

Research Paper

The Effects of Core Stability Training on Stable and Unstable Surfaces on Sensorimotor Function of Ankle in Athletes with Chronic Ankle Instability**S. Alizamani¹, Gh. A. Ghasemi², Sh. Lenjan Nejadian³**

1. Ph.D. Student, Department of Corrective Exercise and Sport Injuries, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
2. 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.

Received Date: 2022/07/06**Accepted Date: 2022/11/21****Abstract**

The purpose of this study 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 quasi-experimental study, thirty athletes with CAI in the age range of 18-30 years participated in this study. The participants were purposively selected and assigned randomly into three groups of 10 people, i.e., 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 ($p_s \leq 0.022$). However, in the proprioception, there were no significant difference between the SG and the CG ($p=0.54$). 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 recommended performing these exercises as a training intervention for people with chronic ankle instability.

Key words: Chronic Ankle Instability, Proprioception, Trampoline, Muscle Torque.

1. Email: s.alizamani95@yahoo.com

2. Email: gh.ghasemi@spr.ui.ac.ir

3. Email: sh.lenjani@spr.ui.ac.ir



Extended Abstract

Background and Purpose

Chronic ankle instability (CAI) is a common injury among athletes. This injury is not usually cured completely and may be reversible (1). Based on previous studies, 74 percent of such people get afflicted with chronic ankle instability (CAI) and side effects such as the feeling of ankle instability, pain, inflammation, and ankle sensory-motor disorders (muscular weakness, balance problems, and proprioception issues) (2,3). The studies have reported the reduced dorsiflexion range of motion, impairment of proprioception, and decreased muscle strength of the ankle in people with CAI. Accordingly, various protocols have been proposed for rehabilitating acute and chronic ankle injuries and improving the performance of individuals with CAI (4, 5). The aim of this study was to examine the effects of 8-week core stability training on stable and unstable surfaces on ankle muscular strength, proprioception, and dorsiflexion range of motion (ROM) in athletes with CAI.

Materials and Methods

The statistical population of this study consisted of female volleyball players who were selected from all universities in Isfahan city and were of the same competitive level. In total, 47 subjects with a history of CAI participated voluntarily in this study 36 out of whom were purposively selected as the statistical sample based on the inclusion criteria. The subjects were divided into three groups: the control group (CG), unstable surface group (trampoline) (UG) and stable surface group (ground) (SG). Finally, the data for 30 participants were analyzed. After the subjects signed the informed consent form, their demographic data including height, weight, age, and sports history were collected. Then, the dorsiflexion ROM, proprioception, as well as the functional strength of inverter, evertor, dorsiflexion, plantar flexion muscles of all subjects in the three groups were measured. Following the pretest, the subjects of both training groups (UG and SG) performed the core stability exercise protocol for 8 weeks. Each week consisted 3 sessions of 30 to 50 minutes (6). Both training groups completed the same exercises but on different surfaces, i.e. the UG on trampoline and SG on the ground. The subjects in the CG received no special training. However, they were instructed to continue their daily routine activities and maintain their current level of physical activity. At the end of the exercise protocol, the post-test was conducted under the same conditions as the pre-test. The testers were blind to the group (control or training) each subject allocated to. In this study, the Isokinetic Biodex System was used to measure the maximum torque to determine the muscle strength and the proprioception of the ankle. In order to measure ankle



dorsiflexion ROM, a standard 360⁰ goniometer was used. One-way ANOVA and Holm-Bonferroni post hoc test were used to evaluate the data ($p \leq 0.05$).

Findings

The results of the between-groups comparison of peak torque at an angular velocity of 60° are as follows. Significant differences were shown for plantar flexion ($p < 0.001$, $\omega^2 = 0.52$), dorsiflexion ($p < 0.001$, $\omega^2 = 0.51$), inversion ($p < 0.001$, $\omega^2 = 0.54$), and eversion ($p < 0.001$, $\omega^2 = 0.48$). The results of post-hoc tests showed significant increases in UG (plantar flexion ($p < 0.001$, Cohen's $d = 2.74$), dorsiflexion ($p < 0.001$, Cohen's $d = 2.48$), inversion ($p < 0.001$, Cohen's $d = 2.59$), and eversion ($p < 0.001$, Cohen's $d = 2.43$)), and in SG (plantar flexion ($p = 0.006$, Cohen's $d = 1.35$), dorsiflexion ($p = 0.016$, Cohen's $d = 1.05$), inversion ($p = 0.005$, Cohen's $d = 1.39$), and eversion ($p = 0.019$, Cohen's $d = 1.09$)) compared with the CG. There were also significant increases in UG (plantar flexion ($p = 0.013$, Cohen's $d = -1.25$), dorsiflexion ($p = 0.007$, Cohen's $d = -1.67$), inversion ($p = 0.010$, Cohen's $d = -1.41$), and eversion ($p = 0.019$, Cohen's $d = -1.42$)), compared with SG (Table 1).

The proprioception showed significant differences between the groups ($p < 0.001$, $\omega^2 = 0.52$). Moreover, the results of post-hoc tests showed significant decreases in UG compared with SG ($p = 0.002$, Cohen's $d = 2.67$), and CG ($p < 0.001$, Cohen's $d = -2.22$). However, there were no significant decrease in SG ($p = 0.54$, Cohen's $d = -0.80$) compared to CG (Table 1).

The dorsiflexion ROM showed significant differences between the groups ($p < 0.001$, $\omega^2 = 0.44$). The results of post-hoc tests showed significant increases in UG ($p < 0.001$, Cohen's $d = 2.04$) and SG ($p = 0.022$, Cohen's $d = 1.17$) compared with CG. There were also significant increases in UG ($p = 0.026$, Cohen's $d = -1.27$) compared with SG (Table 1).

