی شده	۱/۸۸	۴/۴۱	۶/۳۸	۶/۶۷	۴/۴۵	۴/۲۸

۲/۶۴	۲/۷۵	۳/۶۶	۳/۰۶	۳/۵۴	۱/۲۰	بلند
۴/۵۶	۵/۲۷	۵/۳۱	۴/۹۰	۳/۸۹	۱/۹۵	کوتاه
۱/۳۶	۰/۶۰	۰/۳۵	۰/۹۶	۰/۸۱	۰/۸۶	کنترل
۱۸/۰۱***	۲۲/۹۸***	۲۳/۸۱***	۲۲/۴۶***	۱۷/۷۰*	۱۷/۰۸**	زمان‌بندی شده
۱۲/۲۳	۱۶/۵۱*	۱۷/۵۸*	۱۳/۹۱	۱۴/۸۳	۲/۶۹	بلند
۸/۵۲	۱۳/۷۱**	۱۵/۵۸**	۱۴/۹۹**	۱۱/۱۶	۷/۷۶	کوتاه
۴/۶۷	۵/۹۸	۴/۱۹	۷/۳۰	۰/۳۶	-۰/۸۴	کنترل

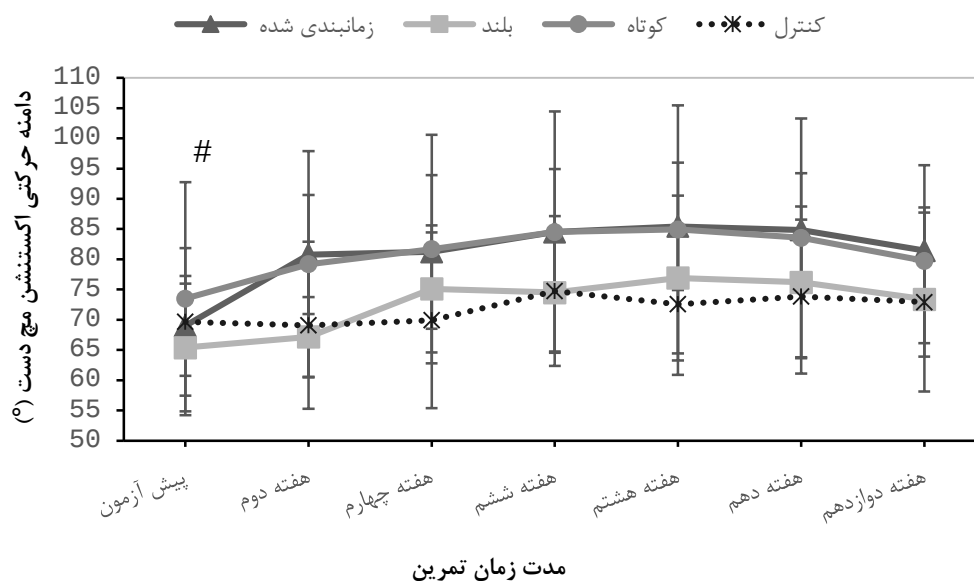
اکستنشن مچ
دستمقادیر نشان‌دهنده تغییرات درصدی هستند. $p < .05$, $p < .01$, $p < .001$, $p < .0001$.نمودار ۱: تغییرات میانگین ($\pm$ انحراف معیار) فلکشن ران در ۷ زمان اندازه‌گیری



نمودار ۲: تغییرات میانگین ($\pm$ انحراف معیار) دورسی فلکشن مچ پا در ۷ زمان اندازه گیری



نمودار ۳: تغییرات میانگین ($\pm$ انحراف معیار) فلکشن شانه در ۷ زمان اندازه گیری



نمودار ۴: تغییرات میانگین ($\pm$ انحراف معیار) اکستنشن مچ دست در ۷ زمان اندازه گیری

*: اثر زمان صرف نظر از نوع گروه. #: تفاوت معنی دار درون گروهی در همه گروه‌های تمرینی غیر از گروه کنترل

