

Research Paper

The Effect of Balance and Combined Exercises on Pain and Functional Characteristics of Female Athletes With Chronic Ankle Instability

*Fatemeh Haataamee¹ , Seyed Sadroddin Shojaodin²

1. Department of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran South Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Sport Biomechanics & Sport Injuries Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.



Citation: Haataamee F, Shojaodin SS. [The Effect of Balance and Combined Exercises on Pain and Functional Characteristics of Female Athletes With Chronic Ankle Instability (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2019; 4(4):28-41. <https://doi.org/10.32598/biomechanics.4.4.28>

<https://doi.org/10.32598/biomechanics.4.4.28>



Article Info:

Received: 28 Sep 2018

Accepted: 22 Jan 2019

Available Online: 01 Mar 2019

Keywords:

Balance exercises,
Neuromuscular
exercises, Stabiliza-
tion exercises, Pain,
Function, Range of
motion

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to compare the effects of balance exercises and combined exercises (neuromuscular and stabilization exercises) on pain, function, and range of motion of female athletes with chronic ankle instability.

Methods: Participants were 30 female athletes with chronic ankle instability selected using a convenience sampling technique and randomly assigned into three groups balance exercises (n=10), combined exercises (n=10) and control (n=10). The amount of pain was measured by the Visual Analog Scale (VAS). Functional characteristics were tested by side hop test, 8 hop test, single-leg triple hop test, and single-leg hop test. A goniometer was used to measure ankle dorsiflexion and plantar flexion range of motion. Both exercise groups performed their exercises for 6 weeks (3 sessions per week each for 60 minutes). After the intervention, they went under post-test assessment and their results were then compared. The Levene's test was used to test the homogeneity of variances in the pre-test phase, while Analysis of Covariance (ANCOVA) was used to examine the between-group changes, Tukey's post hoc test for determining the location of the difference between groups, and t-test for assessing the differences within groups.

Results: Balance and combined exercises had a significant effect on the subjects' pain ($P=0.03$ and 0.01), functional characteristics ($P\leq 0.01$) and ankle dorsiflexion ($P=0.01$) and plantar flexion ($P=0.01$ and 0.02) range of motion. Comparing two exercise programs, it was found that the effect of combined exercises on pain, function and dorsiflexion range of motion of subjects was higher.

Conclusion: It is recommended that for correct and timely rehabilitation of the athletes with ankle injury, balance exercises along with combined exercises should be used to reduce their pain, and improve function and range of motion.

Extended Abstract

1. Introduction

A

n ankle joint is among the joints with the most sports injuries [1, 2]. A lateral ankle sprain is one of the most common inju-

ries that occur during exercise and performing daily living activities [3, 4]. These injuries occur more frequently in football, futsal, basketball, volleyball, and sports requiring quick body direction change [1]. Studies have suggested that muscle weakness, followed by increased ankle joint laxity and sensory-motor deficits as a result of a sprain, is associated with deficits in balance, postural control, and

* Corresponding Author:

Fatemeh Haataamee, MSc.

Address: Department of Corrective Exercise and Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tehran South Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Tel: +98 (919) 1028415

E-Mail: fatemeh.haataamee@gmail.com

function [3]. Balance training, Pilates, core body stabilization, as well as aquatic and preoperative exercises, are recommended to improve the performance of individuals with chronic ankle instability. We aimed to compare to types of balance and combined exercises (neuromuscular and stabilization exercises) on reducing pain and improving the range of motion and function of people with chronic ankle instability. Suggesting such effective exercises to therapists and sports coaches might reduce treatment costs and time, and the odds of recurrence of ankle ligament injury.

2. Participants and Methods

The study population consisted of all female athletes with chronic ankle instability participating in regional competitions in Tehran City, Iran. In total, 30 subjects aged 15-20 years were selected using a purposive sampling technique and based on the study inclusion criteria. They were divided into three groups of balance exercise, combined exercise, and controls. The Visual Analog Scale (VAS) was used for measuring pain. Side hop test, 8 hop test, single-leg triple hop test, and single-leg hop test were applied to evaluate the functional characteristics of study subjects [17]. The side hop test is used to measure the power, velocity, balance, and rotational stability of the lower extremity with an emphasis on standing on one leg [20].

The balance group performed their exercises for 6 weeks, 3 sessions per week. These exercises included a single-leg stance with eyes open, a single-leg stance with eyes open while another leg was swinging, a single-leg squat with eyes open (30°-45°), and a single-leg stance with eyes open while conducting active training (dribbling, hitting, etc.). The study subjects repetitively performed the exercises for 30 seconds with 2-min recovery between each set [23]. The combined exercise group received the neuromuscular exercise adapted from Clark and Burden plus stabilization exercises for 6 weeks, 3 sessions per week [26].

3. Results

The 2-way Analysis of Covariance (ANCOVA) and Tukey's posthoc test results are reported in Tables 1 and 2, respectively. The ANCOVA results revealed significant differences in the study variables between the groups. Furthermore, based on Tukey's posthoc test results, there was a significant difference between groups under side hop test, single-leg triple hop test, ankle dorsiflexion and plantarflexion (except between the control and balance groups) ($P > 0.05$). In terms of pain, the difference was only significant between the control and balance groups as well as between the control and combined exercise groups.

4. Discussion

The obtained results suggested that training protocols applied in our study significantly impacted pain, function, and the range of motion indices in female athletes with chronic ankle instability; the combined exercises had more effect on these variables. In terms of pain, our results were consistent with those of Sahranavard et al. [30] and Yafani et al. [31]. Regarding the variable of function, our results were in agreement with those of Mohammadi et al. [11], Ashoury et al. [32], and Cain et al. [16], but against the findings of Haugen et al. [33]. The possible reason for this discrepancy may be the exercise program type.

Applying therapeutic modalities, like exercise therapy, indirectly reduces pain by improving muscle strength, proprioception, and motor control [36]. This is because exercise therapy reduces tissue sensitivity to pain. In a shorter time, therapeutic exercises could increase the muscle strength through neural mechanisms, such as increased motor unit recalling, modification of messages transmitted to motor neurons, and the alteration of agonist-antagonist muscle activity.

Table 1. The ANCOVA results for comparing variables between the study groups

Variable	Sum of Squares	df	Mean of Squares	F	P
Pain	17.012	2	4.031	16.657	0.001
Side hop	3.234	2	1.645	14.345	0.001
8 hop	6.654	2	3.367	12.435	0.001
Single-leg triple hop	2426.454	2	167.534	98.436	0.001
Dorsiflexion	14.353	2	7.234	4.078	0.009
Plantar flexion	84.765	2	42.345	12.735	0.006

Table 2. Tukey's posthoc test results for comparing the study groups

Variable	Group	Mean Difference	P
Pain	Control-balance	0.40	0.02
	Control-combined	0.28	0.04
	Balance-combined	0.12	0.123
Side hop	Control-balance	0.621	0.123
	Control-combined	2.234	0.02
	Balance-combined	1.789	0.03
8 hop	Control-balance	2.246	0.02
	Control-combined	4.573	0.01
	Balance-combined	2.342	0.02
Single-leg triple hop	Control-balance	1.091	0.09
	Control-combined	4.646	0.002
	Balance-combined	3.321	0.02
Dorsiflexion	Control-balance	2.234	0.412
	Control-combined	4.453	0.009
	Balance-combined	3.213	0.01
Plantar flexion	Control-balance	1.641	0.329
	Control-combined	5.216	0.001
	Balance-combined	4.121	0.006

Journal of
Sport Biomechanics

5. Conclusion

Combined exercises demonstrated higher effects on pain reduction in female athletes with chronic ankle instability, compared to balance exercise. Their effect was also higher under functional tests. Both methods improved the range of motion (dorsiflexion and plantar flexion). The effect of balance exercises was more significant on plantar flexion, while combined exercises had a higher effect on dorsiflexion. It is suggested that sports therapists and coaches use exercises that address different aspects of treatment plans in ankle sprain rehabilitation programs.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All participants were informed of the study objectives and methods, and informed consent was obtained from them. They were assured of the confidentiality of their information and were free to leave the study at any time.

Funding

This study was extracted from a master thesis approved by the Department of Sport Injury and Corrective Exercise

at University of Guilan. We received no financial support from any organization.

