

# Evaluating a Stretching Program Period Combined with Guidelines of the American College of Sports Medicine and Confusion on Flexibility, Muscle Strength, and Isometric Power of Shortened Hamstring Muscles in Women

Babaei Baghbadrani N<sup>1</sup>, \*Shojaedin SS<sup>2</sup>, Sadeghi H<sup>3</sup>

## Author Address

1. MSc of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran;  
2. Professor, Biomechanics and Sport Injuries Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran;  
3. Associate Professor, Biomechanics and Sport Injuries Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

\*Corresponding Author E-mail: [shojaedin@khu.ac.ir](mailto:shojaedin@khu.ac.ir)

Received: 2024 December 9; Accepted: 2025 July 1

## Abstract

**Background & Objectives:** Insufficient movement leads to numerous issues, particularly reduced flexibility among those who are not active enough. In contrast, individuals who maintain adequate activity levels have greater flexibility than those who are inactive. Additionally, sports injuries are an inseparable part of physical activities, and significant efforts are made to prevent them. Failure to prevent these injuries can lead to various abnormalities in individuals. During daily and sporting activities, individuals sustain injuries of varying severity, with some experiencing them more frequently than others. This condition not only results in loss of time but also impairs other natural functions of the individual, leads to inactivity, and imposes high treatment costs on both the individual and society. Muscle injuries, especially hamstring injuries in the lower limbs, are common and frequently occur during sports activities, partly due to the dual-jointed nature of this muscle. This research aims to evaluate the stretching program period according to the Guidelines of the American College of Sports Medicine and to examine confusion regarding flexibility, muscle length, and isometric strength of a shortened hamstring muscle in women.

**Methods:** The present quasi-experimental study employed a pretest-posttest design. A total of 30 women with hamstring shortness were selected based on Straight Leg Raise (SLR) Test scores and then randomly divided into two groups: a control group (15 participants) and an experimental group (15 participants). The inclusion criteria were as follows: the study subjects were women aged 18 to 40 years; presence of hamstring shortness, defined as an SLR test angle less than 80 degrees; healthy individuals with no lower limb or spinal surgery in the last year; absence of other lower limb deformities; and sedentary individuals with no history of athletic activity during the study or in the two months preceding the intervention programs. The exclusion criteria for the subjects from the study included the presence of any injury or abnormality affecting the research process, participation in any sports and rehabilitation activities in the past 6 months (for example, sports activities, massage, hydrotherapy, physiotherapy, etc.), the presence of osteoarthritis in the hip and knee joints, ligamentous instability in the knee, pelvic inequality and other lower limb abnormalities, the presence of any fractures, dislocations and subluxations in the hip and knee joints in the past year, and inflammatory diseases in the muscles and joints. Participants in the experimental group underwent stretching and perturbation interventions 3 times a week for 6 weeks, while the control group received no therapeutic intervention other than initial warm-up exercises. At the beginning and end of the training period, flexibility and hamstring muscle length were evaluated using the SLR test, and isometric muscle strength was assessed with a hand-held dynamometer. Descriptive statistics were utilized to calculate the mean, standard deviation, range of variation, age, height, weight, and body mass index of the participants and to report the measurement results of both groups. To analyze the data, an independent *t* test and analysis of covariance were used at a significance level of 0.05 in SPSS version 26.

**Results:** The results of the analysis of covariance showed that a period of stretching program with the guidelines of the American College of Sports Medicine and confusion had a significant effect on increasing flexibility ( $p < 0.001$ ), muscle length ( $p < 0.001$ ), and isometric strength of the hamstring muscle ( $p < 0.001$ ) in the experimental group. At the same time, these changes were not significant in the control group ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Given the effectiveness of a stretching program with the Guidelines of the American College of Sports Medicine and the confusion regarding flexibility, muscle length, and isometric strength of the shortened hamstring muscle in women, therapists are advised to consider these exercises when developing exercise programs.

**Keywords:** Confusion exercises, Flexibility, Hamstring length, SLR test.

## بررسی یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر انعطاف پذیری، طول عضله و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ کوتاه شده زنان

نسیم بابایی باغبادرانی<sup>۱</sup>، \*سیدصدرالدین شجاع‌الدین<sup>۲</sup>، حسن صادقی<sup>۳</sup>

توضیحات نویسندگان

۱. کارشناسی ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛
۲. استاد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران؛
۳. دانشیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

\*رأبانه نویسنده مسئول: shojaeddin@khu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۹ آذر ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۰ تیر ۱۴۰۴

### چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه اهمیت انعطاف‌پذیری در همه فعالیت‌های ورزشی و توان بخشی بر کسی پوشیده نیست؛ زیرا می‌تواند عوامل خطرپذیری آسیب را کاهش دهد؛ لذا پژوهش حاضر باهدف بررسی یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر انعطاف‌پذیری و طول عضله و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ کوتاه شده زنان انجام گرفت.

**روش بررسی:** مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعه آماری تحقیق را زنان دارای همسترینگ کوتاه شده غیرفعال مراجعه کننده به مراکز درمانی شهر تهران با دامنه سنی ۱۸ الی ۴۰ سال تشکیل دادند. سی نفر از افراد واجد شرایط داوطلب به روش دردسترس وارد مطالعه شدند و به‌طور تصادفی در دو گروه تجربی و گواه (هر گروه پانزده نفر) قرار گرفتند. در این پژوهش، طول و انعطاف‌پذیری عضله همسترینگ با آزمون SLR و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ با دستگاه دینامومتر ارزیابی شد. در ادامه، گروه تجربی به مدت شش هفته برنامه اختصاصی را دریافت کرد؛ اما برای گروه گواه هیچ گونه مداخله ای اجرا نشد. بعد از شش هفته انجام تمرینات از افراد در گروه تجربی و گواه پس‌آزمون قدرت ایزومتریک و انعطاف‌پذیری و طول عضله همسترینگ گرفته شد. به منظور تحلیل داده‌ها آزمون تی مستقل و تحلیل کوواریانس در سطح معناداری ۰/۰۵ از طریق نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ به کار رفت.

