

A Prophylactic Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Pain Intensity, Flexibility and Jump in Subjects with Exercise-Induced Muscle Damage

Javad Almasi^{1*}, Ali Jalalvand², Mehrdad Anbarian³, Behzad Hamedani⁴, Shahram Ahanjan⁵

1. Department of Sport physiology, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

2. Department of Sport Biomechanics, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

3. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Sport Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

4. Nursing and Midwifery Student Research Committee, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

5. Department of Physical Education, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

*Corresponding Author: almasi.javad@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: There is little evidence of strategies for prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. The purpose of this study was to examine a Prophylactic effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching on pain intensity, flexibility and jump in subjects with exercise-induced muscle damage.

Materials and Methods: Initially, they were orally informed about the purpose and method of conducting the study, and asked to take part. Forty-two Non-athlete male students were equally divided into intervention and control groups. A Vicon Motion Systems consisting of four T-series cameras (200 Hz) and a Kistler force plates (1000Hz) were used to quantify Kinematics and kinetic variables. Then, a visual analog pain scale, flexibility, Rise of center of gravity, lowest value of center of gravity height, flight time, Power average, Maximum landing force, Peak Take off instantaneous velocity were recorded at baseline and 48 hours after post exercise. Data were analyzed in SPSS-20 using t test with $P < 0.05$.

Results: There were significant differences in flexibility between the control and the intervention groups ($P = 0.022$). Too, there were significant trend in muscle soreness pain ($P = 0.08$). There were significant differences observed between before-after in the intervention group for maximum/minimum vertical displacement, Power average, Maximum landing force ($P < 0.05$).

Conclusion: Combining PNF stretching with eccentric exercise can have optimum effect on reduction of flexibility, pain, jumping parameters of subjects with exercise-induced muscle damage.

Keywords: Muscle Soreness, Pain, Range of Motion, Plyometric, Proprioceptive Neuromuscular Facilitation)PNF(

How to cite this article:

Almasi J, Jalalvand A, Anbarian M, Hamedani B, Ahanjan Sh. A Prophylactic Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Pain Intensity, Flexibility and Jump in Subjects with Exercise-Induced Muscle Damage. J Saf Promot Inj Prev. 2018; 6(3):163-72.

تأثیر پیشگیرانده کشش تسهیل عصبی- عضلانی بر درد، انعطاف پذیری و پارامترهای عملکردی افراد مبتلا به کوفتگی عضلانی تأخیری

جواد الماسی^{۱*}، علی جلالوند^۲، مهرداد عنبریان^۳، بهزاد همدانی^۴، شهرام اهنجان^۵

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران
۲. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران
۳. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۴. گروه پرستاری، دانشکده پرستاری و مامایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۵. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: شواهد اندکی از راهکارهای پیگیرانده و درمانی کوفتگی عضلانی تأخیری وجود دارد. هدف مطالعه حاضر تأثیر پیشگیرانده کشش تسهیل عصبی- عضلانی بر درد، انعطاف پذیری و نشانه‌های عملکردی افراد مبتلا به کوفتگی عضلانی تأخیری بود.

روش بررسی: به منظور رعایت موازین اخلاق در پژوهش، از شرکت کنندگان رضایت‌نامه کتبی اخذ و از هدف و روش اجرای مطالعه مطلع گردیدند. این تحقیق توصیفی از نوع شبه تجربی بود. ۴۲ نفر دانشجوی غیر ورزشکار در این مطالعه شرکت و به‌طور مساوی به دو گروه کنترل و تجربی تقسیم شدند. برای ارزیابی متغیرهای کینماتیکی از سیستم تحلیل حرکتی Vicon شامل ۴ دوربین پرسرعت مادون قرمز سری T با فرکانس نمونه‌برداری ۲۰۰ هرتز و برای اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین از دو صفحه نیرو Kistler با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. متغیرهای وابسته شامل پارامترهای پرش از حالت ایستاده شامل ارتفاع پرش، ارتفاع پس از فرود، زمان پرواز، میانگین توان، حداکثر نیروی فرود، حداکثر سرعت در لحظه تیک آف، مقیاس بصری اندازه‌گیری درد و انعطاف‌پذیری همسترینگ بودند که قبل از تمرین و ۴۸ ساعت بعد از تمرین مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. آزمون‌های آماری t دو گروه مستقل و t همبسته با سطح معناداری ($P < 0.05$) جهت تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: بعد از تمرین بین گروه‌ها اختلاف معنی‌داری در انعطاف‌پذیری ($P = 0.022$) و عدم تفاوت معنی‌داری بین میزان درد و کوفتگی ادراک‌شده وجود داشت ($P = 0.08$). اختلاف معنی‌دار بین پیش آزمون-پس آزمون گروه کنترل در ارتفاع پرش، ارتفاع پس از فرود، توان، حداکثر نیروی فرود وجود داشت ($P < 0.05$).

نتیجه‌گیری: توأم نمودن کشش تسهیل عصبی- عضلانی با تمرینات برون‌گرایی القاء کننده کوفتگی می‌تواند بر کاهش انعطاف‌پذیری و پارامترهای عملکردی افراد مبتلا به کوفتگی عضلانی تأخیری اثربخش باشد.

