

مقاله اصلی

تأثیر تمرینات تعادلی بر استراتژی‌های حرکتی پاسچر ورزشکاران با بی ثباتی مزمن میچ پا در برابر دستکاری اطلاعات بینایی، دهلیزی و حس عمقی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

خلاصه

مقدمه: مفصل میچ پا، نقش اساسی در تعادل و کنترل پاسچر بر عهده دارد و صدمه به سیستم کنترل حسی-حرکتی میچ پا به عنوان علت اصلی بی ثباتی مکرر میچ پا شناخته شده است. کاهش در حس عمقی و آگاهی از حس حرکت، عامل مهمی در کاهش تعادل و در نتیجه آسیب مجدد است که غالباً منجر به دور ماندن ورزشکار از فعالیت ورزشی می‌شود. بررسی اثر تمرین تعادلی بر استراتژی‌های حرکتی پاسچر ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی مزمن میچ پا در برابر دستکاری اطلاعات بینایی، دهلیزی و حس عمقی بود.

روش کار: ۳۰ ورزشکار مرد مبتلا به بی ثباتی مزمن میچ پا در این مطالعه نیمه تجربی به طور تصادفی به دو گروه تجربی (n=۱۵) و کنترل (n=۱۵) که به صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری‌ها انجام شد و برنامه تمرینی گروه تجربی شش هفته تمرینات تعادلی در برابر اغتشاش بود. جهت ارزیابی استراتژی‌های حرکتی پاسچر آزمودنی‌ها از آزمون سازماندهی حسی دستگاه پاسچروگرافی پویای کامپیوتری استفاده شد. این دستگاه تحلیل استراتژی‌حرکتی را در ۶ وضعیت که در وضعیت اول (وجود هر ۳ حس بینایی، شنوایی و حس عمقی)، دوم (حذف بینایی)، سوم (دستکاری شنوایی)، چهارم (دستکاری حس عمقی)، پنجم (حذف بینایی و دستکاری حس عمقی) و ششم (دستکاری حس شنوایی و حس عمقی) ارزیابی نمود. یافته‌های تحقیق با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس یک طرفه انجام گرفتند. تمامی عملیات آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معنی داری $\alpha=0/05$ انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد میانگین نمره کاربرد استراتژی‌حرکتی در افراد گروه آزمون در وضعیت‌های اول بیشتر از وضعیت‌های دیگر است و افراد بیشتر از استراتژی میچ پا استفاده می‌کنند و نمره کاربرد استراتژی در وضعیت ششم که حس شنوایی و عمقی دستکاری می‌شوند، کمتر از وضعیت‌های دیگر است و بیشتر از استراتژی ران استفاده کردند. میانگین نمره کاربرد استراتژی‌ها در افراد گروه آزمون در پس آزمون در هر شش وضعیت بهتر از افراد گروه کنترل است.

نتیجه گیری: با توجه به یافته‌های این تحقیق تمرین تعادلی می‌تواند کنترل پاسچر را بهبود بخشد چرا که انجام تمرینات تعادلی یا تمرین روی سطوح ناپایدار احتمالاً باعث می‌شود عضلات به طور فعال‌تری درگیر شوند و سیستم عصبی مرکزی تحریکات مناسب‌تر و مؤثرتری از اعصاب آوران گیرنده‌های حسی مختلف دریافت نمایند و باعث تغییر در الگوی کنترل حرکتی و احتمالاً بهبود در یکپارچگی ورودی‌های حسی و سریع‌تر شدن زمان ارسال اطلاعات حسی و شروع فعالیت عضلات شده، که در نهایت منجر به استفاده بیشتر از استراتژی حرکتی با ثبات‌تر برای کنترل پاسچر و همچنین افزایش پایداری می‌گردد.

کلمات کلیدی

تمرین تعادلی، استراتژی‌های حرکتی پاسچر، بی ثباتی مزمن میچ پا، دستکاری اطلاعات حسی
پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

