Advanced Research in Applied Sports Biomechanics

The Effect of an Acute PNF Stretching on the Rate of Force Development of Hamstring and Quadriceps Muscles among Athletes with Dynamic Knee Valgus

Fatemeh Alizadeh[1], **Parastoo ShamsehKohan**[2✉]

1. Master Student. Department of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Science, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran. Email: fatemehalizadeh040@gmail.com .
2. Corresponding Author, Assistant Professor, Faculty of Physical Education and Sport Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Community Health Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: parastooshams@yahoo.com . Phone: 09353861420. Orcid code: 0000-0002-0093-4669.

Article Info

Article type:
Research

Article history:
Received: 2023-12-15
Accepted: 2024-01-05
Published online:2024-02- 09

Keywords:
Hamstring muscle,
Quadriceps muscle,
PNF stretching,
Rate of force development,
Dynamic knee valgus.

ABSTRACT

Introduction: PNF stretching is used to improve maximum muscle function, reduce muscle damage, reduce muscle stiffness and increase joint mobility before exercise. As a result, the aim of this research was to investigate the effect of an acute Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) stretching on the rate of force development of hamstring and quadriceps muscles among athletes with dynamic knee valgus.

Methods: The samples of the present study included 12 young female athletes who were selected through available and targeted sampling and all of them had dynamic knee valgus. Subjects performed PNF stretching for the target muscle and then were placed on the force plate for relevant analysis. Their rate of force development was evaluated according to the established protocols. Since the investigation of the acute effect of stretching was desired by the researcher, PNF stretching process was performed for the target muscle before each test. Analysis of variance with repeated measurements was used for statistical analysis of the data by SPSS 24.

Results: There is no statistically significant difference in the rate of force development of hamstring muscle after stretching between agonist and antagonist muscles (P = 0.229). Although according to the results of this section, it can be stated that an acute PNF stretching has a significant effect on the rate of force development of hamstring muscle in athletes with dynamic knee valgus (P= 0.017 and P = 0.016).

Conclusion: According to the results of the present research, it can be said that for athletes with dynamic knee valgus, acute PNF stretching can be used to improve the rate of force development of hamstring muscles.

Cite this article: Alizadeh F, shamsehKohan P. (2023). The Effect of an Acute PNF Stretching on the Rate of Force Development of Hamstring and Quadriceps Muscles among Athletes with Dynamic Knee Valgus. *Advanced Research in Applied sports Biomechanics,* 1 (1), 1-13. DOI: http//doi.org/000000000000000000

پژوهش‌های پیشرفته در بیومکانیک ورزشی کاربردی

ARASB

اثر یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات همسترینگ و چهارسر ران در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو

فاطمه علیزاده[۱]، پرستو شمسه‌کهن[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آسیب شناسی و حرکت اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. ایمیل: fatemehalizadeh040@gmail.com. تلفن: ۰۹۱۳۶۸۸۶۷۹۹.

۲*. (نویسنده مسئول) استادیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران. مرکز تحقیقات سلامت جامعه، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. ایمیل: parastooshams@yahoo.com . تلفن: ۰۹۳۵۳۸۶۱۴۲۰. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۰۰۹۳-۴۶۶۹

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/ ۹/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰ /۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۲۰

کلیدواژه‌ها:
عضله همسترینگ،
عضله چهارسر،
کشش PNF،
نرخ توسعه نیرو،
ولگوس دینامیک زانو.

چکیده

مقدمه: کشش PNF برای ایجاد پیشرفت بیشتر در عملکرد عضلانی بیشینه، کاهش آسیب عضلانی، کاهش کوفتگی عضلانی و افزایش تحریک پذیری مفصل قبل از تمرینات ورزشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر حاد کشش PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات همسترینگ و چهارسر ران در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو می‌باشد.

روش پژوهش: نمونه آماری مطالعه حاضر شامل ۱۲ نفر دختر جوان و ورزشکار است که به روش نمونه‌گیری در دسترس و به‌صورت هدفمند انتخاب شدند و همگی دارای ولگوس داینامیک زانو بودند. آزمودنی‌ها یک مرتبه کشش PNF را برای عضله هدف انجام و سپس برای انجام آنالیزهای مربوطه روی فورس پلیت قرار می‌گرفتند و طبق پروتکل‌های تدوین شده، نرخ توسعه نیروی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجا که بررسی اثر حاد کشش مورد نظر محقق بود، قبل از هر تست یک مرتبه پروسه کشش PNF برای عضله هدف انجام می‌شد. بررسی آماری داده‌ها با استفاده از SPSS 24 و آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر انجام شد.

یافته‌ها: تفاوت آماری معنی‌داری در نرخ توسعه‌ی نیروی عضلات همسترینگ پس از اعمال کشش بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست مشاهده نمی‌شود (P = ۰/۲۲۹). اگرچه با توجه به نتایج این بخش می‌توان بیان کرد که یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات همسترینگ در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو اثر معنی‌داری دارد (P = ۰/۰۱۷ و P = ۰/۰۱۶).

نتیجه گیری: با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان بیان داشت که برای ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو از کشش حاد PNF جهت بهبود نرخ توسعه نیروی عضله همسترینگ استفاده شود.

استناد: علیزاده فاطمه، شمسه کهن پرستو، (۱۴۰۲). اثر یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات همسترینگ و چهارسر ران در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو. پژوهش های پیشرفته در بیومکانیک ورزشی کاربردی ، ۱(۱)، ۱۳-۱. DOI: http//doi.org/0000000000000000000000000

Extended Abstract

The Effect of an Acute PNF Stretching on the Rate of Force Development of Hamstring and Quadriceps Muscles among Athletes with Dynamic Knee Valgus

Fatemeh Alizadeh[1] , Parastoo ShamsehKohan[2]✉

1. Master Student. Department of Sport Injury and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Science, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran. Email: fatemehalizadeh040@gmail.com .
2. Corresponding Author, Assistant Professor, Faculty of Physical Education and Sport Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Community Health Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: parastooshams@yahoo.com . Phone: 09353861420. Orcid code: 0000-0002-0093-4669.

