

## مقایسه تأثیر تمرینات فانکشنال، اکسترافانکشنال و ترکیبی بر تعادل پویای

### ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا

حامد عباسی<sup>۱</sup>، محمدحسین علیزاده<sup>۲</sup>، حسن دانشمندی<sup>۳</sup>، امیرحسین براتی<sup>۴</sup>

۱-استادیار پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی\*

۲- دانشیار دانشگاه تهران

۳- دانشیار دانشگاه گیلان

۴- استادیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۱۴

### چکیده

هدف از این پژوهش مقایسه تأثیر تمرینات فانکشنال (هایپنگ)، اکسترافانکشنال (ثبات مرکزی) و ترکیبی (هایپنگ و ثبات مرکزی) بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا بود. آزمودنی‌ها به صورت هدفمند با پرسشنامه تشخیص بی‌ثباتی عملکردی مچ پا انتخاب و به شکل تصادفی در گروه‌های تمرین فانکشنال، اکسترافانکشنال، ترکیبی و کنترل جای گرفتند. آزمون تعادلی وای پیش و پس از شش هفته مداخله انجام شد. نتایج نشان داد که گروه‌های تمرین فانکشنال و ترکیبی نسبت به گروه‌های اکسترافانکشنال و کنترل به‌طور معناداری عملکرد بهتری در آزمون تعادل داشتند. بین گروه تمرین فانکشنال و ترکیبی نیز تفاوت معناداری یافت نشد تا نشانگر برتری تمرینات ترکیبی بر تمرینات فانکشنال باشد. بر اساس نتایج، اثربخشی تمرینات اکسترافانکشنال برخلاف تمرینات فانکشنال بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا مشاهده نشد. توصیه می‌شود که از تأکید بر تمرینات ثبات مرکزی مادامی‌که اثربخشی آن‌ها در پروتکل‌های بازتوانی ثابت نشده است خودداری شود.

**واژگان کلیدی:** هایپنگ، ثبات مرکزی، ثبات وضعیتی، بی‌ثباتی مچ پا

Email: hamedabbasi26@gmail.com

\*نویسنده مسئول:

### مقدمه

مطالعات همه‌گیرشناسی نشان داده‌اند که ۱۰ تا ۳۰ درصد تمام آسیب‌های ورزشی با مچ پا مرتبط هستند که ۷۵ درصد آن‌ها را اسپرین شامل می‌شود. باوجود شیوع بالا و شدت علائم محدودکننده در پی آسیب اولیه، اسپرین مچ پا اغلب به‌عنوان یک آسیب نه‌چندان جدی تلقی می‌شود که خیلی زود با کمترین درمان بهبود می‌یابد (دوهرتی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴، ص. ۱۲۳-۱۴۰). بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به‌عنوان یکی از عوارض شایع به دنبال اسپرین اولیه مچ پا حادث و از شایع‌ترین عوارض ناتوان‌کننده اسپرین حاد مچ پا تلقی می‌شود. بی‌ثباتی عملکردی مچ پا به تمایل مچ پا برای خالی کردن و اسپرین‌های مکرر اطلاق می‌شود و در اثر ناتوانی حفظ ثبات مفصل مچ پا در هنگام فعالیت‌ها ایجاد می‌شود (فریمن، دین و هنهام<sup>۲</sup>، ۱۹۶۵، ص. ۶۷۸-۶۸۵). احساس خالی کردن و بی‌ثباتی در مچ پا، فرد را در معرض اسپرین مجدد قرار می‌دهد. اسپرین مچ پا و به دنبال آن بروز بی‌ثباتی بر عملکرد ورزشی و فعالیت زندگی روزانه افراد مبتلا به‌ویژه ورزشکاران تأثیر گذارده و منجر به محدودیت و محرومیت فرد مبتلا از حضور در فعالیت می‌شود (مک کون، هابارد و ویکستروم<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲).

بی‌ثباتی مچ پا به‌عنوان یک وضعیت چندعاملی دربرگیرنده عوامل نورولوژیکی، عضلانی و حسی و حرکتی محسوب می‌شود. نارسایی و افت تعادل در افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا گزارش شده است (آرنولد و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹، ص. ۱۰۴۸-۱۰۶۲). از آنجایی که حفظ تعادل اساس عملکرد مطلوب به شمار می‌رود، بر بازیابی تعادل به‌عنوان بخش مهمی از برنامه بازتوانی و برگشت به فعالیت تأکید شده است (کلانتون و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۴۷۱-۴۷۴). اثرات تمرینات ورزشی مختلف به‌عنوان روش‌های محافظه‌کارانه در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفته است (صمدی و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۴، ص. ۷۳-۹۰). رویکرد غالب برای بهبود کنترل پاسچرال، عمدتاً شامل تمرینات با رویکرد فانکشنال<sup>۷</sup> از قبیل تمرینات تعادلی (ورتمن و دوهرتی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۱۴۳-۱۴۹)، قدرتی (اسمیت و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۲۸۲)، عصبی-عضلانی

- 
1. Doherty, Delahunt, Caulfield, Hertel, Ryan, & Bleakley
  2. Freeman, Dean, & Hanham
  3. McKeon, Hubbard, & Wikstrom
  4. Arnold, De la Motte, Linens & Ross
  5. Clanton, Matheny, Jarvis & Jeronimus
  6. Samadi, Rajabi, Alizadeh & Jamshidi
  7. Functional Approach
  8. Wortmann & Docherty
  9. Smith, Docherty, Simon, Klossner & Schrader

(مان، سالیوان و اشناپدرزا، ۲۰۱۰، ص. ۲-۱۲)، دامنه حرکتی (ترادا، پیترسمون و گریبل<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۶۹۶-۷۰۹) بوده است. باوجود اثربخشی نسبی روش‌های بازتوانی در بهبود نواقص مرتبط با اسپرین مچ پا، متأسفانه بی‌ثباتی و محدودیت‌های عملکردی برای طولانی‌مدت در ورزشکاران بجای مانده و علاوه بر افت عملکرد، آن‌ها را مستعد اسپرین‌های بعدی می‌کند (ون میدلکوپ و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۱۸۱-۱۸۸).

در سالیان اخیر معرفی و ارائه تمرینات با رویکرد اکسترافانکشنال<sup>۴</sup> از قبیل تمرینات ثبات مرکزی در ارتباط با آسیب‌های ورزشی رواج پیدا کرده است (یو و لی<sup>۵</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۱۴۱-۱۴۶). پژوهشگران بر این عقیده‌اند که بخش پروکسیمال (مجموعه کمری- لگنی) در کنترل پاسچرال نقش ویژه‌ای بر عهده دارد (آگاروال و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۱۱-۱۶؛ وبستر و گریبل<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۱۷-۲۲). ادعا بر آن است که ناحیه پروکسیمال می‌تواند در هر دو فرآیند کنترل فیدفوروارد به‌واسطه تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین<sup>۸</sup> و کنترل فیدبک به‌وسیله تعدیل‌های پاسچرال جبرانی<sup>۹</sup> بر کنترل پاسچر و حرکات نقش داشته باشد (الیور<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۰، ص. ۵۷-۶۱). همچنین عمل انتقال و جذب نیرو در بخش دیستال اندام تحتانی در تعامل با بخش‌های پروکسیمال برای کنترل پاسچرال حائز اهمیت است (آگاروال و همکاران، ۲۰۱۲، ص. ۱۱-۱۶). برخی پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص رابطه بین مفاصل و عضلات ناحیه پروکسیمال مؤید این نظریه است که افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا به منظور جبران نقص‌های عصبی عضلانی در بخش دیستال، از عضلات پروکسیمال استفاده می‌کنند (وبستر و گریبل، ۲۰۱۳، ص. ۱۷-۲۲). بر طبق گزارش‌ها، ارتباط معناداری بین آمادگی و ثبات پروکسیمال و میزان آسیب‌های اندام تحتانی یافت شده است، به‌گونه‌ای که ضعف ناحیه پروکسیمال با آسیب‌های بیشتری در اندام تحتانی مرتبط بوده است (چاتر و جونگ<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۲، ص. ۷-۱۵).

