



Compare the Effect of Exhaustive Activity on Dynamic Balance, Joint Mobility and Joint Proprioception Ankle Women with Flat, Hollow and Normal Feet

Maryam Manafi¹, Seyed Sadredin Shojaedin^{2*}, Mohammad Ali Solieman Fallah³

1. Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, School of Physical Education and Sport Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2. Department of Biomechanics and Sport Injuries, School of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. Department of Biomechanics, School of Physical Education and Sport Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Received: 2022/07/01

Accepted: 2022/10/08

Abstract

Background and Aim: The difference in altitude due to the foot's arch between people with normal and flat feet affects gait parameters and may increase risk of injury. Accordingly, this study aimed to compare the effect of exhaustive activity on dynamic balance (DB), joint mobility (JM), and joint proprioception (JP) in women with flat, hollow and normal feet.

Methods: In this study, 30 participants were given a written informed consent form, and selected based on inclusion and exclusion criteria and the doctor's confirmation that the exercises were safe, and divided into two experimental groups of flat, hollow feet and a control group (10 participants in each group) by simple random sampling. The variables of the DB test (Y test), JM (goniometer), and JP (AutoCAD software) of the subjects in the pre-test stage were measured. After that, the group performed flat and hollow feet in exhaustive activity during one session.

Results: The results showed that there was a significant difference between the pre-test and post-test of DB, JM, and JP of the subjects in the three groups. There is a significant difference between the mean difference of DB, JM, and JP of normal and hollow feet. But no significant difference was observed between the mean DB, JM, and JP of the experimental groups.

Conclusion: Based on the results of this study, coaches in sports teams are recommended to improve the fatigue threshold in the athletes by designing appropriate programs and thus prevent injuries to the fullest extent.

Keywords: Exhaustive activity; Flat foot; Hollow foot; Balance; Joint proprioception

Please cite this article as:

Manafi M, Shojaedin SS, Solieman Fallah MA. Compare the Effect of Exhaustive Activity on Dynamic Balance, Joint Mobility and Joint Proprioception Ankle Women with Flat, Hollow and Normal Feet. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2022;10(3):248-61. **Doi:** 10.22037/iipm.v10i3.38537

*
Corresponding Author: sa_shojaedin@yahoo.com





مقایسه تاثیر یک دوره فعالیت درمانده ساز بر تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی مفصل مچ پای زنان دارای کف پای صاف، گود و نرمال

مریم منافی^۱، سید صدر الدین شجاع الدین^{۲*}، محمدعلی سلیمان فلاح^۳

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲. گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳. گروه بیومکانیک، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: اختلاف ارتفاع ناشی از قوس های کف پای بین افراد دارای پاهای نرمال و کف پای صاف بر پارامترهای راه رفتن اثر گذار است و ممکن است خطر آسیب دیدگی را افزایش دهد بر این اساس هدف از انجام این تحقیق مقایسه تاثیر یک دوره فعالیت درمانده ساز بر تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی مفصل مچ پای زنان دارای کف پای صاف، گود و نرمال بود.

روش کار: در این تحقیق به ۳۰ نفر فرم رضایت نامه کتبی آگاهانه داده شد و سپس براساس معیارهای ورود و خروج و تائید پزشک مبنی بر بی خطر بودن تمرینات انتخاب شدند و در ادامه به دو گروه تجربی کف پای صاف، کف پای گود و یک گروه کنترل (هر گروه ۱۰ نفر) به صورت تصادفی ساده تقسیم شدند. اندازه گیری متغیرهای آزمون تعادل دینامیکی (آزمون وای)، تحرک پذیری مفصل (گونیا متر)، حس عمقی مچ پای (نرم افزار اتوکد) آزمودنی ها در مرحله پیش آزمون سنجیده شد. بعد از آن گروه کف پای صاف و کف پای گود تمرینات درمانده ساز را طی یک جلسه انجام دادند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اختلاف معناداری بین پیش آزمون و پس آزمون تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی آزمودنی ها در سه گروه وجود دارد. بین میانگین نمره های تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی گروه کف پای طبیعی و کف پای گود اختلاف معناداری وجود دارد. ولی اختلاف معناداری بین میانگین نمره های تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی گروه های تجربی مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق به مربیان تیم های ورزشی توصیه می شود با طراحی برنامه های مناسب آستانه ی خستگی ورزشکاران را ارتقا داده و بدین صورت تا حد ممکن از بروز آسیب ها جلوگیری نمایند.

واژگان کلیدی: فعالیت درمانده ساز؛ کف پای صاف؛ کف پای گود؛ تعادل؛ حس عمقی

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Manafi M, Shojaedin SS, Solieman Fallah MA. Compare the Effect of Exhaustive Activity on Dynamic Balance, Joint Mobility and Joint Proprioception Ankle Women with Flat, Hollow and Normal Feet. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyyat*. 2022;10(3):248-61. **Doi:** 10.22037/iipm.v10i3.38537

* نویسنده مسئول مکاتبات: sa_shojaedin@yahoo.com



مقدمه

قوس های طولی داخلی، طولی خارجی و عرضی پا از ساختارهای جذب کننده نیرو می باشند که نیروی وزن بدن را در هنگام وضعیت های ایستا و پویا توزیع می کنند، قوس های کف پا توسط ساختارهای استخوانی، نیام کف پای، رباط ها و تاندون ها حفظ می شود (۱). ناهنجاری هایی در قوس طولی داخلی منجر به از بین رفتن پایداری عملکردی پا می شود که به نوبه خود باعث ایجاد مشکلات تعادل می شود. با کاهش ارتفاع قوس طولی داخلی، کاهش توزیع وزن در فعالیت های ایستا و پویا و کاهش عملکرد کلی اندام تحتانی صورت می پذیرد (۲). اختلاف ارتفاع ناشی از قوس های کف پای بین افراد دارای پاهای نرمال و کف پای صاف بر پارامترهای مختلف کینتیکی و کینماتیکی راه رفتن اثر گذار است و ممکن است خطر آسیب دیدگی را افزایش دهد (۳). موقعیت مرکز جرم بدن در ارتباط با کینتیک است که می تواند معیار خوبی از تعادل دینامیکی بدن باشد (۴). مشکلات ایجاد شده در ساختارهای کف پا، پارامترهای مرتبط با مرکز فشار کف پا و گشتاور عضلانی را تحت تاثیر قرار می دهد. لذا هر گونه تغییر شکل در ساختار کف پا نه تنها بر مرکز فشار و پارامترهای مرتبط با آن اثر گذار است بلکه مرکز جرم را تغییر داده به تبع آن بر تعادل دینامیکی افراد تاثیر می گذارد (۳).

مطالعات بیومکانیکی اساسا تمرکز دارند روی سه تکنیک برای ارزیابی اثر فعالیت های درمانده ساز روی عملکرد اندام تحتانی که شامل فعالیت الکترومایوگرافی، کینتیک و کینماتیک است (۳، ۵). عملکرد اندام تحتانی، در تعامل با استخوان، راستای مفصل، مصرف انرژی و خستگی است بنابراین فعالیت عضلانی، کینتیک و کینماتیک اندام تحتانی ممکن است ارتباط پیچیده ای با آسیب های پرکاری داشته باشد (۵). برای مثال افرادی که کف پای صاف دارند هنگام راه رفتن عضلات حمایت کننده قوس های کف پا فعالیت بیشتری دارند و زودتر خسته می شوند که این زودتر خسته شدن عضلات هنگام فعالیت های ورزشی باعث ایجاد آسیب های متنوعی از جمله شکستگی فشاری " درشت نئی می گردد (۶، ۷).