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه تأثیرات تکرارهای مختلف کشش ایستا بر دامنه حرکتی فلکشن ران، دورسی فلکشن مچ پا، فلکشن شانه و اکستنشن مچ دست را ارزیابی کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد که دامنه‌های حرکتی مختلف به پروتکل‌های کشش ایستا به طور متفاوتی پاسخ می‌دهند. اگرچه هیچ تحقیق دیگری زمینه مشابهی را ارزیابی نکرده است، این نتیجه تا حدودی با مطالعاتی مانند کاستا و همکاران (۲۰۱۳)، همخوانی دارد که نشان داد دامنه حرکتی فلکشن ران با کشش تنها بیشتر بهبود یافت، در حالی که تمرین مقاومتی برای دورسی فلکشن مچ پا مؤثرتر بود و تمرین ترکیبی در بهبود اکستنشن ران برتری داشت (۱۴). علاوه بر این، افزایش قابل توجه دامنه حرکتی حداقل برای دو هفته پس از تمرین حفظ شد که با یافته‌های دونتی و همکاران (۲۰۱۸، ۲۰۲۱)، همخوانی دارد، جایی که دستاورد تمرینی، پس از ۲-۳ هفته پا برجا بود (۶،

۷). با این حال، پس از یک دوره توقف تمرین چهار هفته‌ای، نتایج بر حسب دامنه‌های حرکتی و پروتکل‌های مختلف متفاوت بود. این یافته، همراه با شواهدی از مطالعات دیگر که برخی از دست رفتن (۱۵)، و برخی دیگر حفظ دستاوردهای تمرینی را (۱۶)، تا پنج الی شش هفته پس از پایان دوره تمرینات نشان داده‌اند، اهمیت انتخاب پروتکل مناسب، جهت حفظ انعطاف‌پذیری برای بیش از دو تا سه هفته را برجسته می‌کند. قابل توجه است که از میان سه مطالعه با مدت زمان مشابه (۸ هفته) و وهله‌های کشش (۲۰ ثانیه)، مشابه پروتکل کوتاه در مطالعه ما (۱۷-۱۵)، تنها پژوهش مایورگا و همکاران (۲۰۱۴ a)، که شامل کودکان و حجم کلی کشش بیش از ۹۰ دقیقه بود، حفظ دستاوردها پس از ۵ هفته را نشان داد (۱۷). این با حداقل حجم مورد نیاز برای ایجاد تغییرات طول فاسیکول همخوانی دارد (۲). به طور مشابه، کاستا و همکاران (۲۰۱۳)، ۶ هفته اثرات ماندگار

را برای سالمندان با زمان کل مداخله ۹۶ دقیقه، با استفاده از وهله‌های ۶۰ ثانیه‌ای نشان دادند (۱۴).

برای بهبود بیشتر دامنه حرکتی، مطالعه ما نتایج بهتری را با استفاده از پروتکل‌های کوتاه یا زمان‌بندی شده نشان داد که با پژوهش دوتنی و همکاران (۲۰۱۸)، سازگار است. قابل توجه است که اگرچه در مطالعه مذکور استفاده از سه دوره کشش ۳۰ ثانیه‌ای نسبت به استفاده از یک دوره ۹۰ ثانیه‌ای برای بهبود دامنه حرکتی برتر بود، اما این تنها گروهی بود که پس از توقف تمرین کاهش قابل توجهی را در دامنه حرکتی تجربه کرد (۶) و از این ایده حمایت می‌کند که به کارگیری وهله‌های بلندتر کشش، احتمالاً در ایجاد تغییرات ساختاری در عضلات، کاراثر هستند (۱۸). با این اوصاف، در دوره‌های طولانی‌تر، استفاده از رویکرد زمان‌بندی شده، به نحوی که در این پژوهش استفاده شده است، ممکن است هم به تسریع دستاوردهای اولیه کمک کند و هم با افزایش مدت زمان کشش در طول زمان، حفظ انعطاف‌پذیری را طولانی‌تر نماید. این مطالعه با محدودیت‌هایی از جمله همه‌گیری COVID-19، در نظارت مستقیم بر جلسات تمرینی و کنترل فعالیت‌های فوق برنامه شرکت‌کنندگان روبرو بود. برای دستیابی به نتایج معتبرتر، پژوهش‌های آتی می‌توانند بر روی افرادی با سبک زندگی یکنواخت‌تر یا کاملاً کم‌تحرك تمرکز کنند. همچنین، افزایش تعداد شرکت‌کنندگان با دامنه حرکتی اولیه محدودتر می‌تواند به یافته‌های آماری قوی‌تری منجر شود، زیرا برخی تفاوت‌های قابل توجه در این مطالعه به سطح معناداری آماری نرسیدند. اگرچه طراحی از راه دور این پژوهش، که به دلیل شرایط همه‌گیری COVID-19 اتخاذ شد و متکی بر گزارش‌های خوداظهاری

