نشریه پژوهش در توانبخشی ورزشی
دوره ۹، شماره ۱۸، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
۱ - ۱۰

WWW.RSR.BASU.AC.IR

تأثیر تمرینات ثبات مرکزی در سطح پایدار و ناپایدار بر نوسانات پاسچر در ورزشکاران دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا

سمیه علی زمانی[۱]، غلامعلی قاسمی[۲]*، شهرام لنجان نژادیان[۳]

۱. دانشجوی دکترای آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲. دانشیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳. استادیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت ۳۰ فروردین ۱۴۰۰؛ پذیرش ۳۱ خرداد ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

واژگان کلیدی

ترامپولین

آزمون افت- فرود

تعادل

جابجایی مرکز فشار

چکیده

زمینه و هدف: پیچ‌خوردگی مچ پا یکی از رایج‌ترین آسیب‌های ورزشی است که به‌دنبال آن فرد ورزشکار دچار بی‌ثباتی مزمن مچپا (CAI) می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی اثرگذاری ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی در سطح پایدار و ناپایدار بر نوسانات پاسچر در ورزشکاران دارای CAI بود.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه‌تجربی، ۳۰ ورزشکار دارای CAI با دامنه سنی ۱۸ تا۳۰ سال، به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت غیرتصادفی در سه گروه، تمرین در سطح ناپایدار، تمرین در سطح‌پایدار و کنترل قرار گرفتند. هر دو گروه تمرین در سطح ناپایدار و پایدار برنامه‌ی تمرینات ثبات مرکزی را به‌طور مشابه انجام دادند. برای ارزیابی نوسانات پاسچر از آزمون ایستادن تک‌پا و افت - فرود روی فوتاسکن استفاده شد. دامنه جابجایی مرکز فشار و سرعت جابجای مرکز فشار اندازه‌گیری شد. از تحلیل واریانس یک‌راهه و آزمون تعقیبی هولم - بونفرونی برای ارزیابی داده‌ها استفاده (P<۰/۰۵) شد.

یافته‌ها: یافته‌های مطالعه نشان داد که، میانگین نمرات دامنه و سرعت جابجایی مرکز فشار، گروه تمرین در سطح ناپایدار نسبت به گروه‌های تمرین در سطح پایدار و کنترل در آزمون‌های ایستادن تک‌پا و فرود در پس‌آزمون تفاوت معناداری داشت (P<۰/۰۵). همچنین دامنه جابجایی مرکز فشار، گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل در آزمون ایستادن تک‌پا تفاوت معناداری نشان داد (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت، انجام تمرینات ثبات مرکزی بر روی ترامپولین تأثیر بیشتری در کاهش دامنه و سرعت جابجایی مرکز فشار ورزشکاران دارای CAI داشت. بنابراین انجام این تمرینات را به‌عنوان یک مداخله‌ی تمرینی در جهت کاهش نوسانات پاسچر در ورزشکاران زن دارای CAI توصیه می‌کنیم.

* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۳۱۳۷۹۳۲۵۷۱
پست الکترونیکی: Gh.ghasemi@spr.ui.ac.ir
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/RSR.2021.24054.1570

مقدمه

پیچ خوردگی خارجی مچ پا از شایع‌ترین آسیب‌های عضلانی- اسکلتی است که می‌تواند منجر به مشکلات طولانی مدت در افراد شود، و یکی از رایج‌ترین آسیب‌های ورزشی در میان ورزشکاران به‌ویژه والیبالیست‌ها، بسکتبالیست‌ها و فوتبالیست‌ها است (دومینگو و همکاران، ۲۰۱۵؛ کنی و همکاران، ۲۰۱۶). این آسیب معمولاً به‌طور کامل درمان نمی‌شود و برگشت‌پذیر است. بر اساس مطالعات ۷۴ درصد از افراد پس از کشیدگی رباط‌های مچ پا، دچار بی‌ثباتی مزمن مچ پا (CAI) و عوارض جانبی آن همچون درد، تورم و اختلال در عملکرد حسی- حرکتی مچ پا، و اختلالات تعادلی و افزایش نوسانات پاسچر می‌شوند (چین و همکاران، ۲۰۱۴؛ هوبار و ترنر، ۲۰۱۵). در ورزشکاران این آسیب، باعث از دست دادن جلسات تمرین و مسابقه و مختل شدن عملکرد حرفه‌ایشان می‌شود (لین و همکاران، ۲۰۱۵)

جابجایی مرکز فشار (COP) به‌عنوان نقطه‌ای در فضای بین پاها و زمین تعریف می‌شود که برآیند کل نیروهای بدن، از این نقطه به زمین وارد می‌گردد. در یک وضعیت ایستا، مرکز فشار زیر مرکز ثقل و روی سطح اتکا قرار دارد و مانند یک پاسخ عصبی- عضلانی به عدم تعادل مرکز گرانش بدن، عمل می‌کند (پاپ و همکاران، ۲۰۱۱؛ نیومن، ۲۰۱۳). در یک مطالعه نپ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که نوسانات مرکز فشار در جهات قدامی- خلفی و داخلی- خارجی، در گروه با بی‌ثباتی مزمن مچ پا بیشتر از گروه کنترل است.

پروتکل‌های مختلفی برای توان‌بخشی آسیب‌های حاد و مزمن مچ پا معرفی شده‌اند (کامینسکی و همکاران، ۲۰۰۳؛ دوچرتی و همکاران، ۱۹۹۸). اما با توجه به این‌که در افراد با ناپایداری مزمن مچ پا، اختلال در تعادل در مفاصل پروگزیمال مچ پا بیشتر است، توجه به این مفاصل و عضلات ناحیه مرکزی در توان‌بخشی پیچ‌خوردگی مچ پا ضروری به نظر می‌رسد (گریبل و همکاران، ۲۰۰۴). این امر عمدتاً به دلیل زنجیره حرکتی فعالیت ورزشی می‌باشد (لیتون و همکاران، ۲۰۰۴). بر طبق اصل زنجیره‌ی حرکتی در الگوهای حرکتی عملکردی، مفاصل و عضلات بر یکدیگر اثر متقابل گذاشته و همانند یکسری از زنجیره‌های به‌هم‌پیوسته عمل می‌کند که حرکت یک جز باعث تأثیر بر اجزای پروگزیمال و دیستال می‌گردد (الن بکر و دیویس، ۲۰۰۱). با توجه به این‌که ناحیه‌ی مرکز در بخش میانی بدن قرارگرفته، به‌عنوان مرکز زنجیره حرکتی- عملکردی انجام‌وظیفه می‌کند، بنابراین ثبات این ناحیه نقش مهمی در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی دارد (آکوتوتا و همکاران، ۲۰۰۸).