Introduction

Dynamic knee valgus as a set of kinematic changes of the lower extremity, including increased adduction of the hip joint and internal rotation of the proximal components, abduction of the knee and external rotation of the distal components, involves several movement planes and may cause serious injuries during exercise and weight bearing. It affects the knee joint and leads to anterior cruciate ligament damage and lower extremity injuries, including patellar knee pain syndrome. Among all stages of preparation for competition or training, stretching exercises including Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) stretching exercises as part of warm-up or pre-competition warm-up to further improve maximal muscle performance, reduce muscle damage, reduce muscle stiffness and increase mobility. As a result, the aim of this research is to investigate the effect of an acute PNF stretching on the rate of force development of hamstring and quadriceps muscles among athletes with dynamic knee valgus.

Methods

The statistical population of the present study consisted of young girls which were athletes and had dynamic knee valgus. These people were physical education students who had regular sports activities five times a week. The statistical sample of the present study includes 12 young female athletes who were selected using available and targeted sampling. For this purpose, volunteers were first asked to participate in the single leg squat test study. If knee valgus was observed while performing the task, people were selected to participate in the study. The subject's unwillingness to continue the study process, history of injury in the last six months, surgery on the lower extremity, or any complication or defect that leads to impaired walking and maintaining balance, were part of the exclusion criteria from this study. First, the subjects were familiarized with the test implementation process and filled the consent form for voluntary participation in the tests. General characteristics, weight and height of subjects were measured. It should be noted that all the subjects were asked to wear appropriate clothes for performing clinical tasks and activities on the force plate. The next step was to select people with dynamic knee valgus and exclude healthy people by performing the single leg squat test by the subjects and observing the movement from the front. After this stage, the subjects performed the protocol of PNF stretching for the target muscle and then were placed on the force plate to perform relevant analyses, and the rate of force development was evaluated according to the established protocols. Since the investigation of the acute effect of stretching was desired by the researcher, PNF stretching process was performed for the target muscle before each test. In order to ensure that all the data are available, the data collection process was repeated 3 times. PNF stretching that was used in this study includes: 1. Being in the right position to start stretching, 2. Antagonist muscle contraction that leads to active stretching, 3. Contraction of the antagonist muscle and simultaneously create passive tension on the target muscle, 4. Staying in the same position (passive stretching) and contracting the target muscle for up to 8 seconds, 5. Muscle relaxation includes keeping it stretched despite the removal of passive tension, 6. Active contraction of the antagonist and passive stretching of the target muscle for 15 to 30 seconds. Analysis of variance with repeated measurements was used for statistical analysis of the data by SPSS 24.

Results

The rate of force development in two muscle groups of hamstring and quadriceps under three conditions: without stretching, stretching of agonist and stretching of antagonist muscles, showed that in the hamstring group, with stretching

of agonist and antagonist muscles, the rate of force development increased by 38 and 70% respectively. This result was different in the group of quadriceps muscles. Thus, by applying stretching on the agonist and antagonist muscles, the rate of force development decreased (10%).

The results of the post hoc LSD test showed that in the hamstring group, stretching the agonist and antagonist muscles led to a statistically significant difference compared to the state without stretching (P = 0.016 and 0.017, respectively). But there was no statistically significant difference in the rate of force development of hamstring muscles after stretching between agonist and antagonist muscles (P = 0.229). As a result, it can be stated that an acute PNF stretching has a significant effect on the rate of force development of hamstring muscles in athletes with dynamic knee valgus. But in the quadriceps muscle group, the process was completely different and no statistically significant difference was observed between any of the three stretching modes (no stretching, agonist stretching and antagonist stretching). Based on this, an acute PNF stretching has no significant effect on the rate of force development of quadriceps muscle in athletes with dynamic knee valgus.

Conclusion

According to the results, it can be stated that in the hamstring group, stretching the agonist and antagonist muscles has led to a statistically significant difference compared to the without stretching. Although there is no statistically significant difference in the rate of force development of the hamstring muscle group after stretching the agonist and antagonist muscles. According to the results of this section, it can be stated that an acute PNF stretching has a significant effect on the rate of force development of hamstring muscles in athletes with dynamic knee valgus.

In general, the result obtained from the current research is that an acute PNF stretching can be useful for the hamstring muscles to improve the rate of force development, and as a result, it can be said that for athletes with dynamic knee valgus, the acute PNF stretching can be used to develop hamstring muscle strength. However, although most studies have shown a significant reduction in force production following stretching, more research is needed, particularly focusing on different PNF stretching methods.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines:
There were no ethical considerations to be considered in this research.

Funding:
This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contribution:
All authors equally contributed to preparing article.

Conflict of interest:
The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments:
We are grateful to Dr. Maziar Meghdadi for providing structural and scientific comments and Dr. Mostafa Haj-Lotfalian for providing laboratory facilities, and also to the respected referees for their structural and scientific comments.