واژه‌های کلیدی: کوفتگی عضلانی، درد، انعطاف‌پذیری، پلائیومتریک، کشش تسهیل عصبی- عضلانی

مقدمه

انعطاف‌پذیری، و عملکرد حرکتی همراه است (۳ و ۱). موضوع بسیاری از تحقیقات کاهش درد و تقلیل سایر پیامدهای ناشی از این پدیده با استفاده از روش‌های درمانی مختلف (حرارت درمانی، التراسوند، دارودرمانی، ماساژ درمانی و تمرینات کششی) بوده است (۴ و ۵). کوفتگی تأخیری هم برای افراد مبتدی و هم برای ورزشکاران حرفه‌ای پدیده‌ای آشناست. یعنی هر دو قشر چه افراد مبتدی و چه ورزشکاران حرفه‌ای گه گاهی ممکن است با این پدیده مواجه شوند. دامنه اثرات و نشانه‌های این نوع کوفتگی از حساسیت و التهاب تا درد غیرقابل تحمل متغیر است. کوفتگی در اوایل فصل مسابقه و وقتی که ورزشکار بعد از مدتی بی تمرینی به تمرین می‌پردازد بیشتر شایع است. علاوه بر آن در افراد غیرحرفه‌ای که تازه به انجام فعالیت‌های

تحقیقات نشان داده است که انجام یک فعالیت جسمانی جدید و غیرمعمول بالأخص با تمریناتی (برونگرا) که فرد به انجام آن‌ها عادت نداشته است باعث به وجود آمدن کوفتگی القایی ناشی از تمرین^۱ می‌گردد که ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از تمرین به اوج خود می‌رسد و با مشخصه‌های بالینی تورم و درد عضلات آسیب‌دیده، کاهش قدرت عضلانی، بالا رفتن مقادیر غلظت آنزیم‌های پلاسما همانند کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز، تضعیف کنترل حرکتی،

1. Exercise-induced muscle damage

* آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: almasi.javad@yahoo.com

تکنیک کشش-انقباض-استراحت^۳ برای مهیا ساختن عضلات با حرکات اکتیو و پاسیو به منظور بهبود انعطاف پذیری عضلانی از طریق مهار خودبخودی و متقابل می تواند یک روش مفید در این زمینه می تواند باشد. لذا فرض تحقیق حاضر بر آنست که تمرینات شدید برونگرا در کنار کشش تسهیل عصبی-عضلانی ممکن است سفتی پاسیو عضلانی را کاهش دهد. و این امر ممکن است بتواند در افزایش میزان توسعه نیرو و افزایش بازدهی کار عضلانی در هنگام یک تمرین برونگرا (پلايومتریک) سهیم باشد (۱۸). تمرینات کششی همچنین ویژگی های مکانیکی واحد تاندون-عضله^۴ را می تواند تحت تأثیر قرار دهد. بدین معنی که تنش بر روی واحد تاندون-عضله مؤلفه ویسکوالاستیکی بافت را تحت تأثیر قرار داده و منجر به افزایش کامپلینس عضلانی و کاهش سفتی عضله در خلال یک کشش خاص گردد. به خاطر بهبود انعطاف پذیری عضلانی یحتمل آسیب بافت پیوندی و عضلانی بعد از تمرین کاهش می یابد (۱۹). بنابراین با توجه به مبانی نظری، سوالات و مفروضات این پژوهش این بوده است که آیا تمرینات پلايومتریک توأم با کشش تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی بر افت شاخص های عملکردی عضلات حاصل از آسیب القایی تمرین (میزان درد و کوفتگی ادراک شده، تغییرات انعطاف پذیری همسترینگ، و متغیرهای عملکردی) تأثیر مثبت و تقلیل دهنده ای داشته است یا خیر؟!

مواد و روش ها

این تحقیق توصیفی از نوع شبه تجربی بود. جامعه آماری این پژوهش را دانشجویان غیر ورزشکار مرد تشکیل می دادند که به صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند. آزمودنی ها به صورت همگن به دو گروه کنترل (۲۱ نفر) و تجربی (۲۱ نفر) تقسیم شدند. حجم نمونه برای بررسی اختلاف بین گروهی با استفاده از نرم افزار جی پاور نسخه (۳,۰,۱۰) برای آزمون آماری مربوطه با توان آماری ۰/۸۰، اندازه اثر ۰/۸۰ و سطح آلفا ۰/۰۵، ۲۱ نفر برای هر گروه برآورد گردید (۲۰).

به منظور رعایت موازین اخلاق در پژوهش، پیش از شروع کار از شرکت کننده ها رضایت نامه اخذ و از موضوع و روش اجرای مطالعه مطلع گردیدند. معیارهای ورود به مطالعه نمونه ها شامل: غیرفعال بودن، نداشتن کوفتگی عضلانی تأخیری در شش ماه گذشته، عدم تمرینات قدرتی اندام تحتانی یا فعالیت جسمانی شدید در شش ماه گذشته و نداشتن سابقه آسیب دیدگی در اندام تحتانی در یک سال گذشته بود. معیارهای خروج از مطالعه بی ثباتی و شلی در مفصل زانو، عفونت مفصلی مزمن، آسیب دیدگی سر در شش ماه گذشته، انقباضات فلکشن در ران یا زانو، سابقه جراحی و آسیب

