Research in Sport Medicine and Technology, Volume 23 - Issue 29 / 2025

Research in Sport Medicine and Technology

Kharazmi University

Print ISSN: 2252 - 0708 Online ISSN: 2588 - 3925

Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

The Effect Of Balance And Hopping Exercises On Ankle Joint Proprioception In Athletes With Functional Ankle Instability

Hamid Abbasi[1*] | Mohammadhasan Kordi Ashkezari [2] | Abdolmajid Haratizadeh [3] | Saeed Abedinzadeh [4]

1. Associate Professor, Department of Sports Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.
2.Assistant Professor of Sports Injury and Corrective Exercises, Faculty of Sports Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3.Master in Sport Injury and Corrective Exercise, Department of Sports Sciences, Islamic Azad University, Branch of Khorasgan, Iran.
4.Assistant Professor, Department of Sports Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.

corresponding author: Hamid Abbasi, habbassi@yazd.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 2024/01/27
Revised: 2024/09/25
Accepted: 2024/05/20

Keywords:
Balance Exercises, Hopping Exercises, Proprioception Of Ankle

How to Cite:
Hamid Abbasi, Mohammadhasan Kordi Ashkezari, Abdolmajid Haratizadeh, Saeed Abedinzadeh. **The Effect Of Balance And Hopping Exercises On Ankle Joint Proprioception In Athletes With Functional Ankle Instability**. *Research In Sport Medicine and Technology, 2025: 23(29): 156-173.*

ABSTRACT

Introduction and Objective: Ankle injuries are among the most common sports-related injuries, often caused by factors such as "direct contact with a player or the ground, tackles that push the ankle inward or outward, and during jumping and landing." Among these injuries, lateral ankle sprains are one of the most prevalent types, frequently associated with ankle instability. The aim of this study was to compare the effects of balance training and hopping exercises on the proprioception of athletes with functional ankle instability.

Methods: A total of 30 basketball, volleyball, and handball athletes with functional ankle instability, with a mean age of 24.58 ± 3.626 years and a body mass index (BMI) of 25.681 ± 2.126, were randomly assigned to two groups in a clinical trial. The first group (n=15) performed hopping exercises, while the second group (n=15) performed balance training. Proprioception of their ankle joints was assessed at baseline and after six weeks of training. Data analysis was conducted using paired t-tests and ANCOVA via SPSS version 20.

Results: Both balance training and hopping exercises significantly reduced the absolute error in reconstructing dorsiflexion and plantarflexion angles of the ankle ($p<0.05$). Additionally, the reduction in absolute error for these angles was significantly greater in the hopping group compared to the balance training group ($p<0.05$).

Conclusion: The findings indicate that both balance training and hopping exercises improve ankle joint proprioception in athletes with functional ankle instability. However, hopping exercises demonstrated greater effectiveness compared to balance training.

Published by Kharazmi University, Tehran, Iran. Copyright(c) The author(s) This is an open access article under e:
CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

پژوهش در طب ورزشی و فناوری
شاپا چاپی: ۰۷۰۸-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۳۹۲۵-۲۵۸۸
Homepage: https://jsmt.khu.ac.ir

مقایسه اثر تمرینات تعادلی و هاپینگ بر حس عمقی مفصل مچ پای ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا

حمید عباسی [۱*] | محمدحسن کردی اشکذری [۲] | عبدالمجید هراتی زاده [۳] | سعید عابدین‌زاده [٤]

۱. دانشیار گروه علوم ورزشی دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳. کارشناسی‌ارشد آسیب‌شناسی ورزشی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.
٤. استادیار گروه علوم ورزشی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

نویسنده مسئول: حمید عباسی habbassi@yazd.ac.ir

اطلاعات مقاله:
نوع مقاله: علمی–پژوهشی
دریافت: ۱٤۰۲/۱۱/۷
ویرایش: ۱٤۰۳/۷/٤
پذیرش: ۱٤۰۳/۲/۳۱

واژه‌های کلیدی:
تمرینات تعادلی، تمرینات هاپینگ، حس عمقی مچ پا

ارجاع:
حمید عباسی، محمدحسن کردی اشکذری، عبدالمجید هراتی زاده، سعید عابدین‌زاده. **مقایسه اثر تمرینات تعادلی و هاپینگ بر حس عمقی مفصل مچ پای ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا.** *پژوهش در طب ورزشی و فناوری.* ۱٤۰٤: ۲۳(۲۹):۱۷۳-۱۵٦

چکیده

مقدمه و هدف: آسیب‌های مچ پا یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی است که این آسیب‌ها به دلایلی مانند "برخورد مستقیم با بازیکن یا زمین، تکل‌هایی که به داخل یا خارج مچ پا و در حین پرش و فرود" ایجاد می‌گردد. از بین این آسیب‌ها، اسپرین خارجی مچ پا از شایع‌ترین آسیب‌ها است که با ناپایداری مچ پا همراه است. هدف از تحقیق حاضر مقایسه تمرینات تعادلی و هاپینگ بر حس عمقی ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا است.

روش‌ها: تعداد ۳۰ ورزشکار رشته های ورزشی بسکتبال، والیبال و هندبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا با میانگین سنی ۳/٦۲٦±۲٤/۵۸ و شاخص توده بدنی ۲/۱۲٦±۲۵/٦۸۱ در ۲ گروه مطالعه کارآزمایی بالینی به صورت تصادفی تقسیم شدند. گروه اول تمرینات هاپینگ (۱۵ نفر)، گروه دوم تمرینات تعادلی (۱۵ نفر) را انجام دادند. حس عمقی مفصل مچ پای آنها در ابتدا و پس از ٦ هفته تمرین مجدداً ارزیابی شد. تجزیه وتحلیل داده‌ها با آزمون های تی وابسته و آنکوا انجام با نرم افزار SPSSنسخه ۲۰ گردید.