مقدمه

ولگوس داینامیک زانو به‌عنوان مجموعه‌ای از تغییرات کینماتیک اندام تحتانی، ازجمله افزایش اداکشن مفصل ران و چرخش داخلی اجزای پروگزیمال، ابداکشن زانو و چرخش خارجی اجزای دیستال تعریف شده است [۱]. نام این ناهنجاری به انحراف مفصل زانو به داخل هنگام انجام حرکات پویا اشاره دارد. این حرکت پیچیده، چند صفحه حرکتی را درگیر می‌کند و به آسیب رباط صلیبی قدامی و آسیب‌های اندام تحتانی ازجمله سندرم درد کشکک زانو منجر می‌شود. اگرچه علت دقیق این عارضه همچنان نامعلوم است، برخی منابع نقص در کنترل عصبی- عضلانی و پایداری پویای مفاصل لگن و زانو را در بروز آن مؤثر دانسته‌اند [۲, ۳]. ولگوس دینامیک بیش از حد زانو به‌عنوان یک الگوی حرکتی معیوب شناخته می‌شود و ممکن است خطر آسیب‌دیدگی در مفصل زانو را افزایش دهد. این وضعیت مربوط به انحراف در راستای اندام تحتانی می‌باشد، در هنگام ورزش و تحمل وزن ممکن است آسیب‌های جدی را به مفصل زانو وارد کند [۴].

میان تمامی مراحل آماده‌سازی برای مسابقه یا تمرین، حرکات کششی به عنوان بخشی از گرم کردن یا خود گرم کردن قبل از مسابقه که باعث افزایش دامنه حرکتی مفصل، افزایش عملکرد و جلوگیری از آسیب‌دیدگی می‌شود کمک شایانی به بهبود رکوردها داشته است [۵]. از طرفی دیگر قدرت و توان عضلانی از جمله پارامترهای خیلی مهم در آمادگی جسمانی می‌باشند که نقش مهمی در فعالیت‌های روزانه، ورزش و حوزه‌های مربوط به ورزش (پزشکی ورزشی، تربیت بدنی، توانبخشی و ...) ایفا می‌کند [۶, ۷]. حرکات کششی به‌طور معمول به‌عنوان یکی از بخش‌های گرم کردن پیش از رویداد ورزشی و فعالیت بدنی برای ایجاد پیشرفت بیشتر در عملکرد عضلانی بیشینه، کاهش آسیب عضلانی، کاهش کوفتگی عضلانی و افزایش تحریک پذیری مفصل مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. انجام حرکات کششی قبل از فعالیت موجب افزایش دامنه حرکتی در اجرای مهارت‌های ورزشی، افزایش میزان نوسانات در حرکات ویژه، آرامش و راحتی عضلانی به نسبتی وسیع، جلوگیری از صدمات ورزشی، تأثیر بر قدرت عضلانی بیشینه، استقامت عضلانی و توان عضلانی، سرعت، چابکی و غیره در افراد ورزشکار و غیرورزشکار می‌شود [۹].

اصولا روش PNF یک تکنیک درمانی شناخته و از دهه ۱۹۴۰ در حیطه فیزیوتراپی به کار گرفته شده است. امروزه متخصصان علوم ورزشی دریافته‌اند که این تکنیک با استفاده از تحریک و تسهیل گیرنده‌های عصبی و عضلانی، سبب افزایش دامنه حرکتی و درنتیجه بهبود عملکرد ورزشکاران [۱۰-۱۲]. مربیان و ورزشکاران به‌طور معمول از تکنیک‌های کششی ایستا و پویا و PNF برای کشش عضلات استفاده می‌کنند. این تفکر وجود دارد که کششPNF در مقایسه با کشش ایستا و پویا برای این منظور مطلوب‌تر است. این اثر به مکانیسم‌های عصبی نسبت داده می‌شود [۱۳]. در سال‌های اخیر، بسیاری از مطالعات منتشر شده بر روی تأثیرات کوتاه مدت تمرینات کششی به‌ویژه PNF، متمرکز شده‌اند و بیشتر آنها نیز کاهش در اوج نیروی گشتاوری و توان را فوراً پس از برنامه‌های کششی گزارش کرده‌اند که ممکن است به پروتکل‌های کششی آنها مربوط باشد. این مطالعات پیشنهاد می‌کنند که کشش کوتاه مدت باعث کاهش عملکرد در ورزشکاران می‌گردد [۷, ۱۳].

تحقیقات نشان داده‌اند که PNF می‌تواند به‌دلیل استفاده از انقباضات عضلانی، دمای عضله را افزایش دهد که این وضعیت، شتاب‌های عصبی را برای انقباضات قوی‌تر تسریع می‌بخشد [۷, ۹, ۱۱]. با توجه به مفاهیم مطرح شده، روش‌های تمرینی بسیار گوناگونی معرفی شده که اهداف آنها بالا بردن سطح عملکردی ورزشکار و افراد عادی در فاکتورهای مختلف ورزشی است. در نتیجه هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات همسترینگ و چهارسر ران در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

با توجه اهداف و فرضیات مطرح شده، روش این مطالعه کاربردی، از نوع نیمه تجربی و مدل آن از نوع علی پس از وقوع است. همچنین مطالعه حاضر با هدف به‌کارگیری در توانبخشی، ورزش و افزایش دانش در این زمینه انجام پذیرفت.