شدید می پردازند، بدون توجه به اینکه در کدام فصل آموزشی-تمرینی قرار دارند نیز کاملاً شایع است. علی رغم تحقیقات زیادی که در این مورد انجام گرفته است هنوز مکانیزم به وجود آمدن کوفتگی تأخیری، اثرات کوفتگی بر اجرا و عملکرد ورزشکار و روش های درمانی و باز توانی آن هنوز تا حدودی ناشناخته باقی مانده است (۶, ۷). گفته می شود که یکی از روش های کاهش یا درمان کوفتگی عضلانی تأخیری انجام تمرینات کششی قبل یا پس از تمرینات برونگرا است (۸, ۹). البته اعتقاد عده ای از محققین بر این است که کشش ایستا و پویای قبل و بعد از تمرین، هیچ گونه تأثیری بر کوفتگی عضلانی تأخیری ندارد (۱۰-۱۲). همچنین عده ای از محققین به سبب طولیل شدن تارهای عضلانی و کشیده شدن تاندون های انتهایی عضلات و نهایتاً پارگی الیاف و آسیب بافت همبند، حرکات کششی ایستا و پویا را عاملی در جهت افزایش کوفتگی تأخیری می دانند (۱۳). بررسی ها در مورد اثربخشی کشش ایستا و پویا بر نشانه های ظاهری-عملکردی کوفتگی القایی تمرین متناقض می باشند، با این وجود تحقیقات در مورد اثرات کشش های تسهیل شده^۲ بر کوفتگی القایی تمرین محدود و نامشخص است. کشش تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی یک روش داینامیک جهت درمان دیسفانکشن های عصبی-عضلانی است. تسهیل عصبی عضلانی گیرنده عمقی روشی است که می توان برای تحریک شل شدن عضله تحت کشش به کاربرد، به طوری که بتوان مفصل را در دامنه حرکتی بیشتر حرکت داد (۱۴). این روش در مراکز توان بخشی مورد استفاده قرار می گیرد. اما ورزشکاران و افرادی که دارای محدودیت انعطاف پذیری در گروه های عضلانی ویژه ای مانند همسترینگ هستند نیز می توانند به خوبی از آن استفاده کنند (۱۵). کشش تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی شامل استفاده از زنجیره های ترکیبی مختلف شل کردن و منقبض کردن عضلات تحت کشش است. نمونه ساده تمرین تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی عبارت است از حرکت غیرفعال یک عضو فرد در دامنه نهایی حرکت، انقباض هم طول عضلات در مقابل مقاومت دستی که فرد کمکی اعمال می کند، سپس شل کردن عضله و حرکت اندام برای اعمال کشش بیشتر. با تکرار این چرخه می توان به افزایش قابل توجه دامنه نهایی حرکت دست یافت (۱۶). این روش دامنه حرکت را افزایش می دهد، زیرا بازیابی دوک باعث کاهش درون داد آوران نوع Ia از دوک عضله می شود (۱۷). اگر انقباض عضلات موافق در دامنه انتهایی حرکت رخ دهد، این فرایند را می توان باز هم به میزان بیشتری افزایش داد. این کار باعث افزایش شل شدن عضلات مخالف یا عضلات تحت کشش می شود. تکنیک های کشش تسهیل عصبی-عضلانی همانند

3. hold-relax

4. Muscle tendon unit(MTU)

مقیاس بصری اندازه‌گیری درد و کوفتگی عضلانی: برای اندازه‌گیری درد از مقیاس دیداری درد، نشان‌دهنده درد بیماران در حالت کلی است. این مقیاس به صورت یک خط ده سانتی‌متری رسم می‌شود و برای درک مفهوم میزان درد توسط بیماران بین صفر تا ده سانتی‌متر درجه‌بندی می‌شود. عدد صفر هیچ‌گونه دردی را نشان نمی‌دهد، عدد ۱ تا ۳ درد خفیف، عدد ۴ تا ۶ درد متوسط و عدد ۷ تا ۱۰ درد شدید را بیان می‌کند. مقیاس بصری اندازه‌گیری درد و کوفتگی عضلانی به عنوان یک روش اندازه‌گیری پایا و معتبر برای تعیین شدت درد انسان به کار برده شد، و روایی آن برابر ۰/۷ می‌باشد (۲۲).

انعطاف‌پذیری همسترینگ: درحالی‌که آزمودنی به صورت طاق‌باز خوابیده پای غیر غالب فرد کشیده و پای غالب بدون آن که زانو خم شود با کمک دست تا آستانه درد بالا آورده می‌شود. سپس دامنه حرکتی خم شدن ران ثبت‌شده توسط نرم‌افزار Vicon Nexus 1.8.5 مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد (شکل ۲).

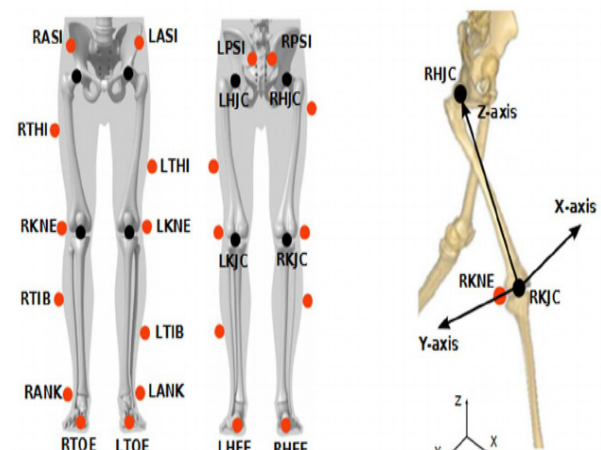
نحوه اجرای برنامه تمرینات پلايومتریک در گروه تجربی: پروتکل تمرینی پلايومتریک از مطالعه مارکوویچ و همکاران (۲۳) انتخاب و با توجه به شرایط آزمودنی‌ها و انجام مطالعه مقدماتی تا حدی تعدیل شد. هر دور پرش متوالی از روی مانع و با حداکثر ارتفاع و حداقل زمان تماس پا با زمین انجام می‌گرفت، فاصله موانع از همدیگر یک متر بود. هر دور پرش از حالت ایستاده شامل شش ریبانه بعد از پرش سقوطی از جعبه ۴۰ سانتی‌متری بود. مکث بین هر ریبانه حدوداً پنج ثانیه و استراحت بین دوره‌ها سه دقیقه بود. مدت زمان تمرین پلايومتریک حدود ۲۵ دقیقه بود.

گروه تجربی پروتکل ترکیبی تمرینی پلايومتریک و کشش تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی را به صورت: سه روز قبل از اجرای تمرینات پلايومتریک، گروه تجربی تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی را به صورت تکنیک کشش-انقباض-استراحت (۱۰ ثانیه انقباض ایزومتریک در پی ۵ ثانیه استراحت و نهایتاً ۲۰ ثانیه کشش) را انجام و در چهارمین روز پروتکل، ابتدا تمرینات پلايومتریک و در خاتمه آن مجدداً تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی را انجام دادند. تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی دو جلسه در روز و هر جلسه به مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌گرفت. گروه کنترل فقط پروتکل تمرینی پلايومتریک را انجام می‌دادند.