یافته‌ها: تمرینات تعادلی و هاپینگ به طور معناداری باعث کاهش خطای مطلق بازسازی دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پا شدند ($p<0/05$). همچنین این خطای مطلق این زوایا در گروه تمرینات هاپینگ نسبت به گروه تمرینات تعادلی کاهش معناداری داشت ($p<0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که تمرینات تعادلی و هاپینگ باعث بهبود حس عمقی مفصل مچ پا ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا گردیده است و همچنین تمرینات هاپینگ نسبت به تعادلی اثربخشی بیشتری دارند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

Extended Abstract

nkle injuries are among the most prevalent sports-related injuries, particularly in sports like basketball, volleyball, and handball, which involve rapid changes in direction, running, jumping, and landing. These activities place significant stress on the lower limbs, making athletes highly susceptible to ankle sprains and subsequent functional instability. Lateral ankle sprains, one of the most common types of ankle injuries, often lead to functional ankle instability (FAI), characterized by symptoms such as giving way, weakness, pain, and impaired function without anatomical abnormalities in the joint. FAI is associated with ligament laxity, proprioceptive deficits, and delayed neuromuscular responses around the ankle joint. Conservative treatments, including therapeutic exercises and rehabilitation protocols, are widely recommended for managing chronic ankle instability. Among these interventions, balance training and hopping exercises have gained attention due to their potential to improve proprioception, strength, and overall joint stability. However, despite numerous studies exploring the effects of these exercise modalities on ankle function, there remains a lack of consensus regarding their comparative efficacy in enhancing proprioception among athletes with FAI. This study aims to address this gap by comparing the effects of balance training and hopping exercises on proprioception in athletes with functional ankle instability.

Objective

The primary objective of this study was to compare the effects of balance training and hopping exercises on proprioception in athletes diagnosed with functional ankle instability. Proprioception, assessed through active angle reproduction tests, was used as the key outcome measure. The study sought to determine whether hopping exercises, which combine dynamic movements with strength and coordination demands, were more effective than traditional balance training in improving proprioceptive acuity in dorsiflexion and plantarflexion angles of the ankle joint.

Methods

This research was conducted as a randomized controlled clinical trial (IRCT20190627044039N1) and received ethical approval with the identification code IR.IAU.KHUISF.REC.1401.051 from the Islamic Azad University, Khorasgan Branch.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

The study population consisted of athletes aged 18 to 30 who were actively involved in handball, basketball, or volleyball and had experienced at least one episode of ankle sprain within the past 12 months.

Using G*Power software, the required sample size was determined to be 34 participants based on two groups, an ANCOVA statistical method, a 5% error rate, an effect size of 0.5, and 95% statistical power. Considering potential dropouts, the final sample included 30 athletes with FAI, randomly divided into two groups: one performing hopping exercises (n=15) and the other undergoing balance training (n=15). Randomization was performed by an individual external to the research team, while pre- and post-intervention assessments and the exercise protocols were administered by the researcher.

Participants were required to meet specific inclusion criteria, including regular participation in their respective sports (at least three times per week), a history of at least one lateral ankle sprain in the previous year, and a qualifying score on the IdFAI questionnaire. Exclusion criteria encompassed individuals with recent lower limb injuries, ankle sprains within the last three months, non-sprain-related lower limb pain, neuromuscular disorders, or prior surgery on the ankle or lower limbs.

Proprioception was assessed using the active angle reproduction test, where participants sat on a table with their torso, hip, and knee joints positioned at 90 degrees. To eliminate visual interference, participants' eyes were covered with a black cloth. The tester passively moved the participant's foot to a target angle within the mid-range of motion—20 degrees for plantarflexion and 10 degrees for dorsiflexion. Participants were then instructed to actively reproduce the target angle. A camera recorded the movements, and angles were measured using AutoCAD software after transferring the video footage to a computer. Each angle was tested three times, and the absolute error (difference between the reproduced angle and the target angle, irrespective of direction) was calculated for each repetition. The mean absolute error across the three trials was used as the measure of proprioceptive acuity.

The exercise protocols were based on previous studies and tailored to enhance proprioception, strength, and stability. Both groups engaged in a 10-minute warm-up (7

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

minutes of jogging and 3 minutes of general stretching) and a 5-minute cool-down (general stretching) during each session.

The hopping group performed six types of hopping exercises, including side-to-side hops, anterior-posterior hops, Latin four-pattern hops, forward hops, and Latin eight-pattern hops. These exercises were conducted three times per week for six weeks, with the intensity progressively increasing from 80 to 160 foot contacts per week. Initially, exercises were performed bilaterally and later progressed to unilateral execution. Hand positioning was adjusted to increase difficulty, starting with free hands, then moving to chest level, and finally to behind the head. For the first three weeks, hopping exercises focused on stabilization, while from the fourth week onward, a metronome was introduced to maintain a rhythm of 2 Hz.

The balance training group followed a protocol derived from established studies in the field. Exercises were performed three times per week for six weeks, with progression in difficulty achieved by altering the base of support (e.g., single-leg vs. double-leg stance, Bosu ball vs. flat ground) every two weeks. Participants maintained their hands on their hips and kept their eyes open during the exercises. Rest intervals between sets were 30 seconds, with a two-minute break at the end of each set. All participants received instruction from a qualified sports specialist to ensure proper technique and adherence to the protocols.

Data analysis involved descriptive statistics (mean and standard deviation) and inferential statistics to determine the effects of the interventions. The Shapiro-Wilk test confirmed the normal distribution of the data, and Levene's test verified homogeneity of variances ($p > 0.05$). Paired t-tests were used to compare pre- and post-test proprioceptive errors within each group, while ANCOVA was employed to compare the effects of the two exercise modalities. Effect sizes were calculated using partial eta squared. Statistical analyses were performed using SPSS version 20.

Results

The demographic characteristics of the participants, including age, height, weight, and body mass index (BMI), were similar between the two groups, as confirmed by independent t-tests ($p > 0.05$). The results revealed significant reductions in absolute

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

errors for both dorsiflexion and plantarflexion angles following the six-week intervention in both groups ($p < 0.05$). However, ANCOVA indicated that hopping exercises were more effective than balance training in reducing proprioceptive errors ($p < 0.05$).

Specifically, the mean absolute error for dorsiflexion decreased from 2.87 ± 0.51 degrees to 1.82 ± 0.42 degrees in the balance training group and from 2.35 ± 0.32 degrees to 1.12 ± 0.56 degrees in the hopping group. Similarly, for plantarflexion, the mean absolute error decreased from 3.25 ± 0.66 degrees to 2.08 ± 0.39 degrees in the balance training group and from 2.92 ± 0.78 degrees to 1.05 ± 0.35 degrees in the hopping group. The effect sizes (partial eta squared) were 0.804 for dorsiflexion and 0.758 for plantarflexion, indicating large practical significance.

Conclusion

The findings of this study demonstrate that both balance training and hopping exercises significantly improve proprioceptive acuity in athletes with functional ankle instability. However, hopping exercises demonstrated greater efficacy compared to balance training, particularly in reducing absolute errors in dorsiflexion and plantarflexion angles. These results suggest that hopping exercises, with their dynamic nature and combined focus on strength, coordination, and balance, may serve as a valuable component of rehabilitation programs for individuals with chronic ankle instability.