هادی میری^{۱*}

کیوان مرادیان^۲

سمانه سلطانی نجیب پور^۳

^۱ دانشیار گروه علوم ورزشی و تندرستی دانشگاه

صنعتی امیرکبیر

^۲ دکتری تربیت بدنی گروه علوم ورزشی و

تندرستی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

^۳ دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب

شناسی ورزشی دانشگاه تهران

Email: hd.miri@aut.ac.ir

مقدمه

پیچ خوردگی مچ پا شایع‌ترین آسیب ورزشی تروماتیک اندام تحتانی است. طبق گزارشات، ۲۵ درصد از کل زمان تلف شده در رقابت‌ها نیز مربوط به آسیب‌های مچ پا بوده است. ناپایداری مزمن مچ پا^۱ با تغییرات عصبی عضلانی مچ پای درگیر همراه است، همچنین مفاصل بالاتر سمت درگیر و نیز مفاصل سمت مقابل بدن را درگیر می‌کند چرا که لیگامان‌ها، پایداری ایستا و عضلات، پایداری پویای مفصل را فراهم می‌کنند (۱). ورزشکارانی که سابقه کشیدگی لیگامانی مچ پا دارند، در حس عمقی و آگاهی از حس حرکت کاهش نشان می‌دهند. کاهش در حس عمقی و آگاهی از حس حرکت، عامل مهمی در کاهش تعادل و در نتیجه آسیب مجدد است (۲ و ۳). شدت آسیب مجدد بعد از آسیب اولیه، ممکن است بیش از ۸۰ درصد در بین افراد فعال باشد (۳). تحقیقات حاکی از آن است که افراد با بی‌ثباتی مچ پا برای بازیابی تعادل بدنبال اغتشاشات جزئی، از استراتژی مچ پا استفاده می‌کنند بدین معنی که بدن حول مفصل مچ پا نوسان دارد. وضعیت قائم فرد حفظ شده و تغییری در سطح اتکا داده نمی‌شود. در اغتشاشات بزرگ و در آزمون شتاب ناگهانی استراتژی‌های دیگری که با سرعت بالا همراه است مانند استراتژی مفصل ران و گام برداشتن به کار می‌رود (۴، ۵). قربانی (۱۳۹۳) با بررسی پاسخ عصبی عضلانی بیماران مبتلا به ناپایداری مچ پا در بازیابی تعادل بر روی زنان بزرگسال با پیچ خوردگی مچ پا در مقایسه با افراد سالم به این نتیجه رسید که بی‌ثباتی مچ پا با تأثیر بر دستگاه عصبی عضلانی اسکلتی، مکانیسم کنترل تعادلی فرد را کاهش می‌دهد (۶). استراتژی مفصل ران از کارایی بسیار اندکی برخوردار است و نشان از ضعف تعادلی دارد که در افراد با بی‌ثباتی مچ پا مشاهده می‌شود، افراد مبتلا به پیچ خوردگی مچ پا^۲ برخلاف افراد سالم برای کنترل وضعیتی بیشتر بر راهبرد حرکتی ران^۳ تکیه می‌کنند و علت آن نیز این است که این بیماران به منظور جبران بی‌ثباتی نیازمند سطوح

بالاتری از هم انقباضی^۴ در عضلات مچ پا به منظور حفظ راستای ایده‌آل پا می‌باشند که برای بیمار خسته کننده و منجر به تکیه بیشتر فرد بر روی راهبرد حرکتی ران به منظور اصلاح حرکت می‌گردد (۶).

حفظ تعادل و کنترل پاسچر پایه و اساس تمام مهارت‌های حرکتی ارادی، عملکردی پیچیده و فرآیندهای ادارکی است که به هماهنگی یکپارچه پیام‌های حسی ناشی از سیستم‌های وستیبولار، بینایی و اطلاعات حسی پیکری، بستگی دارد. گیرنده‌های حسی موجود در عضلات، مفاصل، رباط و پوست اطلاعاتی راجع به حس وضعیت و حرکت به سمت سیستم اعصاب مرکزی ارسال می‌کنند. اطلاعات حسی با هدف تعیین راستا و حرکت، پردازش شده و در نهایت پاسخ‌های حرکتی مناسب، جهت حفظ تعادل صادر می‌گردد. اختلال عملکرد در هر قسمت از این سیستم‌ها سبب اختلال تعادل شده و کنترل پاسچر را با مشکل مواجه می‌سازد (۷-۹). حفظ تعادل در زنجیره حرکتی بسته، به راهبردهای حرکتی و بازخورد هماهنگ بین ران، زانو و مچ پا بستگی دارد که کاهش بازخوردهای آوران یا کاهش قدرت و ثبات مکانیکی هر مفصل به تنهایی یا کل ساختار در زنجیره حرکتی اندام تحتانی، می‌تواند تعادل را بر هم بزند (۱۰). توانایی کنترل تعادل با درون داده‌های حسی از گیرنده‌های حسی پیکری، بینایی و دستگاه دهلیزی رابطه دارد. اطلاعات مربوط به موقعیت و حرکت بخش‌های مختلف بدن نسبت به یکدیگر، سطح اتکا و کشش عضلات مربوطه، توسط گیرنده‌های حسی پیکری مهیا می‌شود. زیرا فعالیت عضلات در زمان برقراری تعادل بدن حول محور مفاصل است، نقش استراتژی‌های مچ پا، ران و عضلات مربوط به آنها نیز اهمیت دارد از این رو استفاده موثر از استراتژی مچ پا به دقت احساس درون داده‌های حس‌های پیکری، بستگی پیدا می‌کند (۱۱). یکی از دلایل اصلی برای وضعیت بدنی صحیح و با ثبات و تعادل (استاتیک و دینامیک) نیاز به ساماندهی دقیقی از هماهنگی فرآیندهای

3. Hip strategy
4. Coactivation

1. Chronic ankle instability
2. Lateral Ankle sprains

کنترل حسی - حرکتی و عصبی می‌باشد. بروز مشکل در هریک از این سیستم‌ها سبب اختلال در واکنش طبیعی بدن شده که نتیجه‌ی آن هماهنگی ضعیف بین سیستم‌ها، بی‌ثباتی در کنترل جسمانی، تأخیر در پاسخگویی و افزایش خطر آسیب در برابر اغتشاشات غیرمنتظره‌ی بیرونی در افراد می‌باشد (۱۲، ۱۳). سیستم عصبی با دو مکانیسم پس‌خوراند و پیش‌خوراند کنترل حرکات بدن، وضعیت بدن و تعادل را عهده‌دار است. در مکانیسم‌های پس‌خوراند، سیستم عصبی با پایش سیگنال‌های حسی اندام و بکار بردن چنین اطلاعاتی به طور مستقیم بر عملکرد اندام اثر می‌گذارد (۱۴). در مکانیسم‌های پیش‌خوراند، سیستم عصبی با بکارگیری حس‌های مختلف مثل: بینایی، شنوایی و لمس با توجه به تجربیات قبلی و مدل‌های درونی، حرکت و وضعیت بدنی را کنترل می‌کند (۱۵). مکانیسم‌های کنترل عصبی-عضلانی، سفتی مفصل را افزایش داده باعث تأمین ثبات، کنترل گشتاور مفصل و تعادل گردیده و از بهم خوردن تعادل و ثبات سیستم جلوگیری می‌کند (۱۵-۱۷). یکی از اجزای مهم سیستم حسی پیکری، حس عمقی است که شامل اطلاعات آوران از گیرنده‌های درون مفصل، عضلات و تاندون‌ها است که با ورزش خصوصاً تمرینات تعادلی، تقویت شده و تعادل را افزایش می‌دهد. لذا وجود تمرینات تعادلی و تخصصی در برنامه تمرینی احتمالاً می‌تواند عامل افزایش تعادل و استراتژی‌های حرکتی با ثبات‌تر باشد و فعالیت بدنی عاملی است که موجب ارتقاء توانایی تعادل ایستا و پویا و کنترل پاسچر می‌شود (۱۸).

