

Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

**Title: Effects of Core Stability Training on Stable- and Unstable-surface on sensorimotor function of Ankle in Athletes with Chronic Ankle Instability**

**Authors:** S. Alizamani<sup>1</sup>, G. Ghasemi<sup>\*2</sup>, S. Lenjan Nejadian<sup>3</sup>

1 .PhD student, Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

2 .Full professor, Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran. (Corresponding Author)

3 .Assistant professor, Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

**Corresponding:** Gholamali Ghasemi . Full professor, Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

s.alizamani95@yahoo.com

**To appear in: Sport Medicine Studies**

**Receive Date: 06 July 2022**

**Revise Date: 09 November 2022**

**Accept Date: 21 November 2022**

**First Publish Date: 17 March 2023**

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Journal of Sport Medicine Studies provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

**Please cite this article as:**

Alizamani, S., i Ghasemi, G., Lenjannejadian, S. Effects of Core Stability Training on Stable- and Unstable-surface on sensorimotor function of Ankle in Athletes with Chronic Ankle Instability. *Studies in Sport Medicine*, 2023; (): -. doi: 10.22089/smj.2022.13130.1613

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

عنوان: مروری بر تاثیر انواع پروتکل تمرینی و استفاده از ابزارهای حمایتی بر مکانیک حرکات انتقالی در سالمندان دارای عارضه استئوآرتریت زانو

نویسندگان: سمیه علی زمانی ۱، غلامعلی قاسمی ۲\*، شهرام لنجان نژادیان ۳

۱. دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول).
۳. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

\*نویسنده مسئول: غلامعلی قاسمی، استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

ایمیل: s.alizamani95@yahoo.com

نشریه: مطالعات طب ورزشی

تاریخ دریافت: ۱۵ تیر ۱۴۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۸ آبان ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۳۰ آبان ۱۴۰۱

تاریخ اولین انتشار: ۲۶ اسفند ۱۴۰۱

این نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرآیند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرآیند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه مطالعات طب ورزشی گزینه «پذیرفته شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آنها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرآیند آماده‌سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تاثیر بگذارد و این امر از حیطة مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این گونه استناد شود:

Alizamani, S., i Ghasemi, G., Lenjannejadian, S. Effects of Core Stability Training on Stable- and Unstable-surface on sensorimotor function of Ankle in Athletes with Chronic Ankle Instability. *Studies in Sport Medicine*, 2023; (): -. doi: 10.22089/smj.2022.13130.1613

## Abstract

The aim of this research was to examine the effects of 8-weeks core stability training on stable and unstable surfaces on ankle muscular torque, proprioception, and dorsiflexion range of motion (ROM) in athletes with chronic ankle instability (CAI). In this semi-experimental study, thirty athletes with CAI the age range of 18-30 years were participated in this study. The participants were intentionally selected and assigned randomly into three groups 10 people, unstable surface training (UG), stable surface training (SG) and control (CG). UG and SG performed the core stability exercise protocol. One-way ANOVA and Holm-Bonferroni post hoc test were used to evaluate the data ( $p \leq 0.05$ ). Findings showed that in all measured parameters, the UG was significantly different from the SG and CG ( $p_s \leq 0.026$ ). The results also showed that the SG had a significant improvement in the parameters of muscle torque and dorsiflexion range of motion compared to the CG ( $p_s \leq 0.022$ ), But in the proprioception there were no significant difference between in the SG and the CG ( $p=0.54$ ). According to the results, it can be concluded that performing core stability training on Trampoline surface has a more effect on improving the measured parameters in athletes with chronic ankle instability. Therefore, it is recommend to perform these exercises as a training intervention for people with chronic ankle instability.

**Key words:** Chronic ankle instability, proprioception, trampoline, Muscle torque.

### چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی اثرگذاری ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی روی سطوح پایدار و ناپایدار بر گشتاور عضلانی، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در ورزشکاران مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود. در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۰ ورزشکار مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی در سه گروه ۱۰ نفره، تمرین در سطح ناپایدار، تمرین در سطح پایدار و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه تمرین در سطح ناپایدار و پایدار برنامه‌ی تمرینات ثبات مرکزی را به طور مشابه انجام دادند. از تحلیل واریانس یک‌راهه و مقایسه‌های چندگانه به روش هولم-بونفرونی برای ارزیابی داده‌ها استفاده شد ( $p \leq 0/05$ ). یافته‌های مطالعه نشان داد، در تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده، گروه تمرین در سطح ناپایدار نسبت به گروه‌های تمرین در سطح پایدار و کنترل تفاوت معناداری داشت ( $p_s \leq 0/026$ ). همچنین نتایج نشان داد که، گروه تمرین در سطح پایدار، در پارامترهای گشتاور عضلانی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن پیشرفت معناداری نسبت به گروه کنترل داشت ( $p_s \leq 0/022$ )، ولی بین حس عمقی گروه تمرین در سطح پایدار و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت ( $p = 0/54$ ). با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد انجام تمرینات ثبات مرکزی روی سطح ترامپولین تأثیر بیشتری در بهبود پارامترهای اندازه‌گیری شده در ورزشکاران مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا داشت. بنابراین، انجام این تمرینات به‌عنوان یک گزینه درمانی برای افراد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا توصیه می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** ناپایداری مزمن مچ پا، حس عمقی، ترامپولین، گشتاور عضلات

## مقدمه

مچ پا به عنوان آسیب‌پذیرترین مفصل بدن شناخته شده است. مطالعات نشان می‌دهد پیچ خوردگی مچ پا<sup>۱</sup> با شیوع ۲۵ درصد از کل آسیب‌های ورزشی، یکی از رایج‌ترین آسیب‌های ورزشی در میان ورزشکاران به ویژه والیبالیست‌ها، بسکتبالیست‌ها و فوتبالیست‌ها می‌باشد (۱). این آسیب معمولاً به طور کامل درمان نمی‌شود و برگشت‌پذیر است. بر اساس مطالعات ۷۴ درصد از این افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا<sup>۲</sup> (CAI) و عوارض جانبی آن همچون احساس بی‌ثباتی مچ پا، درد، تورم و اختلال در عملکرد حسی-حرکتی مچ پا شامل ضعف عضلانی، مشکلات تعادلی و حس عمقی می‌شوند (۲،۳). تغییر عملکرد مچ پا به دنبال اختلالات در ساختار مچ پا می‌تواند منجر به نقص در کنترل حس عمقی و ثبات مکانیکی مچ پا شود که به طور کلی به عنوان بی‌ثباتی مزمن مچ پا تعریف می‌شود (۴).

