مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره بیست و هشتم، شماره دو، اردیبهشت ۱۳۹۹
تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۵/۰۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۷/۲۰

ارزیابی دامنه‌های حرکتی اندام تحتانی هنگام دویدن در بیماران مبتلا به کف پای صاف

محمدرضا جهانی[۱]، علی جلالوند[۲*]

مقاله پژوهشی

مقدمه: ارتباط بین پارامترهای بیومکانیکی و پاسچرهای متفاوت پا هنگام دویدن ناشناخته‌اند، لذا هدف از این مطالعه بررسی دامنه‌های حرکتی مفاصل هیپ، زانو و مچ پا هنگام دویدن در بیماران مبتلا به کف پای صاف است.

روش بررسی: آزمودنی‌ها ۱۲ نفر مرد سالم و ۱۲ نفر مرد بیمار مبتلا به کف پای صاف بودند که بر اساس میزان شاخص نرمالایز شده ناوی به ۲ گروه سالم و بیمار تقسیم شدند. زوایای مفاصل حین دویدن در فاز استقرار در صفحات حرکتی ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال (درجه) مفاصل هیپ، زانو و مچ پا مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای ارزیابی دامنه‌های حرکتی از سیستم تحلیل حرکتی Vicon سری T با فرکانس نمونه برداری ۲۰۰ هرتز و نرم افزارهای Vicon Nexus 1.8.5، Polygon 4.1.2 استفاده گردید. روش آماری t مستقل در نرم‌افزار SPSS version 24. و $p \leq ۰/۰۵$ بود.

نتایج: در تمامی پارامترهای دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی اختلاف معنی‌داری بین افراد سالم با بیماران مبتلا به کف پای صاف وجود ندارد ($P \leq ۰/۰۵$). تفاوت معنی‌داری بین دورسی فلکشن مچ پا ($P < ۰/۰۰۰۱$)، پلانتار فلکشن مچ پا($P = ۰/۰۰۱$)، فلکشن مفصل ران ($P < ۰/۰۰۰۱$)، اکستنشن مفصل ران ($P = ۰/۰۰۲$)، فلکشن مفصل زانو ($P < ۰/۰۰۰۱$) افراد مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با افراد سالم وجود داشت.

نتیجه‌گیری: تغییرات برخی از پارامترهای دامنه حرکتی ممکن است به علت مکانیسم‌های جبرانی باشد و تغییرات در برخی از این پارامترهای کینماتیکی می‌تواند تابع شرایط پاتولوژیک کف پای صاف باشد. علاوه بر این کف پای صاف می‌تواند بر دیگر مفاصل مجاور نیز اثر بگذارد.

واژه‌های کلیدی: کف پای صاف، دویدن، دامنه های حرکتی اندام تحتانی

ارجاع: جهانی محمدرضا، جلالوند علی. **ارزیابی دامنه های حرکتی اندام تحتانی هنگام دویدن در بیماران مبتلا به کف پای صاف.** مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۳۹۹؛ ۲۸ (۲): ۸۳-۲۳۷۳.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.
۲- استادیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، همدان، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۱۸۹۵۱۳۱۷۲، پست الکترونیکی: jalalvand_ali@yahoo.com، صندوق پستی : ۶۵۱۸۱۱۵۷۴۳