تحقیقات درزمینه اثربخشی تمرینات اکسترافانکشنال ثبات مرکزی بر بازتوانی نقایص آسیب‌های مربوط به اندام‌ها اندک هستند. در یک پژوهش داخلی نشان داده شد که هشت

- 
1. Munn, Sullivan & Schneiders
  2. Terada, Pietrosimone & Gribble
  3. Van Middelkoop, van Rijn, Verhaar, Koes & Bierma-Zeinstra
  4. Extra-Functional Approach
  5. Yu & Lee
  6. Aggarwal, Kumar, Kalpana, Jitender & Sharma
  7. Webster & Gribble
  8. Anticipatory Postural Adjustments (APAs)
  9. Compensatory Postural Adjustments (CPAs)
  10. Oliver
  11. Chuter & de Jonge

هفته تمرینات ثبات مرکزی موجب بهبود کنترل پاسچرال افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا می‌شود (دست‌منش و شجاع‌الدین<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). در پژوهشی دیگر انجام شش هفته تمرینات ثبات مرکزی موجب بهبود تعادل پویا و استقامت عضلات مرکزی در ورزشکاران شد (سندری و میتزل<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۲۶۴-۲۷۱). همچنین اثربخشی تمرین ثبات مرکزی بدن به مدت شش هفته بر آزمون تعادلی وای در بازیکنان فوتسال دیده شده است (محمدعلی نسب و صاحب‌الزمانی<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳، ۶۳-۸۶). در مقابل، اذعان می‌شود که تقویت عضلات بخش مرکز (پروکسیمال)، اکسترافانکشنال بوده و احتمالاً در عملکرد نقش چندانی نمی‌تواند ایفا کند (لدرمن<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰، ص. ۱-۴). همچنین برخی مطالعات نیز حاکی از ارتباط ضعیف (کلایتون و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۱، ص. ۲۰-۳۰) و عدم وجود ارتباط بین قدرت و استقامت عضلات مرکزی و عملکرد هستند (شاروک و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱، ص. ۶۳).

به‌طور کل تئوری‌ها و یافته‌های برخی پژوهش‌ها بیان می‌دارند که عملکرد اندام تحتانی و فعالیت‌های مربوطه از هر دو بخش دیستال و پروکسیمال تأثیرپذیر است، با این حال مطالعات عمدتاً بر روی تمرینات با رویکرد فانکشنال و تمرکز بر بخش دیستال تأکید کرده‌اند و نقش تمرینات با رویکرد اکسترافانکشنال در ناحیه پروکسیمال و ترکیبی آن‌ها در ارتباط با بهبود عملکرد و بازتوانی نواقص آسیب‌ها مورد توجه قرار نگرفته است. از این رو شواهد کافی برای پذیرش و یا عدم پذیرش اثربخشی تمرینات با رویکرد اکسترافانکشنال بر بهبود عملکرد افراد آسیب‌دیده وجود ندارد. پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر تمرینات با رویکرد فانکشنال، رویکرد اکسترافانکشنال و ترکیبی بر تعادل پویا به‌عنوان یکی از نقایص عملکردی عمده در ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا انجام شد.

## روش‌شناسی

در پژوهش حاضر به مقایسه تأثیر شش هفته تمرینات فانکشنال، اکسترافانکشنال و ترکیبی بر تعادل پویای ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا پرداخته شد. شرکت‌کنندگان در پژوهش به صورت هدفمند انتخاب شدند. شناسایی شرکت‌کنندگان مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا در دو مرحله خوداظهاری (پرسشنامه) و توسط فیزیوتراپ (آزمون‌های بالینی) انجام شد.

- 
1. Dastmanesh & Shojaeddin
  2. Sandrey & Mitzel
  3. Mohammad Ali Nasab & Sahebozamani
  4. Lederman
  5. Clayton, Trudo, Laubach, Linderman, De Marco & Barr
  6. Sharrock, Cropper, Mostad, Johnson & Malone

برای این منظور ابتدا از فوتبالیست‌هایی که به‌طور منظم و حداقل سه جلسه در هفته به تمرین می‌پرداختند و دارای حس خالی کردن در مچ پا بودند خواسته شد تا پرسشنامه خوداظهاری بی‌ثباتی عملکردی مچ پا را تکمیل کنند. این پرسشنامه به‌طور اختصاصی برای تشخیص بی‌ثباتی عملکردی مچ پا طراحی شده است و ضریب همبستگی درون‌گروهی<sup>۱</sup> بالایی برای آن گزارش شده است (۰/۹۶). بر اساس این پرسشنامه امتیاز بیش از ۱۰ به‌عنوان فرد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا شناخته شد (دونایو، سایمون و دوهرتی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۳۸-۴۳). در مرحله بعد این افراد توسط یک فیزیوتراپ تحت ارزیابی بالینی برای آزمودن‌های کشویی قدامی<sup>۳</sup> و تیلت تالار<sup>۴</sup> قرار گرفتند و در صورت منفی بودن این آزمودن‌ها به‌عنوان آزمودنی واجد شرایط انتخاب شدند. پس از انتخاب تعداد ۶۰ آزمودنی بر اساس معیارهای گزینش و تکمیل فرم رضایت‌نامه به صورت تصادفی و برابر (۱۵ نفر) در گروه‌های تمرینات فانکشنال، اکسترافانکشنال، ترکیبی و کنترل قرار گرفتند. در طول مطالعه هشت نفر از کل آزمودنی‌ها از مطالعه خارج شدند (دو نفر گروه فانکشنال، سه نفر گروه اکسترافانکشنال، دو نفر گروه ترکیبی و یک نفر گروه کنترل). گروه‌های تمرین فانکشنال شامل ۱۳ نفر (سن  $22 \pm 1/78$ ، قد  $174/31 \pm 4/07$ ، وزن  $71/46 \pm 5/51$ )، اکسترافانکشنال ۱۲ نفر (سن  $21/67 \pm 2/27$ ، قد  $173/92 \pm 5/28$ ، وزن  $73 \pm 5/18$ )، ترکیبی ۱۳ نفر (سن  $22/08 \pm 1/93$ ، قد  $173/31 \pm 5/13$ ، وزن  $71 \pm 4/30$ ) و کنترل ۱۴ نفر (سن  $21/86 \pm 2/10$ ، قد  $175/43 \pm 4/18$ ، وزن  $74/14 \pm 4/89$ ) بود. معیار انتخاب آزمودنی‌ها شامل این موارد می‌شد: بی‌ثباتی عملکردی فقط در یک پا وجود داشته باشد. آسیب اولیه مچ پا نیازمند استفاده از عصا، بی‌حرکت‌سازی یا هردو یا هرگونه گچ‌گرفتن یا بریس بوده باشد. هیچ‌گونه شکستگی در مچ پاها حادث نشده باشد. در فعالیت‌های ورزشی خالی کردن مچ پا را تجربه کرده باشد. بی‌ثباتی مچ پا را ناشی از آسیب‌های قبلی بدانند. در سه ماه اخیر قادر به راه رفتن بدون لنگیدن بر روی مچ پای بی‌ثبات خود باشند. در سه ماه اخیر آسیب حادی نداشته باشد (دلاهورت و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰، ۲۱۰۶-۲۱۲۱). تمرینات فانکشنال و اکسترافانکشنال به ترتیب شامل حرکات هاپینگ و ثبات مرکزی بود. تمرینات ترکیبی شامل تمرینات هاپینگ و ثبات مرکزی بود. آزمون تعادل به‌وسیله آزمون تعادلی وای<sup>۶</sup> پیش و پس از شش هفته تمرین به عمل آمد. از آزمون کلموگروف اسمیرنوف<sup>۱</sup>