بنابراین اگرچه ماهیت حقیقی بی‌ثباتی عملکردی مچ پا تاکنون مشخص نشده است، اما مدارکی دال بر اختلالات عضلانی و حس عمقی وجود دارد (هان و همکاران، ۲۰۱۵؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۴). بر این اساس تحقیقات زیادی به بررسی اثر تمرینات مختلف بر بهبود حس عمقی و قدرت عضلانی مچ پا پرداخته‌اند (هان و همکاران، ۲۰۱۵؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۴) و تمرینات حس عمقی را برای توان‌بخشی مچ پا ضروری ذکر کرده‌اند که معمولاً شامل انجام تمرینات روی سطوح ناپایدار می‌باشند (لفارت و همکاران، ۱۹۹۷). زیرا انجام تمرینات در سطوح ناپایدار جنبه‌های مهمی در توان‌بخشی اختلالات عصبی - عضلانی دارد و باعث ایجاد هماهنگی و به‌کارگیری مناسب الگوهای عصبی - عضلانی می‌شود (مایرز و همکاران، ۲۰۰۳)، و با تحریک مفصل در صفحات چندگانه با ایجاد تغییرات سریع در طول لیگامنت‌ها، باعث تحریک آوران‌ها و پاسخ‌های رفلکسی حرکتی به‌منظور تولید پایداری سریع مفصل می‌شود (مایرز و همکاران، ۲۰۰۳). ناپایداری حرکات در طول این تمرینات مفاصل را در موقعیت خطر قرار داده و با افزایش فعالیت تکانه‌های حسی- عمقی در مرکز حسی- حرکتی باعث سازگاری در انقباض عضلات پاسچر و حفظ تعادل می‌شود (فریا و همکاران، ۲۰۱۱). فریا و همکاران (۲۰۱۱) با آنالیز فعالیت الکترومیوگرافی عضلات مفصل مچ پا بر سطوح پایدار و ناپایدار، گزارش کردند که تمرینات در سطوح ناپایدار، موجب افزایش بیشتری در فعالیت الکترومیوگرافی عضلات، به‌ویژه با چشمان بسته می‌شود و یک منبع با ارزش در توان‌بخشی حس حرکتی محسوب می‌گردد.

در مطالعات پیشنهاد شده که از تمرین در سطوح ناپایدار باهدف افزایش فعالیت عضلات برای اثربخشی ورزش‌ها به طریقی کنترل‌شده می‌توان بهره برد (آندرسون و بهم، ۲۰۰۵). بنابراین در برنامه‌های توان‌بخشی از ریباند تراپی به‌عنوان شیوه‌ای مثبت برای افزایش تعادل، قدرت

عضلانی، پرش عمودی و همچنین بالا بردن سطوح سلامتی و حتی بهبود آسیب‌ها استفاده می‌شود (روس و هادسون، ۱۹۹۷). در این تمرینات برای حفظ تعادل و وضعیت بدن در فضا و در مقابل نیروی جاذبه، عضلات بیشتری درگیر می‌شوند. همچنین توسعه واکنش‌های محافظتی، افزایش حس عمقی، بهبود کنترل سر و بهبود پاسچر بدنی از مزایای دیگر این روش تمرینی است (روس و هادسون، ۱۹۹۷). بنابراین با توجه به این‌که اخیراً به‌کارگیری تمرین بر روی انواع سطوح ناپایدار پیشرفت زیادی را در مباحث بازتوانی داشته است (آندرسون و بهم، ۲۰۰۵؛ لفارت و همکاران، ۱۹۹۷). از طرفی تقویت عضلات بخش مرکزی بدن نیز عامل مهمی برای فعالیت‌های زندگی روزانه، عملکرد ورزشی و بازتوانی محسوب می‌شوندو با توجه به این که بیشتر تحقیقات به بررسی تمرینات موضعی مختلف بر ابعاد مختلف عملکرد و حس عمقی در افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخته‌اند در حالی‌که تمرینات باید جامع بوده، و ناحیه مرکزی بدن که نقش مهمی در ایجاد تعادل و کنترل قامت دارد، و ثبات در حرکت را فراهم می‌کند، نیز شامل شود (فریمن، ۱۹۶۵). بر همین اساس محقق در این تحقیق به دنبال تأثیر تمرینات ثبات مرکزی در دو سطح پایدار و ترامپولین بر دامنه جابجایی مرکز فشار (COPd) و سرعت جابجایی مرکز فشار (COPvel) در ورزشکاران دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا است.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی و طرح تحقیق پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل است. این تحقیق در پاییز سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه حرکات اصلاحی دانشگاه اصفهان انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل زنان والیبالیست ۱۸ تا ۳۰ سال دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا در شهر اصفهان بودند که حداقل ۵ سال سابقه فعالیت ورزشی منظم داشتند، از این میان ۳۶ آزمودنی به‌صورت هدفمند بر اساس معیارهای ورود به تحقیق انتخاب شده و به‌صورت غیرتصادفی بر اساس امکان حضور در جلسات تمرین با توجه به محل، روز و ساعت برگزاری کلاس، در دو گروه تجربی (تمرین در سطح ناپایدار (ترامپولین)، و تمرین در سطح پایدار (سطح زمین))، و یک گروه کنترل قرار گرفتند. در پس‌آزمون، ۶ نفر به دلیل انصراف و عدم ادامه مداخله تمرین ریزش آماری وجود داشت، که در نهایت اطلاعات مربوط به ۳۰ نفر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

برای تعیین حداقل تعداد نمونه تحقیق، از نرم‌افزار برآورد حجم نمونه G-Power 3.1 برای توان آزمون ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۸۰، و سطح معناداری ۰/۰۵، استفاده و تعداد حداقل ۱۰ نفر برای هر گروه تعیین گردید.

