

Effects and Retention of a Six-Week Balance Training Program on Pain, Balance, and Ankle Range of Motion in Female Handball Players with Ankle Sprain

Dideh Aminpour¹, Seyed Hossein mousavi²

¹.M.Sc., Faculty of Sports Sciences, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

².Department of Sport Sciences, Za.C., Islamic Azad university, Zanjan, Iran

Abstract

Purpose: This study aimed to investigate the effect and retention of a six-week balance-training program on pain, balance performance, and ankle range of motion in female handball players with ankle sprain.

Method: Thirty participants were selected purposively and randomly assigned to either a training group ($n = 15$) or a control group ($n = 15$). Personal characteristics and injury history were obtained through an information form, and individuals with ankle instability were identified using the Ankle Disability Index or the Foot and Ankle Disability Index, in addition to physiotherapeutic screening tests. At baseline, height, weight, and foot length were measured, pain intensity was assessed using a Visual Analog Scale, and static and dynamic balance were evaluated using the Stork Test and the Y-Balance Test. Dorsiflexion and plantarflexion range of motion were measured using a goniometer. The training group performed balance exercises for six weeks (three sessions per week, approximately 40 minutes each), while the control group continued their regular sport-specific training. Post-tests, including pain, static and dynamic balance, and range of motion, were conducted one week after completion of the training protocol, and retention was assessed eight weeks later. Repeated-measures ANOVA and Bonferroni post-hoc tests were used for normally distributed variables, and Friedman, Kruskal–Wallis, Mann–Whitney U, and Wilcoxon tests were applied for non-normal data ($p \leq 0.05$).

Findings: The results showed that balance training significantly reduced pain ($p = 0.001$) and improved static balance ($p = 0.001$), dynamic balance ($p = 0.001$), dorsiflexion range of motion ($p = 0.001$), and plantarflexion range of motion ($p = 0.001$) compared with the control group. Between-group analysis also revealed significant differences in pain, static and dynamic balance, and ankle range of motion at the post-test and follow-up assessments ($p = 0.001$). Moreover, the improvements were maintained during the two-month follow-up period, indicating the lasting effects of the training intervention.

Conclusion: Overall, the findings suggest that six weeks of balance training effectively reduces pain, enhances static and dynamic balance, and increases ankle joint range of motion in female handball players with ankle sprain, with sustained benefits even after a period of detraining.

Keywords: ankle sprain, pain, balance, proprioception, balance training

تاثیر و ماندگاری شش هفته تمرینات تعادلی بر میزان درد، تعادل و دامنه حرکتی دختران

هندبالیست مبتلا به اسپرین مچ پا

دیده امین پور^۱، سیدحسین موسوی^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم ورزشی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استادیار طب ورزش، گروه علوم ورزشی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

چکیده

هدف: پژوهش حاضر با هدف تعیین تاثیر و ماندگاری شش هفته تمرینات تعادلی بر میزان درد، تعادل و دامنه حرکتی دختران هندبالیست مبتلا به اسپرین مچ پا انجام شد.

روش: ۳۰ دختر به صورت هدف دار انتخاب شده و به صورت تصادفی در دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و تمرینی (۱۵ نفر) قرار گرفتند. اطلاعات در مورد ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها و سابقه آسیب‌دیدگی آنها توسط برگه ثبت اطلاعات بدست آمد، پس از دریافت برگه ثبت اطلاعات با استفاده از پرسش نامه شاخص ناتوانی مچ پا و یا پرسشنامه شاخص ورزشی ناتوانی مچ پا و تست‌های فیزیوتراپیست آزمودنی‌های دارای ناپایداری مچ پا انتخاب شدند. در ابتدای مرحله اول تمامی متغیرها همچون قد، وزن و طول حقیقی پا به وسیله ترازوی دیجیتال و متر نواری و درد با استفاده از شاخص ارزیابی بصری درد اندازه گیری شد. در ادامه آزمونهای تعیین پای برتر و آزمون های ارزیابی تعادل (آزمون لک لک و Y) انجام شدند. پس از آن دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن با استفاده از گونیامتر تعیین شد. گروه تمرینی، تمرینات تعادلی را به مدت ۶ هفته (۳ جلسه در هر هفته و میانگین ۴۵ دقیقه در هر جلسه) انجام دادند. همچنین گروه کنترل نیز به تمرینات مرتبط با رشته ورزشی پرداختند. پس از پایان دوره تمرینی مجدداً آزمون های مربوط به درد، تعادل ایستا، پویا و دامنه حرکتی در فاصله زمانی یک هفته پس از اعمال پروتکل تمرینی ارزیابی شد. همچنین ماندگاری در ماه پس از ارزیابی پس آزمون تعیین شد. جهت تجزیه و تحلیل استنباطی اطلاعات و بیان تفاوت احتمالی بین میانگین گروه ها در مراحل مختلف تحقیق از روش آماری آنالیز واریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی در شرایط نرمال و آزمون های ناپارامتریک فریدمن، کروسکال والیس، یو من ویتنی و ویلکاکسون در شرایط غیرنرمال استفاده شد ($P \leq 0.05$).

یافته ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد استفاده از تمرینات تعادلی با کاهش میزان درد ($p=0.001$)، بهبود تعادل ایستا ($p=0.001$)، تعادل پویا ($p=0.001$) و نیز بهبود دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا ($p=0.001$) و پلانترفلکشن مچ پا ($p=0.001$) همراه است. همچنین در مقایسه بین دو گروه نتایج نشان داد پس از ۸ هفته تفاوت معنی داری بین دو گروه در متغیرهای درد ($p=0.001$)، تعادل ایستا ($p=0.001$)، تعادل پویا ($p=0.001$) و دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا ($p=0.001$) و پلانترفلکشن مچ پا ($p=0.001$) وجود دارد. به صورتی که در دوره پیگیری اثر تمرین بر متغیرهایی همچون درد، تعادل و نیز بهبود دامنه حرکتی ماندگار بود.

نتیجه گیری: به صورت کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد انجام ۶ هفته تمرینات تعادلی منجر به کاهش درد، بهبود تعادل ایستا و پویا و همچنین افزایش دامنه حرکتی مچ پا شده است. به صورتی که پس از بی تمرینی اثر این تمرینات ماندگار بود.

کلیدواژه‌ها: اسپرین مچ پا، درد، تعادل، حس عمقی، تمرینات تعادلی

به رباط تالوفیولار قدامی وارد می‌کند [۷]. از سوی دیگر، تغییر جهت‌های سریع، پرش و فرودهای مکرر، برخورد با بازیکنان دیگر و کیفیت نامناسب زمین می‌تواند احتمال بروز این آسیب را افزایش دهد [۸، ۹].