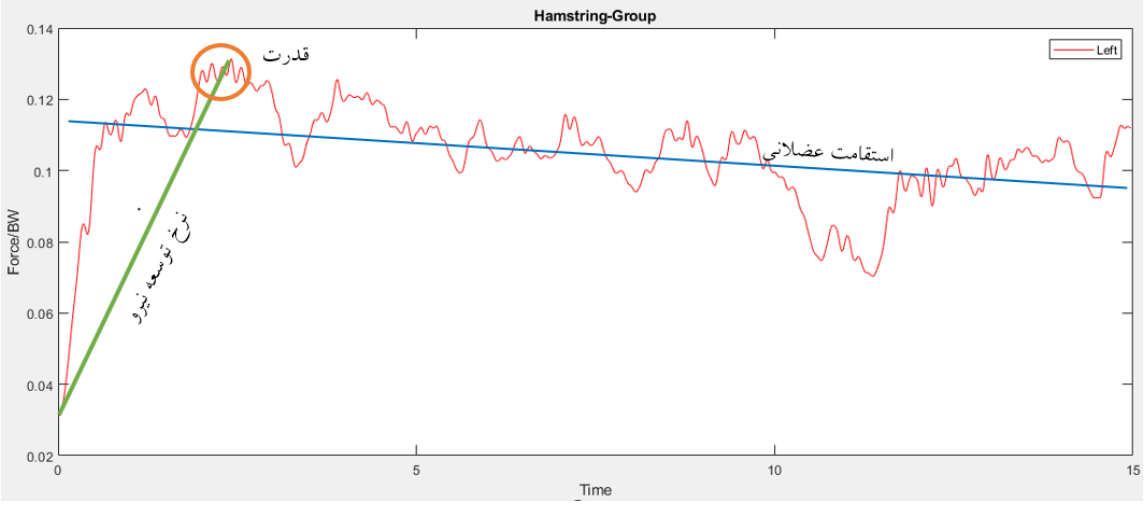
آزمودنی‌ها

جامعه آماری مطالعه حاضر را دختران جوان و ورزشکار مبتلا به ولگوس داینامیک زانو تشکیل دادند؛ این افراد دانشجویان تربیت بدنی بودند که هفته‌ای پنج بار فعالیت منظم ورزشی داشتند. از مجموع جامعه تحقیق، نمونه آماری مطالعه حاضر شامل ۱۲ نفر دختر جوان و ورزشکار است که بر اساس فرمول تعیین حجم نمونه جی پاور (آلفای ۰/۰۵ و مقدار F ۰/۲۷ و توان آماری برابر ۰/۸ که توان آماری مناسب برای مطالعات تجربی می باشد) و بر اساس مطالعات انجام‌شده، به روش نمونه‌گیری در دسترس و به‌صورت هدفمند انتخاب شدند. برای این منظور ابتدا از افراد داوطلب برای حضور در مطالعه تست اسکوات تک پا گرفته شد. در صورت مشاهده ولگوس زانو حین اجرای تکلیف، افراد برای شرکت در مطالعه انتخاب شدند. عدم تمایل آزمودنی جهت ادامه فرایند مطالعه، سابقه آسیب‌دیدگی در شش ماه گذشته، انجام عمل جراحی در پایین‌تنه یا هر عارضه یا نقصی که منجر به اختلال در راه رفتن و حفظ تعادل شود، جزء معیارهای خروج از این مطالعه بود.

ابزار

جهت بررسی ولگوس دینامیک زانو از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود، که یکی از این روش‌ها استفاده از حرکت اسکوات تک پا است. در این روش از فرد خواسته شد که روی پای برتر خود قرار گیرد و به آرامی حرکت اسکوات را انجام دهد. عدم وجود انحراف زانو در وضعیت ایستاده و مشاهده آبداکشن در ران و مچ و آداکشن و چرخش داخلی در ساق حین اجرای حرکت اسکوات تک پا نشانه وجود ولگوس داینامیک در زانو بود [۱۴].

برای به‌دست آورد نرخ توسعه نیرو از فورس پلیت استفاده شد. مهمترین خروجی فورس پلیت، نیرو بر حسب زمان است. به‌منظور محاسبه نرخ توسعه نیرو، از سیگنال نیرو مشتق زمانی گرفته شد و مقدار حداکثر مشتق نیرو به‌عنوان نرخ توسعه نیرو ثبت شد [۱۵].



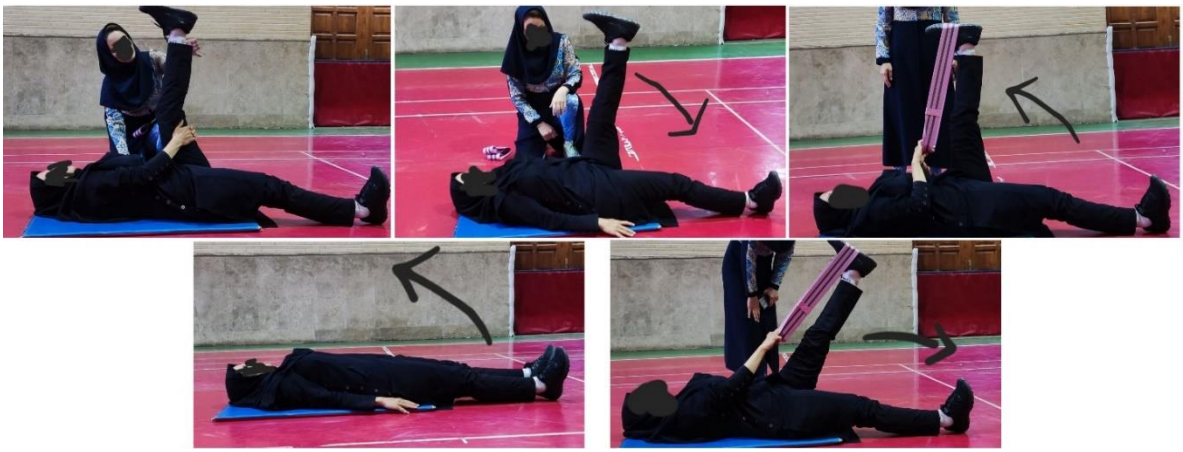
شکل ۱. سیگنال نیرو و نحوه محاسبه متغیرهای وابسته مطالعه

کشش PNF که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت شامل مراحل زیر است:

۱. قرار گرفتن در موقعیت مناسب برای شروع کشش،
۲. انقباض عضله آنتاگونیست که منجر به ایجاد کشش فعال می‌شود،
۳. انقباض عضله آنتاگونیست و همزمان ایجاد کشش غیرفعال روی عضله هدف،
۴. قرار گرفتن در همان وضعیت (کشش غیر فعال) و انقباض عضله هدف تا ۸ ثانیه،
۵. ریلکسیشن عضله شامل کشیده نگه داشتن آن با وجود حذف تنش غیرفعال،
۶. انقباض فعال آنتاگونیست و کشش غیرفعال عضله هدف برای ۱۵ تا ۳۰ ثانیه.