هماهنگی و موفقیت عضلات در تأمین چنین ثباتی مدیون کارایی سیستم کنترل کننده عصبی عضلانی است. توانایی تولید نیرو یا قدرت جهت استراتژی های مناسب تعادل ضروری است، حداقل سطح قدرت متوسط تا خوب در دورسی فلکشن و کف پای فلکشن

مچ پا و اکستنشن و فلکشن ران لازم است. قدرت و دامنه حرکتی به تنهایی جهت ایجاد استراتژی های مناسب تعادل کافی نیستند و توانایی ترتیب انقباض عضلانی مناسب و زمان فعالیت عضله مهم و حیاتی است و در بعضی مواقع بازآموزی آن به دنبال آسیب بسیار مشکل است، که تعادل غالبا به عنوان مقیاس عملکرد اندام تحتانی مورد استفاده قرار گرفته و فرایند حفظ مرکز ثقل درون سطح اتکای بدن توصیف می شود (۸، ۹). ارتباط بین انواع فعالیت های درمانده ساز پا با فعالیت عضلانی هنوز مشخص نیست (۱۰). شواهد حاکی از این است، وقتی ناهنجاری اسکلتی و عضلانی خاصی در یکی از مفاصل اندام تحتانی وجود دارد عضلات و لیگامنت های سمت تقعر کوتاه و فعالیت کمتر، عضلات و لیگامنت های سمت تحدب کشیده و فعالیت بیشتری دارند در نتیجه ممکن است فعالیت الکترومایوگرافی عضلات نسبت به افراد نرمال تغییر کند. در این حالت مفاصل و عضلات دیگر جهت جبران این اختلال و حفظ سطح اتکا و فعالیت های درمانده ساز حرکات و فعالیت های جبرانی در حین انجام فعالیت های ورزشی و روزمره انجام می دهند و منجر به تغییر رفتار و عملکرد مفاصل و عضلات اندام تحتانی نسبت به افراد نرمال می شود (۱۱). همچنین باعث تغییر سطح تماس پاها با زمین و تغییر سطح اتکا می گردد و منطقی به نظر می رسد کوچکترین تغییر بیو مکانیکی در سطح اتکا بر فعالیت ها و تعادل تأثیر بگذارد. همچنین راستای ناهنجر اعضا یا انحراف بخش های اسکلتی از کارایی حرکتی عضو کم می کند که منجر به سطوح بالای مصرف انرژی و فشارهای مکانیکی شده و به عنوان پاتولوژی بالقوه یا واقعی سیستم عضلانی اسکلتی نقش دارد (۸).

عوامل مختلفی بر سیستم عصبی-عضلانی و تعادل اثر میگذارند که خستگی یکی از این فاکتورهاست (۱۲). خستگی عضلانی بر اثر کاهش ظرفیت و پذیرش تنش ایجاد شده در عضله یا برونده نیرو بعد از انقباض مکرر عضلانی به وجود می آید که کاهش عملکرد سیستم حس عمقی و اختلال در عملکرد حرکتی را در پی دارد و می توان آن را به عوامل متابولیکی و نورولوژیکی نسبت داد که توسط سیستم عصبی - عضلانی به طور مرکزی و محیطی کنترل می شود (۱۳).

برخی از گزارش ها پیشین نشان داده اند که خستگی با کاهش عملکرد و کارایی سیستم عصبی-عضلانی، اختلال در فعالسازی همزمان عضلات موافق و مخالف، کاهش قدرت و ظرفیت عملکردی عضلات همراه می باشد. فرمان عصبی در سطح معینی از انقباض عضلانی تعداد معینی عضله موافق و مخالف را به طور همزمان فعال

اعم از بیماری‌های قلبی عروقی، متابولیکی، بیماری‌های اسکلتی عضلانی، مفصلی و غیره، سابقه جراحی کمتر از یک سال، تزریق کورتیکواستروئید در شش ماه گذشته و داشتن بیش از یک عارضه) انتخاب شدند و برآورد حجم نمونه آماری براساس بررسی تحقیقات گذشته برای هر کدام از گروه‌ها با در نظر گرفتن توان ۰/۸۰ و سطح معناداری ۵٪ و اندازه اثر متوسط ۰/۶ و براساس نرم افزار جی پاور، ۱۰ نفر در نظر گرفته می‌شود که در ادامه به دو گروه تجربی کف پای صاف، کف پای گود (هر گروه به تعداد ۱۰ نفر) و یک گروه کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. در این تحقیق نحوه تخصیص (تصادفی و کورسازی) جهت تقسیم بندی بدین شکل بود که تعداد ۱۰ برگه با شماره یک، ۱۰ برگه با شماره دو، ۱۰ برگه با شماره سه بدون مشخص بودن شماره روی آن داخل ظرفی قرار گرفته شد و از افراد خواسته شد یک برگ را از داخل ظرف بردارند تا برآن اساس تقسیم بندی انجام گردد. افراد با برگه دارای شماره یک برای گروه کف پای صاف، شماره دو برای گروه کف پای گود و شماره سه برای کف پای نرمال انتخاب شدند. ابتدا به اندازه گیری متغیرهای پیش آزمون (تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی)، حس عمقی مچ پا) پرداخته شدند. تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی)، حس عمقی مچ پا) پرداخته شدند. تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی)، حس عمقی مچ پای آزمودنی‌ها در مرحله پیش آزمون به ترتیب با استفاده از آزمون وای، گونیامتر و روش عکس برداری (با استفاده از نرم افزار اتوکد) سنجیده شد. بعد از آن گروه کف پای صاف و کف پای گود تمرینات درمانده ساز را طی یک جلسه انجام دادند. در این بین گروه کنترل فقط در مرحله اندازه گیری متغیرهای تحقیق شرکت داشتند و پروتکل تمرینی خستگی انجام نمی‌دادند.

برای سنجش تعادل دینامیکی، آزمون تعادلی وای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این آزمون سه جهت قدامی، خلفی- داخلی و خلفی- خارجی در یک صفحه مرکزی قرار می‌گیرد و زوایای این سه جهت توسط میله‌های درجه بندی شده مشخص و در بخش‌های جانبی، صفحه در سه جهت ثابت و روی هر یک از میله‌ها نیز یک نشانگر نصب می‌شود. قبل از شروع آزمون، پای برتر آزمودنی‌ها تعیین می‌شد تا در صورتی که پای راست اندام برتر بود، آزمون در خلاف جهت عقربه‌های ساعت انجام شود و اگر پای چپ برتر بود، آزمون در جهت عقربه‌های ساعت انجام شود. آزمودنی با پای برتر، به صورت تک پا در صفحه تلاقی سه جهتی می‌ایستاد و تا آنجا که مرتکب خطا نشود (یعنی پا از صفحه تلاقی سه جهت حرکت نکند و شخص

می‌کنند. اگر عضله موافق دچار خستگی شود نمیتواند به طور مناسب به فرمان عصبی پاسخ دهد و در این مواقع عضله مخالف به صورت نرمال یا بیشتر از حد نرمال به فرمان عصبی پاسخ می‌دهد (۱۴).

خستگی به وسیله ناتوانی برای تولید نیروی کافی برای اجرای حرکت موردنظر یا کاهش در تولید نیرو در حین اجرای یک وظیفه حرکتی معین بیان می‌شود. خستگی و ناهنجاری در اندام تحتانی مانند کف پای صاف می‌تواند بر بیومکانیک حرکات انسان، تأثیر منفی بگذارد و منجر به بروز عدم هم انقباضی عضلانی و علائم ناپایدار در مفاصل اندام تحتانی (مچ پا) شود (۱۵). ارغوانی و همکاران (۲۰۱۸) (۱۶) با بررسی تأثیر پروتکل درمانده ساز بر کنترل قامت و تعادل افراد با قوس کف پای صاف، اختلال در تعادل افراد دارای ناهنجاری کف پا به خصوص در افراد کف پای صاف ساختاری را بعد از خستگی را گزارش کردند.

در مطالعه حاضر با فرض تأثیر گذار بودن فعالیت‌های درمانده ساز بر متغیرهای تحقیق، محقق به دنبال پاسخ دادن به این سؤال است که آیا بین تأثیر یک دوره فعالیت درمانده ساز بر متغیرهای تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی مفصل مچ زنان دارای کف پای صاف، گود و نرمال تفاوت وجود دارد؟

روش کار

این تحقیق از نوع نیمه تجربی بود. برای شروع کار ابتدا یک فراخوان در سطح استان البرز مبنی بر اجرای یک طرح تحقیقاتی داده شد. بعد از توضیح کامل در مورد اجرای تحقیق و هدف از انجام آن به افرادی که قرار است در تحقیق شرکت کنند فرم رضایت نامه کتبی آگاهانه داده شد. پس از آن فرم جمع آوری اطلاعات فردی توسط آزمودنی‌های تکمیل شد. سپس بعد از اطمینان از رضایت کتبی آزمودنی‌ها و تأیید پزشک مبنی بر بی خطر بودن تمرینات، تعداد ۳۰ نفر به صورت تصادفی ساده براساس معیارهای ورود (محدوده سنی ۱۸-۳۰ سال، هیچ گونه ناهنجاری وضعیتی به استثنای کف پای صاف و گود، عدم استفاده از وسایل کمکی نظیر عصا و واکر، اجتناب از انجام تمرینات ورزشی و یا فعالیت‌های شدید در زمان شرکت در طول انجام تحقیق، تأیید پزشک مبتنی بر بی خطر بودن مداخله و تمام آزمودنی‌ها از نظر قلبی و تنفسی مورد تأیید پزشک باشند و از سلامت عمومی برخوردار باشند) و خروج از تحقیق (سابقه شکستگی در یک سال گذشته، داشتن سابقه بیماری خاص

(وضعیت چشم باز)، بدون در نظر گرفتن مثبت یا منفی بودن جهت حرکت به عنوان زاویه خطا (خطای مطلق) ثبت می شود در مفصل مچ پا از زاویه ۱۰ درجه دورسی فلکشن و در مفصل زانو از زاویه ۴۵ درجه فلکشن به عنوان زاویه هدف استفاده شد (۱۹).