Coaches and therapists are encouraged to incorporate hopping exercises into rehabilitation protocols to enhance proprioception and reduce the risk of recurrent ankle injuries. Future research should explore long-term retention of proprioceptive gains and investigate the combined effects of hopping and balance training on ankle function. Additionally, further studies are needed to examine the impact of these interventions on other aspects of athletic performance, such as agility, speed, and sport-specific skills.

In conclusion, this study highlights the importance of selecting appropriate exercise modalities for rehabilitation and underscores the potential of hopping exercises as a superior alternative to traditional balance training in improving proprioception among athletes with functional ankle instability.

Key words: balance exercises, hopping exercises, proprioception of ankle

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

مقدمه

ورزشکاران رشته‌های ورزشی والیبال، بسکتبال و هندبال که تغییر مسیرهای سریع، دویدن، پریدن و فرودآمدن دارند به‌احتمال زیاد دچار آسیب‌های اندام تحتانی خواهند شد (۱). آسیب مفصل مچ پا یکی از شایع ترین آسیب‌های ورزشی می‌باشد که ممکن است با برخورد مستقیم با بازیکن یا زمین، تکل‌هایی که به داخل و خارج مچ پا و پرش و فرود ایجاد می‌گردد. از بین این آسیب‌ها، اسپرین خارجی مچ پا از شایع ترین آسیب‌ها می باشد که با ناپایداری مچ پا همراه است (۲).

تعدادی از پیچ‌خوردگی‌های خارجی با رویکرد درمانی حفاظتی بهبود می‌یابند، درحالی‌که تعدادی دیگر درد ماندگار، ضعف، اسپرین مجدد و دیگر علائم بی‌ثباتی را به دنبال دارند. این ناپایداری مچ پا می‌تواند ناپایداری عملکردی باشد که ناپایداری عملکردی مچ پا با علائمی همچون خالی‌کردن مچ پا، ضعف، درد و نقص در عملکرد توصیف می‌شود بدون اینکه مفصل از لحاظ آناتومی دچار مشکل گردد (۳). برخی علل که موجب ناپایداری عملکردی مچ پا می‌شود شامل شلی رباط، نقص حس عمقی، و نقص و تأخیر در پاسخ عضلات ناحیه مچ پا است (۳). برای درمان ناپایداری مزمن مچ پا درمان‌های محافظه‌کارانه و غیر محافظه‌کارانه توصیه گردیده است. در درمان‌های محافظه‌کارانه یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های این نوع درمان می‌توان به دوره‌های تمرین درمانی اشاره کرد.

تمرینات هاپینگ یک روش تمرینی دینامیک برای اندام تحتانی است که دارای ماهیت چندگانه از قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی- عضلانی، ثبات مفصل، تعادل و حس عمقی هستند. این تمرینات به‌صورت کلینیکی در مراحل پایانی دوره بازتوانی بکار برده می‌شوند. حرکات هاپینگ شامل انقباض اکسنتریک و کانسنتریک متعاقب آن می‌شود. قدرت عضلانی و تعادل دو جزء ضروری اجرای هاپینگ است. محققان بر این باورند که تمرینات هاپینگ، پل ارتباطی بین قدرت و هماهنگی هستند که باعث افزایش عملکرد ورزشکار می‌گردند (٤).

برنامه‌های توانبخشی برای پیچ خوردگی و ناپایداری مچ پا شامل: تمرینات عصبی- عضلانی و تمرینات پلایومتریک می باشد (٦و٥). تمرینات تعادلی معمول ترین تمریناتی است که برای افراد با ناپایداری مچ پا بکار می‌رود. این تمرینات در بهبود کنترل پاسچر و بازخورد کنترل عصبی-عضلانی در افراد مبتلا به ناپایداری مچ پا موثر می باشد. این تمرینات با بهبود در قدرت عضلات، تعادل و حس عمقی می تواند باعث بهبود عصبی عضلانی اندام تحتانی گردد (۷). ابزارهای مشخصی می‌تواند برای ارائه استفاده شود که می‌تواند به تخته تعادل، مینی ترامپلین، بوسو بال و تست ستاره و ... اشاره کرد. مطالعه‌ای نشان داده است که چهار هفته تمرینات تعادلی باعث بهبود ثبات دوگانه ساق پا – پشت پا (Shank-rear foot coupling) در حین راه رفتن گردیده است (۸). برای مثال در مطالعهٔ جاین تارانگ (Tarang) و همکاران (۲۰۱٤) تمرینات تعادلی به مدت چهار هفته روی مبتلایان به بی ثباتی عملکردی مچ پا انجام گرفت و نتایج پس از اتمام دورهٔ تمرینی حاکی از اثربخشی تمرینات در کاهش بی‌ثباتی مچ پا و بهبود حس عمقی مفصل مچ پا در بیماران بود (۹). بن موسا و همکاران (Ben Moussa) (۲۰۱۳) نشان دادند تمرینهای حس عمقی به طور مؤثر میتواند با افزایش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

کنترل وضعیتی و عضلانی، موجب بهبود ثبات در مچ پای ناپایدار شود (۱۰). با توجه به تأثیرات مثبت تمرین درمانی و بازتوانی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا و تأثیر مثبت اجرای تمرینات در مطالعات گذشته می‌توان اذعان داشت برنامهٔ توان‌بخشی برای افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا بسیار حائز اهمیت است.

ازآنجایی‌که مطالعات گذشته نشان داده‌اند که افراد مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا دچار تغییرات حس عمقی می گردند و یک پروتکل تمرینی معین با کارایی بالا مشخص نکرده‌اند؛ لذا محققان حوزه توان‌بخشی همیشه به دنبال رسیدن به پروتکل‌های تمرینی هستند که دارای کارایی بیشتر و هزینه وزمان کمتر برای رساندن ورزشکار به تمرین و مسابقه هستند. باتوجه‌به بررسی‌های صورت‌گرفته هیچ مطالعه‌ای به مقایسه اثر تمرینات هاپینگ و تعادلی بر حس عمقی ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا صورت نگرفته است؛ بنابراین هدف از تحقیق حاضر اثر تمرینات تعادلی و هاپینگ بر حس عمقی ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا است.