1. Intra-Class Correlation Coefficient (ICC)
2. Donahue, Simon & Docherty
3. Anterior Drawer
4. Talar Tilt
5. Delahunt, Coughlan, Caulfield, Nightingale, Lin, & Hiller,
6. Y Balance Test

برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون آماری آنالیز واریانس برای شناسایی تفاوت‌های بین گروهی و از آزمون تعقیبی توکی<sup>۲</sup> برای مقایسه‌های چندگانه استفاده شد. آنالیز داده‌ها به کمک نرم‌افزار اس.پی.اس.اس در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

### ارزیابی تعادل پویا

آزمون تعادلی وای شکل تعدیل‌شده آزمون تعادلی ستاره<sup>۳</sup> است (۸۰/ تا ۸۵/ = ضریب پایایی درون‌گروهی). آزمون تعادلی ستاره به‌عنوان یک آزمون غربالگری ساده و ارزان‌قیمت برای شناسایی افراد در معرض خطر اسپرین مچ پا شناخته شده است (پیسکی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶، ص. ۹۱۱-۹۱۹). این آزمون نسبت به شناسایی خطرات برای آسیب مچ پا و نقایص آن در کنترل وضعیتی پویا در افراد با ضایعه در مچ پا حساس است. گزارش شده است که افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا دارای مقادیر ریش کمتری نسبت به افراد سالم هستند (المستد و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲، ص. ۵۰۱). اجرای هشت جهت ستاره در ارزیابی نقص‌های عملکردی مرتبط با بی‌ثباتی عملکردی مچ پا غیرضروری است، زیرا کفایت جهت‌های Y نشان داده شده است (هرتل و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶، ص. ۱۳۱-۱۳۷). برای انجام این آزمون، ابتدا شرایط انجام آزمون تعادلی برای آزمودنی‌ها به‌صورت تئوری و عملی انجام شد. پیش از ثبت رکورد به آزمودنی‌ها اجازه داده شد تا چند مرتبه به‌طور آزمایشی آزمون را تجربه کنند. آزمون با پای برهنه صورت گرفت. آزمودنی‌ها بر روی پای بی‌ثبات مستقر شدند و به‌وسیله پای دیگر عمل ریش را انجام دادند. فاصله ریش بر طول پا تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد تا ریش به‌عنوان درصدی از طول پا تعیین شود و اندازه با حذف تأثیرات آنترپومتریکی (قد) نرمال شود. طول پا با استفاده از متر نواری در وضعیت طاق‌باز و به‌عنوان فاصله بین برجستگی فوقانی خار خاصره‌ای قدامی و مرکز قوزک داخلی اندازه‌گیری شد. چنانچه در انجام آزمون، آزمودنی از پای غیر اتکا برای حمایت ثانویه استفاده می‌کرد، پای اتکا از مرکز صفحه و محل تعیین‌شده جابه‌جا می‌شد و یا آزمودنی تعادل خود را در هنگام عمل ریش از دست می‌داد، آزمون مجدد انجام می‌شد. میانگین سه تلاش به‌عنوان رکورد ثبت شد.

- 
1. Kolmogorov-Smirnov Test
  2. Tukey post hoc test
  3. Star Excursion Balance Test (SEBT)
  4. Plisky, Rauh, Kaminski & Underwood
  5. Olmsted, Carcia, Hertel & Shultz
  6. Hertel, Braham, Hale & Olmsted-Kramer

شکل الف. آزمون تعادلی Y بر روی پای راست



جهت خلفی-خارجی

جهت خلفی-داخلی

جهت قدامی

شکل ب. آزمون تعادلی Y بر روی پای چپ



جهت خلفی-خارجی

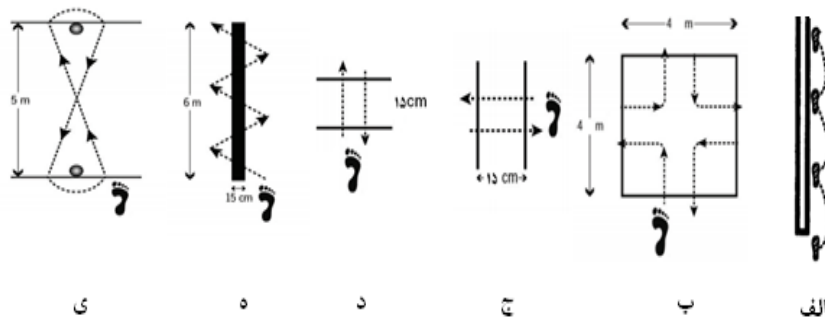
جهت خلفی-داخلی

جهت قدامی

شکل ۱. جهت‌های آزمون تعادلی Y بر روی پای راست (الف) و پای چپ (ب)

### پروتکل تمرینات فانکشنال

در سال‌های اخیر استفاده از تمرینات پلائیومتریک برای بازتوانی مورد توجه قرار گرفته است. تمرینات هاپینگ از جمله برنامه‌های تمرینی پلائیومتریک است که به منظور بهبود تعادل به کار رفته است (کریمی زاده اردکانی، علیزاده، ابراهیمی تکامجانی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۱۳۹-۱۵۱). در پژوهش حاضر برای تمرینات فانکشنال از پروتکل شش هفته‌ای تمرینات هاپینگ استفاده شد (کریمی زاده اردکانی، علیزاده، ابراهیمی تکامجانی، ۲۰۱۳، ص. ۱۳۹-۱۵۱). پروتکل تمرینات دیستال شامل شش نوع هاپینگ بود که به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه ۳۰ دقیقه‌ای انجام شد (جدول ۱). شدت تمرینات به صورت پیش‌رونده با افزودن حرکات در هر هفته اعمال شد. در شکل ۲ الگوی انجام حرکات در پروتکل تمرینات دیستال از قبیل هاپینگ به سمت جلو (الف)، هاپینگ به صورت مربع (ب)، هاپینگ به طرفین (ج)، هاپینگ به جلو عقب (د)، هاپینگ به صورت زیگزاگ (ه) و هاپینگ به صورت هشت لاتین آورده شده است.



