

Research Paper



## Investigating the Effects of Two Functional and Extra-Functional Stretching Methods of the Leg Muscles on a Selection of Kinematic and Kinetic Indicators in Women with Ankle Instability

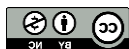
Samaneh Karajiban Maher<sup>1</sup> , \* Abdolrasoul Daneshjoo<sup>1</sup> , Behzad Divkan<sup>1</sup>

1. Department of Sport Science, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.



**Citation:** Karajiban Maher S, Daneshjoo A, Divkan B. Investigating the Effects of Two Functional and Extra-Functional Stretching Methods of the Leg Muscles on a Selection of Kinematic and Kinetic Indicators in Women with Ankle Instability (Persian). Journal of Sport Biomechanics. 2022; 8 (4) :316-328. <https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.8.4.228.6>

<https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.8.4.228.6>



**Article Info:**

**Received:** 31 Dec 2022

**Accepted:** 8 March 2023

**Available Online:** 16 March 2023

**Keywords:**

Functional stretching, Extra functional stretching, Dorsiflexion, Plantarflexion

### ABSTRACT

**Objective** The purpose of the present study was to investigate the effects of two functional and functional stretching methods of the leg muscles on a selection of kinematic and kinetic indicators in women with ankle instability.

**Methods** 24 people were selected and randomly divided into the functional exercise (8 persons), extra-functional exercise (8 persons) and control (8 persons) on the basis of inclusion and exclusion criteria. The experimental group underwent stretching exercises for eight weeks, 3 sessions each week, and the control group was merely performing its daily activities. Then, in order to measure the pre -test and post -test variables, the dorsiflexion, Plantar flexion and ground reaction force were investigated and measured. Data was analyzed using paired-samples T test and independent-samples T -tests at a significant level of 0.05 All statistical reviews were conducted using SPSS software version 25.

**Results** The results of the T -test showed the significant effect of eight weeks of functional and Extra functional exercises on dorsiflexion, Plantar Flexion and ground reaction force. ( $P \leq 0/001$ ).

**Conclusion** The results of this study showed that the implementation of the functional and Extra-functional exercise protocol has an impact on the amount of Ankle dorsiflexion and the Plantar flexion of the Girls with an ankle instability. It was also found that muscle flexibility following the stretch ability of the gastrocnemius muscles by affecting the amount of wrist flexion facilitates the walking of the wrist installation, so these people are recommended to use the functional and Extra-functional exercise protocol.

\* Corresponding Author:

Abdolrasoul Daneshjoo

Address: Department of Sport Science, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (21) 33594335

E-mail: phdanesh@yahoo.com

## Extended Abstract

### 1. Introduction

Stretching and strengthening exercises are an important part of treating ankle diseases and problems. In many lesions of the lower limb, the ankle has limited movement and needs rehabilitation. After the ankle is injured, the exercises in person to perform daily activities. These exercises restore the lost energy of the ankle.

Various training methods have been used to improve ankle instability and change the kinematics and kinematics of the lower limb. In this regard, in the study of Kordi et al. the results showed that both hopping and balance strengthening exercises improved the angles of dorsiflexion, inversion and knee flexion in the initial foot contact during running in athletes. However, hopping exercises work better in improving the knee flexion angle in athletes with functional ankle instability (1). In Freeman et al's study, the results showed a significant difference before and after the training program, between the average scores of the parameters of the selected lower limb motor variables, in the experimental group (2).

Past studies have shown that people with functional instability of the ankle experience kinematic and kinetic changes of the lower limb. Therefore, it is very important to determine the effectiveness of different types of treatments for this condition. However, little research has been done in the field of finding the appropriate treatment method for people suffering from this condition. Also, researchers have not yet reached a general agreement about specific treatment methods that are approved by the majority, which is due to the specific complications of this disease and different treatment methods. According to our knowledge, so far there has been no study comparing the effect of leg muscle stretching exercises on kinematic and kinetic indicators of people with ankle instability, so the present study aims to answer the question of whether two types of leg muscle stretching methods have positive impacts on a selection of kinematic and kinetic indicators of the wrist in girls with ankle instability pain.

### 2. Methods

The current study was conducted on human society, it is an applied and semi-experimental research that has the code of ethics with the number IR.IAU.ET.REC.1400.020 from the Islamic Azad University, Tehran East Branch, and with two experimental groups and one control group with the Pre-test-post-test design. The statistical population of this research includes women with ankle instability problem, 20-30 years old, who have referred to Firouz Gar and Meiri Hospital. 24 people were selected as a statistical sample and were randomly assigned to the group of functional stretching exercises (8 people), hyper functional stretching (8 people) and control (8 people). Kinematic and kinetic indicators were measured in all the pre-tests, then the subjects in the experimental group of functional stretching exercises (8 people) performed hyper-functional stretching for 6 weeks, four sessions per week and 45 seconds per session for each movement pattern for both legs. It was done under the supervision of the researcher and the desired tests were performed again in the post-test phase. After the pre-test evaluations, intervention groups underwent super functional exercises for six weeks, four sessions per week and 45 seconds per each movement pattern for both legs and a total of 15 minutes per training session. And then the desired indicators were measured again for both groups. At first, the dorsiflexion and plantar flexion and the ground reaction force were measured from the subjects in the physical education research institute using motion analysis cameras and force plates. Then the subjects underwent stretching exercises for six weeks, and after six weeks, the amount of dorsiflexion and plantarflexion and ground reaction force were calculated again.