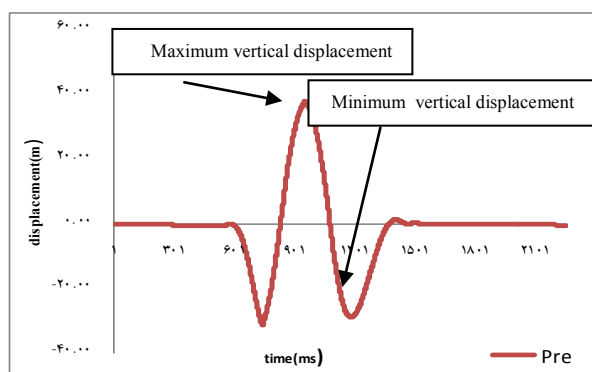
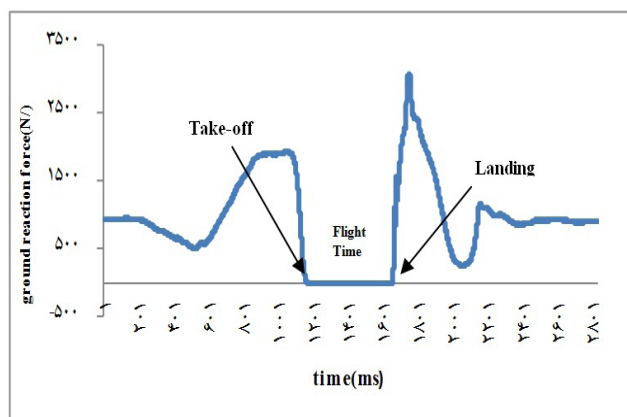
پرش از حالت ایستاده: هدف از این تست عمدتاً ارزیابی قدرت انفجاری اندام تحتانی است. در این تست آزمودنی درحالی‌که

دیدگی در کمر و اندام تحتانی، محدودیت فعالیت بنا به دستور پزشک، نداشتن قدرت نرمال و دامنه حرکتی کامل در مفاصل اندام تحتانی، معلولیت ناشی از اختلالات عصبی-عضلانی، داشتن سایر ناهنجاری‌های وضعیتی مثل کف پای صاف و گود بود. گروه کنترل فقط تمرینات پلايومتریک القاء کننده کوفتگی عضلانی تأخیری را انجام دادند. گروه تجربی تحت کشش تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی قبل و بعد از تمرینات پلايومتریک القاء کننده کوفتگی عضلانی تأخیری قرار گرفتند. کلیه متغیرهای وابسته در هر دو گروه قبل از تمرین القاء کننده کوفتگی و ۴۸ ساعت بعد از آن مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی سه‌بعدی متغیرهای کینماتیکی از سیستم تحلیل حرکتی Vicon شامل ۴ دوربین پرسرعت مادون قرمز سری T، با فرکانس نمونه‌برداری ۲۰۰ هرتز استفاده گردید. همچنین برای اندازه‌گیری نیروهای عکس‌العمل زمین، از دو صفحه نیرو ۴۰۰*۶۰۰ Kistler (میلی‌متر) با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز استفاده شد. داده‌های کینتیکی با استفاده از فیلتر پایین‌گذر باتورث با برش فرکانس ۲۰ هرتز هموار گردیدند. مدل استفاده شده در این تحقیق Plug-In-Gait lower body models بود که لازم‌ه دستیابی و اجرای آن مشتمل بر مراحل: کالیبراسیون دوربین‌ها، آماده‌سازی آزمودنی، کپچر استاتیک، کپچر دینامیک و پردازش، تصحیح، کنترل و بررسی داده‌ها بود (شکل ۱) (۲۱). پس از کالیبراسیون دوربین‌ها و نصب مارکرها از هر آزمودنی ۵ تریال گرفته و میانگین ۵ بار تکرار برای محاسبات آماری در نظر گرفته شد. پس از طی مراحل فوق در نرم‌افزار Vicon Nexus 1.8.5 پارامترهای بیومکانیکی تریال‌های پرش کانترموومننت برای آزمودنی‌ها توسط نرم‌افزارهای Polygon 3.5.1 و Visual3D v4 در سه صفحه ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال استخراج گردید.

(a) Lower-body Plug-in-Gait marker set (b) Knee coordinate system



شکل ۱. قرارگیری مارکرها برای مدل پلاگین گیت اندام تحتانی (نمای جلویی، عقبی).



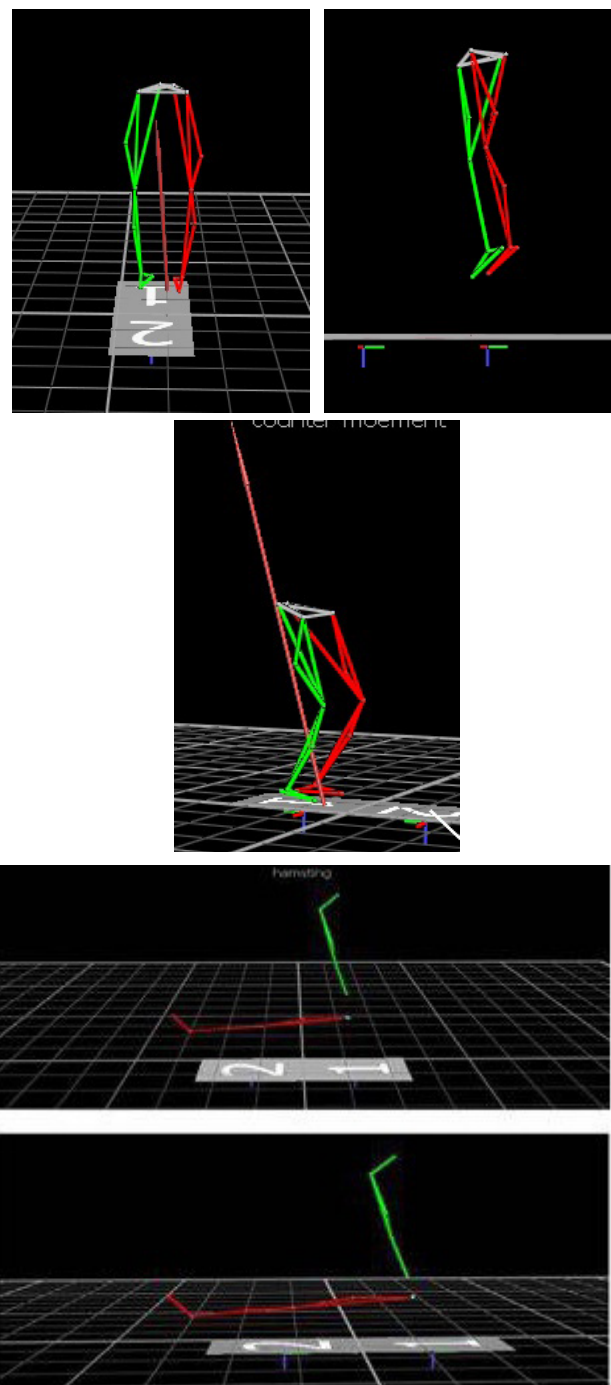
شکل ۳. الف) منحنی جابجایی-زمان ب) منحنی نیرو-زمان پرش کانترموومنت