روند اجرای پژوهش

ابتدا آزمودنی‌ها با روند اجرای آزمون آشنا شدند و فرم رضایت‌نامه مبنی بر شرکت داوطلبانه در آزمون‌ها را پر کردند. مشخصات عمومی و وزن و قد آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. قابل ذکر است که از تمامی آزمودنی‌ها خواسته شد تا از لباس مناسب برای انجام تکالیف بالینی و فعالیت روی فورس پلیت برخوردار باشند. مرحله بعدی انتخاب افراد دارای ولگوس دینامیک زانو و حذف افراد سالم از طریق اجرای آزمون اسکوات تک پا توسط آزمودنی‌ها و مشاهده حرکت از روبرو بود. پس از این مرحله، آزمودنی‌ها یک مرتبه کشش PNF را برای عضله هدف انجام (شکل ۲) و سپس برای انجام آنالیزهای مربوطه روی فورس پلیت قرار می‌گرفتند و طبق پروتکل‌های تدوین شده، نرخ توسعه نیروی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۲. نحوه انجام پروتکل کشش PNF

از آنجا که بررسی اثر حاد کشش مورد نظر محقق بود، قبل از هر تست یک مرتبه پروسه کشش PNF برای عضله هدف انجام می‌شد. به‌منظور اطمینان از در اختیار داشتن تمامی داده‌ها، فرایند داده برداری برای ۳ مرتبه تکرار شد. آزمودنی‌ها شامل یک گروه بودند که قبل و بعد از اعمال کشش از آنها تست گرفته شد، و چون دو گروه با هم مقایسه نشدند، از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌توان به این مورد اشاره داشت.

روش آماری

در این پژوهش به منظور توصیف و تشریح یافته ها از آمار توصیفی شامل جداول، نمودارها، میانگین و انحراف استاندارد استفاده شد، و برای تجزیه و تحلیل داده ها از آمار استنباطی شامل آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون

تعقیبی استفاده گشت. آزمون شاپیرو- ویلک برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و سپس از آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده گشت. از نرم‌افزار *SPSS* ۲۴ و سطح اطمینان ۰/۰۵ در تمامی آزمون‌ها استفاده شد.

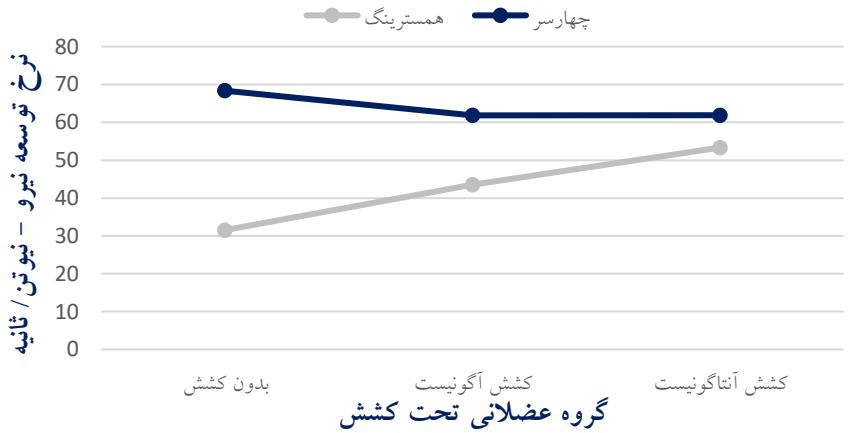
یافته‌های پژوهش

اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول ۱ آورده شده است

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها

ویژگی	انحراف استاندارد ± میانگین
سن (سال)	۱۹/۸±۰/۸
قد (سانتیمتر)	۱۶۱/۹±۴/۹
جرم (کیلوگرم)	۵۱/۵±۷/۴
BMI (kg/m^2)	۱۹/۶±۲/۳

شکل ۳ و جدول ۲ نتایج حاصل از انجام آمار توصیفی را در نرخ توسعه نیروی دو گروه عضلانی همسترینگ و چهارسر تحت سه حالت بدون اعمال کشش، کشش عضلات آگونیست و آنتاگونیست نشان می‌دهد.



شکل ۳. میانگین نرخ توسعه نیروی گروه‌های عضلانی همسترینگ و چهارسر تحت حالت‌های کشش *PNF*

در رابطه با گروه عضلات همسترینگ همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با اعمال کشش روی گروه عضلات آگونیست و آنتاگونیست، نرخ توسعه‌ی نیرو ۳۸ و ۷۰ درصد افزایش می‌یابد. این روند در گروه عضلات چهارسر ران متفاوت است. بدین ترتیب که با اعمال کشش روی عضلات آگونیست و آنتاگونیست، نرخ توسعه نیرو کاهش می‌یابد.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد نرخ توسعه نیرو (نیوتن/ثانیه) گروه‌های عضلانی همسترینگ و چهارسر تحت حالت‌های کشش *PNF*

گروه عضلانی	عضلات تحت کشش	میانگین	انحراف استاندارد
گروه همسترینگ	بدون کشش	۳۱/۵	۱۲/۲
	کشش عضلات آگونیست	۴۳/۵	۲۰/۶
	کشش عضلات آنتاگونیست	۵۳/۳	۲۷/۹
گروه چهارسر	بدون کشش	۶۸/۳	۲۳/۵
	کشش عضلات آگونیست	۶۱/۹	۲۵/۱
	کشش عضلات آنتاگونیست	۶۱/۸	۱۹/۵

جدول ۳، مقادیر حاصل از آزمون شاپیروویلک را جهت بررسی نرمالیتی توزیع داده‌های حاصل از نرخ توسعه نیرو در سه حالت مختلف کشش و دو گروه عضله همسترینگ و چهارسر نشان می‌دهد.

