




## Comparative Effects of Impacts and Stainabilities of NASM and Combined Exercises (Neuromuscular and Core Stability) on Functional Characteristics and Balance of Individuals with Unilateral Chronic Ankle Injury

Azad Mohammadi<sup>1\*</sup>, Seyed Sadradin Shojaedin<sup>2</sup>, Amir Letafatkar<sup>3</sup>, Maliheh Hadadnejad<sup>3</sup>

1. PhD in Corrective Exercise & Sport Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Biomechanic and Sport Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran  <https://orcid.org/0000-0003-0272-6748>
3. Assistant Professor, Department of Biomechanic and Sport Injury, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran  <https://orcid.org/0000-0002-5612-8340>  
 <https://orcid.org/0000-0001-8485-6364>

Received: 2017.September.05

Revised: 2017.October.01

Accepted: 2017.November.25

### Abstract

**Background and Aims:** Ankle joint is known as one of the most vulnerable joints of the body. The aim of the present study was to compare the impacts and sustainabilities of NASM and combined excersices (neuromuscular and core stability) on the functional characteristics and balance of individuals with unilateral chronic ankle injury.

**Materials and Methods:** A total of 36 male athlete students suffering from chronic ankle instability voluntarily participated in the present study and were randomly divided into three groups of 12: NASM excersices, combined training, and the control group. All the participants' performance characteristics and dynamic balance were evaluated prior to, after, and four weeks after the exercises. To evaluate the functional characteristics, we used Side-to-Side Hop Test, Figure-eight Hop Test, Triple Hop Test, and questionnaires measuring the ability of the foot and ankle in sports and daily activities and to evaluate the dynamic balance, the balance test Y was used. Then, the NASM and combined groups performed the relevant exercises.

**Results:** The results showed that both NASM and compound exercises caused improvement in the dependent variables. Also, NASM exercises had lasting impacts four weeks after the exercise protocol in indicators of figure-eight hop test and the ability of ankle and foot test. Also, combination exercise had lasting effects observed in side-to-side hop test, figure-eight hop test, and the ability of ankle and foot scale. The results also showed that compound exercises, as compared with NASM exercises, were more effective as observed in the ability of the ankle and foot test.

**Conclusion:** Doing eight weeks of combined training (neuromuscular and core stability) was observed to be significantly more effective, compared with NASM training, in the performance and postural control in patients with chronic ankle instability.

**Keywords:** Training NASM, Neuromuscular training; Core stability exercises; Chronic ankle instability; Physical education students

**Cite this article as:** Azad Mohammadi, Seyed Sadradin Shojaedin, Amir Letafatkar, Maliheh Hadadnejad. Comparative Effects of Impacts and Stainabilities of NASM and Combined Exercises (Neuromuscular and Core Stability) on Functional Characteristics and Balance of Individuals with Unilateral Chronic Ankle Injury. J Rehab Med. 2018; 7(3): 34-47.

\* **Corresponding Author:** Azad Mohammadi. PhD in Corrective Exercise & Sport Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran  
Email: azad\_mohammadi89@yahoo.com

DOI: 10.22037/jrm.2017.110665.1442

## مقایسه تأثیر و ماندگاری یک دوره تمرینات (NASM) و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بر ویژگی‌های عملکردی و تعادل افراد مبتلا به آسیب مزمن یک طرفه مچ پا

آزاد محمدی<sup>۱\*</sup>، سیدصدرالدین شجاع‌الدین<sup>۲</sup>، امیر لطافتکار<sup>۳</sup>، ملیحه حدادنژاد<sup>۳</sup>

۱. دکترای تخصصی حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. دانشیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. استادیار، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

\* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۶/۱۴ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۰۷/۰۹ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۰۹/۰۴ \*

### چکیده

#### مقدمه و اهداف

مفصل مچ پا به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین مفاصل بدن شناخته شده است. هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی مقایسه تأثیر و ماندگاری یک دوره تمرینات NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بر ویژگی‌های عملکردی و تعادل افراد مبتلا به آسیب مزمن یک طرفه مچ پا بود.

#### مواد و روش‌ها

۳۶ دانشجوی تربیت بدنی ورزشکار پسر مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا در مطالعه حاضر شرکت داشتند و به صورت تصادفی در سه گروه ۱۲ نفره تمرینات NASM، تمرینات ترکیبی و گروه کنترل قرار گرفتند. قبل، بعد و چهار هفته پس از اتمام تمرینات از همه آزمودنی‌ها جهت بررسی ویژگی‌های عملکردی و تعادل پویا آزمون به عمل آمد. جهت بررسی ویژگی‌های عملکردی از آزمون‌های جهش جانبی، آزمون جهش هشت لاتین، آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا و پرسش‌نامه سنجش توانایی پا و مچ پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی و جهت ارزیابی تعادل پویا، از آزمون تعادلی اصلاح‌شده ستاره استفاده شد. سپس گروه‌های تمرین NASM و ترکیبی به مدت هشت هفته تمرینات خود را انجام دادند.

#### یافته‌ها

نتایج نشان داد که یک دوره تمرینات NASM و ترکیبی، سبب بهبود ویژگی‌های متغیرهای وابسته شد و همچنین بعد از گذشت چهار هفته پس از اتمام برنامه تمرینی، در گروه تمرینات NASM، در شاخص‌های جهش هشت لاتین و مقیاس توانایی مچ پا و پا، اثر تمرینات در این افراد بر شاخص‌های مذکور ماندگاری داشت و همچنین در گروه تمرینات ترکیبی در شاخص‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و مقیاس توانایی مچ پا، اثر تمرینات بر شاخص‌های مذکور ماندگاری دارد. همچنین نتایج نشان داد تمرینات ترکیبی اثر بیشتری بر شاخص توانایی مچ پا و پا، نسبت به تمرینات NASM دارد.

#### نتیجه‌گیری

انجام هشت هفته تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) سبب بهبود بیشتری نسبت به تمرینات NASM در عملکرد و کنترل پاسجر افراد مبتلا به بی-ثباتی مزمن مچ پا دارد.

#### واژگان کلیدی

تمرینات NASM؛ تمرینات عصبی-عضلانی؛ تمرینات ثبات مرکزی؛ بی‌ثباتی مزمن مچ پا؛ دانشجویان تربیت بدنی

نویسنده مسئول: آزاد محمدی. دکترای تخصصی حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران  
آدرس الکترونیکی: azad\_mohammadi89@yahoo.com

## مقدمه و اهداف

مفصل مچ پا به عنوان یکی از آسیب‌پذیرترین مفاصل بدن شناخته شده است.<sup>[۱]</sup> اسپرین مچ ۱۲ تا ۲۰ درصد از کل آسیب‌های ورزشی را تشکیل می‌دهد که در نتیجه آسیب به گیرنده‌های حسی-حرکتی و کاهش پایداری و تعادل و نیز خطر بروز آسیب مجدد آن در افراد فعال بیش از ۸۰ درصد می‌باشد.<sup>[۲]</sup> پیچ‌خوردگی مچ پا در ردیف شایع‌ترین آسیب‌ها به خصوص در ورزش‌های همراه با دویدن، پاس بریده، پرش و پرش از بغل و همچنین ورزش‌های برخوردی قرار دارد. عامل اولیه مستعدکننده این آسیب، سابقه قبلی پیچ‌خوردگی مچ پا بوده است.<sup>[۳]</sup> Woods و همکاران گزارش دادند که ۱۱ درصد از کل آسیب‌های ورزش دو فصل لیگ برتر فوتبال انگلیس، اسپرین بوده که از این تعداد ۹ درصد آن‌ها از نوع آسیب مجدد بوده است.<sup>[۴]</sup> آسیب ممکن است به علت حادثه‌ای رخ دهد یا نتیجه تعامل پیچیده ریسک عوامل داخلی و خارجی باشد. عوامل داخلی، خصوصیات و ویژگی‌های درونی فرد هستند که به وقوع آسیب می‌انجامد یا ریسک آن را بالا می‌برند. برای نمونه سن، جنس، وزن، آسیب قبلی، آمادگی هوازی، اندام برتر، انعطاف‌پذیری، قدرت عضلانی و هورمون‌های جنسی را می‌توان نام برد.<sup>[۵]</sup> عوامل خارجی خطر به محیط و امکانات رشته ورزشی مربوط می‌شوند. این عوامل عبارتند از سطح رقابت، سطح مهارت، نوع کفش، آب و هوا و سطح بازی. عوامل خطرزای اسپرین را می‌توان به عوامل خطرزای درونی و (راستای پشت پا، اندازه پا، شلی لیگامنت‌ها، کنترل عصبی-عضلانی) و عوامل خطرزای بیرونی (نوع کفش، نوع و شدت فعالیت ورزشی، گرم کردن) تقسیم کرد.<sup>[۵]</sup> موضوع مهم‌تر که باید به آن توجه ویژه شود، وقوع مجدد این ضایعه می‌باشد، میزان شیوع ضایعه مجدد لیگامانی مچ پا در ورزشکاران ۷۳ درصد است و ۵۹ درصد از آنها علائم پایداری همانند درد، ضعف عضلانی، صداهای مفصلی، بی‌ثباتی، تورم و سفتی مفصلی دارند که بر کارایی آنها تاثیر می‌گذارد.<sup>[۶]</sup> چنانچه نقصی در حس مفصل وجود داشته باشد، پتانسیل مچ پا برای آسیب بیشتر شده و در نهایت منجر به بی‌ثباتی عملکردی می‌گردد. این فرضیه وجود دارد که پس از ضایعه، میزان پیام‌های حسی پیکری-محیطی کاهش یافته و موجب بهم خوردن کنترل عصبی-عضلانی می‌گردد.<sup>[۵]</sup> در صورتی که تعادل و کنترل عصبی-عضلانی در فرد بهبود پیدا نیابد، فرد مستعد ضایعه و آسیب مجدد شده و در ایفای نقش ورزشی خود دچار مشکل خواهد شد.<sup>[۷]</sup> برنامه بازتوانی این آسیب پس از گذراندن مرحله حاد شامل برنامه تمرینی حسی-حرکتی و پوسچرال همراه با تمرینات در دامنه حرکتی و تمرینات قدرتی می‌باشد.<sup>[۱]</sup> اگر درمان این آسیب به میزان کافی و در حد مناسب صورت نگیرد، آسیب مجدد اتفاق می‌افتد که با بروز چند بار آسیب در مفصل مچ پا، شرایط بدتر می‌شود، به گونه‌ای که حس جنبشی و حس حرکتی مفصل (Movement Sensation and Joint Movement Sense) به میزان زیادی کاهش می‌یابد.<sup>[۵]</sup> به دنبال کاهش حس عمقی، ناپایداری مفصل نیز افزایش و دامنه فعالیت بدنی محدود می‌شود، ضمن آن که آسیب‌های تخریبی و استئوآرتریت مفصل نیز می‌تواند اتفاق افتد.<sup>[۱]</sup> با وقوع این موارد دوره ورزشی بازیکن به پایان رسیده و تیم و بازیکن دچار زیان‌های زیادی در ابعاد مختلف خواهند شد. گاهی اوقات وضعیت از این نیز فراتر می‌رود و ساده‌انگاری صدمات مچ پا و بازتوانی ناکافی و نادرست آن باعث بروز مجدد آسیب می‌شود و در نهایت منجر به ایجاد یک سیکل بازتوانی معیوب شده که نتیجه آن مشکلات مزمن در مچ پا مانند بی‌ثباتی مزمن مچ، ناپایداری مکانیکی و ناپایداری عملکردی است.<sup>[۴]</sup> یکی از علل بروز بی‌ثباتی مزمن یک‌طرفه مچ پا (Unilateral Chronic Ankle Instability=UCAI) نقص در کنترل عصبی-عضلانی است.<sup>[۸]</sup> بی‌ثباتی عملکردی مچ پا (FAI= Functional Ankle Instability) با علائمی همچون احساس خالی کردن مچ پا، ضعف، درد و نقص در عملکرد توصیف شده است، بدون اینکه مفصل از لحاظ آناتومی و مکانیکی دچار مشکل باشد.<sup>[۸]</sup> در تحقیقات اخیر بی‌ثباتی عملکردی و مزمن مچ پا به نقص در کنترل عصبی-عضلانی و کنترل وضعیتی ارتباط داده شده است.<sup>[۸-۱۰]</sup> کنترل عصبی-عضلانی فعالیت ناخودآگاه نگهدارنده‌های پویا (ساختارهای عضلانی-تاندونی احاطه‌کننده مفصل) است که در هنگام حرکت مفصل و در پاسخ به فشارهای اعمال شده به آن، با هدف حفظ و بازیابی ثبات عملکردی مفصل رخ می‌دهد.<sup>[۱۰]</sup> افراد مبتلا به UCAI برخلاف افراد سالم برای کنترل وضعیتی بیشتر بر راهبرد حرکتی رانی (Hip Strategy) تکیه می‌کنند و علت آن نیز این است که این افراد به منظور جبران بی‌ثباتی (هایپروموبیلیتی مفصل مچ پا) نیازمند سطوح بالاتری از هم‌انقباضی در عضلات مچ پا به منظور حفظ راستای ایده‌آل پا می‌باشند که برای بیمار خسته‌کننده بوده و منجر به تکیه بیشتر فرد بر روی راهبرد حرکتی رانی به منظور اصلاح حرکت می‌گردد.<sup>[۸]</sup> در مطالعات قبلی اثر UCAI بر کنترل قامت، حس عمقی<sup>[۱۲]</sup> و کارایی عملکردی اندام تحتانی<sup>[۱۱]</sup> و خستگی<sup>[۱۲]</sup> انجام شده است. نشان داده‌اند که آسیب رباط‌های مچ پا به علت اسپرین و پیچ‌خوردگی، باعث نقص حسی-حرکتی و اختلال در نقش فیدبکی و تاخیر در زمان عکس‌العمل عضلات مچ پا به ویژه عضلات اورتور خواهد شد.<sup>[۱۳]</sup> همچنین افراد دارای ناپایداری مزمن مچ پا به منظور جبران نقص‌های عصبی-عضلانی اندام دیستال از عضلات پروکسیمال خود استفاده می‌کنند.<sup>[۱۴]</sup> برخی محققان پس از پیچیدگی مچ پا، کاهش در حس عمقی، حس وضعیتی مفصلی، قدرت، هماهنگی، تعادل و افزایش تأخیر در فعال‌سازی عضله ناکنی<sup>[۱۵]</sup> را گزارش کرده‌اند. محققان معمولاً برای ارزیابی مکانیک مفصلی آسیب به بررسی مفاصل بالایی و پایینی محل آسیب می‌پردازند و این به علت ماهیت فعالیت‌های ورزشی می‌باشد که به صورت زنجیره بسته انجام می‌شود.<sup>[۱۶]</sup> علت احتمالی وجود رابطه بین استقامت عضلات ثبات مرکزی و وقوع آسیب‌های اندام تحتانی را می‌توان ناشی از استقامت ناکافی عضلات ثبات مرکزی