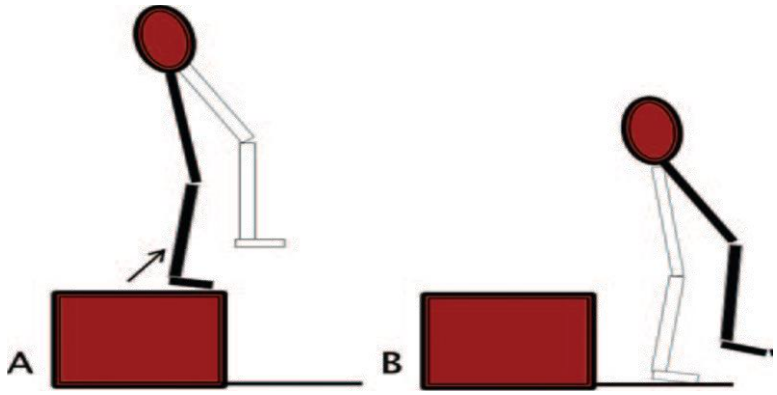
معیارهای ورود به تحقیق شامل: ۱. کسب امتیاز پایین‌تر یا مساوی ۹۰٪ در پرسشنامه شاخص ناتوانی مچ پا، ۲. امتیاز پایین‌تر یا مساوی ۸۰٪ در پرسشنامه شاخص ورزشی ناتوانی مچ پا، ۳. سابقه ابتلا به پیچ‌خوردگی یک‌طرفه مچ پا، حداقل ۱۲ماه قبل از مطالعه که منجر به درد، تورم و فقدان عملکرد شده است، و ۵. سابقه حداقل دو بار عود ضایعه و یا احساس بی‌ثباتی و یا همان خالی شدن پای درگیر در ۶ ماه اخیر بود (بروون و همکاران، ۲۰۰۹؛ هاک و همکاران، ۲۰۱۵). معیارهای خروج از تحقیق شامل: ۱. سابقه پیچ‌خوردگی مچ پا در ۶ هفته قبل از شروع تحقیق، ۲. سابقه شکستگی یا جراحی اندام تحتانی، ۳. سابقه دیگر آسیب‌ها عضلانی- اسکلتی در ۶ هفته قبل از شروع تحقیق، و ۴. حضور نامنظم در جلسات تمرینی بود (بروون و همکاران، ۲۰۰۹؛ هاک و همکاران، ۲۰۱۵).

پس از انتخاب آزمودنی‌ها، خلاصه‌ای از طرح تحقیق در فرم معرفی تحقیق برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد، پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه توسط آزمودنی‌ها، اطلاعات جمعیت‌شناسی آنها شامل قد، وزن، سن و سابقه‌ی ورزشی در فرم جمع‌آوری اطلاعات ثبت شد. سپس در هر سه گروه در پیش‌آزمون COPd و COPvel در جهت قدامی- خلفی (AP) و داخلی- خارجی (ML) برای هر دو وضعیت حالت ایستادن تک‌پا و فرود تک‌پا مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از انجام پیش‌آزمون، آزمودنی‌های هر دو گروه تجربی (تمرین در سطح ناپایدار (ترامپولین)، و تمرین در سطح پایدار (سطح زمین)) تمرینات ثبات مرکزی را به مدت ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه به مدت ۳۰ الی ۵۰ دقیقه به‌طور مشابه اجرا کردند، با این تفاوت که گروه تمرین در سطح ناپایدار تمرینات را روی ترامپولین، و گروه تمرین در سطح پایدار تمرینات را در سطح زمین انجام دادند (جدول ۱) (ویلاردسون، ۲۰۱۴)، و گروه کنترل فعالیت روزمره خود را انجام دادند. پس از پایان دوره تمرینی، پس‌آزمون با شرایط پیش‌آزمون برای هر سه گروه انجام شد. آزمون‌گرها نسبت

به آزمودنی‌های گروه‌های مداخله و کنترل کور شدند.

برای ارزیابی نوسانات پاسچر در دو وضعیت ایستادن روی یک‌پا و فرود تک‌پا از دستگاه فوت اسکن ورژن ۷ (RS scan International, Olen, Belgium) استفاده شد. دستگاه دارای ابعاد ۴۰*۶۰ سانتی‌متر و ۴۰۹۶ حسگر با فرکانس نمونه‌گیری ۳۰۰ هرتز است.

نحوه اجرای آزمون افت- فرود: برای اجرای آزمون افت- فرود، آزمودنی در وضعیتی متعادل نزدیک به لبه سکویی با ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر طوری می‌ایستاد که پای آسیب‌دیده در حالت معلق (پاشنه پا در تماس با لبه جلویی سکو) قرارگرفته، و با پای تکیه به‌نحوی‌که انگشتان از لبه سکو بیرون بماند، از روی سکو سه بار با پای آسیب‌دیده روی مرکز فوت اسکن، فرود را اجرا کند. بعد از هر فرود از آزمودنی خواسته می‌شد وضعیت را برای ۲۰ ثانیه نگه دارد. هر آزمودنی سه کوشش صحیح را بافاصله ۳۰ ثانیه انجام می‌داد (شکل ۱) (روس و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل ۱: آزمون افت - فرود، A: وضعیت شروع، B: وضعیت فرود تک‌پا

نحوه ایستادن روی یک‌پا: نحوه اجرا به این صورت بود که در حالی‌که آزمودنی پای سالم را بالا، و دست‌ها را روی لگن قرار می‌داد به مدت ۲۰ ثانیه روی پای آسیب‌دیده در وسط فوت اسکن می‌ایستاد. این تست سه مرتبه بر روی پای آسیب‌دیده انجام و میانگین رکوردها برای آنالیز استفاده شد (پائو و همکاران، ۲۰۱۲).

محاسبات مربوط به COPd و COPvel مطابق فرمول‌های زیر انجام شد (پائو و همکاران، ۲۰۱۲؛ پائو و همکاران، ۲۰۱۰؛ جاودانه و همکاران، ۲۰۱۶):

$$M/L\ COPd\ (mm) = X_{max} - X_{min}$$

$$A/P\ COPd\ (mm) = Y_{max} - Y_{min}$$

$$M/L\ COPvel\ (mm/s) = \frac{\sum^{n-1}\sqrt{\left(X_{i+1} - X_i\right)^2}}{t}$$

$$A/P\ COPvel\ (mm/s) = \frac{\sum^{n-1}\sqrt{\left(Y_{i+1} - Y_i\right)^2}}{t}$$

روش تجزیه و تحلیل آماری: با توجه به ویژگی‌های طرح تحقیق برای ارزیابی تغییرات بین گروهی از تحلیل واریانس یکراهه[1] استفاده شد. در گزارش تحلیل واریانس شاخص اندازه اثر مربع امگا (ω^2) استفاده شد. در این تحلیل‌ها سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای مقایسه‌های چندگانه از آزمون تی با کنترل نرخ خطای نوع اول خانوادگی به روش هولم- بونفرونی[2] استفاده شد. در آزمون تی شاخص اندازه اثر کوهن (Cohen's d) استفاده شد.

