Effects of Arch Support Insole on Vertical GRF Variables and Time to Peak Among Handball Players with Pronated Foot During Jump and Landing Three-Step Shot Technique

Barghamadi M [1], Shokrzadeh Sarebanlar M [2], Nosrati Heshi A[3], Piri E[4], Imani F[2]

Abstract

Purpose: The ankle is very important during the three-step jump in handball sports, and the highest rate of injury during the three-step jump is related to the ankle joint. The purpose of this study was to determine the effectiveness of Arch Support insole on vertical GRF variables and time to peak compared to healthy group among handball players with pronated foot during jump and landing three-step shot technique.

Methods: The current research was semi-experimental pretest-posttest design. The sample consisted of 20 male handball players with pronated foot. Participants were purposefully assigned into one of two groups: pronated foot and healthy group.

The arch support insole used in this study had a bulge on the medial longitudinal arch part. Bartek's force plate device was used to measure the ground reaction force components during the three step jump. Statistical analysis of variance with repeated measurement was used at a significant level of $p \leq 0.05$.

Results: The results showed that there was a significant decrease in the anterior-posterior ($p=0.004$) and vertical ($p>0.001$) components of the ground reaction force in the pronated foot group during jumping in the post-test phase compared to the pre-test. There was a significant reduce in the time to pick the vertical component of the ground reaction force in the pronated foot group in the post-test compared to the pre-test ($p<0.001$). Also, there was a significant reduce in the medio-lateral ($p=0.001$) and vertical ($p>0.001$) components of the ground reaction force in the pronated foot group in the post-test compared to the pre-test at the moment of landing. In addition, there was a significant increase in the time to pick the vertical component of the ground reaction force in the pronated foot group in the post-test compared to the pre-test ($P=0.001$).

Conclusion: According to the results of the research, it can be concluded that the use of arch support insoles might lead to reduce ground reaction forces and increase time to pick the components of the ground reaction force during landing and increase ground reaction forces and time to pick during jumping in handball players with pronated foot, that can lead to reduce injuries and better performance.

Keywords: Pronated foot, Arch support, Ground reaction forces, Handball players

Received: 2022.11.05 Accepted:2.23.04.08

اثر کفی Arch Support بر مقادیر اوج نیروهای عکس العمل زمین و زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل در هنگام پرش و فرود تکنیک شوت سه گام در هندبالیست های دارای پای پرونیت

محسن برغمدی [۱]، مرتضی شکرزاده ساربانلار [۲]، علی نصرتی هشی[۳]، ابراهیم پیری[۴]، فریبرز ایمانی[۲]

هدف: مچ پا طی پرش سه گام در ورزش هندبال از اهمیت بسیار بالای برخوردار است و بیشترین نرخ آسیب طی پرش سه گام مربوط به مفصل مچ پا است. هدف از انجام تحقیق بررسی اثر کفی Arch Support بر مقادیر اوج نیروهای عکس العمل زمین و زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل در هندبالیست های دارای پای پرونیت هنگام پرش و فرود طی اجرای پرش سه‌گام بود.

روش بررسی: تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری این تحقیق هندبالیست های مرد دارای پای پرونیت بودند. نمونه گیری به صورت در دسترس انجام شد و ۱۰ نفر افراد دارای پای پرونیت و ۱۰ نفر سالم انتخاب شدند. کفی کفش مورد استفاده در این پژوهش دارای برجستگی در قسمت لبه داخلی پا (Arch Support) بود. از دستگاه صفحه نیروی برتک برای اندازه‌گیری مؤلفه های نیروی عکس العمل زمین طی اجرای پرش سه‌گام استفاده شد. از آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری در سطح معنی‌داری (p≤۰/۰۵) استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد مؤلفه قدامی-خلفی (p=۰/۰۰۴) و عمودی (p=۰/۰۰۱) نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در پرش سه‌گام در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون کاهش معنی‌داری داشت. زمان رسیدن به مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در پس‌آزمون در مقایسه با پیش آزمون کاهش معنی داری داشت (p=۰/۰۰۱). همچنین مؤلفه داخلی-خارجی (p=۰/۰۰۱) و عمودی (p=۰/۰۰۱) نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون در لحظه فرود کاهش معنی داری داشت. به علاوه زمان رسیدن به مؤلفه عمودی (p=۰/۰۰۱) نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون افزایش معنی داری داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کفی Arch Support می تواند منجر به کاهش نیروهای عکس العمل زمین و افزایش زمان رسیدن به اوج مؤلفه های نیروی عکس العمل زمین در هنگام فرود و افزایش نیروها و زمان رسیدن به اوج هنگام پرش در هندبالیست های دارای پای پرونیت شود که می تواند باعث کاهش آسیب و عملکرد بهتر شود.