Authors' contributions

Conceptualization, draft preparation, Review & Editing: All authors; investigation: Fatemeh Haataamee; Recourses, Visualization, Supervision, Project Administration: Seyed Sadroddin Shojaodin.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

تأثیر تمرینات تعادلی و ترکیبی بر درد و ویژگی های عملکردی زنان ورزشکار دارای تاپایداری مزمن مچ پا

*فاطمه حاتمی^۱، سید صدرالدین شجاع‌الدین^۲

۱- گروه آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
۲- گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۰۶ مهر ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: ۰۲ بهمن ۱۳۹۷

تاریخ انتشار: ۱۰ اسفند ۱۳۹۷

هدف: این پژوهش با هدف بررسی تأثیر یک دوره تمرینات تعادلی و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات‌دهنده) بر درد، ویژگی‌های عملکردی و دامنه حرکتی زنان ورزشکار دارای ناپایداری مزمن مچ پا انجام شد.

روش‌ها: در این مطالعه ۳۰ ورزشکار زن مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا به‌صورت هدفمند انتخاب شده و به شکل تصادفی در سه گروه ۱۰ نفره تمرینات تعادلی، تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات‌دهنده) و گروه کنترل، قرار گرفتند. ابتدا میزان درد آزمودنی‌ها با آزمون دیداری درد (VAS) و ویژگی‌های عملکردی با آزمون جهش جانبی، آزمون جهش هشت لاتین و آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن نیز از گونیامتر استفاده شد. سپس گروه‌های تمرینی تعادلی و ترکیبی به مدت شش هفته (سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای در هفته) تمرینات خود را انجام دادند سپس بعد مداخله تمرینات اصلاحی و ترکیبی، پس از آزمون به عمل آمد. از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد، آزمون تحلیل کوواریانس برای بررسی تغییرات بین گروهی، آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تعیین محل تفاوت میانگین بین گروه‌ها و از آزمون تی همبسته برای بررسی تغییرات درون گروهی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که برنامه‌های تمرینی تعادلی و ترکیبی تأثیر معنی‌داری بر درد ($P=0/01$ ، $P=0/03$)، متغیرهای عملکردی ($P\leq 0/01$) و دامنه حرکتی دورسی فلکشن ($P=0/02$ ، $P=0/01$) و پلانتر فلکشن مچ پا ($P=0/01$ ، $P=0/02$) دارد. در مقایسه دو برنامه تمرینی مشخص شد تأثیر تمرینات ترکیبی بر درد، ویژگی‌های عملکردی و دامنه حرکتی دورسی فلکشن آزمودنی‌ها بیشتر بوده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج توصیه می‌شود در توان‌بخشی صحیح و به‌موقع افراد آسیب‌دیده از ناحیه مچ پا، از تمرینات تعادلی در کنار تمرینات ترکیبی برای بهبود درد، ویژگی‌های عملکردی و دامنه حرکتی استفاده شود.

کلیدواژه‌ها:

تمرینات تعادلی،
تمرینات عصبی-
عضلانی، تمرینات ثبات
دهنده، درد، ویژگی‌های
عملکردی، دامنه
حرکتی

مقدمه

از ورزش است. حدود نیمی از این آسیب‌ها درمان پزشکی دریافت می‌کنند و ۴۰ درصد آن‌ها دچار ناپایداری مزمن می‌شوند [۵].

اسپرین نه تنها موجب بازماندن ورزشکار از شرکت در مسابقه می‌شود، بلکه می‌تواند باعث ناتوانی دراز مدت ورزشکار و تأثیر بر سطح سلامتی و افزایش هزینه‌ها شود و بی‌ثباتی مزمن مچ پا را به دنبال داشته باشد [۶]. عوامل و سازوکارهای زیادی وجود دارد که تصور می‌شود باعث افزایش وقوع اسپرین مچ پا می‌شوند که می‌توان آن‌ها را به عوامل خطرزای درونی (راستای پشت پا، اندازه پا، شلی لیگامنت‌ها، کنترل عصبی-عضلانی، بی‌ثباتی، ضعف عضلانی، تحرک محدود مفصل مچ پا و غیره) و عوامل خطرزای بیرونی (نوع کفش، نوع و شدت فعالیت ورزشی، گرم کردن و غیره) تقسیم کرد [۷]. تحقیقات نشان می‌دهد که ضعف عضلات و به دنبال آن افزایش شلی مفصل مچ پا و نقص حسی حرکتی در نتیجه اسپرین با نقص تعادل،

از جمله مفصلی که بیشترین آسیب‌دیدگی‌های ورزشی را به خود اختصاص می‌دهد، مفصل مچ پاست [۱، ۲]. اسپرین جانبی مچ پا یکی از رایج‌ترین این صدمات است که در حین انجام فعالیت‌های ورزشی و کارهای روزانه زندگی اتفاق می‌افتد [۳، ۴]. این آسیب ۱۵ تا ۳۰ درصد آسیب‌های ورزشی را شامل می‌شود و میزان بازگشت آن بالاتر از ۷۵ درصد گزارش شده است [۳]. این آسیب‌ها در فوتبال، فوتبال، بسکتبال، والیبال و ورزش‌هایی که نیاز به تغییر جهت سریع حرکت بدن دارند، بیشتر اتفاق می‌افتد [۱]. سالانه حدود ۵۲۰ هزار نفر در هلند دچار آسیب مچ پا می‌شوند که ۲۰۰ هزار مورد آن ناشی

1. Lateral ankle sprain

* نویسنده مسئول:

فاطمه حاتمی

نشانی: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی.

تلفن: ۰۲۸۴۱۵ (۹۱۹) ۹۸+

پست الکترونیکی: fatemeh.haataamee@gmail.com

اختلال در حس عمقی است به خصوص قسمت ناخودآگاه حس عمقی که برخلاف بخش خودآگاه است. این عامل احتمالاً نقش مهمی در بازگشت اسپرین بازی می‌کند [۱۳] و به نظر می‌رسد تمرینات مرتبط با بهبود حس عمقی بر بهبود تعادل، عملکرد و بهبود این عارضه مؤثر باشد که خدابخشی و همکاران در تحقیق خود به این موضوع در بسکتبالیست‌های مبتلا به اسپرین میچ پا اشاره کردند [۱۴].

به طور کلی مشخص شده که تمرینات قدرتی، تعادلی و حس عمقی بر بهبود تعادل افراد دارای بی‌ثباتی مزمن میچ پا به عنوان یک شاخص عملکردی اثرگذارند، اما همان‌طور که نشان داده شده در تحقیقات به طور جامع به بررسی تغییرات بخش‌های مختلف اندام تحتانی از جمله ران، زانو و میچ پرداخته نشده و از طرفی دیگر تمرینات به شکل جامع و به گونه‌ای نبوده که قدرت اندام تحتانی، تعادل و حس عمقی میچ پا و یا ناحیه ثبات مرکزی را در کنار هم و به صورت جامع در یک برنامه تمرینی جای دهد و به تقویت آن‌ها بپردازد. به عنوان مثال شیفتان و همکاران به بررسی تمریناتی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی میچ پا پرداختند که بر روی بهبود حس عمقی میچ پا تمرکز داشته [۱۵] یا هال و همکاران [۱۵] دو نوع تمرین مجزا که یکی از آن‌ها بر روی قدرت تمرکز داشته و دیگری از نوع عملکردی بوده را مقایسه کردند؛ از آنجایی که تحقیقات مختلف به بررسی اثر تمرینات موضعی مختلف بر ابعاد مختلف عملکرد و حس عمقی پرداختند که مرتبط با تعادل و عملکرد در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن میچ پاست، تمرینات باید جامع باشد و ناحیه مرکزی‌ای که ثبات در حرکت را فراهم می‌کند در خود جای داده باشد. بر همین اساس محقق در این پژوهش به دنبال بررسی و مقایسه تأثیر دو نوع تمرین تعادلی و ترکیبی (عصبی-عضلانی) بر کاهش درد، بهبود دامنه حرکتی و عملکرد افراد با بی‌ثباتی مزمن میچ پا بود تا میزان اثرگذاری این تمرینات بر این متغیرها مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت اثرگذاری آن‌ها، با پیشنهاد انجام این تمرینات به درمانگران و مربیان ورزشی، هزینه‌های درمانی و احتمال بازگشت مجدد آسیب لیگامنت‌های میچ پا و زمان لازم برای بهبود افراد با این آسیب کاهش یابد.

