مطالعات طب ورزشی شماره ۲۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶، صص ۸۰-۶۷

مقایسهٔ پارامترهای کینتیکی بین فوتبالیست‌های دارای کف پای صاف منعطف و طبیعی در تکلیف افت– فرود تک‌پا

هاشم پیری[۱]، رضا رجبی[۲]، هومن مینونژاد[۳]، فرهاد طباطبایی قمشه[۴]،حامد عباسی[۵]

۱. دانشجوی دکتری آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران
۲. استاد طب ورزش، دانشگاه تهران
۳. دانشیار آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران
۴. دانشیار بیومکانیک، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی
۵. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶

چکیده

هدف این پژوهش، مقایسهٔ حداکثر نیروهای عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری، بین فوتبالیست‌های دارای کف پای صاف منعطف و طبیعی در تکلیف افت- فرود تک‌پا از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری بود. ۱۰ فوتبالیست با کف پای صاف منعطف و ۱۱ فوتبالیست با کف پای طبیعی در این پژوهش شرکت کردند. پس از گرم‌کردن و آشنایی با تکلیف افت- فرود تک‌پا، هر کدام از شرکت‌کنندگان پنج تلاش موفق انجام دادند. نتایج نشان داد که در حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین، حداکثر نیروی خلفی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری، تفاوت معناداری بین فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و فوتبالیست‌های با کف پای طبیعی وجود ندارد. پارامترهای کینتیکی در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف احتمالاً نمی‌توانند به بروز آسیب در این افراد منجر شوند.

واژگان‌کلیدی: کف پای صاف منعطف، افت- فرود، تک‌پا، فوتبالیست‌ها، کینتیک

*نویسندهٔ مسئول Email: hamedabbasi26@gmail.com

مقدمه

کف پای صاف به‌عنوان نوعی تغییر ساختار در پا، باعث توسعهٔ آسیب‌های ناشی از پرکاری می‌شود (۱). کف پای صاف منعطف به‌صورت نبود یا کاهش غیرطبیعی قوس، هنگام تحمل وزن تعریف شده است (۲). این عارضه اغلب شامل علائمی مانند خستگی، عملکرد ورزشی مختل‌شده و درد در مسیر تاندون درشت نئی خلفی، قوس داخلی، ناحیهٔ تحت نازک نئی و سینوس تارسی است. پرونیشن بیش از اندازهٔ پا باعث کشش بیش از اندازه در ساختارهای داخلی کف پا و گیرافتادگی یا اعمال فشار بیش از اندازهٔ ساختارهای جانبی و روی پا می‌شود. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که دفورمیتی کف پای صاف به‌طور معناداری باعث کاهش سطح سلامتی و افزایش دیگر ناهنجاری‌های پا می‌شود (۳). شیوع کف پای صاف عملکردی[1] یا منعطف در دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۲۵ سال، در مردان بیشتر از زنان است (۴). ارتفاع قوس پا در پسران پایین‌تر از دختران است. به‌عبارت‌دیگر، شیوع کف پای صاف در پسران بیشتر از دختران است (۵،۶). در دو پژوهش، شیوع کف پای صاف در ایران بررسی شده است (۷،۸). میزان شیوع کف پای صاف در دختران و پسران مدارس ابتدایی در ایران، به‌ترتیب ۷۵ درصد و ۷۲ درصد گزارش شده است (۷). کردی[2] نیز شیوع کف پای صاف در دانش‌آموزان تهرانی را نزدیک به ۵۰ درصد برآورد کرده است(۸). از نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در کشورمان در رابطه با کف پای صاف چنین استنباط می‌شود که شیوع ناهنجاری کف پای صاف در جامعهٔ ایران زیاد است.

عارضهٔ کف پای صاف می‌تواند فرد مبتلا را درمعرض‌آسیب قرار دهد. دو مورد از عوامل کینتیکی اثرگذار بر وقوع آسیب در افراد دچار کف پای صاف، حداکثر نیروی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری هستند. درواقع، نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در ایجاد ناپایداری در مفصل زانو مشارکت می‌کند و مکانیسم اولیهٔ بارگذاری لیگامنت صلیبی قدامی است. چندین پژوهش به بررسی ارتباط بین کف پای صاف و عوامل کینتیکی پرداخته‌اند (۹-۱۱). پوک و زیمال[3] (۹) نشان دادند که اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در کودکان با کف پای صاف در تکلیف راه‌رفتن، کمتر از همین نیرو در کودکان با راستای طبیعی پا است. در همین راستا، هارگریو[4] و همکاران (۱۰) نشان دادند که اوج نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری بین افراد با کف پای صاف و افراد دارای قوس طبیعی پا در تکلیف افت - فرود تک‌پا، تفاوتی ندارد. چوی[5] و همکاران (۱۱) نیز نرخ بارگذاری و حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را در تکلیف افت- فرود دو پا در شرکت‌کننده‌های با قوس طبیعی پا را کمتر از

1. Functional flatfoot
2. Kordi
3. Pauk & Szymul
4. Hargrave
5. Choi

شرکت‌کننده های با کف پای صاف گزارش کرده‌اند. در پژوهش‌های پیشین، حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین دو تا هفت برابر وزن بدن گزارش شده است (۱۲-۱۷). دامنهٔ زیاد حداکثر نیروی عمودی گزارش‌شده، به نوع تکلیف انجام‌شده، جنسیت، سن آزمودنی‌ها، مسافت افقی و ارتفاعی که تکلیف در آن انجام شده است، برمی‌گردد.