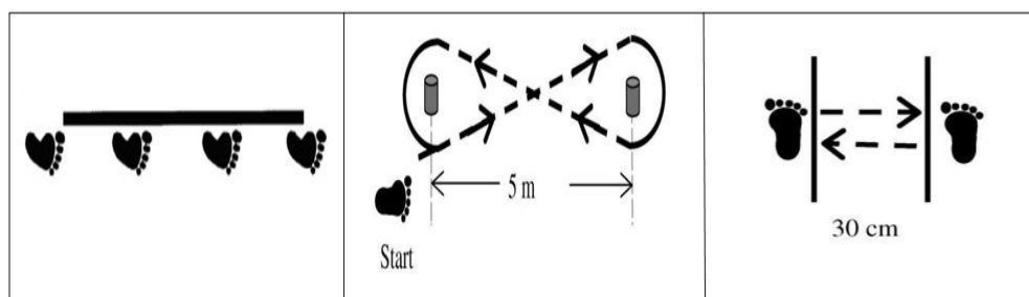
دانست که باعث ایجاد خستگی و کاهش عملکرد در هنگام فعالیت‌های عملکردی می‌شود.<sup>[۱۴]</sup> عضلات ناحیه مرکزی بدن، بر فعال شدن عضلات اندام‌ها تاثیر دارند، به طوری که در افراد سالم، عضلات عرضی شکم و مولتی‌فیدوس‌ها، ۳۰ میلی‌ثانیه قبل از حرکت شانه و ۱۱۰ میلی‌ثانیه قبل از حرکت اندام تحتانی فعال می‌شوند تا ستون فقرات را ثبات بخشند؛ بنابراین هر گونه ضعف در این عضلات منجر به تاخیر در فعال‌سازی عضلات اندام تحتانی و وقوع آسیب‌های مختلف می‌شود.<sup>[۱۵]</sup> Gribble گزارش کرد در افراد با ناپایداری مزمن مچ پا، ایجاد اختلال در تکلیف پویای کنترل قامت (Dynamic Stance Control) در سطح ساجیتال به میزان قابل ملاحظه‌ای در مفاصل پروکسیمال مچ پا بیشتر است.<sup>[۱۶]</sup> تاکنون روش‌های مختلف به منظور پیشگیری از آسیب مچ پا و درمان آن انجام شده است. روش‌های بررسی شده شامل ارتوز، بریس، کفش، تمرینات تعادل و هماهنگی و Proprioceptive، تمرینات اختصاصی و ورزش‌های تقویتی و کششی و یا ترکیبی از این روش‌ها بوده است. شواهد موجود نشان‌دهنده تاثیر پیشگیرانه حمایت‌کننده‌های خارجی (بریس) و تمرینات تعادلی و هماهنگی در جلوگیری از پیچ‌خوردگی اولیه و عود آن است.<sup>[۱۷]</sup> McKean و Verhagen و همکاران<sup>[۱۸]</sup> نشان دادند برنامه طولانی فصلی تمرینات تعادلی ۳ تا ۵ بار در هفته روی سطوح پایدار و ناپایدار به همراه ورزش‌های اختصاصی در کاهش بروز پیچ‌خوردگی مچ پا در فصل ورزشی مؤثر بوده است. برنامه‌های مختلف تمرینات تعادلی شامل حفظ تعادل روی یک پا روی سطوح پایدار و ناپایدار و انجام فعالیت‌های عملکردی مثل پریدن به صورت لی‌لی، دویدن به شکل ∞ و برنامه‌های تقویتی به مدت ۴ تا ۸ هفته و ۱ تا ۵ بار در هفته در این افراد سودمند بوده است.<sup>[۱۹]</sup> استفاده از تمرینات تخته تعادل (Wobble Board) از روش‌های رایج در بازتوانی بی‌ثباتی عملکردی مچ پا است که برای کمک به بازآموزی سیستم حس عمقی از طریق بهبود عملکرد گیرنده‌های مکانیکی مفصل و بازگرداندن حلقه بازخورد عصبی-عضلانی (Neuromuscular Feedback Loop) نرمال طراحی شده است.<sup>[۲۰]</sup> Clark و Burden (۲۰۰۵) در بررسی اثر چهار هفته برنامه تمرینی با تخته تعادل بر افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی نشان دادند این برنامه باعث بهبود حس ثبات می‌شود.<sup>[۲۱]</sup> با وجود این مطالعات Handoll و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه مروری نظام‌مندی اظهار کردند که شواهد اندکی از کاهش اسپرین مجدد مچ پا پس از بکارگیری تمرینات تعادلی حمایت می‌کند. آن‌ها اظهار داشته‌اند که هنوز مدارک و شواهد بیشتری پیش از بکارگیری گسترده این تمرینات نیاز است.<sup>[۲۲]</sup> عباسی و همکاران (۱۳۹۴) نیز گزارش کردند اثربخشی تمرینات اکسترانکشنال برخلاف تمرینات فانکشنال بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مشاهده نشد و در نهایت بیان کردند که از تأکید بر تمرینات ثبات مرکزی مادامی که اثربخشی آن‌ها در پروتکل‌های بازتوانی ثابت نشده است، خودداری شود.<sup>[۲۳]</sup>