روش‌شناسی

جامعه آماری پژوهش حاضر از کلیه دختران ورزشکار حاضر در مسابقات منطقه‌ای حومه تهران که مبتلا به ناپایداری مزمن میچ پا بودند، تشکیل شده است. از بین جامعه در دسترس تعداد ۳۰ نفر (دامنه سنی ۱۵ تا ۲۰ سال) به‌صورت هدفمند و با رعایت ملاک‌های ورود به مطالعه، انتخاب شدند و در سه گروه ۱۰ نفره، گروه تجربی ۱ (تمرینات تعادلی؛ سن $18/6 \pm 3/3$ سال، قد $158/1 \pm 7/21$ سانتی‌متر، وزن: $55/4 \pm 5/22$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی: کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: سال)، گروه تجربی

کنترل وضعیتی و عملکرد در ارتباط است [۳]. وقتی میچ پا دارای اسپرین می‌شود صدمه نه‌تنها در استحکام ساختاری لیگامنت‌ها، بلکه در گیرنده‌های مکانیکی مختلفی در کپسول مفصلی، لیگامنت‌ها و تاندون‌های مربوط به مجموعه میچ پا اتفاق می‌افتد [۶]. وقتی ورودی‌های آوران بعد از صدمه تغییر می‌کنند، انقباضات عضلانی مناسب تغییر خواهد کرد. بنابراین صدمه گیرنده‌های مکانیکی اطراف مفصل میچ پای که دچار اسپرین میچ پا شده است می‌تواند منجر به نقص‌های عملکردی، نقص در تعادل، نقص در قدرت، دامنه حرکتی و ناپایداری مزمن ناشی از آسیب اولیه شود [۶، ۱]. در همین راستا گانش^۲ و همکاران به تأثیر منفی آسیب اسپرین میچ پا بر عملکرد اشاره کردند [۸]. همچنین هاک^۳ و همکاران به کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن میچ پا، عملکرد و ضعف حس عمقی به دنبال اسپرین میچ پا اشاره کردند [۹].

برای بهبود عملکرد افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن میچ پا تمرینات مختلفی همچون تمرینات تعادلی، پیلاتس، ثبات مرکزی، تمرین در آب و تمرینات مربوط به بهبود حس عمقی ارائه شده است. شیفتان^۴ و همکاران در نتایج تحقیق خود به تأثیر برنامه تمرینی مرتبط با حس عمقی بر بهبود آسیب بی‌ثباتی مزمن میچ پا اشاره کردند [۱]. در تحقیق دیگری عباسی و همکاران به مقایسه سه نوع تمرینات عملکردی (هایپنک)، اکسترافانکشنال (ثبات مرکزی) و ترکیبی و اثر این تمرینات بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی میچ پا پرداختند که نتایج تحقیق آن‌ها تأثیر معنادار تمرینات عملکردی (هایپنک) بر تعادل پویای این افراد را نشان داد [۱۰].

محمدی و همکاران در پژوهشی که به مقایسه تأثیر و ماندگاری یک دوره تمرینات NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بر ویژگی‌های عملکردی و تعادل افراد مبتلا به آسیب مزمن یک‌طرفه میچ پا پرداختند، نشان دادند در گروه تمرینات NASM، اثر تمرینات در شاخص‌های جهش هشت لاتین و مقیاس توانایی میچ پا و پا ماندگاری داشت و همچنین در گروه تمرینات ترکیبی در شاخص‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و مقیاس توانایی میچ پا، اثر تمرینات معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد تمرینات ترکیبی اثر بیشتری بر شاخص توانایی میچ پا و پا، نسبت به تمرینات NASM دارد [۱۱].

جین^۵ و همکاران طی پژوهشی که به بررسی تأثیر تمرینات تعادلی بر حس عمقی میچ پای افراد مبتلا به ثباتی عملکردی میچ پا پرداختند، نشان دادند این برنامه تمرینی با کاهش بی‌ثباتی عملکردی در مبتلایان همراه است [۱۲]. نتایج مطالعه اکبری و همکارانش نشان داد بعد از اسپرین جانبی درجه ۱ و ۲ و به دنبال آن بی‌ثباتی مزمن میچ پا، مشکلات عملکردی ایجاد می‌شود که نتیجه

2. Ganesh

3. Hoch

4. Schiffan

5. Jain

6. Hall

۲) تمرینات ترکیبی عصبی عضلانی و ثبات دهنده؛ سن $18/10 \pm 3/8$ سال، قد $155/2 \pm 4/11$ سانتی متر، وزن: $52/30 \pm 4/11$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی: کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: سال) و گروه کنترل (سن $18/3 \pm 3/4$ سال، قد $163/3 \pm 5/12$ سانتی متر، وزن $55/4 \pm 5/22$ کیلوگرم و شاخص توده بدنی: کیلوگرم بر متر مربع، سابقه ورزشی: سال) قرار گرفتند.

کسب امتیاز پایین تر یا مساوی ۹۰ درصد در پرسش نامه شاخص ناتوانی مچ پا و یا مساوی ۸۰ درصد در پرسش نامه شاخص ورزشی ناتوانی مچ پا و پا و نیز تشخیص قطعی پزشک از معیارهای ورود به این پژوهش بوده است. از شرایط دیگر ورود به تحقیق داشتن سابقه حداقل یک بار کشیدگی حاد مچ پا در یک سال گذشته که منجر به درد، ورم و کاهش موقت عملکرد شده باشد و داشتن سابقه خالی شدن مکرر مچ پا در شش ماه گذشته بوده است. همچنین آزمودنی ها از نظر عوامل اثرگذاری مثل انحرافات و ناهنجاری های اسکلتی اثرگذار بر تعادل نظیر زانوی ضربدری و پرنرتزی و نیز تغییرات کف پا بررسی شده و افراد با این ناهنجاری ها از تحقیق حاضر حذف شدند و آزمودنی هایی که این مشکلات را نداشتند با پرکردن فرم رضایت نامه در تحقیق وارد شدند. برای جمع آوری اطلاعات جمعیت شناختی و اطلاعات در مورد سابقه ورزشی از پرسش نامه و برای اندازه گیری درد از آزمون دیداری درد (VAS) [۱۶]، برای ارزیابی ویژگی های عملکردی آزمودنی ها از آزمون جهش جانبی، آزمون جهش هشت لاتین، آزمون جهش سه گانه تک پا و آزمون مدت زمان جهش تک پا [۱۷] و جهت ارزیابی دامنه حرکتی از گونیامتر استفاده شد [۱۸، ۱۹]. از آمار استنباطی برای تجزیه و تحلیل داده ها (آزمون لون، آزمون کوواریانس و آزمون تی همبسته، آزمون تعقیبی توکی) و برای طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو ویلیک استفاده شد.

برای ارزیابی درد آزمودنی های از آزمون دیداری درد استفاده شد. این مقیاس به صورت یک خط ۱۰ سانتی متری رسم و درجه بندی می شود و برای درک مفهوم میزان درد توسط والیابلیست های مبتلا به بی ثباتی عملکردی، درد مچ پا بین صفر تا ۱۰ سانتی متر درجه بندی می شود. عدد صفر هیچ گونه دردی را نشان نمی دهد، عدد ۱ تا ۳ درد خفیف، عدد ۴ تا ۶ درد متوسط و عدد ۷ تا ۱۰ درد شدید را بیان می کند. پایایی داخلی این مقیاس (ICC) بین ۷۷ تا ۷۹ درصد گزارش شده است [۱۶].