روش‌شناسی

این تحقیق از لحاظ هدف کاربردی و از نوع تحقیقات کارآزمایی بالینی (IRCT20190627044039N1) تصادفی شده پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل است. این مطالعه دارای کد اخلاق با شناسه IR.IAU.KHUISF.REC.1401.051 در دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان مصوب گردید.

جامعه آماری پژوهش حاضر کلیه ورزشکاران ۱۸ تا ۳۰ سال بودند که در رشته های هندبال، بسکتبال و والیبال فعالیت می کردند و تا به حال یک بار پیچ خوردگی مچ پا داشتند. همچنین با توجه به حجم نمونه در نرم افزار جی پاور با داشتن دو گروه، روش آماری آنکوا، خطای آماری ۵ درصد، اندازه اثر ۰,۵ و توان آماری ۹۵ درصد حجم نمونه را ۳٤ نفر تایید کرد که با توجه به ریزش نمونه ها در این تحقیق ۳۰ ورزشکار مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا در ۲ گروه های مطالعه کارآزمایی بالینی به صورت تصادفی تقسیم شدند (پیوست ۱). تصادفی سازی توسط فردی غیر از محقق انجام گردید. اما تست گیری و انجام دوره تمرینی توسط محقق اجرا شد. گروه اول شامل ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا تمرینات هاپینگ (۱۵ نفر)، گروه دوم شامل ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا تمرینات تعادلی (۱۵ نفر) بود.

از جمله معیارهای ورود به پژوهش حاضر ورزشکاران باید به طور منظم حداقل سه بار در هفته در رشته‌های هندبال، والیبال و بسکتبال انجام دهند و حداقل یکبار پیچ‌خوردگی خارجی مچ پا در ۱۲ ماه گذشته تجربه کرده‌اند و نمرات لازم از پرسشنامه IdFAI را کسب کنند. همچنین افرادی که آسیب اندام تحتانی یا پیچ خوردگی مچ پا در سه ماه گذشته داشته، درد در اندام تحتانی به هر دلیلی غیر از پیچ خوردگی مچ پا، اختلالات عصبی عضلانی در اندام تحتانی، سابقه جراحی مفصل مچ پا یا اندام تحتانی را داشته اند از تحقیق خارج شدند (۱۱) .

برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل مچ پا، از آزمون بازسازی فعال زاویه مچ پا استفاده شد. در این آزمون آزمودنی طوری روی میز می‌نشست که زاویه تنه با ران و ران با زانو در حالت ۹۰ درجه قرار گرفت. جهت حذف مداخله بینایی،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

چشم های آزمودنی ها با پارچه سیاه بسته شد. سپس آزمونگر پای آزمودنی را به طور غیرفعال تا دامنه میانی حرکت برد. این زوایا با توجه به منبع، برای پلانتار فلکشن ۲۰ درجه و دورسی فلکشن ۱۰ درجه است. سپس آزمودنی خواسته شد که پای خود را فعال تا زاویه منظور شده ببرد (۱۲) (شکل۱). همزمان دوربین به ثبت تصاویر ، زاویه مچ و خطای مطلق زاویه هدف پرداخت. برای تسهیل عملیات گونیامتر، سه عدد مارکر در برجستگی فوقانی نازک نی، قوزک خارجی و سر استخوان متاتارس نصب گردید (۱۳).

پس از انتقال تصاویر به رایانه و با نرم‌افزار اتوکد و اتصال مرکز مارکرها قادر به‌اندازه گیری زاویه مچ پا در هنگام بازسازی زاویه بودیم. آزمون برای هر یک از زوایای هدف سه بار تکرار شد. مقدار خطای مطلق (اختلاف میان زاویه بازسازی شده با زاویه هدف بدون درنظرگرفتن جهت حرکت) برای هر تکرار دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن محاسبه گردید (۱۲). میانگین خطای بازسازی زاویه طی سه بار اندازه‌گیری، خطای بازسازی در آن زاویه در نظر گرفته شد.



شکل ۱. اندازه گیری بازسازی زاویه دورسی فلکشن مچ پا

پس از انتخاب آزمودنی‌ها و تأیید فیزیوتراپ مبنی بر بی‌ثباتی عملکردی مچ پا و مشکل نداشتن تمرینات برای افراد، آزمودنی‌ها در ۲ گروه تمرینات هاپینگ، تعادلی قرار گرفتند. سپس برای هریک از گروه‌ها ساعت‌های تمرینی مشخص تعیین شد و تمرینات ویژه هر گروه اجرا شد. آزمودنی‌ها در ابتدای هر جلسه تمرینی ۱۰ دقیقه را به گرم کردن اختصاص می‌دادند (۷ دقیقه دویدن و ۳ دقیقه حرکات کششی کلی) و ۵ دقیقه سرد کردن که شامل حرکات کششی کلی بود (۱۱). پروتکل تمرینی بر اساس مطالعات قبل استخراج و مورد استفاده قرار گرفته که شامل تمرینات مختلف بود (٤و٧). این تمرینات شامل ٦ نوع تمرینات هاپینگ که شامل : هاپینگ به طرفین، هاپینگ به سمت قدامی و خلفی، هاپینگ به شکل چهار لاتین، هاپینگ باحرکت به سمت جلو، هاپینگ به شکل هشت لاتین بود که به صورت سه جلسه در هفته و برای شش هفته انجام شد (٤). شدت تمرینات از ۸۰ تا ١٦٠ تماس پا بازمین در طول هفته ها افزایش یافت همچنین تمرینات در ابتدا به صورت دوپا و سپس به تک پا پیشرفت نمود و جایگاه دست برای افزایش دشواری و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

شدت تمرینات از حالت آزاد، روی سینه و پشت سر تغییر یافت. لازم به ذکر می‌باشد که در سه هفته اول تمرینات به صورت هاپینگ و ثبات پذیری (۸و۱۴) انجام شد و از هفته سوم به بعد با استفاده از یک مترونوم تمرینات هاپینگ با ریتم ۲ هرتز انجام شد.

پروتکل تمرینی تعادلی نیز برگرفته از سایر مطالعات انجام شده در این حوزه است که می‌توان از آنها به‌عنوان تمرینات اثبات شده و کاملاً مؤثر استفاده نمود (۱۱ و۱۵و۱۶). این تمرینات سه جلسه در هفته و برای شش هفته انجام شد. متخصص ورزشی همه‌ی شرکت کنندگان را آموزش می‌داد.