شکل ۲. جهت‌های انجام حرکات هاپینگ



جدول ۱. پروتکل تمرینات فانکشنال هاپینگ

هفته	حجم تمرین (جهش‌ها)	تعداد	نوع تمرین	ست و تکرار
اول	۷۰		هاپینگ به طرفین با دو پا (دست‌ها آزاد)	۳ × ۱۰
			هاپینگ به جلو عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
			هاپینگ با حرکت به سمت جلو با دوپا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
دوم	۹۰		هاپینگ به طرفین با دو پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۵
			هاپینگ به جلو عقب با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
			هاپینگ با حرکت به سمت جلو با دوپا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
سوم	۱۰۰		هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۳ × ۱۰
			هاپینگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
			هاپینگ با حرکت به سمت جلو با دوپا (دست‌ها روی سینه)	۳ × ۱۰
			هاپینگ به صورت زیگزاگ با دوپا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
چهارم	۱۱۰		هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
			هاپینگ با حرکت به سمت جلو با یک پا (دست‌ها آزاد)	۳ × ۱۰
			هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
پنجم	۱۲۰		هاپینگ به صورت مربع با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
			هاپینگ با حرکت به سمت جلو با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
ششم	۱۳۰		هاپینگ به صورت مربع با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به صورت هشت لاتین با دو پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به طرفین با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۳ × ۱۰
			هاپینگ به جلو عقب با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
			هاپینگ با حرکت به سمت جلو با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به صورت زیگزاگ با یک پا (دست‌ها پشت سر)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به صورت مربع با یک پا (دست‌ها روی سینه)	۲ × ۱۰
			هاپینگ به صورت هشت لاتین با یک پا (دست‌ها آزاد)	۲ × ۱۰

## پروتکل تمرینات اکسترافانکشنال

پروتکل‌های مختلفی برای بهبود ثبات مرکزی مورد استفاده قرار گرفته است، در این مطالعه پروتکل (جدول ۲) به مدت شش هفته و هر هفته سه جلسه با فاصله یک روز استراحت انجام شد (سندری و میتزل<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳، ص. ۲۶۴-۲۷۱).

جدول ۲. پروتکل تمرینات اکسترافانکشنال ثبات مرکزی

هفته	تمرین	ست، تکرار، زمان
۱	گود کردن و داخل کشیدن شکم	ثانیه ۳×۲۰
	پل زدن در حالت دمر	ثانیه ۳×۲۰
	پل زدن در حالت طاق باز	ثانیه ۳×۲۰
	پل زدن از پهلو	ثانیه ۳×۲۰
۲	بالا آوردن پا در حالت طاق باز با زانوی خم	تکرار ۳×۲۰
	بالا آوردن دست و پای مخالف در حالت چهار دست و پا	تکرار ۳×۲۰
	پل زدن در حالت طاق باز همراه با بالا باز کردن متناوب پای چپ و راست	تکرار ۳×۲۰
	نشستن بر روی توپ و گام برداشتن درجا	تکرار ۳×۲۰
	کرانچ به شکل متقاطع	تکرار ۳×۲۰
۳	طاق باز با حرکات موازی و متقارن دست‌ها و پاها به جلو عقب	تکرار ۳×۲۰
	پل زدن طاق باز بر روی توپ فیزیوبال	ثانیه ۳×۲۰
	پل زدن طاق باز بر روی توپ همراه با خم کردن شانه	تکرار ۳×۲۰
	پل زدن دمر بر روی توپ فیزیوبال	ثانیه ۳×۲۰
	حرکت باز کردن کبرا بر روی توپ فیزیوبال	ثانیه ۳×۲۰
	سوپرمن	تکرار ۳×۲۰ با نگاه داشتن ۲ ثانیه
۴	پل زدن بر روی لگن همراه با باز کردن متناوب زانوها بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۲۰
	چرخش تنه در حالت نشسته با گرفتن توپ مدسین بال در دست‌ها	تکرار ۳×۲۰
	پل زدن روی لگن بر روی توپ فیزیوبال و با خم کردن شانه	تکرار ۳×۲۰
	درازونشست بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۲۰
	پل زدن لگن بر روی توپ فیزیوبال و باز کردن متناوب زانوها و خم کردن شانه	تکرار ۳×۲۰
	سوپرمن بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۲۰ با نگاه داشتن ۲ ثانیه
۵	حرکت لانژ با چرخش تنه همراه با در دست داشتن توپ مدسین بال	تکرار ۳×۲۰
	خم کردن تنه با توپ مدسین بال بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۲۰
	ورز دادن توپ به سمت جلو عقب	تکرار ۳×۲۰ با نگاه داشتن ۲ ثانیه
	پل زدن روی توپ و برداشتن و گذاشتن پاها به طور متناوب بر روی توپ	تکرار ۳×۱۰ بر روی هر پا
۶	حرکت لانژ با قرار دادن پای پشتی بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۱۰ بر روی هر پا
	حرکت مارچ همراه با کش	تکرار ۳×۱۰ بر روی هر پا
	حرکت ایرون کراس بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۲۰ تناوب در هر طرف
	پل زدن از پهلو همراه با دور کردن شانه	تکرار ۳×۱۵ هر طرف
	حرکت سوپرمن به صورت متناوب بر روی توپ فیزیوبال	تکرار ۳×۱۰

### پروتکل تمرینات ترکیبی

پروتکل تمرینات ترکیبی شامل تمرینات فانکشنال (هایپینگ) و اکسترافانکشنال (ثبات مرکزی) بود که پیشتر گفته شد (جدول ۱ و ۲). این دو پروتکل همزمان در یک جلسه تمرینی (به مدت یک ساعت) به طول شش هفته و سه جلسه در هر هفته انجام شد. ترتیب انجام حرکات به گونه‌ای بود که ابتدا تمرینات هایپینگ و سپس تمرینات ثبات مرکزی انجام شد.

### نتایج

نتایج پژوهش در بخش توصیفی برای مقادیر رسش در جداول ۳ و استنباطی آزمون آماری آنوا در جدول ۴ ارائه شده است. در ادامه نیز به تفسیر نتایج استنباطی پژوهش پرداخته شده است.

جدول ۳. مقادیر رسش بر حسب سانتیمتر در جهت‌های آزمون تعادلی Y در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

پس‌آزمون				پیش‌آزمون				
کنترل	ترکیبی	اکسترافانکشنال	فانکشنال	کنترل	ترکیبی	اکسترافانکشنال	فانکشنال	
۸۶/۵۷±۶/۶۳	۹۶/۸۵±۸/۰۶	۸۷/۵۰±۸/۰۹	۹۶/۶۹±۶/۲۳	۸۶/۶۴±۶/۷۳	۸۷/۵۴±۸/۷۹	۸۷/۱۷±۸/۲۰	۸۷/۰۸±۷/۵۹	قدامی
۹۲/۲۹±۷/۲۳	۱۰۸/۴۶±۸/۹۰	۹۷/۵۸±۹	۱۰۷±۷/۶۱	۹/۸۶±۷/۴۳	۹۹±۹/۸۳	۹۷/۵۰±۸/۸۷	۹۶/۲۳±۸/۲۳	خلفی داخلی
۹۶/۵۰±۷/۲۳	۱۰۳/۰۸±۱۰	۹۲±۶/۱۹	۱۰۲/۸۵±۸/۴۲	۹۲/۶۴±۷/۰۵	۹۴/۵۴±۹/۹۷	۹۱/۶۷±۶/۸۱	۹۲/۶۲±۶/۳۰	خلفی خارجی

جدول ۴. نتایج آزمون آماری آنوا

P-Value	F	df	متغیر
/۰۰۱	۷/۸۵	۳	جهت قدامی
/۰۰۱	۷/۶۷	۳	جهت خلفی داخلی
/۰۰۱	۷/۷۰	۳	جهت خلفی خارجی

نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که در جهت قدامی آزمون تعادلی Y، تفاوت معناداری بین گروه تمرین فانکشنال و اکسترافانکشنال ( $P=/.۰۱۴$ )، فانکشنال و کنترل ( $P=/.۰۰۴$ )، ترکیبی و ( $P=/.۰۱۲$ ) و ترکیبی و کنترل ( $P=/.۰۰۳$ ) بود. گروه‌های تمرینی فانکشنال و ترکیبی نسبت به گروه‌های اکسترافانکشنال و کنترل در جهت قدامی آزمون تعادل عملکرد بهتری داشتند.