در این تحقیق از پروتکل خستگی درمانده ساز هفت مرحله ای تعریف شده توسط ساسکو و ویکینیز (۲۰۰۴) (۲۰، ۲۱) استفاده شد. ۱- ایستگاه اول، ۵ دقیقه دویدن نرم و آهسته در فضایی که آزمودنی انتخاب می کند. ۲- ایستگاه دوم ۳ دقیقه دوی سرعت در طول زمین بستکبال. ۳- ایستگاه سوم ۲ دقیقه شنای سوئدی. ۴- ایستگاه چهارم، ۲ دقیقه دراز و نشست. ۵- ایستگاه پنجم، ۳ دقیقه بالا و پایین رفتن از پله به ارتفاع ۳۰ سانتی متر. ۶- ایستگاه ششم، ۳ دقیقه دو سرعت رفت و برگشت در طول زمین بستکبال. ۷- ایستگاه هفتم، ۲ دقیقه دویدن با روند یکنواخت طوری که آزمودنی بتواند تا اتمام کار با همین سرعت بدود. برای تعیین میزان خستگی آزمودنی ها از مقیاس بورگ استفاده می شود. برای اندازه گیری مقیاس بورگ از آزمودنی خواسته می شود که احساس واقعی خود را در مورد شدت فعالیتی که انجام داده است بیان کند و با استفاده از جدول طرح شده توسط بورگ مقیاس آن استخراج می شود. حداقل مقیاس مورد نظر در انتهای ایستگاه هفتم ۱۵ می باشد. اندازه گیری بورگ درست قبل از شروع ایستگاه اول، بعد از ایستگاه سوم یعنی در نیمه راه و دقیقاً بعد از انجام ایستگاه هفتم انجام گرفت.

بعد از اتمام تمرینات متغیرهای تحقیق همانند روش اندازه گیری در مرحله پیش آزمون اندازه گیری شد. لازم به ذکر است در هر مرحله از انجام تحقیق حق خروج از مطالعه به همه آزمودنی ها داده شد. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از روشهای آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. آزمون شاپیرو ویلک برای بررسی نرمال بودن توزیع داده ها مورد استفاده قرار گرفت. از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف معیار، جداول جهت آزمون فرضیه ها استفاده شد. در بخش آمار استنباطی از آزمون تی وابسته و تحلیل کوواریانس مورد استفاده قرار گرفت. ضابطه تصمیم گیری در سطح آلفای پنج صدم بوده و برای تحلیل داده ها از نرم افزار (SPSS) نسخه ۲۲ مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

اطلاعات جمعیت شناختی آزمودنی ها در گروه های تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

روی پای که عمل دستیابی را انجام می دهد تکیه نکند یا نیافتد)، با پای دیگر در جهتی که آزمونگر به صورت تصادفی تعیین می کرد، عمل دستیابی را از طریق حرکت نشانگرها انجام می داد. سپس به حالت طبیعی روی دو پا باز می گشت. میزان فاصله ای که آزمودنی نشانگر را جابه جا می کرد، به عنوان فاصله دستیابی او ثبت می شد. آزمودنی ها هر یک از جهات را سه بار تکرار می کردند و در نهایت، میانگین آنها محاسبه و بر اندازه طول پا (بر حسب سانتی متر) تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب می شد تا فاصله دستیابی بر حسب درصدی از اندازه طول پا به دست آید. میانگین نمرات دسترسی فرد در سه جهت، به عنوان نمره کلی تعادل پویای او مدنظر قرار می گیرد (۱۷).

برای اندازه گیری دامنه دورسی فلکشن و پلاننار فلکشن مچ پا از آزمودنی خواستیم تا روی نیمکت بنشیند و زانو را خم کند. مچ پا بایستی در وضعیت خنثی یا ۹۰ درجه باشد. در این حالت، محور گونیامتر را تقریباً یک اینچ زیر قوزک داخلی و بازوی ثابت را به موازت خط میانی ساق در قسمت داخل و بازوی متحرک را به موازات اولین استخوان کف پای قرار دادیم و از فرد می خواهیم که حرکت دورسی فلکشن و پلاننار فلکشن انجام دهد. بازوی متحرک همراه پا به سمت بالا و پایین جابه جا می شود. میزان جا به جایی دامنه دورسی فلکشن و پلاننار فلکشن مچ پا را مشخص می کند (۱۸).

در این تحقیق برای اندازه گیری میزان حس عمقی مچ پا به علت اینکه از حساسیت بالاتری برخوردار است از نرم افزار دقیق تری (اتوكد) استفاده شد (۱۹). برای این منظور و پس از آنکه مارکرگذاری پوستی در سمت خارجی اندام آزموده می شود. هر کدام از آزمودنی ها روی صندلی می نشینند و پاها را در وضعیت آویزان قرار می دهند. سپس از آزمودنی خواسته می شود تا ابتدا با چشمان باز مفصل موردآزمون را تا زاویه هدف حرکت دهد و در این وضعیت اولین عکس از جانب خارجی مفصل گرفته می شود. در ادامه برای حذف مداخله بینایی در حین اندازه گیری از چشم بند استفاده و از آزمودنی خواسته می شود که زاویه هدف را مجدداً بازسازی کند. این عمل سه بار تکرار و با هر بار تکرار، از زاویه بازسازی شده عکسبرداری صورت می گیرد تا میانگین این سه زاویه به عنوان رکورد آزمودنی در بازسازی زاویه هدف ثبت شود. در نهایت با نرم افزار اتوكد ۲۰۱۴ تمامی تصاویر ثبت شده تحلیل می شود و میزان اختلاف موجود بین زاویه بازسازیشده توسط آزمودنی با زاویه هدف

جدول ۱. اطلاعات جمعیت شناختی آزمودنی‌ها؛ میانگین و انحراف استاندارد

گروه مورد مطالعه	تعداد	متغیر	میانگین \pm انحراف استاندارد
کف پای صاف	۱۰	سن (سال)	$21/21 \pm 2/11$
		قد (متر)	$157/20 \pm 5/96$
		وزن (کیلوگرم)	$55/12 \pm 6/12$
کف پای گود	۱۰	سن (سال)	$22/12 \pm 2/22$
		قد (متر)	$159/40 \pm 6/20$
		وزن (کیلوگرم)	$54/40 \pm 10/21$
کف پای نرمال	۱۰	سن (سال)	$22/14 \pm 4/1$
		قد (متر)	$159/11 \pm 4/33$
		وزن (کیلوگرم)	$57/15 \pm 4/12$

اطلاعات ارائه شده در جدول ۱ نشان می‌دهد بین میانگین سه گروه در متغیرهای سن، قد و وزن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0/05$).

جدول ۲. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نمرات تعادل دینامیکی

گروه	پیش آزمون انحراف معیار \pm میانگین	پس آزمون انحراف معیار \pm میانگین	مقدار تی	سطح معناداری
کف پای صاف	$44/00 \pm 4/7$	$42/22 \pm 3/1$	9/05	0/003
کف پای گود	$43/00 \pm 2/2$	$41/14 \pm 3/2$	8/3	0/004

همچنین اختلاف معناداری بین تعادل دینامیکی زنان دارای کف پای گود قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود دارد (0/004).

با توجه به جدول ۲ از آزمون t وابسته چنین استنباط می‌شود که بین تعادل دینامیکی زنان دارای کف پای صاف قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود دارد (0/003).

جدول ۳. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نمرات تحرک پذیری مفاصل

گروه	پیش آزمون انحراف معیار \pm میانگین (پلانتر فلکشن)	پس آزمون انحراف معیار \pm میانگین (پلانتر فلکشن)	مقدار تی	سطح معناداری
کف پای صاف	$13/00 \pm 2/6$	$12/22 \pm 3/1$	6/12	0/044
کف پای گود	$12/00 \pm 1/2$	$11/14 \pm 2/2$	5/2	0/023

همچنین اختلاف معناداری بین تحرک پذیری مفاصل زنان دارای کف پای گود قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود ندارد (0/004).