پیچ‌خوردگی مچ پا اغلب پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت مختلفی دارد. اگرچه بسیاری از افراد در هفته‌های اولیه بهبود نسبی پیدا می‌کنند، اما شواهد نشان می‌دهد که حدود ۷۰ درصد افراد پس از پیچ‌خوردگی اولیه دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شوند که شامل مجموعه‌ای از مشکلات عملکردی، بالینی و عصبی-عضلانی است [۹]. بی‌ثباتی مزمن ناشی از ترمیم ناقص لیگامان‌ها، ضعف در عملکرد گیرنده‌های حس عمقی، تغییر الگوهای حرکتی و اختلالات کنترل پاسچر است. این وضعیت می‌تواند موجب احساس لقی مفصل، درد حین فعالیت ورزشی، کاهش قدرت، محدودیت دامنه حرکتی، نوسانات وضعیتی و افزایش احتمال آسیب مجدد گردد [۱۰].

بر پایه ویژگی‌های ساختاری و عملکردی لیگامان‌ها، بی‌ثباتی مزمن مچ پا به دو دسته بی‌ثباتی مکانیکی و بی‌ثباتی عملکردی تقسیم می‌شود [۱۱]. بی‌ثباتی مکانیکی با شلی لیگامانی، پارگی‌های ترمیم‌نشده و نقص در ساختار بافتی مرتبط است و از طریق معاینات فیزیکی و رادیولوژیک تشخیص داده می‌شود [۱۲]. در مقابل، بی‌ثباتی عملکردی بدون افزایش شلی رباط‌ها رخ می‌دهد و عمدتاً ناشی از نقص در حس عمقی، ادراک پاسچر، هماهنگی عصبی-عضلانی و کنترل حرکتی است [۱۳].

یافته‌های جدید نشان می‌دهد که این دو نوع بی‌ثباتی به‌جای اینکه پدیده‌هایی مستقل باشند، در عمل به‌طور پیچیده‌ای در هم تنیده‌اند و باید به عنوان یک پدیده چندعاملی واحد بررسی شوند [۱۴]. مدل‌های نوین نشان می‌دهند که پس از هر آسیب اولیه، فرد وارد چرخه‌ای پویا می‌شود که شامل تعامل بین عوامل بیومکانیکی، عصبی-عضلانی، حسی و شناختی است و در صورت مداخله ناکافی ممکن است این چرخه به سمت بی‌ثباتی مزمن پیش رود. مطالعات متعدد کاهش قدرت عضلات اطراف مفصل، کاهش دامنه

مقدمه

هندبال به‌عنوان یکی از ورزش‌های پویا، پرشتاب و برخوردی، نیازمند آمادگی بدنی و عصبی-عضلانی بالایی است و از این رو ورزشکاران آن در معرض طیف گسترده‌ای از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی قرار دارند. ماهیت این رشته شامل جهش‌های مکرر، تغییرات سریع جهت حرکت، توقف‌های ناگهانی، پرتاب، فرودهای پرفشار و تماس‌های متعدد است؛ مجموعه‌ای از حرکت‌ها که از نظر بیومکانیکی بار زیادی به اندام تحتانی وارد کرده و خطر آسیب‌دیدگی را افزایش می‌دهد [۱، ۲]. مطالعات نشان داده‌اند که هندبال از منظر نرخ آسیب‌دیدگی، در میان ورزش‌های تیمی و المپیک در رتبه‌های بالا قرار دارد و ویژگی‌های فنی این رشته در ترکیب با درگیری‌های فیزیکی باعث افزایش قابل توجه آسیب‌ها در ورزشکاران می‌شود. گزارش‌های اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد که میزان آسیب در بازیکنان جوان بین ۹/۹ تا ۴۱/۰ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت مسابقه و ۰/۹ تا ۲/۶ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت تمرین است [۳] و در سطح حرفه‌ای به دلیل وقوع آسیب‌های مکرر و آسیب‌های ناشی از استفاده بیش از حد، این آمار حتی افزایش می‌یابد. به همین دلیل کمیته بین‌المللی المپیک، هندبال را یکی از آسیب‌خیزترین رشته‌های ورزشی معرفی کرده است [۴]. یکی از شایع‌ترین آسیب‌هایی که در بازیکنان هندبال گزارش شده، اسپرین مچ پا یا پیچ‌خوردگی لیگامانی است. مفصل مچ پا به دلیل وظیفه مهمی که در انتقال نیرو، ثبات پاسچر و اجرای مهارت‌های دینامیک ورزشی دارد، هنگام قرار گرفتن در فشارهای ناگهانی یا حرکات غیرمنتظره، بیش از سایر مفاصل در معرض آسیب قرار می‌گیرد. حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد از کل آسیب‌های ورزشی مربوط به آسیب‌های مچ پا هستند [۵] و پیچ‌خوردگی مچ پا از رایج‌ترین آسیب‌ها در بازیکنان هندبال گزارش شده است [۶]. این آسیب معمولاً به دلیل حرکاتی رخ می‌دهد که مچ پا را در وضعیت اینورژن و پلانترفلکشن قرار می‌دهند؛ وضعیتی که بیشترین فشار را

از سوی دیگر، شیوع پیچ خوردگی مچ پا در ورزشکاران زن به طور معناداری بالاتر از مردان گزارش شده است. شواهد حاکی از این است که زنان، به ویژه در سنین نوجوانی و جوانی، به دلیل تفاوت‌های بیومکانیکی مانند زاویه Q بالاتر، ضعف عضلات اطراف لگن، تفاوت در الگوهای حرکتی و تفاوت‌های هورمونی، بیشتر در معرض آسیب مچ پا قرار دارند [۲۰، ۲۱].

در ورزش هندبال، این خطر حتی بیشتر است، زیرا ماهیت این ورزش فعالیت‌های فراوانی را شامل می‌شود که سیستم تعادلی و حس عمقی را به چالش می‌کشد. بنابراین بررسی مداخلات توانبخشی در جمعیت ورزشکاران زن نه تنها ضروری، بلکه کاملاً حیاتی است. با توجه به شیوع بالای آسیب مچ پا در ورزشکاران، پیامدهای طولانی‌مدت بی‌ثباتی مزمن، نیاز به بهبود عملکرد تعادلی و حرکتی، و ضرورت استفاده از راهکارهای مؤثر و پایدار در توانبخشی، پژوهش حاضر طراحی شده است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر و پایداری شش هفته تمرینات تعادلی بر میزان درد، تعادل و دامنه حرکتی دختران هندبالیست مبتلا به اسپرین مچ پا انجام شده است. توجه به این عامل‌های کلیدی می‌تواند زمینه توسعه راهکارهای عملی برای توانبخشی ورزشکاران و افزایش ایمنی آنان در ادامه فعالیت ورزشی را فراهم آورد.