به دلیل اینکه نیروی عمودی عکس‌العمل زمین بزرگ‌تر از اجزای داخلی- خارجی و قدامی- خلفی است، بیشتر دربارهٔ آن مطالعه شده است (۱۸). نیروهای خلفی عکس‌العمل زمین هنگام فرود، تخمینی از پایداری زانو در صفحهٔ ساجیتال درنظر گرفته شده‌اند و می‌توانند معادل نیروی برشی قدامی زانو و بارگذاری لیگامنت صلیبی قدامی تلقی شوند. چندین پژوهش به بررسی نیروی خلفی عکس‌العمل زمین در تکالیف حرکتی مختلف پرداخته اند (۱۹-۲۱). صادقی و همکاران (۱۹) گزارش کرده‌اند که زنان با کف پای صاف، اوج نیروی خلفی عکس‌العمل زمین بیشتری را نسبت به زنان با قوس طبیعی پا حین اجرای تکلیف افت- فرود تک‌پا تجربه می‌کنند. اکبری و همکاران (۲۰) نیز نشان دادند زنانی که کف پای صاف دارند، هنگام فرود، حداکثر نیروی خلفی عکس‌العمل زمین بیشتری را متحمل می‌شوند و این نیروی خلفی بیشتر به‌مثابهٔ نیروی برشی قدامی بیشتر است که می‌تواند لیگامنت صلیبی قدامی را در معرض آسیب قرار دهد. این درحالی است که درکودکان با کف پای صاف، دامنهٔ نیرو در صفحهٔ ساجیتال درجهت خلفی، هنگام راه‌رفتن کمتر از کودکان با قوس طبیعی پا است (۲۱). همان‌طورکه از نتایج این پژوهش‌ها می‌توان استنباط کرد، جنسیت، سن و نوع تکلیف انجام‌شده می‌توانند بر میزان حداکثر نیروی خلفی عکس‌العمل زمین اثرگذار باشند؛ اما درمورد ورزشکاران رشته‌های خاص مانند فوتبالیست‌ها، اطلاعات مستندی در دسترس نیست.

نرخی که در آن نیرو به‌وسیلهٔ اندام‌های تحتانی جذب می‌شود، ممکن است برای اندازه‌گیری شدت ضربهٔ فرود مهم‌تر از حداکثر نیروی عمودی باشد. در پژوهش‌های پیشین، نرخ بارگذاری از ۷۳ تا ۹۶/۱۸ وزن بدن بر ثانیه گزارش شده است (۲۲،۲۳). عواملی که بر بزرگی و نرخ بارگیری تأثیر می‌گذارند، عبارت‌اند از: سرعت حرکت، ارتفاع، نوع کفش، وزن بدن، ترکیب سطح فرود و راهبرد فرود (۱۰).

نگاهی به پیشینهٔ پارامترهای کینتیکی در تکالیف مختلف در افراد با کف پای صاف، حاکی از ناهمسو بودن نتایج پژوهش‌های پیشین است. علاوه بر این، در پیشینهٔ پژوهش، نمونهٔ آماری بیشتر پژوهش‌ها زنان بوده‌اند و به ورزش‌های پرطرفداری مانند فوتبال پرداخته نشده است. همچنین، در مطالعات گذشته، بر نوع کف پای صاف تأکید نشده است. شایان ذکر است که با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در ایران، میزان شیوع عارضهٔ کف پای صاف در جامعهٔ ما زیاد است که این مورد نیز حاکی از اهمیت این عارضه و ضرورت به‌دست‌آوردن اطلاعات کینتیکی درمورد آن است؛ زیرا، مشخص نیست

که فوتبالیست‌های با کف پای صاف در مانورهای ورزشی مانند افت- فرود تک‌پا، در متغیرهای کینتیکی چگونه پاسخ هایی را خواهند داد؛ بنابراین، درک محدود و ضعیفی از ارتباط بین کف پای صاف و پارامترهای کینتیکی در مانورهای ورزشی وجود دارد. افزایش دانش در این زمینه می‌تواند ارزیابی و درمان‌های کلینیکی را بهبود بخشد و به فهم علل آسیب‌های شایع اندام تحتانی کمک کند. هدف پژوهش حاضر، مقایسهٔ پارامترهای حداکثر نیروی عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری، بین فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و کف پای طبیعی هنگام اجرای تکلیف افت- فرود تک‌پا است.