با توجه به جدول ۳ از آزمون تی وابسته چنین استنباط می‌شود که بین تحرک پذیری (پلانتر فلکشن) مفاصل زنان دارای کف پای صاف قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود ندارد (0/003).

جدول ۴. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نمرات تحرک پذیری مفاصل (دورسی فلکشن)

گروه	پیش آزمون انحراف معیار \pm میانگین (دورسی فلکشن)	پس آزمون انحراف معیار \pm میانگین (دورسی فلکشن)	مقدار تی	سطح معناداری
کف پای صاف	$9/00 \pm 2/1$	$8/11 \pm 2/1$	5/8	0/033
کف پای گود	$9/00 \pm 3/2$	$8/55 \pm 3/2$	5/8	0/019

صاف قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود ندارد (0/003).

با توجه به جدول ۴ از آزمون t وابسته چنین استنباط می‌شود که بین تحرک پذیری مفاصل (دورسی فلکشن) زنان دارای کف پای

همچنین اختلاف معناداری بین تحرک پذیری مفاصل زنان دارای کف پای گود قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود ندارد (۰/۰۰۴).

جدول ۵. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نمرات حس عمقی

گروه	پیش آزمون انحراف معیار ± میانگین	پس آزمون انحراف معیار ± میانگین	مقدار تی	سطح معناداری
کف پای صاف	۸/۰۰ ± ۱/۳	۱۱/۱۲ ± ۲/۱	۳/۰۵	۰/۰۰۳
کف پای گود	۹/۰۰ ± ۱/۲	۱۲/۱۳ ± ۲/۲	۴/۳	۰/۰۰۴

معناداری بین حس عمقی زنان دارای کف پای گود قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود دارد (۰/۰۰۴).

با توجه به جدول ۵ از آزمون تی وابسته چنین استنباط می شود که بین حس عمقی زنان دارای کف پای صاف قبل و بعد از خستگی عملکردی اختلاف معناداری وجود دارد (۰/۰۰۳). همچنین اختلاف

جدول ۶. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (آنوا) بین میانگین نمرات پیش آزمون و پس آزمون در گروه ها

متغیر	گروه ها	میانگین تفاضل نمره ها انحراف معیار ± میانگین	مقدار F	سطح معناداری
تعادل دینامیکی	کف پای طبیعی	۰/۰۲۱ ± ۰/۰۱	۷/۳۲۲	۰/۰۰۲
	کف پای صاف	۲/۱۴ ± ۰/۰۲		
	کف پای گود	۲/۱۲ ± ۰/۱۳		
تحرک پذیری مفصل	کف پای طبیعی	۰/۰۱۱ ± ۰/۰۲	۶/۵۴۴	۰/۰۰۴
	کف پای صاف	۲/۴۴ ± ۰/۰۲		
	کف پای گود	۳/۱۴ ± ۰/۰۱		
حس عمقی	کف پای طبیعی	۰/۰۳۲ ± ۰/۰۵	۵/۲۲۶	۰/۰۰۲
	کف پای صاف	۲/۱۵ ± ۰/۲۲		
	کف پای گود	۳/۳۱ ± ۰/۱۴		

پذیری مفصل (دامنه حرکتی) و حس عمقی گروه کف پای صاف و کف پای گود مشاهده نشد (۰/۹۷۰).

بحث

نتایج تحقیق نشان داد که اختلاف معناداری بین نمره های پیش آزمون و پس آزمون تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی آزمودنی ها در سه گروه وجود دارد. بین میانگین نمره های تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی گروه کف پای طبیعی و کف پای گود اختلاف معناداری وجود دارد. ولی اختلاف معناداری بین میانگین نمره های تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی گروه کف پای صاف و کف پای گود مشاهده نشد.

از نظر معنی دار بودن بر تعادل دینامیکی متعاقب با یک دوره

با توجه به جدول ۶ از آزمون آنوا چنین استنباط می شود که اختلاف معناداری بین نمره های پیش آزمون و پس آزمون تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل و حس عمقی آزمودنی ها در سه گروه وجود دارد. برای مشخص شدن اختلاف معنادار بین میانگین تفاضل نمره ها در پیش آزمون و پس آزمون سه گروه از آزمون تعقیبی استفاده شد. آزمون تعقیبی نشان داد که بین میانگین تفاضل نمره های تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی) و حس عمقی گروه کف پای طبیعی و کف پای صاف اختلاف معناداری وجود دارد (۰/۰۰۲). همچنین آزمون تعقیبی نشان داد که بین میانگین تفاضل نمره های تعادل دینامیکی، تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی) و حس عمقی گروه کف پای طبیعی و کف پای گود اختلاف معناداری وجود دارد (۰/۰۰۴). ولی اختلاف معناداری بین میانگین تفاضل نمره های تعادل دینامیکی، تحرک

همکاران (۲۹) با نتایج تحقیق حاضر مغایر بود. آنها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کنترل قامت طی برنامه خستگی آور دچار تغییر نمیشود و همچنین بیان کرده اند که خستگی عضلانی عمومی، تعادل پویا را کمتر از خستگی عضلانی لوکال دچار تغییر میکند و علت آن را به این مورد مربوط دانسته اند که در خستگی عمومی بدن، عضلات قامت زودتر از عضلات لوکال وارد حالت جبرانی کنترل قامت میشوند و در نهایت تعادل را حفظ میکنند (۲۹). در ارتباط با اثر خستگی بر تعادل در افراد با قوس کف پای متفاوت گریگ و همکاران (۳۰) در نتایج تحقیق خود بیان کردند که بر اثر خستگی عضلات کف پا، تعادل ایستا و پویا دچار کاهش میشود. آنها بیان کردند که شکل آناتومیکیال استخوانها و ساختار بافت نرم عضلات پا احتمالاً بر حفظ تعادل تأثیر میگذارند. از طرفی دیگر، فرزانه و همکاران (۳۱) در تحقیق خود با عنوان «اثر خستگی عملکردی بر میزان زاویه پشت پای افراد با ساختار پای طبیعی و چرخیده به خارج طی فاز اتکای دویدن» نشان دادند که بین میزان زاویه پشت پای افراد گروه با پای طبیعی در قبل از خستگی و حین خستگی، به جز در مرحله برخورد پاشنه با زمین در دیگر مراحل فاز اتکای دویدن اختلاف معناداری وجود ندارد. محققین در حمایت از یافته های خود اشاره کردند که گرچه ممکن است افزایش میزان زاویه پشت پا به خاطر تغییر وضعیت ساختاری پا و افزایش پرونیشن پا امری بدیهی به نظر برسد، اما اصولاً بدن انسان در هنگام مواجه با اختلالات به وجود آمده در یک عضو یا ساختار، به طور ناخودآگاه و به مرور زمان به صورت جبرانی، درصد رفع و افزایش سازگاری عارضه ایجاد شده برمیآید. خوش اندام و همکاران (۳۲) تأثیر خستگی را بر تعادل ایستا و پویای ورزشکاران با کف پای صاف بررسی کردند. آنها کاهش تعادل ایستا و پویا را بعد از خستگی گزارش کردند، ولی این کاهش از نظر آماری معنادار نبود. آنها گزارش کردند از آنجایی که ورزش و فعالیت بدنی باعث تقویت سیستم عصبی-عضلانی می شود، این امکان وجود دارد که بدن انسان به طور ناخودآگاه در جهت رفع اختلالات ساختاری از جمله ناهنجاریهای کف پا باشد و سیستم عصبی-عضلانی نقش جبرانی در این مورد ایفا کند. ممکن است این یافته ها به دلیل نوع و شدت برنامه خستگی، ابزار و آزمونها، تعداد کم آزمودنی ها، ناهمگن بودن رشته های ورزشی و شرایط محیطی باشد که نتایج تحقیقات اشاره شده با نتایج تحقیق حاضر همخوانی نداشت. در توجیه یافته های تحقیق حاضر می توان گفت در هنگام خستگی ارسال پیام های