روش

این پژوهش از نوع کاربردی و نیمه تجربی بود. آزمودنی‌ها به صورت نمونه گیری تصادفی در دسترس و هدفمند و به صورت داوطلبانه انتخاب گردیده و در تحقیق شرکت کرده‌اند. جامعه آماری این تحقیق را هندبالیست‌های دختر مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا شهر اصفهان تشکیل دادند که تعداد آنها ۵۱ نفر بوده است. از این تعداد ۳۰ ورزشکار مبتلا به اسپرین مچ پا به عنوان نمونه اصلی انتخاب شدند و به دو گروه کنترل (۱۵ نفر) و گروه تمرینات تعادلی (۱۵ نفر) تقسیم شدند. جهت انتخاب آزمودنی‌ها ابتدا غربالگری اولیه آزمودنی‌ها از بین ورزشکاران دختر انجام شد.

دورسی فلکشن، اختلالات حس عمقی و ضعف در تعادل ایستا و پویا را در مبتلایان گزارش کرده‌اند [۱۵]. به طور خاص، انجام آزمون‌های تعادلی مانند آزمون ستاره در افراد دارای بی‌ثباتی مزمن کاهش معناداری دارد [۱۶]. علاوه بر این، کاهش دامنه دورسی فلکشن چه در شرایط بارگذاری و چه در زنجیره حرکتی باز گزارش شده و این محدودیت‌ها می‌توانند عملکرد ورزشی را به شکل چشمگیری تحت تأثیر قرار دهند [۱۷]. اختلالات تعادل و حس عمقی در افراد مبتلا، نه تنها احتمال آسیب مجدد را بالا می‌برد، بلکه بازگشت آنان به سطح عملکرد مطلوب را نیز به تأخیر می‌اندازد [۱۸].

با توجه به این مشکلات، توانبخشی آسیب مچ پا از اهمیت اساسی برخوردار است. دستورالعمل‌های بالینی برای درمان پیچ خوردگی مچ پا توصیه‌هایی شامل تحمل وزن زود هنگام، تمرینات تقویتی، تمرینات حس عمقی، درمان دستی و استفاده از روش‌های فیزیکی مانند لیزر درمانی، دیاترمی و کرایوتراپی ارائه کرده‌اند [۱۹].

با این حال، نقش تمرینات تعادلی به طور ویژه در درمان اسپرین مچ پا و بی‌ثباتی مزمن مورد توجه قرار گرفته است، زیرا این تمرینات مستقیماً سیستم عصبی-عضلانی را هدف قرار می‌دهند و می‌توانند نقص‌های حرکتی و حس عمقی را بهبود بخشند.

تمرینات تعادلی بر اساس اصول یادگیری حرکتی، تقویت عضلات عمقی، تقویت هماهنگی عصبی-عضلانی و تحریک گیرنده‌های حس عمقی بنا شده‌اند. این تمرینات با ایجاد شرایط ناپایدار کنترل‌شده، به بدن امکان می‌دهند تا الگوهای حرکتی کارآمدتری را جایگزین الگوهای مختل‌شده پس از آسیب کند. تحقیقات نشان داده‌اند که تمرینات تعادلی می‌توانند موجب بهبود تعادل پویا، افزایش دامنه حرکتی، کاهش درد و کاهش احتمال آسیب مجدد در ورزشکاران گردند. با این حال، پرسش مهمی که هنوز به طور جامع پاسخ داده نشده، مربوط به پایداری و ماندگاری اثرات این تمرینات است؛ زیرا بسیاری از مطالعات تنها به پیامدهای کوتاه‌مدت مداخلات پرداخته‌اند.

ارزیابی تعادل پویا

آزمون تعادلی Y که مشتق شده از آزمون تعادلی ستاره است و دارای سه جهت قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی بوده جهت تعیین تعادل پویا استفاده شد. در این آزمون فرد روی پا برتر خود ایستاده و عمل ریش را در جهت های قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی انجام داد. میزان ریش فرد در این سه جهت (به صورتی که دست ها روی کمر قرار داشته) بر حسب سانتی متر ثبت شد. نمره نهایی با تقسیم میزان ریش بر طول پا بدست آمد [۲۵].

$$\text{امتیاز} = \frac{\text{فاصله دستیابی}}{\text{طول اندام}} \times 100$$

روش ارزیابی دامنه حرکتی

ارزیابی میزان دامنه حرکتی دورسی فلکشن و پلانتر فلکشن میچ پا در بازه های زمانی پیش آزمون، پس آزمون و همچنین پیگیری با استفاده از گونیامتر و نیز در شرایط نشسته با زانوهای اکستند انجام شد [۲۶].

برنامه تمرینی تعادلی

پروتکل تمرینی تعادلی از ۱۳ نوع تمرین تشکیل شده که تمرینات به مدت ۶ هفته (۳ جلسه در هفته) انجام شد. پروتکل شامل تمرینات کار با کش ورزشی، حرکت کنار دیوار، ایستادن روی یک پا، اسکات، اسکات روی یک پا، اسکات جهش، تاک جامپ، جهش به طرفین، کار با تیلر بوردر، جهش طولی. همچنین شدت تمرینات بصورت فزاینده با افزایش تعداد ست ها و تکرار حرکات، و هر دو هفته شدت تمرینات افزایش یافت. استراحت بین ست ۳۰ ثانیه، استراحت پایان ست ۱ دقیقه [۲۷].

جدول ۱. نحوه اجرای پروتکل تمرینی قدرتی-تعادلی

شناسایی شرکت کنندگان مبتلا به بی ثباتی عملکردی میچ پا در دو مرحله پر کردن پرسشنامه و توسط فیزیوتراپ (آزمون های بالینی) انجام شده است. کسب امتیاز پایتیر یا مساوی ۹۰ درصد در پرسش نامه شاخص ناتوانی میچ پا و نیز مساوی ۸۰ درصد در پرسشنامه شاخص ورزشی ناتوانی میچ پا و پا از معیارهای ورود به این پژوهش بود [۲۲]. از معیارهای ورود به تحقیق حاضر نیز داشتن سابقه حداقل یک بار کشیدگی حاد میچ پا که باعث به درد، ورم و کاهش موقت عملکرد شده (البته نه در یک ماه اخیر) و داشتن سابقه خالی شدن مکرر میچ پا در شش ماه گذشته [۲۳]. پس از پر کردن پرسش نامه این افراد توسط یک فیزیوتراپ تحت ارزیابی بالینی برای انجام آزمون های کشویی قدامی و تیلر تالار قرار گرفتند و در صورت منفی بودن این آزمون ها به عنوان آزمودنی واجد شرایط انتخاب شدند [۲۳]. در این مطالعه ارزیابی ها در سه بازه زمانی پیش از تمرین، پس از پایان تمرین و یک ماه پس از ارزیابی پس آزمون، انجام شد.