روش پژوهش

در مرحلهٔ اول، براساس معیارهای ورود و خروج، آزمودنی‌ها انتخاب شدند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به مطالعه عبارت بودند از: داشتن حداقل سه سال سابقهٔ فوتبال بازی‌کردن در سطح دانشگاهی، داشتن کف پای صاف منعطف و طبیعی براساس شاخص استاهلی و قرارداشتن در دامنهٔ سنی ۱۸ تا ۳۲ سال. معیارهای خروج آزمودنی‌ها از پژوهش عبارت بودند از: داشتن سابقهٔ جراحی در اندام تحتانی و ستون فقرات در یک سال گذشته، داشتن سابقهٔ بیمارهای اسکلتی- عضلانی، داشتن سابقهٔ آسیب‌هایی همچون استرین و اسپرین در اندام تحتانی و مبتلابودن به بیماری‌های نورولوژیک. پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، آزمودنی‌های انتخاب‌شده در دو گروه با کف پای طبیعی (۱۱ نفر) و کف پای صاف منعطف (۱۰ نفر) قرار گرفتند. قرارگرفتن آزمودنی‌ها در گروه‌ها براساس شاخص استاهلی بود که با استفاده از دستگاه عکس‌برداری پا این عمل انجام گردید. این دستگاه شامل یک جعبه با ابعاد ۴۰×۴۰×۵۰ سانتی‌متر و وزن چهار کیلوگرم است. در داخل جعبه، یک دوربین با مارک کانن[1] و لنز کارل زیس[2] اچ.دی. کامل[3] ساخت کشور ژاپن برای عکس‌برداری از کف پا و همچنین، چراغ‌های ال.ای.دی.[4] برای شفاف‌سازی اثر پا تعبیه شده‌اند. همچنین، روی جعبه یک صفحه کریستال فشردهٔ شفاف با قابلیت تحمل ۱۲۰ کیلوگرم وزن قرار دارد که محل قرارگیری افراد برای ارزیابی اثر کف پا است. هنگامی‌که فرد روی صفحهٔ موردنظر می‌ایستد، عکس از کف پا تهیه می‌شود. سپس، تصاویر و داده‌ها ازطریق کابل یو.اس.بی[5] به‌صورت همزمان[6] به کامپیوتر انتقال می‌یابند. برای برنامه‌ریزی این دستگاه از نرم‌افزار

1. Canon
2. Carl Zeiss Optics
3. Full HD
4. LED
5. USB
6. Real Time

لب‌ویو[1] استفاده شده است که امکان اندازه‌گیری دقیق تمامی ابعاد پا را برحسب طول (میلی‌متر) و درجه (زاویه) و نیز ارزیابی شاخص قوس استاهلی را با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و الگوریتم‌های فیلتراسیون فراهم می‌کند. از قابلیت‌های دیگر نرم‌افزار طراحی‌شده می‌توان به امکان نمایش دوبعدی پا، ذخیرهٔ هم‌زمان داده‌ها و پرینت اطلاعات فردی اشاره کرد. روایی (۰/۸۹-۰/۵۵ = r) (هنگام مقایسه با رادیوگرافی) و پایایی (۰/۹۶ = ICC) این دستگاه، معتبر گزارش شده است (۲۴).

هرچه عدد شاخص قوس استاهلی بزرگ‌تر باشد، پهنای قوس، بیشتر و ارتفاع قوس، کمتر است. استاهلی[2] و همکاران (۲۵) قوس طولی داخلی را به‌صورت زیر طبقه‌بندی کردند: ۰/۴۳≤ قوس بالا، ۰/۴۴ تا ۰/۸۹ قوس طبیعی و ۰/۹۰≤ قوس پایین. برای افتراق کف‌پای صاف منعطف از کف‌پای صاف سخت، از آزمون بلندشدن روی انگشتان پا استفاده شد. در مرحلهٔ بعد، اطلاعات آنتروپومتریک و جمعیت‌شناختی استاندارد مربوط به قد، وزن و سن، با استفاده از قدسنج، ترازوی دیجیتال و پرسش‌نامهٔ جمع‌آوری‌شده، در فرم اطلاعات فردی ثبت شد.

برای شبیه‌سازی کاهش شتابی که ورزشکاران هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی با آن مواجه می‌شوند، از آزمودنی‌ها خواسته شد که از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، تکلیف افت- فرود تک‌پا را انجام دهند. قبل از اجرای آزمون، از شرکت‌کنندگان خواسته شد که به‌مدت ۵ دقیقه عمل گرم‌کردن را با حرکات کششی و دویدن درجا انجام دهند. برای دوری از اثر مربیگری[3] بر اجرای طبیعی آزمودنی‌ها، هیچ‌گونه دستورالعملی درمورد تکنیک‌های صحیح و غلط فرود به آن‌ها داده نشد. فقط برای آشنایی با تکلیف، توضیحاتی در رابطه با نحوهٔ اجرای تکلیف، به آزمودنی‌ها داده شد (۲۶). به آزمودنی‌ها آموزش داده شد که روی مرکز صفحهٔ نیرو فرود آیند و تعادل خود را هنگام فرود حفظ کنند. در تمامی تلاش‌ها، آزمودنی‌ها با پای برهنه درحالی‌که دست‌ها درکنار بدن قرار گرفته است و انگشتان پا درراستای لبهٔ جلویی سکو قرار داشتند، تکلیف افت- فرود تک‌پا را انجام دادند. در تمامی تلاش‌ها، آزمودنی عمل افت را با پای غالب انجام داد و عمل فرود نیز در این تکلیف روی پای غالب انجام گردید. پایی که فوتبالیست با آن عمل شوت را انجام می‌داد، پای غالب درنظر گرفته شد (۲۷).