کلمات کلیدی: پای پرونیت، کفی Arch Support، نیروی عکس العمل زمین، هندبالیست ها

نویسنده مسئول: محسن برغمدی، Barghamadi@uma.ac.ir، ORCID: 0000-0002-1794- 9410

آدرس: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، گروه بیومکانیک ورزشی

۱- دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت‌ب دنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۵- کارشناسی ارشد بیومکانیک ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

پرونیشن (Pronation) مچ پا یکی از شایع ترین ناهنجاری‌ها محسوب می‌شود که ممکن است موجب درد در ناحیه پا و نارسایی‌هایی در ساختارهای بخش اسکلتی مچ پا (Tarsal) گردد (۱). افراد مبتلا به سندرم انحراف پرونیشن، به دلیل پرونیشن بیش از حد پا، علاوه بر کف پای صاف ممکن است دچار چرخش داخلی درشت‌نئی، چرخش داخلی ران‌ها، ضربدری شدن زانوها و در نوع هایپرپرونیشن، افزایش لوردوز کمر شوند (۱). در این اختلال، سر استخوان قاپ و ناویکولار (Navicular) به سمت داخل و پایین قرار می‌گیرد و راستای مرکز گرانش به سمت داخل خم می شود و نهایتا کف پا، صاف می شود. همچنین، این سندروم ممکن است موجب شست کج و افزایش فشار بر روی بخش های فوقانی مفاصل متاتارسو فالانژیال (Metacarpophalangeal) شود (۲). که می-تواند در انجام فعالیت های مختلف از جمله پرش و فرود، آسیب های ثانویه را به دنبال داشته باشد.

فرود یکی از حرکات رایج ورزشی است که احتمال رخ دادن آسیب‌های ورزشی در آن بسیار زیاد است (۳). تحقیقات متعددی حاکی از آن است که حین فرود نیرویی

در حدود ۵ برابر وزن بدن بر اندام تحتانی وارد می شود (۴). بیشتر از ۷۰ درصد آسیب های ورزشی، ناشی از نیروهای وارد شده بر بدن هنگام فرود است (۵،۶). که از مهم ترین نیروهای وارد شده بر بدن در هنگام فرود، نیروی عکس العمل عمودی زمین می باشد که در تحقیقات پیشین از بزرگی آن به عنوان یک شاخص خطر در به وجود آمدن آسیب‌های اندام تحتانی نامبرده شده است (۴-۶). با توجه به اینکه افزایش زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل به مانند کاهش بار وارد شده بر بدن می باشد (۷)، کاهش زمان رسیدن به اوج باعث افزایش فشار وارد شده بر بدن می شود و می تواند آسیب های ثانویه را بر مچ پا افزایش بدهد. یکی از راه‌های ایجاد تغییر در نیروهای عکس العمل زمین و زمان رسیدن به اوج، استفاده از کفی است. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اولین قله نیروی عکس العمل عمودی و نرخ بارگذاری آن در راه رفتن و دویدن هنگام استفاده از کفی متداول (اتیل وینیل استات)، کفی تسکین دهنده فشار و کفی نیمه سخت کاهش می یابد (۳-۶). در برخی تحقیقات پیشنهاد شده استفاده از کفی Arch Support نیروی عمودی عکس العمل زمین و نرخ بارگذاری را کاهش می دهد. برای پیشگیری و کاهش ریسک آسیب در رشته‌های ورزشی مرتبط با حرکات پرش و فرود استفاده شود. کفی Arch support برای اصلاح راستای بیومکانیکی جهت کاستن پرونیشن پا پیشنهاد شده است (۸-۱۰). برخی از تحقیقات کاسته شدن درد را به علت استفاده از کفی Arch support در افراد دارای پای پرونیت و کف پای صاف گزارش نموده اند (۱۱). با توجه به ساختار این نوع کفی، قوس طولی-داخلی پا در صفحه فرونتال (Frontal plane) حمایت می شود که احتمال می رود می تواند باعث کاهش مقادیر مؤلفه‌های داخلی-خارجی نیروی عکس العمل زمین شود (۱۲، ۷، ۶). تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تأثیر کفی Arch Support بر روی نیروهای عکس العمل زمین در ورزشکاران دارای پای پرونیت در رابطه با مانورهای ورزشی آسیب زا مانند پرش و فرود صورت نگرفته است. لذا هدف پژوهش حاضر بررسی اثر کفی Arch Support بر مقادیر اوج زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل در هنگام پرش و فرود تکنیک شوت سه گام در هندبالیست‌های دارای پای پرونیت بود.

روش بررسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی و آزمایشگاهی بود که به صورت پیش آزمون و پس آزمون و با گروه کنترل انجام شد. جامعه آماری این پژوهش کلیه هندبالیست های دارای پای پرونیت بودند. معیار ورود شامل: هندبالیست های دارای پای پرونیت، سابقه حداقل ۵ سال فعالیت در لیگ استان اردبیل، داشتن بیش از ۱۰ میلی متر افتادگی استخوان ناویکولار و شاخص وضعیت پا بالاتر از ۶ میلی متر بود (۱۴). معیار خروج شامل: داشتن اختلالات عصبی، سابقه آسیب دیدگی حداقل ۳ ماه گذشته یا کمتر، سابقه عمل جراحی ۶ ماه گذشته، مشکلات ساختاری و روانشناختی بود. از طریق توزیع فراخوان در دانشگاه محقق اردبیلی افراد مشمول در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفت و ۱۰ نفر افراد دارای پای پرونیت به صورت در دسترس و ۱۰ نفر افراد سالم انتخاب شدند. برای تعیین میزان افتادگی استخوان ناویکولار، اختلاف ارتفاع استخوان ناویکولار از زمین در حالت پا برهنه در دو حالت با و بدون تحمل وزن (وضعیت ایستاده بر روی دو پا و وضعیت نشسته بر روی صندلی) محاسبه شد. کفی کفش مورد استفاده در این پژوهش دارای برجستگی در قسمت لبه داخلی پا (Arch Support) بود. جنس کفی از پلی‌یورتان (Polyurethane) بود.

