



Effect of Six Weeks of Hopping Training on Dynamic Stability of Volleyball Players with Functional Ankle Instability with Emphasis on the Time to Stabilization

Ali Mirabedi¹ , Elham Shirzad Araghi^{2*}, Mohammad Hossein Alizadeh³ 

1. PhD student of Sport Injury and Corrective Movements, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Professor, Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2018.September.04

Revised: 2018 September.22

Accepted: 2018 November.05

Abstract

Background and Aims: The aim of the current study was to investigate the effect of six weeks of hopping training on the dynamic balance of volleyball players with Functional Ankle Instability (FAI).

Materials and Methods: To do so, 30 volleyball players with FAI were selected using Cumberland ankle instability tool (CAIT) questionnaire and then divided into experimental and control groups. Pre-test was performed using drop-landing test on force plate and after six weeks of training on experimental group, the post-test was given. Participants' dynamic stability was evaluated using Time to Stabilization (TTS) index during drop-landing task, as one of the deleterious athletic movements. The participants' TTS were calculated in three directions (Vertical, Medio-lateral, and Antero-posterior) and ANCOVA was used to analyze data ($\alpha < 0.05$).

Results: The results showed that six weeks of hopping training had no significant effects on time to stabilization mean in the vertical ($P = 0.513$), the medio-lateral ($P = 0.369$), and the antero-posterior directions ($P = 0.999$) in both experiment and control groups.

Conclusion: The results of the present study may not be compatible with those of the previous studies because of the limitations of the previous tests and methods. Also, given that the participants in our study were elite volleyball players, they may have been kept within a certain range by making compensatory changes in their joints. Therefore, it is suggested that further researches, with regard to the effect of exercises on the joints and muscles, be conducted separately and also in conjunction with each other until the possibility of observing changes in each joint separately is provided and also consideration of compensatory changes in the movements of joints involved in motion is possible

Keywords: Dynamic stability; Hopping training; Functional ankle instability; Volleyball players; Time to stabilization

Cite this article as: Ali Mirabedi, Elham Shirzad Araghi, Mohammad Hossein Alizadeh. Effect of six weeks of hopping training on dynamic stability of volleyball players with functional ankle instability with emphasis on the time to stabilization. *J Rehab Med.* 2019;8 (2):210-220

* **Corresponding Author:** Elham Shirzad Araghi. Assistant Professor, Department of Corrective Exercises and Sport Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail address: eshirzad@ut.ac.ir

DOI: 10.22037/jrm.2019.111103.1760

تأثیر شش هفته تمرینات هاپینگ بر تعادل پویای بازیکنان والیبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا با تاکید بر زمان رسیدن به پایداری

علی میرعابدی^۱، الهام شیرزاد عراقی^{۲*}، محمدحسین علیزاده^۳

۱ دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، پردیس البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲ استادیار، گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳ استاد، گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* پذیرش مقاله ۱۳۹۷/۸/۱۴

بازنگری مقاله ۱۳۹۷/۶/۳۱

* دریافت مقاله ۱۳۹۷/۰۵/۱۳

چکیده

مقدمه و اهداف

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر شش هفته تمرینات هاپینگ بر تعادل پویای بازیکنان والیبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا بود.

مواد و روش‌ها

بدین منظور ۳۰ نفر از بازیکنان والیبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا به صورت هدفمند و با استفاده از پرسش‌نامه ارزیابی ناپایداری عملکردی مچ پای کامبرلند انتخاب و به دو گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند. با استفاده از آزمون افت‌فرد روی دستگاه صفحه‌نیرو پیش‌آزمون گرفته شد و پس از شش هفته تمرین بر روی گروه تجربی، آزمون مجدد (پس‌آزمون) به عمل آمد. ثبات پویای شرکت‌کنندگان با استفاده از شاخص زمان رسیدن به پایداری ارزیابی شد. زمان رسیدن به پایداری شرکت‌کنندگان در سه راستای عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل کوواریانس در سطح معناداری $\alpha=0/05$ استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شش هفته تمرین هاپینگ در هیچ یک از سه راستای عمودی، داخلی-خارجی، قدامی-خلفی تفاوت معناداری در میانگین زمان رسیدن به پایداری بین گروه تجربی و گروه کنترل ایجاد نکرد.

نتیجه‌گیری

این امکان وجود دارد که غیرهمسو بودن نتایج تحقیق حاضر با پژوهش‌های پیشین به دلیل محدودیت‌های آزمون‌ها و روش‌های قبلی باشد. همچنین با توجه به اینکه شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر از بازیکنان ماهر والیبال بوده‌اند ممکن است با ایجاد تغییرات جبرانی در مفاصل اندام تحتانی نسبت به یکدیگر، تعادل خود را در محدوده مشخصی حفظ نموده باشند؛ لذا پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های بعدی با در نظر گرفتن اثر تمرین بر مفاصل و عضلات هم به صورت جداگانه و هم در ارتباط با یکدیگر انجام شوند تا ضمن اینکه امکان مشاهده تغییرات هر مفصل به طور مجزا فراهم شود، بررسی تغییرات جبرانی حرکات مفاصل درگیر در حرکت نیز میسر گردد.

واژه‌های کلیدی

تعادل پویا؛ تمرینات هاپینگ؛ ناپایداری عملکردی مچ پا؛ بازیکنان والیبال؛ زمان رسیدن به پایداری

نویسنده مسئول: الهام شیرزاد عراقی، استادیار، گروه بهداشت و طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
آدرس الکترونیکی: eshirzad@ut.ac.ir