با این وجود، تاکنون مطالعه‌ای که تأثیر مداخلات تمرینی بر استراتژی‌های حرکتی کنترل پاسچر در ورزشکاران با بی‌ثباتی مزمن مچ پا را بررسی کند صورت نگرفته است. اکثر تحقیقاتی که تا کنون انجام گرفته، پیرامون اثر بی‌ثباتی یک طرفه مچ پا روی کنترل وضعیتی ایستا (۱۹) و کارایی عملکردی اندام تحتانی (۲۰) و خستگی (۱) بوده است که بعضاً با نتایج متناقض همراه بوده است. تمرینات تعادلی یکی

از روش‌های رایج و عملکردی در باز توانی بی‌ثباتی مزمن مچ پا است که برای کمک به باز آموزی سیستم حس عمقی از طریق بهبود عملکرد گیرنده‌های مکانیکی مفصل و بازگرداندن حلقه بازخورد عصبی - عضلانی نرمال، طراحی شده‌اند (۲۱). بنابراین لزوم توجه به تمرینات تعادلی و نقش آن در هماهنگی حس‌های مختلف در تعادل و استفاده از استراتژی‌های حرکتی موثر ضروری می‌باشد (۲۲). بی‌شک بررسی استراتژی‌های حرکتی کنترل پاسچر در برابر اغتشاشات بیرونی در پاسخ به تمرینات تعادلی می‌تواند اطلاعات لازم جهت طراحی استراتژی‌های حرکتی و تمرینی مؤثر برای باز توانی، برنامه تمرینی مناسب‌تر جهت استفاده در تمرینات ورزشی و جلوگیری از وقوع مجدد بی‌ثباتی مزمن مچ پا و همچنین جلوگیری از تبدیل شدن آسیب پیچ خوردگی حاد مچ پا به بی‌ثباتی مزمن را فراهم سازد. لذا هدف از تحقیق حاضر تأثیر شش هفته تمرین تعادلی بر استراتژی‌های حرکتی کنترل پاسچر ورزشکاران مرد با بی‌ثباتی مزمن مچ پا با دستکاری اطلاعات حس عمقی، بینایی و دهلیزی می‌باشد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع نیمه تجربی بوده و ۳۰ ورزشکار مبتلا به پیچ‌خوردگی مزمن مچ پا (۲۰ تا ۳۰ سال) در دو گروه تجربی (۱۵ نفر) جهت اجرای تمرینات تعادلی و گروه کنترل (۱۵ نفر) به صورت هدفمند در دسترس انتخاب شدند. آزمودنی‌ها در بدو ورود باید بیشتر یا مساوی ۹۰ درصد نمره پرسشنامه شاخص‌های ناتوانی پا (FADI)^۱ و بیشتر یا مساوی ۷۵ درصد نمره شاخص ورزشی ناتوانی پا (FADI sport)^۲ را کسب نمایند همچنین در شش ماه گذشته دارای حداقل دو بار احساس بی‌ثباتی مچ پا یا احساس خالی شدن مفصل در حین انجام فعالیت روزمره یا ورزشی باشند و هنگام اجرای تحقیق باید بتواند به طور کامل تحمل وزن کند، راه رفتن طبیعی داشته باشد و دامنه حرکتی مفصل مچ پا کامل

2. Foot and ankle disability index sport

1. Foot and ankle disability index

وضعیت‌های این آزمون، نمره صفر تا ۱۰۰ به عنوان شاخص استراتژی‌های حرکتی پاسچر فرد ارائه می‌شود و میانگین ۳ بار آزمون به عنوان نمره کاربرد استراتژی حرکتی پاسچر فرد منظور می‌شود.

در این مطالعه با کد کارازمایی بالینی: UMIN000044974 ابتدا ورزشکاران مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا با مراجعه به هیأت پزشکی ورزشی و پر کردن پرسشنامه و توسط پزشک متخصص به منظور بررسی شرایط ورود و خروج آنها به تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفتند که ۳۰ نفر انتخاب و پس از اخذ رضایت نامه و اطلاع رسانی در زمینه چگونگی مشارکت آنها در طرح، نهایتاً وارد مطالعه شدند. سپس هر یک از آزمودنی‌ها با پای برهنه روی صفحه نیروهای سیستم پاسچروگرافی قرار گرفتند. سپس به ۱۵ نفر حاضر در گروه تمرین، پروتکل تمرینات تعادلی طی یک جلسه آموزش داده شد. گروه آزمون تمرینات تعادلی را به مدت شش هفته، سه جلسه در هفته و بصورت یک روز در میان، هر جلسه حدود ۶۰ دقیقه که در سه بخش، ده دقیقه گرم کردن، ۴۵ دقیقه تمرینات اصلی مربوط به هر جلسه که در سه ست و هر ست شامل دوبار متوالی انجام تمرین (پنج سطح پروتکل) با ۲ دقیقه استراحت بین هر دوره، که مدت زمان انجام هر سطح تمرین ۴۵ ثانیه و استراحت بعد هر تمرین ۳۰ ثانیه بود و در پایان پنج دقیقه سرد کردن انجام شد. شدت و حجم تمرین با تغییر در نوع تمرین و شکل ساده به پیچیده، نوع ابزار، تغییر در ضخامت تشک و فوم، سفتی و سختی آن و انجام حرکات عملکردی تغییر می‌کرد (۲۸). در نهایت بعد از اتمام شش هفته برنامه تمرینی، در پس آزمون تمام متغیرها در دو گروه مجدداً اندازه گیری شد. از شاخص‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) برای توصیف داده‌ها و همچنین از شاخص‌های آمار استنباطی نظیر آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای تحلیل داده‌ها در سطح $\alpha \leq 0.05$ استفاده شد.