Table 1. The results of post-hoc test of Holm-Bonferroni

Variable	Group		t	p_{holm}	Cohen's d
Plantar flexion(N-M)	SG	UG	2.66	0.013*	-1.25
		CG	3.25	0.006**	1.35
	UG	CG	5.91	<0.001**	2.74
Dorsiflexion(N-M)	SG	UG	3.22	0.007**	-1.67
		CG	2.56	0.016*	1.05
	UG	CG	5.77	<0.001**	2.48
Inversion(N-M)	SG	UG	2.78	0.010*	-1.41
		CG	3.30	0.005**	1.39
	UG	CG	6.09	<0.001**	2.59



Table 1. The results of post-hoc test of Holm-Bonferroni

Cohen's d	Variable	Group	t	p_{holm}	Cohen's d
Eversion(N-M)	SG	UG	2.64	0.019*	-1.42
		CG	2.79	0.019*	1.09
	UG	CG	5.43	<0.001**	2.43
Proprioception(°)	SG	UG	3.74	0.002**	2.67
		CG	2.01	0.54	-0.80
	UG	CG	5.75	<0.001**	-2.22
Dorsiflexion (ROM)(°)	SG	UG	2.36	0.026*	-1.27
		CG	2.72	0.022*	1.17
	UG	CG	5.08	<0.001**	2.04

Note: * $p < .05$, ** $p < .01$ UG: unstable-surface group; SG: stable-surface group; CG: control group.

Conclusion

The results of the present study showed that performing core stability exercises could have a positive effect on muscular strength, proprioception, and dorsiflexion ROM in the ankle in athletes with CAI. More progress was observed in the training group on trampoline surface. When such results are put together, it can be seen that core stability exercises applied on trampoline surface may be presented as a more effective treatment method for enhancing the muscular strength in the ankle, dorsiflexion ROM, and proprioceptive sense in athletes with CAI.

Keywords: Chronic Ankle Instability, Proprioception, Trampoline, Muscle Torque.

Article Message

- According to the findings of this study, increasing the stability of the central area of the body is effective in preventing and reducing ankle sprains. Therefore, physicians and therapists can use core stability exercises in rehabilitation of people with CAI.
- According to the findings of this study, trampoline as an unstable surface is suitable for rehabilitation of people with CAI.
- According to the findings of this study, performing exercises on trampoline surface is more effective in improve proprioception in people with CAI.



References

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. Munn J, Beard DJ, Refshauge KM, lee RY. Eccentric muscle strength in functional ankle instability. Med Sci Sports Exerc. 2003; 35(2):245-50.
5. Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y. The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injure. Bio Med Res Int. 2015; 1-8.
6. Willardson JM. Developing the core. Human Kinitics 2014.



مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات ثبات مرکزی در سطح پایدار و ناپایدار بر عملکرد حسی-حرکتی مچ پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا

سمیه علی‌زمانی^۱، غلامعلی قاسمی^۲، شهرام لنجان‌نژادیان^۳

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

تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۸/۳۰

تاریخ ارسال ۱۴۰۱/۰۴/۱۵

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثرگذاری هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی روی سطوح پایدار و ناپایدار بر گشتاور عضلانی، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن مچ پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا انجام شد. در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۰ ورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا با دامنه سنی ۱۸ تا ۳۰ سال، به صورت هدفمند انتخاب شدند و به صورت تصادفی در سه گروه ده‌نفره تمرین در سطح ناپایدار، تمرین در سطح پایدار و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه تمرین در سطح ناپایدار و پایدار برنامه تمرینات ثبات مرکزی را به طور مشابه انجام دادند. از تحلیل واریانس یک‌راهه و مقایسه‌های چندگانه به روش هولم-بنفرونی برای تحلیل داده‌ها استفاده شد ($P \leq 0.05$). یافته‌های مطالعه نشان داد، در تمام پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، گروه تمرین در سطح ناپایدار در مقایسه با گروه‌های تمرین در سطح پایدار و کنترل تفاوت معناداری داشت ($P \leq 0.026$). همچنین نتایج نشان داد، گروه تمرین در سطح پایدار در پارامترهای گشتاور عضلانی و دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن پیشرفت معناداری در مقایسه با گروه کنترل داشت ($P \leq 0.022$)، ولی بین حس عمقی گروه تمرین در سطح پایدار و گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت ($P = 0.54$). با توجه به نتایج پژوهش، به نظر می‌رسد انجام تمرینات ثبات مرکزی روی سطح ترامپولین تأثیر بیشتری بر بهبود پارامترهای

1. Email: s.alizamani95@yahoo.com

2. Email: gh.ghasemi@spr.ui.ac.ir

3. Email: sh.lenjani@spr.ui.ac.ir



اندازه‌گیری شده در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد؛ بنابراین انجام این تمرینات به‌عنوان یک گزینه درمانی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: ناپایداری مزمن مچ پا، حس عمقی، ترامپولین، گشتاور عضلات.

مقدمه

مچ پا آسیب‌پذیرترین مفصل بدن شناخته شده است. مطالعات نشان می‌دهد، پیچ‌خوردگی مچ پا^۱ با شیوع ۲۵ درصد از کل آسیب‌های ورزشی، یکی از رایج‌ترین آسیب‌های ورزشی در بین ورزشکاران به‌ویژه والیبالیست‌ها، بسکتبالیست‌ها و فوتبالیست‌هاست (۱). این آسیب معمولاً به‌طور کامل درمان نمی‌شود و برگشت‌پذیر است. براساس مطالعات، ۷۴ درصد از این افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا^۲ (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 (۳، ۲). تغییر عملکرد مچ پا به‌دنبال اختلالات در ساختار مچ پا می‌تواند به نقص در کنترل حس عمقی و ثبات مکانیکی مچ پا منجر شود که به‌طور کلی به‌عنوان «بی‌ثباتی مزمن مچ پا» تعریف می‌شود (۴).