### 3. Results

The results of the paired or dependent samples t-test regarding the difference between the mean dorsiflexion angle, plantarflexion and ground reaction force showed that there is no significant difference in the variables investigated in the pre-test and post-test of the control group. On the other hand, the results of the paired or dependent samples t-test regarding the difference between the pre-test and post-test averages of the experimental group showed that there is a significant difference between the mean

dorsiflexion angle, plantarflexion and ground reaction force of the pre-test and post-test of the experimental group.

#### **4. Conclusion**

The results of the research showed that six weeks of functional stretching exercises have a significant effect on the degree of ankle dorsiflexion in girls with ankle instability pain. The results indicated a significant increase in the average angle of dorsiflexion (4 degrees). These findings are in line with the studies of Cornwall et al. (1999) and McLean et al. (2012) (3, 4). The findings of the present study on the increase of ankle dorsiflexion range of motion in the group of functional stretching exercises confirm that the range of motion of dorsiflexion increase the effect of stretching exercises. It also showed the superiority of functional stretching exercises in comparison to extra functional stretching exercises. This finding of the current research regarding the increase in dorsiflexion of the ankle is in line with the findings of Johnson et al. (2009). By performing functional stretching exercises, in fact, with the increase in dorsiflexion resulting from the functional stretching exercise program, there is no need to maintain the posture (5). The lack of locking and misalignment of the midtarsal joint is not excessive, which creates a normal mechanical condition in the joint and improves the resulting elastic energy for patients with ankle instability. This fact is in line with the results of the present research and is also in line with the results of researchers such as Lederman (2013) (6).

#### **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' contributions**

All authors equally contributed to preparing article.

##### **Conflicts of interest**

The authors declared no conflict of interest.

## مقاله پژوهشی

## تأثیر دو شیوه کشش عملکردی و فرا عملکردی عضلات ساق بر منتخبی از شاخص‌های کینماتیکی و کینتیکی مچ در زنان با درد بی‌ثباتی مچ پا

سمانه کرچی‌بان ماهر<sup>۱</sup> (D)، \*عبدالرسول دانشجو<sup>۱</sup> (D)، بهزاد دیوکان<sup>۱</sup> (D)

۱. گروه علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

## اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۰ دی ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۷ اسفند ۱۴۰۱

تاریخ انتشار: ۲۵ اسفند ۱۴۰۱

## چکیده

**هدف:** هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر دو شیوه کشش عملکردی و فرا عملکردی عضلات ساق بر منتخبی از شاخص‌های کینماتیکی و کینتیکی مچ در زنان با درد بی‌ثباتی مچ پا بود.

**روش‌ها:** ۲۴ نفر به‌عنوان نمونه آماری بر اساس معیارهای ورود و خروج به‌صورت هدفمند و تصادفی به گروه تمرینات کششی عملکردی (۸ نفر)، کشش فرا عملکردی (۸ نفر) و کنترل (۸ نفر) تقسیم شدند. گروه تجربی به مدت هشت هفته و هر هفته ۳ جلسه تحت تمرینات کششی قرار گرفتند و گروه کنترل صرفاً فعالیت‌های روزمره خود را انجام می‌داد. سپس متغیرهای دورسی‌فلکشن، پلانترفلکشن و نیروی عکس‌العمل زمین در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفتند. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های زوجی و مستقل در سطح معنی‌داری  $P \leq 0.05$  مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. کلیه بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از آزمون تی زوجی نشان‌دهنده تأثیر معنادار هشت هفته تمرینات کششی عملکردی و فرا عملکردی بر میزان دورسی‌فلکشن مچ پای دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا ( $P \leq 0.01$ ) همچنین بر میزان پلانترفلکشن مچ پای دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا ( $P \leq 0.000$ ) و میزان نیروی عکس‌العمل زمین بر مچ پای دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا ( $P \leq 0.000$ ) بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان داد که اجرای پروتکل تمرینی عملکردی و فرا عملکردی کششی بر میزان دورسی‌فلکشن و پلانترفلکشن مچ پای دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا تأثیر گزار است. همچنین مشخص گردید که انعطاف‌پذیری عضلات در پی کشش‌پذیری مجموعه عضلات گاستروسولیوس با تأثیر بر میزان دورسی‌فلکشن مچ باعث تسهیل گام برداری در مبتلایان به درد بی‌ثباتی مچ می‌گردد؛ بنابراین به این دسته از افراد استفاده از پروتکل تمرینی کششی عملکردی و فرا عملکردی توصیه می‌گردد.