**یافته‌ها:** نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد، برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش، تأثیر معناداری بر افزایش انعطاف‌پذیری ( $p < 0/001$ ) و طول عضله ( $p < 0/001$ ) و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ ( $p < 0/001$ ) در گروه تجربی داشت؛ درحالی‌که این تغییرات در گروه گواه معنادار نبود ( $p > 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** باتوجه به اثربخشی برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر انعطاف‌پذیری و طول عضله و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ کوتاه شده زنان، به درمانگران توصیه می‌شود در تدوین برنامه‌های تمرینی این تمرینات را مدنظر قرار دهند.

**کلیدواژه‌ها:** تمرینات اغتشاشی، انعطاف‌پذیری، طول همسترینگ، آزمون SLR.

مجبور به انجام فعالیت‌ها و بازتاب‌های شدید و سریعی هستند که بدنشان به آن‌ها عادت ندارد و در صورتی که بدن فاقد انعطاف‌پذیری مناسب باشد، باعث بروز آسیب‌دیدگی می‌شود (۱۶-۱۴). همچنین داشتن مفاصل و عضلات منعطف به افراد اجازه می‌دهد حرکات پیچیده و متنوع‌تری را انجام دهند و در کوتاه‌مدت نتیجهٔ بهتری را کسب کنند (۱۴). نکتهٔ بسیار مهمی که باید توجه کرد آن است که افراد دارای بدن منعطف‌تر، بعد از آسیب‌دیدگی طول درمان کمتری را می‌گذرانند (۱۰).

همان‌گونه که انعطاف‌پذیری یکی از اجزای مهم آمادگی جسمانی مرتبط با سلامتی به‌شمار می‌رود، عامل دیگر تأثیرگذار، قدرت عضلانی<sup>۴</sup> است (۱۶)؛ این عامل با انعطاف‌پذیری عضلات ارتباط زیادی دارد (۱۰). قدرت عضلانی یکی از عامل‌هایی است که در اغلب فعالیت‌های ورزشی و روزمره نظیر راه‌رفتن، دویدن، برداشتن اجسام و حمل آن‌ها، کارهای خانه و سایر فعالیت‌ها ضرورت دارد؛ به‌علاوه قدرت عضلانی در بهبود وضعیت‌های بدنی و توسعهٔ مهارت‌های ورزشی نقش مهمی ایفا می‌کند (۱۷).

تحقیقاتی در زمینهٔ روش‌های کششی همراه با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا انجام شده است. توصیه‌های دستورالعمل کنونی به‌منظور حفظ و افزایش انعطاف‌پذیری به‌کار می‌رود. این روش دارای مزایای بسیاری از جمله بهبود دامنهٔ حرکتی مفصل، افزایش عملکرد، رشد عضلانی و بهبود عملکرد سیستم عضلانی اسکلتی است. کالج باور دارد، برنامه‌های ورزشی باید شامل فعالیت‌هایی برای بهبود حفظ انعطاف‌پذیری شود. این توصیه‌ها برای تمامی سنین و جوامع بیان شده است. به‌علاوه تأکید می‌شود، کشش مناسب باید در اکثر مفاصل افراد انجام پذیرد. تمرکز این روش تمرینی عمدتاً بر مناطقی است که تحت‌تأثیر کاهش دامنهٔ حرکتی قرار می‌گیرد (۱۰).

نکتهٔ بسیار مهم آن است که عضلات همسترینگ در دویدن و راه‌رفتن‌های سرعتی نقش مهمی ایفا می‌کنند و معروف به عضلات گروه دویدن هستند (۱۸، ۱۹)؛ در نتیجه انعطاف‌پذیری و قدرت مطلوب این عضلات به فرد کمک می‌کند زندگی روزمرهٔ بهتری داشته باشد و در مهارت‌های ورزشی پیشرو موفق‌تر عمل کند و حرکات ورزشی را بهتر انجام دهد (۴، ۵).

بنابراین، مطالعهٔ حاضر به‌منظور بررسی تأثیر یک دوره برنامهٔ کششی همراه با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر انعطاف‌پذیری و طول عضله و قدرت ایزومتریک عضلهٔ همسترینگ کوتاه‌شدهٔ زنان انجام شد. نتایج پژوهش کنونی می‌تواند به روشن‌تر شدن مزایا و اهمیت این نوع برنامه‌های کششی و نیز توسعهٔ دستورالعمل‌های مؤید برای بهبود سلامتی و عملکرد فیزیکی کمک کند.

## ۲ روش بررسی

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه گواه بود. جامعهٔ آماری پژوهش را زنان دارای همسترینگ کوتاه‌شدهٔ سالم غیرفعال مراجعه‌کننده به مراکز درمانی شهر

در افرادی که بی‌تحرك هستند یا تحرك كافي ندارند یا وضعیت‌های نامناسب وضعیتی را در زندگی روزمرهٔ خود برمی‌گزینند، عضلات و بافت‌ها به‌سمت کوتاهی سوق پیدا می‌کند؛ کوتاهی باعث از بین رفتن خاصیت ارتجاعی بافت‌ها و کاهش قابلیت کشش و در نهایت از بین رفتن حداکثر عملکرد فرد می‌شود (۱). برای جلوگیری از عارضهٔ مذکور و افزایش انعطاف‌پذیری عضله<sup>۱</sup> تمرینات کششی توصیه شده است و این اعتقاد وجود دارد که افزایش دامنهٔ حرکتی مفاصل<sup>۲</sup> سبب جلوگیری از آسیب ریزضربه‌ها و بهبود عملکرد فردی و به‌حداقل رساندن آسیب‌ها از لحاظ شدت و تعداد می‌شود (۲). با وجود آنکه عوامل مختلفی همچون سن، جنس، وراثت، پوست و سایر عوامل ساختاری در انعطاف‌پذیری نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، برنامه‌های کششی منظم به‌همان میزان بر انعطاف‌پذیری و طول عضله تأثیر می‌گذارد (۲).