برای ارزیابی ویژگی های عملکردی آزمودنی ها از آزمون جهش جانبی، آزمون جهش هشت لاتین، آزمون جهش سه گانه تک پا و آزمون مدت زمان جهش تک پا استفاده شد [۱۷]. این آزمون در تعیین ناهنجاری عدم تقارن اندام تحتانی و ارزیابی توانایی ورزشکار برای جهش و حفظ فرود تک پا ارزشمند و معتبر است. اگر ورزشکار توانایی فرود و حفظ آن را در حین فرود با فلکشن زانو و ران را داشته باشد، دارای ثبات مرکزی و کنترل اندام تحتانی است و اگر علی رغم توانایی حفظ فرود، جابه جایی اندک زانو به سمت جلو یا عقب را

تجربه کند ورزشکار دارای ضعف کنترل اندام فوقانی و پاسچر است. آزمون جهش جانبی جهت اندازه گیری توان، سرعت، تعادل و ثبات چرخشی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا استفاده می شود [۲۰]. پایایی این آزمون ۹۷ درصد گزارش شده است [۲۱]. جهت انجام این آزمون همان طور که در تصویر شماره ۱ (۱-۱) مشخص است، آزمودنی باید فاصله ۴۰ سانتی متری روی زمین را که با دو تکه نوار چسب موازی مشخص است ۱۰ بار به صورت رفت و برگشت روی پای برتر خود جهش کند. رکورد آزمودنی با استفاده از کرنومتر ثبت می شد [۲۰].

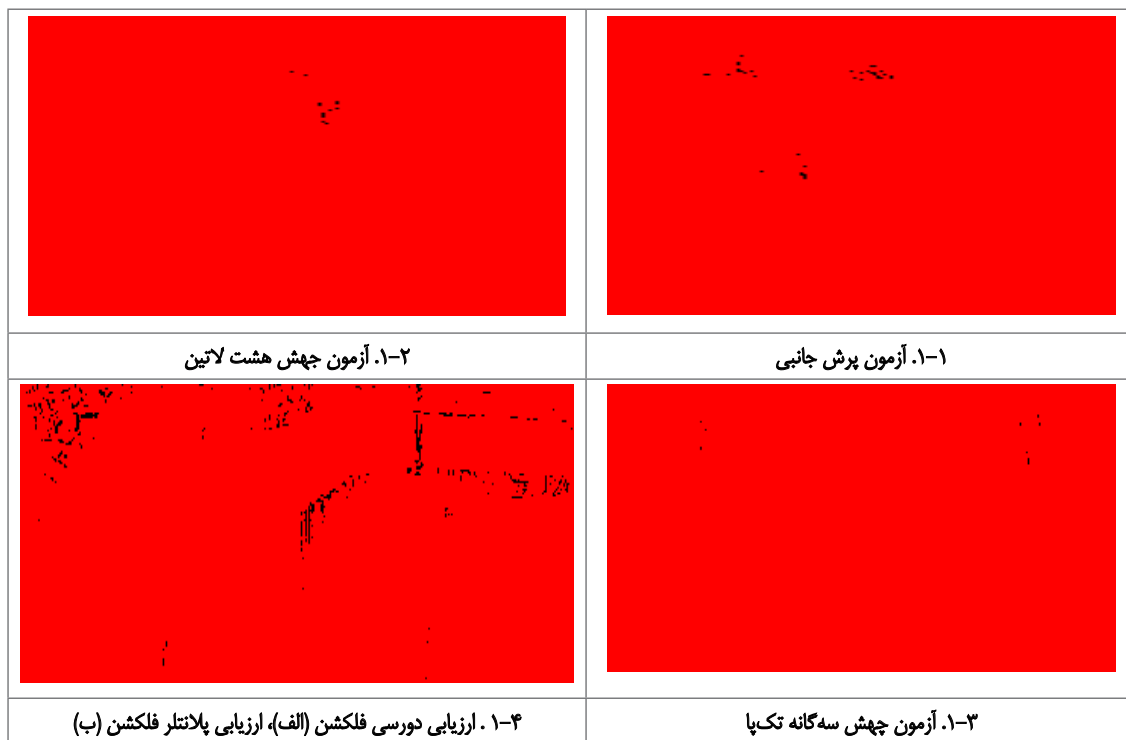
آزمون جهش هشت لاتین جهت اندازه گیری توان، سرعت و تعادل اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا استفاده می شود. این آزمون همانند تصویر شماره ۱ (۱-۲) در مسیری به شکل هشت لاتین انجام می شود که طول مسیر پنج متر و عرض آن یک متر است. آزمودنی با پای برتر خود (به صورت لی لی و با سرعت حداکثر) مسیر مشخص شده را دو مرتبه طی می کرد. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتر ثبت می شد [۲۰].

آزمون جهش سه گانه تک پا قدرت و توان اندام تحتانی را اندازه گیری می کند. ضریب پایایی آن توسط هامیلتون^۷، ۹۸ درصد گزارش شده است [۲۲]. جهت انجام آن همانند تصویر شماره ۱ (۱-۳) آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع می ایستاد و سه پرش حداکثری و پشت سر هم با پای برتر خود در یک خط مستقیم انجام می داد. امتیاز هر فرد در واحد سانتی متر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه می شد [۲۰].

برای اندازه گیری دامنه حرکتی دورسی فلکشن، از آزمودنی خواسته شد به پشت روی میز معاینه دراز بکشد، به طوری که مچ پا خارج از میز معاینه و زانوی پای غیر آزمون (پای سالم) در وضعیت اکستنشن قرار گرفت. بالشتک کوچکی زیر زانوی پای مورد آزمون (پای آسیب دیده) قرار دادیم تا زانو در زاویه ۳۰ تا ۴۰ درجه فلکشن، عضله دوقلو به حالت شل و مچ پا در وضعیت آناتومیک (صفر درجه) قرار گرفت. سپس از آزمودنی خواسته شد به صورت فعال حرکت دورسی فلکشن را انجام دهد. مرکز گونیامتر بر روی پایین قوزک خارجی، بازوی ثابت، موازی با محور طولی نازک نی به طرف سر نازک نی و بازوی متحرک، موازی با کف پا قرار گرفت [۱۸، ۱۹].

برای اندازه گیری دامنه حرکتی پلاتنار فلکشن از آزمودنی خواسته شد در همان وضعیت قبلی (دورسی فلکشن) قرار گیرد و به صورت فعال حرکت پلاتنار فلکشن را انجام دهد. تمام اندازه گیری ها با گونیامتر سه بار برای هر پا تکرار و میانگین آن محاسبه و میانگین دو پا به عنوان اندازه متغیر ثبت شد [۱۸، ۱۹] (تصویر شماره ۱ (۱-۴)).

برنامه تمرین گروه تجربی ۱ (تمرینات تعادلی)



مجله بیومکانیک ورزشی

بازتوانی عملکردی برای بی ثباتی مزمن مچ پا [۲۷]، مدت اجرای تمرینات شش هفته بود.

با توجه به اینکه تمرینات حاضر جزء اصلی تمرینات سنسوری موتور (پوسچر، سطح اتکا و مرکز ثقل)، پیشرفت مورد نیاز را بر اساس پیشنهادات تحقیقات مرتبط پیشین در تمرینات لحاظ کند. نوع تمرینات نیز از ساده به پیچیده بودند [۲۸].

در این تحقیق، زمان استراحت بین هر ست و بین هر تمرین با نسبت یک به یک در نظر گرفته شد. تمرینات نوروماسکولار بر روی زمین و تخته تعادل با ابعاد ۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر و تخته لغزان با قطر ۴ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر انجام شدند.

این پروتکل برگرفته از تحقیق کله^{۱۲} [۲۹] است و در مقایسه با سایر پروتکل ها، تمرین ها ناحیه مرکزی بدن، هم به لحاظ تنوع و هم به لحاظ تعداد هفته ها و تعداد جلسات تمرین در هفته و از نظر سطح تمرین های پروتکل نسبتاً کامل هستند.

نتایج

نتایج مربوط به آزمون های تحلیل واریانس با مقادیر تکراری دوطرفه و آزمون تعقیبی توکی به ترتیب در **جدول شماره ۲ و ۳** گزارش شده است. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در متغیرها، بین گروه های مختلف است که جهت

گروه تجربی ۱ تمرینات خود را به مدت شش هفته و سه جلسه در هفته اجرا کردند.