## کلید واژه‌ها:

کشش عملکردی و فرا  
عملکردی، دورسی‌فلکشن،  
پلانترفلکشن

\*نویسنده مسئول:

عبدالرسول دانشجو

آدرس: گروه علوم ورزشی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تلفن: ۳۳۵۹۴۳۳۵ (۲۱) ۰۹۸+

ایمیل: phdanes@yaho.com

## مقدمه

تحقیقات به عمل آمده حاکی از آن است که عواملی مانند محدودیت‌های حرکتی مچ پا، ضعف عضلانی و آسیب وارد بر گیرنده‌های حس عمقی واقع در لیگامان‌های جانبی مچ پای افراد با سابقه اسپرین مچ پا را مستعد آسیب مجدد می‌کند (۱). علاوه بر موارد ذکر شده، نقص و اختلالات واضح در میزان حرکت مفصل و ایجاد محدودیت در دامنه حرکتی افراد دارای سابقه اسپرین مچ پا است؛ که آن‌ها را در معرض وقوع مجدد اسپرین مچ پا قرار می‌دهد. در نتیجه تمرینات با هدف بهبود دامنه حرکتی می‌تواند در توان بخشی ورزشکاران دارای پیچ‌خوردگی مزمن مچ پا و پیش‌گیری از وقوع مجدد اسپرین و بروز ناپایداری‌ها مفید باشد (۲). تمرینات و حرکات کششی و تقویتی جزء مهمی از درمان بیماری‌ها و مشکلات مچ پا است. در بسیاری از ضایعات اندام تحتانی، مچ پا دچار محدودیت حرکتی شده و نیاز به بازپروری دارد. پس از آسیب دیدن مچ پا، تمرینات در مانی فرد را قادر به انجام فعالیت‌های روزانه می‌کند. این تمرینات انرژی از دست‌رفته مچ پا را بازمی‌گرداند. طبق تخمین‌های صورت گرفته بیش از ۷۳ درصد از افراد مبتلا به کشیدگی رباط مچ پا، دچار بی‌ثباتی مزمن می‌شوند (۳). این بی‌ثباتی مچ پا می‌تواند بی‌ثباتی عملکردی باشد که بی‌ثباتی عملکردی مچ پا با علائمی همچون خالی کردن مچ پا، ضعف، درد و نقص در عملکرد توصیف می‌شود بدون اینکه مفصل از لحاظ آناتومی دچار مشکل گردد. همچنین بی‌ثباتی عملکردی مچ پا با تغییرات کنترل دینامیک پاسچر، تغییرات کینماتیک و کینتیک ارزیابی شده در حین انجام تمرینات ورزشی و تغییرات کینماتیکی راه رفتن در افراد با سابقه پیچ‌خوردگی مچ پا می‌تواند کمک کند که این افراد پیچ‌خوردگی مکرر داشته باشند و به بی‌ثباتی مزمن مچ پا مبتلا شوند (۴). روش‌های تمرینی مختلفی برای بهبود بی‌ثباتی مچ پا و تغییر کینماتیک و کینتیک اندام تحتانی استفاده شده است در همین راستا، در مطالعه کردی اشکذری و همکاران (۱۳۹۹) به مدت ۶ هفته تمرینات تقویتی تعادلی و هاپینگ بر کینماتیک اندام تحتانی ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، نتایج نشان داد که هر دو تمرین هاپینگ و تقویتی تعادلی باعث بهبود زاویه‌های دورسی‌فلکشن، اینورژن و فلکشن زانو در تماس اولیه پا در دویدن در ورزشکاران گردیده است. اما تمرینات هاپینگ در بهبود زاویه فلکشن زانو در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بهتر عمل می‌کنند (۴). امیر خراسانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که افزایش انعطاف‌پذیری عضلات ساق ورزشکاران دورسی‌فلکشن مفصل میدتارسال را کاهش می‌دهد. از منظر تحلیل بیومکانیکی این فرایند به دلیل الگوی جبرانی ناشی از پرونیشن بیش از حد مفصل ساب تالار و میدتارسال در مرحله استقرار مچ پا بر روی زمین حین گام برداری می‌باشد (۵). هامچر و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی تأثیر بی‌ثباتی مزمن مچ پا بر تغییر در کینماتیک مچ پا در حین دویدن پرداختند. کینماتیک اندام تحتانی ۱۲ ورزشکار تفریحی با بی‌ثباتی مزمن مچ پا و ۱۲ شاهد سالم حین دویدن روی تردمیل بررسی شد. نتایج نشان داد تفاوتی در زاویه اینورژن / اورژن و دورسی/پلاننارفلکشن مچ پا در حین دویدن افراد سالم و بی‌ثباتی مزمن مچ پا ندارند ولی تنوع حرکتی اینورژن / اورژن در افراد بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیشتر می‌باشد (۱). با توجه به تأثیرات مثبت تمرین درمانی و بازتوانی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا و تأثیر مثبت اجرای تمرینات در مطالعات گذشته می‌توان اذعان داشت برنامه توان‌بخشی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بسیار حائز اهمیت است. برنامه‌های توان‌بخشی برای پیچ‌خوردگی و بی‌ثباتی مچ پا شامل: تمرینات قدرتی، تمرینات تعادلی، تمرینات عصبی-عضلانی، نواربندی کینزیولوژیک، تمرینات ثبات مرکزی، ماساژ و تمرینات تقویت حس عمقی می‌باشد (۶). توجه به برخورداری از دامنه طبیعی حرکات مفصل مچ پا و انعطاف‌پذیری مناسب یافته‌ای نرم اطراف مفصل، به خصوص انعطاف‌پذیری ساختارهای خلفی ساق پا برای انجام فعالیت‌های مختلف، در افراد ورزشکار حیاتی می‌باشد. در همین زمینه، تمرینات کششی در اولویت بوده و به صورت رایجی توسط درمانگران تجویز می‌گردند (۷، ۸).