مقدمه و اهداف

یکی از شایع‌ترین صدماتی که ورزشکاران تجربه می‌کنند، پیچ خوردگی مچ پا است.^[1] پیچ خوردگی مجدد، ۸۶ درصد از این آسیب را به خود اختصاص می‌دهد.^[2] در این میان، رشته والیبال با وجود ماهیت غیربرخوردی، آمار قابل توجهی از پیچ خوردگی مچ پا را در فهرست آسیب‌های رایج خود دارد.^[3] به طوری که ۷۵ تا ۸۰ درصد کل آسیب‌های این ورزش را به خود اختصاص داده است.^[3، 4] پس از یک پیچ خوردگی حاد مچ پا، ۳۲ تا ۴۷ درصد افراد از علائمی نظیر ناپایداری عملکردی مچ پا،^۱ تشخیص بالینی مشخص با نشانه‌های خالی کردن^۲، ناپایداری یا پیچ خوردگی مجدد (یا ترکیبی از این موارد) شکایت داشته‌اند.^[۵، ۶] این علائم می‌تواند در نتیجه وجود ناپایداری دائمی به صورت مکانیکی، عملکردی، ترکیبی از هر دو باشد. ناپایداری مکانیکی شامل ضعف عضلانی و شلی مفصل است، با این حال، بسیاری از افراد هیچ‌گونه نقص مکانیکی ندارند، اما به دلیل ناپایداری عملکردی، مکرراً دچار پیچ خوردگی و کشیدگی^۳ مچ پا می‌شوند.^[۲]

فرود حرکتی رایج در والیبال است که به ثبات پویا نیاز دارد و یکی از مکانیزم‌های شایع آسیب پیچ خوردگی مچ پا است.^[۷] که می‌تواند نیروی برخوردی به بزرگی ۲ تا ۱۲ برابر وزن بدن ایجاد نماید.^[۸] لذا مکانیک فرود پس از پریدن در بررسی‌های ناپایداری مچ پا، توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده است.^[۹-۱۳] ۵۸ درصد از تمام آسیب‌های زنان بسکتبالیست و ۶۳ درصد آسیب‌های مچ پا و زانو در رقابت‌های والیبال، به عامل پرش-فرود مرتبط هستند.^[۱۴]

اگرچه مکانیزم‌های این وضعیت به وضوح شناخته نشده است، برخی علل که با ناپایداری عملکردی مچ پا همراه بوده‌اند عبارتند از سینماتیک مفصلی تغییر یافته در طول حرکت^۴ و سینتیک تغییر یافته از لحظه تماس با زمین.^[۱۵] سینماتیک و سینتیک هر دو می‌توانند بیانگر استراتژی-هایی باشند که هر فرد، در تلاش برای حفظ ثبات پویا در حین فعالیت عملکردی به کار می‌برد.^[۱۶]

در سال‌های اخیر استفاده از تمرینات هاپینگ برای کاهش ناپایداری مچ افزایش یافته است. این تمرینات که شکل اصلاح شده و نسبتاً تعدیل یافته تمرینات پلایومتریک است، کم‌هزینه و آموزش‌پذیر بوده و امکان استفاده در برنامه‌های ورزشی به عنوان بخشی از برنامه‌های تمرینی را دارد.^[۱۷] تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده نشان می‌دهد، تمرینات هاپینگ باعث بهبود در حفظ تعادل می‌شود.^[۱۷-۱۹] کریمی‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تاثیر تمرینات هاپینگ بر روی تعادل پویای ورزشکاران دارای ناپایداری عملکردی مچ پا پرداختند، یافته‌های این پژوهش نشان داد تمرینات هاپینگ موجب افزایش معناداری در فاصله دستیابی آزمودنی‌ها در هر هشت جهت آزمون گردش روی ستاره^۵ می‌شود.^[۱۷] هوانگ و لین (۲۰۱۰) نشان دادند که تمرینات ترکیبی تعادلی و پلایومتریکی که شامل چند هاپینگ در جهات مختلف بود، باعث کاهش نوسانات پوسچر در حالت ایستا و بهبود ثبات در افراد دارای ناپایداری عملکردی مچ پا در طول کنترل پوسچر فعال می‌شوند.^[۱۸] توپست و همکاران^۸ (۲۰۰۸) به بررسی تاثیر تمرینات پلایومتریک که شامل ۲۰۰ مهارت پرشی شبیه هاپینگ بود، بر عملکرد تعادل یک طرفه پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد تعادل بعد از انجام تمرینات پلایومتریک بهبود پیدا کرد.^[۱۹] آنگویش^۹ (۲۰۱۰) نشان داد که ۴ هفته تمرینات تعادلی پویا که شامل هاپینگ با یک پا برای ثبات‌پذیری، هاپینگ برای ثبات‌پذیری و دستیابی، هاپینگ پیش‌بینی نشده برای دستیابی و ایستادن با یک پا بود، باعث بهبود فاصله دستیابی آزمون ستاره در تمام جهات بر روی افراد دارای ناپایداری عملکردی مچ پا می‌شود.^[۲۰] همچنین مک‌کئون و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۸) به بررسی یک برنامه ۴ هفته‌ای پیشرونده تعادلی با تاکید بر ثبات پویا بعد از هاپینگ در جهات چندگانه در افراد دارای ناپایداری عملکردی مچ پا پرداختند. نتایج، بهبود قابل توجهی در کنترل پوسچر ایستا و پویا را نشان داد که توسط آزمون ستاره ارزیابی شده بود.^[۲۱]

افراد مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا دارای نقصان‌های عصبی-عضلانی و حس عمقی بوده و همواره در معرض وقوع آسیب مجدد هستند.^[۹] ارائه تمریناتی جهت پیشگیری از صدمات یاد شده ضروری می‌باشد. از آنجایی که افراد دارای بی‌ثباتی عملکردی مچ پا دچار ضعف در حس عمقی، قدرت و تعادل هستند، برنامه تمرینی هاپینگ که نیاز به پرش و فرود به روی دو پا و یک پا بدون از دست دادن تعادل در جهات فرونتال و ساجیتال دارد، می‌تواند موجب بهبود در عملکرد تعادلی شود.^[۲۴] ضمن آنکه ویژگی‌های تمرینات هاپینگ (قابلیت به کارگیری این

¹ Functional Ankle Instability (FAI)

² Giving Way

³ Strain

⁴ Altered Joint Kinematics During Motion

⁵ Altered Kinetics upon Ground Contact

⁶ Star Excursion Balance Test (SEBT)