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

مقدمه

با ادامه روند پیشرفت صنعت و رواج زندگی بدون تحرک ریسک ابتلا به بیماری‌ها افزایش یافته است، به‌خصوص در افراد مبتلا به کف پای صاف که برای انجام فعالیت‌های روزمره خود به دلیل نوع ساختار پا و پاسچر بدن بیشتر ریسک آسیب‌پذیری دارند. علائم مرسوم کف پای صاف شامل التهاب نیام کف پایی، شلی رباط‌ها، خستگی سریع پاها، درد به هنگام تحت فشار قرار گرفتن و بی‌ثباتی قسمت داخلی ساختار پا می‌باشد (۱). کک در بررسی‌های خود در مورد افراد مبتلا به کف پای صاف بیان داشت افراد با ساختار پای چرخیده به خارج نسبت به افراد با پای طبیعی به دلیل عدم هم‌راستایی در اندام تحتانی، حین راه و دویدن با برخی ناکارامدی‌های بیومکانیکی نظیر افزایش پرونیشن پا، تغییر در فعالیت عضلانی و خستگی زودرس مواجه می‌شوند (۲). ناهنجاری‌هایی اسکلتی-عضلانی بر بیومکانیک بدن مخصوصاً بیومکانیک اندام تحتانی اثر می‌گذارد و در حالات مختلف مانند راه رفتن، دویدن و در فعالیت‌های روزمره اثر منفی دارد (۳). تغییرات در ساختار پا به خصوص در افراد دارای صافی و گودی پا می‌تواند تاثیرات جبران ناپذیری را درگذر زمان روی افراد داشته و باعث شکل‌گیری مکانیسم‌های جبرانی غلط در اندام‌های بدن در هنگام فعالیت‌های افراد مانند دویدن و راه رفتن شود (۴). بسیاری از آسیب‌های پا از انحرافات پاسچری ،"انحرافاتی که در ساختار پا باعث بیش تر یا کمتر شدن دامنه حرکتی و متعاقب آن جلوگیری از ایجاد ثبات و حرکت‌پذیری مناسب در زمان لازم در حرکات مختلف می‌شوند" ناشی می‌شود (۵). نتایج مطالعه روی افراد دارای صافی کف پا نشان داد که این عارضه باعث ایجاد تغییرات بیومکانیکی در صفحات پا و مچ پا می‌شود (۶). و به‌ویژه بر عملکرد مفصل قابی – پاشنه‌ای تاثیرگذار است و کف پای صاف به‌طور ویژه با عملکرد تغییر یافته پا شامل اورژن طولانی مدت پاشنه، افزایش چرخش داخلی تیبیا، افزایش ابداکشن جلوی پا و کاهش حجم ضربه در ارتباط است (۷). در تحقیق پائولو و همکاران (۲۰۱۹) بیان شد افراد دارای صافی کف نسبت به افراد سالم دارای تغییرات محسوس‌تری در زوایای بین مفاصل در فاز استقرار و در صفحه حرکتی ساجیتال هستند (۸). کف پای صاف را نباید فقط مشکل راستای استاتیک مجموعه مچ پا و پا در نظر گرفت بلکه ممکن است منجر به تغییر وظایف دینامیک در کل اندام تحتانی شود (۹) از جمله مواردی که در ویژگی‌های کینماتیکی علی‌الخصوص دامنه‌های حرکتی مفاصل اندام تحتانی مشاهده شده پرونیشن اضافی پا و مؤلفه اصلی آن یعنی اورژن عقب پا بوده، که با آسیب‌های ناشی از دویدن در ارتباط است (۱۰). از جمله موارد دیگر ذکر شده افزایش بار و فشار وارده در هنگام مراحل پایانی راه رفتن و دویدن در افراد با پای صاف بود (۱۱). قوس طولی داخلی کف پا در افراد مختلف به شکل‌های مختلف دیده می‌شود و هم‌چنین در بیومکانیک پا، مانند حمایت و جذب ضربه پا نقش اساسی دارد (۱۲). در ادامه بیان شد افزایش یا کاهش قوس داخلی می‌تواند این عملکردها را مختل کرده (۷) و منجر به بی تعادلی عضلانی، بدراستایی مفصلی و پرونیشن جبرانی پا و ناهنجاری‌های مختلف شود (۱۳) و در ادامه باعث تغییرات مختلفی در ویژگی‌های کینتیک و کینماتیک به خصوص دامنه‌های حرکتی مفاصل در افراد شود (۷) در برخی مطالعات انجام گرفته در مورد ویژگی‌های کینماتیکی در مورد عارضه کف پای صاف در افراد شاهد تغییرات محسوس در این ویژگی‌ها به خصوص در مفصل مچ پا بوده‌ایم و تغییرات در دورسی فلکشن افراد در هنگام دویدن کاملاً قابل بحث بوده است (۱۴). در تحقیقی که شاین و همکاران (۲۰۱۹) داشتند به این نتیجه دست یافتند میزان تغییرات موجود در صفحه ساجیتال و هوریزنتال در قسمت جلو اندام پا تغییرات معنی‌داری ندارد و بیشترین تغییرات در قسمت مچ پاست (۱۵). در بررسی‌ها روی استخوان‌های پا مشخص شده چرخش به سمت خارج پا بر روی میزان انحراف متاتارسال‌ها و زوایای مفصلی کاملا تاثیرگذار بوده و شاهد افزایش این موارد بودیم (۱۶). بررسی متون تحقیقی حاکی از آنست که اطلاعات جامع و کاملی در مورد تغییرات پارامترهای کینماتیکی به خصوص زوایای مفصلی همگام با صافی کف پا هنگام دویدن وجود ندارد. و لازمه آن ارزیابی تعداد زیادی از بیماران در مطالعات آتی است. اطلاع از چگونگی اثر صافی کف

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

بر روی پارامترهای کینماتیکی به خصوص زوایای مفصلی نگرش جدیدی در اختیار توانبخشان و متخصصان کلینیکی قرار می‌دهد. این نگرش، درمان‌گران و توانبخشان را در اجرای هرچه بهتر برنامه توانبخشی یاری خواهد رساند؛ لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر کف پای صاف بر روی دامنه‌های حرکتی مفاصل اندام تحتانی در هنگام دویدن در مردان بود.