به‌منظور آماده‌شدن برای انجام آزمون اصلی، از آزمودنی‌ها خواسته شد که سه تا پنج تلاش تمرینی را اجرا کنند. برای کاهش اثر یادگیری، به آزمودنی‌ها اجازهٔ انجام بیش از پنج تلاش تمرینی داده نشد (۲۸). به‌محض‌اینکه آزمودنی در انجام تکلیف افت- فرود تک‌پا احساس راحتی می‌کرد، از وی خواسته می‌شد که پنج تلاش موفق را انجام دهد. برای کاهش اثر خستگی، بین دو تلاش متوالی به‌مدت سی ثانیه به فرد استراحت داده می‌شد. تلاشی، تلاش موفق درنظر گرفته می‌شد که پای غالب آزمودنی

1. LabVIEW
2. Staheli
3. Coaching Effect

به‌طورکامل روی صفحه‌نیرو می‌بود و هنگام انجام عمل فرود، وضعیت بدنی فرد پایدار می‌بود و فرد با پای دیگرش زمین را لمس نمی‌کرد؛ درغیراین‌صورت تلاش ناموفق تلقی می‌شد.

این پژوهش در پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی انجام گردید. برای جمع‌آوری داده‌های کینتیک حرکت از دستگاه صفحه‌نیروی ای.ام.تی.آی.[1] ساخت کشورآمریکا استفاده شد. فرکانس ثبت داده در این دستگاه، ۱۲۰۰ هرتز درنظر گرفته شد. همهٔ تلاش‌ها با پای برهنه انجام گرفتند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های کینتیکی، از میانگین پنج تلاش فرد استفاده شد. داده‌های کینتیکی براساس وزن آزمودنی‌ها طبیعی شدند. نرخ بارگذاری براساس فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{نرخ بارگذاری} = \left[\frac{\text{حداکثر نیروی عمودی عکس العمل زمین(نیوتن)} \Big/ \text{وزن بدن(نیوتن)}}{\text{زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی عکس العمل زمین}}\right] = \frac{\text{وزن بدن}}{\text{ثانیه}}$$

نتایج

در جدول شمارهٔ یک، نتایج توصیفی درمورد آزمودنی‌ها آورده شده است. مقایسهٔ میانگین داده‌های جمعیت‌شناختی نشان داد که به‌جز در شاخص استاهلی، تفاوت معناداری بین نمونه‌های پژوهش مشاهده نمی‌شود (جدول شمارهٔ یک). براساس آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره، تفاوت معناداری در حداکثر نیروی‌های عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و فوتبالیست‌های با کف پای طبیعی در تکلیف افت- فرود تک‌پا (Pillai's Trace=۰/۰۴۶، $F_{(۲,۱۸)}$=۰/۴۳۲، P=۰/۶۵۶، Partial ^{2}=۰/۰۴۶) دیده نشد (جدول شمارهٔ یک). میانگین و انحراف استاندارد حداکثر نیروهای عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین در زیر آمده است (شکل شمارهٔ یک). مقایسهٔ نرخ بارگذاری بین فوتبالیست‌های با کف پای طبیعی و فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف نشان داد که تفاوت معناداری بین دو گروه وجود ندارد (T = ۱/۰۱۱، P =۰/۳۲۵) (جدول شمارهٔ یک). میانگین و انحراف استاندارد نرخ بارگذاری در دو گروه در زیر آمده است (شکل شمارهٔ دو).

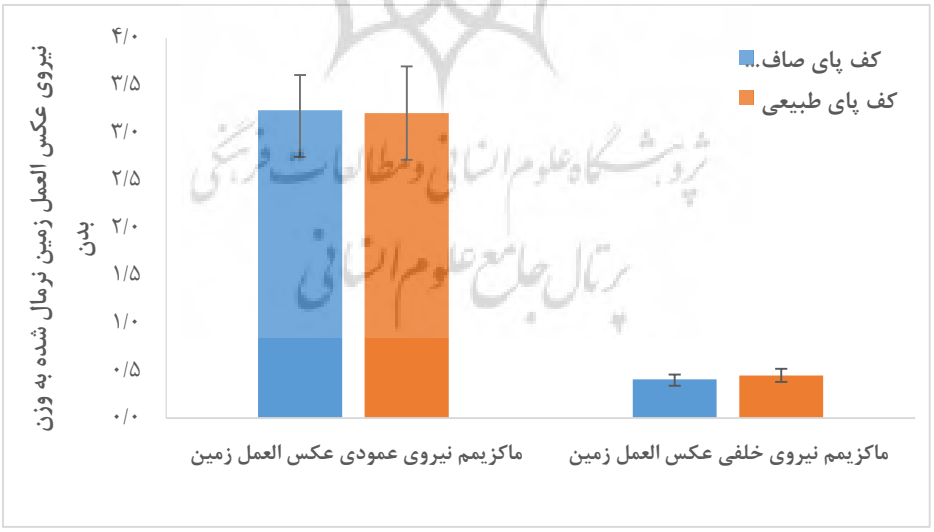
1. AMTI

جدول ۱- اطلاعات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها همراه با مقدار پی آزمون تی جهت مقایسهٔ میانگین‌ها