شرکت‌کنندگان بود، ممکن است مقداری عدم قطعیت در نتایج ایجاد کرده باشد، به دلیل ارائه روشی کاربردی برای اجرا و نظارت بر تمرینات خانگی، همچنان ارزشمند است. تمایز در نتایج برای دامنه‌های حرکتی مختلف، ضرورت استفاده از تکنیک‌های کششی متناسب برای بخش‌های مختلف بدن را نشان می‌دهد. اگرچه برخی مطالعات پیشین به بررسی تأثیر کشش بر مورفولوژی عضله پرداخته‌اند (۱۸)، اما هنوز شکاف قابل توجهی در تحقیقات مربوط به تأثیر ویژگی‌های آناتومیکی مفاصل یا خصوصیات گروه‌های عضلانی (مانند ساختار یا نوع فیبر) بر انتخاب مؤثرترین روش کششی وجود دارد. علاوه بر این، برای بهینه‌سازی اثرات طولانی مدت، باید عوامل دیگری که تاکنون نادیده گرفته شده‌اند، مانند تأثیرات مختص سن^(۲)، نیز مورد توجه قرار گیرند. این موضوع اهمیت انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه را برجسته می‌کند تا بتوان روش‌های کشش را به طور دقیق‌تر و مؤثرتری برای افراد و گروه‌های عضلانی مختلف تنظیم کرد.

علی‌رغم نتایج متفاوت در دامنه‌های حرکتی، این مطالعه نشان می‌دهد که کشش‌های ایستای کوتاه‌مدت (۲۰-۱۵ ثانیه) یا زمان‌بندی شده (با افزایش تدریجی) عموماً مؤثرتر از کشش‌های طولانی‌تر (۴۵-۵۰ ثانیه) برای بهبود و حفظ دامنه حرکتی هستند. به طور خاص، برای اندام‌های منتخب تحتانی (لگن و مچ پا)، کشش‌های کوتاه‌مدت مؤثرتر بوده‌اند، در حالی که برای اندام‌های منتخب فوقانی (شانه و مچ دست)، کشش‌های زمان‌بندی شده نتایج بهتری داشته‌اند. با این وجود، اگر قرار است رویکردی کلی برای تمام گروه‌های عضلانی اتخاذ شود، کشش‌های زمان‌بندی شده می‌توانند گزینه مناسب‌تری باشند، زیرا با کاهش

تدریجی فواصل استراحت، نه تنها از نظر زمانی کارآمدتر هستند، بلکه احتمال دستیابی به نتایج پایدارتر را افزایش می‌دهند. این اطلاعات می‌تواند برای مربیان تربیت بدنی، جهت طراحی برنامه‌های کششی متناسب با نیازهای خاص شاگردانشان، به ویژه در محیط‌های آموزشی مجازی و از راه دور، سودمند باشد.