در جهت خلفی - داخلی تفاوت معنادار بین گروه تمرین فانکشنال و اکسترافانکشنال ( $P=/.۰۳۴$ )، فانکشنال و کنترل ( $P=/.۰۰۷$ )، ترکیبی و اکسترافانکشنال ( $P=/.۰۱۱$ ) و ترکیبی و کنترل ( $P=/.۰۰۲$ ) بود.

گروه‌های تمرینی فانکشنال و ترکیبی در مقایسه با گروه‌های اکسترافانکشنال و کنترل در جهت خلفی-داخلی تعادل بهتری داشتند.

در جهت خلفی-خارجی تفاوت معنادار بین گروه فانکشنال و اکسترافانکشنال ( $P=0.09$ )، فانکشنال و کنترل ( $P=0.08$ )، ترکیبی و اکسترافانکشنال ( $P=0.07$ ) و ترکیبی و کنترل ( $P=0.06$ ) نمایان گشت. گروه‌های تمرینی فانکشنال و ترکیبی نسبت به گروه‌های اکسترافانکشنال و کنترل در جهت خلفی-خارجی دارای مقادیر رسش بیشتری بودند.

### بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌فرض پژوهش آن بود که بر اساس تئوری‌های موجود و نتایج برخی پژوهش‌ها بر روی افراد سالم، تعادل پویای افراد مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی می‌تواند از هردوی تمرینات بخش دیستال و پروکسیمال تأثیر بپذیرد و بعلاوه با ترکیب تمرینات فانکشنال هاپینگ و اکسترافانکشنال ثبات مرکزی اثربخشی افزوده‌ای را حاصل نمود. با این حال نتایج پژوهش حاکی از آن بود که گروه تمرین فانکشنال و ترکیبی نسبت به گروه‌های اکسترافانکشنال و کنترل به‌طور معناداری عملکرد بهتری در جهت‌های سه‌گانه آزمون تعادلی Y به دنبال شش هفته تمرینات مربوطه داشتند. حال آنکه تفاوت معناداری بین گروه‌های دیگر یافت نشد. همچنین بین گروه تمرین فانکشنال دیستال و ترکیبی نیز تفاوت معناداری یافت نشد تا بتواند نشانگر تأثیر افزوده‌ی ترکیب تمرینات فانکشنال و اکسترافانکشنال بر بهبود تعادل باشد.

بازتوانی آسیب‌های ورزشی و نقص‌های ناشی از آن نیازمند رویکرد عملکردی است تا در نهایت به کار آید (لدرمن، ۲۰۱۰، ص. ۴-۱). حرکات عملکردی<sup>۱</sup> به‌عنوان خزانه حرکتی خاص هر فرد<sup>۲</sup> تعریف می‌شود که در آن بخشی از حرکات به‌عنوان مهارت‌های عمومی (راه‌رفتن، نشستن، دویدن و...) و بخش دیگر به‌عنوان مهارت‌های ویژه (حرکات تخصصی در ورزش‌های مختلف) جای دارند. بازتوانی عملکردی به‌عنوان فرآیند کمک به افراد برای بازیابی ظرفیت عملکردی با استفاده از خزانه حرکتی آن‌ها است. حرکاتی که خارج از خزانه عملکردی طبیعی قرار داشته باشند، به‌عنوان حرکات اکسترافانکشنال خوانده می‌شوند. به‌کارگیری تمرینات ثبات مرکزی از جمله تمرینات اکسترافانکشنال است که اثربخشی آن‌ها در فرآیندهای بازتوانی افراد آسیب‌دیده نشان داده نشده است (لدرمن، ۲۰۱۰، ص. ۴-۱).

1. Functional Movement

2. Unique Movement Repertoire of An Individual

در پژوهش حاضر تصور بر آن بود که تمرینات اکسترافانکشنال با تقویت عضلات مرکزی بتواند بر کنترل فیدفوروارد (تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین) و فیدبک (تعدیل‌های پاسچرال جبرانی) ورزشکاران مبتلا به بی‌ثباتی عملکردی مچ پا اثر بگذارد و موجب بهبود تعادل در آن‌ها شود. در کنترل فیدفوروارد تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین به‌گونه‌ای است که فعال‌سازی عضلات پاسچرال (مرکزی) اندکی پیش از وقوع حرکت در اندام‌ها اتفاق می‌افتد. پیش‌فرض بر آن است که نقش تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین به‌عنوان تولیدکننده نیروی گشتاور در مفصل برای به حداقل رساندن اغتشاش در پاسچر ایستاده است که در غیر این صورت این اغتشاشات با حرکات موردنظر همراه خواهد بود. با این حال نشان داده شده است که تعدیل‌های پیش‌بین به تعدادی از عوامل شامل اندازه و جهت اغتشاش موردنظر، اندازه حرکت دلخواه و اجزای تکلیف پاسچرال وابسته است (لدرمن، ۲۰۱۰، ص. ۱-۴).

با توجه به مطلب مذکور، نوع تکلیف انتخابی تأثیر عمده‌ای بر تعدیل‌های پاسچرال پیش‌بین در کنترل فیدفوروارد دارد، به گونه که سازگاری متناسب با تکلیف حرکتی اتفاق می‌افتد. با این حال در پژوهش حاضر تقویت عضلات پروکسیمال به‌طور ایزوله در وضعیت‌های چهار دست‌وپا و با سطح اتکای پائین‌تر و گسترده‌تر انجام شد، به‌گونه‌ای که احتمالاً سازگاری‌های متناسب با وضعیت‌های غیر عملکردی و بدون تحمل وزن بر روی پا (مفصل آسیب‌دیده) را در پی داشته است. به نظر می‌رسد که سازگاری‌های حاصل‌شده در وضعیت‌های افقی و بدون تحمل وزن بر روی پا، نتواند در وضعیت‌های بدنی قائم با تحمل وزن بر روی پا اثربخشی داشته باشد. این یافته با نتایج دست‌منش و شجاع‌الدین (۲۰۱۱) که اثربخشی هشت هفته تمرینات ثبات مرکزی را بر تعادل افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا نشان داده بود (دست‌منش و شجاع‌الدین، ۲۰۱۱) همسو نیست. دلایل اختلاف می‌تواند به مدت‌زمان پروتکل (شش هفته در مقابل هشت هفته)، نوع پروتکل و معیار انتخاب آزمودنی‌ها (بی‌ثباتی مزمن مچ پا در مقابل بی‌ثباتی عملکردی) مرتبط باشد که با مطالعه حاضر متفاوت بوده است. تفاوت در نتایج این پژوهش با دیگر پژوهش‌ها که اثربخشی تمرینات ثبات مرکزی بر بهبود تعادل افراد سالم را نشان داده‌اند (محمدعلی نسب و صاحب‌الزمانی، ۲۰۱۳، ۶۳-۸۶). را می‌توان به نوع سالم و آسیب‌دیده بودن آزمودنی‌ها نسبت داد. وجود اختلال و نقص در سیستم عصبی-عضلانی-اسکلتی به‌واسطه آسیب می‌تواند شرایطی را به وجود آورد که واکنش و سازگاری نسبت به برنامه‌های تمرینی در مقایسه با افراد سالم یکسان نباشد.