این تمرینات شامل تعادل با چشم باز و ایستادن روی یک پا، چشم باز و ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می خورد، چشم باز اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)، چشم باز و ایستادن روی یک پا و انجام تمرینات فعال (دریبل، ضربه زدن و غیره) بود. آزمودنی ها به ترتیب و با تکرار، بین هر سمت تمرین ۳۰ ثانیه و بین هر تمرین دو دقیقه استراحت می کردند [۲۳] (**جدول شماره ۱**). پروتکل تمرین شامل سه جلسه در هفته بود [۲۴، ۲۵].

برنامه تمرینی گروه تجربی ۲؛ تمرینات ترکیبی (عصبی عضلانی و ثبات دهنده)

آزمودنی های گروه تجربی ۲، برنامه تمرینات سکولار برگرفته از برنامه تمرین کلارک^۸ و بوردن^۹ و تمرینات ثبات دهنده را به صورت ترکیبی (هر جلسه) به مدت شش هفته سه جلسه ای در هفته انجام دادند [۲۶]. با توجه به اینکه سازگاری عصبی در اجرای عضلاتی در حدود چهار هفته ایجاد می شود و همچنین با توجه پیشنهادات، وبستر^{۱۱} و گریبل^{۱۱} در مورد نظامند بودن مداخلات

8. Clark

9. Burden

10. Webster

11. Gribble

12. kahle

جدول ۱. پروتکل تمرینات تعادلی

تکرار	ست	تمرین	چشم	سطح	فاز
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا (دست‌ها آزاد)	باز	زمین	هفته اول
۴۵ ثانیه		ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می‌خورد	باز		
۱۵ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	باز		
۱۰ تکرار		ایستادن روی یک پا و انجام تمرینات فعال (دریبل و ضربه‌زدن)	باز		
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا (دست‌ها آزاد)	بسته	زمین	هفته دوم
۴۵ ثانیه		ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می‌خورد	بسته		
۱۵ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	بسته		
۱۵ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	بسته		
۶۰ ثانیه	۴ ست	ایستادن روی یک پا (دست‌ها آزاد)	باز	زمین	هفته سوم
۶۰ ثانیه		ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می‌خورد	باز		
۱۵ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	باز		
۱۵ تکرار		ایستادن روی یک پا و غیره (دریبل و ضربه)	باز		
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا (دست‌ها آزاد)	باز	تخته تعادل	هفته چهارم
۴۵ ثانیه		ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می‌خورد	باز		
۱۵ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	باز		
۱۰ تکرار		ایستادن روی یک پا و انجام تمرینات فعال (دریبل و ضربه)	باز		
۶۰ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا (دست‌ها آزاد)	باز	تخته تعادل	هفته پنجم
۶۰ ثانیه		ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می‌خورد	باز		
۱۷ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	باز		
۱۵ تکرار		ایستادن روی یک پا و انجام تمرینات فعال (دریبل و ضربه)	باز		
۶۰ ثانیه	۴ ست	ایستادن روی یک پا (دست‌ها آزاد)	باز	تخته تعادل	هفته ششم
۶۰ ثانیه		ایستادن روی یک پا در حالی که پای مقابل تاب می‌خورد	باز		
۱۷ تکرار		اسکات روی یک پا (۳۰ تا ۴۵ درجه)	باز		
۱۵ تکرار		ایستادن روی یک پا و انجام تمرینات فعال (دریبل و ضربه)	باز		

مجله بیومکانیک ورزشی

همان‌طور که در **جدول شماره ۵** نشان داده شده است هر دو برنامه تمرینی منجر به تغییر معنی‌دار در متغیرهای تحقیق شد، اما پس از شش هفته، تغییر معنی‌داری در گروه کنترل مشاهده نشد.

بحث

نتایج حاصل نشان داد پروتکل‌های تمرینی، در شاخص‌های درد، عملکرد و دامنه حرکتی تأثیر معنی‌داری دارند. در مقایسه دو برنامه تمرینی به طور کلی مشخص شد تمرینات ترکیبی نسبت به تمرینات تعادلی اثر بیشتری بر این متغیرها در زنان ورزشکار مبتلا به ناپایداری مزمن مچ پا دارد.

نتایج پژوهش حاضر در زمینه درد با نتایج تحقیق صحرانورد و

مقایسه گروه‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

بر اساس نتایج **جدول شماره ۴** در آزمون عملکردی جهش جانبی و جهش سه‌گانه تک‌پا، در دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن به غیر از گروه‌های کنترل تعادلی ($P \geq 0.05$) بین سایر گروه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین این تفاوت در متغیر درد بین گروه‌های کنترل تعادلی ($P = 0.02$) و کنترل ترکیبی ($P = 0.04$) معنی‌دار بود. به طور کلی نتایج نشان‌دهنده تأثیر بیشتر برنامه تمرینی ترکیبی نسبت به برنامه تعادلی در متغیرهای مختلف بود. جهت بررسی تفاوت در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هریک از گروه‌ها از آزمون تی همبسته استفاده شد که اطلاعات آن در **جدول شماره ۵** ارائه شده است.

جدول ۲. پروتکل تمرین عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی

تکرار	ست	تمرین	فاز
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا	هفته اول
۱۰ تکرار		ایستادن روی یک پا و بالا آوردن پای دیگر تا نزدیک شکم	
۱۰ تکرار		اسکات روی یک پا	
۳۰ تکرار		دراز و نشست نیمه	
۴۵ ثانیه		پلانک از طرفین	
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا روی تخته تعادل	هفته دوم
۱۲ تکرار		ایستادن روی یک پا و بالا آوردن پای دیگر تا نزدیک شکم	
۱۲ تکرار		اسکات روی یک پا	
۳۵ تکرار		دراز و نشست نیمه	
۶۰ ثانیه		پلانک از طرفین	
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا روی تخته تعادل	هفته سوم
۴۵ ثانیه		روی یک پا ایستادن و انجام فعالیت‌هایی مثل گرفتن توپ اسکات روی یک پا با چشمان بسته	
۱۰ تکرار		دراز و نشست با چرخش تنه	
۳۰ تکرار		پلانک از طرفین	
۶۰ ثانیه			
۴۵ ثانیه	۴ ست	ایستادن روی یک پا روی تخته تعادل	هفته چهارم
۴۵ ثانیه		روی یک پا ایستادن و انجام فعالیت‌هایی مثل گرفتن توپ اسکات روی یک پا با چشمان بسته	
۱۰ تکرار		دراز و نشست با چرخش تنه	
۳۰ تکرار		پلانک از طرفین	
۶۰ ثانیه			
۴۵ ثانیه	۳ ست	ایستادن روی یک پا روی تخته تعادل با چشمان بسته	هفته پنجم
۶۰ ثانیه		روی یک پا ایستادن و انجام فعالیت‌هایی مثل گرفتن توپ اسکات روی یک پا با چشمان بسته	
۱۵ تکرار		دراز و نشست با چرخش تنه	
۳۰ تکرار		پلانک از طرفین	
۶۰ ثانیه		پلانک به شکم	
۴۵ ثانیه	۴ ست	ایستادن روی یک پا روی تخته تعادل با چشمان بسته	هفته ششم
۶۰ ثانیه		روی یک پا ایستادن و انجام فعالیت‌هایی مثل گرفتن توپ اسکات روی یک پا با چشمان بسته	
۱۵ تکرار		دراز و نشست با چرخش تنه	
۳۰ تکرار		پلانک از طرفین	
۶۰ ثانیه		پلانک به شکم	
۴۵ ثانیه			

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس برای بررسی تغییرات بین گروهی

متغیر	مجموع مجذورات	DF	میانگین مجذورات	F	P
درد	۱۷/۰۱۲	۲	۴/۰۳۱	۱۶/۶۵۷	۰/۰۰۱
جهش جانبی	۳/۲۳۴	۲	۱/۶۴۵	۱۴/۳۴۵	۰/۰۰۱
جهش هشت لاتین	۶/۶۵۴	۲	۳/۳۶۷	۱۲/۴۳۵	۰/۰۰۱
جهش سه گانه تک پا	۳۴۲۶/۴۵۴	۲	۱۶۷/۵۳۴	۹۸/۴۳۶	۰/۰۰۱
دورسی فلکشن	۱۴/۳۵۳	۲	۷/۲۳۴	۴/۰۷۸	۰/۰۰۹
پلانتار فلکشن	۸۴/۷۶۵	۲	۴۲/۳۴۵	۱۲/۷۳۵	۰/۰۰۶