از سوی دیگر، آکادمی ملی طب ورزش آمریکا (National Academy of Sports Medicine=NASM) برنامه تمرینات جدیدی را ارائه نمود که شامل چهار بخش تکنیک‌های مهارتی، کششی، فعال‌سازی و انسجام می‌باشد.<sup>[۲۴]</sup> در این پروتکل توصیه بر این است به جای این که عضله کوتاه یا سفت‌شده را تنها کشش داد، بهتر است ابتدا تمرینات مهارتی و بعد تمرینات کششی را بر روی عضله انجام داد. در تکنیک رهاسازی مایوفاشیال توسط خود فرد (Self-myofascial release=SMR) ایجاد یک پاسخ مهارتی در دوک عضلانی و کاهش فعالیت مدار گاما از طریق فشار مداوم با یک شدت، میزان و مدت خاص، موجب تحریک گیرنده‌های مذکور می‌شود. این مفهوم به وسیله یک آزمایش کنترل‌شده توسط Hou و همکاران حمایت شد. آنها گزارش کردند که فشار از طریق یک شی با شدت بالا (حداکثر تحمل درد) برای مدت کم (۳۰ ثانیه) یا شدت کم (حداقل تحمل درد) برای مدت طولانی (۹۰ ثانیه) به طور معناداری دامنه حرکتی را افزایش خواهد داد.<sup>[۲۵]</sup> ابزارهای بسیاری در بکارگیری SMR وجود دارد که بسته به اندازه و ساختمان آن‌ها، دارای اثرات مختلفی هستند. آن‌هایی که از مواد نرم‌تر ساخته شده است، روی لایه‌های سطحی تر فاشیا اثر می‌گذارد؛ در حالی که ابزارهای سخت‌تر باعث افزایش فشار روی ساختارهای بافت نرم و دسترسی به لایه‌های عمیق تر فاشیا می‌شود.<sup>[۲۶]</sup> از تکنیک‌های مهارتی به منظور کاهش فعالیت بیش از حد بافت نورومایوفاشیال و آماده کردن بافت برای دیگر تکنیک‌های حرکات اصلاحی استفاده می‌شود. در مرحله بعد، تکنیک افزایش طول به کشیدگی عضلات و بافت همبندی اشاره دارد که به طور قطع در جهت افزایش دامنه حرکتی بافت یا مفصل به طور مکانیکی کوتاه شده است. کشش در صورت ترکیب شدن با تمرینات مهارتی، فعال‌سازی و انسجام، به شکل مؤثرتری می‌تواند باعث بهبود آمادگی جسمانی و سلامت بیماران شود. همچنین، در خصوص عضلات ضعیف‌شده به جای تقویت صرف آن‌ها، پیشنهاد کرده‌اند در پایان از تمرینات انسجام نیز استفاده گردد<sup>[۲۷]</sup>؛ لذا با توجه موارد فوق پژوهشگر در پی پاسخگویی به این پرسش است که آیا یک دوره تمرینات اصلاحی (NASM) و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بر ویژگی‌های عملکردی و کنترل پاسچر مردان مبتلا به آسیب مزمن یک‌طرفه مچ پا تاثیر دارد یا خیر و آیا این تاثیرات در هر دو روش تمرینی، به یک میزان دارای اثر ماندگاری است.

## مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی می‌باشد. جامعه آماری شامل کلیه مردان مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا می‌باشند. نمونه‌های تحقیق شامل ۳۶ دانشجوی تربیت بدنی ورزشکار پسر مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی، با سابقه بیش از دو سال ورزش، در مطالعه حاضر شرکت

داشتند. ملاک‌های ورود به مطالعه، داشتن سابقه حداقل یک بار آسیب اینورژنی مچ پا در دو سال گذشته بود که نیازمند مدتی محافظت به صورت عدم تحمل وزن و بی‌حرکی بوده باشد، دست‌کم دو بار احساس بی‌ثباتی مچ پا یا احساس خالی شدن مفصل در حین انجام فعالیت‌های روزمره یا ورزشی در دو سال گذشته داشته باشد، نمونه هنگام مطالعه حاضر بتواند به طور کامل وزن را تحمل کند، راه رفتن طبیعی داشته باشد و دامنه حرکتی مفصل مچ پا کامل باشد. ملاک‌های حذف از مطالعه شامل: داشتن سابقه آسیب در اندام تحتانی، داشتن نشانه‌های اسپرین حاد در مچ پا (مانند التهاب و حساسیت) در شش هفته گذشته، داشتن سابقه جراحی در اندام تحتانی، اختلالات تعادل مانند اختلالات مرتبط به سیستم دهلیزی، دیابت، ناهنجاری‌های وضعیتی اندام تحتانی، ستون فقرات و کف پا، داشتن سابقه شرکت در برنامه توان‌بخشی در شش ماه گذشته و داشتن بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا از طریق مثبت بودن آزمون کشویی قدامی (Anterior Drawer Test) و تیلت تالار (Talar Tilt Test) بود. پیش از انجام اندازه‌گیری‌ها همه نمونه‌ها فرم رضایت آگاهانه شرکت در مطالعه را امضا نمودند. پس از کسب رضایت آگاهانه، نمونه‌ها را به صورت تصادفی در سه گروه ۱۲ نفره تمرینات NASM (با میانگین سنی  $21/5 \pm 2/39$  سال، قد  $177/41 \pm 5/85$  سانتی‌متر، وزن  $69/33 \pm 8/33$  کیلوگرم)، تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) (با میانگین سنی  $22/25 \pm 1/86$  سال، قد  $178/25 \pm 2/98$  سانتی‌متر، وزن  $71/58 \pm 8/84$  کیلوگرم) و گروه کنترل (با میانگین سنی  $20/91 \pm 1/88$  سال، قد  $180/08 \pm 3/31$  سانتی‌متر، وزن  $71/58 \pm 8/84$  کیلوگرم) قرار گرفتند. گروه‌ها در متغیرهای ذکر شده همگن بودند. برای ارزیابی ویژگی‌های عملکردی آزمودنی‌ها از آزمون جهش جانبی (Side-to-Side Hop Test)، آزمون جهش هشت لاتین (Figure-eight Hop Test)، آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا (Triple Hop Test) و پرسش‌نامه سنجش توانایی پا و مچ پا استفاده شد. این آزمون‌ها، آزمونی ارزشمند و معتبر در تعیین ناهنجاری عدم تقارن اندام تحتانی و ارزیابی توانایی ورزشکار برای جهش و حفظ فرود تک‌پا می‌باشد.<sup>[۲۵]</sup> آزمون جهش جانبی جهت اندازه‌گیری توان، سرعت، تعادل و ثبات چرخشی اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا استفاده می‌شود. پایایی این آزمون  $0/97$  گزارش شده است.<sup>[۲۵]</sup> جهت انجام این آزمون، آزمودنی در فاصله  $30$  سانتی‌متری روی زمین را که با دو تکه نوار چسب موازی مشخص بود،  $10$  بار به صورت رفت و برگشت روی پای برتر خود جهش کرد. رکورد آزمودنی با استفاده از کرنومتر ثبت شد. آزمون جهش هشت لاتین جهت اندازه‌گیری توان، سرعت و تعادل اندام تحتانی با تأکید بر کنترل روی یک پا استفاده شد. این آزمون در مسیری به شکل هشت لاتین انجام شد که طول مسیر پنج متر و عرض آن یک متر بود. آزمودنی با پای برتر خود (به صورت لی‌لی و با سرعت حداکثر) مسیر مشخص شده را دو مرتبه طی کرد. رکورد آزمودنی به وسیله کرنومتر ثبت شد. آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا قدرت و توان اندام تحتانی را اندازه‌گیری کرد. ضریب پایایی آن توسط Hamilton،  $98$  درصد گزارش شده است.<sup>[۲۴]</sup> آزمودنی با پای برتر پشت خط شروع ایستاد و سه پرش حداکثری و پشت سر هم با پای برتر خود در یک خط مستقیم انجام داد. امتیاز هر فرد در واحد سانتی‌متر از خط شروع تا محل برخورد پاشنه آزمودنی با زمین در سومین پرش محاسبه شد.



ج. آزمون جهش سه‌گانه تک‌پا

ب. آزمون جهش هشت لاتین

الف. آزمون جهش جانبی

همچنین تمام آزمودنی‌ها مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا در فعالیت‌های روزانه (Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)) و ورزش (FAAM sport) را به منظور اندازه‌گیری عملکرد خوداظهاری در سه مرحله؛ (قبل، بلافاصله و همچنین چهار هفته بعد از اتمام تمرینات) تکمیل کردند. از مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا برای اندازه‌گیری عینی اختلالات اسکلتی-عضلانی اندام تحتانی، مچ پا و پا استفاده می‌شود.<sup>[۲۶]</sup> این پرسش‌نامه برای ارزیابی خوداظهاری عملکرد بدنی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا طراحی شده است. مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا در فعالیت‌های روزانه دارای  $21$  مورد مرتبط با فعالیت‌های زندگی روزمره است و مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا در فعالیت‌های ورزشی دارای هشت مورد است که ناتوانی‌های حاصل از آسیب مچ پا و مرتبط با فعالیت‌های بدنی و ورزشی را ارزیابی می‌کند. هر سؤال بر مبنای مقیاس پنج امتیازی لیکرت (از  $0$  تا  $4$ )، امتیازبندی شده است. مقیاس توانایی مچ پا و پا و شاخص ورزشی توانایی مچ پا و پا به طور مجزا امتیازبندی شدند؛ نمره مقیاس سنجش توانایی پا و مچ پا در فعالیت‌های روزانه درصدی از

نمره کلی ۸۴ است، در حالی که نمره پرسش‌نامه مربوط به فعالیت‌های ورزشی درصدی از نمره کلی ۳۲ است.<sup>[۲۷]</sup> این پرسش‌نامه‌ها ابزاری پایا و معتبر برای ارزیابی عملکرد بدنی به طور خوداظهاری است. پایایی این پرسش‌نامه برای فعالیت بدنی روزانه و ورزشی به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۷ گزارش شده است.<sup>[۲۶]</sup> این مقادیر برای نسخه فارسی این پرسش‌نامه به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۴ گزارش شده است.<sup>[۲۷]</sup> به منظور ارزیابی تعادل پویا آزمون تعادل ستاره تعدیل شده که از آن به عنوان آزمون تعادل وای (Y) نیز نام برده می‌شود، استفاده شد. این آزمون یکی از روش‌های پایا و معتبر ارزیابی کنترل وضعیتی پویا است که به منظور تعیین نقص حسی-حرکتی مرتبط با بی‌ثباتی مژمن میچ یا به کار گرفته می‌شود.<sup>[۱۰]</sup> پایایی آزمون-بازآزمون (Test-retest Reliability) و درون‌گروهی (Inter-rater Reliability) این آزمون در افراد سالم بسیار خوب گزارش شده است (ضریب پایایی درونی به ترتیب ۰/۹۸ (Interclass correlation coefficient) و ICC=۰/۹۱ و ICC=۰/۹۱).<sup>[۲۴]</sup> این آزمون برای اندازه‌گیری کنترل عصبی-عضلانی و تغییرات مربوط به بازتوانی در مبتلایان به بی‌ثباتی عملکردی میچ یا مناسب است.<sup>[۲۸]</sup> برای اجرای آزمون، آزمودنی با پای آزمون در مرکز محل آزمون ایستاد (سه متر نواری چسبانده شده روی زمین به گونه‌ای که علامت صفر مترها در مرکز واقع شده بود و جهت یکی از آن‌ها به سمت قدامی بود و دو متر دیگر با متر جهت قدامی زاویه ۱۳۵ درجه داشتند) و در حالی که با پای دیگر تلاش می‌کرد تا بیشترین حد ممکن در سه جهت آزمون (قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی) ریش داشته باشد، تعادل خود را حفظ می‌کرد. در زمان رسیدن به بیشترین حد ریش، آزمودنی بسیار آهسته با پای ریش متر را لمس کرد و به وضعیت اولیه آزمون بازگشت. سپس، میزان فاصله ریش (که با تقسیم به طول پای فرد و ضربدر عدد ۱۰۰ نرمال شد) اندازه گرفته و به عنوان میزان اجرا لحاظ شد. طول پا از خار خاصره‌ای قدامی فوقانی (Anterior Superior Iliac ASIS=Spine) تا قوزک داخلی با متر نواری اندازه‌گیری شد. به این منظور آزمودنی در وضعیت خوابیده به پشت قرار گرفت، در حالی که زانوها در وضعیت اکستنشن و پاها ۱۵ سانتی‌متر از هم فاصله داشت.<sup>[۱۰]</sup> سپس گروه تجربی NASM تمرینات خود را به مدت هشت هفته و سه جلسه در هفته اجرا کردند (جدول ۱). این پروتکل شامل چهار مرحله تکنیک‌های مهارتی، کششی، فعال‌سازی و انسجام بود.<sup>[۲۴]</sup> از آزمودنی درخواست شد که پس از ۵ دقیقه گرم کردن، در برنامه اصلی تمرین (چهار مرحله) شرکت کند.