از یک صفحه نیروی برتک فیکس شده ساخت کشور آمریکا (Bertec, Corporation, Columbus, US) برای ثبت نیروهای عکس العمل زمین استفاده شد. فرکانس نمونه برداری در دستگاه صفحه نیرو برابر ۱۰۰۰ هرتز قرار داده شد. جهت فیلتر نمودن داده های نیروی عکس العمل زمین از فیلتر باترورث با برش فرکانسی ۲۰ هرتز استفاده شد. نیروهای عکس العمل زمین (Ground Reaction Force, GRF) در جهت هایی عمودی (F_z)، قدامی – خلفی (F_y) و داخلی- خارجی (F_x) طی پرش و فرود در هنگام اجرای دو تکنیک شوت هندبال اندازه‌گیری شدند. قبل از اجرای آزمون جهت ایجاد هماهنگی از افراد خواسته می شد تا با پوشیدن لباس ورزشی مناسب، به مدت ۵ دقیقه بدن خود را گرم کنند (۳ دقیقه نرم دویدن و ۲ دقیقه حرکات کششی مختص اندام تحتانی). از آزمودنی ها خواسته شد قبل از شروع تکنیک شوت، ۵ مرتبه به صورت آزمایشی عمل فرود بر روی صفحه نیرو را انجام دهند. در نهایت سه مرتبه تکنیک شوت که به طور صحیح انجام

دادند، ثبت شد. نیروهای عکس العمل زمین در سه بعد در هنگام پرش و فرود با و بدون کفی محاسبه شد. اگر آزمودنی روی لبه صفحه نیرو (Force Plate) فرود می آمد این موارد حذف می شد و آزمایش دوباره تکرار می شد. قبل از شروع ثبت داده ها، ابتدا فورس‌پلیت کالیبره می شد. کفی کفش مورد استفاده در این پژوهش دارای برجستگی در قسمت لبه داخلی پا (Arch support) و دارای وج بود (تصویر ۱). اختلاف ارتفاع لبه داخلی با لبه خارجی ۱/۶ cm است، جنس کفی از پلی یورتان (Polyurethane) است. آزمودنی ها با توجه شماره پا از کفش ورزشی ASICS GEL-CUMULUS20 استفاده می‌کردند (تصویر ۲).

تصویر ۱: کفی Arch Support استفاده شده در تحقیق

تصویر ۲: کفش ASICS GEL-CUMULUS

پروتکل پرش سه‌گام: فرد ابتدا توپ را در دست گرفته سپس با پای چپ شروع و سپس پای راست را در جلو قرار داده و سپس با پای چپ از روی فورس‌پلیت به سمت بالا و جلو پرش کرده و در بالاترین نقطه ضربهٔ خود را می زند و روی صفحه نیرو فرود می آید (پای غالب کلیه آزمودنی ها، پای راست بود).

بعد از جمع‌آوری اطلاعات از نرم افزار SPSS ۲۶ جهت تجزیه و تحلیل داده‌ه ای به دست آمده از آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد. سطح معنی داری در آزمون ($p\leq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد. برای تحلیل آماری داده ها ابتدا از آزمون شاپیرو – ویلک (Shapiro-Wilk) برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده ها استفاده شد. برای بررسی یکسان بودن شرایط اولیه از آزمون تی مستقل استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون تی مستقل نشان داد در متغیرهای سن، قد، وزن، و شاخص توده بدنی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و شرایط اولیه هر دو گروه یکسان است ($p>۰/۰۵$) (جدول ۱). با توجه به نتایج آزمون شاپیرو ویلک توزیع داده های مورداستفاده در این تحقیق نرمال بود.

نتایج نشان داد اثر تعاملی زمان*گروه مؤلفه عمودی ($p=۰/۰۰۱$) و قدامی-خلفی ($p=۰/۰۱۳$) نیروی عکس - العمل زمین در هنگام پرش در دو گروه کنترل و پای پرونیت اختلاف معنی داری داشت (جدول ۲)؛ لذا با استفاده از تست تعقیبی مناسب (Least Significant Difference, LSD) نشان داده شد مؤلفه قدامی-خلفی ($p=۰/۰۰۴$) و عمودی ($p=۰/۰۰۱$) نیروی عکس العمل - زمین در گروه پای پرونیت در پرش سه‌گام در مرحله پس-آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۲). در سایر مؤلفه های نیروی عکس العمل زمین، پوشیدن کفی اختلاف معنی داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). همچنین اثر تعاملی زمان*گروه بر زمان رسیدن به اوج مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین در دو گروه کنترل و مداخله در پرش سه‌گام اختلاف معنی داری دارد ($p=۰/۰۰۳$) (جدول ۳). لذا با استفاده از تست تعقیبی مناسب نشان داده شد که زمان رسیدن به اوج مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون کاهش معنی داری داشت ($p=۰/۰۰۱$) (جدول ۳). در سایر مؤلفه های نیروی عکس‌العمل زمین، پوشیدن کفی اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). به علاوه اثر تعاملی زمان*گروه مؤلفه داخلی-خارجی ($p=۰/۰۴۷$) و عمودی ($p=۰/۰۰۳$) نیروی عکس العمل زمین در لحظه فرود در دو گروه کنترل و مداخله در لحظه فرود اختلاف معنی داری داشت ؛ لذا با