مجله بیومکانیک ورزشی

حاضر می‌تواند نوع برنامه تمرینی باشد؛ زیرا در تحقیق هاگن و همکاران [۳۳] تمرینات ثبات مرکزی به‌تنهایی اعمال شد، اما در تحقیق حاضر این تمرینات در کنار تمرینات عصبی-عضلانی اعمال شد که در همین راستا عباسی و همکاران به تأثیر کمتر تمرینات ثبات مرکزی (اکسترفانکشنال) نسبت به تمرینات ترکیبی و یا عملکردی بر تعادل افراد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا اشاره کردند [۱۰]. در زمینه دامنه حرکتی نیز نتایج تحقیق با نتایج تحقیق مرادی و همکاران [۳۴] و فهیم و همکاران [۳۵] همسو و با نتایج پژوهش

همکاران [۳۰] و یافانی^{۱۳} و همکاران [۳۱] همسوست. همچنین در زمینه عملکرد، نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیق محمدی و همکاران [۱۱]، آشوری و همکاران [۳۲] و کین^{۱۴} و همکاران [۱۶] همسوست، اما با نتایج مطالعه هاگن^{۱۵} و همکاران [۳۳]، همسو نیست. دلایل احتمال اختلاف مطالعات مذکور با پژوهش

13. Yafani

14. Cain

15. Haugen

جدول ۴. بررسی آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه گروه‌ها در متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه‌ها	اختلاف میانگین	P
درد	کنترل - تعادلی	۰/۴۰	۰/۰۲
	کنترل - ترکیبی	۰/۲۸	۰/۰۴
	تعادلی - ترکیبی	۰/۱۲	۰/۱۲۳
جهش جانبی	کنترل - تعادلی	۰/۶۲۱	۰/۱۲۳
	کنترل - ترکیبی	۲/۲۳۴	۰/۰۲
	تعادلی - ترکیبی	۱/۷۸۹	۰/۰۳
جهش هشت لاتین	کنترل - تعادلی	۲/۲۴۶	۰/۰۲
	کنترل - ترکیبی	۴/۵۷۳	۰/۰۱
	تعادلی - ترکیبی	۲/۳۴۲	۰/۰۲
جهش سه گانه تک پا	کنترل - تعادلی	۱/۰۹۱	۰/۰۹
	کنترل - ترکیبی	۴/۶۴۶	۰/۰۰۲
	تعادلی - ترکیبی	۳/۳۲۱	۰/۰۲
دورسی فلکشن	کنترل - تعادلی	۲/۲۳۴	۰/۴۱۲
	کنترل - ترکیبی	۴/۴۵۳	۰/۰۰۹
	تعادلی - ترکیبی	۳/۲۱۳	۰/۰۱
پلانتار فلکشن	کنترل - تعادلی	۱/۶۴۱	۰/۳۲۹
	کنترل - ترکیبی	۵/۲۱۶	۰/۰۰۱
	تعادلی - ترکیبی	۴/۱۲۱	۰/۰۰۶

مجله بیومکانیک ورزشی

جدول ۵. آزمون تی همبسته برای بررسی تغییرات درون گروهی در متغیرهای تحقیق

P	T	میانگین و انحراف معیار		گروه	متغیر
		پس آزمون	پیش آزمون		
۰/۰۳	۱/۰۹	۵/۰۴±۱/۸۱	۵/۱۰±۲/۰۶	تعالی	درد
۰/۰۱	۲/۲۳	۴/۹۲±۱/۳۹	۵/۰۷±۱/۵۳	ترکیبی	
۰/۸۱	۰/۰۶	۴/۶۴±۱/۲۳	۴/۶۵±۱/۲۵	کنترل	
۰/۰۰۱	۷/۶۷۸	۶/۱۹±۰/۴۹	۶/۵۷±۰/۶۲	تعالی	جهش جانبی (ثانیه)
۰/۰۰۱	۸/۳۸۷	۵/۳۹±۰/۵۴	۶/۴۸±۰/۷۵	ترکیبی	
۰/۶۷۸	۰/۶۵۷	۶/۴۵±۰/۸۲	۶/۳۲±۰/۶۹	کنترل	
۰/۰۰۱	۱۱/۶۴۶	۱۰/۲۱±۰/۷۵	۱۰/۴۸±۰/۸۱	تعالی	جهش هشت لاتین (ثانیه)
۰/۰۰۱	۱۳/۶۱۲	۹/۲۸±۰/۵۴	۱۰/۳۴±۰/۶۳	ترکیبی	
۰/۴۸۷	۰/۸۹۷	۱۰/۳۷±۰/۶۷	۱۰/۲۹±۰/۷۸	کنترل	
۰/۰۰۲	۲/۳۴۵	۴۰۶/۴۶±۲۸/۸۵	۳۸۵/۶۷±۳۱/۶۲	تعالی	جهش سه گانه تک پا (ساتی متر)
۰/۰۰۱	۱۹/۳۴۵	۴۵۹/۸۷±۳۹/۴۵	۳۸۷/۵۶±۲۶/۴۷	ترکیبی	
۰/۵۶۳	۲/۸۷۲	۳۸۴/۴۷±۲۸/۳۹	۳۸۹/۷۲±۲۷/۵۳	کنترل	
۰/۰۲	۷/۶۳۸	۱۶/۴۳±۲/۶۸	۱۵/۱۹±۳/۴۷	تعالی	دورسی فلکشن (درجه)
۰/۰۱	۹/۴۳۵	۱۸/۲۱±۳/۳۳	۱۵/۲۸±۲/۴۹	ترکیبی	
۰/۸۶	۰/۲۳۱	۱۵/۴۳±۲/۸۹	۱۴/۷۶±۳/۳۲	کنترل	
۰/۰۱	۲۳/۳۷۶	۳۹/۵۶±۶/۲۴	۳۴/۸۳±۶/۵۸	تعالی	پلاتنار فلکشن (درجه)
۰/۰۲	۱۵/۲۳۷	۳۶/۸۹±۵/۸۷	۳۵/۶۴±۶/۴۵	ترکیبی	
۰/۸۷	۰/۶۷۵	۳۴/۶۵±۷/۲۹	۳۵/۳۸±۵/۷۶	کنترل	

مجله بیومکانیک ورزشی

بسیاری تشکیل شده است، حرکات تعادلی می تواند بر عملکرد عضلات ران و همچنین بیومکانیک اندام تحتانی از جمله مچ پا تأثیر گذار باشد. در واقع عضلات مرکز ثقل و تمرینات عضلانی با ثبات بخشی به سگمان های مهره ها و کنترل حرکات کلی تنه، پایه ای مستحکم برای عضلات اندام ها فراهم می آورد و این اجازه را می دهد تا نیرو در کل زنجیره حرکتی به نحو مناسبی توزیع شود که از این طریق عملکرد مناسب در فعالیت های عملکردی را نیز در پی دارد [۲۶]. بدین منظور عضلات مربوط به تعادل و ثبات تنه قبل از شروع حرکات اندام ها فعال می شود تا حداکثر نیرو با اعمال کمترین فشار بر مفاصل زنجیره حرکتی تولید شود [۱۷]. این مکانیسم توجیه کننده تأثیر تمرینات تعادلی و ترکیبی بر کاهش درد ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا است. در مورد تأثیر بیشتر تمرینات ترکیبی نیز می توان به درگیری بیشتر عضلات تنه در تمرینات ترکیبی نسبت به تمرینات تعادلی اشاره کرد. چراکه صحرانورد و همکاران [۳۰] در پژوهش خود بیان کردند هر چقدر قدرت عضلات تنه بیشتر باشد و این عضلات بیشتر تقویت شوند و به عبارت دیگر بر اساس اصل زنجیره حرکتی، بهبود عملکرد ناحیه مرکز می تواند بر عملکرد و متعاقباً درد سایر اجزای این زنجیره حرکتی به طور مثبت تأثیر گذار

هاگن و همکاران [۳۳] همسو نیست. دلایل احتمال اختلاف مطالعات مذکور با پژوهش حاضر، می تواند به مدت زمان پروتکل (هشت هفته در مقابل شش هفته)، نوع پروتکل و سن آزمودنی ها و پروتکل استفاده شده مرتبط باشد که با مطالعه حاضر متفاوت بوده است.