فعالیت درمانده ساز، یافته های این تحقیق با نتایج عزیزی و همکاران، قاسمی و همکاران، حسین زاده و همکاران، معینی و همکاران، قاسمی و همکاران، فارزانی و همکاران، کن و همکاران، سوکر و همکاران، کیم و همکاران و کتین و همکاران همسو بود. از سوی دیگر نتایج مطالعه حاضر مبنی بر تأثیر تمرینات بر بهبود تعادل با نتایج مطالعه مانینی و همکاران (۲۲) و دی بروین و همکاران همخوانی نداشت، آنان دریافتند که تمرینات بدنی باعث ایجاد بهبود معنادار در تعادل افراد نمی شود. دلایل احتمالی این تناقض ها را می توان به تفاوت در مدت زمان دوره های تمرینی تحقیقات مذکور و مطالعه حاضر و یا به تفاوت در ماهیت پروتکل تمرینی و نیز ابزارهای متفاوت استفاده شده در این تحقیق ها نسبت داد. در رابطه با تحقیقات ناهمسو، هدایتی و همکاران (۲۳) در تحقیق خود دریافتند که افراد با صافی کف پا از میزان برابری از نیازمندی به توجه در کنترل تعادل نسبت به افراد با کف پای طبیعی برخوردارند (۲۳). کات و همکاران در تحقیق خود تعادل ایستا و پویای افراد با کف پای سوپینیت و پرونیٹ را بررسی کردند، در این تحقیق تفاوتی بین تعادل ایستای افراد با کف پای گود و صاف با کف پای طبیعی دیده نشد (۲۴). همچنین موسوی و همکاران در تحقیق خود گزارش کردند که قوسهای کف پا تأثیری بر تعادل ایستا ندارد. این نتایج با یافته های تحقیق حاضر همسو نیستند (۲۵). دلایل احتمالی این تناقض ها را می توان به تفاوت در مدت زمان دوره های تمرینی تحقیقات مذکور و مطالعه حاضر و یا به تفاوت در ماهیت پروتکل تمرینی و نیز ابزارهای متفاوت استفاده شده در این تحقیق ها نسبت داد. در رابطه با پیشینه تحقیق، محققین تقریباً با اتفاق نظر بر این باورند که خستگی باعث کاهش کنترل قامت و تعادل می شود (۲۶). کربیل و همکاران (۲۷) نیز گزارش کردند که خستگی باعث کاهش بیشتر میزان تعادل فرد در حالت استاتیک نسبت به حالت دینامیک میشود. آنها علت آن را این گونه توجیه کرده اند که سازوکاری که باعث جبران اغتشاشات ایجاد شده در اثر خستگی میشود، بیشتر در حالت دینامیک به کنترل قامت کمک میکند و تأثیر کمی در کنترل قامت استاتیک دارد. استفان و همکاران (۲۸) یکی از علل تغییر در کنترل قامت بعد از خستگی عضلانی را به کاهش تمرکز آزمودنی ها در توجه به نوسانات بدن خودشان مربوط میدانند و علت دیگر را تغییر در عملکرد عصبی-عضلانی اندام تحتانی به ویژه پا عنوان کرده اند. که نتایج تحقیقات اشاره شده با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد؛ البته نتایج تحقیق ویلرمه و

تحتانی و علت مستعد شدن افراد به آسیب اندام تحتانی به دلیل تغییر ساختار پا شناخته نشده است، زیرا نتایج متناقضی مبنی بر رابطه بین ناهنجاری کف پا و آسیب مفاصل و اندام تحتانی گزارش شده است (۳۵). محققان دلایل مختلفی برای این آسیب ها در این افراد ذکر کرده اند که از جمله میتوان به توزیع نامناسب فشار کف پای و نیروی عکس العمل زمین در کف پا و برخی عوامل مکانیکی اشاره کرد. سفتی عضلانی یکی از شاخص های مکانیکی پاست که میتواند با ساختار کف پا به خصوص قوس کف پا مرتبط باشد (۳). سفتی عضلانی به نسبت تغییر نیرو در تغییر طول عضلانی گفته می شود. بافت عضلانی فعال، بزرگترین مشارکت کننده در سفتی همه جانبه مفصل می باشد. به نوعی، هم انقباضی یا هم کنشی عضلات موافق و مخالف یک مفصل، سفتی یک مفصل را افزایش داده و سبب افزایش ثبات مفصل می گردد. بر خلاف سفتی عضلانی که به ویژگی های سفتی بافت های عضلانی وتری اشاره دارد، سفتی مفصلی به مشارکت کلیه ساختارهایی که در مفصل قرار دارند و نیز کلیه پوست، بافت زیرپوستی، فاسیا، لیگامنت ها، کپسول مفصلی و غضروف اشاره دارد. به عبارتی دیگر سفتی مفصلی به مقاومت یک مفصل به کشش یا تغییر شکل در پاسخ به نیروهای خارجی گفته می شود که با جلوگیری کردن از حرکت بیش از حد مفاصل به افزایش ثبات کمک می کند (۳۶). از جنبه ثنوری، افزایش سفتی عضلانی، موجب افزایش و تقویت سفتی مفصل می گردد، که این مورد ویژگی سودمندی برای بهبود بخشیدن ثبات عملکردی مفصل است. اولاً اینکه، عضلات سفت تر باید در مقابل جابجایی های ناگهانی مفصل مقاومت کنند. اگر چه با تمام نیروهای بی ثبات کننده مفصل به طور کامل نمی توان مقابله کرد، ولی بسیاری از آنها را می توان به صورت بالقوه از لحاظ مقدار، کاهش داد. بنابراین می توان وقوع در رفتگی های مفصلی و آسیب های مفصلی را کاهش داد. این موضوع در حفظ ثبات عملکردی، در زمانی که نقص مکانیکی است، ضروری است. به طور مستقیم نشان داده شده است که انقباض ارادی عضله، سفتی عضلانی را افزایش می دهد و هماهنگی انقباضی در عضلات مخالف با افزایش فشار سطوح مفصلی، سفتی عضلانی را تقویت می کند. ثانیاً، از لحاظ داخلی، عضلات سفت تر، ظرفیت بالقوه جزء خارجی را تقویت می کند. عضلات سفت تر در نتیجه فعالیت زیاد، بارها و فشارها را به طور سریعتر و راحت تر به دوک عضلانی منتقل می کنند و لذا شکاف زمانی مرتبط با شروع فعالیت رفلکس را کاهش می دهند (۳۶). در

آوران از عضلات خسته دچار اختلال شده و باعث تغییرات عصبی-عضلانی می شود که به کاهش انتقال پیام های و ابران و توانایی تولید حرکات جبرانی کافی منجر می شود (۱۶). در واقع هنگام خستگی، توانایی تولید پاسخهای عضلانی مناسب که برای حفظ ثبات مفصل لازم است، کاهش مییابد که موجب کاهش بیشتر تعادل در افراد دارای کف پای صاف منعطف، گود و به خصوص در افراد کف پای صاف ساختاری که تعادل عضلانی مطلوبی در اطراف مچ پا ندارند، میشود. از طرفی دیگر، به نظر میرسد بر اساس شواهد موجود افراد با کف پای صاف منعطف، ساختاری و گود به دلیل وجود ناهنجاری، قادر به استفاده بهینه از راهبرد مچ پا برای کنترل قامت نیستند و این افراد نیروی عکس العمل زمین را در صفحه ی فرونتال، ساجیتال و موقعیت مرکز فشار را تغییر می دهند و با به کارگیری راهبردهای حفظ تعادل تغییر یافته در مفاصل پروگزیمال، در کنترل قامت عملکرد ضعیف تری دارند (۳).

در ارتباط با تبیین تاثیر یک دوره فعالیت درمانده ساز بر تحرک پذیری مفاصل زنان دارای کف پای صاف و گود می توان به این موارد اشاره کرد که پا بخش اصلی فعالیت متقابل بدن با زمین است، زیرا سه عملکرد عمده جذب نیروهای برخورد، حفظ تعادل و انتقال نیروهای جلو برنده را بر عهده دارد. پا در مقایسه با دیگر بخش های بدن انسان، تغییرات ساختاری بیشتری را از خود نشان می دهد. یکی از مهمترین و متغیرترین ویژگی های ساختاری پا، ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن است، زیرا عملکرد اصلی قوس، جذب نیروهای عکس العمل زمین در زمان اجرای مهارت های ورزشی که وزن بدن روی پاست، محسوب میشود وضعیت غیر طبیعی پا بر اثر کاهش یا افزایش ارتفاع قوس یک عامل مستعد کننده و حتی ایجاد کننده اختلال عملکرد پا و اندام تحتانی است. از این رو بررسی ساختار پا با هدف عملکرد مؤثر آن در طول فعالیت های ورزشی بسیار حائز اهمیت است (۳۳). مطالعات گزارش کرده اند که در افراد با کف پای صاف آسیب هایی مانند حساسیت فاسیای کف پای، شلی رباطها، بی ثباتی بخش داخلی مچ پا و در نتیجه اسپرین مچ پا (۳۴)، آسیب زانو و کمر درد و در افراد با کف پای گود آسیب هایی مثل شکستگی استخوان درشت نی و ران، آسیب های ناشی از بیش تمرینی مثل استرس فراکچر بیشتر مشاهده شده است. در نتیجه ناهنجاری کف پا ممکن است موجب مستعد کردن فرد به آسیب اندام تحتانی شود. با توجه به نتایج تحقیقات انجام گرفته در این زمینه هنوز رابطه دقیق بین تغییر ساختار پا و آسیب اندام