جدول ۱: پروتکل تمرینات اصلاحی NASM<sup>[۲۴]</sup>

مرحله	روش	عضله (عضلات)/حرکت	متغیرهای مهم
مهاری	رهاسازی مایوفاشیال توسط خود (SMR)	دوقلو خارجی، نازک‌نی، دوسررانی	نگهداری ناحیه حساس برای ۳۰ ثانیه
افزایش طول	کشش ایستا یا عصبی-عضلانی	دوقلو و نعلی، دوسر رانی	حفظ انقباض ایزومتریک برای ۳۰ ثانیه
فعال‌سازی	ایزومتریک وضعیتی و یا تقویتی مجزا	ساقی خلفی، ساقی قدامی، همسترینگ داخلی	۴ تکرار با افزایش شدت ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد یک تکرار بیشینه، یا ۱۰ تا ۱۵ تکرار همراه با ۲ ثانیه حفظ انقباض ایزومتریک و ۴ ثانیه حفظ انقباض برون‌گرا
انسجام	حرکت منسجم پویا	پله تعادل و تعادل ستاره و اسکات تک‌پا	۱۰-۱۵ تکرار کنترلی

همچنین آزمودنی‌های گروه تجربی تمرینات ترکیبی برنامه‌ی تمرینی تمرینات عصبی-عضلانی پیشرونده برگرفته از برنامه‌ی تمرینی Clark و Burden (۲۰۰۵) و تمرینات ثبات مرکزی را به صورت ترکیبی (هر جلسه) به مدت هشت هفته (سه جلسه در هر هفته) انجام دادند (جدول ۲).<sup>[۲۴]</sup> با توجه به اینکه سازگاری‌های عصبی در اجرای عضلانی در حدود چهار هفته ایجاد می‌شود و با توجه به پیشنهادات وبستر (۲۰۱۰) در مرور نظامند مداخلات بازتوانی عملکردی برای بی‌ثباتی مژمن میچ<sup>[۲۸]</sup>، مدت اجرای تمرینات هشت هفته بود. تمرینات بدین صورت طراحی شد که بین هفته اول با دوم، بین هفته سوم با پنجم و نیز بین هفته ششم با هشتم به تعداد تکرار تمرینی افزوده شد و به همین ترتیب اقدام به افزایش سختی تمرینات و اضافه کردن تمرینات جدید (تعداد تمرینات) شد. نوع تمرینات نیز از ساده به پیچیده پیشرفت داده شد. در تحقیق حاضر زمان استراحت بین هر ست و بین هر تمرین به نسبت یک به یک در نظر گرفته شد. تمرینات عصبی-عضلانی بر روی زمین و تخته تعادل با ابعاد ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و تخته تعادل با قطر ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر انجام شد (جدول ۳). آزمودنی‌های گروه تمرین ترکیبی، ابتدا تمرینات مندرج در جداول زیر را انجام دادند. سپس آزمودنی‌ها پس از انجام تمرینات عصبی-عضلانی، تمرینات ثبات دهنده مرکزی را پس از استراحت کوتاه انجام دادند. همچنین شدت این تمرینات نیز پس از پایان هر هفته افزایش پیدا کرد. این پروتکل برگرفته از تحقیق کال بود که در مقایسه با سایر پروتکل‌های تمرین‌های ناحیه مرکزی بدن هم به لحاظ تمرین‌های متنوع و ویژه و هم به لحاظ تعداد هفته‌ها و تعداد جلسات تمرینی در هفته و همچنین از نظر

سطح تمرین‌های پروتکل نسبتاً کاملی می‌باشد. تمرینات به این صورت بود که آزمودنی‌های گروه تمرینات ترکیبی ابتدا تمرینات عصبی-عضلانی را انجام دادند، سپس بلافاصله تمرینات ثبات‌دهنده‌ی مرکزی را نیز انجام دادند (جدول ۴).<sup>[۱۰]</sup>

جدول ۲: شرح تمرینات عصبی-عضلانی

شماره تمرین	نحوه اجرا
۱	ایستادن با پاهای موازی روی تخته و سپس تخته را به سمت عقب و جلو حرکت دادن ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه و سپس ۱۰ ثانیه استراحت
۲	ایستادن با پاهای موازی روی تخته تعادل و سپس تخته را به سمت طرفین حرکت دادن ادامه حرکت به مدت ۳۰ ثانیه و سپس ۱۰ ثانیه استراحت
۳	ایستادن روی تخته لغزان در حالی که پاها از یکدیگر کمی باز هستند (حدود ۲۰ درجه) و در حرکتی دورانی تخته را از جلو به سمت طرفین حرکت دادن ادامه حرکت را به مدت ۳۰ ثانیه و سپس ۱۰ ثانیه استراحت
۴	تکرار تمرینات ۱ تا ۳ در حالی که زانوها کمی خم است و دست‌ها روی باسن قرار گرفته است.
۵	ایستادن با پای آسیب‌دیده روی تخته و برای ۱۰ ثانیه تعادل تخته را حفظ کردن، تکرار تمرین در شش وهله با استراحت‌های ۱۰ ثانیه‌ای بین هر دو تکرار
۶	چنانچه در مرحله ۵ تعادل بدون به هم خوردن ثبات تخته حفظ شود، پس از آن تمرین با چشم بسته کامل می‌شود.

جدول ۳: پروتکل تمرینی عصبی-عضلانی در هفته‌های متوالی

مرحله	شماره تمرین-تعداد تکرار-وضعیت چشم
هفته ۱	ایستادن روی یک پا (سطح زمین)، ایستادن روی یک پا و بالا آمدن پای دیگر تا نزدیک شکم، اسکات با یک پا، روی یک پا ایستادن و انجام فعالیت‌های مثل گرفتن توپ (سطح زمین و وضعیت چشم به صورت باز می‌باشد).
هفته ۲	تمرینات هفته اول همراه با اسکات با یک پا تا زاویه ۳۰ تا ۴۵ (سطح زمین، وضعیت چشم به صورت بسته می‌باشد).
هفته ۳	تمرین ۱، تمرین ۲ (۱۰ تکرار با چشم باز)، آشنایی با تمرین ۳ روی پد، آشنایی با تمرین ۱ و ۲ با چشم بسته
هفته ۴	تمرین ۱، تمرین ۲ (۴ تکرار چشم باز و ۴ تکرار چشم بسته)، تمرین ۳ (۵ تکرار چشم باز)، آشنایی با تمرین ۳ (چشم بسته روی پد)
هفته ۵	تمرین ۱، تمرین ۲ (۴ تکرار چشم بسته)، تمرین ۳ (۵ تکرار چشم باز و ۵ تکرار چشم بسته)
هفته ۶	تمرین ۴ (۱)، تمرین ۴ (۲) ۱۰ تکرار چشم باز، آشنایی با تمرین ۴ چشم بسته
هفته ۷	تمرین ۴ (۱)، تمرین ۴ (۴ تکرار چشم باز و ۴ تکرار چشم بسته)، تمرین ۴ (۳) ۵ تکرار چشم باز و ۳ تکرار چشم بسته، آشنایی با تمرین ۵ روی پد
هفته ۸	تمرین ۴ (۱)، تمرین ۴ (۲) ۴ تکرار چشم بسته، تمرین ۴ (۳) ۵ تکرار چشم باز و ۵ تکرار چشم بسته، تمرین ۵ (در صورت تکمیل تمرین ۶ انجام می‌دهند).

جدول ۴: پروتکل تمرینی ثبات مرکزی

مرحله	تمرینات
هفته ۱	تمرینات پایین شکم، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (تمامی تمرینات در ۲ ست با ۱۰ تکرار انجام می‌شود).
هفته ۲	تمرینات پایین شکم، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (تمامی تمرینات در ۳ ست با ۱۰ تکرار انجام می‌شود).
هفته ۳	تمرینات پایین شکم (۲ ست با ۱۰ تکرار)، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (۲ ست با ۱۵ تکرار)
هفته ۴	تمرینات پایین شکم، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (۲ ست با ۱۵ تکرار)، پل در حالت دمر (۲ ست با ۱۰ ثانیه‌ای)
هفته ۵	تمرینات پایین شکم (۲ ست با ۱۰ تکرار)، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (۲ ست با ۲۰ تکرار)، پل در حالت دمر (۳ ست با ۱۰ ثانیه‌ای)
هفته ۶	تمرینات پایین شکم (۳ ست با ۱۰ تکرار)، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (۲ ست با ۲۰ تکرار)، پل در حالت دمر (۲ ست با ۱۵ ثانیه‌ای)
هفته ۷	تمرینات پایین شکم (۲ ست با ۱۰ تکرار)، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (۲ ست با ۲۵ تکرار)، پل در حالت دمر (۳ ست با ۱۵ ثانیه‌ای)
هفته ۸	تمرینات پایین شکم (۳ ست با ۱۰ تکرار)، نیمه‌درازنشست، پل از بغل، درازنشست با چرخش (۳ ست با ۲۵ تکرار)، پل در حالت دمر (۴ ست با ۱۵ ثانیه‌ای)

برای بررسی میزان تغییرات درون گروهی گروه‌های تحقیق در سه مرحله (پیش‌آزمون، پس‌آزمون اول، پس‌آزمون دوم) از Repeated Measures ANOVA استفاده شد و در صورت مشاهده تفاوت معنادار بین مراحل مختلف آزمون، از آزمون تعقیبی Sidak جهت مقایسه دو به‌دوی میانگین گروه‌ها استفاده گردید. همچنین از آزمون ANOVA جهت بررسی تفاوت بین گروهی در پیش‌آزمون و از آزمون (Analyze of Covariance (ANCOVA) (به جهت از بین بردن اثرات پیش‌آزمون) در پس‌آزمون استفاده شد و در

صورت مشاهده تفاوت معنادار بین گروه‌ها، از آزمون تعقیبی Tukey جهت مقایسه دو به‌دوی میانگین گروه‌ها استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) و در سطح آلفای کوچک‌تر و برابر ۰/۰۵ انجام شد.