نکتهٔ شایان توجه آن است که عضلهٔ همسترینگ<sup>۳</sup> به‌صورت مستقیم بر عملکرد زانو اثر دارد و به‌طور غیرمستقیم عملکرد مچ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ در صورتی که این عضله کوتاه شود یا آسیب ببیند، مفاصل را از عملکرد طبیعی خود دور می‌کند و منجر به عوارض عضلانی اسکلتی می‌شود؛ اما اگر کوتاهی به‌موقع و سریع تشخیص داده شود و اصلاح صورت گیرد می‌توان از کوتاهی‌های بافتی، کاهش انعطاف‌پذیری، خستگی‌های زودرس، مشکلات اسکلتی عضلانی، صدمات مکرر، کاهش عملکرد ورزشکار و بروز دردهای بعد از ورزش و فعالیت و کاهش هماهنگی میان اعضای بدن فرد جلوگیری کرد (۳-۵). همچنین بروز کوتاهی همسترینگ در اندام تحتانی سمت راست در مقایسه با سمت چپ شایع‌تر است (۶)؛ میزان شیوع آن در کودکان بیشتر از ده سال دانمارک در پسران ۷۵ درصد و در دختران ۳۵/۵ درصد و میزان عارضه در دختران هفده‌سالهٔ ایران حدود ۳۱/۶ درصد گزارش شده است (۷، ۸)؛ این میزان نشان‌دهندهٔ ضرورت و اهمیت درمان عارضهٔ مذکور برای جلوگیری از بروز آسیب‌دیدگی‌های دیگر است.

انعطاف‌پذیری بُعد مهمی از آمادگی برای اجرایی صحیح و مناسب است (۹). انعطاف‌پذیری به‌معنای توانایی عضله برای طول شدن است که برای یک مفصل یا بیشتر در یک مجموعه امکان حرکت را در سرتاسر دامنهٔ حرکتی فراهم می‌سازد (۱۰-۱۲). به‌نظر می‌رسد، شواهد محکمی برای کاهش قدرت با کاهش طول و انعطاف‌پذیری عضله وجود دارد؛ بدین‌ترتیب که قدرت عضله در نتیجهٔ کوتاه شدن عضله دچار تغییر می‌شود و براساس رابطهٔ طول و تنش<sup>۴</sup> عضله کوتاه‌شده قادر به تولید حداکثر نیروی خود نخواهد بود؛ لذا کاهش قدرت، جزئی جدایی‌ناپذیر در عضلهٔ کوتاه‌شده است (۱۰)؛ براین‌اساس، امروزه تمرینات انعطاف‌پذیری، جزئی جدایی‌ناپذیر از فعالیت‌های ورزشی و روزمره به‌شمار می‌رود (۱۳).

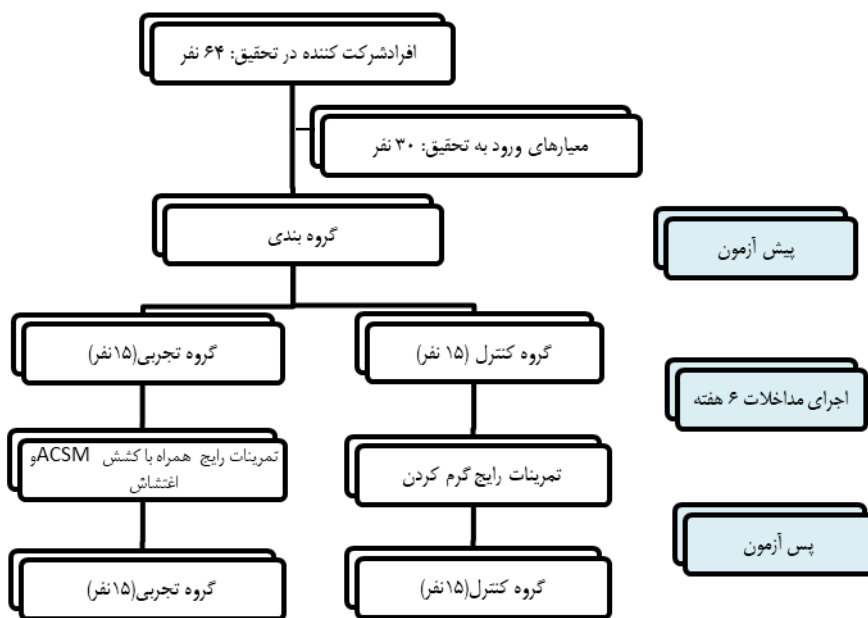
انعطاف‌پذیری از عناصر اصلی برای عملکرد بیومکانیکی طبیعی تلقی می‌شود (۲، ۴) و از این جنبه اهمیت دارد که خطر آسیب‌پذیری در فرد را کاهش می‌دهد؛ زیرا افراد در طول فعالیت‌های روزمره و ورزشی

4. Tension  
5. Muscle strength

1. Muscle flexibility  
2. Joint range of motion  
3. Hamstring muscle

تهران با دامنه سنی ۱۸ الی ۴۰ سال (معرفی شده توسط پزشک) تشکیل دادند. حجم نمونه تحقیق، براساس معیارهای ورود به تحقیق به صورت هدفمند با توجه به تحقیقات قبلی و به کمک نرم افزار جی پاور نسخه ۷,۱,۳ براساس eta square برابر با ۰/۰۲ و آلفا برابر با ۰/۰۵ و توان برابر با ۰/۰۸ محاسبه شد که برای هر گروه دوازده نفر به دست آمد؛ ولی با احتمال ۱۰ درصد ریزش تعداد پانزده نفر در نظر گرفته شد. آزمودنی ها به طور تصادفی در دو گروه تجربی (یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش) و گواه (هر گروه پانزده نفر) قرار گرفتند. آزمودنی ها طی فراخوانی به شکل هدفمند و در دسترس براساس معیارهای ورود و خروج از تحقیق انتخاب شدند. معیارهای ورود آزمودنی ها به پژوهش عبارت بود از: زنان با دامنه سنی ۱۸ تا ۴۰ سال؛ وجود کوتاهی در عضله همسترینگ با زاویه کمتر از ۸۰ درجه در آزمون SLR<sup>۱</sup>؛ افراد سالم بدون جراحی در اندام تحتانی و ستون فقرات در یک سال اخیر؛ نداشتن ناهنجاری های دیگر در اندام تحتانی؛ افراد غیرفعال بدون هرگونه فعالیت ورزشی در طی