تحقیقات زیادی کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن، نقص در حس عمقی و کاهش قدرت عضلانی را در افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا گزارش کرده‌اند (۵،۶). بر این اساس پروتکل‌های مختلفی برای توانبخشی آسیب‌های حاد و مزمن مچ پا و بهبود عملکرد افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا ارائه شده است که غالباً هدف آنها کنترل درد، التهاب، بهبود دامنه حرکتی، قدرت و حس عمقی بوده است. شفتن<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵) در نتایج تحقیق خود به اثربخشی برنامه تمرینی مرتبط با حس عمقی در بهبود آسیب بی‌ثباتی مزمن مچ پا اشاره کردند (۷). عباسی و همکاران (۲۰۱۵) به مقایسه سه نوع تمرینات عملکردی (هاپینگ)، اکسترفانکشنال (ثبات مرکزی) و ترکیبی بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا پرداختند که نتایج بیانگر تاثیر معنادار تمرینات عملکردی (هاپینگ) بر تعادل پویای این افراد بود (۸). همچنین کیم<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به مقایسه تاثیر تمرینات قدرتی با تمرینات ترکیبی (قدرتی و حس عمقی) بر قدرت عضلات مچ پا افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی پرداختند که نتایج تحقیق تاثیر بیشتر تمرینات ترکیبی را نشان داد (۹).

مکانیک مچ و آسیب آن بارها مورد مطالعه قرار گرفته است و مطالعات نشان دهنده ارتباط مکانیک مچ و مفاصل پروگزیمال می‌باشد (۱۰،۱۲،۱۱). محققان برای ارزیابی مکانیک مفصل به ناحیه دیستال و پروگزیمال نسبت به محلی که آسیب رخ می‌دهد تمرکز کردند. این امر عمدتاً به دلیل زنجیره حرکتی فعالیت ورزشی می‌باشد (۱۳). بر طبق اصل زنجیره ی حرکتی در الگوهای حرکتی عملکردی، مفاصل و عضلات بر یکدیگر اثر متقابل گذاشته و همانند یکسری از زنجیره‌های به هم پیوسته عمل می‌کنند که حرکت یک جز باعث تاثیر بر اجزای پروگزیمال و دیستال می‌گردد (۱۴). ناحیه مرکزی بدن به عنوان مرکز زنجیره حرکتی-عملکردی انجام وظیفه می‌کند، و این ناحیه اساس و پایه تمام حرکات اندام‌ها می‌باشد و می‌تواند عملکرد هر دو بخش پروگزیمال و دیستال بدن را تحت تاثیر قرار دهد (۱۵).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد ضعف عضلات ناحیه مرکزی نسبت مستقیمی با وقوع بیشتر آسیب در اندام تحتانی (به ویژه در ورزش‌هایی که نیاز به پرش، جهش و دویدن‌های سریع دارند)، دارد (۱۶). ضعف در عضلات ناحیه مرکزی بدن منجر به از دست رفتن راستای صحیح ناحیه کمری-لگنی شده و در نتیجه عضلات اندام تحتانی که به این ناحیه متصل هستند، به علت

<sup>1</sup> Ankle sprain

<sup>2</sup> Chronic Ankle Instability

<sup>3</sup> Schifftan

<sup>4</sup> Kim

تغییر رابطه طول- تنش مناسب دچار کاهش کارایی مناسب و مستعد آسیب می شوند (۱۷). از سوی دیگر، افزایش ثبات ناحیه مرکزی، فراخوانی سیستم عصبی- عضلانی را در جهت کاهش درد ناحیه پایین و پشت کمر و جلوگیری از آسیب اندام تحتانی افزایش می دهد (۱۶). نتایج تحقیقات نشان می دهد که میزان قدرت و استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی در افراد با آسیب های اندام تحتانی کمتر از افراد بدون سابقه آسیب است (۱۸). این یافته ها با نظریه زنجیره حرکتی بسته مطابقت دارد. بر اساس این نظریه قدرت و ثبات سگمان های فوقانی در کنترل سگمان های تحتانی و جلوگیری از آسیب ضروری بوده و چنانچه یکی از مفاصل فوقانی عملکرد مناسبی نداشته باشد، سایر مفاصل نیز درگیر خواهند شد (۱۹).

بنابراین اگر چه ماهیت حقیقی بی ثباتی عملکردی مچ پا تاکنون مشخص نشده است، اما مدارکی دال بر اختلالات عضلانی و حس عمقی وجود دارد (۵،۹). بر این اساس تحقیقات زیادی به بررسی اثر تمرینات مختلف بر بهبود حس عمقی و قدرت عضلانی مچ پا پرداخته اند (۵،۶،۹)، و تمرینات حس عمقی را برای توانبخشی مچ پا ضروری ذکر کرده اند که معمولاً شامل انجام تمرینات روی سطوح ناپایدار می باشند (۲۰).

انجام تمرینات در سطوح ناپایدار جنبه های مهمی در توانبخشی اختلالات عصبی - عضلانی دارد و باعث ایجاد هماهنگی و به کارگیری مناسب الگوهای عصبی - عضلانی می شود (۲۱). مطالعات نشان داده اند که انجام تمرینات در حالی که روی سطوح ناپایدار قرار می گیرد، در مقایسه با انجام تمرین های مشابه در شرایط پایدار، باعث افزایش فعالیت عضلات مرکزی می شود (۲۲). همچنین ادعا شده است که تمرین بر روی سطوح ناپایدار سیستم حسی در عضلات و مفاصل را تحریک می کند و سیستم اسکلتی عضلانی را نسبت به تمرینات روی سطوح پایدار با چالش بیشتری مواجه می کند. علاوه بر این، با تحریک مفصل در صفحات متعدد و ایجاد تغییرات سریع در امتداد رباطها، آورانها و واکنش های رفلکس حرکتی را تحریک می کنند تا پایداری سریع مفصل ایجاد شود (۲۱).