باشد (۲۳-۲۵). آزمودنی‌هایی که سابقه شکستگی یا جراحی مفصل اندام تحتانی، اختلالات وضعیتی اندام تحتانی، ستون فقرات، سابقه اختلالات عصبی یا سیستم دهلیزی، دارا بودن نشانه‌های پیچ خوردگی حاد، سابقه آسیب لیگامانی یا مینیسک زانو و ضربه سر، مصرف هرگونه داروی آرام بخش مخدر و الکل در طی ۴۸ ساعت قبل از آزمون بودند از مطالعه خارج شدند (۲۶).

جهت ارزیابی استراتژی‌های حرکتی پاسچر آزمودنی‌ها از دستگاه پاسچروگرافی پویای کامپیوتری استفاده شد. این سیستم یک روش کمی برای ارزیابی عملکرد استراتژی‌های حرکتی پاسچر و تعادل در حالت ایستاده است و یکی از پیشرفته‌ترین سیستم‌های بررسی و دستکاری سیستم‌های حسی موثر بر کنترل پاسچر می‌باشد (۲۷) این سیستم دارای دو صفحه نیرو برای بررسی متغیرهای موثر بر کنترل پاسچر است. این آزمون عملکرد هر یک از سیستم‌های حس عمقی، دهلیزی و بینایی را در استراتژی‌های حرکتی پاسچر مورد ارزیابی قرار می‌دهد و دارای ۶ وضعیت است در سه وضعیت اول صفحه‌های نیرو ثابت و در سه وضعیت دیگر در جهت‌های قدامی و خلفی حرکت می‌کنند. سه وضعیت با چشم باز و سه وضعیت با چشم بسته و سه وضعیت با ثبات بصری و سه وضعیت دیگر با مداخله بصری انجام می‌شود. در نهایت ۶ وضعیت از ترکیب عوامل فوق استخراج گردید که به ترتیب زیر می‌باشد: وضعیت اول (چشم باز، محیط بصری و پلت فرم ثابت)، وضعیت دوم (چشم بسته، پلت فرم ثابت)، وضعیت سوم (چشم باز، محیط بصری در حال حرکت، پلت فرم ثابت)، وضعیت چهارم (چشم باز، محیط بصری ثابت، پلت فرم متحرک)، وضعیت پنجم (چشم بسته، پلت فرم متحرک)، وضعیت ششم (چشم باز، محیط بصری متحرک، پلت فرم متحرک). هر آزمودنی باید به مدت ۲۰ ثانیه در وضعیت‌های فوق تعادل خود را حفظ کند. و هر وضعیت نیز ۳ بار تکرار می‌شود. در هر یک از

نتایج

جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد ($\bar{X} \pm SD$) ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها را در دو گروه کنترل و تجربی نشان می‌دهد. نتیجه حاصل از آزمون آماری اختلاف معنی داری را نشان نداد که این امر بیانگر همگن بودن آزمودنی‌ها بود.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد ($\bar{X} \pm SD$) ویژگی‌های فردی

متغیر	گروه تجربی (n=۱۵)	گروه کنترل (n=۱۵)	P
سن (سال)	۲۴/۴۰ ± ۲/۱۳	۲۴/۲۶ ± ۱/۸۶	۰/۸۵
وزن (کیلوگرم)	۷۲/۲۰ ± ۹/۷۶	۶۹/۸۰ ± ۸/۸۹	۰/۴۸
قد (سانتیمتر)	۱۷۹/۴۶ ± ۶/۴۱	۱۷۷/۴۶ ± ۸/۵۶	۰/۴۷

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار استراتژی‌های حرکتی پاسچر در شش وضعیت دستکاری اطلاعات حسی با استفاده از آزمون سازماندهی حسی در ورزشکاران با بی ثباتی مزمن مچ پا را در دو گروه تجربی و کنترل نشان می‌دهد.