روش بررسی

در این مطالعه توصیفی-مقایسه‌ای جامعه آماری شامل دانشجویان مرد غیر ورزشکار مبتلا به کف پای صاف و سالم دانشگاه آزاد همدان بودند. به‌دلیل عدم دسترسی به تکنسین خانم در آزمایشگاه بیومکانیک و محدودیت‌های آزمایشگاهی جامعه مورد پژوهش منحصرا آقایان بودند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی پاور با توان آماری ۰/۶، اندازه اثر ۰/۹ و سطح آلفا ۰/۰۵ (آزمون t مستقل) حداقل ۲۴ نفر (۱۲برای هر گروه) برآورد گردید (۱۷). نمونه‌گیری بصورت در دسترس انجام و آزمودنی‌هایی که شرایط ورود به مطالعه را دارا و حاضر به شرکت در مطالعه بودند (پرکردن رضایت‌نامه) انتخاب شدند. افراد و آزمودنی‌ها از لحاظ جسمانی سالم بوده و فقط در قسمت پا دارای تفاوت ساختاری هستند. معیارهای خروج از آزمون شامل سابقه جراحی و آسیب دیدگی در کمر و اندام تحتانی، آسیب‌دیدگی در شش ماه گذشته، معلولیت ناشی از اختلالات عصبی - عضلانی، محدودیت فعالیت بنا به دستور پزشک، عفونت مفصلی مزمن، نداشتن قدرت نرمال و دامنه حرکتی کامل در مفاصل اندام تحتانی، داشتن سایر ناهنجاری‌های ساختاری مثل کف پای گود و غیره بودند (۱۱). شرایط عمومی ورود به آزمون دامنه سنی ۱۸ تا ۳۵ سال، عدم سابقه اسپرین مچ در یکسال گذشته، قرار گرفتن در شاخص نرمالایز شده ناوی که ورود بر مبنای عدد کمتر از ۰/۲۴ بوده است، چرخش پاشنه به سمت خارج، وجود ساییدگی در قسمت داخلی کفش فرد آزمودنی، نداشتن سابقه شکستگی، جراحی، مشکلات عصبی- عضلانی، سوختگی، عدم سابقه استفاده از هر نوع توکفشی یا کفش طبی، آسیب یا ضربات جدی در اندام تحتانی و عدم استفاده از اندام مصنوعی در ران، زانو و مچ پا، نداشتن دیابت، بیماری‌های مربوط به اعصاب پیرامونی و ورزشکار نبودن از شرایط عمومی آزمودنی‌ها بود. این اطلاعات از طریق پرسش‌نامه عمومی و نیز به‌صورت شفاهی از آزمودنی‌ها دریافت شد (یوتیان و همکاران ۲۰۰۸). بر اساس میزان شاخص نرمالایز شده ناوی آزمودنی‌ها به ۲ گروه سالم و کف پای صاف تقسیم شدند. این شاخص تعیین کننده ارتفاع استخوان ناوی نسبت به‌طول محور بریده شده پا می‌باشد. تعریف ارتفاع ناوی در این روش برابر است با فاصله سطح تماس پا با زمین تا برجستگی استخوان ناوی و تعریف طول محور بریده شده پا برابر است با فاصله عمودی بین اولین مفصل کف پایی- انگشتی تا خلفی ترین بخش پاشنه، با تقسیم ارتفاع ناوی بر طول محور بریده شده پا، یک شاخص به‌دست می آید. در این مورد برای شاخص به دست آمده مقیاسی تعیین شده است که بر اساس آن اعداد بین ۰/۳۰-۰/۲۴ دارای پای نرمال می‌باشند. هر چقدر میزان این نسبت کمتر باشد (۰/۲۴≤ NNHt) کف پای شخص صاف‌تر می‌باشد و هرچه میزان این نسبت بیش تر باشد (۰/۳۰≤ NNHt) کف پای شخص گودتر است (۱۸) .در این پژوهش پای غالب هر فرد و فقط در فاز استقرار دویدن (از لحظه تماس پاشنه تا میانه استانس و بلند شدن پاشنه تا بلند شدن انگشتان) مورد ارزیابی قرار گرفت است. برای ارزیابی سه بعدی دامنه های حرکتی دویدن از سیستم تحلیل حرکتی شامل ۴ دوربین پرسرعت سری T ساخت کمپانی Vicon کشور انگلیس با فرکانس نمونه برداری ۲۰۰ هرتز استفاده گردید. زاویه دوربین‌ها نسبت به یکدیگر ۹۰ درجه و در دو سمت یک مسیر ۱۵ متری در طول آزمایشگاه قرار داشتند. قبل از انجام تریال‌ها تنظیم تجهیزات آزمایشگاهی و کالیبره کردن (محیط cube در ابعاد ۳۰۰*۱۵۰*۲۰۰ سانتیمتر) دوربین‌ها انجام گردید، سپس ابعاد آنتروپومتریک افراد شامل طول پا (فاصله مرکز مارکر خار خاصره‌ای قدامی فوقانی تا مرکز مارکر قوزک خارجی)، عرض زانو، عرض مچ پا، قد و وزن آزمودنی اندازه‌گیری و وارد محیط نرم‌افزار وایکان نکسوس گردید. سپس مارکرهای منعکس کننده نور بر اساس پروتکل پلاگین گیت اندام تحتانی به‌وسیله چسب دو طرفه،

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

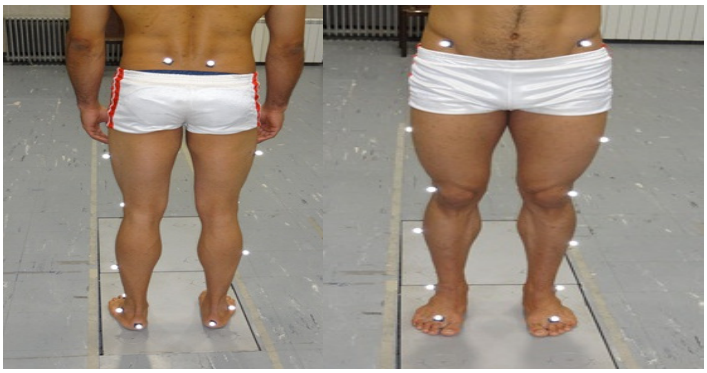
روی خار خاصره‌ای قدامی فوقانی و خلفی چپ و راست، وسط ران، سطح خارجی کندیل ران، وسط ساق پا، روی پاشنه، قوزک خارجی و دومین استخوان متاتارس کف پایی، توسط آزمونگر نصب شد (شکل۱). سپس از آزمودنی خواسته شد تا بی‌حرکت در مرکز Cube بایستد تا تست استاتیک اولیه جهت شناسایی مارکرها و تعریف مدل مورد نظر انجام گیرد. آزمودنی‌ها در ۶ تریال با سرعت انتخابی خود در مسیر مورد نظر شروع به دویدن کردند، به این شکل که لحظه تماس پای اول فرد روی صفحه نیرو اول و سپس پای مخالف فرد در روی صفحه نیرو دوم ضربه می‌زند و هر فرد با الگوی حرکتی خود به انجام تریال مورد نظر پرداخت. میانگین ۶ بار تکرار برای محاسبات آماری در نظر گرفته شد. برای مشخص نمودن لحظه برخورد پاشنه، میانه استانس و بلند شدن پنجه از نمودار نیروی عکس‌العمل زمین که توسط صفحه نیروسنج Kistler (۴۰۰*۶۰۰ میلی‌متر) با فرکانس نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز و برش فرکانس ۱۰ هرتز ثبت می شد استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از طی مراحل فوق در نرم‌افزار Vicon Nexus 1.8.5 پارامترهای بیومکانیکی تریال‌های هر سیکل برای آزمودنی‌ها توسط آخرین نخسه از نرم افزارهای Polygon 3.5.1 و Visual3D v4 استخراج گردید. سپس اطلاعات وارد اکسل گردید و داده‌های اصلی جهت تجزیه و تحلیل آماری به SPSS version 24 برای محاسبه نهایی وارد شد. جهت بررسی نرمال بودن داده ها و امکان استفاده از آزمون های پارمتریک، از آزمون Shapiro-Wilks استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از روش آماری t مستقل در نرم افزار SPSS و سطح معنی دار ($p\leq ۰/۰۵$) صورت گرفت.