همان‌طور که ذکر شد، مطالعات گذشته نشان داده‌اند که افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دچار تغییرات کینماتیک و کینتیکی اندام تحتانی می‌گردند؛ بنابراین تعیین کارایی انواع مختلف درمان‌ها برای این عارضه از اهمیت بالایی برخوردار است. با این حال، تحقیقات کمی در زمینه یافتن شیوه‌ی درمان مناسب برای افراد مبتلا به این عارضه انجام شده است. همچنین هنوز محققان در مورد روش‌های خاص درمانی که مورد تأیید اکثریت باشد به توافق عمومی دست پیدا نکرده‌اند که این موضوع به خاطر پیچیدگی‌های خاص این بیماری و روش‌های مختلف درمانی می‌باشد. با توجه به دانش ما، تاکنون مطالعه‌ای به مقایسه اثر تمرینات کشش عضلات ساق بر شاخص‌های کینماتیک و کینتیکی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا نپرداخته است، لذا پژوهش حاضر قصد دارد به این سؤال پاسخ دهد که آیا دو نوع شیوه کشش عضلات ساق بر منتخبی از شاخص‌های کینماتیک و کینتیکی مچ در دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا تأثیر دارد؟

## روش شناسی

پس از ارزیابی‌های پیش‌آزمون، گروه‌های مداخله‌ای به مدت شش هفته، به ازای هر هفته چهار جلسه و هر جلسه ۴۵ ثانیه به ازای هر الگوی حرکتی برای هر دو پا و در مجموع ۱۵ دقیقه به ازای هر جلسه تمرینی تحت تمرینات کششی عملکردی و فرا عملکردی قرار گرفتند و در ادامه شاخص‌های موردنظر مجدداً برای هر دو گروه اندازه‌گیری گردید. در ابتدا از آزمودنی‌ها در پژوهشگاه تربیت‌بدنی و با استفاده از دوربین‌های آنالیز حرکت و فورس‌پلیت میزان دورسی‌فلکشن و پلانترفلکشن و همچنین میزان نیروی عکس‌العمل زمین اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها به مدت شش هفته تحت تمرینات کششی قرار گرفتند و پس از شش هفته مجدداً میزان دورسی‌فلکشن و پلانترفلکشن و نیروی عکس‌العمل زمین محاسبه گردید.

مطالعه حاضر بر جامعه انسانی صورت گرفته، تحقیق کاربردی و از نوع نیمه تجربی است که دارای کد اخلاق با شماره IR.IAU.ET.REC.1400.020 از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق می‌باشد و با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل بانوان در رده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال با عارضه بی‌ثباتی مچ پا بود که جهت درمان به بیمارستان فیروز گر و معیری در شهر تهران مراجعه کرده بودند. از بین این افراد ۲۴ نفر به کمک نرم‌افزار جی پاور به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند که به‌طور تصادفی به گروه تمرینات کششی عملکردی (۸ نفر)، کشش فرا عملکردی (۸ نفر) و کنترل (۸ نفر) تقسیم شدند.

در زمان حضور آزمودنی‌ها در آزمایشگاه، ابتدا کلیه مراحل آزمون برای آن‌ها توضیح داده شد و آزمودنی‌ها با امضاء فرم رضایت‌نامه کتبی رضایت خود را برای شرکت در پژوهش اعلام داشتند. سپس آزمودنی‌ها فرم اطلاعات فردی را تکمیل کردند. در ادامه پای تکیه‌گاه آزمودنی‌ها بر اساس خوداظهاری آن‌ها مشخص شد. سپس اطلاعات آنتروپومتریک آن‌ها شامل قد، وزن، سن، شاخص توده بدنی و میزان فعالیت آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد. در ادامه آزمودنی‌ها با نحوه اجرای حرکات آشنا شده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه به گرم کردن عمومی بدن پرداختند.

پس از تکمیل رضایت فردی و بررسی عدم آسیب و یا حتی سابقه آسیب در اندام تحتانی و عدم اختلاف طول اندام تحتانی، اندازه‌های آنتروپومتري شامل وزن، قد، طول اندام تحتانی و طول اندام فوقانی جمع‌آوری گردید.

در این پژوهش ابتدا شاخص‌های کینماتیکی و کنتاکی شامل دورسی فلکشن، پلانترفلکشن و نیروی عکس‌العمل سطح در مرحله پیش‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس آزمودنی‌های گروه تجربی تمرینات کششی عملکردی و کشش فرا عملکردی را به مدت ۶ هفته، به ازای هر هفته چهار جلسه و هر جلسه ۴۵ ثانیه برای هر الگوی حرکتی برای هر دو پا زیر نظر محقق انجام داده و مجدداً آزمون‌های مورد نظر در مرحله پس‌آزمون انجام شد.