جهت بررسی نرمال بودن داده ها و امکان استفاده از آزمون های پارامتریک، از آزمون Shapiro-Wilks استفاده شد. داده های پرتی که سه یا بیش از سه واحد انحراف معیار از میانگین مربوط به خودشان فاصله داشتند قبل از تحلیل داده ها حذف شدند. از آزمون t دو گروه مستقل جهت مقایسه بین گروهی و از t همبسته جهت مقایسه درون گروهی استفاده گردید. از اندازه اثر آزمون t همبسته در گروه تجربی برای برآورد میزان اثربخشی متغیر مستقل استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و سطح معنی داری ($P < 0.05$) صورت گرفت.

یافته ها

جدول (۱) متغیرهای جمعیت شناختی آزمودنی ها را نشان می دهد و نتایج آزمون Shapiro-wilk نشان داد که توزیع اکثر پارامترها نرمال بود. هیچ تفاوت معنی داری در قد، وزن و سن دو گروه از آزمودنی ها مشاهده نگردید ($p \geq 0.05$).

دست هایش را بر روی لگن قرار داده بدون اینکه زانوها را خم کند می ایستد، سپس بدون آنکه دست ها جدا یا زانوها هنگام پرش خم شده باشند تا جایی که می تواند به بالا پرش می نماید (شکل ۲)، و حداکثر جابجایی عمودی مرکز ثقل (ارتفاع پرش)، زمان پرواز و میانگین توان، حداکثر نیروی فرود و حداکثر سرعت در لحظه تیک آف با کمک نرم افزارهای Polygon 4.1.2, Vicon Nexus 1.8.5 و Visual3D v5 محاسبه گردید (شکل ۳) (۲۵ و ۲۴).



شکل ۲. آزمون ارزیابی انعطاف پذیری همسترینگ و پرش کانترموومنت از طریق سیستم تحلیل حرکتی

جدول ۱. متغیرهای جمعیت شناختی آزمودنی ها

متغیرها	گروه کنترل	گروه تجربی	مقدار t	P
سن (سال)	۲۱/۱۴±۲/۱۹	۲۱/۸۲±۱/۶	۱/۰۷	۰/۲۸۹
قد (سانتی متر)	۱۷۷/۱۴±۵/۶۰	۱۷۴/۸۷±۵/۱	۱/۴۹	۰/۱۴۹
جرم (کیلوگرم)	۷۶/۲۸±۱۱/۵۶	۷۴/۴۲±۱۰/۱	۰/۶۳۳	۰/۵۳۸
شاخص توده بدن	۲۴/۲۹±۳/۴۶	۲۴/۳۰±۲/۸۵	۰/۰۱۲	۰/۹۹۱

نتایج درون گروهی در گروه کنترل نشان می‌دهد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش میانگین توان به صورت معنی‌داری (۱۰/۸۰ درصد) مشهود بود ($P=0/019$). ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی در ۴۸ ساعت پس از تمرین نسبت به قبل از تمرین مشهود نبود و اختلافی بین قبل و بعد در این گروه مشاهده نشد ($P=0/012$). مقایسه درون گروهی در گروه کنترل نشان داد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش حداکثر نیروی فرود به صورت معنی‌داری (۲۰/۵ درصد) مشهود بود ($P=0/008$). ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی در ۴۸ ساعت پس از تمرین نسبت به قبل از تمرین مشهود نبود و اختلافی بین قبل و بعد در این گروه مشاهده نشد ($P=0/575$) (جدول ۲).

مقایسه درون گروهی در گروه کنترل (پلائیومتریک) نشان داد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش میانگین ارتفاع پرش به صورت معنی‌داری (۱۳/۷۷ درصد) مشهود بود ($P=0/027$). ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی (پلائیومتریک و کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی) در ۴۸ ساعت پس از تمرین نسبت به قبل از تمرین مشهود نبود و اختلافی بین قبل و بعد در این گروه مشاهده نشد ($P=0/143$). مقایسه نتایج درون گروهی در گروه کنترل نشان می‌دهد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش ارتفاع پس از فرود به صورت معنی‌داری (۱۵/۷۲ درصد) مشهود بود ($P=0/001$). ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی در ۴۸ ساعت پس از تمرین نسبت به قبل از تمرین مشهود نبود و اختلافی بین قبل و بعد در این گروه مشاهده نشد ($P=0/138$). مقایسه