در این تمرینات دست‌ها بر روی کمربند لگنی و چشم‌ها باز بود و شدت این تمرینات از نظر سطح اتکا (تک پا/ دوپا- بوسوبال/ زمین) به‌صورت فزاینده هر دو هفته افزایش داده می‌شد (۱۵). همچنین استراحت بین ست‌ها ۳۰ ثانیه و استراحت پایان ست دو دقیقه بود (۱۱).

در این پژوهش جهت تجزیه‌وتحلیل اطلاعات توصیفی از میانگین و انحراف معیار و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. همچنین برای مقایسه متغیر حس عمقی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون از آزمون تی وابسته و باتوجه‌به دو مرحله اندازه‌گیری از آزمون آنکوا استفاده گردید و اندازه اثر (Partial Eta) گرفته شد. لازم به ذکر است در تجزیه‌وتحلیل داده‌های این پژوهش از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ استفاده شد.

یافته‌ها

اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها شامل سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) که در ابتدای تحقیق اندازه‌گیری شد، در هر گروه در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد تفاوت آماری معنی‌داری بین داده‌های دموگرافیک گروه هاپینگ و تعادلی وجود ندارد. بنابراین همگنی این داده‌ها مورد تایید قرار گرفت.

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک آزمودنی ها در گروه های هاپینگ و تعادلی

متغیر	گروه	تعداد	میانگین ± انحراف استاندارد	مقدار P
سن (سال)	تعادلی	۱۵	۲۴/۵۴±۳/۴۵۵	۰/۹۵۷
	هاپینگ	۱۵	۲۴/۶۲±۳/۷۹۸	
قد (سانتی‌متر)	تعادلی	۱۵	۱۷۹/۱۵±۴/۲۷۹	۰/۹۲۵

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

	هاپینگ	۱۵	۱۷۹/۰۰±۳/۹۱۶	
وزن (کیلوگرم)	تعادلی	۱۵	۸۲/۳۱±٦/٦٧٦	۰/۹۳۰
	هاپینگ	۱۵	۸۲/٦۲±۱۰/۵۷۱	
شاخص توده بدنی (kg/m^2) (BMI)	تعادلی	۱۵	۲۵/۵۸۵±۱/۰٤۷۹	۰/۸۲۲
	هاپینگ	۱۵	۲۵/۷۷۷±۲/۸۳۸۲	

* p> 0 . 05 –آزمون آماری تی مستقل

برای بررسی توزیع نرمال متغیرها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد و نتایج به‌دست‌آمده از این آزمون، نشان داد مقادیر اندازه‌گیری شده مربوط به متغیرهای تحقیق نرمال هستند (P> 0/05). همچنین جهت بررسی همگنی واریانس‌ها، از آزمون لوین استفاده شده است که نتایج آن نشان داد پیش‌فرض همگنی واریانس‌های نمرات در گروه‌های پژوهش تأیید گردید (P> 0/05) و مفروضه‌های لازم برای استفاده از آزمون آماری وجود دارد.

نتایج آنالیز تحلیل تی وابسته در رابطه با اثر تمرینات تعادلی و هاپینگ بر خطای بازسازی زاویه دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این آنالیز نشان داد که میانگین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر دو روش تمرینی تفاوت معنادار دارد (p<0/05). همچنین دررابطه‌با مقایسه دو روش تمرینی نتایج آنالیز تحلیل کوواریانس نشان داد تفاوت معناداری بین اثر تمرینات هاپینگ و تعادلی بر حس عمقی مفصل مچ پا در ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا وجود دارد (جدول ۳) (p<0/05).

جدول ۲. نتایج آزمون تی وابسته برای بررسی اثر تمرینات تعادلی و هاپینگ بر خطای بازسازی زاویه دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن

تمرینات	متغیر	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدار P
تعادلی	دورسی فلکشن (درجه)	۲/۸۷±۰/۵۱	۱/۸۲±۰/٤۲	۰/۰۰۳*
	پلانتارفلکشن (درجه)	۳/۲۵±۰/٦٦	۲/۰۸±۰/۳۹	۰/۰۰۱*
هاپینگ	دورسی فلکشن (درجه)	۲/۳۵±۰/۳۲	۱/۱۲±۰/۵٦	۰/۰۰۱*
	پلانتارفلکشن (درجه)	۲/۹۲±۰/۷۸	۱/۰۵±۰/۳۵	۰/۰۰۱*

* p<0 . 05 –آزمون آماری تی وابسته

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

جدول ۳. نتایج آزمون تی وابسته برای بررسی اثر تمرینات هاپینگ بر خطای بازسازی زاویه دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن

متغیر	گروه	پیش‌آزمون میانگین±انحراف استاندارد	پس‌آزمون میانگین±انحراف استاندارد	مقدار P	اندازه اثر
دورسی فلکشن (درجه)	تعادلی	۲/۸۷±۰/۵۱	۱/۸۲±۰/۴۲	۰/۰۰۱*	۰/۸۰۴
	هاپینگ	۲/۳۵±۰/۳۲	۱/۱۲±۰/۵۶		
پلانتار فلکشن (درجه)	تعادلی	۳/۲۵±۰/۶۶	۲/۰۸±۰/۳۹	۰/۰۰۱*	۰/۷۵۸
	هاپینگ	۲/۹۲±۰/۷۸	۱/۰۵±۰/۳۵		

* $p<0.05$ –آزمون آماری تی وابسته

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، ٦ هفته تمرینات تعادلی و هاپینگ منجر به کاهش معنی‌دار میزان خطای مطلق بازسازی زاویه دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن گردید. بدین معنا که انجام تمرینات تعادلی و هاپینگ اختصاصی مچ پا، بهبود حس عمقی مچ پا در دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن را به دنبال دارد. همچنین یافته های پژوهش حاضر نشان داد، ٦ هفته تمرینات هاپینگ در کاهش خطای مطلق بازسازی زوایای دورسی فلکشن و پلانتار فلکشن مچ پای ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا نسبت به تمرینات تعادلی اثر بخشی بیشتری دارند. با توجه به اینکه تا لحظه نگارش این پژوهش، تحقیقات کافی در زمینه مقایسه دو نوع تمرین از لحاظ حس عمقی وجود نداشته، لذا نتایج این پژوهش با نزدیکترین تحقیقات مقایسه شده است.