ارزیابی درد

شاخص ارزیابی بصری درد که در آن فرد به میزان درد خود از ۰ تا ۱۰ نمره می دهد جهت تعیین درد میچ پا استفاده شد. اعتبار و روایی آن عالی و پایایی داخلی آن ۰/۹۱ ICC= را نشان می دهد [۲۴].

ارزیابی تعادل ایستا

تعادل ایستا در این تحقیق با آزمون لک لک ارزیابی شد. در این آزمون فرد روی پنجه پاها ایستاده و در شرایطی که دست ها روی کمر بوده و کف پای غیربرتر در بخش داخلی پا برتر (پای تحمل وزن) قرار گرفته میزان توان حفظ تعادل فرد بر حسب ثانیه ثبت شد. در صورتی که جدا شدن دست ها از کمر اتفاق بیفتد، پای چسبیده به زانو، از آن جدا شود، پاشنه پا ایستا به زمین برخورد و به صورت کلی فرد تعادل خود را از دست دهد، آزمون تمام شد [۲۵].

دوره برنامه در هفته

فعالیت							
۲-۱		۴-۳		۵		۶	
ست	تکرار/ثانیه	ست	تکرار/ثانیه	ست	تکرار/ثانیه	ست	تکرار/ثانیه
۳	۱۰	۳	۱۵	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۱۰	۳	۱۵	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۱۰	۳	۱۵	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵
۳	۸	۳	۱۲	۴	۱۵	۵	۱۵

($P \leq 0.05$). همچنین بررسی ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

یافته ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات فردی آزمودنی ها شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی، سابقه ورزشی و میانگین شاخص ناتوانی در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲. توزیع میانگین و انحراف معیار متغیرهای زمینه‌ای در گروه‌های مختلف

شاخص اندازه گیری		گروه	انحراف	
P	F		استاندارد $\pm$ میانگین	
سن (سال)	۰/۱۴	کنترل	۲۱/۸۰ $\pm$ ۲/۶۷	
		تمرینی	۲۱/۶۶ $\pm$ ۲/۲۸	
قد (متر)	-۰/۴۸	کنترل	۱/۶۴ $\pm$ ۰/۰۳	
		تمرینی	۱/۶۵ $\pm$ ۰/۰۴	

۱. Theraband
۲. Air squat
۳. Squat jumps

وزن (کیلوگرم)	کنترل	60.73 ± 3.67		۰/۴۷	۰/۶۴
		60.13 ± 3.27			
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر وزن بدن)	کنترل	22.49 ± 0.75		۱/۷۶	۰/۰۹
		22.07 ± 0.51			
سابقه ورزشی (سال)	کنترل	7.26 ± 1.75		۱/۱۸	۰/۲۴
		6.63 ± 1.64			
شاخص ناتوانی مچ پا و پا	کنترل	76.86 ± 3.22		۱/۷۰	۰/۰۹
		75.26 ± 1.66			
شاخص ناتوانی مچ پا و پا ورزشکاران	کنترل	64.26 ± 1.93		-۱/۳۷	۰/۱۸
		65.20 ± 1.89			

و مقایسه آنها استفاده شد. همچنین با توجه به غیرنرمال بودن توزیع داده ها در متغیر درد از آزمون های ناپارامتریک فریدمن، کروسکال والیس، یو من ویتنی و ویلکاکسون جهت بررسی این متغیر استفاده شد.

نتایج آزمون تی مستقل در مقایسه ویژگی های فردی آزمودنی های دو گروه مورد مطالعه نشان داد در این متغیرها تفاوتی بین گروه ها وجود نداشته و گروه ها از این نظر همگن هستند.

با توجه به نرمال بودن داده ها (به غیر از متغیر درد) که با آزمون شاپیروویلک مشخص شد از آزمون آنالیزواریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی تاثیر تمرینات

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمون های اماری در تغییرات مربوط به متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	گروه	M±SD			تفاوت درون گروهی (MIC)			تفاوت بین گروهی			گروه*زمان		
		پیش	پس	پیگیری	پیش-پس	پیش-پیگیری	پس-پیگیری	پیش	پس	پیگیری	F	P	Eta
تعادل ایستا	کنترل	۱۳/۸۲ ± ۱/۵۶	۱۴/۲۱ ± ۱/۴۹	± ۱/۵۵ ۱۴/۲۸	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۴۴/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۶۸
	تمرینی	۱۳/۰۹ ± ۱/۹۲	۱۸/۱۵ ± ۲/۱۳	± ۲/۱۹ ۱۸/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰						
جهت قدامی	کنترل	۷۶/۳۸ ± ۷/۰۲	۷۷/۰۰ ± ۷/۱۴	± ۶/۹۱ ۷۶/۷۱	۰/۵۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۷	۰/۰۲	۰/۰۴	۹۸/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۷۷
	تمرینی	۷۵/۲۶ ± ۷/۴۲	۸۳/۴۷ ± ۷/۲۳	± ۷/۲۲ ۸۲/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰						
جهت خلفی داخلی	کنترل	۷۷/۸۷ ± ۳/۴۹	۷۷/۹۹ ± ۳/۴۶	± ۳/۸۴ ۷۷/۸۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۳۴/۶۹	۰/۰۰۱	۰/۵۵
	تمرینی	۷۸/۶۶ ± ۵/۵۲	۸۴/۱۸ ± ۵/۹۹	± ۵/۲۴ ۸۲/۸۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱						
جهت خلفی خارجی	کنترل	۷۳/۷۲ ± ۷/۶۱	۷۴/۶۴ ± ۹/۱۲	± ۸/۶۳ ۷۴/۵۹	۰/۷۹	۰/۷۶	۱/۰۰	۰/۷۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۲۱/۵۴	۰/۰۰۱	۰/۴۳
	تمرینی	۷۴/۵۳ ± ۴/۰۳	۸۱/۱۵ ± ۲/۹۲	± ۲/۸۶ ۸۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱						