جدول ۲. مقایسه میانگین متغیر پارامترهای پرش از حالت ایستاده به تفکیک قبل و بعد

پرش از حالت ایستاده	تمرین	گروه کنترل	گروه تجربی	P value بین گروهی
ارتفاع پرش (متر)	قبل	۰/۴۵۰±۰/۰۸۰	۰/۴۲۰±۰/۰۶۴	۰/۴۵۱
	بعد P value درون گروهی	۰/۳۸۸±۰/۰۴۹ ۰/۰۲۷	۰/۳۹۴±۰/۰۵۴ ۰/۱۴۳	۰/۸۴۷
ارتفاع پس از فرود (متر)	قبل	-۰/۳۸۸±۰/۲۸۳	-۰/۵۲۵±۰/۳۳۰	۰/۴۱۹
	بعد P value درون گروهی	-۰/۳۲۷±۰/۲۹۲ ۰/۰۰۱	-۰/۳۲۲±۰/۲۸۶ ۰/۱۳۸	۰/۹۷۴
زمان پرواز (میلی ثانیه)	قبل	۵۳۰/۷۱±۷۱/۶۷	۵۱۰/۲۳±۵۹/۴۶	۰/۵۷۲
	بعد P value درون گروهی	۴۶۴/۲۸±۶۳/۷۳ ۰/۰۳۰	۴۶۸/۳۳±۵۵/۵۴ ۰/۰۲۹	۰/۹۰۱
میانگین توان (وات بر کیلوگرم)	قبل	۲۸/۱۴±۵/۱۳	۲۷/۱۵±۴/۶۴	۰/۷۱۴
	بعد P value درون گروهی	۲۵/۱۰±۴/۱۴ ۰/۰۱۹	۲۵/۷۹±۴/۶۵ ۰/۱۰۲	۰/۷۷۳
حداکثر نیروی فرود (نیوتن/کیلوگرم)	قبل	۴۴/۸۱±۶/۳۲	۴۴/۳۷±۵/۲۳	۰/۸۸۹
	بعد P value درون گروهی	۳۵/۶۲±۵/۸۹ ۰/۰۰۸	۴۲/۲۲±۷/۳۵ ۰/۵۷۵	۰/۰۹۰
حداکثر سرعت در لحظه تیک آف (متر بر ثانیه)	قبل	۲/۸۲±۰/۵۴۲	۲/۷۶±۰/۳۰۳	۰/۷۸۹
	بعد P value درون گروهی	۲/۷۰±۰/۲۹۸ ۰/۵۱۱	۲/۷۶±۰/۳۳۵ ۰/۹۶۵	۰/۷۳۳

نتایج حاکی از اختلاف بین گروهی معنی‌دار انعطاف‌پذیری همسترینگ بعد از تمرین در گروه پلائیومتریک در مقایسه با گروه پلائیومتریک و کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی داشت ($P=0/022$). نتایج درون گروهی نیز نشان داد بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش انعطاف‌پذیری همسترینگ در گروه پلائیومتریک

(۴۸ ساعت بعد از تمرین) به صورت غیر معنی‌داری (تقریباً ۷/۲۷ درصد) مشهود بود. که این روند کاهشی در گروه پلائیومتریک و کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی در ۴۸ ساعت پس از تمرین نسبت به قبل از تمرین کمتر مشهود بود ($d=1/09$ ، $P=217$) (جدول ۳).

جدول ۳. مقایسه انعطاف‌پذیری همسترینگ به تفکیک قبل و بعد

متغیر	تمرین	گروه کنترل	گروه تجربی	P value بین گروهی
انعطاف‌پذیری همسترینگ (درجه)	قبل	۸۱/۴۲±۴/۰۳	۸۲/۴۳±۴/۷۷	۰/۶۷۴
	بعد	۷۵/۵۰±۴/۷۱	۸۱/۷۲±۴/۱۲	۰/۰۲۲
		۰/۰۸۲	۰/۲۱۷	P value درون گروهی

نتایج حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار میزان درد و کوفتگی ادراک‌شده بعد از تمرین در گروه کنترل در مقایسه با گروه تجربی داشت ($P=0/08$). مقایسه درون گروهی نشان داد بعد از تمرینات پلائیومتریک افزایش میزان درد و کوفتگی ادراک‌شده در گروه

کنترل (۴۸ ساعت بعد از تمرین) به صورت معنی‌داری (۷۱/۱۲ درصد) مشهود بود ($P=0/00$). که این روند افزایشی در گروه تجربی در ۴۸ ساعت پس از تمرین نسبت به قبل از تمرین کمتر (۵۰/۸۲ درصد) مشهود بود ($P=0/00$) (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میزان درد و کوفتگی ادراک‌شده به تفکیک قبل و بعد

متغیر	تمرین	گروه کنترل	گروه تجربی	P value بین گروهی
میزان درد و کوفتگی ادراک‌شده	قبل	۰/۰۷۱±۰/۱۲	۰/۰۸۵±۰/۱۰	۰/۸۲۲
	بعد	۵/۰۵±۰/۶۹	۴/۳۲±۰/۴۷	۰/۰۰۸
		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	P value درون گروهی

بحث

نتایج حاکی از عدم اثربخشی روش تمرین ترکیبی (پلائیومتریک و کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی) در طی گذشت زمان بر میزان افت پارامترهای پرش عمقی بود. یافته‌های درون گروهی در گروه کنترل حاکی از کاهش میانگین ارتفاع پرش داشت، که این کاهش در ارتفاع می‌تواند ناشی از اثر القایی کوفتگی عضلانی ناشی از تمرینات پلائیومتریک در این گروه باشد. ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی تقریباً مشهود نبود. لذا نتایج حاصله ممکن است حاکی از اثربخشی تمرینات کششی پیشگیراننده تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی در ۴۸ ساعت بعد از تمرین بر روی ارتفاع پرش در گروه تجربی باشد. مقایسه درون گروهی گروه کنترل نشان داد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش ارتفاع پس از فرود مشهود بود که این کاهش در ارتفاع پس از فرود می‌تواند ناشی از اثر القایی کوفتگی عضلانی ناشی از

تمرینات پلائیومتریک در این گروه باشد. ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی مشهود نبود. لذا نتایج حاصله ممکن است حاکی از اثربخشی تمرینات کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی در ۴۸ ساعت بعد از تمرین بر روی ارتفاع پرش در این گروه باشد. یافته‌های درون گروهی در این گروه باشد. مقایسه درون گروهی کنترل نشان داد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش ارتفاع پس از فرود مشهود بود که این کاهش در ارتفاع پس از فرود می‌تواند ناشی از اثر القایی کوفتگی عضلانی ناشی از تمرینات پلائیومتریک در این گروه باشد. ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی مشهود نبود. لذا نتایج حاصله ممکن است حاکی از اثربخشی تمرینات کششی پیشگیراننده تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی در ۴۸ ساعت بعد از تمرین بر روی کاهش توان در گروه تجربی باشد. مقایسه درون گروهی گروه کنترل نشان داد ۴۸ ساعت بعد از تمرینات پلائیومتریک کاهش حداکثر نیروی فرود مشهود بود که این کاهش در حداکثر نیروی فرود می‌تواند ناشی از اثر القایی کوفتگی عضلانی ناشی از