نتایج تحقیق حاضر با تحقیق یلفانی و همکاران (۲۰۱۷)، لی و همکاران (۲۰۰۸)، پلوم لی و همکاران (۲۰۱۰)، اسمعیل نیا و همکاران (۲۰۱۷)، آنگوش و همکاران (۲۰۱۰)، کریمی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، زاهدی و همکاران (۲۰۱۸) و کردی و همکاران (۱۳۹۹) همسو است (۱۷–۲۲) و با نتایج تحقیق برنیرو پرین (۱۹۹۸) و محمدی نیا و همکاران (۱۳۹۷) ناهمسو است (۲۳ و ۲٤). از دلایل ناهمسویی با تحقیق برنیر و پرین، می‌توان به افرادی که در آن تحقیق شرکت کردند اشاره کرد که این افراد سالم بوده و غیرورزشکار بودند. همچنین مدت‌زمان تمرین آن‌ها در هر جلسه تمرینی ۱۰ دقیقه بوده است که ممکن است این تمرینات با مدت‌زمان کم‌اثر بخش نباشند. محمدی نیا و همکاران نیز به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

مقایسه دو نوع تمرین هاپینگ و ترکیبی تعادلی- قدرتی بر تعادل ایستا و پویا و قدرت عضلات منتخب مردان فوتبالیست مبتلا به پیچ‌خوردگی مزمن یک‌طرفه مچ پا پرداختند و گزارش کردند که تمرینات منتخب تعادلی-قدرتی به علت جامع بودن آن و به دلیل اینکه هر یک از عوامل را به‌صورت مجزا تأکید دارد نسبت به تمرینات هاپینگ در بهبود قدرت و تعادل می‌تواند تأثیر بیشتری داشته باشد (۲٤). از دلایل ناهمسویی نتایج تحقیق حاضر با تحقیق محمدی نیا و همکاران می‌توان به نوع تمرینات اشاره کرد. پروتکل تمرینی مورد استفاده در آن تحقیق ترکیبی از تمرینات قدرتی و تعادلی بوده و فاکتوری که مورد ارزیابی قرار دادند قدرت و تعادل ایستا و پویا بوده است.

در رابطه با تمرینات تعادلی پژوهشگران نشان دادند در سطح نخاع، نقش اصلی آن تنظیم‌کردن رفلکس عضله است. اطلاعات حسی به‌دست‌آمده از گیرنده‌های مکانیکی مفصل به دنبال بروز رفلکس های تعادلی، به طور رفلکسی موجب یک انقباض حمایتی اطراف مفصل می‌شوند و از وارد شدن فشار بیش از حد بر عوامل پاسیو محدود کننده حرکت مفصل ممانعت می‌نمایند. در سطح ساقه مغز، بروز رفلکس‌های تعادلی به کنترل تعادل بدن کمک می‌کند و در سطح مراکز عصبی بالاتر (قشر مغز و مخچه) فرد با تمرکز و توجه و به طور آگاهانه سعی در کنترل هوشیارانه وضعیت مفصل و تعادل بدن خود می نماید. کنترل در هریک از این سطوح نیازمند اطلاعات حسی جمع آوری شده از سیستم های بینایی، دهلیزی و حسی – پیکری است. در نتیجه با دشوارتر شدن شرایط تمرین (با بستن چشم ها، حفظ تعادل روی یک پا و استفاده از تخته تعادل چند صفحه ای)، اضافه بار روی حس‌های نامبرده و حس عمقی بیشتر می‌شود (۲۵و۲٦). مطالعات نشان داده است که حس عمقی قابل تعلیم است و برنامه‌هایی که شامل تعلیم حس عمقی باشد، موجب پیشرفت حرکات عملکردی می‌شود. برای تعلیم حس عمقی باید از تمریناتی استفاده کرد که این سیستم را درگیر کند. پژوهش‌ها نشان داده است که تمرینات بهبود تعادل، موجب درگیر شدن سیستم حس عمقی می‌شود (۲٦و۲۷). از سوی دیگر هر عاملی که موجب کاهش حس عمقی شود، با ایجاد بی ثباتی مکانیکی مفصل را مستعد ضربات خفیف و آسیب می‌کند؛ علاوه بر این، با ایجاد ضایعات لیگامانی در مفصل، به طور معکوس حس عمقی مفصل بیشتر کاهش می‌یابد (۲۸). همچنین محققین اظهار داشتند که تمرینات تعادلی می‌تواند منجر به افزایش فعالیت دوک عضلانی از طریق ارتقای کنترل عصبی عضلانی می‌شود (۲۹). اما در رابطه با تمرینات هاپینگ نتایج نشان می دهد سازگاری محیطی و مرکزی توسط تمرینات هاپینگ به وجود آمده است و در نتیجه باعث بهبود حس وضعیت مفصل شد. سازگاری محیطی ممکن است به این علت باشد که تمرینات هاپینگ باعث تحریک مکرر مکانورسپتورهای مفصلی در دامنه انتهایی مچ پا در طول این تمرینات می‌شود (۳۰). تحقیقات قبلی نشان داده است که مکانورسپتورهای مفصلی زمانی که مچ پا به انتهای دامنه حرکتی خود حرکت می‌کند به صورت حداکثر تحریک می‌شوند (۳۱). علاوه بر این، تغییر سریع طول و تنش که در ساختار تاندونی- عضلانی در طول انقباضات اکسنتریک بارگذاری می‌شود و ممکن است باعث تسهیل سازگاری دوک عضلانیو اندام وتری گلژی شود. پژوهشگران زیادی معتقد هستند که حساسیت زدایی اندام وتری گلژی باعث تحریک بیشتر کشش دوک عضلانی به تغییر طول می‌شود (۳۲). با بالا رفتن تحریک