فریاء<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۱) با آنالیز فعالیت الکترومیوگرافی عضلات مفصل مچ پا بر سطوح پایدار و ناپایدار، گزارش کردند که تمرینات در سطوح ناپایدار، موجب افزایش بیشتری در فعالیت الکترومیوگرافی عضلات، به ویژه با چشمان بسته می شود و یک منبع با ارزش در توانبخشی حس حرکتی محسوب می شود (۲۳). به طور کلی مطابق با مفهوم ویژگی تمرین، تمرین در وضعیت های ناپایدار می تواند با ایجاد شرایطی شبیه فعالیت های روزانه در محیط زندگی، کار و محیط های ورزشی انتقال موثرتری از سازگاری های تمرینی را فراهم سازد. مطالعات مختلف نشان داده اند که ورزش بر روی سطوح ناپایدار می تواند برای افزایش فعالیت های عضلانی به منظور افزایش کارایی فعالیت های ورزشی به صورت کنترل شده استفاده شود (۲۴). برخی از مطالعات اثرات ورزش را بر روی سطوح ناپایدار مانند تخته تعادل (۲۵)، دیسک مچ پا (۲۶)، و توپ سوئیسبال (۲۷) بررسی کرده اند. در پژوهش حاضر از ترامپولین به عنوان یک سطح ناپایدار برای انجام تمرینات ناحیه مرکزی استفاده شده است. لارنس<sup>۶</sup> (۲۰۰۴) ترامپولین را وسیله ای، ایمن و مفید برای تمرین همه قسمت های بدن معرفی می کند (۲۸). در فرایندهای توانبخشی از ریباندتراپی به عنوان روشی مثبت برای افزایش تعادل، قدرت عضلانی، پرش عمودی و همچنین بالا بردن سطوح سلامتی و بهبود آسیب ها در برنامه های تمرینی و بازتوانی استفاده می شود (۲۹). همچنین توسعه واکنش های محافظتی، افزایش حس عمقی، بهبود کنترل سر و بهبود پوسچر بدنی از دیگر مزایای این روش تمرینی است (۲۹). بنابراین با توجه به

<sup>5</sup> Ferreira

<sup>6</sup> Lawrence



اینکه اخیراً بکارگیری تمرین بر روی انواع سطوح ناپایدار پیشرفت زیادی را در مباحث بازتوانی داشته است (۲۰، ۲۴). از طرفی تقویت عضلات بخش مرکزی بدن نیز عامل مهمی برای فعالیتهای روزانه، عملکرد ورزشی و بازتوانی محسوب می‌شوند، و با توجه به اینکه بیشتر تحقیقات به بررسی تمرینات موضعی مختلف بر ابعاد مختلف عملکرد و حس عمقی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته‌اند، در حالی که تمرینات باید جامع بوده، و ناحیه مرکزی بدن که ثبات در حرکت را فراهم می‌کند نیز شامل شود. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تاثیر تمرینات ثبات مرکزی روی سطوح پایدار و ناپایدار بر قدرت عضلانی، حس عمقی و دامنه دورسی فلکشن مچ پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد. به نظر می‌رسد انجام تمرینات ثبات مرکزی روی یک سطح ناپایدار چالش جدیدی را برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا فراهم می‌کند و ممکن است توانبخشی را تسریع کند و عملکرد آنها را بهبود بخشد.

### روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و طرح پژوهش پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل زنان والیبالیست ۱۸ الی ۳۰ سال مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در شهر اصفهان که دارای سابقه حداقل ۵ سال ورزش منظم باشند، بودند. از این میان ۳۶ آزمودنی به صورت هدفمند بر اساس معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شده و به صورت تصادفی، در دو گروه تجربی تمرین در سطح ناپایدار (ترامپولین) و تمرین در سطح پایدار (سطح زمین)، و یک گروه کنترل قرار گرفتند. در پس‌آزمون، ۶ نفر به دلیل انصراف و عدم ادامه مداخله تمرین ریزش آماری وجود داشت، که در نهایت اطلاعات مربوط به ۳۰ نفر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

برای تعیین حداقل تعداد نمونه پژوهش، از نرم افزار برآورد حجم نمونه جی پاور<sup>۷</sup> برای توان آزمون ۰/۸۵، اندازه اثر ۰/۷۰، و سطح معناداری ۰/۰۵، استفاده و تعداد حداقل ۱۰ نفر برای هر گروه تعیین گردید.

معیارهای ورود به پژوهش شامل: ۱. کسب امتیاز پایین‌تر یا مساوی ۹۰٪ در پرسشنامه شاخص ناتوانی مچ پا، ۲. امتیاز پایین‌تر یا مساوی ۸۰٪ در پرسشنامه شاخص ورزشی ناتوانی مچ پا، ۳. سابقه ابتلا به پیچ‌خوردگی یک‌طرفه مچ پا، حداقل ۱۲ ماه قبل از مطالعه که منجر به درد، تورم و فقدان عملکرد شده است، و ۵. سابقه حداقل دو بار عود ضایعه و یا احساس بی‌ثباتی و یا همان خالی شدن پای درگیر در ۶ ماه اخیر بود (۳۰، ۳۱). معیارهای خروج از پژوهش شامل: ۱. سابقه پیچ‌خوردگی مچ پا در ۶ هفته قبل از شروع تحقیق، ۲. سابقه شکستگی یا جراحی اندام تحتانی، ۳. سابقه دیگر آسیب‌ها عضلانی-اسکلتی در ۶ هفته قبل از شروع تحقیق، و ۴. حضور نامنظم در جلسات تمرینی، بود (۳۰، ۳۱).

پس از انتخاب نمونه‌ها، خلاصه‌ای از طرح پژوهش در فرم معرفی پژوهش برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد، پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه توسط آزمودنی‌ها، اطلاعات جمعیت‌شناسی آنها شامل قد، وزن، سن و سابقه‌ی ورزشی در فرم جمع‌آوری اطلاعات ثبت شد، و سپس دامنه حرکتی دورسی فلکشن، حس عمقی و گشتاور عضلات اینورتور، اورتور، دورسی فلکشن و پلنٹارفلکشن در هر سه گروه اندازه‌گیری شد. پس از انجام پیش‌آزمون، آزمودنی‌های هر دو گروه تجربی (تمرین در سطح ناپایدار (ترامپولین)، و تمرین در سطح پایدار (سطح زمین)) تمرینات ثبات مرکزی را به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه به مدت ۳۰ الی ۵۰ دقیقه به‌طور مشابه اجرا کردند، با این تفاوت که گروه تمرین در سطح ناپایدار تمرینات را روی ترامپولین، و

<sup>7</sup> G Power

گروه تمرین در سطح پایدار تمرینات را در سطح زمین انجام دادند (جدول ۱) (۳۲)، و گروه کنترل فعالیت روزمره خود را انجام دادند. پس از پایان دوره تمرینی، پس از آزمون با شرایط پیش‌آزمون برای هر سه گروه انجام شد. آزمون‌گرها نسبت به آزمودنی‌های گروه‌های مداخله و کنترل کور شدند.