ملاحظات اخلاقی

تحقیق در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی همدان با کد شناسایی IR.UMSHA.REC.1396.655 تصویب گردید.



شکل۱: قرارگیری مارکرها برای مدل پلاگین گیت اندام تحتانی (نمای جلویی، عقبی).

نتایج

مشخصات آزمودنی های شرکت کننده در این پژوهش، پس از انجام معاینات لازم، در جدول (۱) نشان داده شده است. افراد شرکت کننده در این پژوهش در متغیرهای قد، وزن و سن هیچ اختلافی نداشتند. اختلافات موجود بین گروه‌ها در شاخص مربوط به ساختار کف پا بود. مشخصات توصیفی و نتایج آماری مقایسه بین گروهی زوایای مفاصل در حین دویدن گروه‌ها در جداول (۲) آمده است. این زوایای مفاصل اندام تحتانی حین دویدن در فاز استقرار در صفحات حرکتی ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال (درجه) شامل: دورسی- فلکشن، پلنتارفلکشن مفصل مچ، اینورشن، اورشن مفصل مچ، آداکشن، آبداکشن مفصل مچ، فلکشن مفصل زانو، ابداکشن مفصل زانو، چرخش داخلی، خارجی مفصل زانو، فلکشن، اکستنشن مفصل ران، آداکشن مفصل ران، چرخش داخلی، خارجی مفصل ران می‌باشد.

نتایج حاصل از جدول (۲) در مورد دامنه‌های حرکتی مفاصل اندام تحتانی حین فاز استقرار دویدن (از لحظه تماس

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

پاشنه تا میانه استانس و بلند شدن پاشنه تا بلند شدن انگشتان) در صفحات حرکتی ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال (درجه) حاکی از عدم تفاوت معنی‌دار اینورشن مفصل مچ، اورشن مفصل مچ، آداکشن مفصل مچ، آبداکشن مفصل مچ، آداکشن مفصل ران، چرخش داخلی مفصل ران، چرخش خارجی مفصل ران، آبداکشن مفصل زانو، چرخش داخلی مفصل زانو، چرخش خارجی مفصل زانو بین گروه سالم با مبتلا به کف پای صاف بود (p >۰/۰۵). ولی نتایج سایر دامنه های حرکتی مفاصل اندام تحتانی حین فاز استقرار دویدن حاکی از تفاوت معنی‌دار بین دورسی‌فلکشن گروه سالم با مبتلا به کف پای صاف (P <۰/۰۰۰۱) داشت، بررسی مقادیر میانگین‌ها حاکی از آن بود که افراد مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با افراد سالم هنگام دویدن از دورسی‌فلکشن کمتری برخوردار بودند. مقایسه پلانتارفلکشن بین گروه سالم با کف پای صاف حاکی از اختلاف معنی‌داری بین این گروه‌ها داشت (P=۰/۰۰۱)، بررسی مقادیر میانگین‌ها حاکی از آن بود که افراد مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با افراد سالم هنگام دویدن از پلانتارفلکشن کمتری برخوردار بودند. مقایسه فلکشن زانو بین گروه سالم با کف پای صاف حاکی از اختلاف معنی‌داری بین این گروه‌ها داشت (P <۰/۰۰۰۰۱)، بررسی مقادیر میانگین‌ها حاکی از آن بود که افراد مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با افراد سالم هنگام دویدن از فلکشن زانو بیشتری برخوردار بودند. هم‌چنین بررسی‌های صورت گرفته فلکشن و اکستنشن مفصل ران حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری در بین گروه سالم با کف پای صاف داشت و اختلاف میانگین بین این گروه‌ها بیان کننده میانگین های بیشتر گروه مبتلا به کف پای صاف نسبت به گروه سالم بود(P <۰/۰۰۰۱، P=۰/۰۰۲).

جدول۱: ویژگی‌های آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه

متغیرها	کف پای صاف	گروه سالم	معنی داری
سن (سال)	۲۴/۴ ± ۲/۶۶	۲۶/۸۶ ± ۲/۳۲	۰/۲۶
قد (سانتی متر)	۱۷۹/۱۶ ± ۴/۳۱	۱۶۹/۲۶ ± ۶/۷۷	۰/۵۴
جرم (کیلوگرم)	۸۱/۹۳ ± ۱۶/۳۶	۷۹/۱۳ ± ۲۶/۹۳	۰/۱۷
ارتفاع ناوی نرملایز شده*	۰/۱۸ ± ۰/۰۵	۰/۲۸ ± ۰/۰۲۹	*۰/۰۳۹

علامت (*) بیانگر اختلاف بین گروه‌های مبتلا به کف پای صاف و گروه نرمال است و آزمون آماری t مستقل می‌باشد (P<۰/۰۵).

جدول ۲ : مقایسه زوایای مفاصل اندام تحتانی حین دویدن در فاز استقرار در صفحات حرکتی ساجیتال، فرونتال و هوریزنتال(درجه) گروه کف پای صاف در مقایسه با گروه سالم