### یافته‌ها

یافته‌ها نشان داد که بعد از اجرای پروتکل تمرینی و پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، تفاوت معناداری در میزان تغییرات درون‌گروهی مقیاس‌های "ویژگی‌های عملکردی" در گروه تمرین NASM (جهش جانبی) ( $P=0/001$ )، جهش هشت لاتین ( $P=0/001$ )، جهش سه‌گانه تک‌پا ( $P=0/001$ )، مقیاس توانایی مچ‌پا و پا (FAAM:  $P=0/001$ )، و گروه تمرین ترکیبی (جهش جانبی) ( $P=0/001$ )، جهش هشت لاتین ( $P=0/001$ )، مقیاس توانایی مچ‌پا و پا (FAAM:  $P=0/001$ )، و (FAAMsport:  $P=0/001$ ) وجود دارد. نتایج آزمون تعقیبی سیداک نشان داد که بین میزان تغییرات درون‌گروهی در پس‌آزمون اول نسبت به پیش‌آزمون، پس از پروتکل تمرینی تفاوت معناداری در شاخص‌های "عملکرد حرکتی" در گروه تمرین NASM (جهش جانبی) ( $P=0/016$ ;  $Md=0/325$ )، جهش هشت لاتین ( $P=0/003$ ;  $Md=0/4$ )، جهش سه‌گانه تک‌پا ( $P=0/001$ )، ( $Md=9/167$ ;  $P=0/001$ : FAAM) و (FAAM sport:  $P=0/001$ ;  $Md=6/167$ ) و گروه ترکیبی (جهش جانبی) ( $P=0/001$ ;  $Md=0/733$ )، جهش هشت لاتین ( $P=0/005$ ;  $Md=0/617$ )، جهش سه‌گانه تک‌پا ( $P=0/001$ ;  $Md=11/667$ )، مقیاس توانایی مچ‌پا و پا (FAAM:  $P=0/001$ ;  $Md=9/917$ ) و (FAAM sport:  $P=0/001$ ;  $Md=14/417$ ) وجود دارد. همچنین برای بررسی میزان ماندگاری اثر تمرینات NASM، در بررسی میزان تغییرات درون‌گروهی پس‌آزمون دوم نسبت به پیش‌آزمون، نتایج آزمون تعقیبی سیداک نشان داد که در گروه تمرین NASM در شاخص‌های جهش هشت لاتین ( $P=0/003$ ;  $Md=0/3$ ) و مقیاس توانایی مچ‌پا و پا (FAAM:  $P=0/001$ ;  $Md=4/333$ ) و (FAAM sport:  $P=0/001$ ;  $Md=5/333$ ) پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، اثر تمرینات NASM در این افراد بر شاخص‌های مذکور ماندگاری دارد، اما در شاخص جهش جانبی ( $P=0/065$ ;  $Md=0/225$ ) و جهش سه‌گانه تک‌پا ( $P=0/094$ ;  $Md=4/333$ ) پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، تفاوت معناداری بین میزان تغییرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون دوم مشاهده نشد که بیانگر عدم ماندگاری تاثیر تمرینات NASM بر این شاخص‌ها می‌باشد. همچنین برای بررسی میزان ماندگاری اثر تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی)، در بررسی میزان تغییرات درون‌گروهی پس‌آزمون دوم نسبت به پیش‌آزمون، نتایج آزمون تعقیبی سیداک نشان داد که در گروه تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی)، در شاخص‌های جهش جانبی ( $P=0/001$ ;  $Md=0/567$ )، جهش هشت لاتین ( $P=0/007$ ;  $Md=0/575$ ) و مقیاس توانایی مچ‌پا و پا (FAAM:  $P=0/001$ ;  $Md=9/417$ ) و (FAAM sport:  $P=0/001$ ;  $Md=13/083$ ) پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، اثر تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی)، در این افراد بر شاخص‌های مذکور ماندگاری دارد، اما در شاخص جهش سه‌گانه تک‌پا ( $P=0/998$ ;  $Md=1/25$ ) پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، تفاوت معناداری بین میزان تغییرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون دوم مشاهده نشد که بیانگر عدم ماندگاری تاثیر تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بر این شاخص می‌باشد. در بررسی میزان تغییرات بین گروهی نتایج آزمون کواریانس نشان داد که تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) اثر بیشتری بر شاخص توانایی مچ‌پا و پا، نسبت به تمرینات NASM دارد. همچنین هیچ‌گونه تفاوت معنادار در گروه کنترل در هیچ یک از متغیرهای عملکرد حرکتی، در بررسی میزان تغییرات درون‌گروهی در هیچ کدام از مراحل پس‌آزمون اول و دوم نسبت به پیش‌آزمون مشاهده نشد.

در شاخص تعادل پویا نتایج نشان داد که بعد از اجرای پروتکل تمرینی و پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، تفاوت معناداری در میزان تغییرات درون‌گروهی تعادل پویا در گروه تمرین NASM (جهت قدامی) ( $P=0/001$ )، جهت خلفی-داخلی ( $P=0/001$ ) و گروه تمرین ترکیبی (جهت قدامی) ( $P=0/002$ )، جهت خلفی-داخلی ( $P=0/001$ )، جهت خلفی-خارجی ( $P=0/001$ ) وجود دارد. همچنین هیچ‌گونه تفاوت معنادار در گروه کنترل در هیچ یک از جهت‌های قدامی ( $P=0/654$ )، خلفی-داخلی ( $P=0/211$ ) و خلفی-خارجی ( $P=0/37$ ) در بررسی میزان تغییرات درون‌گروهی در هیچ کدام از مراحل پس‌آزمون اول و دوم نسبت به پیش‌آزمون مشاهده نشد. نتایج آزمون تعقیبی سیداک نشان داد که بین میزان تغییرات درون‌گروهی در پس‌آزمون اول نسبت به پیش‌آزمون، پس از پروتکل تمرینی تفاوت معناداری در متغیر وابسته "تعادل پویا" در گروه تمرین NASM (جهت قدامی) ( $P=0/001$ ;  $Md=1/33$ )، جهت خلفی-داخلی ( $P=0/005$ ;  $Md=1/25$ ) و گروه ترکیبی (جهت قدامی) ( $P=0/001$ ;  $Md=3/75$ )، جهت خلفی-داخلی ( $P=0/001$ ;  $Md=3$ )، جهت خلفی-خارجی ( $P=0/004$ ;  $Md=2/583$ ) وجود دارد، اما در جهت خلفی-خارجی در گروه تمرین NASM پس از انجام پروتکل تمرینی در پس‌آزمون اول ( $P=0/099$ ) و پس‌آزمون دوم ( $P=0/542$ ) نسبت به پیش‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده نشد. همچنین برای بررسی میزان ماندگاری اثر تمرینات NASM، در بررسی میزان تغییرات درون‌گروهی پس‌آزمون دوم نسبت به پیش‌آزمون، نتایج آزمون تعقیبی



سیداک نشان داد که در گروه تمرین NASM (در شاخص جهت قدامی ( $Md=1/0.8$ ;  $P=0/0.02$ ), جهت خلفی-داخلی ( $P=0/0.04$ );  $Md=1/33$ ) و در گروه تمرینات ترکیبی (در شاخص جهت قدامی ( $Md=2/66$ ;  $P=0/0.01$ ), جهت خلفی-داخلی ( $P=0/0.01$ );  $Md=2/75$ ), جهت خلفی-خارجی ( $Md=2/5$ ;  $P=0/0.08$ )) پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، اثر تمرینات NASM و تمرینات ترکیبی در این افراد بر شاخص‌های مذکور ماندگاری دارد. در مقایسه بین گروهی نیز نتایج نشان داد که پس از اتمام پروتکل تمرینی، هر دو روش تمرینی سبب بهبود تعادل پویای این افراد می‌شود و همچنین تمرینات گروه ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) تأثیر بیشتری بر تعادل پویای افراد مبتلا به آسیب مزمن مچ پا دارد.

جدول ۵: ویژگی‌های عملکردی در پیش‌آزمون، پس‌آزمون اول و پس‌آزمون دوم گروه‌های تحقیق

گروه	شاخص‌های اندازه‌گیری	پیش‌آزمون	پس‌آزمون اول	پس‌آزمون دوم
کنترل	جهش جانبی (ثانیه)	۶/۲۲±۰/۸۱۷	۶/۲۴±۰/۷۱	۶/۳۰±۰/۵۷
	جهش هشت لاتین (ثانیه)	۱۰/۳۳±۰/۹۴	۱۰/۳۴±۰/۹	۱۰/۴۵±۰/۹۲
	جهش سه‌گانه تک‌پا (سانتی‌متر)	۳۵۸/۸۳±۲۶/۲۷	۳۹۰/۴۱±۲۷/۰۹	۳۸۰/۴۱±۲۷/۹۱
	پرسش‌نامه توانایی مچ FAAM	۷۷/۲۸±۵/۸	۷۶/۸۳±۵/۲۸	۷۶/۵۸±۵/۲۹
	پا و پا FAAM sport	۶۴/۲۵±۶/۰۳	۶۴/۶۶±۶/۰۸	۶۴/۵۹±۹/۴۶
گروه تمرین (NASM)	جهش جانبی (ثانیه)	۶/۳۱±۰/۷۴	۵/۹۹±۰/۷۳	۶/۰۹±۰/۶۴
	جهش هشت لاتین (ثانیه)	۱۰/۱۷±۰/۷۷	۹/۷۷±۰/۶۴	۹/۸۷±۰/۷۱
	جهش سه‌گانه تک‌پا (سانتی‌متر)	۳۸۷/۹۱±۲۹/۱۱	۳۹۷/۰۸±۲۷/۶۷	۳۹۲/۹۱±۲۸/۲۴
	پرسش‌نامه توانایی مچ FAAM	۷۶/۵±۶/۰۶	۸۱/۹۱±۵/۲۱	۸۰/۸۳±۵/۲
	پا و پا FAAM sport	۶۷/۲۵±۵/۱	۷۳/۴۱±۴/۳۷	۷۲/۵۸±۴/۰۷
گروه تمرین (ترکیبی)	جهش جانبی (ثانیه)	۶/۳۷±۰/۷	۵/۶۴±۰/۵۵	۵/۶۸±۰/۵۶
	جهش هشت لاتین (ثانیه)	۱۰/۲۵±۰/۶۶	۹/۶۴±۰/۵۴	۹/۶۸±۰/۵۶
	جهش سه‌گانه تک‌پا (سانتی‌متر)	۳۷۸/۷۵±۲۷/۶۵	۳۹۰/۴۱±۳۱/۷۲	۳۸۰±۳۶/۴۳
	پرسش‌نامه توانایی مچ FAAM	۷۷/۷۵±۶/۰۶	۸۷/۶۶±۳/۵۵	۸۷/۱۶±۳/۴۳
	پا و پا FAAM sport	۶۴/۶۶±۶/۵۹	۷۹/۰۸±۳/۹۴	۷۷/۷۵±۴/۱۸