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

متغیر	گروه سالم انحراف معیار±میانگین	گروه پای پرونیت انحراف معیار±میانگین	p- مقدار
سن	۲۶/۳۳± ۳/۵۲	۲۵/۳۳± ۳/۱۸	۰/۲۱۰
قد	۱۷۷/۲۳± ۶/۶۶	۱۷۶/۷۶± ۶/۷۲	۰/۷۸۸
وزن	۷۲/۹۰± ۸/۱۷	۷۴/۷۰± ۷/۲۴	۰/۳۷۱
شاخص توده بدنی	۲۳/۴۴± ۲/۷۷	۲۴/۲۳± ۳/۲۲	۰/۳۱۶

جدول ۲: مقادیر اوج نیروهای عکس‌العمل زمین همسان‌سازی شده در هنگام پرش

زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس‌العمل زمین در پرش سه‌گام	گروه کنترل			گروه پای پرونیت					
	پیش آزمون انحراف معیار±میانگین	پس‌آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	پیش آزمون انحراف معیار±میانگین	پس آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	اثر زمان	اثرتعامل گروه و زمان	اثر گروه
داخلی-خارجی	۹۳/۵۳±۶۶/۲۸	۸۱/۰۶±۴۹/۱۴	۰/۱۲۵	۱۱۶/۴۶±۷۳/۴۸	۱۲۵/۲۳±۵۴/۷۸	۰/۱۰۲	۰/۹۱۶	۰/۵۴۵	۰/۱۳۷
قدامی-خلفی	۱۲۰/۷۳±۳۹/۳۵	۱۱۷/۹۰±۵۰/۳۵	۰/۵۶۳	۱۱۶/۲۰±۴۴/۶۳	۱۱۵/۹۶۷±۳۰/۲۶	۰/۶۰۳	۰/۸۶۰	۰/۸۸۲	۰/۸۴۸
عمودی	۱۲۸/۸۰±۳۱/۵۸	۱۲۹/۷۲±۲۴/۰۹	۰/۶۸۴	۱۴۶/۷۲±۲۷/۲۶	۱۲۱/۸۴±۲۵/۰۹	٭ ۰/۰۰۱	٭۰/۰۰۶	٭۰/۰۰۳	۰/۶۷

٭سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$

جدول ۳: مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل زمین (میلی‌ثانیه) در هنگام پرش

اوج نیروهای عکس العمل زمین در پرش سه‌گام (%BW)	گروه کنترل			گروه پای پرونیت					
	پیش آزمون انحراف معیار±میانگین	پس آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	پیش آزمون انحراف معیار±میانگین	پس آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	اثر زمان	اثرتعامل گروه و زمان	اثر گروه
داخلی-خارجی (Fx)	۱۴/۹۴±۳/۴۸	۱۴/۶۴±۲/۲۴	۰/۷۵۸	۱۳/۸۴±۳/۷۳	۱۲/۹۸±۳/۴۸	۰/۶۵۴	۰/۴۴	۰/۷۱	۰/۲۹
قدامی-خلفی (Fy)	۵۸/۸۵±۲۲/۳۳	۶۵/۲۰±۲۴/۶۲	۰/۴۲۶	۵۶/۳۵±۱۹/۱۳	۳۷/۸۰±۱۳/۶۸	٭۰/۰۰۴	۰/۰۷	٭۰/۰۱۳	۰/۱۱
عمودی (Fz)	۲۵۸/۸۷±۴۲/۶۴	۲۵۸/۶۶±۳۷/۳۸	۰/۸۴۵	۲۴۴/۳۱±۲۲/۶۲	۲۰۶/۵۹±۱۹/۸۶	*۰/۰۰۱	٭۰/۰۰۱	٭۰/۰۰۱	٭۰/۰۰۱

٭سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$

جدول ۴: مقادیر اوج نیروهای عکس العمل زمین همسان سازی شده در هنگام فرود

اوج نیروهای عکس العمل زمین در فرود (%BW)	گروه کنترل			گروه پای پرونیت					
	پیش آزمون انحراف معیار±میانگین	پس آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	پیش آزمون انحراف معیار±میانگین	پس آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	اثر زمان	اثرتعامل گروه و زمان	اثر گروه
داخلی-خارجی	۱۶/۳۲±۷/۵۵	۱۷/۷۳±۸/۱۵	۰/۷۴۱	۱۱/۷۹±۵/۴۵	۷/۱۳±۲/۷۳	٭۰/۰۰۱	۰/۲۶	۰/۰۴۷	٭۰/۰۰۶
قدامی-خلفی	۵۱/۸۸±۱۹/۰۸	۴۹/۹۳±۹/۴۸	۰/۴۰۹	۴۷/۱۸±۱۰/۳۳	۳۴/۷۹±۸/۳۶	۰/۱۳۴	۰٭/۰۰۸	۰/۵۲	۰/۱۳
عمودی	۴۶۰/۶۰±۸۳/۷۷	۴۹۱/۶۳۰±۱۰۸/۷۰	۰/۰۸۹	۴۱۸/۵۰±۱۲۵/۶۷	۳۰۹/۶۳±۴۹/۲۲	٭ ۰/۰۰۱	۰/۰۶	٭۰/۰۰۳	٭۰/۰۰۹