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

سیستم دوک عضلانی، سهم آوران های دوک عضلانی به سیستم عصبی مرکزی با توجه به موقعیت مفصل افزایش حس عمقی می‌یابد. این سازگاری همچنین می‌تواند باعث افزایش حس عمقی نشان داده شده در این ورزشکاران باشد.
سازگاری مرکزی نیز ممکن است باعث افزایش حس وضعیت مفصل بعد از تمرینات هاپینگ باشد. تازگی این تکلیف نیاز به فعال‌سازی مقدماتی عضلات در پیش‌بینی، تعادل و تحمل وزن در هنگام فرود و انقباض غیرارادی برای نیروی کانسنتریک تولید شده در هاپینگ متعاقب بعدی است. هنگامی که عضلات تحریک می‌شوند، حس وضعیت مفصل به طور قابل‌توجهی بهبود پیدا می‌کند، بنابراین هاپینگ باعث افزایش و تقویت آگاهی از موقعیت مفصل می‌شود (۳۳). در هنگام انجام هاپینگ و در مرحله اولیه جداشدن فرد از روی زمین و غلبه بر نیروی وزن، نیاز به قدرت عضلات پلانتار فلکسور است و این عمل باعث افزایش تحریک مکانورسپتورهای می‌شود که بیشتر آن‌ها در فعالیت عادی نیز فعال هستند. به همین علت در این مطالعه پس از دوره تمرینی بهبود حس وضعیت مفصل در حرکت پلانتار فلکشن بهبودیافته است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرینات هاپینگ می‌تواند اثربخشی بهتری در حس عمقی مفصل مچ پا داشته باشد. از دلایل برتری تمرینات هاپینگ می‌توان به این نکته اشاره کرد که تمرینات هاپینگ موجب تغییراتی در کنترل عصبی عضلانی می‌شود. رفتار مهارت حرکتی به توانایی مغز در یادگیری کنترل بدن و پیش‌بینی متعاقب این کنترل بستگی دارد. توانایی پیش‌بینی به انتظاری که از اطلاعات حسی متعاقب می‌رود بستگی دارد درحالی‌که کنترل پیامدهای مورد نظر به دستورات حرکتی بستگی دارد. افراد مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا در پیش‌بینی دستورات حرکتی متعاقب دچار مشکل هستند و کنترل حرکتی در آنها برای تبدیل و یا چرخش اطلاعات حسی به دستورات حرکتی دچار نقص است (۳٤). بر اساس نظریه کنترل حرکتی یادگیری تکالیف به‌صورت دینامیک برای یادگیری مجدد کنترل حرکتی و همچنین اصلاح برنامه حرکتی لازم است. اطلاعات حسی صحیح باید به کورتکس مغز منتقل شوند تا فیدبک حس عمقی در طول حرکات دینامیک بازآموزی شوند (۳٤). تمرینات هاپینگ با چرخه کشش و کوتاه‌شدن در زنجیره بسته‌ای هستند که می‌توانند مکرراً گیرنده‌های مفصلی را تحریک، اندام وتری گلژی را حساسیت‌زدایی و باعث تحریک دوک‌های عضلانی شده و اطلاعات حسی را بهبود می‌بخشد (۳۵ و ۳٦). تمرینات هاپینگ با بهبودآوران های سوماتوسنسوری، تقویت و بازآموزی و احتمالاً مسیر آورانی جدید اطلاعات حسی بهتری را فراهم می‌کند (۳۷ و ۳۸). از دلایل احتمالی دیگر می‌توان به این مورد اشاره کرد که تمرینات هاپینگ قدرت و تعادل را در ذات خود دارد و نسبت به تمرینات تعادلی برتری داشته باشد و اثر بیشتری در حس عمقی مفصل مچ پا داشته باشد. همچنین در تمرینات هاپینگ عضلات مجبورند برای جذب شوک بیشتر مورد فعالیت قرار بگیرند و به مقدار بیشتری در هنگام اجرای عملکرد ورزشی تقویت شوند؛ ولی تمرینات تعادلی این‌گونه نیست (۲٤).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات تعادلی و هاپینگ باعث بهبود حس عمقی مفصل مچ پا ورزشکاران مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا گردیده است و همچنین تمرینات هاپینگ نسبت به تعادلی اثربخشی بیشتری دارند. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که تمرینات هاپینگ و تعادلی در دوره توان‌بخشی پیچ‌خوردگی مچ پا ازآنجایی‌که موجب افزایش حس عمقی مفصل می‌شود استفاده گردد و لذا به کلیه مربیان ورزشی و افراد درمان گر پیشنهاد می‌شود که تمرینات هاپینگ می‌تواند جایگزین تمرینات تعادلی شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از هیئت پزشکی ورزشی و اداره کل ورزش و جوانان استان یزد و تمامی کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند سپاسگزاری می‌کنیم.

پیوست ۱

خروجی نرم‌افزار جی پاور برای تعیین حجم نمونه

[1] -- *Sunday, March 31, 2024 -- 15:54:34*

F tests – ANCOVA: Fixed effects, main effects and interactions

Analysis:	A priori: Compute required sample size		
Input:	Effect size f	=	0.5
	α err prob	=	0.05
	Power (1−β err prob)	=	0.8
	Numerator df	=	1
	Number of groups	=	2
	Number of covariates	=	1
Output:	Noncentrality parameter λ	=	8.5000000
	Critical F	=	4.1596151
	Denominator df	=	31
	Total sample size	=	34
	Actual power	=	0.8062458