**اندازه‌گیری گشتاور عضلانی:** برای ارزیابی گشتاور عضلات دورسی‌فلکشن، پلنتار فلکشن، اینورژن و اورژن مچ پا از دستگاه ایزوکنتیک مدل بایودکس ۳ (ساخت نیویورک ایلات متحده) استفاده شد. برای ارزیابی گشتاور عضلات دورسی‌فلکشن و پلنتار فلکشن، حرکت از ۴۰ درجه پلنتار فلکشن شروع و به سمت ۲۰ درجه دورسی‌فلکشن ادامه پیدا می‌کرد و دوباره به پلنتار فلکشن بر می‌گشت. ارزیابی گشتاور عضلات اینورژن و اورژن تست گیری از ۳۰ درجه اینورژن شروع و به سمت ۲۰ درجه اورژن ادامه پیدا می‌کرد و دوباره به اینورژن برمی‌گشت. نحوه انجام تست گیری به این صورت بود که آزمودنی بر روی صندلی با زاویه پشت ۳۰ درجه نشسته و پا را در محل تعیین شده قرار می‌دهد، به طوری که زاویه زانو ۲۰ تا ۳۰ درجه و هم راستای مرکز مچ پا باشد. گشتاور عضلات به صورت کانسنتریک در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه با هدف شبیه‌سازی حرکات مچ پا در فعالیت‌های روزانه مثل راه رفتن، ارزیابی شد (تصویر ۱). تعداد ۳ ارزیابی برای هر یک از حرکات مچ پا انجام و میانگین گشتاور هر یک از آنها برای آنالیز در نظر گرفته شد (۳۳).



تصویر ۱ - اندازه‌گیری گشتاور عضلات

**اندازه‌گیری حس عمقی:** برای ارزیابی حس عمقی فعال مچ پا از دستگاه ایزوکنتیک مدل بایودکس ۳ (ساخت نیویورک ایلات متحده) استفاده شد. به این صورت که آزمودنی‌ها با چشم‌های بسته در وضعیت توصیه شده برای ارزیابی حس عمقی مچ پا شامل زانو در زاویه ۲۰ تا ۳۰ درجه و مچ پا در وضعیت خنثی قرار گرفتند. سپس آزمودنی‌ها به طور فعال مچ پا را از وضعیت خنثی به سمت زاویه هدف (۱۵ درجه اینورژن) حرکت دادند و به مدت ۵ ثانیه در این زاویه نگه داشتند (تصویر ۲). بعد از اینکه آزمودنی‌های ۳ مرتبه آزمون را تمرین کردند، ۳ آزمون اصلی به صورت فشار دادن دکمه دستگاه به محض احساس رسیدن به زاویه هدف انجام شد. میانگین میزان خطاهای بازسازی زاویه، برای آنالیز در نظر گرفته شد (۳۳).



تصویر ۲ - اندازه گیری حس عمقی

اندازه گیری دامنه حرکتی دورسی فلکشن: برای ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا، از گونیامتر استاندارد ۳۶۰ درجه (ساخت بلژیک، به طول ۳۰ سانتیمتر) استفاده شد. نحوه اندازه گیری به این صورت بود که در حالی که فرد در وضعیت طاقباز بر روی تخت با زانو صاف و مچ پا در وضعیت خنثی قرار گرفته بود، مچ پا به صورت غیرفعال به دورسی فلکشن حرکت داده شد تا اولین مقاومت احساس شود (۳۴).

روش تجزیه و تحلیل آماری: با توجه به ویژگی‌های طرح تحقیق برای ارزیابی تغییرات بین گروهی از تحلیل واریانس یکراهه<sup>۸</sup> استفاده شد. در گزارش تحلیل واریانس شاخص اندازه اثر مربع امگا ( $\omega^2$ ) استفاده شد. در این تحلیل‌ها سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای مقایسه‌های چندگانه از آزمون تی با کنترل نرخ خطای نوع اول خانوادگی<sup>۹</sup> به روش هولم-بونفرونی<sup>۱۰</sup> استفاده شد. در آزمون تی شاخص اندازه اثر کوهن (Cohen's  $d$ ) استفاده شد.

ملاحظات اخلاقی: این مطالعه زیر نظر کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان و با مجوز صادر شده از سوی این کمیته به شماره

IR.UI.REC.1398.080 انجام شد.

### جدول ۱- برنامه تمرینی تمرینات ثبات مرکزی

تمرین	هفته	هفته	هفته	هفته	هفته	هفته	هفته	هفته
-------	------	------	------	------	------	------	------	------

<sup>8</sup> One-Way ANOVA

<sup>9</sup> family-wise Type I error

<sup>10</sup> Holm-Bonferroni

اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	
۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	۲۵*۲ تکرا	۲۵*۳ تکرا	چرخش روسی
ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	
۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	۲۵*۲ تکرا	۲۵*۳ تکرا	کوهنوردی با پرتاب
ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	پا
۱۰*۲ ثانیه	۱۰*۳ ثانیه	۱۵*۳ ثانیه	۱۵*۳ ثانیه	۲۰*۲ ثانیه	۲۰*۳ ثانیه	۲۵*۲ ثانیه	۲۵*۳ ثانیه	پلانک بصورت دمر
ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	
۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	۲۵*۲ تکرا	۲۵*۳ تکرا	چرخش در حالت
ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	نشسته با توپ
								مدیسنبال
۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	۲۵*۲ تکرا	۲۵*۳ تکرا	خم شدن جانبی با
ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	دمبل
۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	۲۵*۲ تکرا	۲۵*۳ تکرا	حرکت دادن وزنه
ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	بصورت قطری
.....	۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۲ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	۲۵*۲ تکرا	اسکات پا باز با
..	ر	ر	ر	ر	ر	ر	ر	دسته‌های بالای سر
.....	.....	۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۲ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	راه رفتن در
..	..	ر	ر	ر	ر	ر	ر	پوزیشن لانچ با توپ
								همراه با چرخش تنه
.....	.....	۱۰*۲ تکرا	۱۰*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۱۵*۳ تکرا	۲۰*۲ تکرا	۲۰*۳ تکرا	پرتاب توپ
..	..	ر	ر	ر	ر	ر	ر	مدیسنبال از زیر
								دست

### نتایج

در جدول شماره دو، ویژگی های دموگرافیک آزمودنی ها ارائه شده است. قابل ذکر است که ویژگی های جمعیت شناختی سه گروه توسط آزمون تحلیل واریانس یک طرفه مقایسه شد. با توجه به اینکه هیچ تفاوت معناداری بین گروه ها وجود نداشت، می توان آنها را از حیث جمعیت شناختی، همگن در نظر گرفت.

متغیر	گروه تمرین سطح ناپایدار (۱۰ نفر)	گروه تمرین سطح پایدار (۱۰ نفر)	گروه کنترل (۱۰ نفر)	F	P
سن (سال)	۲۲/۵۰±۲/۶۳	۲۲/۱۰±۲/۷۶	۲۲/۶۰±۲/۹۱	۰/۰۹۱	۰/۰۹۱
قد (سانتی متر)	۱۷۰/۸۰±۳/۹۱	۱۶۷/۶۳±۲/۸۳	۱۶۸/۹۰±۳/۸۴	۱/۳۲	۰/۲۸
وزن (کیلو گرم)	۶۷/۴۰±۲/۸۷	۶۸/۶۰±۲/۳۶	۶۹/۴۰±۳/۰۲	۲/۰۴	۰/۱۵
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	۲۳/۱۳±۱/۳۶	۲۴/۴۵±۱/۳۰	۲۴/۳۶±۱/۶۰	۲/۶۵	۰/۰۹۰

مقایسه گشتاور عضلات مچ پا (دورسی فلکسور، پلنتارفلکسور، اینورتور و اورتور)، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن شرکت کنندگان سه گروه در پیش آزمون نشان داد، بین گروه ها تفاوت معناداری وجود نداشته است ( $p > ۰/۰۵$ )،  $F(۲۷,۲)$  (جدول ۳).