جدول ۲. اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف استاندارد ($\bar{X} \pm SD$) استراتژی حرکتی پاسچر

تحلیل استراتژی	مرحله	گروه تجربی (n=۱۵)	گروه کنترل (n=۱۵)
چشم باز، محیط بصری و پلت	پیش آزمون	۹۶/۲۸ ± ۴/۲۶	۹۳/۷۴ ± ۵/۹۲
فرم ثابت	پس آزمون	۹۸/۰۷ ± ۱/۶۱	۹۶/۲۸ ± ۳/۹۶
چشم بسته، پلت فرم ثابت	پیش آزمون	۹۶/۹۲ ± ۱/۹۵	۹۴/۴۹ ± ۵/۴۳
	پس آزمون	۹۸/۳۶ ± ۱/۱۰	۹۶/۸۳ ± ۱/۸۰
چشم باز، محیط بصری در حال	پیش آزمون	۹۵/۵۸ ± ۳/۱۰	۹۳/۵۸ ± ۵/۵۳
حرکت، پلت فرم ثابت	پس آزمون	۹۷/۶۲ ± ۱/۴۴	۹۵/۲۴ ± ۳/۱۷
چشم باز، محیط بصری ثابت،	پیش آزمون	۶۶/۶۴ ± ۱۱/۲۶	۶۴/۹۴ ± ۸/۵۰
پلت فرم متحرک	پس آزمون	۸۲/۳۲ ± ۸/۶۵	۶۶/۲۸ ± ۸/۱۵
چشم بسته، پلت فرم متحرک	پیش آزمون	۵۳/۳۸ ± ۸/۲۵	۵۱/۵۹ ± ۸/۲۶
	پس آزمون	۶۸/۴۸ ± ۱۱/۳۵	۵۳/۱۱ ± ۸/۶۲
چشم باز، محیط بصری	پیش آزمون	۴۷/۶۶ ± ۱۰/۷۴	۴۶/۰۶ ± ۹/۹۷
متحرک، پلت فرم متحرک	پس آزمون	۵۸/۵۱ ± ۱۶/۰۹	۴۷/۲۴ ± ۹/۶۰
میانگین کلی	پیش آزمون	۷۵/۹۱ ± ۴/۰۲	۷۴/۰۷ ± ۱/۸۶
	پس آزمون	۸۳/۸۹ ± ۶/۳۰	۷۵/۸۳ ± ۳/۲۹

اما در پس آزمون، گروه تجربی عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشت. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که شش هفته تمرین تعادلی بر استراتژی‌ها حرکتی پاسچر در برابر دستکاری اطلاعات حسی در ورزشکاران مرد با بی ثباتی مزمن مچ پا تاثیر دارد (جدول ۳).

یافته‌های ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد میانگین نمره تحلیل استراتژی در گروه تجربی در هر ۶ وضعیت بالاتر از گروه کنترل است. همچنین مقایسه استراتژی‌ها حرکتی پاسچر آزمودنی‌های دو گروه تجربی و کنترل در پیش آزمون و پس آزمون نشان داد که بین دو گروه تجربی و کنترل در پیش آزمون‌ها اختلاف معنی داری وجود ندارد

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس استراتژی‌های حرکتی پاسچر در وضعیت‌های حسی مختلف

وضعیت‌ها	منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
وضعیت حسی اول (C1)	پیش آزمون	۹۸/۰۵	۱	۹۸/۰۵	۱۶/۷۱	۰/۰۰۰
	گروه	۵/۳۶	۱	۵/۳۶	۵/۱۱	۰/۰۳۴
وضعیت حسی دوم (C2)	پیش آزمون	۱۰/۴۴	۱	۱۰/۴۴	۵/۳۹	۰/۰۲۸
	گروه	۹/۳۶	۱	۹/۳۶	۴/۸۴	۰/۰۳۷
وضعیت حسی سوم (C3)	پیش آزمون	۷۴/۴۹	۱	۷۴/۴۹	۲۱/۰۶	۰/۰۰۰
	گروه	۲۰/۱۶	۱	۲۰/۱۶	۵/۷۰	۰/۰۲۴
وضعیت حسی چهارم (C4)	پیش آزمون	۸۷۰/۹۲	۱	۸۷۰/۹۲	۲۱/۲۳	۰/۰۰۰
	گروه	۱۶۹۴/۰۵	۱	۱۶۹۴/۰۵	۴۱/۳۱	۰/۰۰۰
وضعیت حسی پنجم (C5)	پیش آزمون	۸۹۴/۵۴	۱	۸۹۴/۵۴	۱۲/۳۶	۰/۰۰۲
	گروه	۱۶۴۴/۰۴	۱	۱۶۴۴/۰۴	۲۲/۷۲	۰/۰۰۰
وضعیت حسی ششم (C6)	پیش آزمون	۲۱۳۶/۵۵	۱	۲۱۳۶/۵۵	۲۰/۷۵	۰/۰۰۰
	گروه	۷۳۴/۰۶	۱	۷۳۴/۰۶	۷/۱۲	۰/۰۱۳
وضعیت حسی کلی (M)	پیش آزمون	۴۰۰/۶۷	۱	۴۰۰/۶۷	۵۳/۵۵	۰/۰۰۰
	گروه	۳۶۲/۸۵	۱	۳۶۲/۸۵	۴۸/۴۹	۰/۰۰۰

بحث و نتیجه گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی مزمن میچ پا در گروه تمرین از میزان پایداری بیشتر و استراتژی‌های حرکتی با ثبات‌تری در برابر دستکاری اطلاعات حسی، نسبت به گروه کنترل برخوردار بودند. میانگین درصد امتیاز تحلیل استراتژی‌های حرکتی در افراد در وضعیت اول تا سوم بیشتر از وضعیت‌های چهارم تا ششم است و در وضعیت ششم که حس شنوایی و عمقی دستکاری می‌شوند کمتر از وضعیت‌های دیگر است. این نشان دهنده این است که در وضعیت اول (ارزیابی با استفاده از هر ۳ حس)، وضعیت دوم (حذف بینایی و وجود ۲ حس شنوایی و عمقی) وضعیت سوم (دستکاری حس شنوایی و وجود ۲ حس بینایی و عمقی) افراد بیشتر از استراتژی میچ پا جهت تعادل و کنترل پاسچر خود استفاده کردند. ولی در وضعیت‌های چهارم (دستکاری حس عمقی)، پنجم (حذف بینایی و دستکاری حس عمقی) و ششم (دستکاری حس شنوایی و عمقی) بر اساس درصد نمره پایداری کمتر، سخت‌تر شدن شرایط حسی و جابجایی بیشتر مرکز ثقل، افراد بیشتر از استراتژی ران جهت حفظ تعادل و کنترل وضعیت استفاده کردند. محققان بیان