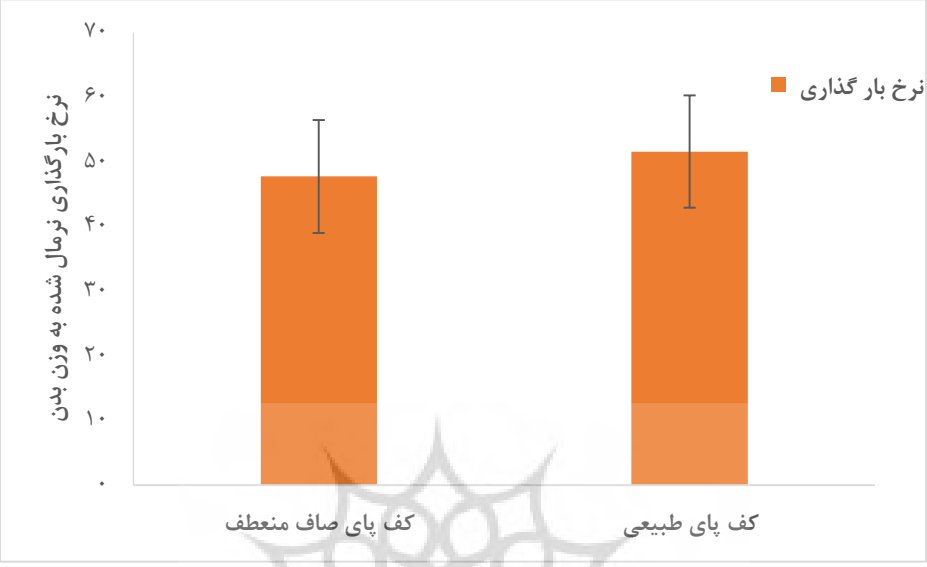
متغیر	گروه	میانگین (انحراف استاندارد)	ارزش پی
سن (سال)	کف پای طبیعی	۲۷ (۲/۶۸)	۰/۰۸۱
	کف پای صاف منعطف	۲۴/۳۰ (۳/۹۷)	
قد (سانتی‌متر)	کف پای طبیعی	۱۷۷/۴۵ (۶/۲۶)	۰/۳۱۱
	کف پای صاف منعطف	۱۷۴/۶۰ (۶/۲۷)	
جرم (کیلوگرم)	کف پای طبیعی	۷۰/۴۵ (۶/۹۳)	۰/۲۸۵
	کف پای صاف منعطف	۶۶/۸۰ (۹/۵۱)	
شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم/ مترمربع)	کف پای طبیعی	۲۲/۳۳ (۱/۳۸)	۰/۵۰۴
	کف پای صاف منعطف	۲۱/۸۵ (۱/۷۸)	
شاخص استاهلی	کف پای طبیعی	۰/۶۲ (۰/۰۹)	۰/۰۰۱*
	کف پای صاف منعطف	۰/۹۱ (۰/۰۱)	

جدول ۲- آزمون‌های استفاده‌شده جهت مقایسهٔ میانگین‌های دو گروه و مقدار پی این آزمون‌ها

متغیر	آزمون	ارزش پی
حداکثر نیروی‌های عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین	تحلیل واریانس چندمتغیره	۰/۶۵۶
نرخ بارگذاری	تی مستقل	۰/۳۲۵



شکل ۱- حداکثر نیروهای عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و طبیعی



شکل ۲- نرخ بارگذاری در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و طبیعی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف مطالعهٔ حاضر، مقایسهٔ حداکثر نیروهای عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری، بین فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و قوس طبیعی هنگام اجرای تکلیف افت- فرود تک‌پا بود. نتایج نشان داد که حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف، تفاوت معناداری با حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با قوس طبیعی پا ندارد. در این پژوهش، حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و طبیعی، بیش از سه برابر وزن بدن بود. دراین‌راستا، چندین پژوهش به بررسی حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین پرداخته‌اند که به آن‌ها به‌طور مختصر اشاره می‌شود. بلکبرن و پودا[1] (۱۲) حداکثر نیروی عمودی ناشی از افت از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری در مردان را هنگام فرود با استفاده از تکنیک ترجیحی، چهار برابر وزن بدن گزارش کرده‌اند. حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در هاپینگ تک‌پا[2] ۲/۴۵ تا ۲/۵۲ برابر وزن بدن (۱۳) و در تکلیف ایست- پرش- فرود[3] تقریباً سه برابر وزن بدن بوده است (۱۴).

1. Blackburn & Padua
2. Single-Leg Hop
3. Stop-Jump

با درنظرگرفتن اینکه حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین هنگام افت- فرود متناسب با ارتفاع افت- فرود است، حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و طبیعی، کمتر از میزانی است که ژانگ[1] و همکاران (۱۵) و مک‌نیت- گری[2] (۱۶) گزارش کرده‌اند و بیشتر از میزانی است که واندر هارست[3] و همکاران (۱۳) و وانگ[4] و همکاران (۱۴) گزراش کرده‌اند. در پژوهش حاضر، ارتفاع افت نصف ارتفاع افت- فرود در پژوهش بلکبرن و پودا (۱۲) است؛ اما حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در این دو پژوهش به هم نزدیک بوده است. همچنین، نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی که نبود تفاوت در حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین را گزارش کرده‌اند، هم‌خوانی دارد (۹،۱۰،۱۷) و با پژوهش‌هایی که تفاوت معناداری را در حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین گزارش کرده‌اند، هم‌خوانی ندارد (۱۱). ازجمله دلایل نبود هم‌خوانی نتایج این پژوهش با پژوهش‌های پیشین را می‌توان به تفاوت در ارتفاع فرود، جنسیت، سن آزمودنی‌ها، تکلیف انجام‌شده و نوع فعالیت ورزشی نمونه‌های پژوهش اشاره کرد.