پژوهش‌های زیادی کاهش دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن، نقص در حس عمقی و کاهش قدرت عضلانی را در افراد دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا گزارش کرده‌اند (۵، ۶)؛ بر این اساس، پروتکل‌های مختلف 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^۳ و همکاران در پژوهش خود به اثربخشی برنامه تمرینی مرتبط با حس عمقی در بهبود آسیب بی‌ثباتی مزمن مچ پا اشاره کردند (۷). عباسی و همکاران به مقایسه سه نوع تمرینات عملکردی (هایپینگ)، اکسترفانکشنال (ثبات مرکزی) و ترکیبی بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا پرداختند که نتایج بیانگر تأثیر معنادار تمرینات عملکردی (هایپینگ) بر تعادل پویای این افراد بود (۸). کیم^۴ و همکاران نیز به مقایسه تأثیر تمرینات قدرتی با تمرینات ترکیبی (قدرتی و حس عمقی)

1. Ankle Sprain
2. Chronic Ankle Instability
3. Schifftan
4. Kim



بر قدرت عضلات مچ پا افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی پرداختند که نتایج تأثیر بیشتر تمرینات ترکیبی را نشان داد (۹).

مکانیک مچ و آسیب آن بارها مطالعه شده است و مطالعات نشان‌دهنده ارتباط مکانیک مچ و مفاصل پروگزیمال است (۱۰-۱۲). پژوهشگران برای ارزیابی مکانیک مفصل به ناحیه دیستال و پروگزیمال نسبت به محلی که آسیب روی می‌دهد، تمرکز کرده‌اند. این امر به‌طور عمده به دلیل زنجیره حرکتی فعالیت ورزشی است (۱۳). طبق اصل زنجیره حرکتی در الگوهای حرکتی عملکردی، مفاصل و عضلات بر یکدیگر اثر متقابل می‌گذارند و همانند یک‌سری از زنجیره‌های بهم‌پیوسته عمل می‌کنند که حرکت یک جزء باعث تأثیر بر اجزای پروگزیمال و دیستال می‌شود (۱۴). ناحیه مرکزی بدن به‌عنوان مرکز زنجیره حرکتی-عملکردی انجام وظیفه می‌کند. این ناحیه پایه تمام حرکات اندام‌هاست و می‌تواند بر عملکرد هر دو بخش پروگزیمال و دیستال بدن تأثیر بگذارد (۱۵).

نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد، ضعف عضلات ناحیه مرکزی نسبتی مستقیم با وقوع بیشتر آسیب در اندام تحتانی دارد؛ به‌ویژه در ورزش‌هایی که برای انجام آن‌ها به پرش، جهش و دویدن‌های سریع نیاز است (۱۶). ضعف در عضلات ناحیه مرکزی بدن به از دست رفتن راستای صحیح ناحیه کمری-لگنی منجر می‌شود؛ در نتیجه عضلات اندام تحتانی که به این ناحیه متصل هستند، به‌علت تغییر رابطه طول-تنش مناسب دچار کاهش کارایی مناسب و مستعد آسیب می‌شوند (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 می‌دهد (۱۶). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد، میزان قدرت و استقامت عضلات ثبات‌دهنده مرکزی در افراد با آسیب‌های اندام تحتانی کمتر از افراد بدون سابقه آسیب است (۱۸). این یافته‌ها با نظریه زنجیره حرکتی بسته مطابقت دارد. براساس این نظریه، قدرت و ثبات سگمان‌های فوقانی در کنترل سگمان‌های تحتانی و جلوگیری از آسیب ضروری است و چنانچه یکی از مفاصل فوقانی عملکردی مناسب نداشته باشد، سایر مفاصل نیز درگیر خواهند شد (۱۹)؛ بنابراین اگرچه ماهیت حقیقی بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تاکنون مشخص نشده است، مدارکی دال بر اختلالات عضلانی و حس عمقی وجود دارد (۹، ۵)؛ بر این اساس، پژوهش‌های زیادی به بررسی اثر تمرینات مختلف بر بهبود حس عمقی و قدرت عضلانی مچ پا پرداخته‌اند (۹، ۶، ۵) و تمرینات حس عمقی را برای توان‌بخشی مچ پا ضروری ذکر کرده‌اند که معمولاً شامل انجام تمرینات روی سطوح ناپایدار می‌شود (۲۰).

انجام تمرینات در سطوح ناپایدار جنبه‌های مهمی در توان‌بخشی اختلالات عصبی-عضلانی دارد و باعث ایجاد هماهنگی و به‌کارگیری مناسب الگوهای عصبی-عضلانی می‌شود (۲۱). مطالعات نشان



داده‌اند، انجام تمرینات درحالی‌که روی سطوح ناپایدار قرار می‌گیرد، در مقایسه با انجام تمرین‌های مشابه در شرایط پایدار، باعث افزایش فعالیت عضلات مرکزی می‌شود (۲۲). همچنین ادعا شده است که تمرین روی سطوح ناپایدار سیستم حسی در عضلات و مفاصل را تحریک می‌کند و سیستم اسکلتی عضلانی را در مقایسه با تمرینات روی سطوح پایدار با چالش بیشتری مواجه می‌کند. علاوه بر این، با تحریک مفصل در صفحات متعدد و ایجاد تغییرات سریع در امتداد رباط‌ها، آوران‌ها و واکنش‌های رفلکس حرکتی را تحریک می‌کنند تا پایداری سریع مفصل ایجاد شود (۲۱).