جهت تعیین پارامترهای کینماتیکی، شامل زوایای مفصل زانو و تنه، ابتدا تعداد ۱۴ عدد مارکر غیرفعال (انعکاسی) بر اساس چیدمان مدل پلاگ-این-گیت بر روی نقاط آناتومیکی اندام تحتانی و فوقانی عضو برتر نصب گردید. این نقاط عبارت‌اند از: زائده آخروی، زائده خاری مهره هفتم گردنی، ساکروم<sup>۲</sup>، خار خاصره‌ای قدامی فوقانی<sup>۳</sup>، برجستگی فوقانی استخوان‌های ران<sup>۴</sup>، وسط ران هم‌راستا با سطح سهمی اندام، کندیل‌های داخلی و خارجی ران، برجستگی قدامی درشت‌نی، قوزک داخلی<sup>۵</sup>، قوزک خارجی<sup>۶</sup>، برجستگی پاشنه<sup>۷</sup> و مفصل استخوان دوم کف‌پایی با بند اول انگشت دوم<sup>۸</sup> سپس آزمودنی در فضای بین دوربین‌ها در وضعیت ایستا به مدت ۵ ثانیه قرار گرفته و مختصات مارکرها ضبط گردید (۷). برای اندازه‌گیری متغیرهای کینماتیکی از دوربین‌های کینماتریکس با فرکانس ۱۲۰ هرتز استفاده شد. بدین منظور مارکرها با قطر ۹ میلی‌متری به‌منظور شناسایی مرکز مفاصل و محور هر سگمنت استفاده و نحوه نصب این مارکرها بر روی استخوان‌ها بر اساس روش پیشنهادی مدل وایکان انجام شد که عبارت‌اند از: یک مارکر در ناحیه میچ پا بر روی سر استخوان متاتارس دوم مابین قسمت جلو و میانی پا، یک مارکر بر قسمت خلفی پا بر روی پاشنه، و در نهایت آخرین مارکر میچ پا بر روی قوزک خارجی پا قرار داده شد (۹). جهت تعیین متغیرهای نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و تغییرات مرکز فشار کف پا طی راه رفتن از صفحه نیروی مدل کیستلر ساخت کشور سوئیس با ابعاد ۳۰ در ۵۰ و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۲۰ هرتز استفاده شد. نیروی عکس‌العمل زمین و موقعیت مارکرها با استفاده از مدل دینامیک وایکان پردازش و متغیرهای کینماتیکی و کینماتیکی مفصل میچ شامل زاویه (درجه) و گشتاور (نیوتن متر بر کیلوگرم) محاسبه گردید. برنامه تمرینی گروه کشش فرا عملکردی بدین شرح بود که هر دو الگوی کششی در وضعیت نشسته (زنجیره باز) و ایستاده (زنجیره بسته) توسط خود فرد صورت می‌گیرد. در اولین الگوی حرکتی، فرد در وضعیت نشسته قرار گرفته به نحوی که زانو در وضعیت اکستنشن (وضعیت اول) و در وضعیت فلکشن (وضعیت دوم) قرار می‌گیرد. جهت کشش پلانترفلکسورهای میچ پا در وضعیت اکستنشن زانو، فرد با اعمال کشش بر روی باندهای که دور کف پا حلقه می‌گردد، پا را به سوی دورسی فلکشن می‌برد و به مدت ۸۰ ثانیه وضعیت را حفظ می‌نماید. در دومین الگوی حرکتی که خود دارای دو بخش است، روبروی دیوار و با دستان قرار گرفته بر روی دیوار به نحوی وضعیت ایستاده را اتخاذ می‌نماید که پای جلویی از مفصل زانو خم بوده و زانوی پای عقبی دارای اکستنشن (وضعیت اول) و فلکشن (وضعیت دوم) بوده و کف پا کاملاً بر روی زمین قرار گرفته و نوک پا به سمت جلو به موازات پای جلویی قرار می‌گیرد. حال تنه و بازوها را به سمت دیوار خم می‌نماید تا عضلات پلانتر فلکسور پای عقبی تحت کشش قرار گیرند (جدول ۱).

1. Plug-in-Gait

2. Sucrum

3. Anterior-Superior iliac spine

4. greater trochanter

5. Medial malleolus

6. Lateral malleolus

7. Hell

8. Second metatarsal



جدول ۱. برنامه تمرینی گروه کشتش فرا عملکردی

حرکت	زمان فعالیت	جهت کشتش	وضعیت	عملکرد
اکستنشن به فلکشن زانو	۴۵ ثانیه	از وضعیت پلانترفلکسور به دورسی فلکشن مچ پا	نشسته	زانو با اکستنشن (کشتش گاستروکنمیوس)
اکستنشن به فلکشن زانو	۴۵ ثانیه	پلانترفلکسور	ایستاده	زانو وضعیت فلکشن (کشتش سولیوس)

برنامه تمرینی گروه کشتش عملکردی مطابق الگوهای حرکتی که شبیه به فعالیت‌های عادی روزانه آزمودنی‌ها بود. در حقیقت، بر اساس ماهیت برنامه‌های کشتشی عملکردی، الگوی تمرینی در قالب راهنمایی جهت کشتش مجموعه عضلانی گاستروسولیوس صورت گرفت. بدین نحو که ورزشکار راهنمایی می‌شد حین راه رفتن در طول فعالیت‌های روزانه، طول گام خود را به نحوی افزایش دهد تا ضربه پاشنه به زمین در فاز ابتدایی ایستادن به بهترین حالت ممکن و همراه با اکستنشن زانو رخ دهد. لازم به ذکر می‌باشد که افراد حاضر در گروه کنترل نیز بدون اجرای برنامه کشتشی فعالیت‌های روزمره خود را ادامه می‌دادند (۵) (شکل ۱).



شکل ۱. انجام تمرینات کشتشی عملکردی

پس از جمع‌آوری اطلاعات، به منظور نرمال‌سنجی یافته‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد. در بخش آمار استنباطی نیز برای تحلیل یافته‌ها از آزمون‌های تی زوجی و مستقل استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۵ انجام شد و سطح معنی‌داری در تمام آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

## نتایج

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی در جدول ۲ آورده شده است.