به طور کلی اعمال مدالیتی های درمانی همچون تمرین درمانی به طور غیرمستقیم موجب بهبود قدرت عضلانی، حس عمقی و کنترل حرکتی و کاهش درد می شود [۳۶] چراکه استفاده از تمرینات درمانی باعث کاهش حساسیت بافت نسبت به درد می شود، با این حال تمرینات درمانی در زمان کوتاه تر از طریق مکانیسم های عصبی نظیر افزایش فراخوانی واحدهای حرکتی، تغییر پیام های ارسالی به نورون های حرکتی و تغییر فعالیت عضلات آگونیست آنتاگونیست باعث افزایش قدرت عضله می شود. در این مطالعه نیز انجام تمرینات درمانی در دو گروه، به منظور تقویت عضلات اطراف مچ پا، با افزایش قدرت عضلانی و بهبود کنترل عصبی عضلانی این عضلات، کاهش درد منطقه پا و مچ پا را سبب شده است.

از آنجایی که بدن انسان از سیستم های مرتبط و عضلات دومفصلی

باشد [۲۵].

علاوه بر درد، بی‌ثباتی مزمن مچ پا اغلب با محدودیت دامنه حرکتی و عملکرد ضعیف نیز همراه است [۳۷].

چهار عامل مهم شامل قدرت، درک حس عمقی، دامنه حرکتی و تعادل، ارتباط معنی‌داری با پیچ‌خوردگی مچ پا دارد محدودیت دامنه حرکتی دورسی فلکشن خطر پیچ‌خوردگی مچ پا را افزایش می‌دهد. عمل پلانتار فلکشن، بخش مهمی از حرکت ترکیبی سوپینیشن به شمار می‌رود و افزایش توانایی تشخیص زاویه مفصل مچ پا به‌خصوص در پلانتار فلکشن ممکن است در برخی شرایط از آسیب به افراد جلوگیری کند. گلنکروس^{۱۶} و همکاران حس وضعیت مفصل به صورت فعال را در جهت پلانتار فلکشن و دورسی فلکشن بعد از آسیب مچ پا گزارش کردند [۳۸]. از دلایل احتمالی تأثیر تمرینات بر دامنه حرکتی دورسی فلکشن می‌توان به این مورد اشاره کرد: استفاده از تمریناتی که 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 دورسی فلکشن افراد می‌شود [۳۹].

نتایج نشان می‌دهد سازگاری‌های محیطی و مرکزی به وسیله تمرینات تعادلی و ترکیبی به وجود آمده است و در نتیجه باعث بهبود دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن شده است. سازگاری‌های محیطی ممکن است به این علت باشد که این نوع تمرینات باعث تحریک مکرر و گیرنده‌های حسی حرکتی در دامنه انتهایی مچ پا در طول این تمرینات می‌شود [۴۰].

همچنین ممکن است تمرینات تعادلی و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات‌دهنده) با بهبود قدرت عضلاتی چهار سر رانی و همسترینگ در نهایت سبب افزایش نمرات آزمون‌های عملکردی شده باشند. نتایج یک مطالعه الکترومیوگرافی نشان داده است عضلات سرینی میانی و سرینی بزرگ در طول جهش به جلو با یک پا فعال هستند [۴۱]. بنابراین تقویت عضلات و افزایش احتمالی عملکرد عضلات سرینی میانی و بزرگ، طی پروتکل تمرینات ترکیبی می‌تواند دلیل احتمالی دیگری برای افزایش نمره آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا باشد [۴۰].

با توجه به اینکه آزمون‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و جهش سه‌گانه تک‌پا نیازمند حرکات پرش و فرود متوالی هستند، افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی عضلات تنه و اندام تحتانی متعاقب پروتکل تمرینی گروه ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات‌دهنده) و تأثیر مثبت آن در عمل پرش و فرود احتمالاً می‌تواند دلیلی برای افزایش عملکرد بیشتر گروه تمرینات ترکیبی نسبت به گروه تعادلی در آزمون‌های مذکور در این مطالعه باشد. زیرا افزایش در جمع نیروهای عضلاتی در عضلات مرکزی بدن باعث افزایش کلی و تولید نیرو در اندام‌های فوقانی و تحتانی می‌شود و عضلات مرکزی وضعیت باعث تسریع در انتقال انرژی شده که این امر منجر به افزایش عملکرد

ورزشی می‌شود [42]. از دلایل دیگر می‌توان به بهبود کنترل وضعیت پویایی آزمودنی‌ها اشاره کرد. همچنین به نظر می‌رسد تمرینات تعادلی و ترکیبی که شامل تمرینات قدرتی نیز هستند با بهبود عملکرد پلانتار فلکسورها و همچنین تقویت لیگامنت‌های اطراف مچ پا موجب کاهش فشارهای وارده به مفصل مچ پا شده و سبب بهبود نمرات به دست آمده در جهش هشت لاتین و جهش جانبی در افراد مبتلا بی‌ثباتی عملکرد مچ پا شده است [43].

نتیجه‌گیری نهایی

از نتایج پژوهش حاضر می‌توان این‌گونه استنباط کرد که تمرینات ترکیبی تأثیر بیشتری روی درد زنان مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارد. همچنین از نتایج پژوهش حاضر می‌توان این‌گونه استنباط کرد که تأثیر تمرینات ترکیبی بر ویژگی‌های عملکردی آزمودنی‌ها بیشتر بوده است. در رابطه با تأثیر تمرینات تعادلی و ترکیبی بر بهبود دامنه حرکتی (دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن)، نتایج نشان داد هر دو روش سبب بهبود دامنه حرکتی می‌شود، به طوری که تأثیر تمرینات تعادلی بر پلانتار فلکشن بیشتر بوده است، ولی در متغیر دورسی فلکشن تأثیر تمرینات ترکیبی بیشتر از تمرینات تعادلی بوده است. به طور کلی پیشنهاد می‌شود درمانگران ورزشی و مربیان در برنامه‌های بازتوانی اسپرین مچ پا از تمریناتی استفاده کنند که جنبه‌های مختلفی از برنامه‌های درمانی را مد نظر قرار می‌دهند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

تمامی آزمودنی‌های تحقیق حاضر با رضایت کامل در پژوهش شرکت کرده و از تمامی مراحل تحقیق آگاه بودند. همچنین با آگاهی از محرمانه بودن اطلاعات شخصیشان، اختیار کامل در خروج از هر یک از مراحل تحقیق را داشتند.

حامی مالی

این مقاله از پایان‌نامه دخانم فاطمه حاتمی از گروه آسیب شناسی ورزشی دانشگاه گیلان بود.

مشارکت‌نویسندگان

مفهوم سازی، نگارش پیش‌نویس، ویراستاری و نهایی‌سازی نوشته: دکتر صدرالدین شجاع الدین، فاطمه حاتمی؛ تحقیق و بررسی: فاطمه حاتمی؛ منابع: دکتر صدرالدین شجاع الدین؛ بصری سازی، نظارت، مدیریت پروژه: دکتر صدرالدین شجاع الدین.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ تعارض منافی وجود ندارد.