جدول ۶: رنشی (نرمال شده) در جهت‌های آزمون تعادل ستاره تعدیل شده در گروه‌های تحقیق

گروه	موقعیت	پیش‌آزمون	پس‌آزمون اول	پس‌آزمون دوم
کنترل	جهت قدامی	۷۳/۴۱±۶/۹۶	۷۲/۵۸±۶/۰۳	۷۳/۲۵±۶/۶
	جهت خلفی-داخلی	۷۹/۱۶±۴/۱۳	۷۸/۹۱±۴/۲۳	۷۸/۷۵±۴/۱۱
	جهت خلفی-خارجی	۶۸/۲۵±۴/۰۹	۶۷/۷۵±۳/۳	۶۷/۷±۳/۱
گروه تمرین NASM	جهت قدامی	۷۴/۵۸±۵/۷۲	۷۵/۹۱±۶/۰۵	۷۵/۶۶±۶/۲۱
	جهت خلفی-داخلی	۷۸/۵±۴/۴۶	۷۹/۷۵±۵/۰۸	۷۹/۸۳±۴/۹۶
	جهت خلفی-خارجی	۶۶/۹۱±۴/۴	۷۰/۲۵±۹/۵۴	۷۰/۲±۹/۵
گروه تمرین ترکیبی	جهت قدامی	۷۳/۲۵±۶/۳۲	۷۷±۶/۷	۷۵/۹۱±۶/۴۸
	جهت خلفی-داخلی	۷۹/۵±۴/۷۷	۸۲/۵±۴/۴	۸۲/۲۵±۴/۴۳
	جهت خلفی-خارجی	۶۸/۸۳±۴/۵۸	۷۱/۳۳±۴/۱۸	۷۱/۳±۴/۱

## بحث

هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی مقایسه تأثیر و ماندگاری یک دوره تمرینات NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بر ویژگی‌های عملکردی و تعادل افراد مبتلا به آسیب مزمن یک طرفه مچ پا بود. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد یک دوره تمرینات NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) سبب بهبود ویژگی‌های عملکردی افراد مبتلا به آسیب مزمن مچ پا شد و همچنین بعد از گذشت چهار هفته پس از اتمام پروتکل تمرینی، در گروه تمرینات NASM، در شاخص‌های جهش هشت لاتین و مقیاس توانایی مچ پا و پا، اثر تمرینات NASM در این افراد بر شاخص‌های مذکور ماندگاری داشت و همچنین در گروه تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) در شاخص‌های جهش جانبی، جهش هشت لاتین و مقیاس توانایی مچ پا و پا، پس از گذشت چهار هفته

از اتمام پروتکل تمرینی، اثر تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی)، در این افراد بر شاخص‌های مذکور ماندگاری دارد. همچنین نتایج نشان داد تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) اثر بیشتری بر شاخص توانایی میچ پا و پا، نسبت به تمرینات NASM دارد. مقدار عملکرد گروه کنترل در پس‌آزمون، در مقایسه با پیش‌آزمون تغییر معناداری در امتیاز این پرسش‌نامه توانایی میچ پا و پا در فعالیت‌های ورزشی و روزمره نداشت که نشان می‌دهد برنامه تمرینی NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) در بازگرداندن عملکرد خوداظهاری مؤثر بوده است. همچنین نمرات آزمون‌های سه جهش تک‌پا، جهش جانبی و جهش هشت لاتین نیز بعد از انجام پروتکل تمرینی NASM و تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) افزایش معناداری داشت. احتمالاً تمرینات NASM (بخش تکنیک فعال‌سازی) و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) سبب بهبود قدرت عضلات چهارسر و همسترینگ در افراد شده و در نهایت سبب افزایش نمرات جهش تک‌پا، جهش جانبی و جهش هشت لاتین شده است. نتایج یک مطالعه الکترومیوگرافی نشان داده که عضلات سرینی میانی و سرینی بزرگ در طول عمل جهش به جلو با یک پا فعال هستند<sup>[۲۴]</sup>؛ بنابراین تقویت عضلات و افزایش احتمالی عملکرد عضلات سرینی میانی و بزرگ طی پروتکل تمرینات ترکیبی نیز می‌تواند دلیل احتمالی دیگری برای افزایش نمره آزمون سه جهش تک‌پا باشد. ناحیه مرکزی باثبات، انتقال مؤثر نیروها را از زمین برای ایجاد حرکات و یا تولید گشتاور در اندام‌ها تسهیل می‌کند. تنه قوی و پایدار یک پایه و اساس محکم و استوار را برای گشتاورهای ایجادشده در اندام‌ها فراهم می‌کند.<sup>[۲۹]</sup> کنترل قدرت، تعادل و حرکت ناحیه مرکزی بدن، عملکرد زنجیره حرکتی اندام‌های فوقانی و تحتانی را افزایش می‌دهد.<sup>[۳۳]</sup> مطالعات گذشته پیش‌فعال‌سازی عضلات اندام تحتانی و عضلات تنه قبل از تماس با زمین طی حرکات پرش و فرود را نشان داده‌اند؛ به طوری که هنگام انجام حرکات پرش و فرود، هماهنگی عصبی-عضلانی عضلات تنه و اندام تحتانی نقش مهمی در فعالیت‌های عملکردی همچون جذب نیرو، جلوگیری از سقوط تنه، تولید نیرو و کنترل جهت پرش دارد.<sup>[۲۹]</sup> Lida و همکاران افزایش فعالیت عضلات مؤرب خارجی، راست شکمی و دوقلو را قبل از تماس با زمین طی فرود نشان دادند و بیان کردند که این عضلات برای آماده‌سازی برای ضربه فرود با افزایش سفتی مفصل میچ پا و فشار درون شکمی فعال شده‌اند و به عنوان کنترل پیش‌بین پوسچرال برای جذب نیرو عمل می‌کنند.<sup>[۲۹]</sup> حال با توجه به این که آزمون‌های سه جهش تک‌پا، جهش هشت لاتین و جهش جانبی نیازمند حرکات پرش و فرود متوالی هستند، افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی عضلات تنه و اندام تحتانی متعاقب پروتکل تمرینی گروه ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) و تأثیر مثبت آن در عمل پرش و فرود، احتمالاً می‌تواند دلیلی برای افزایش عملکرد در آزمون‌های جهشی در این مطالعه باشد، زیرا افزایش در جمع نیروهای عضلانی در عضلات مرکزی بدن باعث افزایش کلی تولید نیرو در اندام‌های فوقانی و تحتانی می‌شود و عضلات مرکزی ضعیف باعث تسریع در انتقال انرژی شده که این امر منجر به افزایش عملکرد ورزشی می‌شود.<sup>[۲۴]</sup> آزمون جهش هشت لاتین نیازمند انجام حرکات چرخشی و برشی و آزمون جهش جانبی نیازمند حرکات برشی بوده و انجام موفق آن‌ها احتیاج به هماهنگی عصبی-عضلانی بالایی دارد. مطالعات الکترومیوگرافی نشان داده‌اند که انجام حرکات برشی، نیازمند فعالیت هماهنگ و هم‌انقباضی عضلات همسترینگ، چهارسرانی و سرینی بزرگ و سرینی میانی است.<sup>[۳۰]</sup> افزایش هماهنگی عصبی-عضلانی و همچنین افزایش زمان عکس‌العمل در عضلات مذکور (مخصوصاً سرینی میانی و بزرگ) در اثر انجام پروتکل تمرینی، احتمالاً می‌تواند باعث کاهش رکورد آزمودنی‌ها (پیشرفت) در آزمون‌های جهش هشت لاتین و جهش جانبی بعد از پروتکل تمرینی شده باشد.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر، تمرینات اصلاحی NASM، باعث میزان بهبود ویژگی‌های عملکردی شد. به دلیل عدم وجود مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر این تمرینات بر ویژگی‌های عملکردی بپردازد، امکان مقایسه چندانی نبود. مطالعه Hanten و همکاران (۲۰۰۰) که از دو تکنیک SMR و کشش استفاده کرده بودند<sup>[۳۱]</sup> با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد. می‌توان بیان کرد با توجه به اینکه تمرینات استفاده‌شده در گروه NASM، در مطالعه حاضر، احتمالاً سبب افزایش قدرت عضلات ناحیه میچ پا شده است و با توجه به اینکه کاهش قدرت عضلانی یکی از عوامل مهم در ایجاد پیچ‌خوردگی میچ پا می‌باشد<sup>[۳۱]</sup>، سبب بهبود قدرت عضلانی و در نهایت بهبود ویژگی‌های عملکردی و افزایش نمرات جهش سه‌گانه در این افراد شده است. همچنین احتمالاً استفاده از تکنیک‌های رهاسازی مایوفاشیال، منجر به ایجاد پاسخ مهاری در دوک عضلانی و آزادسازی عضلات سفت و کوتاه شده می‌گردد<sup>[۳۴]</sup> و در نهایت سبب بهبود توانایی میچ پا و پا در فعالیت‌های روزمره و ورزشی و کاهش زمان اجرای آزمون جهش جانبی، آزمون جهش هشت لاتین می‌شود.

Sekr و همکاران<sup>[۳۲]</sup> در تحقیقی نشان دادند که افراد با سابقه اسپرین میچ پا، نقص‌های عملکردی دارند، در حالی که Kerry و همکاران<sup>[۳۳]</sup> اعتقاد داشتند که اسپرین میچ پا بر عملکرد واقعی تأثیر منفی ندارد و افرادی که سابقه اسپرین دارند، هیچ‌گونه نقص و ناتوانی عملکردی ندارند. احتمالاً این مغایرت به دلیل نوع آزمون‌های استفاده‌شده در این تحقیقات است که شامل آزمون دوی رفت و برگشت و آزمون جهش چابکی در مسیر مستقیم است. این آزمون‌ها فشار کمی بر ساختارهای جانبی و لیگامنت‌های جانبی میچ پا وارد می‌کند و ممکن است به خوبی قادر به شناسایی نقص‌های فانکشنال در افراد مبتلا به اسپرین مزمن میچ پا نباشند، اما آزمون‌های جهش به شکل هشت لاتین و جهش جانبی که در تحقیقات اخیر استفاده شده، با اعمال فشارهای جانبی و چرخشی بر میچ پای افراد، موجب آشکار شدن

نقص‌ها و محدودیت‌های فانکشنال می‌شود. همچنین تفسیر احتمالی ناهمسویی نتایج مطالعه حاضر با مطالعات نامبرده را می‌توان در تفاوت سنی و جنسی آزمودنی‌ها، نوع محیط، شدت و مدت تمرینات و دیگر عوامل اثرگذار جست‌وجو کرد.