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

References

1. Minoonejad H, Kheiroddin F, Alizadeh M H, Panahpakhsh M, Zareeii M. Comparison of the effects of modified FIFA 11+ Program and FIFA 11+ on the prevention of lower extremity injuries in young male soccer players. Journal of research sport rehabilitation 2014; 2(3): 1-9. https://sid.ir/paper/252194/en
2. Rein S, Fabian T, Weindel S, Schneiders W, Zwipp H. The influence of playing level on functional ankle stability in soccer players. Archives of orthopaedic and trauma surgery. 2011; 131(8):1043-1052. Doi:10.1007/s00402-011-1275-8.
3. Mahdavi Z, Mahdavi Nejad R, Zolaktaf V, Sahebozamani M, Najafabadi M. Comparison of balance between female basketball players with and without a history of lateral ankle sprain. Sports medicine Journal. 1390; 4(6): 103-114. (Farsi). https://sshr.ut.ac.ir/article_23339_3db369a4112f813f00d4e4d9d6cf2c76.pdf
4. Karimizadeh Ardakani M, Alizade MH, Ebrahimi Takamjani E. The effect of 6-week hopping exercises program on joint position sense in athletes with functional ankle instability. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2013 Jul 1; 9(3):540-552. (Farsi). Doi: 10.22122/JRRS.V9I3.965
5. Ross SE, Guskiewicz KM. Effect of coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankles. Clin J Sport Med 2006; 16(4): 323-328.
6. Twist C, Gleeson N, Eston R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. Journal of sports sciences. 2008 Aug 1; 26(10):1073-80. Doi:10.1080/02640410801930168
7. Minoonejad H, Karimizadeh Ardakani M, Rajabi R, Wikstrom AE, Sharifnezhad A. Hop stabilization training improves neuromuscular control in college basketball players with chronic ankle instability: a randomized controlled trial.J Sport Rehabil 2019;28(6):576–583. doi:10.1123/jsr.2018-0103
8. McKeon PO, Paolini G, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba EN, Bennett BC, Hertel J. Effects of balance training on gait parameters in patients with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. Clinical rehabilitation. 2009; 23(7):609-621. Doi:10.1177/0269215509102954
9. Jain TK, Wauneka CN, Liu W. The effect of balance training on ankle proprioception in patients with functional ankle instability. InJournal of Foot and Ankle Research 2014; 7(1): 1-2. Doi:10.1186/1757-1146-7-S1-A37
10. Ben Moussa Zouita A, Majdoub O, Ferchichi H, Grandy K, Dziri C, Ben Salah F.Z .The effect of 8-weeks proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains of Tunisian athletes". Journal of Ann Phys Rehabil Med 2013; 56(9-10), 634-644. Doi:10.1016/j.rehab.2013.08.003
11. Huang PY, Chen WL, Lin CF, Lee HJ. Lower extremity biomechanics in athletes with Ankle instability after a 6-week integrated training program. Journal of Athletic Training 2014; 49(2):163-174. Doi:10.4085/1062-6050-49.2.10
12. Docherty CL, Moore JH, Arnold BL. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. Journal of athletic training. 1998; 33(4):310. PMID: 16558526; PMCID: PMC1320579.
13. Stillman BC. An investigation of the clinical assessment of joint position sense .2000; 179-180
14. 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):181-191. Doi:10.4085/1062-6050-49.2.06
15. McCurdy K, Walker J, Saxe J, Woods J. The effect of short-term resistance training on hip and knee kinematics during vertical drop jumps. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2012 May 1; 26(5):1257-1264. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31824f2386
16. O'Driscoll J, Kerin F, Delahunt E. Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: a case report. Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology. 2011; 3(1):1-7. Doi:10.1186/1758-2555-3-13
17. Yalfani A, Ahmadnezhad L, Gholami Borujeni B. The immediate effect of balance training on ankle joint proprioception in soccer players. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2017; 6(3):36-43. Doi:10.22038/jpsr.2017.14355.1312.
18. Lee AJ, Lin W-H. Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. Clinical Biomechanics. 2008; 23(8):1065-1072. Doi:10.1016/j.clinbiomech.2008.04.013

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

19. Plumley JL. Plumley JL. Results of the Biodex Stability System on Proprioception and Blance Following an Archilles Tendon Repair: A Case Report (Doctoral dissertation, Sage Colleges).2010
20. Anguish BM. The effects of a randomized four-week dynamic balance training program on individuals with chronic ankle instability.)MSc Thesis(. Morgantown, WV: West Virginia University; 2010
21. Zahedi M, Daneshjoo A, Sahebozamani M, SadeghiGogheri M. Comparison of Effects of Hopping and Box Jump Training on the Proprioception in Male with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. J Rehab Med. 2018; 7(3): 1-9. (Farsi)
22. Ashkezari MH, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Bafghi HA. Comparison of the Effect of 6 Weeks of Balancing and Hopping Strengthening Training on the Kinematics of the Lower Extremities of Athletes with Functional Ankle Instability while Running: A Randomized Controlled Trial. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. 2020; 28(7): 2854-2866. (Farsi). Doi:10.18502/ssu.v28i7.4269
23. Bernier JN, Perrin DH. Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1998; 27(4):264-275. Doi:10.2519/jospt.1998.27.4.264
24. Mohammadinia H, Samakosh, Seyed Sadradin Shojaedin, Malihe Hadadnezhad.) Comparison of effect of hopping and combined balance – strength training on balance and lower extremity selected muscles strength of soccer men with chronic ankle instability(. JGorgan Univ Med Sci. 2019; 21(3): 69-78. (Farsi). http://goums.ac.ir/journal/article-1-3387-en.html
25. 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):478-486. Doi:10.2519/jospt.1999.29.8.478.
26. Verhagen E, Bobbert M, Inklaar M, van Kalken M, van der Beek A, Bouter L, van Mechelen W. The effect of a balance training programme on centre of pressure excursion in one-leg stance. Clinical Biomechanics. 2005 Dec 1; 20(10):1094-100. Doi:10.1016/j.clinbiomech.2005.07.001
27. Fu AS, Hui-Chan CW. Ankle joint proprioception and postural control in basketball players with bilateral ankle sprains. The American journal of sports medicine. 2005; 33(8):1174-82. Doi:10.1177/0363546504271976
28. Konradsen L, Ravn JB, Sorensen AI. Proprioception at the ankle: the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. The Journal of bone and joint surgery. British volume. 1993 May; 75(3):433-6. Doi:10.1302/0301-620X.75B3.8496215
29. Clark VM, Burden AM. A 4-week wobble board exercise program improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with functionally unstable ankle. Physical therapy in sport 2005; 6(4): 181-187. Doi:10.1016/j.ptsp.2005.08.003
30. Grigg P. Peripheral neural mechanisms in proprioception. Journal of Sport Rehabilitation. 1994 1; 3(1):2-17. Doi:10.1123/jsr.3.1.2
31. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med 1997; 25(1): 130-137. Doi:10.1177/036354659702500126
32. Davies GJ, Dickoff-Hoffman S. Neuromuscular testing and rehabilitation of the shoulder complex. J Orthop Sports Phys Ther 2008; 18(2): 449-458. Doi:10.2519/jospt.1993.18.2.449
33. Voight M, Tippett S. Plyometric exercise in rehabilitation. In: Prentice WE, editor. Rehabilitation techniques in sports medicine. Philadelphia, PA: Mosby; 2010. p. 88-97.
34. Caulfield B, Garrett M. Changes in Ground Reaction Force during Jump Landing in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint. Clin Biomech 2004; 19(6): 617-621. Doi:10.1016/j.clinbiomech.2004.03.001
35. Coughlan G, Caulfield B. A 4-Week Neuromuscular Training Program and Gait Patterns at the Ankle Joint. J Athl Train 2007; 42(1): 51-59.
36. Myer GD, Kushner AM, Faigenbaum AD, Kiefer A, Kashikar-Zuck S, Clark JF. Training the developing brain, part I: cognitive developmental considerations for training youth. Current sports medicine reports. 2013 1; 12(5):304-310. Doi: 10.1097/01.CSMR.0000434106.12813.69
37. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in Lower Limb Kinematics, Kinetics, and Muscle Activity in Subjects with Functional Instability of the Ankle Joint during a Single Leg Drop Jump. J Orthop Res 2006; 24(10): 1991-2000. Doi:10.1002/jor.20235

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]

38. 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): 833-839. Doi:10.4085/1062-6050-50.5.07

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1404.23.29.9.5]