کردند که کاهش در یکپارچگی حسی، افت عملکرد گیرنده‌های عمقی، بینایی و شنوایی منجر به کاهش تعادل و استفاده بیشتر از استراتژی ران می‌شوند (۲۹، ۳۰). بولگر و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند با توجه به وابستگی سیستم تعادلی به دروندادهای حسی، در صورت کاهش و یا اختلال یکی از دروندادهای حسی، نوسان بدن افزایش و در نتیجه برای حفظ تعادل فعالیت‌های عضلانی نیز افزایش می‌یابد (۳۱). که نتایج این تحقیق هم راستا با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. در توجیه یافته‌های تحقیق باید اذعان داشت که انجام تمرینات تعادلی یا تمرین روی سطوح ناپایدار احتمالاً باعث می‌شود عضلات به طور فعال‌تری درگیر شوند و سیستم عصبی مرکزی تحریکات مناسب‌تر و مؤثرتری از اعصاب آوران گیرنده‌های حس عمقی این عضلات دریافت نمایند (۳۲). اساس تمرینات تعادلی، ایجاد تطابق در گیرنده‌های حس عمقی است که تحریکات را در موقعیت پرخطر دریافت می‌کنند (۳۳) بنابراین با توجه به مواردی که گفته شد، تمرینات تعادلی به بهبود حس عمقی افراد منجر می‌شود. همچنین احتمالاً متعاقب استفاده از تمرینات تعادلی و حسی حرکتی - تغییر در استراتژی‌های حرکتی افراد

حاصل می شود (۳۲). تحقیقاتی که بر روی افراد دارای بی ثباتی مچ پا انجام شده است حاکی از آن است که این افراد برای بازیابی تعادل بدنبال اغتشاشات جزئی، از استراتژی مچ پا استفاده می کنند بدین معنی که بدن حول مفصل مچ پا نوسان دارد. وضعیت قائم فرد حفظ شده و تغییری در سطح اتکا داده نمی شود. در اغتشاشات بزرگ و در آزمون شتاب ناگهانی استراتژی های دیگری که با سرعت بالا همراه است مانند استراتژی مفصل ران و گام برداشتن به کار می رود (۴). ۵. استراتژی مچ پا بیشتر در وضعیت هایی استفاده می شود که عامل بر هم زنده تعادل ضعیف و سطح اتکا به اندازه کافی بزرگ است. لازمه استفاده از این استراتژی دامنه حرکتی کامل مفصل و قدرت کافی در عضلات اطراف مچ می باشد (۳۴). با توجه به مطالب بیان شده و نتایج تحقیق، تمرینات تعادلی، گیرنده های حس عمقی که مسئول تشخیص جهت و موقعیت مفصل بوده، را بهبود می بخشند و موجب افزایش حساسیت مسیرهای فیدبکی، کوتاه کردن زمان شروع انقباض عضلات و بهبود حساسیت حس وضعیت می شوند به این ترتیب قدرت و استقامت افزایش می یابد (۲) در نتیجه اطلاعات آوران بیشتر و استفاده موثرتر از استراتژی مورد نظر، ثبات و پایداری افزایش می یابد (۳۵). انافارالدو و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود استفاده بیشتر از استراتژی مچ پا، و استفاده کمتر از استراتژی ران در شرایط با اغتشاش پایین را متذکر شدند (۳۷) هنگامی که گروه ها را بر اساس سن آنها آنالیز می کردند تفاوت هایی را در وضعیت ۳ و ۴ متوجه شدند که با افزایش سن درصد ثبات کاهش می یابد و افراد بیشتر از استراتژی ران استفاده می کنند دلیل این هم ممکن است به خاطر کاهش انعطاف پذیری و قدرت مفصل مچ پا متناسب با سن باشد (۳۸-۴۰) که در مقایسه کلی نتایج این تحقیقات با تحقیق حاضر همخوانی دارد. با توجه به مقایسه وضعیتی میزان پایداری تحقیق انافارالدو و همکاران