مشابه نتایج این تحقیق Rozi و همکاران (۲۰) گزارش کرده‌اند که انجام چهار هفته تمرینات تعادلی در گروه افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ با امتیاز ابراز ارزیابی عملکرد مچ پا را در مقایسه با گروه کنترل سالم به طور معناداری افزایش داده بود. Clark و Burden<sup>[۲۸]</sup> نیز با استفاده از همین پرسش‌نامه گزارش کرده‌اند که مقادیر درک ثبات مفصل مچ پا پس از انجام چهار هفته تمرینات تعادلی روی تختۀ تعادل افزایش معناداری نشان داد. McKeon و همکاران<sup>[۲۷]</sup> نیز نشان داده‌اند که انجام چهار هفته تمرینات تعادلی پویا می‌تواند به ارتقای عملکرد خوداظهاری اندازه‌گیری شده توسط پرسش‌نامه شاخص ناتوانی مچ پا و پا در فعالیت‌های روزانه و ورزشی افراد غیرورزشکار مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا منجر شود. در همین خصوص، Webster و همکاران<sup>[۲۸]</sup> در مرور نظام‌مند مداخلات بازتوانی عملکردی برای بی‌ثباتی مزمن مچ پا اظهار داشته‌اند که استفاده از تمرینات بازتوانی زنجیره بسته به مدت چهار تا شش هفته و سه تا چهار جلسه در هفته به بهبود معنادار در عملکرد خوداظهاری افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا منجر می‌شود که همسو با نتایج تحقیق حاضر است. Clark و Burden<sup>[۲۸]</sup> نیز پس از اجرای چهار هفته تمرینات تختۀ تعادل و تختۀ لغزان در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا کاهش معناداری در تأخیر زمان شروع فعالیت عضلات نازک‌نی و درشت‌نی قدامی گزارش کردند. با توجه به نتایج دو مطالعه مذکور، بهبود مشاهده شده در عملکرد خوداظهاری نمونه‌های مطالعه حاضر در گروه تمرین NASM و ترکیبی، احتمالاً می‌تواند به دلیل تغییر در تحریک‌پذیری قشر-حرکتی عضلات ثبات‌دهنده ناحیه مچ پا باشد. دلیل احتمالی دیگر بهبود مشاهده شده در عملکرد خوداظهاری گروه تمرین NASM و ترکیبی احتمالاً می‌تواند بهبود کنترل وضعیتی پویای آن‌ها باشد. همچنین به نظر می‌رسد تمرینات NASM و ترکیبی که شامل تمرینات قدرتی نیز می‌باشد، با بهبود عملکرد پلان‌تارفلکسورها و همچنین تقویت لیگامنت‌های اطراف مچ پا موجب کاهش فشارهای وارده به مفصل مچ و بهبود نمرات به دست آمده در پرسش‌نامه توانایی مچ پا و پا در افراد مبتلا به آسیب مزمن مچ پا شود. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بعد از اجرای پروتکل تمرینی و پس از گذشت چهار هفته از اتمام پروتکل تمرینی، تمرینات NASM سبب بهبود تعادل پویا (افزایش میزان ریش جهت قدامی، جهت خلفی-داخلی) شد و همچنین تمرینات ترکیبی عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی سبب بهبود تعادل (افزایش میزان ریش در جهت قدامی، جهت خلفی-داخلی، جهت خلفی-خارجی در آزمون تعادلی Y) شد. در مقایسه بین میزان تاثیرات روش‌های تمرینی، نتایج نشان داد که تمرینات گروه ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) به طور معناداری عملکرد بهتری در جهت‌های سه‌گانه آزمون تعادلی Y به دنبال هشت هفته تمرینات مربوطه داشت. Sheri و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای با هدف ارزیابی تأثیر یک برنامه چهار هفته‌ای توان‌بخشی بر روی تعادل و عملکرد پایین‌تنه در افراد دارای ناپایداری مزمن مچ پا انجام دادند. پس از مقایسه گروه کنترل و تجربی نتایج نشان داد نقص‌های عملکردی و تعادلی در آزمودنی‌های دارای ناپایداری مزمن مچ پا وجود دارد و برنامه توان‌بخشی قادر است این ناپایداری کاهش را دهد.<sup>[۳۴]</sup> بیان علل و مکانیزم‌های توجیه‌کننده بهبود تعادل مستلزم آن است که به اجزای گوناگون سیستم حسی-حرکتی مسئول حفظ تعادل اشاره شود. این سیستم شامل بخش‌های حسی، حرکتی و اجزای پردازش‌کننده مرکزی است. باید توجه داشت که تمرینات تعادلی نیازمند پاسخ‌های کنترل حرکتی در سطح ساقه مغز می‌باشد. با استفاده از تمرینات تعادلی می‌توان کنترل حرکتی را در تمامی سطوح آن بهبود داد که این امر از اصول مهم توان‌بخشی تعادل و حس عمقی است، زیرا کنترل حرکتی مناسب نیازمند پاسخ‌های رفلکسی در سطح نخاع، عکس‌العمل‌های پاسچرال و تعادلی خودبخودی در سطح ساقه مغز و پاسخ‌های آگاهانه در سطح کورتکس می‌باشد.<sup>[۲۰]</sup> انتظار بر این بود که که تمرینات NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) بتواند به ظرفیت استراتژی ران برای جبران کمبودها در ناحیه مچ کمک کند و با تقویت عضلات مرکزی بتواند بر کنترل فیدفوروارد (تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین) و فیدبک (تعدیل‌های پاسچرال جبرانی) افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا اثر بگذارد و موجب بهبود تعادل در آن‌ها شود. در کنترل فیدفوروارد تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین به گونه‌ای است که فعال‌سازی عضلات پاسچرال (مرکزی) اندکی پیش از وقوع حرکت در اندام‌ها اتفاق می‌افتد.<sup>[۳۳]</sup> تعادل به عنوان یک مهارت مرکب و چندمفصلی به سبب‌پذیری-های عضلانی و تعدیل‌های مناسب نیاز دارد و مستلزم آن است که تعامل بین مفاصل در زنجیره‌ی حرکتی رعایت شود تا انتقال و جذب نیروهای داخلی و خارجی در زمان و اندازه مناسب برای کنترل حرکت فراهم آید. در حرکات چندمفصلی سگمنت‌های اندام باید از نظر زمانی و فضایی هماهنگ باشد تا حرکات انجام شود. وظیفه کنترل حرکت چند مفصل، بسیار متفاوت از کنترل یک مفصل است.<sup>[۳۳]</sup> حرکات چندمفصلی صرفاً از مکانیسم کنترلی سیستم تک‌مفصلی یعنی نسبت طول-تنش (Tension–Length) و نیرو-سرعت (Velocity–Force)، تبعیت نمی‌کند. به منظور سازماندهی حرکات چندمفصلی، فاکتورهای نورولوژیکی و بیومکانیکی خاصی باید در نظر گرفته شود تا هماهنگی در اجرای حرکت با توجه به تفسیر اطلاعات حسی به صورت پیش‌بین واکتشی تنظیم و عملی شود. همراه شدن حرکت دو مفصل مختلف، در اثر مکانیک اندام و عملکرد عضلات چندمفصلی، کنترل حرکت را پیچیده می‌سازد.<sup>[۳۳]</sup> در حرکاتی که چندین مفصل در طول زنجیره‌ی حرکتی نتیجه‌ی نهایی را فراهم آورند، حداکثر قابلیت انجام حرکات در وابسته به ضعیف‌ترین سگمنت

زنجیره حرکتی است، بدین معنی که ضعیف‌ترین بخش زنجیره، تعیین‌کننده‌ی کیفیت حرکت است. از این رو تا زمانی که در یک مفصل نقص وجود داشته باشد، انتقال و جذب نیرو در طول زنجیره‌ی حرکتی محدود می‌شود، در نتیجه شاید افزایش در ظرفیت دیگر مفاصل قادر به جبران نقص در مفصل آسیب‌دیده در طول زنجیره‌ی [۲۳] Hale و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کرده‌اند که به دنبال انجام یک برنامه جامع بازتوانی تمرینات سنتی شامل تمرینات تعادلی، امتیاز آزمون ستاره در گروه تمرین، در مقایسه با گروه کنترل بهبود بیشتری داشته است. در این مطالعه نشان داده شده است که انجام تمرینات جامع بازتوانی می‌تواند بر کاهش نقص‌های ایجادشده در اندام تحتانی تأثیر داشته باشد، با این حال هنوز مشخص نیست که کدام مؤلفه تمرینات جامع بیشترین تأثیر را در به حداقل رساندن این نقص‌ها داشته است. [۲۵] انجام تمرینات تخته تعادل فرد باید با تنظیم حرکات بدنش در حالی که یک یا هر دو پایش روی تخته قرار گرفته، تخته تعادل یا لغزان را چرخش دهد. روش انجام آزمون تعادل ستاره نیز نیازمند انجام الگوی حرکتی مشابهی است، به طوری که فرد با کنترل وزن خود روی پای که بر زمین قرار دارد با پای دیگر خود، در جهت‌های مختلف عمل ریش را انجام می‌دهد. [۱۹] در گروه تمرینات NASM، تکنیک‌های افزایش طول با بهبود دامنه حرکتی مفاصل، انعطاف‌پذیری عضلات و روابط بیومکانیکی قسمت‌های مختلف بدن و در نتیجه افزایش کارایی استراتژی‌های مورد نیاز تعادل، به خصوص استراتژی میچ، سبب بهبود تعادل و کنترل پاسچر می‌شود. از طرف دیگر، اگر مدت زمان اعمال کشش کوتاه باشد، سبب تحریک گیرنده‌های عمقی در عضلات و تاندون‌ها می‌شود و به این طریق می‌تواند بر جزء دوم مکانیسم کنترل پاسچر یعنی بخش عصبی کنترل پاسچرال تأثیر بگذارد. بنابراین تکنیک افزایش طول با بهبود عملکرد سیستم اسکلتی-عضلانی و افزایش خروجی‌های دوک عضلانی می‌تواند باعث بهبود ثبات پاسچرال و تعادل در افراد شوند. [۲۴] با کاربرد کشش ایستا حجم اطلاعات ارسالی از این گیرنده‌ها به سیستم عصبی مرکزی افزایش یافته و تنظیم دقیق‌تر حرکات مفصلی امکان‌پذیر می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت از طریق افزایش درون داده‌های حس عمقی و پوستی می‌تواند باعث بهبود کنترل پاسچر شود. پس از مرحله‌ی فعال‌سازی عضلات از تکنیک انسجام که آخرین جزء از زنجیره حرکات اصلاحی NASM می‌باشد، استفاده شد. در مجموع، حرکات منسجم پویا، ظرفیت عملکردی سیستم حرکت انسان را به وسیله افزایش کنترل عصبی-عضلانی چندصحنه‌ای، بهبود می‌بخشد. این هدف، با تمریناتی که بر همکاری عضلات پایدارکننده و حرکتی بدن است، کسب می‌شود. [۲۱] حرکات منسجم پویا، شامل حرکت کنترل شده و با بار کم در وضعیت بدنی ایده‌آل می‌باشد. این کار کمک می‌کند تا مفاصل در راستای صحیح باقی بمانند، عضلات در قالب روابط طول-تنش صحیح عمل نمایند و بکارگیری عضلات همکار، به شکل مطلوب صورت گیرد. [۲۴] و در نهایت سبب افزایش میزان ریش در آزمون تعادلی Y شود.