1. One-Way ANOVA
2. Holm-Bonferroni

جدول ۱: برنامه تمرینات ثبات مرکزی

تمرین	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم	هفته هفتم	هفته هشتم
چرخش روسی	۲*۱۰ثانیه	۳*۱۰ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۲*۲۰ثانیه	۳*۲۰ثانیه	۲*۲۵ثانیه	۳*۲۵ثانیه
پرتاب پا به جلو	۲*۱۰ثانیه	۳*۱۰ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۲*۲۰ثانیه	۳*۲۰ثانیه	۲*۲۵ثانیه	۳*۲۵ثانیه
پلانک به‌صورت دمر	۲*۱۰ثانیه	۳*۱۰ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۲*۲۰ثانیه	۳*۲۰ثانیه	۲*۲۵ثانیه	۳*۲۵ثانیه
چرخش تنه در حالت نشسته با توپ مدیسنبال	۲*۱۰ثانیه	۳*۱۰ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۳*۱۵ثانیه	۲*۲۰ثانیه	۳*۲۰ثانیه	۲*۲۵ثانیه	۳*۲۵ثانیه
خم شدن جانبی با دمبل	۲*۱۰تکرار	۳*۱۰تکرار	۳*۱۵تکرار	۳*۱۵تکرار	۲*۲۰تکرار	۳*۲۰تکرار	۲*۲۵تکرار	۳*۲۵تکرار
حرکت دادن وزنه به‌صورت قطری	۲*۱۰تکرار	۳*۱۰تکرار	۳*۱۵تکرار	۳*۱۵تکرار	۲*۲۰تکرار	۳*۲۰تکرار	۲*۲۵تکرار	۳*۲۵تکرار
اسکات پاباز با دست‌های بالای سر	.....	۲*۱۰تکرار	۳*۱۰تکرار	۲*۱۵تکرار	۳*۱۵تکرار	۲*۲۰تکرار	۳*۲۰تکرار	۲*۲۵تکرار
راه رفتن در پوزیشن لانج با توپ همراه با چرخش تنه	.....	.....	۲*۱۰تکرار	۳*۱۰تکرار	۲*۱۵تکرار	۳*۱۵تکرار	۲*۲۰تکرار	۳*۲۰تکرار
پرتاب توپ مدیسنبال از زیردست	.....	.....	۲*۱۰تکرار	۳*۱۰تکرار	۳*۱۵تکرار	۳*۱۵تکرار	۲*۲۰تکرار	۳*۲۰تکرار

نتایج

در این تحقیق تعداد ۳۰ ورزشکار مبتلا به CAI، پس از ارزیابی بر اساس معیارهای ورود و خروج از تحقیق؛ در قالب سه گروه تمرین در سطح ناپایدار (ترامپولین)، تمرین در سطح پایدار (زمین) و گروه کنترل شرکت نمودند. قبل و بعد از اعمال مداخله‌های تمرینی، متغیرهای COPd و COPvel آزمودنی‌ها برای ارزیابی نوسان پاسچر مورد ارزیابی قرار گرفت.

در جدول شماره‌ی ۲، ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها ارائه شده است. قابل ذکر است که ویژگی‌های جمعیت شناختی سه گروه توسط تحلیل واریانس یک‌راهه مقایسه شد. با توجه به این‌که هیچ تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت، می‌توان آنها را از حیث جمعیت شناختی، همگن در نظر گرفت.

جدول ۲: ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌های تحقیق (Mean±SD)

متغیر	گروه تمرین سطح ناپایدار (۱۰ نفر)	گروه تمرین سطح پایدار (۱۰نفر)	گروه کنترل (۱۰ نفر)	F	P
سن (سال)	۲۲/۵۰± ۲/۶۳	۲۲/۱۰± ۲/۷۶	۲۲/۶۰± ۲/۹۱	۰/۰۹۱	۰/۹۱
قد (سانتی‌متر)	۱۷۰/۸۰± ۳/۹۱	۱۶۷/۶۳± ۲/۸۳	۱۶۸/۹۰± ۳/۸۴	۱/۳۲	۰/۲۸
وزن (کیلوگرم)	۶۷/۴۰± ۲/۸۷	۶۸/۶۰ ± ۲/۳۶	۶۹/۴۰ ± ۳/۰۲	۲/۰۴	۰/۱۵
BMI (kg/m^2)	۲۳/۱۳ ± ۱/۳۶	۲۴/۴۵ ± ۱/۳۰	۲۴/۳۶ ± ۱/۶۰	۲/۶۵	۰/۰۹۰

برای ارزیابی تفاوت بین سه گروه از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد که نتایج آزمون بعد از مداخله در سه گروه نشان داد که بین گروه‌های تمرین در سطح ناپایدار، تمرین در سطح پایدار و کنترل در متغیرهای COPd و COPvel تفاوت معناداری وجود داشته است ($P<0/05$) (جدول۳).

جدول ۳: میانگین متغیرهای COPd و COPvel در پیش و پس از اعمال مداخله‌های تمرینی به همراه مقادیر گروه کنترل با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه

متغیر	جهت‌ها	مرحله آزمون	گروه سطح ناپایدار (Mean±SD)	گروه سطح پایدار (Mean±SD)	کنترل (Mean±SD)	F(۲ ،۲۷)	P	ω²
جابجایی مرکز فشار در وضعیت ایستا (mm)	داخلی- خارجی	پیش‌آزمون	۲۰/۶۰± ۷/۵۴	۲۳/۰۹± ۷/۵۳	۲۲/۸۶± ۶/۲۳	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۱۰/۰۳± ۴/۶۰	۱۶/۸۰± ۶/۱۸	۲۳/۵۱± ۶/۷۵	۱۳/۰۱	<۰/۰۰۱*	۰/۴۴
	قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	۴۶/۴۰± ۷/۸۳	۴۷/۸۳±۷/۵۲	۴۴/۶۰±۷/۲۰	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۳۴/۵۴± ۴/۲۵	۴۰/۰۷± ۴/۸۳	۴۴/۸۵± ۶/۴۰	۱۱/۲۳	<۰/۰۰۱*	۰/۴۰
سرعت جابجایی مرکز فشار در وضعیت ایستا (mm/s)	داخلی- خارجی	پیش‌آزمون	۲۵/۸۲± ۶/۵۵	۲۷/۰۹± ۷/۴۲	۲۵/۹۵± ۸/۳۰	۰/۰۸	۰/۹۱	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۱۶/۳۰± ۴/۱۲	۲۲/۹۱± ۷/۱۳	۲۶/۶۴± ۷/۶۵	۷/۶۱	۰/۰۰۲*	۰/۳۱
	قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	۵۴/۱۳± ۱۳/۱۸	۵۰/۶۰±۱۳/۰۰	۵۲/۱۲±۱۱/۷۵	۰/۱۹	۰/۸۲	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۳۹/۸۸± ۷/۰۴	۴۵/۸۷± ۱۲/۰۲	۵۳/۸۵± ۱۱/۸۷	۴/۴۵	۰/۰۲*	۰/۱۸
جابجایی مرکز فشار در وضعیت فرود تک‌پا (mm)	داخلی- خارجی	پیش‌آزمون	۶۰/۹۲± ۱۱/۹۷	۶۶/۰۱±۱۲ /۴۵	۶۴/۷۲± ۱۱/۸۵	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۵۰/۳۰± ۸/۸۸	۶۰/۹۷± ۹/۴۶	۶۵/۲۸± ۱۰/۰۴	۶/۸۵	۰/۰۰۴*	۰/۲۸
	قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	۱۱۱/۹۰±۱۸/۳۰	۱۱۶/۱۰±۱۹/۴۶	۱۱۳/۳۰±۱۷/۹۱	۰/۱۳	۰/۸۷	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۹۱/۵۰±۱۵/۶۸	۱۰۹/۶۰±۱۷/۸۰	۱۱۵/۵۰±۱۷/۱۱	۵/۵۰	۰/۰۱*	۰/۲۳
سرعت جابجایی مرکز فشار در وضعیت فرود تک‌پا (mm/s)	داخلی- خارجی	پیش‌آزمون	۶۶/۷۲± ۱۳/۵۱	۷۱/۷۳±۱۴ /۷۰	۶۷/۸۲± ۱۴/۰۵	۰/۳۵	۰/۷۱	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۵۲/۷۵± ۱۰/۴۳	۶۶/۳۷± ۱۲/۴۶	۶۷/۹۴± ۱۳/۰۴	۴/۹۶	۰/۰۱*	۰/۲۰
	قدامی- خلفی	پیش‌آزمون	۱۲۱/۴۳±۲۱/۰۱	۱۲۳/۱۰±۲۰/۲۶	۱۱۹/۵۶±۱۷/۴۴	۰/۰۷	۰/۹۳	۰/۰۰۰
		پس‌آزمون	۱۰۰/۲۳±۱۴/۶۸	۱۱۹/۶۱±۱۸/۱۵	۱۱۸/۹۶±۱۸/۰۹	۴/۲۵	۰/۰۲*	۰/۱۸

*وجود تفاوت معنادار درون‌گروهی

نتایج آزمون تعقیبی هولم - بونفرونی نشان داد بین میزان COPd و COPvel، گروه تمرین در سطح ناپایدار با گروه تمرین در سطح پایدار و گروه کنترل در دو آزمون ایستادن تک پا و افت - فرود اختلاف معناداری وجود دارد و میزان COPd و COPvel در گروه تمرین در سطح ناپایدار کمتر از دو گروه دیگر است (P<۰/۰۵). همچنین بین میزان COPd گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل در آزمون ایستادن تک پا اختلاف معناداری وجود دارد و میزان COPd گروه تمرین در سطح پایدار کمتر از گروه کنترل است (P<۰/۰۵). ولی بین میزان COPd در آزمون فرود، و COPvel در دو آزمون ایستان تک پا و فرود گروه تمرین در سطح پایدار با گروه کنترل تفاوت معناداری وجود نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۴).

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

متغیر	جهت‌ها	گروه	گروه	T	p_{holm}	Cohen's d
جابجایی مرکز فشار در وضعیت ایستا (mm)	داخلی- خارجی	سطح پایدار	سطح ناپایدار	۲/۵۷	۰/۰۳۳*	۱/۲۴
			کنترل	۲/۵۴	۰/۰۳۳*	۱/۰۴
		سطح ناپایدار	کنترل	۵/۱۰	<۰/۰۰۱*	۲/۳۳
	قدامی- خلفی	سطح پایدار	سطح ناپایدار	۲/۵۴	۰/۰۳۴*	۱/۴۲
			کنترل	۲/۲۰	۰/۰۳۷*	۰/۹۰
		سطح ناپایدار	کنترل	۴/۷۴	<۰/۰۰۱*	۱/۹۵
سرعت جابجایی مرکز فشار در وضعیت ایستا (mm/s)	داخلی- خارجی	سطح پایدار	سطح ناپایدار	۲/۴۶	۰/۰۴۱*	۱/۲۶
			کنترل	۱/۳۹	۰/۱۷	۰/۵۵
		سطح ناپایدار	کنترل	۳/۸۵	۰/۰۰۲*	۱/۷۴
	قدامی- خلفی	سطح پایدار	سطح ناپایدار	۱/۲۷	۰/۲۱	۰/۶۱

جابجایی مرکز فشار در وضعیت فرود تک‌پا (mm)	داخلی- خارجی	سطح پایدار	کنترل	۱/۶۷	۰/۲۰	۰/۶۹
			سطح ناپایدار	۲/۹۵	۰/۰۱۹*	۱/۴۳
		سطح ناپایدار	کنترل	۲/۵۱	۰/۰۳۶*	۱/۱۷
			سطح ناپایدار	۱/۱	۰/۲۸	۰/۴۷
	قدامی- خلفی	سطح پایدار	کنترل	۳/۶۱	۰/۰۰۴*	۱/۶
			سطح ناپایدار	۲/۴۰	۰/۰۴۷*	۱/۰۸
		سطح ناپایدار	کنترل	۰/۷۵	۰/۴۴	۰/۳۳
			سطح ناپایدار	۳/۱۹	۰/۰۱*	۱/۴۶
سرعت جابجایی مرکز فشار در وضعیت فرود تک‌پا (mm/s)	داخلی- خارجی	سطح پایدار	کنترل	۲/۵۷	۰/۰۳۲*	۱/۲۱
			سطح ناپایدار	۰/۲۹	۰/۷۷	۰/۱۲
		سطح ناپایدار	کنترل	۲/۶۹	۰/۰۲۴*	۱/۲۸
			سطح ناپایدار	۲/۵۵	۰/۰۴۸*	۱/۱۹
	قدامی- خلفی	سطح پایدار	کنترل	۰/۰۸	۰/۹۳	۰/۰۳
			سطح ناپایدار	۲/۴۸	۰/۰۴۸*	۱/۱۵

* وجود تفاوت معنادار بین گروهی

بحث

هدف از این تحقیق، بررسی اثرگذاری ۸ هفته تمرینات ثبات مرکزی در سطح پایدار (سطح زمین) و ناپایدار (سطح ترامپولین) بر نوسانات پاسچر در ورزشکاران دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا بود. که میزان جابجایی و سرعت جابجایی مرکز فشار در دو حالت ایستادن تک‌پا و فرود تک‌پا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق بیانگر آن است که انجام هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی روی ترامپولین نسبت به انجام تمرینات روی سطح زمین تأثیر بیشتری در کاهش میزان جابجایی و سرعت جابجایی مرکز فشار در ورزشکاران دارای CAI دارد.