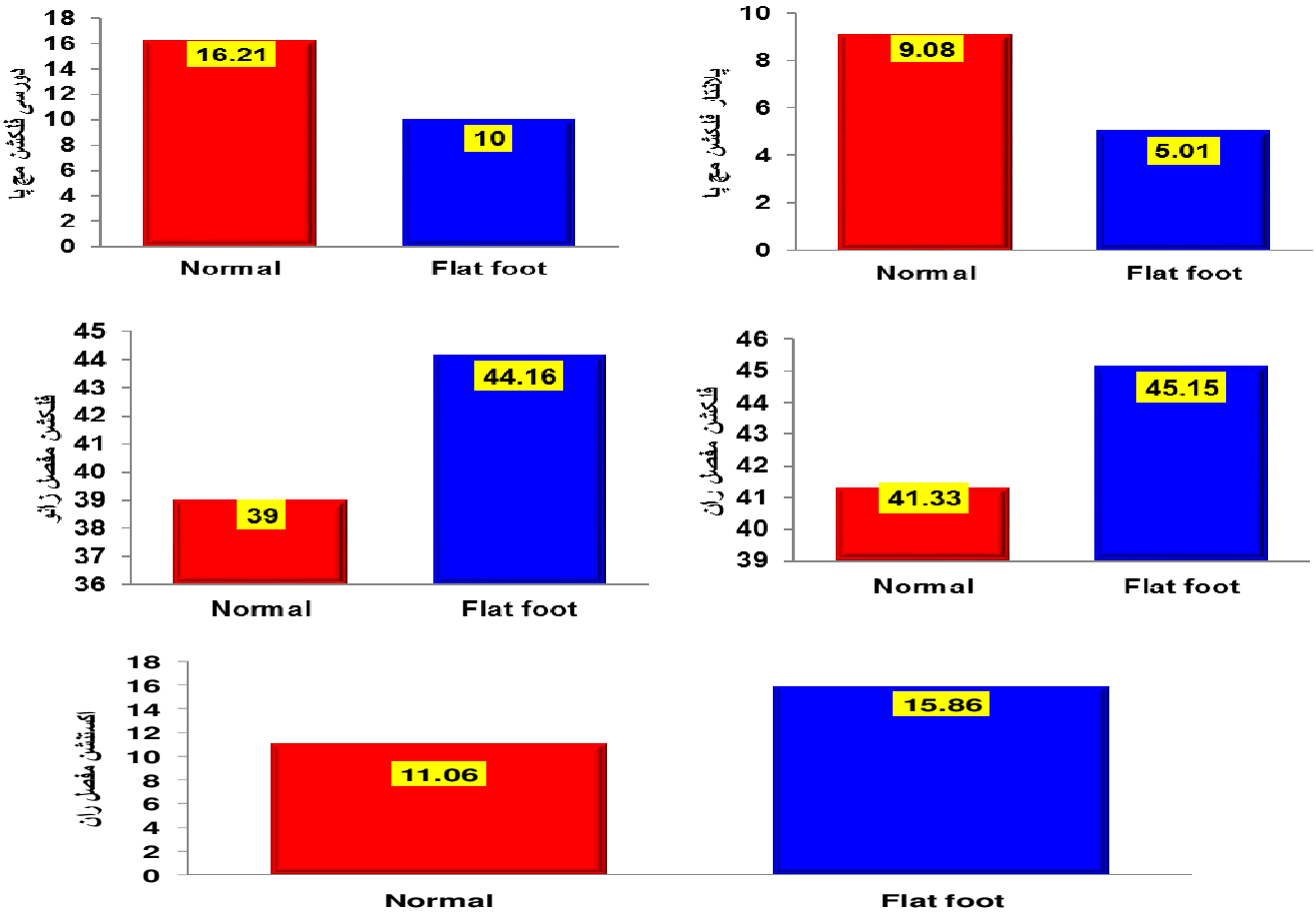
متغیر	گروه سالم (میانگین ± انحراف معیار)	گروه کف پای صاف (میانگین ± انحراف معیار)	معنی داری (میانگین ± انحراف معیار)
دورسی فلکشن مفصل مچ	۲۱/۱۶±۰/۶۸	۱۰/۰۰±۰/۹۳	*۰/۰۰۰
پلانتار فلکشن مفصل مچ	۹/۰۸±۰/۴۴	۵/۰۱±۱/۲۷	*۰/۰۰۱
اینورشن مفصل مچ	۲/۴۰±۰/۴۲	۳/۰۱±۰/۶۹	۰/۴۷
اورشن مفصل مچ	۶/۰۲±۴/۸۳	۵/۰۰±۱/۱۸	۰/۹۶
آداکشن مفصل مچ	۹/۲۳±۱/۵۲	۱۰/۰۰±۲/۶۰	۰/۳۵
آبداکشن مفصل مچ	۹/۸۹±۲/۶۶	۱۰/۴۷±۲/۵۱	۰/۳۲
فلکشن مفصل ران	۴۱/۳۳±۰/۵۸	۴۵/۱۵±۲/۰۹	*۰/۰۰۰
اکستنشن مفصل ران	۱۱/۰۶±۱/۰۶	۱۵/۸۶±۱/۰۰	*۰/۰۰۲

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

آداکشن مفصل ران	۴/۸۵±۲/۱۱	۴/۱۱±۱/۶۵	۰/۴۶
چرخش داخلی مفصل ران	۱۱/۷۶±۳/۳۱	۱۲/۹۶±۱/۲۹	۰/۲۹
چرخش خارجی مفصل ران	۶/۹۷±۱/۰۴	۹/۱۰±۱/۹۷	۰/۰۹۷
فلکشن مفصل زانو	۳۹/۰۰±۲/۵۹	۴۴/۱۶±۱/۵۹	*۰/۰۰۰
آبداکشن مفصل زانو	۱۳/۷۷±۵/۷۰	۱۲/۶۶±۳/۷۵	۰/۶۷
چرخش داخلی مفصل زانو	۱۴/۰۰±۳/۷۹	۱۶/۰۳±۴/۵۲	۰/۴۳
چرخش خارجی مفصل زانو	۷/۹۲±۰/۱۶	۸/۸۶±۲/۳۵	۰/۵۱

علامت (*) بیانگر اختلاف بین گروه‌های مبتلا به کف پای صاف و گروه نرمال است و آزمون آماری t مستقل می باشد (P<۰/۰۵).