بنابراین با توجه به معنادار نبودن تفاوت بین متغیرهای اندازه گیری شده سه گروه در پیش آزمون، برای تعیین اثر تمرینات ثبات مرکزی از آزمون F به روش تحلیل واریانس یکراهه استفاده شد. نتایج این تحلیل نشان داد در پس آزمون بین عملکرد شرکت کنندگان گروه های سه گانه تفاوت معنادار وجود دارد ( $F(۲۷,۲) > ۱, p < ۰/۰۵$ ) (جدول ۳).

جدول ۳ - میانگین و انحراف استاندارد متغیرها در پیش و پس از اعمال مداخله های تمرینی به همراه مقادیر گروه کنترل با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یکراهه

متغیر	مرحله	گروه	کنترل	سطح پایدار	سطح ناپایدار	F(2,27)	p	$\omega^2$
گشتاور دورسی فلکشن (نیوتن - متر)	پیش	سطح پایدار	۲۱/۲۹±۴/۶۰	۲۰/۷۹±۴/۴۶	۲۰/۱۷±۳/۳۳	۰/۱۸	۰/۸۳	۰/۰۰۰
	پس	سطح پایدار	۲۰/۷۰±۳/۸۰	۲۴/۲۲±۲/۸۱	۲۸/۶۵±۲/۴۵	۱۶/۷۶	۰/۰۰۱*	۰/۵۱
گشتاور پلنتار فلکشن (نیوتن - متر)	پیش	سطح پایدار	۲۹/۵۸±۴/۶۴	۳۱/۹۵±۵/۵۲	۳۰/۵۵±۵/۰۸	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۰۰۰
	پس	سطح پایدار	۲۷/۷۰±۵/۶۲	۳۵/۲۲±۵/۵۱	۴۱/۳۹±۴/۲۳	۱۷/۵۴	۰/۰۰۱*	۰/۵۲
گشتاور	پیش	سطح پایدار	۲۰/۱۰±۳/۷۷	۲۱/۷۷±۴/۴۸	۲۱/۰۵±۳/۵۸	۰/۴۴	۰/۶۴	۰/۰۰۰

۰/۵۴	۰/۰۰۱*	۱۸/۵۸	۱۹/۲۶±۴/۳۷	۲۴/۶۱±۳/۲۳	۲۹/۱۱±۳/۱۱	پس	اینورژن(نیوتن - متر)
۰/۰۰۰	۰/۶۱	۰/۴۹	۱۵/۲۷±۲/۶۷	۱۶/۶۱±۳/۵۴	۱۵/۸۶±۲/۸۱	پیش	گشتاور
۰/۴۸	۰/۰۰۱*	۱۴/۷۷	۱۵/۶۴±۳/۶۰	۱۹/۱۸±۲/۸۴	۲۲/۵۲±۱/۷۰	پس	اورژن(نیوتن-متر)
۰/۰۰۰	۰/۵۱	۰/۶۸	۸/۶۸±۳/۲۳	۷/۷۰±۲	۸/۹۲±۲/۰۹	پیش	حس عمقی
۰/۵۲	۰/۰۰۱*	۱۷/۰۶	۸/۵۴±۲/۸۴	۶/۸۲±۱/۰۷	۳/۶۳±۱/۳۰	پس	(درجه)**
۰/۰۰۰	۰/۶۴	۰/۴۵	۱۳/۸۰±۲/۵۱	۱۴±۲/۳۵	۱۳/۱۰±۲/۰۸	پیش	دامنه دورسی
۰/۴۴	۰/۰۰۱*	۱۲/۹۴	۱۴/۱۰±۳/۱۴	۱۷/۱۰±۱/۸۰	۱۹/۷۰±۲/۲۶	پس	فلکشن(درجه)

\* وجود تفاوت معنادار درون گروهی

\*\* برآورد خطای بازسازی زاویه ۱۵ درجه اینورژن

با توجه به معنادار شدن اثر گروه، مقایسه‌های چندگانه با استفاده از آزمون تی، با اصلاح خطای نوع اول از روش هولم-بونفرونی انجام شد (جدول ۴). نتایج این مقایسه‌ها نشان داد که بین میانگین گشتاور عضلات (دورسی فلکسور، پلنتارفلکسور، اینورتور و اورتور)، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن گروه تمرین در سطح ناپایدار با هر دو گروه تمرین در سطح پایدار ( $p_{holm} < 0/05$ ) و کنترل ( $p_{holm} < 0/001$ ) تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین بین میانگین پارامترهای گشتاور عضلات (دورسی فلکسور، پلنتارفلکسور، اینورتور و اورتور) و دامنه حرکتی دورسی فلکشن گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل ( $p_{holm} < 0/05$ ) تفاوت معناداری وجود دارد، در حالیکه بین میانگین حس عمقی گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت ( $p_{holm} = 0/54$ ).

جدول ۴ - نتایج مقایسه‌های چندگانه با استفاده از روش هولم-بونفرونی جهت بررسی تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون

متغیر	گروه	T	$p_{holm}$	Cohen's d
گشتاور دورسی فلکشن(نیوتن - متر)	سطح پایدار	۳/۲۲	۰/۰۰۷*	۱/۶۷
	سطح ناپایدار	۵/۷۷	۰/۰۰۱*	۲/۴۸
گشتاور پلنتار فلکشن(نیوتن - متر)	سطح پایدار	۲/۶۶	۰/۰۱۳*	۱/۲۵
	سطح ناپایدار	۵/۹۱	۰/۰۰۱*	۲/۷۴
گشتاور	سطح پایدار	۲/۷۸	۰/۰۱۰*	۱/۴۱
	سطح ناپایدار	۶/۰۹	۰/۰۰۱*	۲/۵۹



اینورژن (نیوتن -

متر)