نمره کل	کنترل	۷۵/۹۹ ± ۴/۸۲	۷۶/۵۴ ± ۵/۰۳	± ۴/۹۸ ۷۶/۳۷	۰/۴۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۸۱/۳۶	۰/۰۰۱	۰/۷۴
	تمرینی	۷۶/۱۵ ± ۳/۴۵	۸۲/۹۴ ± ۲/۷۸	± ۲/۶۶ ۸۱/۶۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دامنه دورسی فلکشن	کنترل	۱۱/۳۳ ± ۱/۹۵	۱۱/۶۶ ± ۱/۸۳	± ۱/۹۱ ۱۱/۶۰	۰/۹۰	۰/۹۹	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۷/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۴۹
	تمرینی	۱۱/۲۶ ± ۲/۲۱	۱۴/۲۰ ± ۱/۶۱	± ۲/۰۹ ۱۳/۶۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
دامنه پلانتر فلکشن	کنترل	۴۶/۰۶ ± ۵/۴۰	۴۵/۷۳ ± ۳/۹۷	± ۴/۲۶ ۴۵/۷۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۰۲	۱۶/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۳۶
	تمرینی	۴۵/۴۶ ± ۵/۵۱	۴۹/۸۰ ± ۴/۴۴	± ۴/۶۱ ۴۹/۴۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۹۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
متغیر	گروه	M±SD												فریدمن
		پیش	پس	پیگیری	پیش-پس	پیش-پیگیری	پیش-پیگیری	پیش-پیگیری	پیش	پس	پیگیری	Chi-Square	P	
درد	کنترل	۴/۶۶ ± ۰/۶۱	۴/۶۰ ± ۰/۶۳	۴/۶۰ ± ۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۶۵	۱/۰۰	۰/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۲۳/۵۴	۰/۰۰۱	۲
	تمرینی	۴/۸۶ ± ۰/۶۳	۲/۳۳ ± ۰/۸۱	۲/۰۶ ± ۰/۵۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

($P=0/001$) تفاوت معنی داری وجود دارد. به عبارت دیگر نتایج نشان دهنده ماندگار بودن اثر تمرینات بوده است. علاوه بر این نتایج مربوط به مقایسه تفاوت بین گروهی در دو بازه پس آزمون و پیگیری نشان داد در متغیرهای تعادل ایستا ($P=0/001$)، جهت های تعادل پویا ($P\leq 0/05$) و نمره کل آن ($P=0/001$)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن ($P\leq 0/01$) و پلانتر فلکشن ($P\leq 0/05$) تفاوت معنی داری وجود دارد. در متغیر درد نیز نتایج آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون نشان داد در گروه تمرینی بین بازه پیش آزمون و پس آزمون ($P=0/001$) و نیز پیش آزمون و پیگیری ($P=0/001$) تفاوت معنی داری وجود دارد. همچنین نتایج آزمون یو من ویتنی نشان دهنده وجود تفاوت معنی داری بین دو گروه کنترل و تمرینی در دوره پس آزمون ($P=0/001$) و پیگیری ($P=0/001$) بوده است.

نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر و ماندگاری شش هفته تمرینات تعادلی بر درد، تعادل و دامنه حرکتی دختران

نتایج آزمون آنالیز واریانس مکرر نشان داد بین دو گروه کنترل و تمرینی در متغیرهای تعادل ایستا ($P=0/001$)، جهت های تعادل پویا ($P=0/001$) و نمره کل آن ($P=0/001$)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن ($P=0/001$) و پلانتر فلکشن ($P=0/001$) تفاوت معنی داری وجود دارد. همچنین نتایج آزمون ناپارامتریک فریدمن نشان دهنده تفاوت بین دو گروه در متغیر درد ($P=0/001$) بوده است. همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در بررسی تفاوت دورن گروهی نشان داد که در گروه تمرینی بین زمان پیش آزمون و پس از ۶ هفته تمرین در متغیرهای تعادل ایستا ($P=0/001$)، جهت های تعادل پویا ($P=0/001$) و نمره کل آن ($P=0/001$)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن ($P=0/001$) و پلانتر فلکشن ($P=0/001$) تفاوت معنی داری وجود دارد. همچنین نتایج مربوط به بررسی ماندگاری اثر تمرینات نشان داد در دوره پیگیری دو ماهه و پیش آزمون در متغیرهای تعادل ایستا ($P=0/001$)، جهت های تعادل پویا ($P=0/001$) و نمره کل آن ($P=0/001$)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن ($P=0/001$) و پلانتر فلکشن

موجب تحریک مسیرهای عصبی درد می‌شود [۳۲]. به نظر می‌رسد تمرینات تعادلی از طریق تحریک مجدد مکانورسپتورها، بهبود حس عمقی و تقویت هماهنگی عصبی-عضلانی بتوانند این چرخه درد را مهار کنند. یافته‌های روگی^۵ و همکاران (۲۰۱۸) و هان^۶ و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان می‌دهد که تمرینات تعادلی موجب بهبود ثبات دینامیک مفصل شده و با افزایش فعالیت عضلات اطراف مچ پا، باعث کاهش حرکات غیرطبیعی و دردناک مفصل می‌شوند [۳۳، ۳۴]. از سوی دیگر، بر اساس نظریه کنترل دروازه‌ای درد، تحریکات حسی حاصل از تمرینات تعادلی می‌توانند انتقال پیام درد را در سطح نخاع مهار کنند [۳۵]، که این موضوع در کنار افزایش جریان خون و دفع مواد دردزا [۳۶] می‌تواند کاهش درد پایدار مشاهده شده در مطالعه را توضیح دهد. حتی شواهد عصب‌شناختی نیز نشان داده‌اند که تمرینات تعادلی موجب تغییرات سازگاران در قشر حسی-حرکتی مغز می‌شوند و تراکم نواحی مرتبط با کنترل حرکتی را افزایش می‌دهند؛ که خود پیامد کاهش درد و بهبود عملکرد است [۳۷].

نتایج مطالعه حاضر همچنین نشان داد که تمرینات تعادلی موجب بهبود معنادار تعادل ایستا و پویا می‌شوند و این اثرات در پیگیری نیز حفظ شده‌اند. این موضوع با یافته‌های آنتوهی و پانت^۶ (۲۰۲۴)، جیو و همکاران (۲۰۲۴) و سو^۷ و همکاران (۲۰۲۴) که تمرینات تعادلی و عصبی-عضلانی را مؤثرترین روش‌ها برای بهبود کنترل پاسچر در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا معرفی کردند، همخوان است [۹، ۳۰، ۳۸]. همچنین، نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد اسپرین مچ پا و بی‌ثباتی مزمن حاصل از آن موجب ضعف عملکردی، کاهش قدرت عضلات اندام تحتانی و اختلال در کنترل پاسچر می‌شود [۴۱-۳۹]. در این شرایط، تمرینات تعادلی از طریق تقویت عضلات ناحیه ران و لگن، بهبود استراتژی‌های کنترل پاسچر و افزایش هماهنگی عصبی-

هندبالیست مبتلا به اسپرین مچ پا بود. نتایج نشان داد که برنامه تمرینی ارائه شده منجر به کاهش درد، بهبود تعادل ایستا و پویا و افزایش دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و پلان‌تارفلکشن شده و این اثرات نه فقط پس از دوره شش هفته‌ای تمرین، بلکه در دوره پیگیری دوماهه نیز ماندگار باقی مانده‌اند. این یافته‌ها بیانگر آن است که تمرینات تعادلی می‌توانند به عنوان رویکردی مؤثر و پایدار برای توان بخشی ورزشکاران مبتلا به اسپرین یا بی‌ثباتی مزمن مچ پا مورد استفاده قرار گیرند.