٭سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$

استفاده از تست تعقیبی مناسب (LSD) نشان داده شد که اوج مؤلفه داخلی-خارجی ($p=۰/۰۰۱$) و عمودی ($p<۰/۰۰۱$) نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون در لحظه فرود کاهش معنی داری داشت (جدول ۴). در سایر مؤلفه های نیروی عکس العمل زمین، پوشیدن کفی اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

نتایج نشان داد اثر تعاملی زمان٭گروه بر زمان رسیدن به اوج مؤلفه عمودی ($p=۰/۰۰۲$) نیروی عکس العمل زمین در دو گروه کنترل و مداخله در لحظه فرود اختلاف معنی

داری داشت (جدول ۵). لذا با استفاده از تست تعقیبی مناسب (LSD) نشان داده شد که زمان رسیدن به مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون افزایش معنی-داری داشت (p=۰/۰۰۱) (جدول ۵). در سایر مؤلفه های نیروی عکس العمل زمین، پوشیدن کفی اختلاف معنی داری نشان نداد (p>۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر کفی Arch Support بر مقادیر اوج نیروهای عکس العمل زمین و زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل در هندبالیست های دارای پای پرونیت هنگام پرش و فرود تکنیک شوت سه‌گام بود.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کفی Arch Support به طور معنی داری باعث کاهش نیروی عکس-العمل زمین در راستای عمودی، قدامی-خلفی و افزایش زمان رسیدن به مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین طی پرش سه‌گام شد. نتایج تحقیقی حاضر به نوعی با نتایج تحقیقات حسینی و فرهپور (۱۳)، حسینی و همکاران (۱۴)، خانمحمد و همکاران (۳)، همسو و با نتایج مددی شاد و همکاران (۱۵) ناهمسو می باشد. حسینی و همکاران (۱۴) و خانمحمد و همکاران (۳) نشان دادند که استفاده از کفی طبی باعث کاهش اوج مولفه عمودی نیروی عکس العمل زمین طی برخورد پاشنه پا با زمین می شود. اما مددی و همکاران (۱۵) نشان دادند که استفاده آنی از کفی طبی بر نیروی عکس‌العمل زمین طی راه رفتن موثر نیست. به نظر می رسد یکی از دلایل اصلی ناهمسو بودن نتایج حاضر با نتایج مددی و همکاران (۱۵) را می‌توان به نوع فعالیت اشاره کرد. در تحقیق حاضر از کفی طی پرش و فرود استفاده شد اما در تحقیق مددی و همکاران (۱۵) طی راه رفتن مورد استفاده قرار گرفته
است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد استفاده از کفی Arch support توانسته میزان بارگذاری نیروی عمودی و قدامی-خلفی را در پرش سه‌گام کاهش دهد که نشان از تأثیر مثبت کفی Arch Support در هندبالیست هاست. در تبیین نتایج حاضر می توان این طور بیان کرد که ورزشکارانی که پرش سه‌گام را اجرا می‌کنند همواره بیشترین فشار را در ناحیه پاشنه پا، شست پا و اولین استخوان کف‌پایی (First Metatarsal Bone) ثبت می کنند (۱۶،۱۷). تحقیقات گذشته نشان داد مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در هنگام برخورد تقریبا ده برابر بیشتر و فشارهای اوج در پرش سه‌گانه بیشتر از هنگام راه رفتن است. با این حال، میانگین نیروی عمودی در پرش سه‌گانه نیز حدود چهار برابر نیرویی است که در حین راه رفتن ثبت می شود (۱۷). افزایش نیروی عکس-العمل زمین در اندام تحتانی عموما با ارتفاع پرش بیشتر در ارتباط است. این ممکن است نشان دهد که افزایش نیرو برای فعال کردن عضلات برای رسیدن به حداکثر تولید نیروی محرکه ارزشمند است. محققان قبلی ذکر کردند که پرش و بهبود عملکرد آن با نیروی عکس العمل زمین و زمان رسیدن به اوج نیروی عکس العمل زمین مرتبط است (۱۴،۱۸). حسینی و همکاران (۱۴) نشان دادند که کفی طبی (کفی استفاده شده در این تحقیق متناسب با پای آزمودنی ها و توسط متخصص ارتوز و پروتز ساخته شده) موجب کاهش اوج ثانویه مؤلفه عمودی و اوج اولیه مؤلفه افقی نیروی عکس العمل زمین طی برخورد پاشنه پا با زمین شد. استفاده از کفی طبی می تواند با کاهش نیروهای وارد بر بدن از بروز آسیب های ورزشی هنگام فرود جلوگیری کند (۱۴).