نمودار۱: مقایسه دامنه های حرکتی هنگام دویدن بین افراد سالم و افراد مبتلا کف پای صاف

بحث

در این مطالعه پارامترهای دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی به‌طور مجزا از پارامترهای فضایی-زمانی در آزمودنی‌های مرد مبتلا به کف پای صاف در مقایسه با افراد سالم مورد بررسی و چگونگی تاثیرپذیری کف پای صاف بر هریک از این متغیرها مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعه حاکی از آن بود که دورسی‌فلکشن گروه مبتلا به کف پای صاف حین دویدن در فاز استقرار نسبت به‌گروه سالم کمتر بوده است. لذا با بررسی اختلاف میانگین‌ها می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مشخصه‌های گیت افراد مبتلا به کف پای صاف میزان دورسی فلکشن کمتر می‌باشد. یکی از دلایل احتمالی کاهش زاویه دورسی فلکشن در افراد مبتلا به کف پای

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

صاف، ناشی از ضعف عضله ساقی قدامی می‌باشد. عضله ساقی قدامی از عضلات نگه دارنده قوس کف پایی می‌باشد که در افراد مبتلا به صافی کف پا این عضله دچار ضعف شده، به‌طور طبیعی در هنگام ضربه پاشنه نیروی حاصل از وزن اندام تحتانی در قسمت پا یک گشتاور پلانتارفلکشنی ایجاد می‌کند که این گشتاور پلانتارفلکشنی توسط گشتاور برون‌گرا عضله ساقی‌قدامی کنترل می‌شود، که در افراد دارای کف پای صاف بدلیل ضعف عضله ساقی قدامی توانایی کنترل گشتاور پلانتار فلکشن کاهش می‌یابد و لذا دورسی فلکشن کمتری نسبت به گروه نرمال نشان داده‌اند (۱۹). صاف بودن بیشتر کف پا نشان دهنده ضعف بیشتر عضلات نگهدارنده قوس کف پا و هم‌چنین عضلات دوقلو ونعلی می‌باشد. در هنگام فاز میانه استانس پا روی زمین مستقر است و در واقع استخوان ساق به سمت جلو حرکت کرده، یک حرکت دورسی فلکشن در مچ پا صورت می‌گیرد، این حرکت دورسی فلکشن توسط عضله نعلی به صورت اکسنتریک کنترل می‌شود. در افراد دارای کف پای صاف، ضعف این عضله، از توانایی کنترل ساق پا روی مچ، هنگامی که بدن رو به جلو سر می‌خورد کاسته و منجر به دورسی‌فلکشن بیش از حد مفصل مچ پا شود (۲۰). در مرحله بعد از میانه استانس عضلات پلانتار فلکسور فعال می‌شوند تا پاشنه را از زمین جدا کرده و فرد را به سمت جلو هدایت کنند و عضلات چهار سر رانی فعال شده تا از فلکشن بیش از حد زانو جلوگیری کرده و عضلات اکستنسور ران فعال می‌شوند تا بدن را به سمت جلو هدایت کنند. بنابراین ضعف عضلات پلانتارفلکسور در نیمه آخر فاز استنس هنگام دویدن به وسیله غلتیدن ناکافی پا و تأخیر در بلند شدن پاشنه آشکار می‌شود (۲۰) که باعث بیشتر شدن زاویه دورسی فلکشن مچ پا در افراد دارای کف پای صاف در فاز بلند شدن پاشنه تا بلند شدن انگشتان می‌شود. در نتیجه در فاز تماس پاشنه دورسی فلکشن کاهش و در میانه استانس با توجه به دلایل ذکر شده افزایش می‌یابد و در مرحله انتهایی استانس دورسی فلکشن بیشتر می‌شود که هنوز اختلافات زیادی در این مورد در نظرات محققین پابرجاست (۲۱). نتایج حاصل از بررسی مقدار پلانتارفلکشن حاکی از آن بود که مقدار این پارامتر در گروه مبتلا به کف پای صاف حین دویدن در فاز استقرار نسبت به گروه سالم کمتر بوده است. لذا با بررسی اختلاف میانگین‌ها می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مشخصه‌های گیت پاتولوژیک افراد مبتلا به کف پای صاف ممکن است میزان پلانتارفلکشن کمتر در این افراد باشد. در افراد دارای کف پای صاف، پاشنه به سمت خارج می چرخد که چرخش پاشنه خط کشش تاندون عضله دوقلو و نعلی را تغییر داده باعث کاهش نیروی اعمالی این عضلات می‌شود هم‌چنین ضعف عضلات پلانتارفلکسوری بخصوص دوقلو و نعلی در افراد دارای کف پای صاف منجر به کاهش قابل توجهی قدرت پلانتارفلکشن پا شده در نتیجه در اواخر مرحله استانس (مرحله بلند شدن پاشنه تا بلند شدن انگشتان) به سختی روی جلو پا حرکت کرده، عمل بلند شدن پاشنه با تاخیر صورت می‌گیرد (۲۲). نتایج این تحقیق با پژوهش (۱۹) که به بررسی زوایای مفصلی در افراد کف پای صاف پرداخته بود و از کاهش پلانتارفلکشن خبر داده بود مطابقت داشت. هم‌چنین با نتایج تحقیق (۲۳) که بیان کردند حداکثر پلانتار فلکشن مچ پا در مرحله بعد از میانه استانس در گروه کف پای صاف از گروه نرمال بیشتر است در تضاد بوده است که از دلایل این تضاد می‌توان به نوع حرکت انجام گرفته که دویدن در مسیری طولانی‌تر با زمان بیشتر بوده می‌توان نام برد. نتایج حاصل از بررسی فلکشن مفصل زانو حین دویدن در فاز استقرار حاکی از آن بود که مقدار این پارامتر در گروه مبتلا به کف پای صاف نسبت به گروه سالم بیشتر بوده است. لذا با بررسی اختلاف میانگین‌ها می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مشخصه‌های گیت پاتولوژیک افراد مبتلا به کف پای صاف ممکن است میزان فلکشن زانو بالاتر در این افراد باشد. در توجیه زاویه فلکشنی بالاتر در افراد مبتلا به کف پای صاف می توان گفت کاهش قوس کف پا باعث ایجاد پرونیشن در مفصل مچ پا و والگوس استخوان پاشنه و در نتیجه افزایش چرخش درشت نی به سمت داخل شده که متعاقب آن می‌تواند موجب والگوس در مفصل زانو و انحراف کشکک به سمت خارج شود. با ایجاد والگوس در زانو، خط کشش عضله چهار سر ران تغییر

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

کرده و منجر به تجزیه بیشتر نیروها در مفصل زانو شده که این مطلب از گشتاور اکستنسوری مفصل زانو می‌کاهد. گشتاور اکستنسوری مفصل زانو در مرحله میانه استانس عامل اکستنشن مفصل زانو می باشد، بنابراین کاهش این نیرو شاید از دلایل افزایش زاویه فلکشن در مفصل زانو باشد (۲۴). نتایج این تحقیق نشان داد که زوایای مفصلی ران، زانو و مچ (پای برتر)، در مرحله ضربه پاشنه اختلاف معنی داری دارند که با تحقیق (۲۵) همسو نبود.