فریبا^۱ و همکاران با تحلیل 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، به‌ویژه با چشمان بسته می‌شود و منبعی باارزش در توان بخشی حس حرکتی محسوب می‌شود (۲۳). به‌طور کلی، مطابق با مفهوم ویژگی تمرین، تمرین در وضعیت‌های ناپایدار می‌تواند با ایجاد شرایطی شبیه به فعالیت‌های روزانه در محیط زندگی، کار و محیط‌های ورزشی انتقال مؤثرتری از سازگاری‌های تمرینی را فراهم کند. مطالعات نشان داده‌اند، ورزش روی سطوح ناپایدار می‌تواند برای افزایش فعالیت‌های عضلانی به‌منظور افزایش کارایی فعالیت‌های ورزشی به‌صورت کنترل‌شده استفاده شود (۲۴). برخی از مطالعات اثرات ورزش را بر سطوح ناپایدار مانند تخته تعادل (۲۵)، دیسک مچ پا (۲۶) و توپ سوئیسیال (۲۷) بررسی کرده‌اند. در پژوهش حاضر از ترامپولین به‌عنوان یک سطح ناپایدار برای انجام تمرینات ناحیه مرکزی استفاده شده است. لارنس^۲ ترامپولین را وسیله‌ای ایمن و مفید برای تمرین همه قسمت‌های بدن معرفی می‌کند (۲۸). در فرایندهای توان بخشی از ریباندتراپی به‌عنوان روشی مثبت برای افزایش تعادل، قدرت عضلانی، پرش عمودی و همچنین بالابردن سطوح سلامتی و بهبود آسیب‌ها در برنامه‌های تمرینی و بازتوانی استفاده می‌شود (۲۹). همچنین توسعه واکنش‌های محافظتی، افزایش حس عمقی، بهبود کنترل سر و بهبود پوسچر بدنی از دیگر مزایای این روش تمرینی است (۲۹). به‌تازگی به‌کارگیری تمرین روی انواع سطوح ناپایدار پیشرفت زیادی را در مباحث بازتوانی داشته است (۲۴، ۲۰). از طرفی تقویت عضلات بخش مرکزی بدن نیز عامل مهمی برای فعالیت‌های روزانه، عملکرد ورزشی و بازتوانی محسوب می‌شود. همچنین بیشتر پژوهش‌ها به بررسی تمرینات موضعی مختلف بر ابعاد مختلف عملکرد و حس عمقی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته‌اند؛ درحالی‌که تمرینات باید جامع باشد و ناحیه مرکزی بدن را که ثبات در

1. Ferreira
2. Lawrence



حرکت را فراهم می‌کند، شامل شود؛ بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تأثیر 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 به توان بخشی سرعت دهد و عملکرد آن‌ها را بهبود بخشد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و طرح پژوهش پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. زنان والیبالیست ۱۸ تا ۳۰ سال مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در شهر اصفهان با سابقه حداقل پنج سال ورزش منظم، جامعه آماری پژوهش را تشکیل دادند. از بین آن‌ها، ۳۶ آزمودنی به صورت هدفمند براساس معیارهای ورود به پژوهش انتخاب شدند 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، شش نفر انصراف دادند و مداخله تمرین را ادامه ندادند که در نهایت اطلاعات ۳۰ نفر تجزیه و تحلیل شد. برای تعیین حداقل تعداد نمونه پژوهش، از نرم‌افزار برآورد حجم نمونه جی‌پاور^۱ برای توان آزمون ۰/۸۵، اندازه اثر ۰/۷۰ و سطح معناداری ۰/۰۵ شد استفاده و تعداد حداقل ۱۰ نفر برای هر گروه تعیین شد.

معیارهای ورود آزمودنی‌ها به پژوهش عبارت بودند از: ۱. کسب امتیاز کمتر یا مساوی با ۹۰ درصد در پرسشنامه شاخص ناتوانی مچ پا؛ ۲. امتیاز کمتر یا مساوی با ۸۰ درصد در پرسشنامه شاخص ورزشی ناتوانی مچ پا؛ ۳. سابقه ابتلا به پیچ‌خوردگی یک‌طرفه مچ پا حداقل ۱۲ ماه قبل از مطالعه که به درد، تورم و فقدان عملکرد منجر شده باشد؛ ۵. سابقه حداقل دو بار عود ضایعه یا احساس بی‌ثباتی یا همان خالی شدن پای درگیر در شش ماه گذشته (۳۱، ۳۰). معیارهای خروج آزمودنی‌ها از پژوهش عبارت بودند از: ۱. سابقه پیچ‌خوردگی مچ پا در شش هفته قبل از شروع پژوهش؛ ۲. سابقه شکستگی یا جراحی اندام تحتانی؛ ۳. سابقه دیگر آسیب‌های عضلانی-اسکلتی در شش هفته قبل از شروع پژوهش؛ ۴. حضور نامنظم در جلسات تمرینی (۳۱، ۳۰).

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،

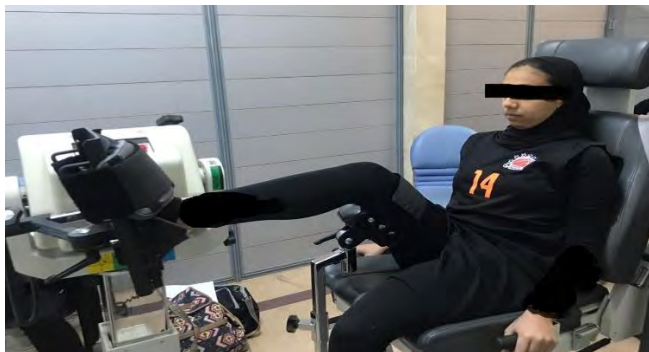
1. G*Power



وزن، سن و سابقه ورزشی در فرم جمع‌آوری اطلاعات ثبت شد. سپس دامنه حرکتی دورسی فلکشن، حس عمقی و گشتاور عضلات اینورتور، اورتور، دورسی فلکشن و پلنٹار فلکشن 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 هشت هفته و هر هفته سه جلسه به مدت ۳۰ تا ۵۰ دقیقه به‌طور مشابه اجرا کردند؛ با این تفاوت که گروه تمرین در سطح ناپایدار تمرینات را روی ترامپولین و گروه تمرین در سطح پایدار تمرینات را در سطح زمین انجام دادند (جدول شماره یک) (۳۲) و گروه کنترل فعالیت روزمره خود را انجام دادند. پس از پایان دوره تمرینی، پس‌آزمون با شرایط پیش‌آزمون برای هر سه گروه انجام شد. آزمونگرها دربارهٔ آزمودنی‌های گروه‌های مداخله و کنترل کور شدند.