⁷ Huang & Lin

⁸ Twist et al

⁹ Anguish

¹⁰ McKeon et al

برنامه در تمرینات ورزشی، سادگی، کم‌هزینه بودن و آموزش‌پذیری) امکان پیشگیری از خطر آسیب را برای ورزشکاران فراهم می‌آورد و با توجه به اینکه هاپینگ‌ها زیرمجموعه تمرینات پلائیومتریک می‌باشند، همچنین با تکیه بر پژوهش‌های گذشته، یکی از راه‌های بازتوانی و کمک به این افراد انجام تمرینات هاپینگ بوده که به نظر می‌رسد به دلیل عملکردی بودن و مشابهت با اجرای مهارت‌های ورزشی آزمون‌شوندگان، می‌تواند اثربخشی بهتری نسبت به تمرینات دیگر داشته باشد؛ لذا با توجه به محدودیت‌های موجود در آزمون‌های گذشته، انجام مطالعه‌ای که به بررسی تاثیر تمرینات هاپینگ بر تعادل پویای بازیکنان والیبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پای آسیب‌دیده با تاکید بر زمان رسیدن به پایداری بپردازد، ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر به مقایسه بین تعادل پویای پای آسیب‌دیده بازیکنان والیبال در دو گروه تجربی و کنترل پرداخته شد. شرکت‌کنندگان در پژوهش به صورت هدفمند انتخاب شدند. شناسایی شرکت‌کنندگان مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا در دو مرحله خوداظهاری (پرسش‌نامه) و آزمون‌های بالینی انجام شد. برای این منظور ابتدا بازیکنان والیبال ۱۸ الی ۲۵ سال عضو تیم‌های دانشگاه‌های شهر تهران که بیش از سه سال به طور منظم و حداقل سه جلسه در هفته به تمرین می‌پرداختند و دارای حس خالی کردن در مچ پا بودند، پرسش‌نامه خوداظهاری ناپایداری عملکردی مچ پای کامبرلند^{۱۱} را تکمیل کردند. این پرسش‌نامه به طور اختصاصی برای تشخیص ناپایداری عملکردی مچ پا طراحی شده است^[۲۵] و دارای روایی ۰/۸۴ و پایایی ۰/۸۳ و ۹ سوال می‌باشد^[۱۷] که شدت ناپایداری عملکردی مچ پا را مشخص می‌کند. دامنه نمره ثبات عملکردی در مچ پا بین ۰ تا ۳۰ می‌باشد و نمره ۲۷ تا ۳۰ نشانگر سلامت مچ پا بوده و نمره کمتر از ۲۷ نشانگر ناپایداری مچ پا است. بر اساس این پرسش‌نامه امتیاز کمتر نشان‌دهنده شدت بیشتر ناپایداری مچ پا می‌باشد.^[۱۶] در مرحله بعد این افراد تحت ارزیابی بالینی برای آزمون‌های کشویی قدامی و تیلت تالار قرار گرفتند و در صورت منفی بودن این آزمون‌ها به عنوان آزمودنی واجد شرایط انتخاب شدند. پس از انتخاب تعداد ۳۰ آزمودنی بر اساس معیارهای گزینش و تکمیل فرم رضایت‌نامه به صورت تصادفی و برابر (۱۵ نفر) در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. در طول مطالعه نه نفر از کل آزمودنی‌ها به دلیل بروز آسیب یا عدم ادامه تمایل به همکاری از مطالعه خارج شدند (چهار نفر گروه تمرین و پنج نفر گروه کنترل). گروه‌های تمرین شامل ۱۱ نفر (سن ۲۲/۲۵±۳/۰۵، قد ۱۸۷/۵±۹/۸۹، وزن ۷۹/۹۲±۸/۱۵) و کنترل ۱۰ نفر (سن ۲۰/۲±۱/۳۲، قد ۱۹۰/۳±۷/۹۸، وزن ۷۷/۳±۷/۰۶) بود. معیار ورود آزمودنی‌ها به تحقیق عبارت بود از ناپایداری عملکردی فقط در یک پا، پیچ‌خوردگی درجه یک، عدم وجود شکستگی در مچ پاها، نداشتن هرگونه سابقه جراحی در ستون فقرات یا اندام تحتانی، نداشتن سابقه آسیب جدی در ستون فقرات و آسیب لیگامنتی یا منیسک زانو در یک سال گذشته، عدم استفاده از داروهایی که بر سیستم عصبی مرکزی اثرگذارند مانند آرام‌بخش‌ها در روزهای آزمون، عدم وجود ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی قابل مشاهده در اندام تحتانی، عدم سابقه کمردرد، توانایی راه رفتن بدون لنگیدن بر روی مچ پای بی‌ثبات خود در سه ماه اخیر، عدم بروز آسیب حاد در سه ماه اخیر.^[۲۷] آزمون تعادل پویا با استفاده از محاسبه زمان رسیدن به پایداری حین اجرای آزمون افت-فرود^[۱۶] پیش و پس از شش هفته تمرین هاپینگ انجام شد. از آزمون شاپیرو-وبلک برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون آماری تحلیل کوواریانس^{۱۳} برای شناسایی تفاوت‌های بین گروهی استفاده شد. پیش از آزمون افت-فرود، ابتدا نحوه اجرا حرکت افت و فرود بر روی صفحه‌نیرو به طور کامل برای کل آزمون‌شوندگان توضیح داده شد و توسط محقق به صورت عملی نمایش داده شد.

برای انجام آزمون افت-فرود، ابتدا صفحه‌نیروی^{۱۴} Kistler ساخت سوئیس مدل ۹۲۸۶BA با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز روی زمین تراز شد و سکو در کنار صفحه‌نیرو قرار گرفت، به طوری که فاصله لبه سکو از لبه صفحه‌نیرو بر اساس پیلوت انجام شده و با توجه به نوع فعالیت ۱۸/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور ثبت اطلاعات مربوط به نیروی عکس‌العمل زمین از نرم‌افزار Bioware استفاده شد. شیوه انجام آزمون افت-فرود بدین شکل بود که آزمون‌شوندگان ابتدا باید دست‌ها را به صورت ضربدری روی سینه‌ها قرار داده، پای فرود را معلق نگاه داشته و با پای تکیه به نحوی که انگشتان از لبه سکو بیرون بماند (تصویر ۱)، از روی سکو سه بار با پای آسیب‌دیده روی مرکز صفحه‌نیرو، فرود را اجرا کنند. بعد از هر فرود آزمون‌شوندگان در حالت تعادل پس از فرود، به مدت ده ثانیه ثابت ماندند و پس از استراحت کوتاهی، برای اجرای بعدی آماده شدند. همچنین توضیحات لازم داده شد که در حین اجرا دست‌ها از روی سینه جدا نشود، برای حفظ تعادل پس از فرود پاشنه جابه‌جا نشود و آزمون‌شونده، لی نزنند.