نتایج حاصل از بررسی فلکشن و اکستنشن مفصل ران حین دویدن در فاز استقرار حاکی از آن بود که مقدار این پارامترها در گروه‌های مبتلا به کف پای صاف نسبت به گروه سالم در زمان تماس پاشنه بیشتر بوده است. لذا با بررسی اختلاف میانگین‌ها می توان نتیجه گرفت که یکی از مشخصه های گیت پاتولوژیک افراد مبتلا به کف پای صاف ممکن است میزان فلکشن و اکستنشن ران بیشتر در این افراد باشد. هم‌چنین زاویه فلکشن مفصل ران در فاز میانه استانس و فاز سوم بعد از میانه استانس گروه کف پای صاف از گروه نرمال کمتر است که به‌دلیل چرخش خارجی بیشتر پا این عمل اتفاق افتاده است (۲۶) که این نتایج همسو با نتایج تحقیق (۲۷) که بیان می‌کند تفاوت معنی‌داری بین دو گروه سالم و تجربی در حرکت مفصل ران حین استانس مشاهده شده است. مطالعه حاضر دارای محدودیت‌های نیز بود از جمله اینکه انجام تست‌های آزمایشگاهی در وضعیت پا برهنه بود و تعامل بین پا، کفش و زمین مد نظر قرار نگرفته است. محققان توصیه نموده‌اند که در تحقیقات پایه ابتدا به بررسی دویدن در وضعیت پا برهنه پرداخته شود. (۲۸). علاوه بر آن با پوشیدن کفش هنگام مطالعه ریسک فاکتورهای احتمالی توجه به عوامل خارجی معطوف می‌گردد به همین دلیل در این مطالعه نیز از شرایط کفش پوشیده صرف نظر شده است. با این حال از آن‌جایی‌که افراد با کفش‌های مناسب عمل دویدن را انجام می‌دهند شرایط پوشیدن کفش باید در حیطه دیگری در تحقیقات آتی باشد تا تعیین شود که آیا پوشیدن کفش روی ریسک فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش اثر دارد یا خیر؟

نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که تغییرات برخی از این پارامترهای کینماتیکی می‌تواند تابع شرایط پاتولوژیک باشد. علاوه بر این کف پای صاف می‌تواند بر دیگر مفاصل مجاور نیز اثر بگذارد هم‌چنین تغییر در پارامترهایی مانند زوایای مفصلی بیماران ممکن است یک مکانیسم جبرانی در جهت پایداری گیت و کاهش خطر سقوط به خصوص در افراد دارای کف پای صاف باشد. نتایج این مطالعه نشان داد هر گونه تغییری در زوایای مفاصل اندام تحتانی به خصوص در ناحیه مچ پا و زانو موجب بوجود آمدن ریسک فاکتورهای آسیب در انجام فعالیت‌های روزمره مانند راه رفتن، دویدن و سایر فعالیت‌هاست، لذا بدین منظور ارائه راهکارهای پیشگیری از این ریسک فاکتورها می‌تواند نقش بسیار مهمی ایفا کند.

سپاس‌گزاری

این مقاله ماحصل پایان‌نامه آقای محمدرضا جهانی به راهنمایی آقای دکتر علی جلالوند می‌باشد. مؤلفین این مقاله تشکر صمیمانه خود را به خاطر همکاری افراد مبتلا به کف پای صاف اظهار می نمایند.

حامی مالی: ندارد.

تعارض در منافع: وجود ندارد.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

References:

1-Jacobs B. ***Toe Walking, Flat Feet and Bow Legs, In-Toeing and Out-Toeing***. Paediatrics and Child Health 2010; 20(5): 221-4.

2-De Cock A, Willems T, Witvrouw E, Vanrenterghem J, De Clercq D. ***A Functional Foot Type Classification with Cluster Analysis Based on Plantar Pressure Distribution During Jogging***. Gait & Posture 2006; 23(3): 339-47.

3-Cote KP, Brunet ME, II BMG, Shultz SJ. ***Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability***. J Athl Train 2005; 40(1): 41-6.

4-Kruger KM, Graf A, Flanagan A, Mchenry BD, Altiok H, Smith PA, et al. ***Segmental Foot and Ankle Kinematic Differences between Rectus, Planus, and Cavus Foot Types***. Journal of Biomechanics 2019; 94: 180-6.

5-Longo UG, Ronga M, Maffulli N. ***Achilles Tendinopathy***. Sports Med Arthrosc Rev 2018; 26(1): 16-30.

6-Mosavi S, Bazvand M, Memar R, Sadeghi H. ***Comparison of Leg Muscles Electromyography During Gait in Pescavus and Planus in Men Aged 20-28 Years.*** Scientific J Kurd Uni Med Sci 2015; 20(1): 71-9. [Persian]

7-Williams III DS, Mcclay IS, Hamill J, Buchanan TS. ***Lower Extremity Kinematic and Kinetic Differences in Runners with High and Low Arches***. J Applied Biomechanics 2001; 17(2): 153-63.

8-Caravaggi P, Sforza C, Leardini A, Portinaro N, Panou A. ***Effect of Plano-Valgus Foot Posture on Midfoot Kinematics During Barefoot Walking in an Adolescent Population***. J Foot Ankle Res 2018; 11: 55.