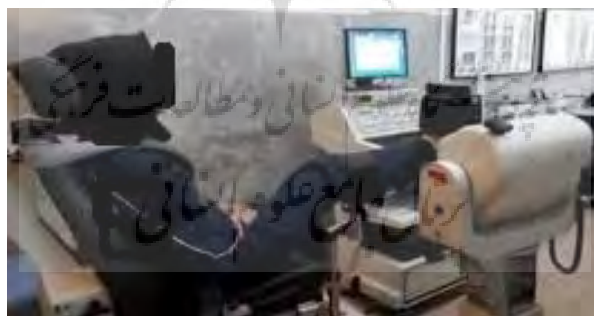
اندازه‌گیری گشتاور عضلانی: برای ارزیابی گشتاور عضلات دورسی فلکشن، پلنٹار فلکشن، اینورژن و اورژن مچ پا از دستگاه ایزوکنٹیک مدل بایودکس سه (ساخت نیویورک ایلات متحده) استفاده شد. برای ارزیابی گشتاور عضلات دورسی فلکشن و پلنٹار فلکشن، حرکت از ۴۰ درجه پلنٹار فلکشن شروع شد و به سمت ۲۰ درجه دورسی فلکشن ادامه پیدا کرد و دوباره به پلنٹار فلکشن برگشت. ارزیابی گشتاور عضلات اینورژن و اورژن تست‌گیری از ۳۰ درجه اینورژن شروع شد و به سمت ۲۰ درجه اورژن ادامه یافت و دوباره به اینورژن برگشت. نحوه تست‌گیری به این صورت بود که آزمودنی روی صندلی با زاویه پشت ۳۰ درجه نشست و پا را در محل تعیین‌شده قرار داد؛ به‌طوری‌که زاویه زانو ۲۰ تا ۳۰ درجه و هم‌راستای مرکز مچ پا باشد. گشتاور عضلات به ورت کانسنتریک در سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه با هدف شبیه‌سازی حرکات مچ پا در فعالیت‌های روزانه مثل راه‌رفتن ارزیابی شد (شکل شماره یک). سه ارزیابی برای هر یک از حرکات مچ پا انجام شد و میانگین گشتاور هر یک از آن‌ها برای تحلیل در نظر گرفته شد (۳۳).





شکل ۱- اندازه‌گیری گشتاور عضلات

اندازه‌گیری حس عمقی: برای ارزیابی حس عمقی فعال میچ پا از دستگاه ایزوکنتیک مدل بایودکس سه (ساخت نیویورک ایالت متحده) استفاده شد؛ به این صورت که آزمودنی‌ها با چشم‌های بسته در وضعیت توصیه‌شده برای ارزیابی حس عمقی میچ پا شامل زانو در زاویه ۲۰ تا ۳۰ درجه و میچ پا در وضعیت خنثی قرار گرفتند. سپس آزمودنی‌ها به‌طور فعال میچ پا را از وضعیت خنثی به سمت زاویه هدف (۱۵ درجه اینورژن) حرکت دادند و به مدت پنج ثانیه در این زاویه نگه داشتند (شکل شماره دو). بعد از اینکه آزمودنی‌ها سه مرتبه آزمون را تمرین کردند، سه آزمون اصلی به صورت فشار دادن دکمه دستگاه به محض احساس رسیدن به زاویه هدف انجام شد. میانگین میزان خطاهای بازسازی زاویه برای تحلیل در نظر گرفته شد (۳۳).



شکل ۲- اندازه‌گیری حس عمقی

اندازه‌گیری دامنه حرکتی دورسی فلکشن: برای ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن میچ پا از گونیامتر استاندارد ۳۶۰ درجه (ساخت بلژیک، به طول ۳۰ سانتی‌متر) استفاده شد. نحوه اندازه‌گیری به این



صورت بود که درحالی‌که فرد در وضعیت طاق‌باز روی تخت با زانوی صاف و مچ پا در وضعیت خمی قرار گرفته بود، مچ پا به صورت غیرفعال به دورسی فلکشن حرکت داده شد تا اولین مقاومت احساس شود (۳۴).

با توجه به ویژگی‌های طرح پژوهش، برای ارزیابی تغییرات بین گروهی از تحلیل واریانس یک‌راهه^۱ استفاده شد. در گزارش تحلیل واریانس شاخص اندازه اثر مربع امگا (ω^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^۲ به روش هولم-بونفرونی^۳ استفاده شد. در آزمون تی شاخص اندازه اثر کوهن^۴ به کار رفت.

این مطالعه زیر نظر کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان و با مجوز صادرشده از سوی این کمیته به شماره IR.UI.REC.1398.080 انجام شد.

جدول ۱- برنامه تمرینی تمرینات ثبات مرکزی

تمرین	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	هفته هفتم	هفته هشتم
چرخش روسی	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
کوهنوردی با پرتاب پا	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
پلاتک بصورت دمر	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
چرخش در حالت نشسته با توپ مدیسنیال	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
خم‌شدن جانبی با دمبل	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
حرکت‌دادن وزنه به صورت قفطری	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
اسکات پا باز با دست‌های بالای سر	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار	۲۵×۲ تکرار	۲۵×۳ تکرار
راه‌رفتن در پوزیشن لانچ با توپ همراه با چرخش تنه	.....	.....	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۲ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار
پرتاب توپ مدیسنیال از زیر دست	.....	.....	۱۰×۲ تکرار	۱۰×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۱۵×۳ تکرار	۲۰×۲ تکرار	۲۰×۳ تکرار

1. One-Way ANOVA
2. Family-Wise Type I Error
3. Holm-Bonferroni
4. Cohen's *d*



نتایج

در جدول شماره دو، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها ارائه شده است. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی سه گروه با آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه مقایسه شد. با توجه به اینکه هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت، می‌توان آن‌ها را از حیث جمعیت‌شناختی همگن در نظر گرفت.

جدول ۲- ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌های پژوهش (انحراف استاندارد \pm میانگین)

متغیر	گروه تمرین سطح ناپایدار (۱۰ نفر)	گروه تمرین سطح پایدار (۱۰ نفر)	گروه کنترل (۱۰ نفر)	F	P
سن (سال)	۲۲/۵۰ \pm ۲/۶۳	۲۲/۱۰ \pm ۲/۷۶	۲۲/۶۰ \pm ۲/۹۱	۰/۰۹۱	۰/۹۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۰/۸۰ \pm ۳/۹۱	۱۶۷/۶۳ \pm ۲/۸۳	۱۶۸/۹۰ \pm ۳/۸۴	۱/۳۲	۰/۲۸
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۴۰ \pm ۲/۸۷	۶۸/۶۰ \pm ۲/۳۶	۶۹/۴۰ \pm ۳/۰۲	۲/۰۴	۰/۱۵
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/مترمربع)	۲۳/۱۳ \pm ۱/۳۶	۲۴/۴۵ \pm ۱/۳۰	۲۴/۳۶ \pm ۱/۶۰	۲/۶۵	۰/۰۹۰

مقایسه گشتاور عضلات مچ پا (دورسی فلکسور، پلنتر فلکسور، اینورتور و اورتور)، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن شرکت‌کنندگان سه گروه در پیش‌آزمون نشان داد، بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت ($F(2,27) < 1, P > 0/05$) (جدول شماره سه).