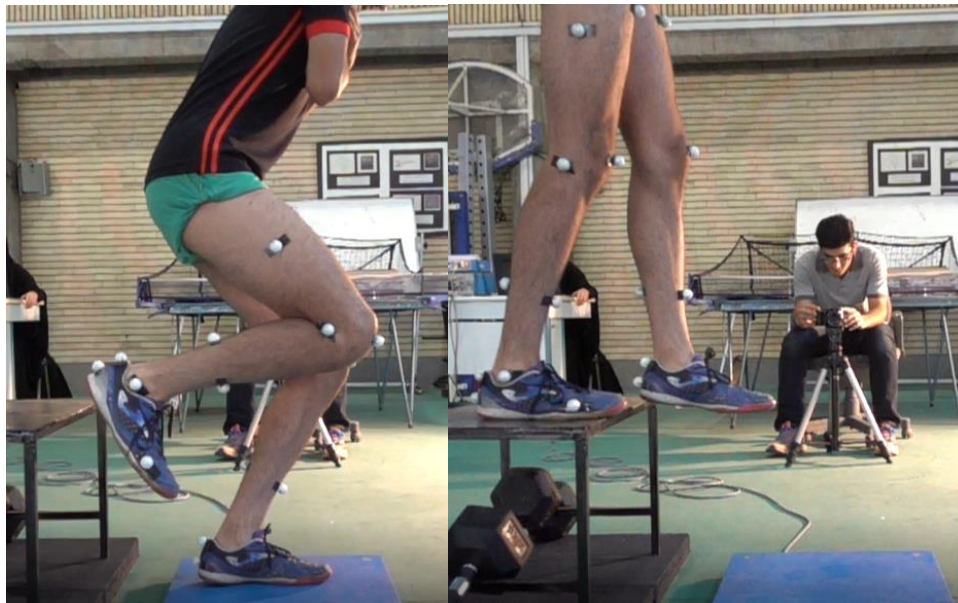
¹¹ Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)

¹² Drop-landing

¹³ ANCOVA

¹⁴ Force Plate

* فصلنامه علمی - پژوهشی طب توانبخشی



تصویر ۱: سمت راست: نحوه استقرار روی لبه سکو و سمت چپ: فرود تک پا روی سکو و ثابت ماندن در وضعیت پایداری

در تمام مراحل آزمون محقق نظارت کامل بر طرز صحیح اجرای هر یک از افراد داشته، به نحوی که به دلایل خطاهای احتمالی (چه از طرف آزمون شونده و چه از طرف اپراتورها و دستگاه‌ها)، اطلاعات ثبت شده، کنترل می‌شد و در صورت لزوم، حرکت تکرار می‌شد. اطلاعات حاصل از فرود روی صفحه نیرو با استفاده از نرم افزار Biowear جمع‌آوری شد و پس از تبدیل اطلاعات به فرمت txt، داده‌های خام وارد برنامه Excel گردید و با استفاده از این نرم افزار، زمان رسیدن به پایداری در سه جهت عمودی، قدامی-خلفی و داخلی-خارجی محاسبه و استخراج شد. برای یکسان سازی محاسبات نتایج آزمون، زمان هشت ثانیه به عنوان مدت زمان حفظ تعادل آزمون شونده‌گان پس از اولین تماس با صفحه نیرو در نظر گرفته شد.

محاسبات مربوط به زمان رسیدن به پایداری با استفاده از روش میانگین‌گیری متوالی^{۱۵} برای هر لحظه مطابق روابط ۱ تا ۳ انجام شد.^[۲۸] به این‌که مدت زمان حفظ تعادل ۸ ثانیه و فرکانس نمونه برداری صفحه نیرو ۱۰۰۰ هرتز بود، فرآیند میانگین‌گیری برای ۸۰۰۰ لحظه انجام شد.

$$SeqAvgx(n) = \frac{\sum_{i=1}^n F_x}{n} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$SeqAvgy(n) = \frac{\sum_{i=1}^n F_y}{n} \quad \text{رابطه ۲}$$

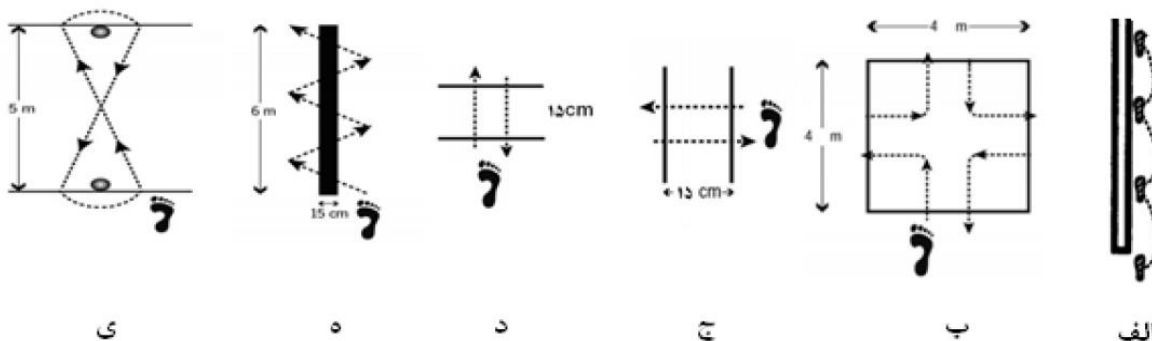
$$SeqAvgz(n) = \frac{\sum_{i=1}^n F_z}{n} \quad \text{رابطه ۳}$$

در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون، اطلاعات مربوط به سه تلاش در هر آزمون افت-فرود با پای آسیب‌دیده ثبت و میانگین آن محاسبه شد. در پژوهش حاضر از پروتکل شش هفته‌ای تمرینات هایپینگ استفاده شد. این تمرینات به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه برای هر پا به صورت مجزا انجام شد^[۱۷] و مطابق جدول ۱ شدت تمرینات به صورت پیشرونده با افزودن حرکات در هر هفته اعمال شد.