تسهیل عصبی-عضلانی بر میزان درد و کوفتگی ادراک شده داشت. در همین راستا نتایج درون گروهی نیز نشان داد بعد از تمرینات پلايومتریک افزایش میزان درد و کوفتگی ادراک شده در گروه کنترل مشهودتر ولیکن این روند افزایشی در گروه تجربی تقریباً کمتر مشهود بود. چندین دلیل برای علت درد ادراک شده در کوفتگی عضلانی تأخیری پیشنهاد می‌گردد. اسمیت و همکاران معتقدند که التهاب و خیز درون سلولی باعث فشردگی پایانه‌های عصبی حساس به درد می‌گردند (۳۲). این ممکن است منجر به افزایش حساسیت این اعصاب و بنابراین درد گردد. لذا از این تئوری توجیه‌کننده که چرا درد تنها با لمس و حرکت احساس می‌شود نه در هنگام استراحت و بی‌حرکتی، حمایت می‌شود. زمانی که عضله تحت فشار مکانیکی قرار می‌گیرد فشار درون آن افزایش یافته و فشردگی پایانه‌های عصبی روی می‌دهد. با این وجود کلارسون و نیوهام معتقدند که رهایی میانجی‌ها در فرآیند التهابی از قبیل: سروتونین و هیستامین است که پایانه‌های عصبی را حساس کرده و منجر به درد می‌گردند (۳۳). نتایج حاصل از این مطالعه با مطالعه هایق و همکاران (۳۴) و جانسون و همکاران (۱۰) که به ترتیب عدم اثربخشی کشش درمانی بر کوفتگی ادراکی چهار سر و همسترینگ را نشان دادند، همخوانی ندارد. آن‌ها کشش ایستا را قبل از تمرین القاء کوفتگی اعمال کردند و نتایج شان درد ادراکی را تحت تأثیر قرار نداد. دلیل این مغایرت می‌تواند نوع کشش متفاوت به کار رفته باشد.

استفاده آزمودنی‌های صرفاً با جنس مرد از جمله محدودیت‌های تحقیق حاضر بود که تعمیم این نتایج به کل جامعه با مشکل مواجه است. همچنین با توجه به ابزار مورد استفاده در این پژوهش امکان بررسی نحوه فعالیت عضلات وجود نداشت.

به‌طور کلی یافته‌های حاصل از این تحقیق می‌تواند به درمان‌گرهای جسمانی و مربیان به منظور توسعه استراتژی‌های مبتنی بر تأثیرات پیشگیرانده به منظور بهبود عملکرد عضلانی، اجراهای ورزشی و کمک به تقلیل کوفتگی القایی ناشی از تمرینات برون‌گرا کمک کننده باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با کد اخلاق به شماره ۱۶/۳۵/۹/۱۸۶/پ بود. مؤلفین این مقاله تشکر صمیمانه خود را به خاطر همکاری دانشجویان شرکت‌کننده در این تحقیق اظهار می‌نمایند. همچنین از دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان به خاطر در اختیار گذاردن آزمایشگاه بیومکانیک تقدیر به عمل می‌آید.

تمرینات پلايومتریک در این گروه باشد. ولیکن این روند کاهشی در گروه تجربی مشهود نبود. لذا نتایج حاصله ممکن است حاکی از اثربخشی تمرینات کششی پیشگیرانده تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی در ۴۸ ساعت بعد از تمرین بر روی حداکثر نیروی فرود در گروه ترکیبی باشد. نتایج این تحقیق همسو با نتایج تحقیق ارگینسون و همکاران در بررسی مقایسه ایی تأثیر تمرین پلايومتریک طی دو هفته بر کاهش قدرت هم طول عضله چهار سر رانی و ارتفاع پرش عمودی بود (۲۶). نتایج تحقیق پاشیکو و همکاران در اثربخشی کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی بر ارتفاع پرش در حالت ایستاده نیز همسو با نتیجه این تحقیق بود (۲۸). ولیکن در مغایرت با تحقیق پلیس و همکاران بود که نشان دادند کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی بر میزان پرش از حالت ایستاده، بی تأثیر است (۲۷). به نظر می‌رسد علت این تناقض به تأثیر زمان اجرای کشش‌های تسهیل شده بر می‌گردد که در روش تحقیق ذکر شده الگوی کشش‌های تسهیل شده بعد از تمرین بوده ولیکن در تحقیق حاضر الگوی بکار رفته چند روز قبل از تمرینات پلايومتریک بوده است.

نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از اثربخشی روش تمرین ترکیبی در طی گذشت زمان بر میزان کاهش انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ داشت. که مقایسه نتایج درون گروهی گروه کنترل مبتنی بر کاهش انعطاف‌پذیری همسترینگ نیز در راستای نتیجه فوق بود. این روند کاهشی در گروه تجربی کمتر مشهود بود. لذا نتایج حاصله می‌تواند حاکی از اثربخشی کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی بر انعطاف‌پذیری همسترینگ ۴۸ ساعت بعد از تمرین باشد. نتیجه این تحقیق همسو با نتایج تحقیق هال و همکاران در اثربخشی سه نوع کشش ایستا، پویا و کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی بر بهبود دامنه حرکتی چرخش داخلی گله‌نومرال بعد از یک هفته اعمال کشش کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی، هولد-ریلکس داشت (۳۰).