پژوهش و در دو ماه قبل از انجام برنامه ها. معیارهای خروج آزمودنی ها از پژوهش شامل وجود هرگونه آسیب یا ناهنجاری تأثیرگذار بر روند تحقیق، مشارکت در هرگونه فعالیت ورزشی و توان بخشی در شش ماه گذشته (برای مثال فعالیت های ورزشی، ماساژ، آب درمانی، فیزیوتراپی و غیره)، وجود آرتروز در مفصل ران و زانو، بی ثباتی های لیگامانی در زانو، نابرابری لگن و دیگر ناهنجاری های اندام تحتانی، وجود هرگونه شکستگی، دررفتگی و نیمه دررفتگی در مفاصل ران و زانو طی یک سال گذشته و بیماری های التهابی در عضلات و مفاصل بود (۱۴). همچنین تمام آزمودنی ها فرم رضایت نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند و برای افراد شرح داده شد در هر زمان از مراحل تحقیق در صورت تمایل نداشتن به ادامه همکاری می توانند انصراف دهند. سپس با توجه به این اطلاعات و اطمینان از رعایت اخلاق در پژوهش، برنامه گروه تجربی به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه انجام گرفت. نحوه انجام پژوهش در فلوجارت آورده شده است (نمودار ۱).



نمودار ۱. نحوه انجام پژوهش

دیگر، فلکسورهای ران محدودیت غیرفعالی را ایجاد می کند تا از تیلت قدامی زیاد جلوگیری شود). در ادامه معاینه کننده اندام دیگر را با زانوی صاف بلند می کند. مچ پا نیز آزاد است (برای جلوگیری از اثر کوتاهی عضله دوقلو بر وضعیت زانو). اگر زانو شروع به خم شدن کرد، معاینه کننده اندام را به آرامی پایین می آورد و از فرد می خواهد زانو را کاملاً صاف کند. دوباره معاینه کننده اندام را تا حدی بالا می برد که کمی احساس محدودیت ایجاد شود و فرد کمی احساس ناراحتی کند. زاویه تقریباً ۸۰ درجه بین تخت و اندام تحتانی، طول طبیعی عضلات همسترینگ را نشان می دهد و زاویه کمتر از این مقدار بیانگر کوتاهی عضلات و زاویه بیشتر بیانگر ضعف در عضلات همسترینگ است. برای اندازه گیری، دستگاه گونیامتر به کار می رود. بازوی ثابت دستگاه

در این پژوهش آزمون و جلسات تمرینی زیر به کار رفت. آزمون SLR: از این آزمون برای ارزیابی کوتاهی عضله همسترینگ در اندام تحتانی استفاده شد. نحوه انجام آزمون بدین ترتیب است که فرد به شکل طاق باز روی زمین دراز می کشد و پاها را دراز می کند؛ به گونه ای که ساکروم بدون قوس روی تخت باشد. مفصل زانو باید با قرارگرفتن در اکستنشن، گواه شود. اگر به علت کوتاهی عضلات فلکسور ران، ناحیه کمری روی تخت قرار نگیرد، بالشت یا حوله ای لوله شده در زیر زانو گذاشته می شود تا ران به اندازه ای خم شود که ناحیه کمری صاف و بدون قوس روی تخت قرار گیرد. پس از آنکه کمر و ساکروم صاف و بدون قوس قرار گرفتند، معاینه کننده یکی از رانها را محکم به سمت پایین فشار می دهد (با این کار قبل از بلندکردن پای

<sup>1</sup>. Straight Leg Raise (SLR) Test

این ابزار بین ۰/۸۶ تا ۰/۹۴ درصد به دست آمد (۱۰،۲۰).  
 - برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا: در پژوهش حاضر از کشش های تسهیل عصبی عضلانی استفاده شد که با توصیه های دانشکده طب ورزشی آمریکا<sup>۱</sup> و چرخه کاملی از کشش و انقباض، استراحت و کشش همراه است (۲۱،۲۲). این کشش با تحریک گیرنده های عصبی عضلانی عمقی می تواند باعث افزایش و توسعه نیروی عضلات تحت کشش شود و همزمان انعطاف پذیری را افزایش می دهد. می توان از این تمرینات در جهت افزایش هماهنگی استفاده کرد.

تمرینات موجود در این برنامه، در سه زمان مختلف ۱۵ و ۳۰ و ۴۵ ثانیه بود که با تکرارهای مشخص به مدت شش هفته انجام شد. این تمرینات در دو مرحله فعال و غیرفعال صورت گرفت. در پژوهش کنونی برای اعمال اغتشاش از بالانس برد استفاده شد؛ بدین ترتیب که در هفته های اول، بالانس بردهای یک جهته و در هفته های چهارم تا ششم، بالانس بردهای چند جهته به کار رفت و با تکرار معین سعی در ایجاد اغتشاش شد. آزمودنی با استفاده از نیروی عضلانی و تعادل سعی در ایجاد تعادل در اندام تحتانی و کل بدن داشت.

روی تخت گذاشته می شود و بازوی متحرک روی عضو در حال اندازه گیری قرار می گیرد و عدد روی گونیامتر به عنوان مقیاس وارد فرم از پیش تهیه شده افراد می شود (۱۰،۲۰).