¹⁵ Sequential Averaging

جدول ۱: برنامه تمرینی انجام شده در طول شش هفته

هفته	حجم تمرین	تمرین	ست*تکرار
۱	۷۰	هایپنگ به طرفین با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۳
		هایپنگ به جلو و عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
		هایپنگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
۲	۹۰	هایپنگ به طرفین با دو پا (دست‌ها روی سینه)	۱۵*۲
		هایپنگ به جلو و عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
		هایپنگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
		هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها آزاد)	۵*۴
۳	۱۰۰	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰*۳
		هایپنگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
		هایپنگ با دو پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها روی سینه)	۱۰*۳
		هایپنگ به صورت زیگزاگ با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
۴	۱۱۰	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰*۲
		هایپنگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها آزاد)	۱۰*۳
		هایپنگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
		هایپنگ به شکل مربع با دو پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
۵	۱۲۰	هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰*۲
		هایپنگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰*۲
		هایپنگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها روی سینه)	۱۰*۲
		هایپنگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰*۲
		هایپنگ به شکل مربع با یک پا (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
۶	۱۳۰	هایپنگ با دو پا به شکل ۸ (دست‌ها آزاد)	۱۰*۲
		هایپنگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰*۳
		هایپنگ به جلو و عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰*۲
		هایپنگ با یک پا با حرکت به سمت جلو (دست‌ها پشت سر)	۱۰*۲
		هایپنگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۱۰*۲
		هایپنگ به شکل مربع با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۱۰*۲



تصویر ۲: تمرینات هایپنگ

در تصویر ۲ الگوی انجام حرکات در پروتکل تمرین آورده شده است. حرکات عبارتند از هاپینگ به سمت جلو (الف)، هاپینگ به صورت مربع (ب)، هاپینگ به طرفین (ج)، هاپینگ به جلو عقب (د)، هاپینگ به صورت زیگزاگ (ه) و هاپینگ به صورت هشت لاتین (ی).^[۱۷] پس از جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ نتایج تفسیر شد. از آزمون تحلیل کوواریانس به منظور بررسی اثر تمرین استفاده شد. سطح معناداری تحقیق نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

به منظور توصیف دو گروه از نظر متغیرهای سن، وزن، قد، سابقه بازی و میانگین نمره ناپایداری مچ پا، ابتدا شاخص‌های توصیفی مربوط به این متغیرها در هر یک از دو گروه محاسبه گردید که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: ویژگی‌های آزمودنی‌های دو گروه کنترل و تجربی (n=۲۲)

گروه‌ها	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	سن (سال)	نمره ناپایداری مچ پا
کنترل	۱۹۰/۳±۷/۹۸	۷۷/۳±۷/۰۶	۲۰/۲±۱/۳۲	۱۹/۱۷±۴/۶۶۸
تجربی	۱۸۷/۵±۹/۸۹	۷۹/۹±۸/۱۵	۲۲/۲۵±۳/۰۵	۲۰/۳±۴/۹

در جدول ۳ اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف استاندارد زمان رسیدن به پایداری پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه در راستاهای عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی نمایش داده شده است.

جدول ۳: میانگین و انحراف استاندارد زمان رسیدن به پایداری (برحسب ثانیه) پیش‌آزمون و پس‌آزمون آزمودنی‌های دو گروه کنترل و تجربی در راستاهای عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی (n=۲۲)

گروه‌ها	گروه کنترل			گروه تجربی			مراحل آزمون		
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پس‌آزمون			
راستا	Z	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X
میانگین	۲/۸۴۹	۲/۷۸۹	۳/۵۰۹	۲/۸۲۲	۲/۵۵۸	۳/۴۳	۲/۷۹	۲/۴۶۲	۳/۳۸۱
انحراف استاندارد	۰/۱۶۲	۰/۱۸۹۹	۰/۳۱۱	۰/۱۵۵	۰/۵۸۷	۰/۱۵۶	۰/۱۲۲	۰/۵۱۵	۰/۱۱۵

X. راستای قدامی-خلفی

Y. راستای داخلی-خارجی

Z. راستای عمودی

جدول ۴: نتایج آزمون تحلیل کوواریانس زمان رسیدن به پایداری بین آزمودنی‌های دو گروه کنترل و تجربی در سه راستای عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی (n=۲۲)

راستا	عمودی	جانبی	قدامی-خلفی
سطح معناداری	۰/۵۳۳	۰/۳۹۰	۰/۹۹۹
مقدار F	۰/۴۰۴	۰/۷۷۷	۰/۰۰۱
df.	۱	۱	۱

نتایج پژوهش در بخش استنباطی با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس در جدول ۴ ارائه شده است. در ادامه نیز به تفسیر نتایج استنباطی پژوهش پرداخته شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هیچ‌یک از سه راستای عمودی، داخلی-خارجی و قدامی-خلفی تفاوت معناداری بین گروه تجربی و گروه کنترل وجود نداشت.

بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر شش هفته تمرینات هایپینگ بر تعادل پویای بازیکنان والیبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا با تکیه بر شاخص زمان رسیدن به پایداری در حرکت افت-فرود بود. با توجه به نتایج این پژوهش، پس از اعمال برنامه تمرین هایپینگ تفاوت معناداری در تعادل پویای بازیکنان والیبال مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا بین گروه‌های تجربی و کنترل یافت نشد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش‌های آنگویش (۲۰۱۰)، کریمزاده و همکاران (۱۳۹۱)، مک‌کئون و همکاران (۲۰۰۸)، هانگ و لین (۲۰۱۱)، تویست و همکاران (۲۰۰۸) و میر و همکاران (۲۰۰۶) که نشان دادند تمرینات هایپینگ و برنامه تمرینی پلائیومتریک مشتمل بر تمرینات هایپینگ می‌تواند منجر به بهبود تعادل افراد مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا شود، غیرهمسو بود.