توفاس و همکاران گزارش کردند که در مردان غیر ورزشکار دامنه‌ی حرکتی و قدرت هم طول بیشینه پس از اجرای دو سری تمرین پلايومتریک پرش از روی جعبه ۵۰ سانتی‌متری مستقر روی تشک‌های ورزشی (هشت مرحله‌ی ۱۲ تایی) تغییری نمی‌کند (۲۹). این تناقضات ممکن است ناشی از عوامل متعددی مانند سن، آمادگی قبلی، وضعیت مکان ورزشی، گروه‌های عضلانی درگیر، شدت، مدت تمرین، تکنیک‌ها و زمان اندازه‌گیری باشد. ثنوی و همکاران نیز همراستا با نتایج این تحقیق گزارش کردند که کششی تسهیل عصبی-عضلانی از طریق حس عمقی، باعث افزایش انعطاف‌پذیری عضلات همسترینگ می‌گردد (۳۱).

نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از عدم تأثیر پیشگیرانده کشش

References

1. Barlas P, Craig JA, Robinson J, Walsh DM, Baxter GD, Allen JM. Managing delayed-onset muscle soreness: lack of effect of selected oral systemic analgesics. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(7):966-72. [\[PubMed\]](#)
2. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2002;81(11):S52-S69. [\[PubMed\]](#)
3. Jamurtas AZ, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V, et al. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European journal of applied physiology*. 2005;95(2-3):179-85. [\[PubMed\]](#)
4. Hatchett A, Berry C, Oliva C, Wiley D, St Hilaire J, LaRochelle A. A Comparison between Chocolate Milk and a Raw Milk Honey Solution's Influence on Delayed Onset of Muscle Soreness. *Sports*. 2016;4(1):18. [\[PubMed\]](#)
5. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. Preventative strategies for exercise-induced muscle damage. *Critical Reviews™ in Physical and Rehabilitation Medicine*. 2004;16(2):133-49. [\[Scopus\]](#)
6. Cannavino CR, Abrams J, Palinkas LA, Saglimbeni A, Bracker MD. Efficacy of transdermal ketoprofen for delayed onset muscle soreness. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2003;13(4):200-8. [\[PubMed\]](#)
7. Stone MB, Merrick MA, Ingersoll CD, Edwards JE. Preliminary comparison of bromelain and ibuprofen for delayed onset muscle soreness management. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2002;12(6):373-8. [\[PubMed\]](#)
8. Cleak M, Eston R. Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. *Journal of sports sciences*. 1992;10(4):325-41. [\[PubMed\]](#)
9. Abraham WM. Factors in delayed muscle soreness. *Medicine and science in sports*. 1977;9(1):11-20. [\[PubMed\]](#)
10. Johansson P, Lindström L, Sundelin G, Lindström B. The effects of preexercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 1999;9(4):219-25. [\[PubMed\]](#)
11. Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Bmj*. 2002;325(7362):468. [\[PubMed\]](#)
12. Wessel J, Wan A. Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 1994;4(2):83-7. [\[Scopus\]](#)
13. Smith LL, Brunetz MH, Chenier TC, McCammon MR, Houmard JA, Franklin ME, et al. The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Research quarterly for exercise and sport*. 1993;64(1):103-7. [\[PubMed\]](#)
14. Knott M, Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation: patterns and techniques. Hoeber Medical Division, Harper & Row; 1968.
15. Osternig LR, Robertson RN, Troxel RK, Hansen P. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1990;22(1):106-11. [\[PubMed\]](#)
16. Etnyre BR, Abraham LD. H-reflex changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*. 1986;63(2):174-9. [\[PubMed\]](#)

17. Hardy L, Jones D. Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1986;57(2):150-3. [[Scopus](#)]
18. Bishop D. Warm up I. *Sports medicine*. 2003;33(6):439-54.
19. Magnusson P, Renström P. The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European journal of sport science*. 2006;6(2):87-91. [[Scopus](#)]
20. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007;39(2):175-91. [[Pubmed](#)]
21. Kadaba MP, Ramakrishnan H, Wootten M. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of ortopaedic research*. 1990;8(3):383-92. [[Pubmed](#)]
22. Yakut E, Bayar B, Meriç A, Bayar K, Yakut Y. Reliability and validity of reverse visual analog scale (right to left) in different intensity of pain. *The Pain Clinic*. 2003;15(1):1-6.
23. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*. 2007;41(6):349-55. [[Pubmed](#)]
24. Lees A, Vanrenterghem J, De Clercq D. The maximal and submaximal vertical jump: implications for strength and conditioning. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(4):787-91. [[Pubmed](#)]
25. Hara M, Shibayama A, Takeshita D, Hay DC, Fukashiro S. A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human movement science*. 2008;27(4):636-48. [[Pubmed](#)]
26. Marginson V, Rowlands AV, Gleeson NP, Eston RG. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *Journal of Applied physiology*. 2005;99(3):1174-81. [[Pubmed](#)]
27. Place N, Blum Y, Armand S, Maffiuletti NA, Behm DG. Effects of a short proprioceptive neuromuscular facilitation stretching bout on quadriceps neuromuscular function, flexibility, and vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(2):463-70. [[Pubmed](#)]
28. Pacheco L, Balius R, Aliste L, Pujol M, Pedret C. The acute effects of different stretching exercises on jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(11):2991-8. [[Pubmed](#)]
29. Tofas T, Jamurtas AZ, Fatouros I, Nikolaidis MG, Koutedakis Y, Sinouris EA, et al. Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(2):490-6. [[Pubmed](#)]
30. Hall J, Oliver GD, Stone AJ. Comparison of active, passive, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching for improving glenohumeral internal rotation. *Athletic Training and Sports Health Care*. 2012;4(4):181-8.
31. Mohammadi Sh, Zafari A, Firouzi M. Comparison Of Muscular Performance Induced By Maximum Voluntary Isometric Contraction Durationsin PNF Training. *Researchers in Sport Science Quarterly*. 2011;2(1):26-30.
32. Plowman SA, Smith DL. *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
33. Clarkson P, Newham D, editors. *Associations between muscle soreness, damage, and fatigue*. *Fatigue*; 1995:384:457-69. [[Pubmed](#)]

34. High DM, Howley ET, Franks BD. The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. Research quarterly for exercise and sport. 1989;60(4):357-61. [\[Pubmed\]](#)