جدول ۳. مقادیر P حاصل از بررسی نرمالیتی توزیع داده‌های متغیر نرخ توسعه نیرو

گروه عضلانی	عضلات تحت کشش	آماره	معنی‌داری
گروه همسترینگ	بدون کشش	۰/۹۶۹	۰/۸۹۹
	کشش عضلات آگونیست	۰/۸۸۹	۰/۱۱۳
	کشش عضلات آنتاگونیست	۰/۹۰۴	۰/۱۷۹
گروه چهارسر	بدون کشش	۰/۹۶۱	۰/۷۹۸
	کشش عضلات آگونیست	۰/۹۰۷	۰/۱۹۵
	کشش عضلات آنتاگونیست	۰/۹۴۲	۰/۵۲۳

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در هیچ‌یک از حالت‌های مورد بررسی، آزمون شاپیروویلک معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده نرمالیتی توزیع داده‌ها است.

جدول ۴ نتایج آزمون تعقیبی LSD را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در گروه همسترینگ، اعمال کشش روی عضلات آگونیست و آنتاگونیست، منجر به ایجاد تفاوت آماری معنی‌دار نسبت به حالت بدون اعمال کشش شده است.

جدول ٤. مقادیر P حاصل از مقایسه دو به دوی سه حالت کشش بر نرخ توسعه نیرو عضلات همسترینگ و چهارسر

گروه عضلانی	حالت کشش	حالت کشش	معنی‌داری
گروه همسترینگ	۱	۲	٭۰/۰۱۶
	۱	۳	٭۰/۰۱۷
	۲	۳	۰/۲۲۹
گروه چهارسر	۱	۲	۰/۳۵۶
	۱	۳	۰/۴۷۶
	۲	۳	۰/۹۹۴

۱: بدون کشش، ۲: کشش عضلات آگونیست، ۳: کشش عضلات آنتاگونیست، ٭ معنی‌داری در سطح ۰/۰۵

اگرچه تفاوت آماری معنی‌داری در نرخ توسعه‌ی نیروی گروه عضلات همسترینگ پس از اعمال کشش بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست مشاهده نمی‌شود. با توجه به نتایج این بخش می‌توان بیان کرد که یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات همسترینگ در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو اثر معنی‌داری دارد. ولی در رابطه با گروه عضلانی چهارسر ران روند کاملاً متفاوت بود و هیچ تفاوت آماری معنی‌داری بین هیچ‌یک از سه حالت اعمال کشش (بدون کشش، کشش گروه آگونیست و آنتاگونیست) مشاهده نشد. بر این اساس یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات چهارسر ران در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو اثر معنی‌داری ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل می توان بیان نمود که در گروه همسترینگ، اعمال کشش روی عضلات آگونیست و آنتاگونیست، منجر به ایجاد تفاوت آماری معنی‌دار نسبت به حالت بدون اعمال کشش شده است (۰/۰۱۶ و ۰/۰۱۷ = P). اگرچه تفاوت آماری معنی‌داری در نرخ توسعه نیروی گروه عضلات همسترینگ پس از اعمال کشش به عضلات آگونیست و آنتاگونیست مشاهده نمی‌شود (۰/۰۵ < P). با توجه به نتایج این بخش می‌توان بیان کرد که یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات

همسترینگ در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو اثر معنی‌داری دارد. در رابطه با گروه عضلانی چهارسر ران روند کاملاً متفاوت بود و هیچ تفاوت آماری معنی‌داری بین هیچ‌یک از سه حالت اعمال کشش (بدون کشش، کشش گروه آگونیست و آنتاگونیست) مشاهده نشد (P > ۰/۰۵). بر این اساس یک وهله کشش حاد PNF بر نرخ توسعه نیروی عضلات چهارسر ران در ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو اثر معنی‌داری ندارد. تحقیق حاضر با مطالعه مو (۲۰۱۴) همراستا و با مطالعه ناکامورا و همکاران (۲۰۲۰) و آرایا و همکاران (۲۰۲۰) غیر همراستا می‌باشد.