References

- [1] Schifftan GS, Ross LA, Hahne AJ. The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015; 18(3):238-44. [DOI:10.1016/j.jsams.2014.04.005] [PMID]
- [2] McHugh MP, Tyler TF, Mirabella MR, Mullaney MJ, Nicholas SJ. The effectiveness of a balance training intervention in reducing the incidence of noncontact ankle sprains in high school football players. *The American Journal of Sports Medicine*. 2007; 35(8):1289-94. [DOI:10.1177/0363546507300059] [PMID]
- [3] Hubbard TJ, Wikstrom EA. Ankle sprain: Pathophysiology, predisposing factors, and management strategies. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2010; 1:115-22. [DOI:10.2147/OAJSM.S9060] [PMID] [PMCID]
- [4] Yu JH, Lee GC. Effect of core stability training using pilates on lower extremity muscle strength and postural stability in healthy subjects. *Isokinetics and Exercise Science*. 2012; 20(2):141-6. [DOI:10.3233/IES-2012-0462]
- [5] Webster KA, Gribble PA. A comparison of electromyography of gluteus medius and maximus in subjects with and without chronic ankle instability during two functional exercises. *Physical Therapy in Sport*. 2013; 14(1):17-22. [DOI:10.1016/j.ptsp.2012.02.002] [PMID]
- [6] Hale SA, Fergus A, Axmacher R, Kiser K. Bilateral improvements in lower extremity function after unilateral balance training in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*. 2014; 49(2):181-91. [DOI:10.4085/1062-6050-49.2.06] [PMID] [PMCID]
- [7] Trojian TH, McKeag DB. Single leg balance test to identify risk of ankle sprains. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40(7):610-3. [DOI:10.1136/bjism.2005.024356] [PMID] [PMCID]
- [8] Ganesh GS, Chhabra D, Mrityunjay K. Efficacy of the star excursion balance test in detecting reach deficits in subjects with chronic low back pain. *Physiotherapy Research International*. 2015; 20(1):9-15. [DOI:10.1002/pri.1589] [PMID]
- [9] Hoch MC, McKeon PO. Joint mobilization improves spatiotemporal postural control and range of motion in those with chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic Research*. 2011; 29(3):326-32. [DOI:10.1002/jor.21256] [PMID]
- [10] Abbasi H, Alizadeh MH, Daneshmandi H, Barati AH. [Comparing the effect of functional, extra-functional and combined exercises on dynamic balance in athletes with functional ankle instability (Persian)]. *Sport Medicine Studies*. 2015; (17):15-34.
- [11] Mohammadi A, Shojaedin SS, Letafatkar A, Hadadnejad M. [Comparative effects of impacts and stabilities of NASM and combined exercises (neuromuscular and core stability) on functional characteristics and balance of individuals with unilateral chronic ankle injury (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018; 7(3):34-47.
- [12] Jain TK, Wauneka CN, Liu W. The effect of balance training on ankle proprioception in patients with functional ankle instability. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2014; 7:A37. [DOI:10.1186/1757-1146-7-S1-A37] [PMCID]
- [13] Akbari M, Ahanjan Sh, Akbari M. [Ankle joint instability in national team athletes (wrestling, football and basketball) (Persian)]. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2007; 13(4):178-84.
- [14] Khodabakhshi M, Ebrahimi Atri A, Hashemi Javaheri SAA, Zandi M, Khanzadeh R. [The effect of 5 weeks proprioceptive training on basketball players' dynamic balance inflicted with chronic ankle sprain (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2014; 15(3):44-51.
- [15] Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. *Journal of Athletic Training*. 2015; 50(1):36-44. [DOI:10.4085/1062-6050-49.3.71] [PMID] [PMCID]
- [16] Cain MS, Goerger BM, Linens SW. O32 A randomised controlled trial investigating the effects of a 4-week ankle rehabilitation program on hopping tasks in high school athletes with chronic ankle instability. *British Journal of Sports Medicine*. 2017; 51(Suppl 1):A13. [DOI:10.1136/bjsports-2017-anklesymp.32]
- [17] Kiani A, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeberg R, Byberg L. Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of Internal Medicine*. 2010; 170(1):43-9. [DOI:10.1001/archinternmed.2009.289] [PMID]
- [18] Chiacchiero M, Dresely B, Silva U, DeLosReyes R, Vorik B. The relationship between range of movement, flexibility, and balance in the elderly. *Topics in Geriatric Rehabilitation*. 2010; 26(2):148-55. [DOI:10.1097/TGR.0b013e3181e854bc]
- [19] Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *Journal of Athletic Training*. 2011; 46(1):5-10. [DOI:10.4085/1062-6050-46.1.5] [PMID] [PMCID]
- [20] Reiman MP, Manske RC. Functional testing in human performance. Champaign: Human Kinetics; 2009.
- [21] Ortiz A, Olson SL, Roddey TS, Morales J. Reliability of selected physical performance tests in young adult women. *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005; 19(1):39-44. [DOI:10.1519/00124278-200502000-00008] [PMID]
- [22] Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, Perrin DH. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *Journal of Athletic Training*. 2008; 43(2):144-51. [DOI:10.4085/1062-6050-43.2.144] [PMID] [PMCID]
- [23] Jin Z, Kibler WB, Press J, Sciascia A. The Role of Core Stability in Athletic Function. *J Beijing Sports Uni*. 2008;12:039.
- [24] Rozzi SL, Lephart SM, Sterner R, Kuligowski L. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1999; 29(8):478-86. [DOI:10.2519/jospt.1999.29.8.478] [PMID]
- [25] Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training*. 2002; 37(4):364-75. [PMID] [PMCID]
- [26] 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. *Physical Therapy in Sport*. 2005; 6(4):181-7. [DOI:10.1016/j.ptsp.2005.08.003]
- [27] Webster KA, Gribble PA. Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: A systematic review. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2010; 19(1):98-114. [DOI:10.1123/jsr.19.1.98] [PMID]
- [28] Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture*. 2007; 26(1):68-75. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2006.07.009] [PMID]
- [29] Kahle N. The effects of core stability training on balance testing in young, healthy adults [MSc. thesis]. Toledo: The University of Toledo; 2009.
- [30] Sahranavard M, Aghayari A, Motealleh AR, Farhadi A. [The effect of core stability exercises on pain and performance of athletes with chronic

- ankle instability (Persian)]. North Khorasan Journal of Medical Sciences. 2018; 10(1):98-103.
- [31] Yafari A, Karami S, Gandomi F. [The effect of a new balance training period in the land and water on instability index, pain, and balance in the athletes with chronic ankle instability (Persian)]. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2018; 26(5):374-84.
- [32] Ashoury H, Raisi Z, Khodabakhshi M. [The effect of 6 weeks of training on dynamic balance and proprioceptive function of lower extremity chronic ankle sprain with basketball players (Persian)]. Journal of Research in Sport Rehabilitation. 2016; 4(7):55-63. [DOI:10.22084/RSR.2016.1593]
- [33] Haugen T, Haugvad L, Røstad V. Effects of core-stability training on performance and injuries in competitive athletes. Sports Science. 2016; 20:1-7.
- [34] Moradi K, Minoonejad H, Rajabi R. [The immediate effect of core stability exercises on balance in athletes with functional ankle instability (Persian)]. Iranian Journal of Research on Biosciences and Physical Activity. 2016; 3(4):17-24. [DOI:10.22111/RBPA.2016.4181]
- [35] Fahim T, Chugh P. Effects of 4 Weeks of Neuromuscular Training Vs Functional Balance Training on Static Balance in Those with Chronic Ankle Instability. International Journal of Science and Research. 2015; 4(5):218-23.
- [36] Yardley L, Gardner M, Leadbetter A, Lavie N. Effect of articulatory and mental tasks on postural control. NeuroReport. 1999; 10(2):215-9. [DOI:10.1097/00001756-199902050-00003] [PMID]
- [37] Barber-Westin SD, Noyes FR. Decreasing the risk of anterior cruciate ligament injuries in female athletes. In: Noyes FR. Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2009.
- [38] Glencross D, Thornton E. Position sense following joint injury. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 1981; 21(1):23-7. [PMID]
- [39] Rantalainen T, Hoffren M, Linnamo V, Heinonen A, Komi P, Avela J, et al. Three-month bilateral hopping intervention is ineffective in initiating bone biomarker response in healthy elderly men. European Journal of Applied Physiology. 2011; 111(9):2155-62. [DOI:10.1007/s00421-011-1849-8] [PMID]
- [40] Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey WAC, MacKinnon SN. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. Journal of Strength and Conditioning Research. 2005; 19(1):193-201. [DOI:10.1519/1533-4287(2005)19<193:TMEAWU>2.0.CO;2] [PMID]
- [41] Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, Padua DA. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2009; 39(7):532-40. [DOI:10.2519/jospt.2009.2796] [PMID]
- [42] Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008; 22(6):1750-4. [DOI:10.1519/JSC.0b013e3181874564] [PMID]
- [43] Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. The American Journal of Sports Medicine. 1991; 19(5):513-8. [DOI:10.1177/036354659101900518] [PMID]