اکثر تحقیقات انجام‌شده، پایداری پویا را با استفاده از آزمون تعادل ستاره^{۱۶} (SEBT)^{۱۶}، آزمون لی‌لی تک‌پا^{۱۷}، یا دستگاه تعادل سنج بایودکس^{۱۳۱} ارزیابی می‌شود. اگرچه برخی از این آزمون‌ها پایداری پویا را در وضعیت‌های عملکردی بررسی می‌کنند، این وضعیت‌ها با مهارت‌های ورزشی شباهت ندارند. به بیانی دیگر، پایداری که ورزشکار در هنگام اجرای این آزمون‌ها از خود نشان می‌دهد، همان پایداری نیست که در حین انجام مهارت ورزشی از خود بروز می‌دهد. برای مثال آزمون تعادل ستاره که به دفعات به منظور محاسبه تعادل و پایداری استفاده می‌شود و نتایج را به صورت کمی بیان می‌کند، در محاسبه پایداری در حین مهارت ورزشی ناتوان است، زیرا پروتکلی که در این آزمون استفاده می‌شود شباهتی با مهارت‌های ورزشی ندارد.^{۱۳۴}

دستگاه تعادل سنج بایودکس نیز ابزاری دیگر برای تعیین پایداری پویا است که پایداری ورزشکار را حول محور چرخشی به صورت کمی بیان می‌کند، در حالی که بیان پایداری حول یک محور ناپایدار نشان‌دهنده پایداری واقعی ورزشکار نیست.^{۱۳۱} نتایج تحقیق درباره افرادی که دارای پارگی لیگامنت متقاطع قدامی زانو بودند و عمل بازسازی بر روی آنها انجام شده بود، بیانگر این مطلب بود که کاهش قدرت عضلات در این افراد بر پایداری آنها که با استفاده از دستگاه بایودکس ارزیابی شده تأثیر نداشت، در حالی که همین افراد در آزمون تعادل لی‌لی جهت حفظ پایداری عملکرد ضعیفی داشتند. در آزمون تعادل ستاره نیز قدرت عضلات چهارسر و همسترینگ در تعادل پویا نقش تعیین‌کننده‌ای دارد.^{۱۳۴} از طرف دیگر، در آزمون لی‌لی تک‌پا که پروتکل آن مشابه حرکت فرود تک‌پا است^{۱۳۰} و آن را یکی دیگر از روش‌های تعیین پایداری می‌نامند، نتایج عینی و کمی ارائه نمی‌شود؛ از این رو، عدم توانایی محاسبه پایداری پویا به صورت کمی در این آزمون، امکان تشخیص تاثیر ناپایداری مفصل بر پایداری پویای پوسچر را فراهم نمی‌سازد.^{۱۳۲} به همین دلیل، استفاده از روش زمان رسیدن به پایداری، علاوه بر بیان پایداری به صورت کمی، پایداری ورزشکار را در پروتکل عملکردی افت-فرود ارزیابی می‌کند^{۱۳۲} که از حرکات آسیب‌زا و رایج در ورزش‌هایی نظیر بسکتبال، والیبال، فوتبال و بدمینتون است.^۸

زمان رسیدن به پایداری که مدت زمان لازم جهت به حداقل رسیدن برآیند نیروهای عکس‌العمل زمین ناشی از حرکت افت-فرود تا رسیدن به حالت ایستا تعریف می‌شود، شاخصی برای نشان دادن میزان پایداری ورزشکار است. زمان رسیدن به پایداری دربرگیرنده تلاش پیچیده و هماهنگ بین سیستم حسی و مکانیکی بدن، همچنین زنجیره انقباضات قدرتمند عضلات پایین پا و ثابت‌کننده‌های کمکی در اندام تحتانی است. زمان رسیدن به پایداری نمونه‌ای از اندازه‌گیری کنترل پاسچر به صورت عینی است که با پروتکل عملکردی افت-فرود انجام می‌شود. زمان رسیدن به پایداری که یک جنبه از کنترل حرکتی در اندام تحتانی است، به بازخورد گیرنده‌های عمقی و الگوهای عضلانی از پیش برنامه‌ریزی شده، همچنین پاسخ‌های رفلکسی و اختیاری عضلات بستگی دارد.^{۱۳۴}

از سوی دیگر، استفاده از ابزار بیومکانیکی قابل اطمینان و دقیق برای ثبت حرکت پا و مچ پا ممکن است توانایی ما را برای تشخیص تفاوت‌های گروهی افزایش دهد و علاوه بر تفاوت‌های سینماتیک، سینتیک راهبردهای کنترل پویا را بیان کند. مطالعات نیروها در هنگام تماس با زمین شامل معیارهای نسبتا ساده، مانند نیروی حداکثر^{۱۷} و زمان به حداکثر رسیدن نیرو^{۱۸}، و همچنین شاخص‌های پیچیده‌تر از جمله زمان رسیدن به

¹⁶ Star Excursion Balance Test

¹⁷ Peak Force

پایداری^{۱۹} هستند. زمان رسیدن به پایداری عبارت است از مدت زمانی که طول می کشد تا فرد بتواند نیروهای عکس العمل زمین^{۲۰} در جهت های عمودی، داخلی-خارجی^{۲۱} یا قدامی-خلفی^{۲۲} را به حد متعارف ایستادن برساند. توانایی رسیدن به پایداری سریع به طور کلی به عنوان یک ویژگی مثبت یا محافظت کننده، دیده می شود. تحقیقات متعدد، نقصان زمان رسیدن به پایداری را در افراد مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا گزارش کرده است.^{۱۶} در برخی از مطالعات، افزایش زمان رسیدن به پایداری در جهت قدامی-خلفی بیشترین شیوع را دارد^{۱۳، ۱۴، ۱۵}، اما افزایش زمان رسیدن به پایداری داخلی-خارجی نیز در برخی دیگر گزارش شده است.^{۱۳}