تحقیقات به محور دوران پا که در مفصل مچ پا قرار دارد، نزدیکتر میشود. از این رو بازوی گشتاور نیروی عکس العمل زمین در مقایسه با افراد با کف پای نرمال کاهش و در نهایت گشتاور عضلانی مچ پا کاهش می‌یابد. در نتیجه سختی مفصل مچ پا در افراد با کف پای صاف کمتر از دو گروه دیگر است. سختی مفصل نشاندهنده پایداری مکانیکی مفصل است، زیرا تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی) نه تنها به مقاومت عضلات و دیگر بافت‌های نرم اطراف مفصل بستگی دارد، بلکه تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی) عکس‌العملی برای گشتاور نیروهای خارجی است در نتیجه کاهش تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی) مچ پا ممکن است یکی از عوامل مستعدکننده برای آسیب پذیری این افراد به خصوص اسپرین داخلی مچ پا باشد (۳۱).

یکی از دلایل مهم معنادار نبودن تحرک پذیری (دامنه حرکتی) بین دو گروه کف پای صاف و گود این بود که در هر دو ناهنجاری کف پای صاف و گود ایملانسی عضلانی بوجود آمده است که این خود باعث محدودیت تقریباً به یک نسبت در میزان تحرک پذیری مچ پا می‌شود (۴۰). همچنین از دلایل دیگر می‌توان به این موضوع اشاره کرد که میزان ناهنجاری کف پای صاف و گود در هر دو گروه از نوع شدید نبود که این نیازمند تحقیقات بیشتر در آینده می‌باشد.

در ارتباط با تاثیر یک دوره فعالیت درمانده ساز بر حس عمقی مفصل مچ پای زنان دارای کف پای صاف و گود از دلایل احتمالی این امر می‌توان اشاره کرد که در رابطه با پیشینه تحقیق، محققین تقریباً با اتفاق نظر بر این باورند که خستگی باعث کاهش کنترل قامت و تعادل می‌شود (۲۶). کاربیل و همکاران (۲۷) نیز گزارش کردند که خستگی باعث کاهش بیشتر میزان تعادل فرد در حالت استاتیک نسبت به حالت دینامیک می‌شود. آنها علت آن را این گونه توجیه کرده‌اند که سازوکاری که باعث جبران اغتشاشات ایجادشده در اثر خستگی میشود، بیشتر در حالت دینامیک به کنترل قامت کمک میکند و تأثیر کمی در کنترل قامت استاتیک دارد. استفان و همکاران (۲۸) یکی از علل تغییر در کنترل قامت بعد از خستگی عضلانی را به کاهش تمرکز آرمودنی‌ها در توجه به نوسانات بدن خودشان مربوط میدانند و علت دیگر را تغییر در عملکرد عصبی-عضلانی اندام تحتانی به ویژه پا عنوان کرده‌اند. که نتایج تحقیقات اشاره شده با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد؛ البته نتایج تحقیق ویلرمه و همکاران (۲۹) با نتایج تحقیق حاضر مغایر بود. آنها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که کنترل قامت طی برنامه خستگی آور دچار تغییر نمیشود و همچنین بیان کرده‌اند که

واقع سفتی عضلانی مفاصل اندام تحتانی یکی از عوامل مهم در اجرای مهارت‌های پایه مثل راه رفتن و حتی در شروع گام برداری است، زیرا این متغیر توانایی کل اندام تحتانی را برای تولید نیرو در مرحله تماس با زمین برای انتقال بدن به سمت جلو نشان میدهد. سفتی مفصل به سختی همه عناصری که از روی آن میگذرد مثل عضلات، رباط‌ها و تاندون بستگی دارد. سفتی مفاصل اندام تحتانی با بسیاری از متغیرهای سینماتیکی مانند سرعت اجرای مهارت، میزان نیرو و توان تولیدی عضلات، پایداری اندام تحتانی و گام برداری صحیح در حین راه رفتن ارتباط دارد. دورسی و همکاران معتقدند که تغییر ساختار کف پا ممکن است به علت ایجاد تغییر در الگوی حرکتی اندام‌ها و مکانیک حرکت جفتی پا و زانو بر سختی اندام تحتانی تأثیرگذار باشد. آنها گزارش کردند که در افراد دارای کف پای گود سختی اندام تحتانی و میزان نیروی عکس‌العمل عمودی اعمال شده به پا در دوییدن بیشتر از افراد با کف پای صاف است که این افزایش میتواند دلیلی برای آسیب‌های استخوانی در افراد با کف پای گود باشد (۳۷). از طرفی دیگر محققان گزارش کردند که طی دوییدن افرادی که قوس پای کمتری دارند به علت پایین بودن سختی اندام تحتانی بیشتر در معرض آسیب بافت نرم قرار دارند، در حالی که افرادی که قوس پای بالایی دارند، به علت بالا بودن سفتی اندام تحتانی بیشتر در معرض بافت سخت مثل استخوان قرار دارند. محدودیت تحقیقات گذشته این است که آنها سفتی کل اندام تحتانی را در افراد دارای ناهنجاری کف پا اندازه گرفته‌اند نتیجه گیری آنها براساس همین سفتی کل اندام تحتانی بوده است. از طرف دیگر براساس مطالعات نویسندگان پژوهش حاضر تاکنون رابطه بین سختی مفاصل و آسیب پذیری افراد دچار ناهنجاری کف پا در طی مهارت‌های پایه مثل شروع گام برداری بررسی نشده است (۳۷). از آنجا که دامنه حرکتی مفاصل و گشتاور عضلات اطراف مفصل از عوامل دخیل در تحرک پذیری مفصل (دامنه حرکتی) محسوب می‌شوند، می‌توان گفت که در افراد با کف پای صاف به دلیل پایداری کم رباط‌ها و عملکرد غیرطبیعی دیگر اجزای اطراف مفصل به خصوص تاندون عضله درشت نی خلفی و کاهش قوس طولی میانی، انعطاف پذیری و دامنه حرکتی مفصل مچ پا بیشتر از افراد با کف پای نرمال است و گشتاور عضلانی و نیروی عضلانی مورد نیاز برای ایجاد حرکت در مفصل کم است (۳۸، ۳۹). علاوه بر این در افراد با کف پای صاف نقطه اعمال نیروی عکس‌العمل زمین به سمت داخل پا انتقال می‌یابد و براساس محاسبات انجام گرفته در

مخالف یک مفصل، سفتی یک مفصل را افزایش داده و سبب افزایش ثبات مفصل می‌گردد. بر خلاف سفتی عضلانی که به ویژگیهای سفتی بافت‌های عضلانی وتری اشاره دارد، سفتی مفصلی به مشارکت کلیه ساختارهایی که در مفصل قرار دارند و نیز کلیه ساختارهایی که از روی آن می‌گذرند، مثل: عضلات، تاندون‌ها، پوست، بافت زیرپوستی، فاسیا، لیگامنت‌ها، کپسول مفصلی و غضروف اشاره دارد. به عبارتی دیگر سفتی مفصلی به مقاومت یک مفصل به کشش یا تغییرشکل در پاسخ به نیروهای خارجی گفته می‌شود که با جلوگیری کردن از حرکت بیش از حد مفاصل به افزایش ثبات کمک می‌کند (۳۶). از جنبهٔ تئوری، افزایش سفتی عضلانی، موجب افزایش و تقویت سفتی مفصل می‌گردد، که این مورد ویژگی سودمندی برای بهبود بخشیدن ثبات عملکردی مفصل است. اولاً اینکه، عضلات سفت‌تر باید در مقابل جابجایی‌های ناگهانی مفصل مقاومت کنند. اگر چه با تمام نیروهای بی‌ثبات کنندهٔ مفصل به طور کامل نمی‌توان مقابله کرد، ولی بسیاری از آنها را می‌توان به صورت بالقوه از لحاظ مقدار، کاهش داد. بنابراین می‌توان وقوع دررفتگی‌های مفصلی و آسیب‌های مفصلی را کاهش داد. این موضوع در حفظ ثبات عملکردی، در زمانی که نقص مکانیکی است، ضروری است. به طور مستقیم نشان داده شده است که انقباض ارادی عضله، سفتی عضلانی را افزایش می‌دهد و هماهنگی انقباضی در عضلات مخالف با افزایش فشار سطوح مفصلی، سفتی عضلانی را تقویت می‌کند. ثانیاً، از لحاظ داخلی، عضلات سفت‌تر، ظرفیت بالقوهٔ جزء خارجی را تقویت می‌کند. عضلات سفت‌تر در نتیجهٔ فعالیت زیاد، بارها و فشارها را به طور سریعتر و راحت‌تر به دوک عضلانی منتقل می‌کنند و لذا شکاف زمانی مرتبط با شروع فعالیت رفلکس را کاهش می‌دهند (۳۹).