کاهش درد ناشی از تمرینات تعادلی یکی از یافته‌های مهم مطالعه حاضر بود. این نتیجه با مطالعات پیشین همخوانی دارد؛ به طور مثال، نیوتا^۱ و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که تمرینات تعادلی سبب کاهش معنی دار درد و بهبود عملکرد در آزمون‌های عملکردی بیماران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شود و حتی اثربخشی بیشتری نسبت به تمرینات مقاومتی دارد [۲۸]. مک‌گیونی و کینی^۲ (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که به کارگیری تمرینات تعادلی در ورزشکاران جوان موجب کاهش چشمگیر نرخ آسیب مجدد می‌شود [۲۹]. همچنین متاآنالیز جیو^۳ و همکاران (۲۰۲۴) تأیید کرد که تمرینات تعادلی بر سطوح ناپایدار یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش درد و پیشگیری از آسیب‌های مجدد مچ پا است [۳۰]. هم‌سویی نتایج مطالعه حاضر با این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که توسعه کنترل عصبی-عضلانی، تحریک حس عمقی و بهبود ثبات عملکردی نقش اساسی در مکانیسم کاهش درد دارند.

در تحلیل مکانیسم اثر تمرینات تعادلی بر کاهش درد، درک فیزیولوژی آسیب اسپرین اهمیت دارد. اسپرین مچ پا معمولاً با کشیدگی یا پارگی لیگامان‌های جانبی همراه است که این امر منجر به اختلال در عملکرد مکانورسپتورها، کاهش ورودی‌های حس عمقی و بروز درد می‌شود [۳۱]. التهاب و ترشح واسطه‌های درد مانند پروستاگلاندین‌ها نیز

^۱. Nivetha

^۲. McGuine & Keene

^۳. Guo

^۴. Rogge

^۵. Han

^۶. Antoe & Panaet

^۷. Su

[۵۰]. عوامل متعدد از جمله چسبندگی بافتی [۵۱]، اختلال در لغزش تالوس [۵۲]، کاهش حس عمقی [۵۰] و محدودیت بافت‌های همبند [۵۳] در کاهش دامنه حرکتی نقش دارند. چنان‌که مطالعات نشان داده‌اند، تمرینات کششی و تمرینات با تخته تعادل می‌توانند موجب افزایش انعطاف‌پذیری و بهبود دامنه حرکتی شوند [۴۸، ۵۴، ۵۵]. در مطالعه حاضر، انجام تمرینات روی وابل‌بورد که نیازمند حرکات مداوم دورسی‌فلکشن و پلانترفلکشن است و نیز تمرینات عملکردی مبتنی بر جهش، می‌تواند علت بهبود دامنه حرکتی و ماندگاری این اثر باشد. یکی از نکات قابل‌توجه پژوهش حاضر، تداوم اثرات تمرینات در دوره پیگیری دوماهه است. این یافته نشان می‌دهد که تغییرات ایجادشده صرفاً وابسته به تمرین کوتاه‌مدت نبوده و نشان‌دهنده بروز سازگاری‌های عصبی-عضلانی و بافتی پایدار است. کمتر مطالعه‌ای به بررسی ماندگاری اثرات تمرینات تعادلی پرداخته و پژوهش حاضر از این نظر می‌تواند خلأ موجود را پوشش دهد.

به‌طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرینات تعادلی از طریق مجموعه‌ای از مکانیسم‌ها شامل بهبود حس عمقی، تقویت عضلات اطراف مفصل، افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی، کاهش واسطه‌های التهابی، بهبود عملکرد مغزی در کنترل پاسچر و افزایش انعطاف‌پذیری بافتی موجب بهبود شاخص‌های عملکردی و کاهش درد می‌شوند. ترکیب تمرینات تعادلی، قدرتی و پلايومتریک به‌کاررفته در این پژوهش، برنامه‌ای جامع و مؤثر برای بازتوانی دختران هندبال‌بست مبتلا به اسپرین مچ پا ارائه داده است.

پژوهشگر با توجه به نتایج پژوهش چند پیشنهاد کاربردی نیز ارائه نمود:

- به درمانگران استفاده از این تمرینات جهت کاهش ناتوانی و درد در ورزشکاران با اسپرین مچ پا پیشنهاد می‌شود.

عضلانی می‌توانند نقص‌های حرکتی را جبران کنند. همان‌گونه که مطالعات هان^۱ و همکاران (۲۰۰۹) و کولینز^۲ و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده‌اند، حفظ تعادل و کنترل وضعیتی وابسته به عملکرد هماهنگ عضلات مچ پا و نواحی پروگزیمال مانند مفصل ران است [۴۲، ۴۳]. بنابراین، تمرینات قدرتی ناحیه ران که در برنامه مطالعه حاضر نیز وجود داشت، می‌تواند نقش مهمی در بهبود تعادل داشته باشد. این یافته‌ها با مطالعات لیان^۳ و همکاران (۲۰۲۱) هم‌خوانی دارد که ضعف عضلات ران را از عوامل اصلی نقص تعادل در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا معرفی کرده‌اند [۴۴]. همچنین، تمرینات پلايومتریک و جهشی که در این مطالعه استفاده شدند، مطابق با شواهد پژوهشی (اوکسفلت و همکاران، ۲۰۱۹؛ کینی و همکاران، ۲۰۲۱) موجب بهبود چابکی، تقویت عضلات اطراف مفصل و ارتقای ثبات دینامیک می‌شوند و همین امر می‌تواند عملکرد بهتر آزمودنی‌ها در آزمون تعادل پویا را توضیح دهد [۴۵، ۴۶]. علاوه‌براین، تمرینات تعادلی وزن‌محور که شرکت‌کنندگان را مجبور به تثبیت مفصل ناپایدار در حین اجرای حرکات پویا می‌کند، نقشی کلیدی در افزایش عملکرد SEBT دارد. این موضوع با نتایج مک‌کیون^۴ و همکاران (۲۰۰۸) مبنی بر نقش تمرینات تعادلی در افزایش مهارت‌های عصبی-عضلانی همسو است [۴۷].