از آنجایی که این فرضیه وجود دارد که پس از آسیب، میزان پیام های حسی پیکری-محیطی کاهش یافته و متعاقباً کنترل عصبی-عضلانی مختل می گردد، در صورتی که تعادل ایستا و پویا و کنترل عصبی-عضلانی در فرد بهبود پیدا نکند، فرد مستعد آسیب مجدد می شود و در اجرای عملکرد خود دچار مشکل خواهد شد. از طرفی افزایش نوسان پوسچر به عنوان یک عامل خطر برای آسیب های محسوب می شود.^{۱۴} تعادل یکی از اجزای ضروری برای شرکت در فعالیت های ورزشی می باشد، زیرا عملکرد ورزشکاران اغلب در خارج از دامنه سطح اتکا صورت می گیرد و حفظ آن برای انجام هر فعالیتی که ورزشکار در آن باید بدن خود را در مقابل نیروی جاذبه کنترل نماید، ضروری می باشد. برای هر ورزشکاری که در بهترین شرایط توانایی خود عمل می کند، باید همه متغیرهای تمرینی در حد بهینه قرار داشته باشد.^{۱۲}

نادیده گرفتن صدمات مچ و بازتوانی ناکافی و نادرست آن باعث بروز مجدد آسیب می شود و مشکلاتی همچون ناپایداری مکانیکی و عملکردی را ایجاد می کند^{۲۵}، و در ادامه بر کنترل پوسچر اثر می گذارد و با توجه به اینکه نوسان پوسچر خود ریسک فاکتوری برای آسیب های مچ پا و زانو تلقی می شود، فرد دچار چرخه معیوب شده و بیش از پیش مستعد آسیب می شود. طبق نتایج تحقیقات انجام شده درباره تمرینات موثر بر کاهش ناپایداری مچ پا و پائین آمدن احتمال آسیب و آسیب مجدد این مفصل^{۲۶، ۲۷} تمرینات تخته تعادل^{۲۳، ۲۴} و هاپینگ^{۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱} از اقتصادی ترین و کاربردی ترین تمرینات میدانی و عملکردی هستند.

نتیجه گیری

با توجه به مطالب عنوان شده در خصوص آزمون تعادل ستاره^{۲۵} (SEBT)^{۲۹}، آزمون لی لی تک پا^{۳۰}، و دستگاه تعادل سنخ بایودکس^{۳۱} این امکان وجود دارد که غیرهمسو بودن نتایج تحقیق حاضر با پژوهش های پیشین به دلیل عملکردی نبودن، عدم شباهت به مهارت مورد نظر و محدودیت های آزمون ها و روش های قبلی باشد.

از سوی دیگر، اختلال عملکرد عصبی-عضلانی به دنبال پیچ خوردگی مچ پا رخ می دهد و به صورت حس عمقی و حس وضعیت آسیب دیده و نیز آسیب به اعصاب پرونتال و تیبیال بروز می کند.^{۱۵} اختلال در بازیابی تعادل، تغییر در حس جنبش پا و عدم عملکرد عضلات سرینی و کمری به عنوان پی آمدهای پیچ خوردگی خارجی مچ پا اثبات شده و پذیرفته شده است.^{۱۵} این ضایعه بر ثبات بازخورد آورانی و عملکرد عضلانی نیز، هم به صورت موضعی و هم به صورت سراسری در مفاصل پایین تر از تنه تأثیر می گذارد^{۱۵} و با توجه به اینکه بخش پروگزیمال مجموعه کمری-لگنی در کنترل پاسچرال نقش ویژه ای بر عهده دارد، ادعا بر آن است که ناحیه پروگزیمال می تواند در هر دو فرآیند کنترل فیدفورارد به واسطه تعدیل های پاسچرال پیش بین و کنترل فیدبک به وسیله تعدیل های پاسچرال جبرانی، بر کنترل پاسچر و حرکات نقش داشته باشد. همچنین عمل انتقال و جذب نیرو در بخش دیستال اندام تحتانی در تعامل با بخش های پروگزیمال برای کنترل پاسچرال حائز اهمیت است. برخی پژوهش های انجام شده در خصوص رابطه بین مفاصل و عضلات ناحیه پروگزیمال هم مؤید این نظریه است که افراد مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا، به منظور جبران نقص های عصبی-عضلانی در بخش دیستال، از عضلات پروگزیمال استفاده می کنند^{۴۰}؛ لذا با عنایت به این مطلب که شرکت کنندگان پژوهش حاضر از بازیکنان ماهر والیبال بوده اند، ممکن است که با ایجاد تغییرات جبرانی در مفاصل اندام تحتانی نسبت به یکدیگر، تعادل خود را در محدوده مشخصی حفظ نموده باشند. همچنین با توجه به اینکه در رشته ورزشی والیبال، ورزشکاران فرود و پرش های مکرر روی یک پا و دو پا دارند^{۱۸} و در طول یک مسابقه و یا جلسه تمرینی هر بازیکن بارها پرش و فرود را تجربه می کند، این امکان وجود دارد که تمرینات هاپینگ با پروتکل حاضر جهت ایجاد اثر مطلوب بر افراد شرکت کننده در تحقیق حاضر کافی نبوده و به تغییراتی در میزان، شدت و نوع تمرینات نیاز باشد؛ لذا پیشنهاد می شود که پژوهش های بعدی با در نظر گرفتن اثر تمرین بر مفاصل و عضلات هم به

¹⁸ Time to Peak Force

¹⁹ Time to Stabilization (TTS)

²⁰ Ground Reaction Force (GRF)

²¹ Mediolateral (ML)

²² Anteroposterior (AP)

²³ Balance Board (Wobble Board)

²⁴ Hopping

²⁵ Star Excursion Balance Test

صورت جداگانه و هم در ارتباط با یکدیگر انجام شوند تا ضمن اینکه امکان مشاهده تغییرات هر مفصل به طور مجزا فراهم شود، بررسی تغییرات جبرانی حرکات مفاصل درگیر در حرکت نیز میسر گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد که پروتکل تخصصی ویژه‌ای به منظور پیشگیری از آسیب-مجدد، به طور ویژه برای بازیکنان والیبال طراحی شود.