نکته شایان توجه آن است که اگر زاویه مفصل بیش از ۸۰ درجه باشد، افزایش طول همسترینگ را نشان می دهد و در صورتی که تیلت خلفی بیش از ۱۰ درجه باشد و ران در حدود ۸۰ درجه بالا برده شود، بیانگر کاهش طول همسترینگ ها است؛ به همین علت برای جلوگیری از تیلت خلفی و فلکشن کمری بیش از حد، ثابت نگه داشتن لگن در حالت صاف بودن کمر (با محکم نگه داشتن پای مقابل روی تخت) ضرورت دارد. در صورت کوتاه بودن طول عضلات همسترینگ، زاویه ای که ران با تخت می سازد کمتر از ۸۰ درجه است؛ پس اگر زاویه SLR همچنان ۸۰ درجه باشد ولی کمر هایپرلوردوزیس (گودی کمر افزایش یافته) داشته باشد، این مسئله بیانگر افزایش طول همسترینگ ها است (۱۰،۲۰). استفاده از گونیامتر Sammons Preston برای اندازه گیری دامنه حرکتی زاویه مفصل ران در آزمون SLR برای تعیین کوتاهی عضله همسترینگ با دقت ۰/۹۸ درصد برآورد شد؛ از سویی دیگر، در اندازه گیری قدرت ایزومتریک در اندام تحتانی، میزان اعتبار و روایی



شکل ۱. تمرینات کششی

آماده شدن و گرم کردن تمرینات فعال و غیرفعال را با زمان بندی (۳\*۱۵ ثانیه) (با ده ثانیه استراحت بین هر ست) دریافت کردند. در ادامه بعد

همچنین برنامه کششی تسهیل عصبی عضلانی همراه با توصیه های دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا به ترتیب زیر بود: افراد بعد از

<sup>1</sup>. American College of Sports Medicine (ACSM)

و چندصفحه‌ای، تمرین حفظ تعادل روی اندام اجرا شد (۲۳). برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها، آزمون لون به کار رفت. به منظور ارزیابی همگنی شیب خطوط رگرسیون و تعامل بین متغیر مستقل و متغیرهای هم‌پراش، آزمون اثر متقابل در چارچوب مدل تحلیل کوواریانس اجرا شد. نتایج نشان داد، تعامل بین متغیرها در هیچ‌یک از متغیرهای وابسته معنادار نبود ( $p > 0/05$ )؛ بنابراین فرض همگنی شیب رگرسیون به تأیید رسید و مدل نهایی تحلیل کوواریانس براساس شیب یکنواخت استفاده شد. تمامی تحلیل‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ و سطح معناداری ۰/۰۵ انجام گرفت.

### ۳ یافته‌ها

مقایسه میانگین متغیرهای سن، قد، وزن و توده بدنی (BMI) آزمودنی‌ها به وسیله آزمون تی مستقل و میانگین و انحراف معیار سه متغیر به تفکیک دو گروه در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون تی مستقل در سطح معناداری ۵ درصد نشان داد، بین میانگین‌های سن ( $p = 0/384$ )، قد ( $p = 0/298$ )، وزن ( $p = 0/128$ ) و توده بدنی (BMI) ( $p = 0/201$ ) دو گروه تفاوت معناداری وجود نداشت؛ اما گروه‌ها در سه متغیر طول و انعطاف‌پذیری و قدرت عضله هم‌سترینگ دارای اختلاف معناداری بودند که نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار مربوط به سن و قد و وزن آزمودنی‌ها

مقدار احتمال حاصل از آزمون تی (مقایسه میانگین‌های دو گروه مستقل)	گروه گواه		گروه تجربی		تعداد
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
		۱۵		۱۵	
۰/۳۸۴	۹/۲۱	۳۸/۴۱	۸/۱	۳۷/۳۵	سن (سال)
۰/۲۹۸	۶/۸۸	۱۶۵/۴	۷/۱۵	۱۶۳/۲	قد (سانتی‌متر)
۰/۱۲۸	۴/۷۱	۵۴/۷	۵/۱۹	۵۷/۳	وزن (کیلوگرم)
۰/۲۰۱	۱/۲۲	۲۲/۱	۱/۲۴	۲۱	توده بدنی (BMI)

جدول ۲. تغییرات بین‌گروهی و درون‌گروهی متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		تفاوت‌های درون‌گروهی		تفاوت‌های بین‌گروهی (آزمون تحلیل کوواریانس)	
		انحراف معیار	میانگین	مقدار t	مقدار p	مقدار F	مقدار p اثر
انعطاف‌پذیری عضله هم‌سترینگ	تجربی	۶۶/۴۶	۷۲/۷۳	-۸/۸۶۵	<0/001	۵۳/۵۹۰	<0/001
	گواه	۶۷/۳۳	۶۷/۸۶	-۱/۲۵۱	0/۱۵۷		
طول عضله هم‌سترینگ	تجربی	۳۵/۴	۳۸/۷۳	-۲۰/۹۱۷	<0/001	۱۲۲/۴۵۰	<0/001
	گواه	۳۶/۸۶	۳۷/۵۳	-۱/۴۵۶	0/۰۹۱		
قدرت ایزومتریک عضله هم‌سترینگ	تجربی	۳۷/۶	۴۰/۶	-۱۲/۵۵۰	<0/001	۶۴/۹۱۶	<0/001
	گواه	۳۶	۳۶/۴۶	-0/۸۲۴	0/۳۲۷		

مقایسه میانگین متغیرهای وابسته بین دو گروه تجربی و گواه در طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون و به منظور گواه اثر پیش‌آزمون، از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. تمامی پیش‌فرض‌های آماری آزمون تحلیل