9-Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. ***Correlating Factors and Clinical Significance of Flexible Flatfoot in Preschool Children***. J Pediatr Orthop 2001; 21(3): 378-82.

10-Hreljac A, Imamura R, Escamilla RF, Edwards WB. ***Effects of Changing Protocol, Grade, and Direction on the Preferred Gait Transition Speed during Human Locomotion***. Gait Posture 2007; 25(3): 419-24.

11-Buldt AK, Allan JJ, Landorf KB, Menz HB. ***The Relationship between Foot Posture and Plantar Pressure During Walking in Adults: A Systematic Review***. Gait Posture 2018; 62: 56-67.

12-Forriol F, Pascual J. ***Footprint Analysis between Three and Seventeen Years of Age***. Foot Ankle 1990; 11(2): 101-4.

13-Franco AH. ***Pes Cavus and Pes Planus: Analyses and Treatment***. Phys Ther 1987; 67(5): 688-94.

14-Mutlu EK, Unver B, Taskiran H, Ozgen IT. ***An Investigation of the Foot Ankle Joint Mobility, Muscle Strength, and Foot Structure in Adolescent with Type 1 Diabetes***. International Journal of Diabetes in Developing Countries 2018; 38(1): 108-14.

15-Shin HS, Lee JH, Kim EJ, Kyung MG, Yoo HJ, Lee DY. ***Flatfoot Deformity Affected the Kinematics of the Foot and Ankle in Proportion to the Severity of Deformity***. Gait & Posture 2019; 72: 123-28.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

16- Besse JL. ***Metatarsalgia.*** Orthop Traumatol: Surg & Res 2017; 103(1): S29-S39.

17- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. ***G* Power 3: A Flexible Statistical Power Analysis Program for the Social, Behavioral, and Biomedical Sciences***. Behav Res Methods 2007; 39(2): 175-91.

18- Murley GS, Menz HB, Landorf KB. ***Foot Posture Influences the Electromyographic Activity of Selected Lower Limb Muscles During Gait.*** J Foot Ankle Res 2009; 2(1): 35.

19- Gray EG, Basmajian JV. ***Electromyography and Cinematography of Leg and Foot ("Normal" and Flat) During Walking.*** Anat Rec 1968; 161(1): 1-15.

20- Oatis CA. ***Kinesiology: The Mechanics and Pathomechanics of Human Movement***. 1st ed. Lippincott: Williams &Wilkins Philadelphia; 2004: 806-65.

21- Levangie P, Norkin C. ***Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis***. 2st ed. FA Davis Company 2011: 311-60.

22- Neumann D. ***Neumann Kinesiology of tlhe Musculoskeletal System: Foundations for Rehabititaion***. 3rd ed. Mosby; 2009: 615-21.

23- Levinger P, Murley GS, Barton CJ, Cotchett MP, Mcsweeney SR, Menz HB. ***A Comparison of Foot Kinematics in People with Normal-And Flat-Arched Feet Using the Oxford Foot Model***. Gait Posture 2010; 32(4): 519-23.

24- Mizrahi J, Verbitsky O, Isakov E, Daily D. ***Effect of Fatigue on Leg Kinematics and Impact Acceleration in Long Distance Running***. Human Movement Science 2000; 19(2): 139-51.

25- Hunt AE, Smith RM. ***Mechanics and Control of the Flat versus Normal Foot during the Stance Phase of Walking.*** Clini Biomech 2004; 19(4): 391-7.

26- Christina KA, White SC, Gilchrist LA. ***Effect of Localized Muscle Fatigue on Vertical Ground Reaction Forces and Ankle Joint Motion During Running***. Human Mov Sci 2001; 20(3): 257-76.

27- Twomey D, Mcintosh A. ***The Effects of Low Arched Feet on Lower Limb Gait Kinematics in Children.*** Foot 2012; 22(2): 60-5.

28- Willems TM, Witvrouw E, De Cock A, De Clercq D. ***Gait-Related Risk Factors for Exercise-Related Lower-Leg Pain during Shod Running***. Med Sci Sports Exerc 2007; 39(2): 330-9.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 28| NO 2 | May 2020

Received: 25 Jul 2019
Accepted: 12 Oct 2019

Effect of Flat Foot on Excursions of Lower Limb Joints during Running

Mohammad Reza Jahani[1], Ali Jalalvand[†2]

Original Article

Introduction: The relationship between biomechanical parameters and different types of posture problems in association with running is unknown. Therefore, this study aimed to investigate the excursion changes at the hip, knee, and ankle joints during running in the patients with flat foot.

Methods: The participants comprised 12 healthy men and 12 others suffering from flat feet disorder. They were divided into two experimental and control groups based on the normalized criterion of navicular. Motion excursions during the stance phase of running were calculated for all three planes of motion at the hip, knee, and ankle joints. A Vicon (200 Hz) motion analysis system with four T-Series cameras were used to measure parameters by Vicon Nexus 1.8.5, Polygon 4.1.2 software. Data were analyzed using SPSS24, and Independent sample t-test test.

Results: There were no significant differences in all excursions of lower limb joints between the healthy and flat foot groups (P>0.05). There were significant differences observed between the healthy and flat foot groups in the dorsiflexion of the ankle (P=0.00), ankle plantarflexion (P=0. 00), hip flexion (P=0.000), hip extension (P=0.002), and knee flexion (P=0.000).

Conclusion: The results showed that some observed changes in excursion parameters are due to the effects of compensatory mechanisms, and some might be considered as pathologic characteristics of the flat foot. Also, flat foot had strong effects on other joints.

Keywords: Flat foot, Running, Excursions, Lower limb joints.

Citation: Jahani MR, Jalalvand A. **Effect of flat foot on excursions of lower limb joints during running.** J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2020; 28(2): 2373-83.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.18502/ssu.v28i2.3477]

[1]Department of Sport Biomechanics, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[2]Department of Sport Biomechanics, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
***Corresponding author: Tel:** 09189513172, **email:** jalalvand_ali@yahoo.com