نقص در یک مفصل می‌تواند دیگر مفاصل را در زنجیره حرکتی تحت تأثیر قرار دهد تا بر حسب ظرفیت مفصل آسیب‌دیده سازگار شوند و برای جلوگیری از آسیب‌های بیشتر، حرکات

در زنجیره حرکتی تعدیل شوند و پارامترهای حرکت، الگوی جدیدی را دنبال کنند (دلاهورنت، مونگان، کولفیلد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶، ص. ۱۹۹۱-۲۰۰۰). نشان داده شده که افراد مبتلا به بی‌ثباتی مزمن مچ پا، در استراتژی مچ پا در ایستادن بر روی یک پا دچار نقصان هستند و در عوض از استراتژی ران که کارایی کمتری دارد استفاده می‌کنند که این خود پتانسیل اینورژن مچ پا را افزایش می‌دهد (هرتل<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲، ص. ۳۶۴). انتظار بر این بود که تمرین ناحیه پروکسیمال بتواند به ظرفیت استراتژی ران برای جبران کمبودها در ناحیه مچ کمک کند. با این حال به نظر می‌رسد که بهبود در استراتژی ران چیزی فراتر از تمرین استقامتی عضلات ناحیه لگن و ران باشد که با تمرینات ایزوله در وضعیت‌های غیر عملکردی و بدون اغتشاشات لازم عملی شود.

شواهد تجربی حاکی از سازگاری‌های پروکسیمال در الگوهای فراخوانی عصبی-عضلانی افراد مبتلا به بی‌ثباتی مچ پا است (وبستر و گریبل، ۲۰۱۳، ص. ۱۷-۲۲). مطالعاتی که به وجود ضعف‌های عضلانی در عضلات بخش مرکزی ورزشکاران آسیب‌دیده نسبت به ورزشکاران سالم اشاره کرده‌اند، گذشته‌نگر بوده‌اند (حدادنژاد و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۱) و رابطه علی-معلولی بین آسیب‌های اندام تحتانی و ضعف‌های ناحیه پروکسیمال (مرکزی) مشخص نیست، نمی‌توان ادعان داشت که ضعف در عضلات بخش مرکزی عامل وقوع آسیب بوده است و یا اینکه ضعف عضلات مرکزی در پی وقوع آسیب ظهور پیدا کرده است. فرض محتمل‌تر آن است که کاهش ظرفیت عملکردی پروکسیمال به واسطه آسیب در ناحیه مچ پا در سازگاری با اختلال مربوطه به صورت یک استراتژی محافظتی ایجاد شده است تا اینکه از ابتدا در فرد به صورت بالقوه وجود داشته باشد.

تعادل به‌عنوان یک مهارت مرکب و چندمفصلی به سینرژی‌های عضلانی و تعدیل‌های مناسب نیاز دارد و مستلزم آن است که تعامل بین مفاصل در زنجیره 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 باشند تا حرکات انجام شوند. وظیفه کنترل حرکت چند مفصل، بسیار متفاوت از کنترل یک مفصل است. حرکات چندمفصلی صرفاً از مکانیسم کنترلی سیستم تک‌مفصلی یعنی نسبت طول-تنش<sup>۴</sup> و نیرو-سرعت<sup>۵</sup> تبعیت نمی‌کنند. به منظور سازمان‌دهی حرکات چندمفصلی، فاکتورهای

---

1. Delahunt, Monaghan, & Caulfield  
 2. Hertel  
 3. Hadadnezhad, Rajabi, Alizadeh, Letafatkar  
 4. Tension – length  
 5. Velocity – Force

نورولوژیکی و بیومکانیکی خاصی باید در نظر گرفته شوند تا هماهنگی در اجرای حرکت با توجه به تفسیر اطلاعات حسی به صورت پیش‌بین واکنشی تنظیم و عملی شود. همراه شدن حرکت دو مفصل مختلف، در اثر مکانیک اندام و عملکرد عضلات چندمفصلی، کنترل حرکت را پیچیده می‌سازند (شام وی کوک و وولاکات، ۲۰۰۷).

در حرکاتی که چندین مفصل در طول زنجیره حرکتی نتیجه نهایی را فراهم آورند، حداکثر قابلیت انجام حرکات در وابسته به ضعیف‌ترین سگمنت زنجیره حرکتی است، بدین معنی که ضعیف‌ترین بخش زنجیره، تعیین‌کننده کیفیت حرکت است. از این رو مادامی که در یک مفصل نقص وجود داشته باشد، انتقال و جذب نیرو در طول زنجیره حرکتی محدود می‌شود، در نتیجه شاید افزایش در ظرفیت دیگر مفاصل قادر به جبران نقص در مفصل آسیب‌دیده در طول زنجیره حرکتی نباشد. در حرکات چندمفصلی، هر مفصل باید در هماهنگی با دیگر مفاصل با نیرو در زمان و زاویه‌ی موردنیاز عمل کند. در این پژوهش تمرینات پروکسیمال، ایزوله و محدود به مفاصل کمری-لگنی-رانی بود، درحالی‌که در وضعیت‌های عضلانی اسکلتی، تغییرات توانایی منفرد وجود ندارد. هرگونه توانایی به‌عنوان بخشی از یک استراتژی کلی است که شامل تغییرات اجزای گوناگون (توانایی‌ها) می‌شود. لدرمن (۲۰۱۰) بیان می‌دارد که یکی از سوءتفاهم‌ها در زمینه توانایی‌ها آن است که آن‌ها را نتیجه یک عامل منفرد در یک شرایط خاص دانست، از این رو شاید این تغییرات کوچک نتواند تأثیر معناداری در برونداد موردنظر داشته باشد (لدرمن، ۲۰۱۰، ص. ۱-۴).

تقویت عضلات در بخش پروکسیمال علاوه بر ایزوله‌بودن و عدم تعامل با مفاصل دیستانال، از اصول یادگیری حرکتی برای بهبود تعادل پیروی نمی‌کند. بهبود و ارتقا هر مهارت نیازمند تقلید از همان الگوی حرکتی و یا حرکات مشابه با آن است تا بتوان سازگاری‌های عصبی-عضلانی موردنیاز را ایجاد نمود (لدرمن، ۲۰۱۰، ص. ۱-۴). باین حال الگوهای تمرینی پروکسیمال در این پژوهش با آزمون تعادل فاصله زیادی داشت و غالب الگوهای تمرینی در وضعیت افقی بر روی زمین و توپ و با سطح اتکای متفاوت از آنچه در حفظ تعادل بر روی یک پا به آن نیاز است انجام شد که این می‌تواند اثربخشی تمرینات مذکور را تحت تأثیر قرار دهد. برخلاف تمرینات ثبات مرکزی، تمرینات هاپینگ در خزانه حرکتی بازیکنان فوتبال وجود دارد و به‌طور معمول الگوهای مشابه را در فعالیت‌های ورزشی خود انجام می‌دهند، در نتیجه این نوع

حرکات برای آن‌ها به‌عنوان فعالیت‌های فانکشنال محسوب می‌شود. تمرینات هاپینگ دربرگیرنده اجزای قدرت عضلانی، هماهنگی عصبی-عضلانی، ثبات مفصل، تعادل و حس عمقی مفصل است و می‌تواند با تغییر در سیستم عصبی-عضلانی کنترل بهتری بر انقباض و سینرژی‌ها در پی داشته باشد (کریمی زاده اردکانی، علیزاده، ابراهیمی تکامجانی، ۲۰۱۳، ص. ۱۳۹-۱۵۱).