یکی دیگر از یافته‌های مهم پژوهش حاضر، بهبود دامنه حرکتی دورسی‌فلکشن و پلانترفلکشن بود. این نتیجه با نتایج لازارو^۵ و همکاران (۲۰۱۸) و علی‌زمانی و همکاران (۲۰۲۳) همسو است که تمرینات تعادلی و تمرینات ثبات مرکزی را از روش‌های مؤثر برای افزایش دامنه حرکتی مفصل مچ پا معرفی کرده‌اند [۴۸، ۴۹]. محدودیت دورسی‌فلکشن یکی از شایع‌ترین پیامدهای اسپرین مچ پا است و می‌تواند خطر آسیب مجدد را افزایش دهد، چرا که اجازه نمی‌دهد مفصل به وضعیت پایدار نهایی خود برسد

^۱. Han

^۲. Collins

^۳. Luan

^۴. McKeon

^۵. Lazarou

- استفاده از این تمرینات جهت ارتقا تعادل در ورزشکاران با اسپرین مچ پا به درمانگران پیشنهاد می‌شود.
- همچنین استفاده از این تمرینات جهت ارتقا دامنه حرکتی در ورزشکاران با اسپرین مچ پا پیشنهاد می‌شود.

رفرنس

1. Asker, M., et al., *Female adolescent elite handball players are more susceptible to shoulder problems than their male counterparts*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, ۲۰۱۸. ۲۶(۷): p. ۱۸۹۲-۱۹۰۰.
2. Aasheim, C., et al., *Prevalence and injuries in elite burden of overuse junior handball*. BMJ Open Sport Exerc Med, ۲۰۱۸. ۴(۱): p. e۰۰۰۳۹۱.
3. Moller, M., et al., *Injury risk in Danish youth and senior elite handball using a new SMS text messages approach*. Br J Sports Med, ۲۰۱۲. ۴۶(۷): p. ۵۳۱-۷.
4. Engebretsen, L., et al., *Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012*. Br J Sports Med, ۲۰۱۳. ۴۷(۷): p. ۴۰۷-۱۴.
5. Kosik, K.B., et al., *Therapeutic interventions for improving self-reported function in patients with chronic ankle instability: a systematic review*. Br J Sports Med, ۲۰۱۷. ۵۱(۲): p. ۱۰۵-۱۱۲.
6. Clarsen, B., et al., *The prevalence and impact of overuse injuries in five Norwegian sports: Application of a new surveillance method*. Scand J Med Sci Sports, ۲۰۱۵. ۲۵(۳): p. ۳۲۳-۳۰.
7. Bojic, I., Z. Valdevit, and M. Veličković, *THE CAUSES AND PREVENTION OF INJURIES IN HANDBALL*. Tm-technisches Messen, ۲۰۲۰: p. ۴۲۳-۴۳۸.
8. Vila, H., et al., *The Most Common Handball Injuries: A Systematic Review*. Int J Environ Res Public Health, ۲۰۲۲. ۱۹(۱۷): p. ۱۰۹.
9. Antohe, B.A. and E.A. Panaet, *The Effects of Proprioceptive Exercises on Postural Control in Handball Players with Chronic Ankle Instability-A Non-Randomized Control Trial*. Sports (Basel), ۲۰۲۴. ۱۲(۱۱): p. ۹۹(۸).
10. Guillo, S., et al., *Consensus in chronic ankle instability: aetiology, assessment, surgical indications and place for arthroscopy*. Orthop Traumatol Surg Res, ۲۰۱۳. ۹۹(Suppl): p. S۴۱۱-۹.
11. Hertel, J., *Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology Athl of Lateral Ankle Instability*. J Train, ۲۰۰۲. ۳۷(۴): p. ۳۶۴-۳۷۵.
12. Attenborough, A.S., et al., *Chronic ankle instability in sporting populations*. Sports Med, ۲۰۱۴. ۴۴(۱۱): p. ۱۵۴۵-۵۶.
13. Yang, Y., Y. Wu, and W. Zhu, *Recent advances in the management of chronic ankle instability*. Chin J Traumatol, ۲۰۲۵. ۲۸(۱): p. ۳۵-۴۲.
14. Lalevée, M., D.D. Anderson, and J.M. Wilken, *Current Challenges in Chronic Ankle Instability: Review and Perspective*. Foot Ankle Clin, ۲۰۲۳. ۲۸(۱): p. ۱۲۹-۱۴۳.
15. Roos, K.G., et al., *The Epidemiology of Lateral Ligament Complex Ankle Sprains in National Collegiate Athletic Association Sports*. Am J Sports Med, ۲۰۱۷. ۴۵(۱): p. ۲۰۱-۲۰۹.
16. Gabriner, M.L., et al., *Contributing factors to star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability*. Gait Posture, ۲۰۱۵. ۴۱(۴): p. ۹۱۲-۶.
17. Terada, M., et al., *The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability*. Gait Posture, ۲۰۱۴. ۴۰(۱): p. ۱۹۳-۷.
18. Hertel, J. and R.O. Corbett, *An Updated Model of Chronic Ankle Instability*. J Athl Train, ۲۰۱۹. ۵۴(۶): p. ۵۷۲-۵۸۸.
19. Lin, C.W., A. Jankaew, and C.F. Lin, *Physical Therapy Intervention Effects on Alteration of Spinal Excitability in Patients With Chronic Ankle*