References

1. Ingram LA, Tomkinson GR, d'Unienville NM, Gower B, Gleadhill S, Boyle T, et al. Optimising the Dose of Static Stretching to Improve Flexibility: A Systematic Review, Meta-analysis and Multivariate Meta-regression. *Sports Medicine*. 2024;1-21
2. Konrad Alizadeh S, Daneshjoo A, Anvar SH, Graham A, Zahiri A, et al. Chronic effects of stretching on range of motion with consideration of potential moderating variables: a systematic review with meta-analysis. *Journal of sport and health science*. 2024;13 (2)96-186.
3. Oba K, Samukawa M, Abe Y, Suzuki Y, Komatsuzaki M, Kasahara S, et al. Effects of intermittent and continuous static stretching on range of motion and musculoskeletal viscoelastic properties based on a duration-matched protocol. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(20):10632
4. Bogdanis GC, Donti O, Tsolakis C, Smilios I, Bishop DJ. Intermittent but Not Continuous Static Stretching Improves Subsequent Vertical Jump Performance in Flexibility-Trained Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(1):203-10
5. Behm DG, Alizadeh S, Daneshjoo A, Anvar SH, Graham A, Zahiri A, et al. Acute effects of various stretching techniques on range of motion: A systematic review with meta-analysis. *Sports medicine-open*. 2023;9(1):107
6. Donti O, Papia K, Toubekis A, Donti A, Sands WA, Bogdanis GC. Flexibility training in preadolescent female athletes: Acute and long-term effects of intermittent and continuous static stretching. *J Sports Sci*. 2018;36 ۴۵۳ ۶۰ (۳)
7. Donti O, Papia K, Toubekis A, Donti A, Sands WA, Bogdanis GC. Acute and long-term effects of two different static stretching training protocols on range of motion and vertical jump in preadolescent athletes. *Biology of Sport*. 2021;38(4):5. ۷۹ ۸۶
8. Lima CD, Brown LE, Li Y, Herat N, Behm D. Periodized versus Non-periodized Stretch Training on Gymnasts Flexibility and Performance. *Int J Sports Med*. 2019;40(12):779-88
9. Mengtong C, Yuting Z, Hongxiu L, Yanan H, Yuanchao L, Peifeng S, et al. Effect of Ankle Position on Hamstrings Stiffness and Flexibility during Static Stretching Observational study: Effect of ankle position on hamstring stretching. 2023
10. Keogh JW, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, et al. Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PloS one*. 2019;14(5):e0215806
11. Pape-Haugaard L. Smartphone applications for range of motion measurement in clinical practice: a systematic review. *Studies in health technology and informatics*. 2020;270:1389-90

- 12.Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. Journal of chiropractic medicine. 2016;15(2):155-63
- 13.Koch KR . Robust estimation by expectation maximization algorithm. Journal of Geodesy. 2013;87:107-16
- 14.Da Costa TC, Locks RR, Koppe S, Yamaguti AM, Formiga AC, Gomes ARS. Strength and stretching training and detraining on flexibility of older adults. Topics in Geriatric Rehabilitation. 2013;29(2):142-8
15. Mayorga-Vega D, Merino-Marban R, Sánchez-Rivas E, Viciano J. Effect of a short-term static stretching training program followed by five weeks of detraining on hamstring extensibility in children aged 9-10 years. Journal of Physical Education and Sport. 2014;14(3):355
- 16.Merino-Marban R, Mayorga-Vega D, Fernandez-Rodriguez E, Estrada FV, Viciano J. Effect of a physical education-based stretching programme on sit-and-reach score and its posterior reduction in elementary schoolchildren. European Physical Education Review. 2015;21(1):83-92
17. Mayorga Vega D, Merino Marban R, Vera Estrada F, Viciano J. Effect of a short-term physical education-based flexibility program on hamstring and lumbar extensibility and its posterior reduction in primary schoolchildren. Kinesiology. 2014;46(2.):227-33
18. Panidi I, Donti O, Konrad A, Dinas PC, Terzis G, Mouratidis A, et al. Muscle architecture adaptations to static stretching training: a systematic review with meta-analysis. Sports medicine-open. 2023;9(1):47