بنابراین با توجه به معنادار نبودن تفاوت بین متغیرهای اندازه‌گیری شده سه گروه در پیش‌آزمون، برای تعیین اثر تمرینات ثبات مرکزی از آزمون F به روش تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد. نتایج این تحلیل نشان داد، در پس‌آزمون بین عملکرد شرکت‌کنندگان گروه‌های سه‌گانه تفاوت معنادار وجود داشت ($F(2,27) > 1, P < 0/05$) (جدول شماره سه).



جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد متغیرها در پیش و پس از اعمال مداخله‌های تمرینی به‌همراه مقادیر گروه کنترل با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه

متغیر	مرحلهٔ آزمون	گروه		F(۲،۲۷)	p	ω^2
		سطح ناپایدار	سطح پایدار			
گشتاور دورسی فلکشن (نیوتن-متر)	پیش‌آزمون	۲۰/۳±۱۷/۲۳	۲۰/۴±۷۹/۴۶	۲۱/۴±۲۹/۶۰	۰/۱۸	۰/۰۰۰
	پس‌آزمون	۲۸/۲±۶۵/۴۵	۲۴/۲±۲۲/۸۱	۲۰/۳±۷۰/۸۰	۱۶/۷۶	۰/۰۰۱*
گشتاور پلنتار فلکشن (نیوتن-متر)	پیش‌آزمون	۳۰/۵±۵۵/۰۸	۳۱/۵±۹۵/۵۲	۲۹/۴±۵۸/۶۴	۰/۵۵	۰/۰۰۰
	پس‌آزمون	۴۱/۴±۳۹/۲۳	۳۵/۵±۲۲/۵۱	۲۷/۵±۷۰/۶۲	۱۷/۵۴	۰/۰۰۱*
گشتاور اینورژن (نیوتن-متر)	پیش‌آزمون	۲۱/۳±۰۵/۵۸	۲۱/۴±۷۷/۴۸	۲۰/۳±۱۰/۷۷	۰/۴۴	۰/۰۰۰
	پس‌آزمون	۲۹/۳±۱۱/۱۱	۲۴/۳±۶۱/۲۳	۱۹/۴±۲۶/۳۷	۱۸/۵۸	۰/۰۰۱*
گشتاور اورژن (نیوتن-متر)	پیش‌آزمون	۱۵/۲±۸۶/۸۱	۱۶/۳±۶۱/۵۴	۱۵/۲±۲۷/۶۷	۰/۴۹	۰/۰۰۰
	پس‌آزمون	۲۲/۱±۵۲/۷۰	۱۹/۲±۱۸/۸۴	۱۵/۳±۶۴/۶۰	۱۴/۷۷	۰/۰۰۱*
حس عمقی (درجه)**	پیش‌آزمون	۸/۲±۹۲/۰۹	۷/۲±۷۰	۸/۳±۶۸/۲۳	۰/۶۸	۰/۰۰۰
	پس‌آزمون	۳/۱±۶۳/۳۰	۶/۱±۸۲/۰۷	۸/۲±۵۴/۸۴	۱۷/۰۶	۰/۰۰۱*
دامنه دورسی فلکشن (درجه)	پیش‌آزمون	۱۳/۲±۱۰/۰۸	۲±۱۴/۳۵	۱۳/۲±۸۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۰۰۰
	پس‌آزمون	۱۹/۲±۷۰/۲۶	۱۷/۱±۱۰/۸۰	۱۴/۳±۱۰/۱۴	۱۲/۹۴	۰/۰۰۱*

*: 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، روش هولم-بونفرونی انجام شد (جدول شماره چهار). نتایج این مقایسه‌ها نشان داد، بین میانگین گشتاور عضلات (دورسی فلکسور، پلنتار فلکسور، 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 ($p_{holm} < 0/01$) تفاوت معناداری وجود داشت. همچنین بین میانگین پارامترهای گشتاور عضلات (دورسی فلکسور، پلنتار فلکسور، اینورتور و اورتور) و دامنه حرکتی دورسی فلکشن گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل ($p_{holm} < 0/05$) تفاوت معناداری وجود داشت؛ درحالی‌که بین میانگین حس عمقی گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p_{holm} = 0/54$).



جدول ۴ - نتایج مقایسه‌های چندگانه با استفاده از روش هولم-بونفرونی برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون

متغیر	گروه	T	p_{holm}	Cohen's d
گشتاور	سطح پایدار	۳/۲۲	۰/۰۰۷*	۱/۶۷
دورسی فلکشن (نیوتن-متر)	سطح پایدار	۲/۵۶	۰/۰۱۶*	۱/۰۵
	سطح ناپایدار	۵/۷۷	۰/۰۰۱*	۲/۴۸
گشتاور پلنتار	سطح پایدار	۲/۶۶	۰/۰۱۳*	۱/۲۵
فلکشن (نیوتن-متر)	سطح پایدار	۳/۲۵	۰/۰۰۶*	۱/۳۵
	سطح ناپایدار	۵/۹۱	۰/۰۰۱*	۲/۷۴
گشتاور اینورژن (نیوتن-متر)	سطح پایدار	۲/۷۸	۰/۰۱۰*	۱/۴۱
	سطح پایدار	۳/۳۰	۰/۰۰۵*	۱/۳۹
	سطح ناپایدار	۶/۰۹	۰/۰۰۱*	۲/۵۹
گشتاور اورژن (نیوتن-متر)	سطح پایدار	۲/۶۴	۰/۰۱۹*	۱/۴۲
	سطح پایدار	۲/۷۹	۰/۰۱۹*	۱/۰۹
	سطح ناپایدار	۵/۴۳	۰/۰۰۱*	۲/۴۳
حس عمقی (درجه)	سطح پایدار	۳/۷۴	۰/۰۰۲*	۲/۶۷
	سطح پایدار	۲/۰۱	۰/۵۴	۰/۸۰
	سطح ناپایدار	۵/۷۵	۰/۰۰۱*	۲/۲۲
دامنه دورسی فلکشن (درجه)	سطح پایدار	۲/۳۶	۰/۰۲۶*	۱/۲۷
	سطح پایدار	۲/۷۲	۰/۰۲۲*	۱/۱۷
	سطح ناپایدار	۵/۰۸	۰/۰۰۱*	۲/۰۴