(۲۰۱۶) که پایین ترین نتایج درصد پایداری (کاهش اتکا بر استراتژی مچ پا و افزایش اتکا بر استراتژی ران) برای شرایط ۵ مشاهده شد (چشم بسته و پلت فرم متحرک) و در حالی که در تحقیق حاضر، پایین ترین درصد پایداری برای وضعیت ۶ بود از این جهت با تحقیق حاضر همخوانی ندارد. که احتمالاً علت تفاوت این موضوع با تحقیق حاضر، مقایسه گروه ها سنی مختلف و آزمودنی های گوناگون در مطالعه آنان بوده است (۳۷). همچنین موقعیت خم تر مچ در بیماران مبتلا به بی ثباتی مزمن مچ پا می تواند ابزاری برای جبران کمبود ورودی حسی از رباط جانبی آسیب دیده توسط کشش عضله سولئوس و افزایش حساسیت دوکی عضله شود. با افزایش حساسیت در دوک عضله سولئوس افراد دارای بی ثباتی مزمن مچ پا می توانند انحرافات تعادلی را بهتر تنظیم کنند. تمرین تعادلی ممکن است در سیستم حسی حرکتی، به وسیله حساس تر شدن حرکت سر عضله سولئوس - که باعث کمتر کشیده شدن آن عضله می شود - تغییر ایجاد کرده باشند (۴۱). مرکز فشار عقب تر می تواند برای فرد مفید باشد زیرا زمان و فضای بیشتری برای تنظیمات پاسچری (در مقابله با آشفته گی های جلوتر پا) برای حفظ تعادل به فرد می دهد (۴۲) و تمرین تعادلی - همانطور که در تغییر محل مرکز فشار دیده می شد - مقدار بالایی از کنترل عصبی - عضلانی برای خنثی کردن آشفته گی های تعادلی (هنگام ایستادن روی یک پا) را به آن ها باز می گرداند. انجام دادن تمرین تعادلی به شرکت کنندگان اجازه می دهد تا محدودیت های تعادلی خود را کشف کنند - توسط انجام پشت سرهم و با تغییرات آن - باعث افزایش زاویه آزادی حرکت آن ها می شود. این برای فرد به خاطر دادن امکان های بیشتر به مچ در واکنش یا سازگاری نسبت به تغییرات یا مشکلات محیط می تواند مفید باشد. همچنین مهم است بدانید که با افزایش درجه آزادی (مچ) بهبود در تعادل مشاهده می شود (۴۳).

References

1. Gribble P, Hertel J, Denegar C, Buckley W. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. J Athl Train. 2004;39:8.

2. Joel Mason, Christoph Kniewasser, Karsten Hollander & Astrid Zech (2022), Intrinsic Risk Factors for Ankle Sprain Differ Between Male and Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis, Volume 8, article number 139, .
3. Chan K.W DBC, Mroczek K. J. Acute and chronic lateral ankle instability in the athlete. Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases. 2011;69(1):9.
4. Mansfield A, Peters A, Liu B, Maki B. A perturbation-based balance training program for older adults: study protocol for a randomized controlled trial. BMC Geriatr. 2007;7(12).
5. Mansfield A, Peters A, Liu B, Maki B. Effect of a Perturbation-Based Balance Training Program on Compensatory Stepping and Grasping Reactions in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. Phys There. 2010;90:15.
6. Qorbani, M. The neuromuscular response of patients with acute ankle instability in balance recovery. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*, 2014; 3(2): 69-77.
7. Mettler A, Chinn L, Saliba SA, McKeon PO. Balance Training and Center-of-Pressure Location in Participants With Chronic Ankle Instability. J Athl Train. 2015;50(4):6.
8. Jacobs J, Horak F. Cortical control of postural responses. J Neural Transm. 2007;114(10):9.
9. Redfern M, Jennings J, Martin C, Furman J. Attention influences sensory integration for postural control in older adults. Gait Posture. 2001;14(3):5.
10. Sell TC. An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adults. J PTS. 2012;13(۶):۷
11. A Punakallio. Balance abilities of workers in physically demanding jobs: with special reference to firefighters of different ages. J Spor Scien and Med. 2005;4(8):47.
12. Rogers M, Roger N, Takeshima N, Mohammad M. Methodstoassess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. Prev Med. 2003;36:11.
13. Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. Age & Ageing. 2004;33:5.
14. R Kandel E, James H, MJThomas. Principles of neural science. McGraw-Hill New York. 2000;4.
15. JM Medina, McLeod TV, Howell SK, Kingma J. Timing of neuromuscular activation of the quadriceps and hamstrings prior to landing in high school male athletes, female athletes, and female non-athletes. J Electromyogr Kinesiol. 2008;18(4):7.
16. Riemann B, Lephart S. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. J Athl Train. 2002;37(1):9.
17. Riemann B, Lephart S. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. J Athl Train. 2002;37(1):4.
18. Gautier G, Thouwarecq R, Larue J. Influence of experience on postural control: effect of expertise in gymnastics. Journal of Motor Behavior. 20۰۸;(۵)۴۰;۰۸
19. Munn J BD, Refshauge KM, Lee RW. . Do functional performance tests detect impairment in subjects with ankle instability? . J Sport Rehabil. 2002;11(1):10.
20. Demeritt KM SS, Docherty CL, Gansneder BM, Perrin DH. Chronic ankle instability does not affect lower extremity functional performance. J Athl Train. 2002;37(4):5.
21. J. H. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. Clin Sports Med. 2008;27(3):17.
22. Chong RK, A. Ambrose, J. Carzoli, L. Hardison, and B. Jacobson,. Source of improvement in balance control after a training program for ankle proprioception. Percept Mot Skills. 2001;92(1):7.
23. Suda EY, C. F. Amorim, and C. Sacco Ide. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. J Electromyogr Kinesiol,. 2009;19(2):9.
24. Akhbari B, Ismail Ebrahimi Takamjani, Mahyar Salavati, and Mohammad Ali Sanjari. A 4-week biodex stability exercise program improved ankle musculature onset, peak latency and balance measures in functionally unstable ankles. Physical Therapy in Sport. 2007;8(3):12.
25. Delahunt E, Garrett F Coughlan, Brian Caulfield, Elizabeth J Nightingale, CW Lin, and Claire E Hiller.,2010:. 42(11): PP: 2106-2121. Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. J Med and SSE 2010;42(11):15.
26. Rnaldi NM1 PP, Barela JA. . Age-related changes in postural control sensory reweighting. Neurosci Lett. 2009;46(3):4.
27. Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T ,Froehlich P, Dubreuil C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: Maturation and normative data for chil-dren and young adults. Int J Pediatr Otorhi 2007;71(6):1041.
28. Cruz-Diaz D L-VR, Osuna-Pérez MC, Contreras FH, Martínez-Amat A. Effects of 6 Weeks of Balance Training on Chronic Ankle Instability in Athletes: A Randomized Controlled Trial. Int J Sports Med. 2015Aug;36(9):6.