هدف از مطالعه مو (۲۰۱۴) بررسی اثر حاد کشش تسهیل عصبی عضلانی حس عمقی (PNF-S) بر نرخ توسعه نیرو (RFD) و قدرت در هر دو انقباضات ایزومتریک و دینامیک همسترینگ (فلکشن زانو) بود. ۱۰ کیک بوکسور مرد داوطلب در این آزمایش شرکت کردند. آزمودنی ها دو روز تحت آزمایش قرار گرفتند و به طور تصادفی از آزمودنی ها با یا بدون کشش در روز اول یا دوم آزمایش مورد آزمایش قرار گرفتند. روز بدون PNF-S به عنوان شرایط کنترل برای روز با PNF-S استفاده شد. هر شرایط آزمایشی ۱۰ دقیقه گرم کردن روی تردمیل در حدود ۶۰ درصد از افراد HFmax انجام شد. بلافاصله پس از گرم کردن روز بدون کشش، متغیرهای وابسته در هر دو انقباضات ایزومتریک و دینامیک همسترینگ مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از گرم کردن روز دیگر با PNF-S، آزمودنی ها تحت یک توالی PNF-S کنترل شده از همسترینگ قرار گرفتند که بلافاصله با آزمایش متغیرهای وابسته دنبال شد. نتیجه کاهش قابل توجهی در MVC و بهبود قابل توجهی در RFD در انقباض ایزومتریک را نشان داد، اما هیچ تغییر قابل توجهی در شرایط کشش دایناميک گزارش نکردند [۱۶]. این یافته با نتایج تحقیق حاضر همسو است و تمرینات کششی PNF نرخ توسعه نیروی همسترینگ را افزایش دهد، به این معنی که کشش PNF روشی است که می‌تواند در ورزش‌هایی که به قدرت و انعطاف پذیری بالا نیاز دارند (مانند کیک بوکسینگ و سایر هنرهای رزمی) موثر باشد. با این حال، احتمالاً فعالیت‌هایی که شامل تولید نیروی سنگین می‌شوند مانند وزنه‌برداری، ممکن است کشش PNF اثر مضری بر نرخ توسعه نیرو داشته باشد. همچنین مطالعه آرایا و همکاران (۲۰۲۲) با هدف بررسی تأثیر تمرینات کششی ایستا و پویا بر نرخ توسعه نیرو (RFD) در مرحله انقباض اکسنتریک فاز ترمز و ارتفاع پرش در یک پرش متقابل (CMJ) در والیبالیست‌های زن انجام شد. ۳۰ والیبالیست زن به طور تصادفی در گروه کشش ایستا (۱۰ نفر؛ SG)، گروه کشش دایناميک (۱۰ نفر؛ DG) و گروه کنترل (۱۰ نفر؛ CG) تقسیم شدند. یک صفحه نیرو و یک سیستم تجزیه و تحلیل سه بعدی برای تشخیص فاز ترمز خارج از مرکز در طول CMJ استفاده شد. RFD بصورت اینتروال (RFDi) و متوالی (RFDa) بررسی و با توده بدن نرمال شد. گروه کشش ایستا کاهش کمی را در RFDa (میانگین تفاوت ۱۷/۴- N/s/kg) و همچنین کاهش کمی را در RFDi (میانگین تفاوت ۱۹/۱- N/s/kg) نشان داد. برعکس، گروه کشش دایناميک افزایش کمی در RFDa (تفاوت میانگین ۳۱/۲ N/s/kg) و همچنین افزایش کمی در RFDi (تفاوت میانگین ۳۴.۸ N/s/kg) نشان داد. تأثیر کشش ایستا و پویا بر ارتفاع پرش معنی‌دار نبود. در نتیجه والیبالیست‌های زن باید قبل از مسابقه از تمرین‌های کششی دایناميک به جای کشش ایستا استفاده کنند. با توجه به اینکه در تحقیق آرایا و همکاران (۲۰۲۰) از کشش PNF استفاده نشده است، از دلایل این عدم همسویی با تحقیق حاضر می‌توان به همین مورد اشاره داشت [۱۷]. ناکامورا و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان داشتند با توجه به اینکه مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مداخلات کششی ایستا (SS) طولانی‌تر می‌تواند باعث کاهش قدرت عضلانی، به ویژه قدرت انفجاری عضلانی شود و علاوه بر این، ثبات نیرو جنبه مهمی از کنترل نیروی عضلانی است که باید در نظر گرفته شود، با این حال، دوره زمانی تغییرات در این متغیرها پس از مداخله SS نامشخص است. درنتیجه مطالعه‌ای با هدف بررسی دوره زمانی تغییرات دامنه حرکتی خم شدن زانو (ROM)، حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی (MVIC)، نرخ توسعه نیرو (RFD) و ثبات نیرو (در ۵ و ۲۰ درصد (MVIC) انجام دادند. شرکت کنندگان در مطالعه، داوطلبان بالغ سالم و کم تحرک بودند (۲۰ نفر) که سه مداخله ۶۰ ثانیه‌ای SS اکستانسورهای زانو را انجام دادند، و در آن این متغیرها قبل و بعد از مداخله SS در سه

دوره مختلف، یعنی بلافاصله بعد، ۱۰ دقیقه و ۲۰ اندازه گیری شدند. نتایج افزایش ROM را در تمام نقاط زمانی نشان داد. بلافاصله پس از مداخله SS کاهش یافت، اما MVIC روند بهبودی را برای هر دو ۱۰ دقیقه و ۲۰ دقیقه پس از مداخله SS نشان داد. با این حال، کاهش قابل توجهی در RFD در ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر تا ۲۰ دقیقه پس از مداخله SS وجود داشت. دلیل این عدم همسویی تحقیق ناکامورا و همکاران (۲۰۲۰) با تحقیق حاضر می‌تواند به دلیل محاسبه نرخ توسعه نیرو بعد از انجام دوی ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر باشد [۱۸]؛ در تحقیق حاضر بلافاصله بعد از انجام کشش و در حالی‌که در تحقیق ناکامورا و همکاران (۲۰۲۰) پس از بیست دقیقه، میزان نرخ توسعه نیرو محاسبه شده است.