۱/۴۲	۰/۰۱۹*	۲/۶۴	سطح ناپایدار	سطح پایدار	
۱/۰۹	۰/۰۱۹*	۲/۷۹	کنترل		گشتاور
۲/۴۳	۰/۰۰۱*	۵/۴۳	کنترل	سطح ناپایدار	اورژن (نیوتن -
					متر)
۲/۶۷	۰/۰۰۲*	۳/۷۴	سطح ناپایدار	سطح پایدار	حس
۰/۸۰	۰/۵۴	۲/۰۱	کنترل		عمقی (درجه)
۲/۲۲	۰/۰۰۱*	۵/۷۵	کنترل	سطح ناپایدار	
۱/۲۷	۰/۰۲۶*	۲/۳۶	سطح ناپایدار	سطح پایدار	دامنه دورسی
۱/۱۷	۰/۰۲۲*	۲/۷۲	کنترل		فلکشن (درجه)
۲/۰۴	۰/۰۰۱*	۵/۰۸	کنترل	سطح ناپایدار	

\* وجود تفاوت معنادار بین گروهی

بحث و نتیجه گیری

هدف از این پژوهش، بررسی اثر گذاری ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی در دو سطح پایدار (سطح زمین) و ناپایدار (سطح ترامپولین) بر عملکرد حسی - حرکتی مچ پا در ورزشکاران مبتلابه بی ثباتی مزمن مچ بود. که گشتاور عضلات مچ پا (دورسی فلکسور، پلنتارفلکسور، اینورتور و اورتور)، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا شرکت کنندگان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که انجام تمرینات ثبات مرکزی در دو سطوح پایدار و ناپایدار اثرات مثبتی بر گشتاور عضلات، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا ورزشکاران مبتلابه بی ثباتی مچ پا دارد. در مقایسه دو نوع سطح نتایج نشان داد که انجام ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی روی ترامپولین نسبت به انجام تمرینات روی سطح زمین تأثیر بیشتری در بهبود پارامترهای اندازه گیری شده دارد.

نتایج پژوهش حاضر در زمینه تاثیر انجام تمرینات مختلف روی سطوح ناپایدار و پایدار بر افراد دارای بی ثباتی مچ پا با نتایج مطالعات ها<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸)، که تأثیر تمرینات تقویت مفصل مچ پا در سطح ناپایدار را بر حس عمقی و تعادل بزرگسالان با بی ثباتی عملکردی مچ پا بررسی کردند (۳۵)، و کلارک<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۰۵) که در مطالعه‌ی به بررسی تأثیر چهار هفته تمرینات روی تخته تعادل بر بهبود تاخیر فعال شدن عضلات<sup>۱۳</sup> در افراد دچار بی ثباتی عملکردی مچ پا پرداختند (۲۵)، همراستا است.

در زمینه مقایسه دو نوع تمرین با نتایج پژوهش کارلوس<sup>۱۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) که به مقایسه تاثیر تمرینات بخش مرکزی با استفاده از سطوح پایدار و ناپایدار بر آمادگی بدنی و اجرای عملکرد در بازیکنان زن حرفه‌ای فوتسال پرداختند، همراستا است

<sup>11</sup> Ha

<sup>12</sup> Clark

<sup>13</sup> Onset latency

<sup>14</sup> carlos

(۳۶). همچنین با نتایج پژوهش کاگ<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۱۶) که تاثیر تمرینات تعادلی بر کنترل پاسچر و نیروی تولیدی مچ پا بررسی کردند، و نتایج تاثیر مثبت برنامه تمرینی چهار هفته ای بر روی سطح ناپایدار را بر تعادل ایستا، پویا و بهبود قدرت عضلات نشان داد (۲۷)، همراستا است. ولی با نتایج پژوهش گرانچر<sup>۱۶</sup> و همکاران (۲۰۱۴) که تاثیر تمرینات بخش مرکزی با استفاده از سطوح پایدار و ناپایدار را بر آمادگی بدنی نوجوانان بررسی کردند در تناقض است. که علت آن می تواند مدت زمان پروتکل، جنس و سن آزمودنی ها و نوع سطح استفاده شده باشد، که با تحقیق حاضر متفاوت است (۳۷). همچنین نتایج پژوهش در زمینه تاثیر انجام تمرینات مختلف روی ترامپولین با نتایج مطالعات هورواس<sup>۱۷</sup> و همکاران (۲۰۰۷) که تاثیر ۶ هفته تمرینات تعادل بر مینی ترامپولین<sup>۱۸</sup> و دیسک<sup>۱۹</sup> را بر نوسان پوسچر در ورزشکاران با بی ثباتی عملکردی مچ پا بررسی کردند (۳۸)، و پژوهش تای<sup>۲۰</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، که به بررسی تاثیر تمرینات ترامپولین و مقاومتی بر قدرت و تعادل عضلات زانو در بزرگسالان جوان پرداختند، (۳۹)، همراستا است. نتیجه این مطالعات حاکی از مثبت بودن تاثیر تمرینات ترامپولین بر بهبود تعادل در افراد دچار اسپرین خارجی مچ پا و افزایش قدرت عضلات زانو و تعادل پویا در مردان و زنان جوان بود (۳۸،۳۹).

نتایج مطالعات نشان داد که قدرت و استقامت عضلات ثبات دهنده مرکزی در افراد با آسیب های اندام تحتانی کمتر از افراد بدون سابقه آسیب است (۱۸). عضلات مرکزی قویتر، ثبات بیشتری را در ناحیه تنه ایجاد می کند و این عامل اندام تحتانی را برای تحرک پذیری آماده می سازد. انجام تمرینات ثبات مرکزی با بهبود قدرت و کنترل عصبی عضلانی عضلات ناحیه مرکزی، ثبات لازم برای حرکت اندام تحتانی در سه صفحه حرکتی از طریق هم انقباضی عضلات شکمی با اکستنسورهای کمری فراهم می کند و به دنبال آن توانایی جهت انجام فعالیت های عملکردی افزایش بیشتری می یابد (۱۳). همچنین انجام تمرینات ثبات مرکزی با ایجاد کنترل عصبی-عضلانی بهتر در ناحیه مرکزی بدن سبب بهبود توزیع نیروهای وارد به اندام تحتانی و مهار فشار اضافی وارد بر مفصل مچ پا شده و باعث بهبود عملکرد فرد می شود (۴۰). به عبارت دیگر بر اساس اصل زنجیره حرکتی، بهبود عملکرد ناحیه مرکزی می تواند بر عملکرد سایر اجزای این زنجیره حرکتی تأثیر گذار باشد (۴۱). بنابراین در ارتباط با مکانیسم تاثیر انجام تمرینات ثبات مرکزی بر مفصل مچ پا می توان گفت، با توجه به قرارگیری مرکز ثقل در این ناحیه، تقویت عضلات این ناحیه باعث بهبود کنترل عصبی-عضلانی و جابجایی کمتر مرکز ثقل به خارج از سطح اتکا و کاهش نوسانات و بهبود حفظ تعادل می شود (۱۷). همچنین با توجه به اینکه بدن انسان از سیستم های مرتبط و عضلات دو مفصلی بسیاری تشکیل شده است حرکات و موقعیت تنه می تواند بر عملکرد عضلات ران و همچنین بیومکانیک اندام تحتانی از جمله مچ پا تاثیر گذار باشد، و هر گونه اختلال در عملکرد این عضلات باعث اعمال فشار بیش از حد به مفاصل اندام ها از جمله مچ پا شده و احتمال بروز آسیب را افزایش می دهد (۴۲).