از بیست ثانیه استراحت، مجدد (۳\*۳۰ ثانیه) با استراحت ده ثانیه و در انتها (۳\*۴۵ ثانیه) با استراحت پانزده ثانیه بین هر ست اجرا شد. در انتهای این تمرینات به افراد یک دقیقه استراحت داده شد. برای شروع برنامه اغتشاشی روی بالانس‌برد، بالانس‌برد یک‌جبهه برای هفته‌های اول تا سوم به کار رفت و آزمودنی با فرارگیری روی تخته تعادل با خم کردن پاها و قرارگیری در وضعیت نیمه‌اسکات سعی در حفظ تعادل خود کرد. زمان انجام این تمرینات (۳\*۳۰ ثانیه) بود و بین هر ست به آزمودنی‌ها بیست ثانیه استراحت داده شد تا افراد دچار آسیب‌دیدگی‌های ناشی از پرکاری<sup>۱</sup> نشوند. در ادامه برای هفته‌های چهارم تا ششم به جای تخته تعادل دو جبهه از تخته تعادل چندجبهه استفاده شد و برنامه تمرینی همان قبلی بود. بعد از انجام برنامه‌های تمرینی مذکور، شروع به تمرینات کششی برای سرد کردن شد تا هرچه سریع‌تر ریتم قلبی به حالت طبیعی برگردد و از آسیب‌های بعد از ورزش جلوگیری شود. تمرینات اغتشاشی طی نه جلسه اول روی تخته تعادل یک‌صفحه‌ای و حین نه جلسه دوم روی تخته تعادل چندصفحه‌ای انجام گرفت. با تخته تعادل یک‌صفحه‌ای، اغتشاش درجهت‌های داخلی-خارجی اعمال شد؛ در حالی که با تخته تعادل چندصفحه‌ای در تمامی جهات و صفحات حرکتی، نیروهای بی‌ثبات‌کننده و اغتشاش اعمال شد (شکل ۱). با دست‌کاری یک‌سری متغیرهای تمرین، درجه دشواری تمرینات اغتشاشی در هر جلسه به تدریج افزایش یافت. در پایان هر مرحله از تمرینات اغتشاشی بر تخته‌های تعادل یک‌صفحه‌ای

<sup>۱</sup>. Over use

کوواریانس از جمله آزمون شاپیرو-ویلک به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها و آزمون F لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها و همگنی شیب خطوط رگرسیون در سطح معناداری ۵ درصد رد نشد ( $p > 0/05$ ).

نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۲ نشان داد، یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر انعطاف‌پذیری عضله همسترینگ زنان دارای عضله همسترینگ کوتاه‌شده در گروه تجربی اثر معناداری داشت ( $p < 0/001$ ) و به‌طور معناداری افزایش انعطاف‌پذیری عضله همسترینگ زنان دارای عضله همسترینگ کوتاه‌شده، صورت گرفت. نتایج آزمون تی زوجی حاکی از آن بود که میانگین انعطاف‌پذیری عضله همسترینگ زنان دارای عضله همسترینگ کوتاه‌شده در گروه تجربی به‌طور معناداری از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش یافت ( $p < 0/001$ )؛ درحالی‌که در گروه گواه تفاوت معناداری بین میانگین انعطاف‌پذیری عضله همسترینگ پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت ( $p = 0/157$ ). مشخص شد، یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر طول عضله همسترینگ زنان دارای عضله همسترینگ کوتاه‌شده در گروه تجربی اثر معناداری داشت ( $p < 0/001$ ) و به‌صورت معناداری سبب افزایش آن شد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد، طول عضله همسترینگ در گروه تجربی به‌طور معناداری از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش یافت ( $p < 0/001$ )؛ درحالی‌که در گروه گواه تفاوت معناداری بین طول عضله همسترینگ در پیش‌آزمون و پس‌آزمون مشاهده نشد ( $p = 0/091$ ). مشخص شد، یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ زنان دارای عضله همسترینگ کوتاه‌شده در گروه تجربی اثر معناداری داشت ( $p < 0/001$ ) و به‌صورت معناداری موجب افزایش آن شد. نتایج آزمون تی زوجی نشان داد، قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ در گروه تجربی به‌طور معناداری از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش یافت ( $p < 0/001$ )؛ درحالی‌که در گروه گواه تفاوت معناداری بین قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ در پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت ( $p = 0/327$ ).

#### ۴ بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر انعطاف‌پذیری و طول عضله و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ کوتاه‌شده زنان بود. نتایج نشان داد، یک دوره برنامه کششی توأم با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا و اغتشاش بر افزایش انعطاف‌پذیری و طول و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ کوتاه‌شده زنان اثر معناداری داشت. نتایج تحقیق حاضر در راستای یافته‌های پژوهش‌های پیشین در زمینه کوتاهی عضلات، است (۲۷-۲۴). یکی از دلایل احتمالی اثر تمرینات کششی بر انعطاف‌پذیری در افراد آن بود که تمرینات مذکور و تمامی تمرینات کششی از دیرباز برای افزایش دامنه حرکتی در مفاصل و اندام‌ها و عضلات استفاده شده است و به‌نظر می‌رسد، دلیل اثرگذاری این نوع کشش، سازوکارهای کششی روش تمرینی باشد (۱۰).

در کشش تسهیل عصبی-عضلانی که ترکیبی از کشش فعال و کشش غیرفعال است (۲۸)، دامنه حرکتی مفصل به‌کمک کشش غیرفعال افزایش می‌یابد و اندام‌های وتری گلژی عضلات در اثر انقباض تحریک می‌شود و تکانه‌های عصبی مهاری صادر می‌کند. این روند تا هنگام شل شدن عضلات ادامه می‌یابد؛ اما زمانی که تمرینات کششی آهسته انجام گیرد یا اینکه در تمام مدت عضو مربوط در انتهای دامنه حرکتی‌اش قرار گرفته باشد، دوک‌های عضلانی دیگر تکانه‌های عصبی را ارسال نمی‌کند (۲۹)؛ لذا همین عامل باعث افزایش انعطاف‌پذیری در عضلات می‌شود.