بسیاری از تحقیقات به نقش قدرت و کنترل عصبی- عضلانی ناحیه مرکزی بدن در حفظ ثبات و جلوگیری از بر هم خوردن تعادل در بیماران مختلف اشاره کرده‌اند. این عضلات با ایجاد پایه‌ای با ثبات برای اندام تحتانی، اغتشاشات و نیروهای خارجی وارد شده به تنه را کنترل کرده و از این طریق باعث افزایش تعادل بدن می‌شوند (فیلیپا و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی ثبات ناکافی عضلات ناحیه مرکزی بدن می‌تواند باعث ایجاد خستگی و کاهش عملکرد در حین فعالیت شود و با توجه به نقش این عضلات در فعال‌سازی عضلات اندام‌های تحتانی، به‌طوری‌که در افراد سالم، عضلات عرضی شکم و مولتی‌فیدوس‌ها، ۱۱۰ میلی‌ثانیه قبل از حرکت اندام تحتانی فعال می‌شوند تا ثبات ستون فقرات را تأمین نمایند، هرگونه ضعف در این عضلات منجر به تأخیر در فعال‌سازی عضلات اندام تحتانی و ایجاد آسیب‌های مختلف می‌شود (جیکپس و همکاران، ۲۰۰۷).

محققان نشان داده‌اند که انجام تمرینات ثبات مرکزی، با افزایش قدرت و فراخوانی بهتر عضلات این ناحیه، سبب بهبود ثبات وضعیتی می‌شود (لیتون و همکاران، ۲۰۰۴). این نوع تمرینات از طریق عملکرد بهتر تنه در کنترل گشتاورهای حاصل از حرکت تنه و اندام فوقانی و افزایش قدرت عضلات در مقابله با نیروهای وارد آمده در سه صفحه حرکتی، ثبات مهره‌ها را فراهم می‌کند که می‌تواند پایه مستحکمی برای حرکات محسوب شود و از این طریق بر تعادل تأثیرگذار باشد (ساندری و جاناتان، ۲۰۱۳؛ فیلیپا و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین در ارتباط با مکانیسم تأثیر انجام تمرینات ثبات مرکزی بر مفصل مچ پا می‌توان گفت، با توجه به قرارگیری مرکز ثقل در این ناحیه، تقویت عضلات این ناحیه باعث بهبود کنترل عصبی- عضلانی و جابجایی کمتر مرکز ثقل به خارج از سطح اتکا و کاهش نوسانات و بهبود حفظ تعادل می‌شود (جیکپس و همکاران، ۲۰۰۷). این یافته با نتایج تحقیق ساندری و جاناتان (۲۰۱۳) که به بررسی تأثیر ۶ هفته تمرینات ثبات مرکزی بر بهبود تعادل پویا در ورزشکاران دبیرستانی پرداخته‌اند، با نتایج تحقیق سکندیز و همکاران (۲۰۱۰)، که به بررسی ۱۲ هفته تمرینات ثبات بر قدرت، استقامت، انعطاف‌پذیری و تعادل زنان کم‌تحرک پرداخته‌اند، و نتایج تحقیق ولیسون و همکاران (۲۰۰۵) که در یک مطالعه مروری به بررسی اثربخشی تمرینات ثبات مرکزی بر تعادل پویا و عملکرد افراد مبتلا به ناپایداری عملکردی مچ پا پرداختند، هم‌راستا

است. ولی با نتایج تحقیقات ساتو و موخا (۲۰۰۹) که پس از اجرای شش هفته تمرینات ثبات مرکزی بر روی دونده‌ها، پیشرفت معناداری در تعادل آزمودنی‌ها به دست نیاوردند، و نتایج تحقیق مرادی و همکاران (۲۰۱۵)، که به بررسی اثر آنی تمرینات ثبات مرکزی بر نوسان پاسچر ورزشکاران مرد با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداختند، در تناقض است؛ که شاید شدت، مدت و نوع تمرینات، جنس آزمودنی‌ها، تست تعادلی مورد استفاده و عواملی دیگر دلیل این تناقض باشد، که با مطالعه حاضر متفاوت بوده است.

از دیگر نتایج تحقیق حاضر، کاهش معنادار میزان جابجایی و سرعت جابجایی مرکز فشار در پس‌آزمون در گروهی که تمرینات را روی سطح ترامپولین انجام دادند نسبت به گروهی که روی سطح زمین انجام دادند، بود. بیشتر محققان عقیده دارند که پس از آسیب، میزان پیام‌های حسی پیکری- محیطی کاهش‌یافته و متعاقباً کنترل عصبی- عضلانی مختل می‌گردد، که توسعه یا برقراری مجدد حس حرکت و کنترل عصبی- عضلانی در ورزشکاران آسیب دیده، خطر آسیب مجدد را به حداقل می‌رساند؛ بدین منظور ارائه پروتکل‌های توانبخشی ورزشی، می‌تواند انتخابی برای برقراری مجدد حس حرکت باشد (پرنتیس، ۲۰۱۱؛ بن و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از دلایل احتمالی بهبود تعادل آزمودنی‌ها پس انجام تمرینات روی ترامپولین می‌تواند بهبود سازگاری‌های عصبی عضلانی ایجاد شده و تحریک گیرنده‌های حس عمقی باشد. در واقع استفاده از سطح ناپایداری مانند ترامپولین تعادل را برهم زده، تحریک حسی مورد نیاز در بین پوست و مفاصل را افزایش و عکس‌العمل‌های تعادلی ناشی از تحریک مکانیسم قرارگیری بدن را نیز افزایش می‌دهد (لوید، ۲۰۰۲).