29. MH. W. Systems contributing to balance disorders in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(8):۶
30. Benjuya N MI, Kaplanski J. Aging-induced shift from a reliance on sensory input to muscle cocontraction during balanced standing. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004;59(2):5.
31. Bolger D TL, Sawers A. Individuals with transtibial limb loss use interlimb force asymmetries to maintain multi-directional reactive balance control. *Clin Biomech*. 2014;29(9):8.
32. Behm D AK, Curnew R. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res*. 2002;16(3):6.
33. Borghuis J HA, Lemmink K. The Importance of Sensory-Motor Control in Providing Core Stability, Implications for Measurement and Training. *Sports Med*. 2008;38(11):23.
34. Nashner L. Practical biomechanics and physiology of balance. Jacobson GP NC, Kartush JM, editor. San Diego: singular Publishing Group; 1997. 261-79 p.
35. Cug M OA, Korkusuz F, Behm D. The effect of instability training on knee joint proprioception and core strength. *J Sport Sci Med*. 2012;11:6.
36. Leassoe U VM. Aanticipatory postural control strategies related to predictive perturbations. *Gait posture*. 2008 Jul;28(1):6.
37. Ana Faraldo-Garcı' SaS-Pra, b, Rosa Crujeiras c, Andre' s Soto-Varela a,b. Postural changes associated with ageing on the sensory organization test and the limits of stability in healthy subjects. 2016;43(2):5.
38. Karlsson A LH. Analysis of postural sway strategies using an inverted pendulum model and force plate data. *Gait Posture* 1997;5:5.
39. Baydal-Bertomeu JM BiGR, Soler-Gracia C, Peydro de Moya MF, Prat JM, Barona de Guzman R. Determinacio'n de los patrones de comporta-miento postural en poblacio'n sana espan~ ola. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004;55:9.
40. Amaridis IG HV, Arabatzi F. Age-induced modification of static postural control in humans. *Neurosci Lett* 2003;3(50):3.
41. Thompson C BM, Fung J. Effects of plantar cutaneo-muscular and tendon vibration on posture and balance during quiet and perturbed stance. *Hum Mov Sci* 2011;30(2):18.
42. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2019;54(6):603–10.
43. McKeon PO, C.D .Ingersoll, D.C. Kerrigan, E. Saliba, B.C. Bennett, and J. Hertel. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2008;40(10):9.

Original Article

The effect of balance training on postural motor strategies of athletes with chronic ankle instability against manipulation of visual, vestibular, and proprioceptive information

Received: 09/06/2025 - Accepted: 21/07/2025

Hadi Miri^{1*}
Keyvan Moradian²
Samaneh Soltaninajibpour³

¹ Associate Professor, Department of Sport and Health Sciences, Amirkabir University of Technology

² PhD in Physical Education, Department of Sport and Health Sciences, Amirkabir University of Technology

³ PhD student in corrective exercise and sports pathology, University of Tehran

Email: hd.miri@aut.ac.ir

Abstract

Introduction: The ankle joint plays a critical role in maintaining balance and postural control. Damage to the sensorimotor control system of the ankle has been identified as the primary cause of recurrent ankle instability. Impairments in proprioception and kinesthetic awareness are major contributors to decreased balance, increasing the likelihood of reinjury and often leading to prolonged absence of athletes from sports participation. This study aimed to examine the effect of balance training on postural motor strategies in athletes with chronic ankle instability when exposed to manipulated visual, vestibular, and proprioceptive inputs.

Methods: In this quasi-experimental study, 30 male athletes with chronic ankle instability were randomly assigned to an experimental group (n = 15) or a control group (n = 15). Assessments were conducted using a pretest–posttest design. The experimental group completed a six-week perturbation-based balance training program. Postural motor strategies were evaluated using the Sensory Organization Test (SOT) of a computerized dynamic posturography system. The system analyzed motor strategy use across six conditions: 1. all sensory inputs (visual, vestibular, and proprioceptive) available; 2. visual input removed; 3. vestibular input manipulated; 4. proprioceptive input manipulated; 5. combination of visual removal and proprioceptive manipulation; and 6. manipulation of both vestibular and proprioceptive inputs. Data were analyzed using one-way ANCOVA. Statistical analyses were performed in SPSS version 22 at a significance level of $\alpha = 0.05$.

Results: Results indicated that participants in the experimental group demonstrated the highest motor strategy scores in condition one, relying primarily on the ankle strategy. Conversely, the lowest scores were observed in condition six, where both vestibular and proprioceptive inputs were manipulated, resulting in greater use of the hip strategy. Overall, posttest scores in all six conditions were superior in the experimental group compared with the control group.

Conclusion: The findings suggest that balance training can effectively enhance postural control. Training on unstable surfaces likely increases muscle activation and enables the central nervous system to receive more effective sensory input from various afferent receptors. These adaptations may lead to altered motor control patterns, improved sensory integration, faster sensory processing, and earlier muscle activation. Ultimately, such improvements promote the use of more stable motor strategies for postural control and contribute to greater overall stability.

Keywords: balance training, postural motor strategies, chronic ankle instability, sensory manipulation

Acknowledgement: There is no conflict of interest