ثبات عملکردی در مفصل مچ پا به قدرت و هم-انقباضی عضلات موافق و مخالف در سطوح ساجیتال و فرونتال مچ پا وابسته است (۳۵). در تمرینات هاپینگ، انقباضات کانسنتریک در حین پرش و اکسنتریک در حین فرود به‌طور پیش‌رونده و در جهات قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و چرخشی تحت تمرین قرار گرفتند، می‌توان انتظار داشت که اغتشاشات در جهات مختلف هاپینگ به‌عنوان محرکی در فراخوانی واحدهای حرکتی در هم-انقباضی مفصل مچ پا عمل کرده باشد و سازگاری موردنیاز را برای ثبات هرچه بیشتر مفصل مچ پا در پی داشته است.

قدرت عضلات عمل‌کننده بر مفصل مچ پا و هم-انقباضی آن‌ها جهت تثبیت مفاصل اندام تحتانی، فعالیت گیرنده‌های عمقی و کنترل عصبی-عضلانی به منظور حفظ تعادل هنگام انجام عمل رزش در آزمون وای و کسب بیشترین فاصله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از دلایل احتمالی بهبود تعادل در نتیجه تمرینات فانکشنال در مطالعه حاضر را می‌توان به افزایش قدرت و کنترل عضلات اندام تحتانی آزمودنی‌ها پس از شرکت در پروتکل هاپینگ نسبت داد (کریمی زاده اردکانی، علیزاده، ابراهیمی تکامجانی، ۲۰۱۳، ص. ۱۳۹-۱۵۱). تصور بر این است که تغییرات دیده‌شده در شش هفته، به علت تطابق‌های دستگاه عصبی باشد، اما در این زمینه توافق کاملی وجود ندارد (دلاهورت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸، ص. ۲۰۳-۲۱۳).

حین عمل رزش آزمون تعادلی وای، هم‌انقباضی عضلات همسترینگ و چهار سر رخ می‌دهد. چهار سر ران در جهت قدامی بیشترین فعالیت را دارد. بدین دلیل که جهت انجام، فرد باید به سمت عقب تکیه دهد و تنه درحالت اکستنشن باشد تا بتواند تعادل خویش را حفظ نماید. در این وضعیت نیروی جاذبه عمل‌کننده بر قسمت بالاتنه باعث گشتاور زیاد فلکشن زانو می‌شود که باید توسط گشتاور اکستنشن (انقباض اکسنتریک) تولیدشده توسط عضله چهارسر کنترل شود، هم‌انقباضی چهارسر و همسترینگ در جهات دیگر نیز با تغییر نوع انقباض قابل مشاهده است (دلاهورت، ۲۰۰۸، ص. ۲۰۳-۲۱۳).



با توجه به سطوح حرکتی بیشتر مفصل ران و مچ پا نسبت به مفصل زانو، به نظر می‌رسد که هم‌انقباضی در مفاصل مذکور نقش مهمی در بهبود تعادل داشته است.

با توجه ماهیت برهم زننده تعادل تمرینات هایپینگ، کنترل عصبی-عضلانی (فیدفوروارد و فیدبکی) تحت تمرین و سازگاری قرار می‌گیرد تا بتواند اغتشاشات را شناسایی و تعامل مناسب را انجام دهد. در این تمرینات فرد باید به هنگام فرود بر نیروهای برهم زننده تعادل مقابله نماید و این می‌تواند محرکی برای افزایش سازگاری در تعادل باشد. در کنترل فیدفوروارد آمادگی سیستم‌های درگیر در تعادل پیش از دریافت اغتشاش صورت می‌پذیرد (مان، سالیوان و شنایدرز، ۲۰۱۰، ص. ۲-۱۲) در کنترل فیدبکی، هرگونه واکنش نیازمند دریافت اغتشاشات توسط سیستم عصبی مرکزی و سپس اعمال تعدیل‌ها است. با این حال هرگونه پاسخ فیدبکی مناسب برای کنترل تعادل نیازمند دریافت صحیح اغتشاشات، پردازش واکنش مناسب است. چنانچه هریک از مراحل مذکور مختل و یا تأخیری به وجود آید، برآیند نهایی کارآمد نخواهد بود.

در بی‌ثباتی عملکردی مچ پا، گیرنده‌های حس عمقی با اختلال مواجه می‌شوند (مان، سالیوان و شنایدرز، ۲۰۱۰، ص. ۲-۱۲)، احتمالاً اطلاعات درستی در اختیار سیستم عصبی مرکزی قرار نگیرد. بعلاوه زمان واکنش در کنترل فیدبکی نسبت به فیدفورواردی دیرتر است، زیرا نیازمند دریافت، پردازش و سپس ارائه پاسخ می‌باشد، حال آنکه کنترل فیدفورواردی پاسخ‌ها از قبل ذخیره شده‌اند و فقط اجرا می‌شوند. مکانیسم فیدفوروارد بر اساس تجارب واکنش به بازخوردهای قبلی در مواجهه با محرک‌های محیطی است. همچنین افراد مبتلا به آسیب در دریافت اطلاعات برای کنترل فیدبکی دچار نقصان هستند و در موقعیت‌های تمرین شده و قابل شناسایی برای کنترل پاسچرال بیشتر بر فرآیند فیدفوروارد تکیه می‌کنند (برینانت، نیوتون و استیل، ۲۰۰۹، ص. ۹۸۸-۹۹۷). در نتیجه به نظر می‌رسد که انجام تمرینات هایپینگ توانسته باشد به تجربیات حرکتی افزوده باشد و بهبود انتخاب راهبردهای مناسب را برای کنترل پاسچرال در پی داشته است.

پژوهشگران اذعان داشته‌اند که ثبات مرکزی متشکل از اجزایی از قبیل قدرت مرکزی، استقامت، توان، تعادل و همچنین هماهنگی عضلانی اسکلتی ستون مهره‌ها، شکم و ران‌ها است (والدهلم، ۲۰۱۱). چنانچه به ارزیابی و شناسایی ارتباط دیگر اجزای ثبات مرکزی با عملکرد نقص‌های عملکردی پرداخته شود، شاید بتوان بر فاکتورهای اثربخش‌تر تمرکز کرد و برنامه

تمرینی را بر حسب میزان ارتباط و اولویت‌های اثربخشی طراحی نمود. این در حالی بود که پروتکل تمرینات ثبات مرکزی پژوهش حاضر تنها بر روی استقامت عضلانی تمرکز داشت. از نتایج پژوهش می‌توان این‌گونه استنباط کرد که بازتوانی اسپرین مچ پا و عوارض ناشی از آن مانند بی‌ثباتی عملکردی نیازمند به‌کارگیری رویکردهای فانکشنال است. تصمیم‌گیری قطعی در مورد رد و یا پذیرش تمرینات پروکسیمال در بازتوانی آسیب‌های ورزشی با اکتفا به پژوهش‌های محدود میسر نیست. چنانچه تمرینات پروکسیمال با رویکردهای فانکشنال به تمرینات افزوده شود، احتمالاً نتایج متفاوتی را نشان دهد. از این رو شاید توصیه‌های عمومی مبنی بر به‌کارگیری تمرینات ثبات مرکزی و بهبود استقامت عضلات این ناحیه تنها به صرف زمان و انرژی ورزشکار منتهی شود و اهداف تمرینی که برای آن متصور است فراهم نیاید. با این حال به‌کارگیری تمرینات پروکسیمال به منظور بهبود عملکرد نیازمند مطالعات بیشتر و طراحی پروتکل‌های مرتبط‌تر می‌باشد.