یکی دیگر از دلایل بهبود انعطاف‌پذیری توسط این روش کششی، بازتاب کششی یا بازدارندگی اتونژیک است. بازتاب کششی هنگام فعال شدن اندام وتری گلژی، اتفاق می‌افتد و بدین دلیل است که اندام‌های مذکور به تنش‌های کوچک‌تر در وتر واکنش نشان می‌دهند و حساس هستند. حال اگر عضله‌ای برای مدت طولانی کشیده شود، تنش در عضله افزایش می‌یابد و اندام وتری از طریق تارهای عصبی نوع آوران تحریک می‌شود (۱۰)؛ در نتیجه بازتاب کششی فوری از اندام‌های وتری گلژی برای بازدارندگی از تحریک اعصاب حرکتی که عضله را عصب‌رسانی می‌کند، به‌وجود می‌آید و بلافاصله عضله شل می‌شود و تنش اضافی از بین می‌رود؛ این حالت امکان طولیل شدن به عضله می‌دهد و از زمانی که عضله طولیل شود دامنه حرکتی بیشتر می‌شود و در انتها انعطاف‌پذیری افزایش پیدا می‌کند (۳۰). به‌علاوه یک انقباض ایزومتریک حداکثر در عضلات سبب افزایش تنش در اندام وتری گلژی خواهد شد. پیام‌های حاصل از اندام‌ها باعث ایجاد بازتابی محافظتی در عضله می‌شود که با شل شدن از آسیب جلوگیری می‌کند (۱۰)؛ در مجموع اصل شل‌شدگی بعد از انقباضات و کشش‌ها اشاره به این موضوع دارد که عضله به‌دنبال یک انقباض از طریق عصبی شل می‌شود و راحت‌تر کشیده خواهد شد؛ این اصل شالوده و اساس تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی است و برنامه‌های موجود در تحقیق حاضر از نوع برنامه‌های کششی تسهیل عصبی-عضلانی همراه با توصیه‌های دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا بود (۱۰).

نکته درخور توجه این است که قدرت عضلانی به‌ندرت در مطالعات تمرینات اغتشاشی بررسی شده است. در تحقیقات گزارش شد، تغییر در قدرت عضلانی از تمرینات اغتشاشی به‌تنهایی صورت نمی‌گیرد (۲۹). همچنین ذکر شد، افزایش قدرت در این تمرینات به‌علت سازوکارهای عصبی از سازوکار مسؤل در تمرینات تعادلی است (۱۰).

اما در راستای اجرای تمرینات دیگر در پژوهش‌های پیشین مشاهده شد کشش‌های پویا و استاتیک تفاوت معناداری را در افزایش قدرت ایجاد نمی‌کند و شواهد محکمی بیانگر آن بود که کاهش قدرت همراه با کاهش طول و انعطاف‌پذیری وجود دارد (۱۰). در راستای تمرینات تسهیل عصبی-عضلانی مشخص شد، این نمونه از تمرینات باعث افزایش در قدرت عضله همسترینگ می‌شود و می‌توان افزایش را ناشی از مراحل شدید و کامل ایزومتریک در مقابل نیروی اعمال‌شده توسط فرد در حین اجرای کشش‌های تسهیل عصبی-عضلانی دانست. از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر، وجود نداشتن دوره پیگیری

باهداف بررسی نتایج تمرینات در طولانی مدت و دسترسی نداشتن به دستگاه ایزومتریک به منظور بررسی قدرت عضله همسترینگ بود. با توجه به آنکه در پژوهش کنونی فقط اثرات کشش و اغتشاش بر عضله همسترینگ نقد و بررسی شد، به محققان پیشنهاد می شود اجرای این برنامه تمرینی روی سایر عضلات اندام تحتانی صورت گیرد.

## ۵ نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر پیشرفت در خورتوجهی را در انعطاف پذیری و طول و قدرت ایزومتریک عضله همسترینگ نشان داد. پژوهش کنونی بر زنان غیرفعال ۱۸ تا ۴۰ ساله با کوتاهی عضله همسترینگ انجام شد و هدف آن بهبود وضعیت سلامت و کیفیت زندگی این افراد بود. تحلیل نتایج مشخص کرد، برنامه کششی همراه با دستورالعمل کالج پزشکی ورزشی آمریکا توانست به طور مشهودی افزایش انعطاف پذیری و افزایش طول عضله و بهبود قدرت ایزومتریک را در عضله همسترینگ موجب شود. از آنجاکه تفاوت نظرهای بسیاری در رابطه با بهترین نوع تمرینات کششی برای افراد با کوتاهی همسترینگ وجود دارد، پژوهش حاضر نشان داد این نوع تمرینات کششی می تواند به عنوان روشی مؤثر در درمان و بهبود موقعیت مذکور استفاده شود.

## ۶ تشکر و قدردانی

از همکاری آزمودنی های تحقیق و خانواده های آنها و نیز مدیر و مربی تیم ها در انجام تحقیق حاضر، تشکر و قدردانی می کنیم و آرزوی سلامتی و شادکامی برای این عزیزان داریم.

## ۷ بیانیه ها

## تأییدیه اخلاقی و رضایت نامه از شرکت کنندگان

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه خوارزمی است که شناسه کمیته اخلاق پژوهشکده علوم حرکتی دانشگاه خوارزمی به شماره IR-KHU.KRC.1000.334 دارد. تمام آزمودنی ها با اطمینان از رعایت اخلاق در پژوهش، فرم رضایت نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. برای افراد شرح داده شد در هر زمان از مراحل تحقیق در صورت تمایل نداشتن به ادامه همکاری می توانند انصراف دهند.

## رضایت برای انتشار

این امر اجرایی نیست.

## در دسترس بودن داده ها و مواد

به منظور دسترسی به داده ها، رایانامه [nasimbabaei74@gmail.com](mailto:nasimbabaei74@gmail.com) آماده پاسخگویی است.

## تضاد منافع

نویسندگان عنوان می کنند، هیچ گونه تضاد منافع مالی، حرفه ای یا شخصی در ارتباط با انجام این پژوهش وجود ندارد.

## منابع مالی

پژوهش کنونی هیچ نوع حمایت و کمک مالی از سازمانی دریافت نکرده است.