شوکی که در نتیجهٔ فرودآمدن در بدن تولید می‌شود، توسط ساختارها و مکانیسم‌های موجود در بدن تضعیف می‌شود که در این رابطه می‌توان به نقش تعدیل‌کنندهٔ استخوان، مایع سینوویال، غضروف، بافت‌های نرم، کینماتیک مفصل و فعالیت عضلات اشاره کرد (۲۹). هنگامی‌که بارهای خارجی بدن آن‌قدر زیاد باشند که بدن به‌طور مناسب نتواند آن‌ها را تضعیف کند، احتمال بروز آسیب افزایش می‌یابد (۳۰،۳۱). همچنین، اعمال مکرر نیروهای برخوردی بالا می‌تواند به کاهش عملکرد منجر شود (۳۲). توانایی کنترل و جذب مناسب این نیروها هنگام انجام فعالیت‌های عملکردی و پویا، کلیدی برای پیشگیری از آسیب است؛ به‌ویژه پرونیشن تحت‌قاپی که نشان داده شده است، نقش حیاتی در جذب نیرو هنگام برخورد ایفا می‌کند (۳۳). پرونیشن، مفاصل میدتارسال را باز می‌کند و قوس طولی داخلی را پایین می‌برد و با این کارها به پا اجازه می‌دهد که منعطف‌تر شود و هنگام تحمل وزن، شوک را جذب کند (۳۳). در فوتبالیست‌هایی‌که کف پای صاف منعطف دارند، پرونیشن مفصل تحت‌قاپی دچار تغییر شده است؛ اما چنین به‌نظر می‌رسد که در جذب شوک واردشدهٔ ناشی از تکلیف افت- فرود، کارایی خود را ازدست نداده است یا این شوک توسط سایر بافت‌ها جذب شده است. به‌عبارت‌دیگر، حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در آن‌ها، تفاوت معناداری با همین نیرو در فوتبالیست‌های با کف پای طبیعی نداشته است.

1. Zhang
2. McNitt-Gray
3. Van der Harst
4. Wang

شواهد مستقیم دربارهٔ ارتباط بین نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و خطر آسیب لیگامنت صلیبی قدامی به مطالعات بیومکانیکی-همه‌گیرشناسی بازمی‌گردد که نشان دادند زنان درمعرض خطر بیشتر آسیب لیگامنت صلیبی قدامی، ۲۰ درصد نیروی عکس‌العمل بیشتری دارند (۳۴). مک‌نیر[1] و مارشال[2] (۳۵) نیز در آزمودنی‌هایی با لیگامنت صلیبی ناکارآمد، همبستگی بین نیروی عمودی عکس‌العمل زمین و شتاب درشت‌نی به جلو را ۰/۸۷ گزارش کرده‌اند. در پژوهش حاضر، حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف، تقریباً با حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با قوس طبیعی پا برابر بوده است. چنین به‌نظر می‌رسد که حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف خطر بروز آسیب لیگامنت صلیبی قدامی را در آن‌ها افزایش نمی‌دهد.

حداکثر نیروی خلفی عکس‌العمل زمین با پایداری زانو در صفحهٔ ساجیتال مرتبط است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که حداکثر نیروی خلفی عکس‌العمل زمین در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف با فوتبالیست‌های دارای قوس طبیعی پا تفاوت معناداری ندارد. نتایج این پژوهش با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های صادقی و همکاران (۱۹) و اکبری و همکاران (۲۰) هم‌خوانی ندارد و با نتایج پژوهش پوک و گریسکویشیس[3] (۲۱) همسو است. تفاوت‌های جنسیتی می‌توانند یکی از علل تفاوت در نتایج به‌دست آمده باشند. زمانی‌که در فرود، نیرو درجهت خلف به پا وارد شود، این نیرو باعث خم‌شدن زانو می‌شود. برای جلوگیری از خم‌شدن زانو، عضلهٔ چهارسر به‌کار گرفته می‌شود. این نیروی عضلهٔ چهارسر که گشتاور بازشدن داخلی ایجاد می‌کند، باید با گشتاور خم‌شدن خارجی مقابله کند. عضلهٔ چهارسر ازطریق مکانیسم اکستنسور و تاندون کشککی به درشت‌نی نیرو وارد می‌کند. زمانی‌که زاویهٔ فلکشن زانو کم باشد، انقباض عضلهٔ چهار سر، نیروی برشی بر درشت‌نی اعمال می‌کند (۲۰). در پژوهش حاضر، نیروی خلفی عکس‌العمل زمین در دو گروه با هم اختلاف معناداری نداشت؛ بنابراین، به‌نظر می‌رسد که میزان نیروی خلفی عکس‌العمل زمین خطری برای آسیب در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف نباشد.

همان‌گونه‌که حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل بیشتر هنگام افت- فرود می‌تواند نیروی زیادی را به بدن وارد کند، تغییر در حداکثر نیروی عمودی عکس‌العمل زمین عمیقاً با خطر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی همراه است (۱۱). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در نرخ بارگذاری، تفاوت معناداری بین فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و قوس طبیعی پا در تکلیف افت- فرود تک‌پا دیده نمی‌شود.