به طورکلی نتیجه‌ای که از پژوهش حاضر دریافت می‌شود این است که یک وهله کشش حاد PNF می‌تواند برای عضلات همسترینگ جهت بهبود وضعیت نرخ توسعه نیرو مفید باشد و در نتیجه می‌توان بیان داشت که برای ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو از کشش حاد PNF برای کسب توسعه نیروی عضلات همسترینگ استفاده شود. با این حال اگرچه اکثر مطالعات کاهش شدید تولید نیرو را به دنبال کشش نشان داده‌اند، تحقیقات بیشتری به ویژه با تمرکز بر روش‌های کششی مختلف PNF مورد نیاز است. از محدودیت‌های این تحقیقی می‌توان به این مورد اشاره داشت که این پژوهش به صورت مقطعی انجام شده است. به این دلیل، نتیجه‌گیری درباره علیت را دشوار می‌سازد. و همچنین نتایج پژوهش حاضر قابل تعمیم به ورزشکاران دارای ولگوس دینامیک زانو است که در صورت نیاز و به تعمیم به سایر ورزشکاران با احتیاط و دانش کافی این کار صورت بگیرد.

References

1. de Marche Baldon R, Lobato DF, Yoshimatsu AP, dos Santos AF, Francisco AL, Santiago PR, Serrão FV. Effect of plyometric training on lower limb biomechanics in females. Clinical Journal of Sport Medicine. 2014 Jan 1;24(1):44-50. doi: 10.1097/01.jsm.0000432852.00391.de

2. Willson, J.D. and I.S. Davis, Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. Clinical biomechanics, 2008. 23(2): p. 203-211. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.08.025

3. Zeller BL, McCrory JL, Ben Kibler W, Uhl TL. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. The American journal of sports medicine. 2003 Mar;31(3):449-56. doi: 10.1177/03635465030310032101

4. Arabjafari, Z., H. Fatahi, and P. Shamsehkohan, The effect of 8 weeks combined exercises (core stability and theraband) on distance of knee medail condyles, Q angle and endurance of core muscles in adolescent students with genu varum. J Res Sport Rehabi, 2020. 8(15): p. 101-13.

5. Shamsehkohan, P., Sadeghi, H., Navvab Motlagh, F., Ebrahim, H. The Relationship between Range of Motion, Angular Velocity, Shearing Force and Reaction Force of Lower Extremity

of Jump Serve in Male Volleyball Players. Journal for Research in Sport Rehabilitation, 2014. 2(3), pp. 21-29.

6. Jamaludin, N.I., et al., The relationship between hip strength and knee valgus during dynamic tasks among male and female adults with and without symptomatic knee pain: a systematic review. Sport Sciences for Health, 2023. 19(1): p. 17-26.

7. Shamsehkohan, P., A. Sarshin, and R. Mimar, The Effects of Static and Ballistic Stretching on ACL Shear Forces. Middle-East Journal of Scientific Research, 2012. 12(5): p. 598-602. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.05.015

8. Molacek ZD, Conley DS, Evetovich TK, Hinnerichs KR. Effects of low-and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010 Mar 1;24(3):711-6. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c7c242

9. Hashemi Taklimi, M. S., Faezi, G., Shamsehkohan, P. The Effects of Acute Static and Ballistic Stretching Techniques on the Proximal Tibia Anterior Shear Forces during Forward Stop-Jump Performance. Journal for Research in Sport Rehabilitation. 2015. 2(4), pp. 31-40.

10. Feland, B., A.C. Hopkins, and D.G. Behm, Acute hemodynamic responses to three types of hamstrings stretching in senior athletes. Journal of Sports Science & Medicine, 2021. 20(4): p. 690. doi: 10.52082/jssm.2021.690.

11. Peck E, Chomko G, Gaz DV, Farrell AM. The effects of stretching on performance. Current sports medicine reports. 2014 May 1;13(3):179-85.

12. Gidu DV, Ene-Voiculescu C, Straton A, Oltean A, Cazan F, Duta D. The pnf (proprioceptive neuromuscular facilitation) stretching technique–a brief review. Science, movement and Health. 2013;13(2):623-8. doi: 10.1249/JSR.0000000000000052

13. Gesel FJ, Morenz EK, Cleary CJ, LaRoche DP. Acute effects of static and ballistic stretching on muscle-tendon unit stiffness, work absorption, strength, power, and vertical jump performance. Journal of Strength and Conditioning Research. 2022 Aug 1;36(8):2147-55. doi: 10.1519/JSC.0000000000003894

14. Jamaludin NI, Sahabuddin FN, Rasudin NS, Shaharudin S. The Concurrent Validity and Reliability of Single Leg Squat Among Physically Active Females with and without Dynamic Knee Valgus. International Journal of Sports Physical Therapy. 2022;17(4):574. doi: 10.26603/001c.35706

15. Morris, C.G., J.A. Weber, and K.J. Netto, Relationship between mechanical effectiveness in sprint running and force-velocity characteristics of a countermovement jump in Australian rules football athletes. Journal of strength and conditioning research, 2022. 36(3): p. e59-e65. doi: 10.1519/JSC.0000000000003583

16. Moe, V., The Effect of Stretching on Muscle Force Production in Hamstring Muscles. 2014. doi: 10.1519/R-18785.1

17. A raya-Ibacache M, Aedo-Muñoz E, Carreño-Ortiz P, Moya-Jofré C, Prat-Luri A, Cerda-Kohler H. Dynamic stretching increases the eccentric rate of force development, but not jump height in female volleyball players. Journal of Human Kinetics. 2022 Oct 1;84(1):158-65. doi: 10.2478/hukin-2022-0071

18. Nakamura M, Suzuki Y, Yoshida R, Kasahara K, Murakami Y, Hirono T, Nishishita S, Takeuchi K, Konrad A. The Time-Course Changes in Knee Flexion Range of Motion, Muscle Strength, and Rate of Force Development After Static Stretching. Frontiers in Physiology. 2022 Jun 2;13:917661. doi: 10.3389/fphys.2022.917661