با انجام تمرینات ثبات مرکزی، علاوه بر تاکید بر ویژگی های این گونه تمرینات، در گروه تمرین روی ترامپولین، از فواید تمرین بر سطح ناپایدار در افزایش قدرت ناشی از بسیج مناسب واحدهای حرکتی و زمان بندی فعالیت عصبی-عضلانی و ویژگی های ذاتی عضلات استفاده می کند (۴۳). تحقیقات نشان داده اند که استفاده از سطح ناپایدار در تمرینات، قدرت عضلانی و توان را افزایش داده و این امر می تواند به دلیل افزایش همزمان سطح مقطع عرضی عضله و بهبودی در هماهنگی عصبی-عضلانی

<sup>15</sup> Cug

<sup>16</sup> Granacher

<sup>17</sup> Horvath

<sup>18</sup> Mini-trampoline

<sup>19</sup> Dura disc

<sup>20</sup> Tay



باشد (۲۴). این شکل از تمرین، قدرت عضلات ناحیه مرکزی تنه را بیشتر می‌کند و هماهنگی و تعادل را به طور همزمان بهبود می‌بخشد (۴۴). در واقع استفاده از سطح ناپایداری مانند ترامپولین تعادل را برهم زده، تحریک حسی مورد نیاز در بین پوست و مفاصل را افزایش و عکس‌العمل‌های تعادلی ناشی از تحریک مکانیسم قرارگیری بدن را نیز افزایش می‌دهد و با ایجاد لرزش در دوک عضلانی باعث بهبود وضعیت عضلانی می‌گردد (۴۵).

همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات حس عمقی که معمولاً شامل انجام تمرینات روی سطوح ناپایدار است برای توانبخشی پا ضروری است (۲۰). چون با تحریک بیشتر گیرنده‌های عمقی در عضلات و مفاصل موجب کاهش آسیب‌های مچ پا می‌شود. در واقع بهبود حس عمقی ناشی از تمرینات تعادلی باعث تغییراتی در دو مولفه مرکزی و محیطی حس عمقی می‌شود. در سطح محیطی، این تمرینات تاثیر مثبتی روی عملکرد گیرنده‌های مکانیکی عضلانی بوسیله بهبود خاصیت ارتجاعی بافت عضلانی، افزایش اکسیژن رسانی، افزایش سرعت هدایت عصبی و افزایش درجه حرارت بدن ناشی از اتساع عروق می‌گردد. در سطح سیستم عصبی مرکزی، تمرینات تعادلی بوسیله تغییراتی که در گیر در حس موقعیت و یا فرمان‌های سریع حرکتی باعث بهتر شدن حساسیت دوک عضلانی و در نتیجه بهبود حس عمقی می‌شود (۴۶). به نظر می‌رسد این مکانیسم توجه‌کننده تاثیر معنادار تمرین بر سطح ترامپولین نسبت به تمرین بر سطح زمین بر بهبود حس عمقی ورزشکاران داری بی‌ثباتی مزمن مچ پا باشد.

علاوه بر نقص در حس عمقی و کاهش قدرت عضلانی، بی‌ثباتی مزمن مچ پا اغلب با محدودیت دامنه حرکتی دورسی فلکشن نیز همراه است (۵،۶). دلیل اصلی کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا مشخص نیست. اما دلیل آن می‌تواند تغییرات آرتروکینماتیک و کوتاهی عضلات پشت ساق پا باشد (۴۷). بنابراین از دلایل احتمالی اثربخشی تمرینات بر دامنه حرکتی دورسی فلکشن می‌توان گفت که استفاده از تمرینات باعث کاهش محدودیت‌های به وجود آمده برای سیستم حسی-حرکتی شده و در نهایت با رهاسازی و کشش عضلات سفت و کوتاه شده پشت ساق پا، سبب بهبود دامنه حرکتی دورسی فلکشن افراد شده است.

نهایتاً نتایج مطالعه حاضر نشان داد که انجام تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند تأثیر مثبتی بر قدرت عضلانی، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا داشته باشد، و میزان پیشرفت در گروهی که این تمرینات را روی ترامپولین انجام داده بودند، بیشتر بود. بنابراین وقتی چنین نتایجی در کنار هم قرار می‌گیرند، می‌توان گفت که انجام تمرینات ثبات مرکزی بر روی سطح ترامپولین ممکن است به عنوان یک روش درمانی موثرتر برای افزایش قدرت عضلانی در مچ پا، دامنه حرکتی دورسی فلکشن و حس عمقی در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا ارائه شود.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی است که با حمایت دانشگاه اصفهان (دانشکده علوم ورزشی) انجام شده است. بدین‌وسیله از تمام عزیزانی که در انجام تحقیق حاضر ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

1. Domingo C, Diego I, Rueda F, Roman A, Carnero J. Effect of kinesiology tape on measurements of balance in subjects with chronic ankle instability: a randomized clinical trial. Arch Phy Med Rehabil. 2015; 96(12), 2169-75.
2. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Recovery from a first-time lateral ankle sprain and the predictors of chronic ankle instability: a prospective cohort analysis. Am J Sports Med. 2016; 44(4):995-1003.
3. Hubbard-Turner T, Turner MJ. Physical Activity Levels in College Students with Chronic Ankle Instability. J Athl Train. 2015; 50(7):742-7. DOI: 10.4085/1062-6050-50.3.05 PMID: 25898110.
4. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. J Athl Train. 2002; 37(4), 364-75.
5. Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, Lee RY. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. Med Sci Sports Exerc. 2003; 35(2):245-50.
6. Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury. Bio Med Res Int. 2015; 1-8.
7. Schifano GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: a systematic review and meta-analysis. J Sci Med Sport. 2015; 18(3):238-44.
8. Abbasi H, Alizadeh MH, Daneshmandi H, Barati AM. Comparing the Effect of Functional, Extra-Functional and Combined Exercises on Dynamic Balance in Athletes with Functional Ankle Instability. Sport Medicine studies. 2015 May, 7 (7): Page 34-15. [In Persian]
9. Kim KJ, Kim YE, Jun HJ, Lee JS, Ji SH, Ji SG, et al. Which treatment is more effective for functional ankle instability: strengthening or combined muscle strengthening and proprioceptive exercises? J Phys Ther Sci. 2014; 26(3):35.
10. Friel K, McLean N, Myers C, Caceres M. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. Journal of athletic training. 2006; 41(1): 74.
11. Forestier N, Teasdale N, Nougier V. Alteration of the position sense at the ankle induced by muscular fatigue in humans. Medicine and science in sports and exercise. 2002;34(1):117-22.
12. Cerny K. Pathomechanics of stance: Clinical concepts for analysis. Physical Therapy. 1984;64(12):1851-9.
13. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. Medicine & Science in Sport & Exercise. 2004; 36 (6):p.926-934.
14. Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic chain exercise: a comprehensive guide to multiple joint exercise. Human Kinetics 2001.
15. Dehghanzadeh V, Daneshjoo A, Sahebozaman M, Bamorovat F, Sedighi Darigani S, Madadi Zadeh Z. Effect of Six Weeks of Core Stability Exercise and Hopping on Balance