جدول ۲. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های مورد مطالعه

شاخص	گروه‌ها	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	عملکردی	۲۵/۳۸	۴/۱۲
	فرا عملکردی	۲۳/۰۹	۳/۴۷
	کنترل	۲۴/۱۱	۱/۵۲
وزن (کیلوگرم)	عملکردی	۵۴/۱۴	۴/۲۸
	فرا عملکردی	۵۹/۸۸	۵/۳۰
	کنترل	۵۵/۶۷	۳/۷۸
قد (سانتی‌متر)	عملکردی	۱۶۶/۲۰	۵/۰۵
	فرا عملکردی	۱۶۲/۱۲	۷/۱۰
	کنترل	۱۶۵/۲۸	۵/۶۵
سابقه آسیب مچ پا (سال)	عملکردی	۵/۴	۱/۲
	فرا عملکردی	۷/۸	۲/۰
	کنترل	۷/۳	۲/۶

نتایج آزمون t زوجی یا وابسته در خصوص بررسی تفاوت میانگین زاویه دورسی فلکشن، پلانٹارفلکشن و نیروی عکس‌العمل زمین، پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کنترل در جدول فوق نشان داد که در متغیرهای مورد بررسی پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کنترل تفاوت معناداری وجود ندارد.

از سوی دیگر نتایج آزمون t زوجی یا وابسته در خصوص بررسی تفاوت میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه تجربی نشان داد که بین میانگین زاویه دورسی فلکشن، پلانٹارفلکشن و نیروی عکس‌العمل زمین پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه تجربی تفاوت معناداری وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون تی زوجی متغیرهای تحقیق

متغیر	زوج‌ها	میانگین	انحراف معیار	آماره t وابسته	درجه آزادی	سطح معناداری
دورسی فلکشن	پیش‌آزمون گروه کنترل	۰/۵۴۹	۰/۴۳۸	۰/۷۲۹	۸	۰/۳۸۴
	پس‌آزمون گروه کنترل	۵/۵۸۶	۶/۱۲۸	۳/۱۷۱	۸	۰/۰۲۳
پلانٹارفلکشن	پیش‌آزمون گروه کنترل	۰/۷۲۱	۰/۳۴۲	۰/۱۲۱	۰/۳۵۸	۰/۲۱۳
	پس‌آزمون گروه کنترل	۴/۲۴۶	۱/۲۰۸	۰/۷۵۸	۲/۴۵۳	۶/۰۳۹
نیروی عکس‌العمل	پیش‌آزمون گروه کنترل	۰/۱۳۳	۰/۱۸۶	۰/۰۶۵	۰/۲۸۹	۰/۰۲۲
	پس‌آزمون گروه تجربی	۰/۶۵۱	۰/۳۱۴	۰/۱۱۱	۰/۹۱۴	۰/۳۸۸

در خصوص بررسی تفاوت میانگین متغیرهای تحقیق، پس از آزمون گروه کنترل و گروه تجربی، نتایج آزمون t مستقل نشان داد که کشش عملکردی عضلات ساق پا بر میزان دورسی فلکشن، پلانترافلکشن مچ تأثیر معناداری دارد و همچنین نیروی عکس العمل ضربه‌ای زمین وارده به مچ پا تأثیر معنی‌داری دارد (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج آزمون t مستقل جهت بررسی متغیرهای تحقیق

متغیر	مرحله	گروه	میانگین	اختلاف میانگین	درجه آزادی	آماره آزمون t	سطح معناداری
دورسی فلکشن	پس آزمون	کنترل	۳/۵۳	۱/۳۴	۱۶	۲/۳۲۹	۰/۰۰۱
		تجربی	۵/۰۶				
پلانترافلکشن فلکشن	پس آزمون	کنترل	۴/۷۶	۳/۴۳	۱۶	۲/۱۵۷	۰/۰۰۰
		تجربی	۵/۹۵				
نیروی عکس‌العمل زمین	پس آزمون	کنترل	۰/۴۷	۰/۷۲	۱۶	۲/۳۶۱	۰/۰۰۰
		تجربی	۱/۱۹				

## بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که شش هفته تمرینات کششی عملکردی بر میزان دورسی فلکشن مچ پای دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا تأثیر معناداری دارد. نتایج حاکی از افزایش معنادار میانگین زاویه دورسی فلکشن (۴ درجه) بود. این یافته‌ها با تحقیقات کورنوال و همکاران (۱۹۹۹) و مکین و همکاران (۲۰۱۲) همسو است. یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر افزایش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در گروه تمرینات کششی عملکردی تأیید این مسئله می‌باشد که دامنه حرکتی دورسی فلکشن در اثر تمرینات کششی افزایش می‌یابد. همچنین برتری تمرینات کششی عملکردی در مقایسه با تمرینات کششی فرا عملکردی را نشان داد (۸، ۱۰). دامنه دورسی فلکشن مچ پا در گروه تمرینات عملکردی با افزایش معنادار همراه بوده است. که این یافته پژوهش حاضر در خصوص افزایش میزان دورسی فلکشن مچ پا همسو با یافته‌های جانسون و همکاران (۲۰۰۹) می‌باشد (۱۱). با انجام تمرینات کششی عملکردی در واقع با افزایش دورسی فلکشن حاصل از برنامه تمرینی کششی عملکردی دیگر نیازی به حفظ وضعیت عدم قفل‌شدگی و بروز عدم هم‌راستایی بیش از اندازه مفصل میدتارسال نبوده که این امر باعث ایجاد وضعیت طبیعی مکانیکال در مفصل و بهبود انرژی الاستیکی حاصل برای بیماران با عارضه بی‌ثباتی مچ پا می‌گردد. این واقعیت در راستای نتایج تحقیق حاضر می‌باشد و همچنین از حیث نتایج با تحقیقات محققینی همچون لدر من (۲۰۱۳) همسو است (۱۲). برنامه کششی عملکردی عمده مفاصل اندام تحتانی را درگیر می‌نماید و به دلیل افزایش ضربه پاشنه در حین گام برداری می‌تواند برای بیماران با عارضه مچ پا مؤثر باشد. این امر نیز به خاطر ماهیت وجودی تمرینات کششی که در زنجیره بسته عمل می‌نماید است. کوتاهی مجموعه عضلانی گاستروسولویوس باعث عدم قفل‌شدگی مفاصل میدتارسال به هنگام فاز استقرار شده که منجر به پدید آمدن دورسی فلکشن در سطح مفاصل میدتارسال و پلانترافلکشن تالوس می‌گردد. این فرایند (دورسی فلکشن مفصل میدتارسال و پلانترافلکشن تالوس) منجر به جابجایی تیبیا بر روی مچ پا به هنگام راه رفتن خواهد شد، اما این رخداد باعث تحمیل نیروها و حرکات جبرانی بر سیستم حرکتی نظیر فشار بیش از حد روی فاشیای پلانتر و بروز دفورمیتی در استخوان‌های انگشتان پا خواهد گشت (۱۳). شاید بتوان چنین اظهار نمود که افزایش جزئی گشتاور پلانترافلکسوری در فاز انتهایی استقرار در گروه تمرینی عملکردی به دلیل بهبود کینماتیک پای ناشی از افزایش دورسی فلکشن فاز استقرار و به دنبال آن اصلاح وضعیت قفل‌شدگی مفصل میدتارسال باشد. در پژوهش حاضر تصور بر آن بود که تمرینات فرا عملکردی با تقویت عضلات مرکزی بتواند بر کنترل فیدفوروارد (تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین) و فیدبک (تعدیل‌های

پاسچرال جبرانی) ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا اثر بگذارد و موجب بهبود تعادل در آن‌ها شود. در کنترل فیدفوروارد تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین به‌گونه‌ای است که فعال‌سازی عضلات پاسچرال اندکی پیش از وقوع حرکت در اندام‌ها اتفاق می‌افتد. پیش فرض بر آن است که نقش تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین به عنوان تولیدکننده نیروی گشتاور در مفصل برای به حداقل رساندن اغتشاش در پاسچر ایستاده است که در غیر این صورت این اغتشاشات با حرکات موردنظر همراه خواهد بود. نشان داده شده است که تعدیل‌های پیش‌بین به تعدادی از عوامل شامل اندازه و جهت اغتشاش موردنظر، اندازه حرکت دلخواه و اجزای تکلیف پاسچرال وابسته است (۱). نوع حرکت انتخابی تأثیر عمده‌ای بر تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین در کنترل فیدفوروارد دارد، به گونه‌ای که سازگاری متناسب با تکلیف حرکتی اتفاق می‌افتد. در این پژوهش کشش عضلات ساق پا به‌طور مجزا و مشخص در وضعیت‌های متفاوت انجام شد، به‌گونه‌ای که احتمالاً سازگاری‌های متناسب با وضعیت‌های غیر عملکردی و بدون تحمل وزن بر روی پا (مفصل آسیب‌دیده) را در پی داشته است (۱۴). یافته‌های این پژوهش نشان داد که مقادیر نیروی ضربه‌ای حاصل از نیروهای عمودی عکس‌العمل زمین و زمان به اوج رسیدن این نیرو نسبت به درصدی از زمان فاز استقرار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه تمرینی عملکردی با کاهش معناداری همراه بوده است. همچنین این کاهش با افزایش دورسی فلکشن مچ پا در گروه تمرینی کشش عملکردی همراه می‌باشد. در مقابل، نیروی ضربه‌ای عکس‌العمل زمین در گروه تمرینی فرا عملکردی با افزایش معنی‌دار همراه بوده است. بررسی ادبیات پیشینه نشان‌دهنده این فرضیه است که وقتی عملکرد پا در مرحله انتهایی فاز استقرار به نحوی باشد که وضعیت سفتی افزایش‌یافته را اتخاذ نماید، افزایش در نیروهای عکس‌العمل زمین قابل پیش‌بینی خواهد بود (۱). این تئوری توجیه‌کننده افزایش نیروهای عکس‌العمل زمین در گروه تمرینی کشش فرا عملکردی می‌باشد. نیروی ضربه‌ای و زمان رسیدن به اوج این نیرو نسبت به درصدی از فاز استقرار با کاهش همراه بوده است. توجیه وجود تفاوت در این نیروها بین گروه تمرینات عملکردی و فرا عملکردی در این تحقیق شاید ناشی از اثرگذاری تمرینات کششی بر دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا طی مرحله تحمل وزن و فاز استقرار نهفته باشد.

## نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که اجرای پروتکل تمرینی عملکردی و فرا عملکردی کششی بر میزان دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن مچ پای دختران با درد بی‌ثباتی مچ پا تأثیرگذار است. همچنین مشخص گردید که انعطاف‌پذیری عضلات در پی کشش‌پذیری مجموعه عضلات گاستروسولویوس با تأثیر بر میزان دورسی فلکشن مچ باعث تسهیل گام برداری در مبتلایان به درد بی‌ثباتی مچ می‌گردد بنابراین به این دسته از افراد استفاده از پروتکل تمرینی کششی عملکردی و فرا عملکردی توصیه می‌گردد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمامی آزمودنی‌ها داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و فرم رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند. به آن‌ها این اطمینان داده شد که اصل رازداری در حفظ داده‌ها رعایت خواهد شد و تمامی اطلاعات به دست آمده صرفاً جنبه تحقیقاتی خواهد داشت و هر زمان که بخواهند می‌توانند از پژوهش خارج شوند. کد اخلاق این مقاله IR.IAUET.REC.1400.020 می‌باشد.

## حامی مالی

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، گروه علوم ورزشی است.

## مشارکت نویسندگان

تمامی مراحل تنظیم مقاله به عهده نویسنده اول و خانم سمانه کرجی بان ماهر بوده است و آقای دکتر بهزاد دیوکان مسئولیت انجام آنالیز آماری دیتاهای خام اولیه را به عهده داشته‌اند.

## تعارض

بنا به اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

## Reference

1. Wu S-K, Lou S-Z, Lee H-M, Chen H-Y, You J-Y. Gastrocnemius inflexibility on foot progression angle and ankle kinetics during walking. *Clinical Biomechanics*. 2014;29(5):556-63. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2014.03.004] [PMID]
2. Brown C. Foot clearance in walking and running in individuals with ankle instability. *The American journal of sports medicine*. 2011;39(8):1769-77. [DOI:10.1177/0363546511408872] [PMID]
3. McKay GD, Goldie P, Payne WR, Oakes B. Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *British journal of sports medicine*. 2001;35(2):103-8. [DOI:10.1136/bjism.35.2.103] [PMID] [PMCID]
4. Ashkezari MHK, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Bafghi HA. Comparison of the Effect of 6 Weeks of Balancing and Hopping Strengthening Training on the Kinematics of the Lower Extremities of Athletes with Functional Ankle Instability while Running: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*. 2020.
5. Amiri-Khorasani M, MohammadKazemi R, Sarafrazi S, Riyahi-Malayeri S, Sotoodeh V. Kinematics analyses related to stretch-shortening cycle during soccer instep kicking after different acute stretching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(11):3010-7. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3182443442] [PMID]
6. Hiller CE, Nightingale EJ, Lin C-WC, Coughlan GF, Caulfield B, Delahunt E. Characteristics of people with recurrent ankle sprains: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*. 2011;45(8):660-72. [DOI:10.1136/bjism.2010.077404] [PMID]
7. Macrum E, Bell DR, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of sport rehabilitation*. 2012;21(2):144-50. [DOI:10.1123/jsr.21.2.144] [PMID]
8. Cornwall MW, McPOIL TG. Effect of ankle dorsiflexion range of motion on rearfoot motion during walking. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 1999;89(6):272-7. [DOI:10.7547/87507315-89-6-272] [PMID]

9. You J-Y, Lee H-M, Luo H-J, Leu C-C, Cheng P-G, Wu S-K. Gastrocnemius tightness on joint angle and work of lower extremity during gait. *Clinical Biomechanics*. 2009;24(9):744-50. [[DOI:10.1016/j.clinbiomech.2009.07.002](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.002)] [[PMID](#)]
10. Macklin K, Healy A, Chockalingam N. The effect of calf muscle stretching exercises on ankle joint dorsiflexion and dynamic foot pressures, force and related temporal parameters. *The Foot*. 2012;22(1):10-7. [[DOI:10.1016/j.foot.2011.09.001](https://doi.org/10.1016/j.foot.2011.09.001)] [[PMID](#)]
11. Johanson MA, Cuda BJ, Koontz JE, Stell JC, Abelew TA. Effect of stretching on ankle and knee angles and gastrocnemius activity during the stance phase of gait. *Journal of sport rehabilitation*. 2009;18(4):521-34. [[DOI:10.1123/jsr.18.4.521](https://doi.org/10.1123/jsr.18.4.521)] [[PMID](#)]
12. Lederman E. *Therapeutic stretching in physical therapy: towards a functional approach*: Elsevier Health Sciences; 2013. [[DOI:10.1016/B978-0-7020-4318-5.00012-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4318-5.00012-4)]
13. Huerta JP. The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot and ankle clinics*. 2014;19(4):701-18. [[DOI:10.1016/j.fcl.2014.08.011](https://doi.org/10.1016/j.fcl.2014.08.011)] [[PMID](#)]
14. Brown CN, Padua DA, Marshall SW, Guskiewicz KM. Variability of motion in individuals with mechanical or functional ankle instability during a stop jump maneuver. *Clinical biomechanics*. 2009;24(9):762-8. [[DOI:10.1016/j.clinbiomech.2009.07.001](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.001)] [[PMID](#)]