مطالعات قبلی نشان می‌دهد که کفی Arch Support متشکل از مواد سخت تر، پشتیبانی بهتری از پا ایجاد می‌کنند و در نتیجه مدت فاز ایستایی را در راه رفتن همسطح کوتاه می‌کنند (۱۹). نشان داده شد که کفی Arch Support می توانند ناحیه تماس را به طور یکنواخت تر در قسمت جلویی، میانی پا و پاشنه گسترش دهند و بنابراین، ممکن است فشار تجمعی پا را در طول زمان بهتر پخش کنند تا خطر آسیب های بافت نرم به پا کاهش یابد (۲۰). حسینی و فرهپور (۱۳) اثر کفی حمایت کننده قوس بر نیروی های عکس العمل زمین، هنگام فرود دو پا نتایج مشابه‌ی گزارش کردند که استفاده از کفی طبی می‌تواند با کاهش در نیروی عکس العمل عمودی از ریسک آسیب مفاصل اندام تحتانی هنگام فرود جلوگیری کند (۱۳). همچنین پیشنهاد شد که استفاده از کفی Arch Support با پشتیبانی از قوس، پشتیبانی بهتری برای قسمت میانی پا ایجاد می کند، که به طور موثر زمان رسیدن به اوج مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین را در هنگام پرش هموار کوتاه می کند و ممکن است منجر به

جدول ۵: مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروهای عکس العمل زمین (میلی‌ثانیه) هنگام فرود

زمان رسیدن به اوج نیروی عکس العمل زمین فرود	گروه کنترل			گروه پای پرونیت					
	پیش‌آزمون انحراف معیار±میانگین	پس‌آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	پیش‌آزمون انحراف معیار±میانگین	پس‌آزمون انحراف معیار±میانگین	p- مقدار	اثر زمان	اثر تعامل گروه و زمان	اثر گروه
داخلی-خارجی	۶۰/۰۰±۲۸/۱۸	۶۴/۷۹±۳۱/۹۰	۰/۵۶۰	۵۷/۵۷±۴۲/۹۳	۴۴/۷۱±۲۳/۵۶	۰/۰۷۴	*۰/۰۰۶	۰/۴۱	۰/۵۹
قدامی-خلفی	۵۰/۰۳±۳۲/۹۵	۵۲/۸۰±۲۴/۹۷	۰/۷۵۸	۵۰/۲۶±۲۴/۸۲	۴۳/۲۶±۲۲/۰۱	۰/۳۵۶	۰/۷۳	۰/۴۳	۰/۶۵
عمودی	۶۵/۲۰±۲۱/۲۱	۵۷/۷۶±۲۸/۵۴	۰/۳۵۶	۵۸/۸۶±۱۷/۹۴	۸۲/۰۶±۲۶/۴۲	p<۰/۰۰۱	*<۰/۰۰۱	*۰/۰۰۲	۰/۰۶

*سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$

کاهش اوج مولفه های نیروی عکس‌العمل زمین گردد (۲۱). همچنین نتایج نشان داده مؤلفه داخلی-خارجی و عمودی نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون در لحظه فرود کاهش معنی داری داشت. به علاوه زمان رسیدن به مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در گروه پای پرونیت در مرحله پس آزمون در مقایسه با پیش آزمون افزایش معنی داری داشت. نتایج پژوهش حاضر به‌نوعی با نتایج حسینی و فرهپور (۱۳) و علوی مهر و همکاران (۲۲) همسو می باشد.

در تبیین این یافته ها می‌توان این‌طور بیان کرد که فرودهای مکرر می توانند بارگذاری مفرط را به مفصل اندام تحتانی افزایش دهد (۲۳)، که در نتیجه به خطرات بیشتر آسیب های مرتبط با مچ پا و ضربه کمک می کند (۲۵, ۲۴). نیروهای برخورد را می توان با استراتژی های فرود (۲۶،۲۷) تعدیل کرد. گزارش شده است که استفاده از کفی می تواند فشارهای وارده بر مچ پا (۲۸)، زانو (۲۹) و ران (۳۰) را بهبود ببخشد، که با خطر کمتر صدمات مرتبط است (۳۱). گزارش شده است که بیش از ۵۰ درصد از

تحقیقات نشان داده است که نیروی وارده در مرحله برخورد پاشنه در طول دویدن (۳۶) و فرود (۳۷) افزایش می‌یابد. کفی Arch Support می تواند به طور موثری از ساختارهای لیگامانی در کاهش پرونیشن در طول پرش عمودی حمایت کند (۳۳،۳۴)، انرژی جنبشی که در ابتدا توسط حرکت مفصل جذب می شود باید از طریق افزایش نیروی ضربه آزاد شود (۳۷). این برخلاف مطالعات دیگر است که نشان می دهد افراد دارای کف‌پای صاف که از کفی های قوس‌دار استفاده می کنند، نیروهای عکس العمل زمین عمودی و نرخ بارگذاری کمتری را در تماس با پاشنه در مانورهای فرود تجربه می کنند (۳۴). یافته‌های ناسازگار ورزشکاران بسکتبالیست و هندبالیست ها از کفی های حمایت قوس داخلی در بازی استفاده می کنند (۳۲). از نظر بیومکانیکی، کفی‌های نگهدارنده قوس، ناحیه تماس و فشار کف پا را در قوس طولی داخلی پا افزایش می دهند، که کنترل وضعیتی و حس گیرنده روی کف پا را در طول حرکت افزایش می دهد (۳۳،۳۴). طی فرود، پوشیدن کفی پا باعث کاهش انحراف مچ پا، والگوس زانو و بارگذاری می شود که نشان دهنده خطر کمتر آسیب های ثانویه در هنگام فرود است (۲۱،۳۵). با این حال، مطالعه دیگری حداکثر وارونگی مچ پا را در کفی‌های نگهدارنده قوس در هنگام فرود گزارش کرد (۲۱). مطالعات قبلی گزارش کرده اند که کفی‌های پشتیبان قوس، پشتیبانی مکانیکی از قوس طولی داخلی پا فراهم می کنند و بنابراین کنترل وضعیتی و ورودی های حسی گیرنده روی کف پا را در کارهای مختلف عملکردی بهبود می بخشند (۳۳،۳۴) و خطر آسیب‌های زانو و مچ پا را کاهش می دهند (۳۱). با این حال، کاهش بارگذاری نیروی عکس العمل زمین در کفی‌های دارای پشتیبان قوس برای گروه کنترل در این مطالعه گزارش نشده است.