- among Female University Students with Ankle Instability. J Rehab Med. 2019; 7(4): 160-167. [In Persian]
16. Mansion AF, Dvorak J, Taimela S, Müntener M. Increase in strength after active therapy in chronic low back pain (CLBP) patients: muscular adaptations and clinical relevance. Schmerz (Berlin, Germany). 2001; 15(6): 468-73.
  17. Jacobs CA, Uhl TL, Mattacola CG, Shapiro R, Rayens WS. Hip abductor function and lower extremity Landing kinematics: sex differences. J Athl Train. 2007; 42(1): 76-83.
  18. Cichanowski HR, Schmitt JS, Johnson RJ, Niemuth PE. Hip strength in collegiate female athletes with patellofemoral pain. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(8):1227-32.
  19. Pantano KJ, White SC, Gilchrist LA, Leddy J. Differences in peak knee valgus angles between individuals with high and low Q-angles during a single limb squat. Clinical Biomechanics. 2005; 20(9):966-72.
  20. Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sport Med. 1997; 25(1): 130-7.
  21. Myers JB, Riemann BL, Hwang JH, Fu FH, Lephart SM. Effect of peripheral afferent alteration of the lateral ankle ligaments on dynamic stability. Am J Sports Med. 2003; 31(4): 498-506.
  22. Anderson K, Behm DG. Maintenance of EMG activity and loss of force output with Instability. J Strength Cond Res. 2004; 18 (3): 637-640.
  23. Ferreira BLA, Pereira WM, Rossi LP, Kerpers II, Rodrigues de Pa A Jr .Analysis of electromyographic activity of ankle muscles on stable and unstable surfaces with eyes open and closed. J of Bodyw Mov Ther. 2011; 15(4): 496-501.
  24. Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. Sports Med. 2005; 35(1): 43-53.
  25. Clark VM, Burden AM. A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle. Phys Ther in sport. 2005; 6(4):11-7.
  26. Kang JH. Analysis of Electromyographic Activities of Ankle Muscles at Different Levels of Instability of Unstable Surfaces. J Phys Ther Sci. 2012; (24), 1333–1335.
  27. Cug M, Duncan A, Wikstrom E. Comparative effects of different balance-training progression styles on postural control and ankle force production: A Randomized controlled trial. J Athl Train. 2016; 51(2):101-10.
  28. Lawrence DSV. Special Needs. Available from: [http://www.saturnv.co.uk/special\\_needs/benefits.shtml](http://www.saturnv.co.uk/special_needs/benefits.shtml). 2004.
  29. Ross AL, Hudson JL. Efficacy of a mini- trampoline program for improving the vertical jump. Biomechanics in Sports. 1997; 63- 69.
  30. Brown CN, Padua D A, 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.

31. Hoch MC, Farwell KE, Gaven SL, Weinhandl JT. Weight-bearing dorsiflexion range of motion and landing biomechanics in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2015; 50(8):833-9.
32. Willardson JM. Developing the core. *Human Kinitics* 2014.
33. Kim KJ. Impact of Combined Muscle Strength and Proprioceptive Exercises on Functional Ankle Instability. *J Int Aca Phys Ther Res.* 2013; 4(2):600-4.
34. Dill KE, Begalle RL, Frank BS, Zinder SM, Padua DA. Alter knee and ankle Kinematics during squatting in those with limited weight-bearing –lunge ankle-dorsiflexion range of motion. *J Athr Train.* 2014; 49(6):723-32.
35. Ha SY, Han JH, Sung YH. Effects of ankle strengthening exercise program on an unstable supporting surface on proprioception and balance in adults with functional ankle instability. *Journal of Exercise Rehabilitation.* 2018; 14(2):301-305.
36. Carlos LF, Ezequiel R, Alexis PC and et al. Effects of Core Strength Training Using Stable and Unstable Surfaces on Physical Fitness and Functional Performance in Professional Female Futsal Players. *J Hum Kinet.* 2018; 65: 213–224.
37. Granacher U, Schellbach J, Klein K, Prieske O. Effects of core strength training using stable versus unstable surfaces on physical fitness in adolescents: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation.* 2014; 6:40.
38. Horvath DM Kidgell DJ, Jackson BM, Seymour PJ. Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(2):466-9.
39. Tay ZM, Kee YH, Kong PW, Lin WH. Trampoline versus Resistance Training in Young Adults: Effects on Knee Muscles Strength and Balance. *Research Quarterly for Exercise and Sport.* 2019. DOI: 10.1080/02701367.2019.1616045.
40. Sharma N, Sharma A, Sandhu JS. Functional performance testing in athletes with functional ankle instability. *Asian J Sports Med.* 2011; 2(4), 249-58.
41. Kulas A, Zalewski P, Hortobagyi T, Davit P. Effects of added trunk load and corresponding trunk position adaptations on lower extremity biomechanics during drop landings. *J Biomech.* 2008; 41(1), 180-5.
42. McCaskey A. The effects of core stability training on star excursion balance test and global core muscular endurance. University of Toledo. 2011.
43. Remple MS, Rochelle M, Bruneau PM, Vanden B, Crystal G, Jeffrey AK. Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: Evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization. *Behavioral Brain Research.* 2001; 123(2), 1 33-41.
44. Behm D, Juan CC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *J Sports Phy Ther.* 2012; 7(2), 226.
45. Lloyd FM. A Pilot Study into the Effect of Rebound Therapy on the Behavior of Adults with Moderate Profound Learning Disabilities. *Br J Occup Ther.* 2002; 65, 122-7.

46. Park D S, Lee G C. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2014; 11: 99-103.
47. Hoch MC, Grindstaff TL. Effectiveness of joint mobilization in patients with chronic ankle instability: a review of the literature. Athl Trai sports Health Care. 2012; 4(5), 237-44.

نسخه پیش از انتشار