* تفاوت معنادار بین گروهی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، بررسی اثر گذار به شت هفته تمرینات ثبات مرکزی در دو سطح پایدار (سطح زمین) و ناپایدار (سطح ترامپولین) بر عملکرد حسی-حرکتی مچ پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود. گشتاور عضلات مچ پا (دورسی فلکسور، پلنتار فلکسور، اینورتور و اورتور)، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پای شرکت‌کنندگان ارزیابی شد. نتایج پژوهش نشان داد، انجام تمرینات ثبات مرکزی در دو سطح پایدار و ناپایدار اثرات مثبتی بر گشتاور عضلات، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا دارد. در مقایسه دو نوع سطح، نتایج نشان



داد که انجام هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی روی ترامپولین در مقایسه با انجام تمرینات روی سطح زمین تأثیر بیشتری بر بهبود پارامترهای اندازه‌گیری شده دارد. نتایج پژوهش حاضر در زمینه تأثیر انجام تمرینات مختلف روی سطوح ناپایدار و پایدار بر افراد دارای بی‌ثباتی مچ پا با نتایج این مطالعات هم‌راستا است: مطالعه^۱ و همکاران که تأثیر تمرینات تقویت مفصل مچ پا در سطح ناپایدار را بر حس عمقی و تعادل بزرگسالان با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بررسی کردند (۳۵) و مطالعه^۲ کلارک^۲ و همکاران که به بررسی تأثیر چهار هفته تمرینات روی تخته تعادل بر بهبود تأخیر فعال شدن عضلات^۳ در افراد دچار بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداختند (۲۵). نتایج پژوهش حاضر در زمینه مقایسه دو نوع تمرین با نتایج این پژوهش‌ها هم‌راستا است: مطالعه کارلوس^۴ و همکاران که به مقایسه تأثیر تمرینات بخش مرکزی با استفاده از سطوح پایدار و ناپایدار بر آمادگی بدنی و اجرای عملکرد در بازیکنان زن حرفه‌ای فوتسال پرداختند (۳۶)؛ پژوهش کاک^۵ و همکاران که تأثیر تمرینات تعادلی را بر کنترل پاسچر و نیروی تولیدی مچ پا بررسی کردند. نتایج تأثیر مثبت برنامه تمرینی چهار هفته‌ای بر سطح ناپایدار را بر تعادل ایستا، پویا و بهبود قدرت عضلات نشان داد (۲۷)، اما نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش گرانچر^۶ و همکاران که تأثیر تمرینات بخش مرکزی با استفاده از سطوح پایدار و ناپایدار را بر آمادگی بدنی نوجوانان بررسی کردند (۳۷)، در تناقض است. علت آن می‌تواند مدت زمان پروتکل، جنس و سن آزمودنی‌ها و نوع سطح استفاده‌شده باشد که با مطالعه حاضر متفاوت است. همچنین نتایج پژوهش در زمینه تأثیر انجام تمرینات مختلف بر ترامپولین با نتایج این مطالعات هم‌راستا است: مطالعه^۷ هورواش^۷ و همکاران که تأثیر شش هفته تمرینات تعادل روی مینی ترامپولین^۸ و دیسک^۹ را بر نوسان پوسچر در ورزشکاران با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بررسی کردند (۳۸)؛ پژوهش تای^{۱۰} و همکاران که به بررسی تأثیر تمرینات ترامپولین و مقاومتی بر قدرت و تعادل عضلات زانو در بزرگسالان جوان پرداختند (۳۹). نتیجه این مطالعات حاکی از

1. Ha
2. Clark
3. Onset Latency
4. Carlos
5. Cug
6. Granacher
7. Horvath
8. Mini-Trampoline
9. Dura Disc
10. Tay



مثبت بودن تأثیر 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، قدرت و استقامت عضلات ثبات‌دهنده مرکزی در افراد با آسیب‌های اندام تحتانی کمتر از افراد بدون سابقه آسیب است (۱۸). عضلات مرکزی قوی‌تر ثبات بیشتری را در ناحیه تنه ایجاد می‌کنند و این عامل اندام تحتانی را برای تحرک‌پذیری آماده می‌کند. 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 هم‌انقباضی عضلات شکمی با اکستنسورهای کمری فراهم می‌کند و به دنبال آن توانایی برای انجام فعالیت‌های عملکردی افزایش بیشتری می‌یابد (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 شده بر مفصل مچ پا شده و باعث بهبود عملکرد فرد می‌شود (۴۰)؛ به عبارت دیگر، براساس اصل زنجیره حرکتی، بهبود عملکرد ناحیه مرکزی می‌تواند بر عملکرد سایر اجزای این زنجیره حرکتی تأثیرگذار باشد (۴۱)؛ بنابراین در ارتباط با مکانیسم تأثیر انجام تمرینات ثبات مرکزی بر مفصل مچ پا می‌توان گفت، با توجه به قرارگیری مرکز ثقل در این ناحیه، تقویت عضلات این ناحیه باعث بهبود کنترل عصبی-عضلانی و جابه‌جایی کمتر مرکز ثقل به خارج از سطح اتکا و کاهش نوسانات و بهبود حفظ تعادل می‌شود (۱۷). همچنین با توجه به اینکه بدن انسان از سیستم‌های مرتبط و عضلات دومفصلی بسیاری تشکیل شده است، حرکات و موقعیت تنه می‌تواند بر عملکرد عضلات ران و همچنین بیومکانیک اندام تحتانی از جمله مچ پا تأثیر بگذارد. هرگونه اختلال در عملکرد این عضلات باعث اعمال فشار بیش از حد به مفاصل اندام‌ها از جمله مچ پا می‌شود و احتمال بروز آسیب را افزایش می‌دهد (۴۲).