از طرفی تحت تأثیر قرار گرفتن میزان نوسان پاسچر و حفظ تعادل در افراد دارای بی‌ثباتی مزمن مچ پا به‌وسیله انجام تمرینات روی ترامپولین شاید طبق نظریه عملکرد سیستمی که بیان می‌کند، توانایی کنترل وضعیت بدن در فضا ناشی از اثر متقابل و پیچیده سیستم عصبی و سیستم استخوانی عضلانی است، باشد. این سیستم کنترل پاسچر، حفظ تعادل و متعاقب آن ایجاد حرکت را مستلزم تداخل داده‌های حسی برای تشخیص موقعیت بدن در فضا و همین‌طور توانایی سیستم عضلانی- اسکلتی برای اعمال نیرو می‌داند. طبق این نظریه عوامل اسکلتی- عضلانی مؤثر در تنظیم کنترل بدن شامل دامنه حرکتی مفصل، خصوصیات عضله و ارتباط بیومکانیکی قسمت‌های مختلف می‌باشد (سکیر و همکاران، ۲۰۰۷). از دیگر دلایل بهبود تعادل، تحت تأثیر قرار گرفتن ارگان‌های تماسی حسی است، که توانایی تأثیر بر روی حرکت و وضعیت بدن را نیز دارند که هم مانند گیرنده‌های پوستی در پوست و هم در لایه‌های عمیق‌تر قرارگرفته‌اند (ریمان، ۲۰۰۲). آنهایی که در سطح کف پا قرار دارند، اهمیت ویژه‌ای دارند و اطلاعات مربوط به نحوه توزیع وزن بر روی هر پا و همچنین بین دو پا را تأمین می‌کنند. این گیرنده‌ها نه‌تنها منبع مهمی در وضعیت ایستا و نوسان بدن هستند، بلکه به هنگام حرکات پویا و عملکردی نیز نقش مهمی بازی می‌کنند. این گیرنده‌های پوستی اطلاعاتی را فراهم می‌کنند که با اطلاعات رسیده از گیرنده‌های مفصلی و عضلانی، ترکیب می‌شود تا پیام‌های سیستم عصبی بهتر بتوانند حرکت و تعادل را هدایت نمایند (ریمان، ۲۰۰۲). این یافته با نتایج به‌دست آمده از، تحقیقات رایت و همکاران (۲۰۱۶)، کاگ و همکاران (۲۰۱۶)، میتلر و همکاران (۲۰۱۵) که به بررسی تأثیر انجام تمرینات تعادلی بر روی سطوح ناپایدار مختلف بر تعادل افراد سالم و افراد دارای CAI پرداخته‌اند، و با نتایج تحقیقات کی و همکاران (۲۰۱۹)، پاش و همکاران (۲۰۱۹) که به بررسی تأثیر انجام تمرینات روی ترامپولین بر تعادل افراد مختلف پرداخته‌اند، هم‌راستا است. ولی با نتایج تحقیق رونی و همکاران (۲۰۱۹) که تأثیر پرش روی ترامپولین را بر تعادل بررسی کردند، در تناقض است؛ که از جمله دلایل احتمالی این تناقض می‌توان به تفاوت در آزمودنی‌ها، نوع تمرین و تست انجام شده اشاره کرد. تحقیق حاضر دارای محدودیت‌های بود که از آن جمله می‌توان به کم بودن تعداد آزمودنی‌ها و عدم وجود جنسیت مرد در نمونه آماری اشاره نمود، که ممکن است بر نتایج اثرگذار باشد، بنابراین توصیه می‌شود که در مطالعات آینده محدودیت‌های ذکر شده در نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

از نتایج پژوهش حاضر می‌توان این‌گونه استنباط کرد که انجام هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی بر روی ترامپولین نسبت به انجام این تمرینات بر روی زمین تأثیر بیشتری در کاهش میزان COPd و COPvel در افراد دارای بی‌ثباتی

مـزمن مـچ پـا دارد، بنـابراین مـی‌تـوان پیشـنهاد داد در توان‌بخشی مچ پا از انجام تمرینات ثبـات مرکـزی در سـطح ترامپولین بـه‌عنوان یـک روش تمرینـی عصـبی - عضـلانی جهت تسهیل محدودیت ناشی از ایـن آسـیب ماننـد نقـص کنتـرل پاسـچر و تعـادل، جهـت دسـتیابی سـریع‌تر بـه عملکردهای ورزشی استفاده شود.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه زیر نظر کمیتـه اخـلاق دانشـگاه اصـفهان و بـا مجـوز صـادر شـده از سـوی ایـن کمیتـه بـه شـماره IR.UI.REC.1398.080 انجام شد.

تشکر و قدردانی

مقالـه حاضـر برگرفتـه از رسـاله‌ی دکتـری آسیب‌شناسـی ورزشی و حرکات اصـلاحی اسـت کـه بـا حمایـت دانشـگاه اصفهان (دانشکده علوم ورزشی) انجام‌شده است. بدین‌وسیله از تمام عزیزانـی کـه در انجـام تحقیـق حاضـر مـا را یـاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Akuthota V., Ferreiro A., Moore T., Fredericson M. (2008). "Core stability exercise principles". Current sports edicine reports, 7(1): 39-44.

Anderson K., Behm D.G. (2005). "The impact of instability resistance training on balance and stability". Sports Med, 35(1): 43-53.

Ben Moussa Zouita A., Majdoub O., Ferchichi H., Grandy K., Dziri C., Ben Salah F.Z. (2013). "The effect of 8-weeks proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains of Tunisian athletes". J Ann Phys Rehabil Med, 56(9-10): 634-43.

Brown C.N., Padua D.A., Marshall S.W., Guskiewicz K.M. (2009). "Variability of motion in individuals with echanical or functional ankle instability during a stop jump maneuver". Clin Biomech, 24(9):762-8.

Chinn L., Dicharry J., Hart J.M., Saliba S., Wilder R., Hertel J. (2014). "Gait kinematics after taping in participants with chronic ankle instability". J Athl Train, 49(3): 322-30.

Cug M., Duncan A., Wikstrom E. (2016). "Comparative Effects of different balance-training progression Styles on postural control and ankle force production: A Randomized contiolled trial". J Athl Train, 51(2):101-10.

Docherty C.L., Moore J.H., Arnold B.L. (1998). "Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles". J Athl Train, 33(4); 310-4.

Domingo C., Diego I., Rueda F., Roman A., Carnero J. (2015). "Effect of kinesiology tape on measurements of balance in subjects with chronic ankle instability: a randomized clinical trial". Arch Phy Med Rehabil, 96(12): 2169-75.

Ellenbecker T.S., Davies G.J. (2001). "Closed kinetic chain exercise: A comprehensive guide to multiple joint exercise". Human Kinetics, 3; 19-24.

Ferreira B.L.A., Pereira W.M., Rossi L.P., Kerpers I.I., Rodrigues P. (2011). "Analysis of electromyographic activity of ankle muscles on stable and unstable surfaces with eyes open and closed". J of Bodyw Mov Ther, 15(4): 496-501.

Filipa A., Byrnes R., Paterno M.V., Myer G.D., Hewett T.E. (2010). "Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes". Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 40(9): 551-8.