- Instability: A Systematic Review and Meta-analysis.* Sports Health, ۲۰۲۰. ۱۷(۲): p. ۳۹۴-۴۰۳.
- Doherty, C., et al., *The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies.* Sports Med, ۲۰۱۴. ۴۴(۱): p. ۱۲۳-۴۰.
- Waterman, B.R., et al., *The epidemiology of ankle sprains in the United States.* J Bone Joint Surg Am, ۲۰۱۰. ۹۲(۱۳): p. ۲۲۷۹-۸۴.
- Chan, K.W., B.C. Ding, and K.J. Mroczek, *Acute and chronic lateral ankle instability in the athlete.* Bulletin of the NYU hospital for joint diseases, ۲۰۱۱. ۶۹(۱): p. ۱۷-۱۷.
- abbasi, h., et al., *Comparing the Effect of Functional, Extra-Functional and Combined Exercises on Dynamic Balance in Athletes with Functional Ankle Instability.* Studies in Sport Medicine, ۲۰۱۵. ۷(۱۷): p. ۳۴-۱۵.
- Prasetyo, Y., et al., *The effectiveness of massage gun treatment combined with passive stretching in reducing non-specific lower back pain.* Jurnal Keolahragaan, ۲۰۲۴. ۱۲(۲): p. ۱۷۵-۱۸۳.
- Babagoltabar Samakoush, H. and A.A. Norasteh, *The Neuromuscular Parameters Affecting Static and Dynamic Balance in Adolescent Male Soccer Players with Dynamic Knee Valgus.* The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine, ۲۰۲۴. ۱۲(۶): p. ۱۰۱۲-۱۰۲۵.
- D.R., et al., *Two- and 3- ,Bell dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting.* J Athl Train, ۲۰۱۳. ۴۸(۴): p. ۴۴۲-۹.
- Mohammadi Nia Samakosh, H., et al., *What Does Provide Better Effects on Balance, Strength, and Lower Extremity Muscle Function in Professional Male Soccer Players with Chronic Ankle Instability? Hopping or a Balance Plus Strength Intervention? A Randomized Control Study.* (۱۰)Healthcare (Basel), ۲۰۲۲. ۱۰ D., Jothilingam, M., & ,Nivetha Preethi, G., *Effectiveness of Balance Training and Strengthening Exercise on Pain and Functional Performance among the Athletes with Ankle Sprain.* Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An p. : (۵)۱۸ .۲۰۲۴ ,International Journal .۶۷۴-۶۷۹.
- McGuine, T.A. and J.S. Keene, *The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes.* Am J Sports Med, ۲۰۰۶. ۳۴(۷): p. ۱۱۰۳-۱۱.
- Guo, Y., et al., *A systematic review and meta-analysis of balance training in patients with chronic ankle instability.* Syst Rev, ۲۰۲۴. ۱۳(۱): p. ۶۴.
- Wikstrom, E.A., T. Hubbard-Turner, and P.O. McKeon, *Understanding and treating lateral ankle sprains and their consequences: a constraints-based approach* Sports Med, ۲۰۱۳. ۴۳(۶): p. ۳۸۵-۹۳.
- Briet, J.P., et al., *Factors associated with pain intensity and physical limitations after lateral ankle sprains.* Injury, ۲۰۱۶. ۴۷(۱۱): p. ۲۵۶۵-۲۵۶۹.
- Rogge, A.K., et al., *Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions.* Neuroimage, ۲۰۱۸. ۱۷۹: p. ۴۷۱-۴۷۹.
- Han, J., et al., *The Role of Ankle Proprioception for Balance Control in relation to Sports Performance and p. :۲۰۱۵ .۰۱۵Injury.* Biomed Res Int, ۲ ۸۴۲۸۰۴.
- Hertel, J., *Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability.* Clin Sports Med, ۲۰۰۸. ۲۷(۳): p. ۳۵۳-۷۰, vii.
- Dray, A., *Inflammatory mediators of pain.* Br J Anaesth, ۱۹۹۵. ۷۵(۲): p. ۱۲۵-۳۱.
- et al., *Rapid and specific .,Taubert, M gray matter changes in M1 induced by balance training.* Neuroimage, ۲۰۱۶. ۱۳۳: p. ۳۹۹-۴۰۷.
- Su, Y., et al., *Effects of combination of strength and balance training on postural control and functionality in ankle instability: a people with chronic systematic review and meta analysis.* BMC Sports Sci Med Rehabil, ۲۰۲۴. ۱۶(۱): p. ۷۹.
- Shi, X., et al., *Does treatment duration of manual therapy influence functional*

- outcomes for individuals with chronic ankle instability: A systematic review with meta-analysis? *Musculoskelet Sci Pract*, ۲۰۱۹. ۴۰: p. ۸۷-۹۰.
- de Vries, J.S., et al., *Interventions for treating chronic ankle instability*. *Cochrane Database Syst Rev*, ۲۰۱۱(۸): p. Cd۰۰۴۱۲۴.
- Kim, K., B. Choi, and W. Lim, *The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized controlled trial*. *Disabil Rehabil Assist Technol*, ۲۰۱۹. ۱۴(۳): p. ۲۷۶-۲۸۰.
- Han, K., M.D. Ricard, and G.W. Fellingham, *Effects of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a perturbation force for individuals with a history of ankle sprains*. *J Orthop Sports Phys Ther*, ۲۰۰۹. ۳۹(۴): p. ۲۴۶-۵۰.
- Collins, C.K., M. Masaracchio, and J.A. Cleland, *The effectiveness of strain counterstrain in the treatment of patients with chronic ankle instability: A randomized clinical trial*. *J Man Manip Ther*, ۲۰۱۴. ۲۲(۳): p. ۱۱۹-۲۸.
- Luan, L., et al., *Does Strength Training for Chronic Ankle Instability Improve Balance and Patient-Reported Outcomes and by Clinically Detectable Amounts? A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Phys Ther*, ۲۰۲۱. (۷)۱۰۱.
- Oxfeldt, M., et al., *Effects of plyometric training on jumping, sprint performance, and lower body muscle strength in healthy adults: A systematic review and meta-analyses*. *Scand J Med Sci Sports*, ۲۰۱۹. ۲۹(۱۰): p. ۱۴۵۳-۱۴۶۵.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2021). *Physiology of sport and exercise*. *Human kinetics*.
- McKeon, P.O. and J. Hertel, *Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing*. *J Athl Train*, ۲۰۰۸. ۴۳(۳): p. ۲۹۳-۳۰۴.
- Lazarou, L., et al., *Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain*. *J Back Musculoskelet Rehabil*, ۲۰۱۸. ۳۱(۳): p. ۴۳۷-۴۴۶.
- Alizamani, S., G. Ghasemi, and S. Lenjan Nejadian, *Effects of eight week core stability training on stable- and unstable-surface on ankle muscular strength, proprioception, and dorsiflexion in athletes with chronic ankle instability*. *J Bodyw Mov Ther*, ۲۰۲۳. ۳۴: p. ۶-۱۲.
- Leanderson, J., A. Wykman, and E. Eriksson, *Ankle sprain and postural sway in basketball players*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, ۱۹۹۳. ۱(۳-۴): p. ۲۰۳-۵.
- Fujii, M., et al., *Does distal tibiofibular joint mobilization decrease limitation of ankle dorsiflexion?* *Man Ther*, ۲۰۱۰. ۱۵(۱): p. ۱۱۷-۲۱.
- changes in Vicenzino, B., et al., *Initial posterior talar glide and dorsiflexion of the ankle after mobilization with movement in individuals with recurrent ankle sprain*. *J Orthop Sports Phys Ther*, ۲۰۰۶. ۳۶(۷): p. ۴۶۴-۷۱.
- Payne, K.A., K. Berg, and R.W. Latin, *Ankle injuries and ankle strength, flexibility, and proprioception in college basketball players*. *J Athl Train*, ۱۹۹۷. ۳۲(۳): p. ۲۲۱-۵.
- Gajdosik, R.L., et al., *Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function older women. of the calf muscles of* *Clin Biomech (Bristol)*, ۲۰۰۵. ۲۰(۹): p. ۹۷۳-۸۳.
- Guissard, N. and J. Duchateau, *Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles*. *Muscle Nerve*, ۲۰۰۴. ۲۹(۲): p. ۲۴۸-۵۰.