نیروهای عکس العمل زمین می تواند به دلیل تفاوت در ویژگی های حرکتی مچ پا بین ورزشکاران عادی و صاف پا باشد. این نشان می دهد که کفی های قوس‌دار می توانند برای کاهش بارگذاری نیروی عکس العمل مین و افزایش زمان رسیدن به مؤلفه عمودی نیروی عکس العمل زمین در افراد دارای کف‌پای صاف، به جای افراد قوس‌دار معمولی، در فعالیت های فرود مؤثرتر باشند.

این تحقیق نیز همانند سایر تحقیقات دارای محدودیت-های بود که تعمیم‌پذیری نتایج را مشکل می سازد؛ از جمله این محدودیت ها می‌توان به در دسترس نبودن جنسیت مونث، در دسترس نبودن انتساب تصادفی گروه‌ها، در

دسترس نبودن انتساب تصادفی مداخلات، محدود بودن به بررسی اثرات کوتاه مدت مداخله، عدم ثبت همزمان متغیرهای کینتیک، کینماتیک و الکترومایوگرافی اشاره کرد. لذا استفاده از این نتایج در گروه های مونث و تعمیم دادن به کل جامعه باید با احتیاط صورت گیرد. لذا پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده بر روی جامعه مونث با تعداد نمونه آماری بیشتر و اثر طولانی مدت مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به نتایج تحقیق می توان نتیجه گرفت که استفاده از کفی Arch Support می تواند منجر بهبود اوج مؤلفه ها و زمان رسیدن به اوج مؤلفه های نیروی عکس-العمل زمین در هنگام پرش و فرود در هندبالیست های دارای کف‌پایی صاف شود.

سپاسگزاری

از تمامی آزمودنی های شرکت کننده در این پژوهش صمیمانه تشکر می نماییم. طرح پژوهش در کمیته اخلاق دانشگاه محقق اردبیلی (IR.UMA.REC.1401.081) در تاریخ مورد تأیید قرار گرفت. این پژوهش از پایان‌نامه ارشد مرتضی شکرزاده ساربانلار گرفته شده است.

منابع

1. Hertling D, Kessler RM, Shimandle SA. Management of Common Musculoskeletal Disorders, Physical Therapy Principles and Methods. Dimensions of Critical Care Nursing 1990; 9(5): 279-285.

2. Hertling D, Kessler RM. Management of common musculoskeletal disorders: physical therapy principles and methods: LWW 2006;25(2):21-30.

3. Khanmohammad F, Ghasemi MS, Jafari H, Hajiaghaie B, Sanjari MA. The effect of poron layered insole on ground reaction force in comparison with common insole on subjects with flexible flat foot. MRJ 2012; 5(4):52-60. [Persian]

4. Jafarnezhadgero AA, Farahpour N, Damavandi M. The immediate effects of arch support insole on ground reaction forces during walking. Journal of Research in Rehabilitation Sciences 2015; 11(3): 172-181. [Persian]

5. De Castro MP, Abreu S, Pinto V, Santos R, et al. Influence of pressure-relief insoles developed for loaded gait (backpackers and obese people) on plantar pressure distribution and ground reaction forces. Applied ergonomics 2014; 45(4): 1028-1034.

6. Eslami M, Begon M, Hinse S, Sadeghi H, et al. Effect of foot orthoses on magnitude and timing of rearfoot and tibial motions, ground reaction force and knee moment during running. SMA 2009; 12(6): 679-684.

7. Badihiyan MR, Minoonejad H, Seidi F. The Effecte of foot orthosis on electromyographic activity of ankle muscles in athletes with flat foot during single leg jump landing. ESMJ 2018; 9(2): 139-152.

8. Kido M, Ikoma K, Imai K, Tokunaga D, et al. Load response of the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: in vivo 3D study. Clinical biomechanics 2013; 28(5): 568-573.

9. Drez D. Running footwear: examination of the training shoe, the foot, and functional orthotic devices. The American journal of sports medicine 1980; 8(2): 140-151.

10. Noll KH. The use of orthotic devices in adult acquired flatfoot deformity. Foot and ankle clinics. 2001; 6(1): 25-36.

11. Castro-Méndez A, Munuera PV, Albornoz-Cabello M. The short-term effect of custom-made foot orthoses in subjects with excessive foot pronation and lower back pain: a randomized, double-blinded, clinical trial. POIJ 2013; 37(5): 384-390.

12. O'Leary K, Vorpahl KA, Heiderscheit B. Effect of cushioned insoles on impact forces during running. JAPMA 2008; 98(1):36-41.