فراهم بودن حس عمقی از نواحی کف پا، نقش مهمی در کنترل قامت دارد که ایجاد ناهنجاری در پا میتواند موجب نقص در کارکرد گیرنده‌های حسی عمقی شود. خستگی به عنوان عامل ایجاد نقص در اطلاعات آوران حسی پیکری، میتواند به تأخیر در پاسخ‌های قامت و اختلال در کنترل قامت منجر شود. در واقع هنگام خستگی، توانایی تولید پاسخ‌های عضلانی مناسب که برای حفظ ثبات مفصل لازم است، کاهش می‌یابد و موجب کاهش بیشتر تعادل در افراد دارای کف پای صاف و گود و به خصوص در افراد کف پای صاف ساختاری که تعادل عضلانی مطلوبی در اطراف مچ پا ندارند، می‌شود (۴۱). خستگی به وسیله ناتوانی برای تولید نیروی کافی برای اجرای حرکت مورد نظر یا کاهش در تولید نیرو در حین اجرای یک

خستگی عضلانی عمومی، تعادل پویا را کمتر از خستگی عضلانی لوکال دچار تغییر میکند و علت آن را به این مورد مربوط دانسته اند که در خستگی عمومی بدن، عضلات قامت زودتر از عضلات لوکال وارد حالت جبرانی کنترل قامت میشوند و در نهایت تعادل را حفظ میکنند (۷، ۲۹).

پا بخش اصلی فعالیت متقابل بدن با زمین است، زیرا سه عملکرد عمدهٔ جذب نیروهای برخورد، حفظ تعادل و انتقال نیروهای جلوبرنده را بر عهده دارد. پا در مقایسه با دیگر بخش‌های بدن انسان، تغییرات ساختاری بیشتری را از خود نشان میدهد. یکی از مهمترین و متغیرترین ویژگی‌های ساختاری پا، ارتفاع قوس طولی داخلی هنگام تحمل وزن است، زیرا عملکرد اصلی قوس، جذب نیروهای عکس‌العمل زمین در زمان اجرای مهارت‌های ورزشی که وزن بدن روی پاست، محسوب میشود وضعیت غیرطبیعی پا بر اثر کاهش یا افزایش ارتفاع قوس یک عامل مستعدکننده و حتی ایجاد کنندهٔ اختلال عملکرد پا و اندام تحتانی است. از این رو بررسی ساختار پا با هدف عملکرد مؤثر آن در طول فعالیت‌های ورزشی بسیار حائز اهمیت است (۳۳). مطالعات گزارش کرده اند که در افراد با کف پای صاف آسیب‌هایی مانند حساسیت فاسیای کف پای شلی رباطها، بی‌ثباتی بخش داخلی مچ پا و در نتیجه اسپرین مچ پا، آسیب زانو و کمر درد و در افراد با کف پای گود آسیب‌هایی مثل شکستگی استخوان درشت نی و ران، آسیب‌های ناشی از بیش‌تمرینی مثل استرس فراکچر بیشتر مشاهده شده است. در نتیجه ناهنجاری کف پا ممکن است موجب مستعد کردن فرد به آسیب اندام تحتانی شود. با توجه به نتایج تحقیقات انجام گرفته در این زمینه هنوز رابطهٔ دقیق بین تغییر ساختار پا و آسیب اندام تحتانی و علت مستعد شدن افراد به آسیب اندام تحتانی به دلیل تغییر ساختار پا شناخته نشده است، زیرا نتایج متناقضی مبنی بر رابطه بین ناهنجاری کف پا و آسیب مفاصل و اندام تحتانی گزارش شده است (۳۱). محققان دلایل مختلفی برای این آسیب‌ها در این افراد ذکر کرده اند که از جمله میتوان به توزیع نامناسب فشار کف پای و نیروی عکس‌العمل زمین در کف پا و برخی عوامل مکانیکی اشاره کرد. سفتی عضلانی یکی از شاخص‌های مکانیکی پاست که میتواند با ساختار کف پا به خصوص قوس کف پا مرتبط باشد (۳۷). سفتی عضلانی به نسبت تغییر نیرو در تغییر طول عضلانی گفته می‌شود. بافت عضلانی فعال، بزرگترین مشارکت‌کننده در سفتی همه‌جانبه مفصل می‌باشد. به نوعی، هم‌انقباضی یا هم‌کنشی عضلات موافق و

هنگام بروز خستگی ورزشکاران، تا حد امکان از ادامه انجام تمرینات خودداری نموده و به آنان فرصت ریکاوری دهند؛ همچنین با طراحی برنامه های مناسب آستانه ی خستگی ورزشکاران را ارتقا داده و بدین صورت تا حد ممکن از بروز آسیب ها جلوگیری نمایند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحقیق به مربیان تیم های ورزشی توصیه می شود با طراحی برنامه های مناسب آستانه ی خستگی ورزشکاران را ارتقا داده و بدین صورت تا حد ممکن از بروز آسیب ها جلوگیری نمایند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج است. بدین وسیله از همکاری آزمودنی های مورد نظر تحقیق و خانواده های این افراد و همچنین مسئولین سالن ورزشی در انجام تحقیق حاضر، تشکر و قدردانی نموده و آرزوی سلامتی و شادکامی برای این عزیزان داریم.

ملاحظات اخلاقی

تمام شرکت کنندگان از اهداف پژوهش آگاه شده و فرم رضایت آگاهانه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند. این مطالعه دارای کد اخلاق به شماره IR.IAU.K.REC.1400.014 است.

تضاد منافع

از طرف نویسندگان گزارشی در این خصوص اعلام نشده است.

منابع مالی

از سوی نویسندگان گزارشی مبنی بر وضعیت منابع مالی اعلام نشده است.

نقش نویسندگان

از سوی نویسندگان گزارشی مبنی بر نقش هر یک از نویسندگان اعلام نشده است.

وظیفه حرکتی معین بیان میشود. زمانی که اطلاعات رسیده از گیرنده های محیطی و اعصاب آوران به هر دلیلی به طور صحیح و کامل به سیستم عصبی مرکزی مخابره نشود، سیستم عصبی مرکزی نیز پاسخی ناقص به اطلاعات رسیده داده و در نتیجه وضعیت بدنی دچار اختلال شده و ثبات بدن به هم میخورد (۷). در پای گود، کف پا با قوس زیاد به اندازه کافی با سطوح زیرینش سازگار نمیشود و افزایش جابه جایی مرکز فشار در افراد با پای گود ممکن است به دلیل ناحیه تماس کمتر بین سطح کف پا و فوت اسکن در مقایسه با افراد با ساختار پای طبیعی باشد. داشتن ناحیه سطح تماس کمتر ممکن است به دو روش در کنترل قامت ایجاد اختلال کند؛ اول اینکه ساختار پای گود، مرکز فشار را در طی پرونیشن به سمت مدیال انتقال میدهد. از طرفی دیگر، بازخورد اطلاعات حس عمقی طی حرکات مفصل نه تنها به اطلاعات حسی گیرنده های مفصلی، بلکه به اطلاعات مختلف دریافتی از گیرنده های پوستی و گیرنده های مکانیکی عضلات نیز بستگی دارد؛ بنابراین احتمال دوم این است که گودی کف پا موجب کاهش اطلاعات حسی پوستی دریافتی از ساختار کف پا نسبت به افراد با کف پای طبیعی میشود، زیرا ناحیه ی سراسری کمتری در سطح کف پای گود در ارتباط با صفحه فوت اسکن وجود دارد؛ این امر موجب سازوکار ضعیف تر کنترل قامت در افراد با ساختار پای گود میشود. همین طور ممکن است استفاده روزمره از مساحت بیشتر سطح کف پا در افراد با کف پای صاف به ضعف و عدم کارایی سیستم عضلانی و راهبرد مچ پا برای حفظ تعادل منجر شده باشد. پای گود و صاف ممکن است نیروی عکس العمل زمین را در صفحه ی فرونتال و موقعیت مرکز فشار تغییر دهد که احتمالاً به تغییر در به کارگیری راهبردهای کنترل تعادل در این افراد می انجامد.