با انجام تمرینات ثبات مرکزی، علاوه بر تأکید بر ویژگی‌های این گونه تمرینات، گروه تمرین روی ترامپولین از فواید تمرین بر سطح ناپایدار در افزایش قدرت ناشی از بسیج مناسب واحدهای حرکتی و زمان‌بندی فعالیت عصبی-عضلانی و ویژگی‌های ذاتی عضلات استفاده می‌کند (۴۳). پژوهش‌ها نشان داده‌اند، استفاده از سطح ناپایدار در تمرینات، قدرت عضلانی و توان را افزایش می‌دهد که این امر می‌تواند به دلیل افزایش هم‌زمان سطح مقطع عرضی عضله و بهبودی در هماهنگی عصبی-عضلانی باشد (۲۴). این شکل از تمرین، قدرت عضلات ناحیه مرکزی تنه را بیشتر می‌کند و هماهنگی و تعادل را به‌طور هم‌زمان بهبود می‌بخشد (۴۴). درواقع، استفاده از سطح ناپایداری مانند ترامپولین تعادل را برهم می‌زند، تحریک حسی موردنیاز در بین پوست و مفاصل را افزایش می‌دهد، عکس‌العمل‌های



تعادلی ناشی از تحریک مکانیسم قرارگیری بدن را نیز افزایش می‌دهد و با ایجاد لرزش در دوک عضلانی باعث بهبود وضعیت عضلانی می‌شود (۴۵).

همچنین پژوهش‌ها نشان داده‌اند، تمرینات حس عمقی که معمولاً انجام تمرینات روی سطوح ناپایدار است، برای توان‌بخشی پا ضروری است (۲۰)؛ زیرا 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 مؤلفه مرکزی و محیطی حس عمقی می‌شود. در سطح محیطی، این تمرینات تأثیر مثبت بر عملکرد گیرنده‌های مکانیکی عضلانی به‌وسیله بهبود خاصیت ارتجاعی بافت عضلانی، افزایش اکسیژن‌رسانی، افزایش سرعت هدایت عصبی و افزایش درجه حرارت بدن ناشی از اتساع عروق دارد. در سطح سیستم عصبی مرکزی، تمرینات تعادلی به‌وسیله تغییراتی که در گیر در حس موقعیت و فرمان‌های سریع حرکتی است، باعث بهتر شدن حساسیت دوک عضلانی و در نتیجه بهبود حس عمقی می‌شود (۴۶). به نظر می‌رسد، این مکانیسم توجه‌کننده تأثیر معنادار تمرین بر سطح ترامپولین در مقایسه با تأثیر 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 دورسی‌فلکشن نیز همراه است (۶، ۵). دلیل اصلی کاهش دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن مچ پا مشخص نیست، اما می‌تواند ناشی از تغییرات آرتروکینماتیک و کوتاهی عضلات پشت ساق پا باشد (۴۷)؛ بنابراین از دلایل احتمالی اثربخشی تمرینات بر دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن می‌توان گفت که استفاده از تمرینات باعث کاهش محدودیت‌های به‌وجودآمده برای سیستم حسی-حرکتی شده و در نهایت با رهاسازی و کشش عضلات سفت و کوتاه‌شده پشت ساق پا، سبب بهبود دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن افراد شده است.

در مجموع، نتایج مطالعه حاضر نشان داد، انجام تمرینات ثبات مرکزی می‌تواند تأثیری مثبت بر قدرت عضلانی، حس عمقی و دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن 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 روی سطح ترامپولین می‌تواند به‌عنوان یک روش درمانی مؤثرتر برای افزایش قدرت عضلانی در مچ پا، دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و حس عمقی در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا ارائه شود.



تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری در رشته آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی است که با حمایت دانشگاه اصفهان (دانشکده علوم ورزشی) انجام شده است. از تمام عزیزانی که در انجام پژوهش ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

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.
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;2015;1-8.
7. Schiftan 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;7(7):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):74-8.
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):926-34.
14. Ellenbecker TS, Davies GJ. Closed kinetic chain exercise: a comprehensive guide to multiple joint exercise. Champaign, Illinois: 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):160-7. [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):637-40.
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):1333-5.
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 at: http://www.saturnv.co.uk/special_needs/benefits.shtml [cited 2004 August 12].
29. Ross AL, Hudson JL. Efficacy of a mini- trampoline program for improving the vertical jump. Paper presented at: 15th International Symposium on Biomechanics in Sports; 1997 June 21-25; Denton, Texas, USA.
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*. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 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. Lago-Fuentes C, Rey E, Padrón-Cabo A, Sal de Rellán-Guerra A, Fragueiro-Rodríguez A, García-Núñez J. 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; 65:213-24.
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 [Master's thesis]. [Ohio]: 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):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 DS, Lee GC. 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.

ارجاع‌دهی

علی‌زمانی سمیه، قاسمی غلامعلی، لنجان‌نژادیان شهرام. تأثیر تمرینات ثبات مرکزی در سطح پایدار و ناپایدار بر عملکرد حسی-حرکتی مچ پا در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا. مطالعات طب ورزشی. بهار ۱۴۰۲؛ ۱۵(۳۵)، ۴۴-۴۱. شناسه دیجیتال: 10.22089/SMJ.2022.13130.1613

Alizamani S, Ghasemi A, Lenjan Nejadian Sh. The Effects of Core Stability Training on Stable and Unstable Surfaces on Sensorimotor Function of Ankle in Athletes with Chronic Ankle Instability. Sport Medicine Studies. Spring 2023; 15 (35): 41-64. (Persian). DOI: 10.22089/SMJ.2022.13130.1613