13. Hoseini Y, Farahpour N. The Effects of Arch Support Insole on Ground Reaction Force, Impulse and Loading Rate during Double-Leg Landing. JPSR 2018;7(3): 46-53. [Persian]

14. Hosseini Y, Farahpour N, Motamedzade M. The effects of antipronation insole on ground reaction force, impulse and loading rate during one leg landing. SJKU 2016; 20(6): 85-96. [Persian]

15. Madadi-Shad M, Farahpour N, Majlesi M. Immediate Effects of Anti-Pronation Foot Orthoses with Different Inclination Angles on Ground Reaction Force Components during Walking. MROJS 2019; 8(4): 92-102. [Persian]

16. Nicol K. Druckverteilung ber den Fuss bei portlichen Absprungen und Landungen in Hinblic auf eine Reduzierung von Sportverletzungen. Leistungsport 1977: 21(5):10-18.

17. Perttunen J, Kyrolainen H, Komi PV, Heinonen A. Biomechanical loading in the triple jump. Journal of sports sciences 2000; 18(5): 363-370.

18. Yunqi T, Xinyu G, Xiuxing W, Lei Q, et al. Does Insole Hardness Affect The Dynamic Posstural Stability Of Basketbal Athletes During Jump Landing? Revista de Pielarie Incaltaminte 2022; 22(1): 17-26.

19. Yick K-l, Yeung K-l, Wong DP, Lam Y-n, Ng S-p. Effects of in-shoe midsole cushioning on leg muscle balance and co-contraction with increased heel height during walking. JAPMA 2018; 108(6): 449-457.

20. Ho M, Kong PW, Chong LJ-Y, Lam W-K. Foot orthoses alter lower limb biomechanics but not jump performance in basketball players with and without flat feet. JFAR 2019; 12(1): 1-14.

21. Lam W-K, Cheung CC, Huang Z, Leung AK. Effects of shoe collar height and arch-support orthosis on joint stability and loading during landing. Research in Sports Medicine 2022 ;30(2): 115-127.

22. Alavi Mehr SM, Jafarnezhadgero A, Majlesi M. The Immediate Effect of Medical Insole on Loading Rate, Impulse, and Free Moment in Male Children with Flat Foot: A clinical trial. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences 2018; 17(1): 27-38. [Persian]

23. Bessone V, Schwirtz A. Landing in ski jumping: a review about its biomechanics and the connected injuries. SSEJ 2021; 3(3): 238-48.

24. Lam W-K, Jia S-W, Baker JS, Ugbolue UC, et al. Effect of consecutive jumping trials on metatarsophalangeal, ankle, and knee biomechanics during take-off and landing. European Journal of Sport Science 2021; 21(1): 53-60.

25. Harry JR, Lanier R, Nunley B, Blinch J. Focus of attention effects on lower extremity biomechanics during vertical jump landings. HMS 2019; 68(6): 102-113.

26. Bressel E, Cronin J. The landing phase of a jump strategies to minimize injuries. JOPERD 2005; 76(2): 30-35.

27. Yu B, Lin C-F, Garrett WE. Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. Clinical biomechanics 2006; 21(3): 297-305.

28. Yu B, Preston JJ, Queen RM, Byram IR, et al. Effects of wearing foot orthosis with medial arch support on the fifth metatarsal loading and ankle inversion angle in selected basketball tasks. JOSPT 2007; 37(12): 186-91.

29. Jenkins WL, Raedeke SG, Williams DB. The relationship between the use of foot orthoses and knee ligament injury in female collegiate basketball players. JAPMA 2008; 98(3): 207-11.

30. Jenkins WL, Williams DS, Durland A, Adams B, O'Brien K. Foot orthotic devices decrease transverse plane motion during landing from a forward vertical jump in healthy females. JAB 2009; 25(4): 387-95.

31. Janssen KW, van der Wees PJ, Rowe BH, de Bie R, et al. Interventions for preventing ankle ligament injuries. CDSR 2017; 2017(5):25-33.

32. Paradise SL, Beer JR, Cruz CA, Fechner KM, et al. Prescribed footwear and orthoses are not prophylactic in preventing lower extremity injuries in military tactical athletes: a systematic review with meta-analysis. BMJ 2021; 24(6): 57-66.

33. Davidson DM. Prefabricated insoles and modifications in sports medicine. Athletic footwear and orthoses in sports medicine: Springer 2010; 36(5): 89-94.

34. Arastoo AA, Aghdam EM, Habibi AH, Zahednejad S. Kinetic factors of vertical jumping for heading a ball in flexible flatfooted amateur soccer players with and without insole adoption. POI 2014; 38(3): 204-210. [Persian]

35. Joseph M. Knee valgus during drop jumps in National Collegia. 2008; 4(6): 57-62.

36. Nakajima K, Kakihana W, Nakagawa T, Mitomi H, Hikita A, Suzuki R, et al. Addition of an arch support improves the biomechanical effect of a laterally wedged insole. Gait & posture 2009; 29(2): 208-213-221.

37. Zhang S, Wortley M, Silvernail JF, Carson D, Paquette MR. Do ankle braces provide similar effects on ankle biomechanical variables in subjects with and without chronic ankle instability during landing? JSHS 2012; 1(2): 114-120.