منابع

1. Fong, D.T.-P., et al., A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports medicine*, 2007. 37(1): p. 73-94.
2. Ashouri, H., Z. Raeisi, and M. Kodabakhshi, The effect of 6 weeks proprioceptive exercises on dynamic balance and lower extremity function in basketball players with chronic ankle sprain. *Research in sports rehab*, 2016. 4(7): p. 55-63. [In Persian].
3. Verhagen, E., et al., A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *British journal of sports medicine*, 2004. 38(4): p. 477-481.
4. Jadhav, K., et al., A survey of injuries prevalence in varsity volleyball players. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*, 2012. 6(2): p. 102.
5. Konradsen, L., et al., Seven years follow-up after ankle inversion trauma. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2002. 12(3): p. 129-135.
6. Doherty, C., et al., Treatment and prevention of acute and recurrent ankle sprain: an overview of systematic reviews with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 2017. 51(2): p. 113-125.
7. McKay, G.D., et al., Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *British Journal of Sports Medicine*, 2001. 35(2): p. 103-108.
8. Bazvand, M., et al., The comparing the leg muscles electromyography during single drop landing in pesplanus and normal men. *journal of sport biomechanics*, 2016. 1(3): p. 15-23. [In Persian].
9. Gribble, P.A. and R.H. Robinson, Alterations in knee kinematics and dynamic stability associated with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*, 2009. 44(4): p. 350-355.
10. De Noronha, M., et al., Relationship between functional ankle instability and postural control. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 2008. 38(12): p. 782-789.
11. Delahunt, E., K. Monaghan, and B. Caulfield, Ankle function during hopping in subjects with functional instability of the ankle joint. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2007. 17(6): p. 641-648.
12. Ross, S.E. and K.M. Guskiewicz, 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. *Clinical journal of sport medicine*, 2006. 16(4): p. 323-328.
13. Brown, C., et al., Assessing functional ankle instability with joint position sense, time to stabilization, and electromyography. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2004. 13(2): p. 122-134.
14. Sadeghi, H., et al., the relationship between lower extremity muscles maximum torque and dynamic stability during jump-landing in healthy men. *Olympic Journal*, 2008. 41(16): p. 59-70. [In Persian].
15. Hertel, J., Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of athletic training*, 2002. 37(4): p. 364.
16. Wright, C.J., B.L. Arnold, and S.E. Ross, Altered Kinematics and Time to Stabilization During Drop-Jump Landings in Individuals With or Without Functional Ankle Instability. *Journal of athletic training*, 2016. 51(1): p. 5-15.
17. Karimizadeh, M., M.H. Alizadeh, and E. Ebrahimi Takamjani, The effect of six weeks hopping exercises on dynamic balance in athletes with functional ankle instability. *sSport management and movement science researches*, 2013. 2(4): p. 139-151. [In Persian].
18. Huang, P. and C. Lin. Effects of balance training combined with plyometric exercise in postural control: Application in individuals with functional ankle instability. in *6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010)*. August 1-6, 2010 Singapore. 2010. Springer.
19. Twist, C., N. Gleeson, and R. Eston, The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. *Journal of sports sciences*, 2008. 26(10): p. 1073-1080.
20. Anguish, B.M., The effects of a randomized four-week dynamic balance training program on individuals with chronic ankle instability. 2010, West Virginia University Libraries.
21. McKeon, P.O. and J. Hertel, Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: is balance training clinically effective? *Journal of athletic training*, 2008. 43(3): p. 305-315.
22. Hertel, J., Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clinics in sports medicine*, 2008. 27(3): p. 353-370.

23. Gutierrez, G.M., T.W. Kaminski, and A.T. Douex, Neuromuscular control and ankle instability. *PM&R*, 2009. 1(4): p. 359-365.
24. Holm, I., et al., A normative sample of gait and hopping on one leg parameters in children 7–12 years of age. *Gait & posture*, 2009. 29(2): p. 317-321.
25. Hiller, C.E., et al., The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2006. 87(9): p. 1235-1241.
26. Tveter, A.T. and I. Holm, Influence of thigh muscle strength and balance on hop length in one-legged hopping in children aged 7–12 years. *Gait & posture*, 2010. 32(2): p. 259-262.
27. Delahunt, E., et al., Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2010. 42(11): p. 2106-2121.
28. Liu, K. and G.D. Heise, The effect of jump-landing directions on dynamic stability. *Journal of applied biomechanics*, 2013. 29(5): p. 634-638.
29. Olmsted, L.C., et al., Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *Journal of athletic training*, 2002. 37(4): p. 501.
30. Riemann, B.L., N.A. Caggiano, and S.M. Lephart, Examination of a clinical method of assessing postural control during a functional performance task. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1999. 8(3): p. 171-183.
31. Arnold, B.L. and R.J. Schmitz, Examination of balance measures produced by the Biodex Stability System. *Journal of athletic training*, 1998. 33(4): p. 323.
32. Ross, S.E. and K.M. Guskiewicz, Time to stabilization: a method for analyzing dynamic postural stability. *Athletic Therapy Today*, 2003. 8(3): p. 37-39.
33. Ross, S.E., K.M. Guskiewicz, and B. Yu, Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionally unstable ankles. *Journal of athletic training*, 2005. 40(4): p. 298.
34. Witchalls, J., et al., Intrinsic functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*, 2012. 46(7): p. 515-523.
35. Giza, E., et al., Mechanisms of foot and ankle injuries in soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 2003. 31(4): p. 550-554.
36. Jain, T.K., C.N. Wauneka, and W. Liu, Four weeks of balance training does not affect ankle joint stiffness in subjects with unilateral chronic ankle instability. *International journal of sports and exercise medicine*, 2016. 2(1).
37. Verhagen, E., et al., The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains. *The American journal of sports medicine*, 2004. 32(6): p. 1385-1393.
38. Buchanan, A.S., C.L. Docherty, and J. Schrader, Functional performance testing in participants with functional ankle instability and in a healthy control group. *Journal of athletic training*, 2008. 43(4): p. 342-346.
39. Arnold, B.L., et al., Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 2009. 41(5): p. 1048-1062.
40. Abbasi, H., et al., comparison of the effect of functional, extra-functional and combined exercises on the dynamic balance of athletes with functional ankle instability. *Sport medicine studies*, 2015: p. 15 - 34. [In Persian].