Freeman M. (1965). "Instability of the foot affer injuries to the lateral ligament of the ankle". Bone Joint J, 47(4): 669-77.

Gribble P.A., Hertel J., Denegar C.R. (2004). "The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control". J Athl Train, 39(4): 321-9.

Han J., Anson J., Waddington G., et al. (2015). "The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injure". Bio Med Res Int,1-8.

Hoch M.C., Farwell K.E., Gaven S.L, et al. (2015). "Weight-bearing dorsiflexion range of motion and landing biomechanics in individuals with chronic ankle instability". JAthl Train, 50(8):833-9.

Hubbard-Turner T., Turner M.J. (2015). "Physical Activity Levels in College Students with Chronic Ankle Instability". J Athl Train, 50(7):742-7.DOI: 10.4085/1062-6050-50.3.05 PMID: 25898110.

Jacobs C.A., Uhl T.L., Mattacola C.G. (2007). "Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences". J Athl Train, 42(1): 76-83.

Javdaneh N., Letafatkar A., Kamrani Faraz N. (2016). "The effect of eight weeks of resistance training on postural sway and balance in basketball elite athletes with functional ankle instability". pajoohande, 21 (5): 247-254. (In Persian)

Kaminski T.W., Buckley B., Powers M., et al. (2003). "Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability". Br J Sport Med, 37(5); 410-5.

Kee Y.H., Zhong M., Kong W. (2019). "Trampoline versus Resistance Training in Young Adults: Effects on Knee Muscles Strength and Balance. Research Quarterly for Exercise and Sport". DOI: 10.1080/02701367.2019.1616045.

Kim K.J., Kim Y.E., Jun H.J., et al. (2014). "Which treatment is more effective for functional ankle instability: strengthening or combined muscle strengthening and proprioceptive exercises? " J Phys Ther Sci, 26(3): 35.

Knapp D., Lee S.Y., Chinn L., Saliba S.A., et al. (2011). "Differential ability of selected postural-control measures in the prediction of chronic ankle instability status". Journal of athletic training, 46(3): 257-62.

Kuni J., Mussler E., Kalkum H., Schmitt S.I. (2016). "Effect of kinesiotaping, non-elastic taping and bracing on segmental foot kinematics during drop landing in healthy subjects and subjects with chronic ankle instability". Physiotherapy.

Leetun D.T., Ireland M.L., Willson J.D., Ballantyne B.T. (2004). "Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes". Medicine & Science in Sport & Exercise, 36 (6): 926-934.

Lephart S.M., Pincivero D.M., Giraido J.L. (1997). "The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries". Am J Sport Med, 25(1): 130-7.

Lin C.Y., Kang J.H., Wang C.L., Shau Y.W. (2015). "Relationship between viscosity of the ankle joint complex and functional ankle instability for inversion ankle sprain patients". J Sci Med Sport,18(2):128-3.

Lloyd F.M. (2002). "A Pilot Study into the Effect of Rebound Therapy on the Behavior of Adults with Moderate Profound Learning Disabilities". British Journal of Occupational Therapy, 65:122-7.

Mettler A., Chinn L., Saliba S.A., et al. (2015). "Balance training and center-of-pressure location in participants with chronic ankle instability". J Athl Train, 50(4):343-9.

Moradi K., Minoonejad H., Rajabi R. (2015). "The immediate effect of core stability exercises on postural sway in athletes with functional ankle instability". Scientific Journal of Rehabilitation Medicien, 4(3): 103-112. (In Persian)

Myers J.B., Riemann B.L., Hwang J.H., Lephart S.M. (2003). "Effect of peripheral afferent alteration of the lateral ankle ligaments on dynamic stability". Am J Sports Med, 31(4): 498-506.

Neumann D.A. (2013*). Kinesiology of the musculoskeletal system*: foundations for rehabilitation. Health Sciences.

Pau M., Kim S., Nussbaum M.A. (2012). "Dose load carriage differentially alter postural sway in overweight vs. normal-weight school children? ". Gait Posture, 35(3): 378-82.

Pau M., Pau M. (2010). "Postural sway modifications induced by backpack carriage in primary school children: a case study in Italy". Ergonomics, 53(7): 827-81.

Pope M., Chinn L., Mullineaux D., McKeon P.O. (2011). "Spatial postural control alterations with chronic ankle instability". J Gait & Posture, 34(2): 154-158.

Posch M., Schranz A., Lener M., Tecklenburg K., et al. (2019). "Effectiveness of a Mini-Trampoline Training Program on Balance and Functional Mobility, Gait Performance, Strength, Fear of Falling and Bone Mineral Density in Older Women with Osteopenia". Clinical Interventions in Aging, 14: 2281-2293. DOI https://doi.org/10.2147/CIA.S230008.

Prentice W.E. (2011). *Rehabilitation Techniques for Sports Medicine and Athletic Training*. McGraw-Hill, 318-36.

Rhouni N., Nicole C.D., Trevor G., Jared W.C. (2019). "Acute Effect of Mini-Trampoline Jumping on Vertical Jump and Balance Performance". International Journal of Kinesiology & Sports Science, 7.

Riemann B.L. (2002). "Is there a link between chronic ankle instability and postural instability? ". Journal of athletic training, 37(4): 386.

Ross A.L., Hudson J.L. (1997). "Efficacy of a mini-trampoline program for improving the vertical jump". Biomechanics in Sports, 63- 69.

Ross S.E., Guskiewicz K.M., Yu B. (2005). "Single-leg jump-landing stabilization times in subjects with functionallyunstable ankles". J Athl Train, 40(4): 298-304.

Sandrey M.A., Jonathan G.M. (2013). "Improvement in dynamic balance and core endurance after a 6-week core-stability-training program in high school track and field athletes". J Sport Rehabil, 22: 264-71.

Sato K., Mokha M. (2009). "Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? ". The Journal of Strength & Conditioning Research, 1; 23(1):133-40.

Sekendiz B., Cug M., Korkusuz F. (2010). "Effects of Swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women". The Journal of Strength & Conditioning Research, 1, 24(11): 3032-40.

Sekir U, Yildiz Y, Hazneci B, Ors F, Aydin T. (2007). "Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability". Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy, 15(5):654-664.

Willardson J.M. (2014). *Developing the core*. Human Kinitics.

Willson J.D., Dougherty C.P., Ireland M.L., Davis I.M. (2005). "Core stability and its relationship to lower extremity function and injury". Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 13:316-25.

Wright C.J., Linens S., Cain M. (2016). "Randomized Controlled Trial Comparing Rehabilitation Efficacy in Chronic Ankle Instability". J Sport Rehabil, 0189.