1. McNair
2. Marshall
3. Pauk & Griškevičius

در پژوهش حاضر، نرخ بارگذاری کمتر از میزان گزارش‌شده در تکلیف افت- فرود تک‌پا و حرکات ایروبیک بوده است. دکر[1] و همکاران (۲۲) نرخ بارگذاری در مردان را هنگام اجرای تکلیف افت- فرود از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری، ۹۶/۱۸ وزن بدن بر ثانیه گزارش کرده‌اند. نرخ بارگذاری در حرکات ایروبیک، ۷۳ وزن بدن بر ثانیه گزارش شده است (۲۳). ازجمله علل این ناهمسویی‌ها می‌توان به تفاوت در ارتفاع فرود و نوع تکلیف اجراشده اشاره کرد.

نرخ بارگذاری مقیاسی از نرخ اعمال استرس بر بافت‌ها است. نرخ بالای بارگذاری نشان‌دهندهٔ جذب شوک ضعیف است که خود نشان‌دهندهٔ اعمال استرس زیاد به اندام تحتانی در مدت کوتاه است (۱۰). اندام‌های تحتانی تاحدزیادی مسئول جذب شوک واردشده به بدن هنگام تماس و کاهش نرخ بارگذاری هستند. پرونیشن مفصل تحت‌قاپی، به‌عنوان مکانیسمی برای انتقال و کاهش نیروهای واردشده به بدن عمل می‌کند. پرونیشن مفصل تحت‌قاپی در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف دچار تغییر شده است؛ اما سایر مفاصل و بافت‌ها ممکن است این ضعف را جبران کرده باشند. نرخ بارگذاری پایین نسبت به نرخ بارگذاری بالا، آسیب‌های حاد و مزمن کمتری را در بدن ایجاد می‌کند.

در پژوهش حاضر مشخص شد که حداکثر نیروی‌های عمودی و خلفی عکس‌العمل زمین و نرخ بارگذاری در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف و فوتبالیست‌های با قوس طبیعی پا هنگام اجرای تکلیف افت- فرود تک‌پا، تفاوت معناداری با هم ندارند. کینتیک موجود در فوتبالیست‌های با کف پای صاف منعطف احتمالاً تهدیدی برای بروز آسیب‌های حاد ازجمله آسیب لیگامنت صلیبی قدامی نیست.

منابع

1. Mootanah R, Song J, Lenhoff MW, Hafer JF, Backus SI, Gagnon D, et al. Foot type biomechanics. Part 2: Are structure and anthropometrics related to function? Gait Posture. 2013;37(3):452-6.
2. Dare DM, Dodwell ER. Pediatric flatfoot: Cause, epidemiology, assessment, and treatment. Curr Opin Pediatr. 2014;26(1):93-100.
3. Shibuya N, Kitterman RT, LaFontaine J, Jupiter, DC. Demographic, physical, and radiographic factors associated with functional flatfoot deformity. J Foot Ankle Surg. 2014;53(2):168-72.
4. Bouchard M, Mosca VS. Flatfoot deformity in children and adolescents: Surgical indications and management. J Am Acad Orthop Surg. 2014;22(10):623-32.
5. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. J Pediatr Orthop B. 2003;12(2):141-6.

1. Decker

6. Pauk J, Ezerskiy V, Raso JV, Rogalski M. Epidemiologic factors affecting plantar arch development in children with flat feet. J Am Podiatr Med Assoc. 2012;102(2):114-21.
7. Ghorbani M. Prevalence of flat foot: Comparison between male and female primary school students. Iran Rehabil J. 2013;18(11):22-4.
8. Kordi YA. The evaluation and prevalence of foot problems among iranian students using alfoots company scanner. Health Sci. J. 2014;8(3):393-9.
9. Pauk J, Szymul J. Differences in pediatric vertical ground reaction force between planovalgus and neutrally aligned feet. Acta Bioeng Biomech. 2014;16(2):95-101.
10. Hargrave MD, Carcia CR, Gansneder BM, Shultz SJ. Subtalar pronation does not influence impact forces or rate of loading during a single-leg landing. J Athl Train. 2003;38(1):18-23.
11. Choi JH, An HJ, Yoo KT. Comparison of the loading rate and lower limb angles on drop-landing between a normal foot and flatfoot. J Phys Ther Sci. 2012;24(11): 1153-7.
12. Blackburn JT, Padua DA. Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. J Athl Train. 2009;44(2):174-9.
13. Van Der Harst J, Gokeler A, Hof A. Leg kinematics and kinetics in landing from a single-leg hop for distance. A comparison between dominant and non-dominant leg. Clin Biomech. 2007;22(6).674-80.
14. Wang L-I. The lower extremity biomechanics of single-and double-leg stop-jump tasks. J Sports Sci *Med*. 2011;10(1):151-6.
15. Zhang S, Derrick TR, Evans W, Yu YJ. Shock and impact reduction in moderate and strenuous landing activities. Sports Biomech. 2008;7(2):296-309.
16. McNitt-Gray JL. Kinetics of the lower extremities during drop landings from three heights. J Biomech. 1993;26(9):1037-46.
17. Farahpour N, Jafarnezhad A, Damavandi M, Bakhtiari A, Allard P. Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. J Biomech. 2016;49(9):1705-10.
18. Niu W, Feng T, Jiang C, Zhang M. Peak vertical ground reaction force during two-leg landing: A systematic review and mathematical modeling. Biomed Res Int. 2014; [Accessed 31 Agu 2016]. Availible from: https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/126860/.
19. Sadeghi H, Shoja AS, Akbari H. Comparison of anterior knee shear force in pronated and supinated foot in single leg landing. Journal of Movement Science & Sports. 2008;6 (11):1-12.
20. Akbari H, Rajabi M, Ebrahimi Atri A, Hashemi Javaheri SAA, Khademi Nejad S. Does pronated foot predispose the females to risk of anterior Cruciate ligament injury. Int J Sport Stud. 2013;3(5):492-7.
21. Pauk J, Griškevičius J. Ground reaction force and support moment in typical and flat-feet children. Mechanics. 2011;17(1):93-6.
22. Decker MJ, Torry MR, Wyland DJ, Sterett WI, Steadman JR. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. Clin Biomech. 2003;18(7):662-9.