## منابع

1. Aggarwal, A., Kumar, S., Kalpana, Z., Jitender, M., & Sharma, V. P. (2012). The Relationship between Core Stability Performance and the lower Extremities Static Balance Performance in Recreationally active Individuals. *Nigerian Journal of Medical Rehabilitation*, 15(1 and 2), 11-16.
2. Arnold, B. L., De la Motte, S., Linens, S., & Ross, S. E. (2009). Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 41(5), 1048-1062.
3. Bryant, A. L., Newton, R. U., & Steele, J. (2009). Successful feed-forward strategies following ACL injury and reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), 988-997.
4. Chuter, V. H., & de Jonge, X. A. J. (2012). Proximal and distal contributions to lower extremity injury: a review of the literature. *Gait & posture*, 36(1), 7-15.
5. Clanton, T. O., Matheny, L. M., Jarvis, H. C., & Jeronimus, A. B. (2012). Return to play in athletes following ankle injuries. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 4(6), 471-474.
6. Clayton, M. A., Trudo, C. E., Laubach, L. L., Linderman, J. K., De Marco, G. M., & Barr, S. (2011). Relationships between isokinetic core strength and field based athletic performance tests in male collegiate baseball players. *Journal of Exercise Physiology Online*, 14(5), 20-30.
7. Dastmanesh, S., & Shojaeddin, S. (2011). The Effect of core stabilization training on postural control in subjects with chronic ankle instability. *J Jah Uni Med Sci*, 9, 1.
8. Delahunt, E. (2007). Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 11(3), 203-213.
9. Delahunt, E., Coughlan, G. F., Caulfield, B., Nightingale, E. J., Lin, C. W., & Hiller, C. E. (2010). Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic

- ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*, 42(11), 2106-2121.
10. Delahunt, E., Monaghan, K., & Caulfield, B. (2006). Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. *Journal of orthopaedic research*, 24(10), 1991-2000.
  11. Doherty, C., Delahunt, E., Caulfield, B., Hertel, J., Ryan, J., & Bleakley, C. (2014). The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports medicine*, 44(1), 123-140.
  12. Donahue, M., Simon, J., & Docherty, C. L. (2013). Reliability and validity of a new questionnaire created to establish the presence of functional ankle instability: the IdFAI. *Athl Train Sports Health Care*, 5(1), 38-43.
  13. Freeman, M. A. R., Dean, M. R. E., & Hanham, I. W. F. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*, 47(4), 678-685.
  14. Hadadnezhad, M., Rajabi, R., Alizadeh, M., & Letafatkar, A. (2011). Does Core Stability Predispose Female Athletes To Lower Extremity Injuries? *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 6(2). [in Persian]
  15. Hertel, J. (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of athletic training*, 37(4), 364.
  16. Hertel, J., Braham, R. A., Hale, S. A., & Olmsted-Kramer, L. C. (2006). Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(3), 131-137.
  17. Karimizadeh ardekani, M., Alizadeh, M. H., & Ebrahimi Tkamjany, I. (2012). The effect of six weeks of hopping on dynamic balance in athletes with functional ankle instability. *Sports Management and Physical Sciences Research*, 2(4), 139-151. [in Persian]
  18. Lederman, E. (2010). *Neuromuscular rehabilitation in manual and physical therapies: principles to practice* (pp. 60-75). Churchill Livingstone.
  19. McKeon, P. O., Wikstrom, E. A., & Hubbard, T. J. (2012). *Consequences of ankle inversion trauma: a novel recognition and treatment paradigm*. INTECH Open Access Publisher.
  20. Mohammad Ali Nasab, E., & Sahebozamani, M. (2013). The Effect of Core Stability Training on Y Balance Test Components in Indoor Soccer Players. *Sport Medicine Studies*, 4 (9), 63-86. [in Persian]
  21. Munn, J., Sullivan, S. J., & Schneiders, A. G. (2010). Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 2-12.
  22. Oliver, G. D. (2010). Pelvic neutral: Key to balance training. *Lower Extremity Review*, 2(4), 57-61.
  23. Olmsted, L. C., Carcia, C. R., Hertel, J., & Shultz, S. J. (2002). Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *Journal of athletic training*, 37(4), 501.
  24. Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school

- basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919.
25. Samadi, H., Rajabi, R., Alizadeh, M. H., & Jamshidi, A. A. (2014). Effect of Six Weeks Neuromuscular Training on Dynamic Postural Control and Lower Extremity Function in Male Athletes with Functional Ankle Instability. *Sport Medicine Studies*, 5 (14), 73-90. [in Persian]
26. Sandrey, M. A., & Mitzel, J. G. (2013). A 6 Week Core Stability-Training Program Improves Dynamic Balance and Core Endurance in High School Track and Field Athletes. *J Sport Rehabil*, 22, 264-271.
27. Sandrey, M. A., & Mitzel, J. G. (2013). Improvement in dynamic balance and core endurance after a 6-week core-stability-training program in high school track and field athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 22(4), 264-271.
28. Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson, M., & Malone, T. (2011). A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship?. *International journal of sports physical therapy*, 6(2), 63.
29. Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins.
30. Smith, B. I., Docherty, C. L., Simon, J., Klossner, J., & Schrader, J. (2012). Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *Journal of athletic training*, 47(3), 282.
31. Terada, M., Pietrosimone, B. G., & Gribble, P. A. (2012). Therapeutic interventions for increasing ankle dorsiflexion after ankle sprain: a systematic review. *Journal of athletic training*, 48(5), 696-709.
32. Van Middelkoop, M., van Rijn, R. M., Verhaar, J. A., Koes, B. W., & Bierma-Zeinstra, S. M. (2012). Re-sprains during the first 3 months after initial ankle sprain are related to incomplete recovery: an observational study. *Journal of physiotherapy*, 58(3), 181-188.
33. Waldhelm, A. (2011). *Assessment of core stability: developing practical models* (Doctoral dissertation, Nova Southeastern University).
34. Webster, K. A., & Gribble, P. A. (2013). A comparison of electromyography of gluteus medius and maximus in subjects with and without chronic ankle instability during two functional exercises. *Physical Therapy in Sport*, 14(1), 17-22.
35. Wortmann, M. A., & Docherty, C. L. (2013). Effect of balance training on postural stability in subjects with chronic ankle instability. *Journal of sport rehabilitation*, 22(2), 143-149.
36. Yu, J. H., & Lee, G. C. (2012). Effect of core stability training using pilates on lower extremity muscle strength and postural stability in healthy subjects. *Isokinetics and exercise science*, 20(2), 141-146.