از طرفی دیگر، تمرینات زنجیره حرکتی بسته تخته تعادل نیز از جمله تمریناتی است که به کسب پاسخ‌های بازتابی کمک می‌کند و در اجرای این تمرینات، استفاده از چشمان باز و بسته و سطوح انعطاف‌ناپذیر به سختی این تمرینات می‌افزاید. [۲۰] برنامه تمرینی گروه تمرینات ترکیبی (بخش تمرینات عصبی-عضلانی) مطالعه حاضر با استفاده از تخته تعادل و تخته لغزان انجام شد. تخته تعادل و تخته لغزان غالباً به عنوان وسیله اصلی در پروتکل‌های بازتوانی اسپرین حاد و نیمه‌حاد استفاده می‌شود. نتایج مطالعه Webster و همکاران (۲۰۱۰) در مرور نظام‌مند مداخلات بازتوانی عملکردی برای بی‌ثباتی مزمن میچ پا نیز تأکید دارد که انجام تمرینات تخته تعادل در بازتوانی مراحل چندگانه بی‌ثباتی میچ پا بسیار تأثیرگذار است [۲۸] که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوان می‌باشد. برخی مطالعات عنوان نموده‌اند که در هنگام انجام آزمون تعادلی Y در جهت قدامی، انعطاف‌پذیری و قدرت دورسی فلکسورهای میچ پا و همچنین، فعالیت اکستریک عضله چهارسرانی پای درگیر، دو عامل مهم در تعیین میزان توانایی افراد در انجام آزمون تعادلی Y می‌باشد. [۲۶] بر اساس یافته‌های پیشین، به نظر می‌رسد که عضله گلوئوس مدیوس از طریق ثبات‌دهی به لگن، در انجام فعالیت‌های پویا در صفحه ساجیتال نقش مهمی را ایفا می‌نماید. [۲۳] در مطالعه حاضر نیز این گونه می‌توان استنباط نمود، با توجه به اینکه انجام تمرینات ثبات‌دهنده‌ی تنه در گروه تمرین ترکیبی سبب درگیری عضله گلوئوس مدیوس می‌شود، احتمال می‌رود تفاوت معنادار اختلاف نمره تعادل بین دو گروه با تأثیر این تمرینات بر این عضله مرتبط باشد.

## نتیجه‌گیری

از نتایج پژوهش می‌توان این‌گونه استنباط کرد که انجام هشت هفته تمرینات NASM و ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) سبب بهبود ویژگی‌های عملکردی و دامنه حرکتی و کنترل پاسچر افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن میچ پا می‌شود، اما تمرینات ترکیبی (عصبی-عضلانی و ثبات مرکزی) نسبت به تمرینات NASM، بهبود بهتری را در ویژگی‌های عملکردی و دامنه حرکتی و کنترل پاسچر افراد مبتلا به پیچ‌خوردگی مزمن میچ پا ایجاد می‌نماید. به عبارت دیگر، نتایج تحقیق حاضر اهمیت نقش عضلات ناحیه پروگزیمال را در کاهش و جلوگیری از پیچ‌خوردگی و مشکلات میچ پا مورد تأیید قرار می‌دهد و یادآور این موضوع است که در توان‌بخشی میچ پا باید به کل زنجیره‌ی حرکتی توجه شود و علاوه بر تمرینات رایج که به تقویت و کشش عضلات میچ پا و اندام تحتانی می‌پردازد، تمرینات عصبی-عضلانی و ثبات‌دهنده‌ی مرکزی نیز به کار گرفته شود. در نهایت می‌توان ذکر کرد که تصمیم‌گیری قطعی در مورد رد و یا پذیرش تمرینات

پروکسیمال در بازتوانی آسیب‌های ورزشی با اتکا به پژوهش‌های محدود میسر نیست و نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه دارد و همچنین انجام تحقیقات بیشتر در جهت بررسی تأثیر پایداری این برنامه در بازتوانی و پیشگیری از آسیب مجدد پیشنهاد نیاز می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری آقای آزاد محمدی (رشته آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی) می‌باشد. بدین‌وسیله از تمام عزیزانی که در انجام تحقیق حاضر ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

### منابع

1. Sadeghipour HR, Rahnama N, Bambaiechi E, Kheirdeh M. Effect of Star Excursion Balance Training on ankle sprain injury rehabilitation. *J Res Rehabil Sci* 2014; 10 (1): 123-130.
2. Hubbard TJ, Hicks-Little CA. Ankle ligament healing after an acute ankle sprain: an evidence-based approach. *J Athl Train* 2008; 43: 523– 529.
3. Beynnon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *J Athl Train*; 2002, (4)37; p: 376-80.
4. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football: an analysis of ankle sprains. *Br J Sports Med* 2003; 37: 233-238.
5. Trojian TH, Mc keag. Single leg balance test to identify risk of ankle sprain. *Br J Sports Med* 2014; 610-613.
6. Brownstein B, Bronner Sh. Functional movement in orthopaedic and sport physical therapy. New York (NY): Churchill Livingstone; 1997. P.73-81.
7. Garrett Caughlan, ET. A 4-week neuromuscular training program on gait pattern at the ankle joint. *J Athl Train*. 2007; 42(1):51-59.
8. Rieman BL. Is there a link between chronic ankle instability and postural instability? *J Athl Train*. 2002 Dec; 37(4):386-93.
9. McKeon P.O. and J Hertel. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part II: is balance training clinically effective. *J Athl Training*. 2008; 43(3): p. 305-15.
10. Olmsted L.C., C.R Carcia, J Hertel, and S.J Shultz. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Training*. 2002;37(4):pp:501-6.
11. Demeritt KM, Shultz SJ, Docherty CL, Gansneder BM, Perrin DH. Chronic ankle instability does not affect lower extremity functional performance. *J Athl Train*. 2002 Dec;37(4):507-11
12. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Bukley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J Athl Train*. 2004 Dec; 39(4):321-9.
13. Gutierrez G, Kaminski T, Douex A. Neuromuscular control and ankle instability. *PM&R*. 2009; 1(4): 359-65.
14. King MA. Functional stability for the upper quarter. *Athl Ther Today* 2000; 5(2): 17-21.
15. Santilli V, Frascarelli MA, Paoloni M, et al. Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability. *Am JSports Med* 2005; 33(8): 1183-1187.
16. Murphy, D. F., Connolly, D. A. J., & Beynnon, B. D. Risk factors for lower extremity injury: A review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 2003, 37, 13–29.
17. McKeon P.O., 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. *Med Sci Sport Exer*. 2008; 40(10): p. 1810-19.
18. Verhagen EALM, Van der Beek AJ, Bouter LM, Bahr RM, Van Mechelen W. A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *Br J Sports Med* 2003, 38: 477– 481.
19. Gauffin H, Tropp H, Odenrick P. Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med*, 1998, 9 (2), p: 141–144.
20. Rozzi S., S. Lephart, R. Sterner, and L. Kuligowski. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sport Phys*. 1999; 29(8): p. 478-86.
21. Clark V.M. and A.M. Burden. A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with a functionally unstable ankle. *Phys Ther Sport*. 2005; 6(4): p. 181-7.
22. Handoll H., B. Rowe, K. Quinn, and R. De Bie. Interventions for preventing ankle ligament injuries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2001; 3.
23. Abbasi, H., Alizadeh, M., daneshmandi, H., Barati, A. The effects of functional training, extra functional and a combination on dynamic balance in athletes with functional ankle instability. *Journal of Sports Medicine*. 2015, 7(17), p: 34-15. [In Persian]

24. Clark M, Lucett S. NASM essentials of corrective exercise training: Lippincott Williams & Wilkins; 2015. P.99 & 200-230.
25. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med* 1991;19:513-518.
26. Martin R. et al. Van Swearingen. Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int.* 2005; 26 (11): p. 968-83.
27. Mazaheri M., M. Salavati, H. Negahban, S.M. Sohani, F. Taghizadeh, A. Feizi, A. Karimi, and M. Parnianpour. Reliability and validity of the Persian version of foot and ankle ability measure (FAAM) to measure functional limitations in patients with foot and ankle disorders. *Osteoarthr Cartilage.* 2010; 18(6): p. 5-759.
28. Webster K.A. and P.A. Gribble. Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: a systematic review. *J Sport Rehabil.* 2010; 19(1): p.98-4.
29. Behm DG, Leonard AM, Young WB, C. Bonsey WA, Mackinnon SN. Trunk Muscle Electromyographic Activity With Unstable and Unilateral Exercises. *J Strength Cond Res* 2005; 19(1): 193-201.
30. Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, Padua DA. Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; 39(7): 532-40.
31. Hanten WP, Olson SL, Butts NL. Effectiveness of a home program of ischemic pressure followed by sustained stretch for treatment of myofascial trigger points. *Physical therapy.* 2000; 80(10):997-1003.
32. Sekir U, Yildiz Y. Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Sports Traumatology Knee .Journal of sport Med,* 2014; PP: 654-664.
33. Kerry M, Sandra J. Chronic Ankle Instability Does Not Affect Lower Extremity Functional Performance. *Journal Athl Train,* 2002; 37(4), PP: 507-511.
34. Sheri A. The effect of 4 week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *J Orthop Spo Phys Ther.* 2007;37(6),303-311.
35. Hale S.A., J Hertel, and L.C. Olmsted-Kramer. The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *J Orthop Sport Phys.* 2007; 37(6): p. 303-11.
36. McCaskey A. The effects of core stability training on star excursion balance test and global core muscular endurance. [MSc Thesis]. Toledo, Spain: University of Toledo, College of Health Science and Human Service; 2011:15-49.