23. Newton RU, Young WB, Kraemer WJ, Byrne C. Effects of drop jump height and technique on ground reaction force with possible implication for injury. Res Sports Med. 2001;10(2):83-93.
24. Hakimipoor M. The validity and reliability of the foot photo box in measuring selected footprint indexes [MSc thesis]. Tehran: Tehran university; 2015.
25. Staheli L. Evaluation of planovalgus foot deformities with special reference to the natural history. J Am Podiatr Med Assoc. 1987;77(1):2-6.
26. Gehring D, Melnyk M, Gollhofer A. Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. Clin Biomech. 2009;24(1):82-7.
27. Willson JD, Ireland ML, Davis I .Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. Med Sci Sports Exerc. 2006;38(5):945-52.
28. Sung PS. The ground reaction force thresholds for detecting postural stability in participants with and without flat foot. J Biomech. 2016;49(1):60-5.
29. 29.Coventry E, O'Connor KM, Hart BA, Earl JE, Ebersole KT. The effect of lower extremity fatigue on shock attenuation during single-leg landing. Clin Biomech. 2006;21(10):1090-7.
30. Dufek JS, Bates BT. The evaluation and prediction of impact forces during landings. Med Sci Sports Exerc. 1990;22(3):370-7.
31. Sadeghi H, Abbasi A, Khaleghi M, Pourbakhshi M. Lower extremity muscles torques and rate of loading during single leg drop landing. Research on Sport Science. 2008;6(19):157-69.
32. Nigg BM. Biomechanics, load analysis and sports injuries in the lower extremities. Sports Med. 1985;2(5):367-79.
33. Neely FG. Biomechanical risk factors for exercise-related lower limb injuries. Sports Med. 1998;26(6):395-413.
34. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes a prospective study. Am J Sports Med. 2005;33(4):492-501.
35. McNair PJ, Marshall RN. Landing characteristics in subjects with normal and anterior cruciate ligament deficient knee joints. Arch Phys Med Rehabil. 1994;75(5):584-9.

پرتال جامع علوم انسانی

استناد به مقاله

پیری هاشم، رجبی رضا، مینونژاد هومن، طباطبایی قمشه فرهاد، عباسی حامد. مقایسه پارامترهای کینتیکی بین فوتبالیست‌های دارای کف پای صاف منعطف و طبیعی در تکلیف افت - فرود تک‌پا. مطالعات طب ورزشی. پاییز و زمستان ۱۳۹۶؛ ۸(۲۲)، ۶۷-۸۰. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/SMJ.2018.1141

Piri. H, Rajabi. R, Minonejad. H, Tabatabai Ghomshe. F, Abbasi. H. The Comparison of Kinetic Parameters between Flexible Flatfoot and Normal Foot Football Players during Single Leg Drop – Landing. Sport Medicine Studies. Fall & Winter 2018; 8 (22): 67-80. (Persian). Doi: 10.22089/SMJ.2018.1141

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The Comparison of Kinetic Parameters between Flexible Flatfoot and Normal Foot Football Players during Single Leg Drop – Landing

H. Piri[1], R. Rajabi[2], H. Minonejad[3], F. Tabatabai Ghomshe[4], H. Abbasi[5]

1. Ph.D. Student of Corrective Exercises and Sports Injuries, University of Tehran
2. Professor of Sports Medicine, University of Tehran
3. Associated Professor of Corrective Exercises and Sports Injuries, University of Tehran
4. Associated Professor of Biomechanics, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences
5. Assistant Professor of Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran*

Received Date: 2017/01/02 **Accepted Date: 2017/02/04**

Abstract

The purpose of this study was to compare maximum vertical, and posterior ground reaction force and loading rate between flexible flatfoot and normal foot football players in single leg drop – landing from 30 cm height. 10 flexible flatfoot and 11 normal foot football players participated in this study. After warm- up and familiarization with single leg drop-landing task, each participant performed 5 successful trials. The results showed that, there is no significant difference in maximum vertical ground reaction force, maximum posterior ground reaction force and loading rate between flexible flatfoot football players and normal foot football players. Kinetic parameters in flexible flatfoot football players probably can't be result in injury incidence in this population.

Keywords: Flexible Flatfoot, Drop Landing, Single Leg, Football Players, Kinetic

* Corresponding Author Email: hamedabbasi26@gmail.com