## مشارکت نویسندگان

ترتیب نویسندگان براساس میزان مشارکت و همکاری آنها درج شده است.

## References

- Hopper D, Deacon S, Das S, Jain A, Riddell D, Hall T, et al. Dynamic soft tissue mobilisation increases hamstring flexibility in healthy male subjects. *Br J Sports Med.* 2005;39(9):594–8. [10.1136/bjism.2004.011981](https://doi.org/10.1136/bjism.2004.011981)
- Ingraham SJ. The role of flexibility in injury prevention and athletic performance: have we stretched the truth? *Minn Med.* 2003;86(5):58–61.
- Chaitow L, Crenshaw K. *Muscle energy techniques.* Elsevier Health Sciences; 2006.
- Plowman SA, Smith DL. *Exercise physiology for health fitness and performance.* Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
- Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(3):154–9. [10.2519/jospt.1994.20.3.154](https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.3.154)
- Weerasekara RM, Kumari HM, Withanage GW, Weerathna LR, Wanniarachchi CD, Yancy M, et al. The prevalence of hamstring tightness among the male athletes of university of Peradeniya in 2010. *Annual Research Journal of SLSAJ.* 2012;12:56–8.
- Kendal FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscle testing and function.* Baltimore: Williams and Wilkins; 1983.
- Fakhari Z, Senobari M, Jalaie S. Prevalence of hamstring and calf muscles shortness. *Journal of Modern Rehabilitation.* 2008;2(1):41–6. [Persian] <http://mrj.tums.ac.ir/article-1-149-en.html>
- 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. *J Sports Sci.* 2013;31(8):831–9. [10.1080/02640414.2012.751119](https://doi.org/10.1080/02640414.2012.751119)
- Lucas RC, Koslow R. Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Percept Mot Skills.* 1984;58(2):615–8. [10.2466/pms.1984.58.2.615](https://doi.org/10.2466/pms.1984.58.2.615)
- Pourghesiar N, Jabalameli S, Haghayegh SA, Moghimian M. The comparison of the effectiveness of transcranial direct current stimulation and neurofeedback therapy on sleep quality in the elderly. *Aging Psychology.* 2023;9(2):121–34. [Persian] [https://jap.razi.ac.ir/article\\_2671.html?lang=en](https://jap.razi.ac.ir/article_2671.html?lang=en)
- Park S, Lim W. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching at low-intensities with standing toe touch on developing and maintaining hamstring flexibility. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(4):561–7. [10.1016/j.jbmt.2020.08.003](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.08.003)

13. Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, Dangelmaier SM, Purkayastha S, et al. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athl Train*. 2005;40(2):94–103.
14. Etnyre BR, Abraham LD. H-reflex changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1986;63(2):174–9. [10.1016/0013-4694\(86\)90010-6](https://doi.org/10.1016/0013-4694(86)90010-6)
15. Wan X, Qu F, Garrett WE, Liu H, Yu B. The effect of hamstring flexibility on peak hamstring muscle strain in sprinting. *J Sport Health Sci*. 2017;6(3):283–9. [10.1016/j.jshs.2017.03.012](https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.03.012)
16. Singh S, Grover V, Singh S. Effect of neural mobilization and PNF stretching on hamstring flexibility in working women. *International Journal of Health Sciences and Research*. 2015;5(8):361–8.
17. Pirayeh N, Nasrolah Pour E, Gohar Pay S. Comparing the effect of Static and PNF Stretching on Hamstring Muscles shortness in 18-30 Years young women. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2014;8(2):1–6. [Persian] <http://mrj.tums.ac.ir/article-1-5108-en.html>
18. Levangie PK. *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. FA Davis Company; 2011.
19. Neumann DA. *Neumann's Kinesiology of the Musculoskeletal System - E-Book*. Elsevier Health Sciences; 2024.
20. Davis DS, Quinn RO, Whiteman CT, Williams JD, Young CR. Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *J Strength Cond Res*. 2008;22(2):583–8. [10.1519/jsc.0b013e31816359f2](https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31816359f2)
21. Adams GM. *Exercise physiology: laboratory manual*. McGraw-Hill; 2002.
22. Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phys Med Rehabil*. 1982;63(6):261–3.
23. Williams GN, Chmielewski T, Rudolph KS, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001;31(10):546–66. [10.2519/jospt.2001.31.10.546](https://doi.org/10.2519/jospt.2001.31.10.546)
24. DeniZoğlu Külli H. Acute effect of static stretching, PNF and motor imagery on hamstring flexibility. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*. 2022;6(2):335–40. [10.30621/jbachs.1005358](https://doi.org/10.30621/jbachs.1005358)
25. Iwata M, Yamamoto A, Matsuo S, Hatano G, Miyazaki M, Fukaya T, et al. Dynamic stretching has sustained effects on range of motion and passive stiffness of the hamstring muscles. *J Sports Sci Med*. 2019; 18(1):13–20.
26. Mani E, Kirmizigil B, Tüzün EH. Effects of two different stretching techniques on proprioception and hamstring flexibility: a pilot study. *J Comp Eff Res*. 2021;10(13):987–99. [10.2217/ceer-2021-0040](https://doi.org/10.2217/ceer-2021-0040)
27. Pérez-Bellmunt A, Casasayas-Cos O, Ragazzi P, Rodríguez-Sanz J, Hidalgo-García C, Canet-Vintró M, et al. Foam rolling vs. proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in the hamstring flexibility of amateur athletes: control trials. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(2):1439. [10.3390/ijerph20021439](https://doi.org/10.3390/ijerph20021439)
28. Almekinders SV. Enhance performance through flexibility. *Strategies*. 1992;5(8):19–23. [10.1080/08924562.1992.10591869](https://doi.org/10.1080/08924562.1992.10591869)
29. Behnke RS. *Kinetic anatomy*. Champaign: Human Kinetics; 2012.
30. Alter MJ. *Science of flexibility*. Champaign: Human Kinetics; 2004.