محدودیت های تحقیق حاضر شامل عدم دسترسی به الکتروگونیا متر جهت ارزیابی تحرک پذیری مفاصل، محدود بودن جامعه آماری به شهر کرج و تعداد نمونه کم، تک جنسیتی بودن آن و عدم کنترل بر میزان فعالیت های روزانه شرکت کنندگان، عدم کنترل بر مسائل روحی، روانی و سطح انگیزش شرکت کنندگان میتوان اشاره کرد. همچنین به محققین پیشنهاد می شود انجام تحقیق مشابه در مردان و مقایسه آن با نتایج تحقیق حاضر و انجام تحقیق در زنان ورزشکار و مقایسه آن با نتایج تحقیق حاضر بررسی شوند.

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده به مربیان و امدادگران تیم های ورزشی توصیه می شود به این نکته توجه داشته باشند که در

References

1. Prachgosin T, Chong DY, Leelasamran W, Smithmaitrie P, Chatpun S. Medial longitudinal arch biomechanics evaluation during gait in subjects with flexible flatfoot. *Acta of Bioengineering And Biomechanics*. 2015;17(4):121-30.
2. Choi JY, Lee DJ, Kim SJ, Suh JS. Does the long-term use of medial arch support insole induce the radiographic structural changes for pediatric flexible flat foot?—A prospective comparative study. *Foot and Ankle Surgery*. 2020;26(4):449-56.
3. Sung PS, Zipple JT, Andraka JM, Danial P. The kinetic and kinematic stability measures in healthy adult subjects with and without flat foot. *The Foot*. 2017;21:6-30.
4. Mohamadi H K-ZAM, Hkalagi-Birak Olya K. Comparison of Static and Dynamic Balance with Functional Movement Screening Test in Predicting the Incidence of Lower Limb Injuries among College Male Handball Players. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2021;9(4):238-46.
5. Arachchige SNK, Chander H, Knight A. Flatfeet: Biomechanical implications, assessment and management. *The Foot*. 2019;81:5-38.
6. Jafarnezhadgero A, Madadi-Shad M, Alavi-Mehr SM, Granacher U. The long-term use of foot orthoses affects walking kinematics and kinetics of children with flexible flat feet: A randomized controlled trial. *PloS one*. 2018;13(10):e0205187.
7. Desmyttere G, Hajizadeh M, Bleau J, Begon M. Effect of foot orthosis design on lower limb joint kinematics and kinetics during walking in flexible pes planovalgus: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Biomechanics*. 2018; 117: 29-59
8. Cen X, Xu D, Baker JS, Gu Y. Effect of additional body weight on arch index and dynamic plantar pressure distribution during walking and gait termination. *PeerJ*. 2020; 8:e8998.
9. Abolfathi E mH, Karimizadeh Ardakani M, mohamadkhani K. Comparison of Landing Kinematics of Athletes male with Flat and Natural Foot by Using Landing Error Scoring System and Tuck Jump. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2021; 9(3):230-7.
10. Huston JL, Sandrey MA, Lively MW, Kotsko K. The effects of calf-muscle fatigue on sagittal-plane joint-position sense in the ankle. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2005;14(2):168-84.
11. James A. Yaggie., Stephen. J & McGregor, Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and posture limits, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002;83(2):224-8.
12. Naserpour H, Sadeghi H. The effect of short-term use of cold spray on strength and ankle joint position sense in professional wrestlers. *Journal of Sport Biomechanics*. 2017;3(2):43-50.
13. Blackburn T, Guskiewicz KM, Petschauer MA, Prentice WE. Balance and joint stability: the relative contributions of proprioception and muscular strength. *Journal of sport rehabilitation*. 2000;9(4):315-28.
14. Ladha N, Jain H. Effect of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Balance in Dancers. Website: www.ijpot.com. 2021;15(1):100.
15. Hwang W, Jang JH, Huh M, Kim YJ, Kim SW, Hong IU, et al. The effect of hip abductor fatigue on static balance and gait parameters. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2016;5(1):9-34.
16. Ghasemi G, Arghavani H, Hajirezayi P. Effect of Functional Fatigue Protocol on Postural Control and Balance in People with Different Foot Arches. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2018;7(3):113-24.
17. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Military Medicine*. 2013;178(11):1264-70.
18. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2012;7(3):279.
19. Nasserri N, Hadian MR, Bagheri H, Olyaei STG. Reliability and accuracy of joint position sense measurement in the laboratory and clinic; utilising a new system. *Acta Medica Iranica*. 2007;45(5):395-404.
20. Susco TM, McLeod TCV, Gansneder BM, Shultz SJ. Balance recovers within ۲۰ minutes after exertion as measured by the balance error scoring system. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(3):241.
21. Wilkins JC, McLeod TCV, Perrin DH, Gansneder BM. Performance on the balance error scoring system decreases after fatigue. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(2):156.
22. Milgrom C, Radeva-Petrova DR, Finestone A, Nyska M, Mendelson S, Benjuya N, et al. The effect of muscle fatigue on in vivo tibial strains. *Journal of Biomechanics*. 2007;40(4):845-50.
23. Hedayati R, Fatemi E, Hajihassani A, Ehsani F, Ramezanzpour S. The attention needed for balance

- controlling in young patients with flatfoot. *Koomesh*. 2016; 18(1):25-34.
24. Andre PH. The effects of functional activity on postural control and lower leg strength of ankle function: Michigan State University; 2005.
25. Musavi SH, Ghasemi B, Faramarzi M. The relationship between internal longitudinal foot arch with static and dynamic balance of 12-14 years male students. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2009;1(2):107-231.
26. Hovanloo FS, Montazer H, Noruzi M. H. The Effect of Aerobic and Anaerobic Functional Fatigue on Dynamic Postural Stability in Elite Young Footballers. *Journal of Movement and Exercise Science*. 2010;8(16):165-80.
27. Gribble PA. The effects of fatigue, gender and chronic ankle instability on dynamic postural control: The Pennsylvania State University; 2003.
28. McGregor SJ, Armstrong WJ, Yaggie JA, Bollt EM, Parshad R, Bailey JJ, et al. Lower extremity fatigue increases complexity of postural control during a single-legged stance. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2011;8(1):1-10.
29. Della Volpe R, Popa T, Ginanneschi F, Spidalieri R, Mazzocchio R, Rossi A. Changes in coordination of postural control during dynamic stance in chronic low back pain patients. *Gait & Posture*. 2006;24(3):345-55.
30. Gutierrez GM, Jackson ND, Dorr KA, Margiotta SE, Kaminski TW. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2007;16(4):295-306.
31. Farzaneh H, Ilbeigi S, Anbarian M. The effects of fatigue on rear foot angle in normal and pronate individuals. *Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation*. 2016;5(3): 83-92
32. Chehri SM, Baluchi R, Eslami R, Zareian E. Effect of eight weeks of balance training on static and dynamic balance in boy students with inflexible flat foot. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2016;5(2):158-72.
33. Sudhakar S, Kirthika SV, Padmanabhan K, Kumar GM, Nathan CS, Gopika R, et al. Impact of various foot arches on dynamic balance and speed performance in collegiate short distance runners: A cross-sectional comparative study. *Journal of Orthopaedics*. 2018;15(1):114-7.
34. Zahabi E MM, Alirezaei- Noghondar F, Hashemi-Javaheri SA. A follow-up Study on the Effect of Neuromuscular Training on Asymmetry of Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2017;5(3):140-7.
35. Habibi Tirtashi F, Eslami M, Tazike Lemeski Z, Hoseinzade E. The Effect of Foot Arch on Compressive and Shear Forces of Ankle Joint in Gait Initiation. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2014;5(2):39-51.
36. Naderian F, Mahdavinejad R, Zolaktaf V. Effect of functional fatigue on position sense of ankle joint in female futsal players. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2018;6(11):33-42.
37. Williams III DS, Davis IM, Scholz JP, Hamill J, Buchanan TS. High-arched runners exhibit increased leg stiffness compared to low-arched runners. *Gait & Posture*. 2004;19(3):263-9.
38. Fattahian SE, Ghotbi N, Naghdi S, Faghieh Zadeh S. The relationship between the flexibility of calf muscles and functional status of athletes with ankle injuries. *Modern Rehabilitation*. 2013;7(2):1-7.
39. Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach: *Human kinetics*; 2010.
40. Kim JS, Lee MY. The effect of short foot exercise using visual feedback on the balance and accuracy of knee joint movement in subjects with flexible flatfoot. *Medicine*. 2020;99(13):e19260.