Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Winter 2026, Volume 12, Issue 2

The Effect of External Wedge with Different Slopes on the Characteristics of Ground Reaction Forces During Landing in Elite Club Volleyball Players with a History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Peroneal Foot

Karim Najafi[1], Heydar Sadeghi[2,3*], Raghad Memar[4]

1-PhD Student of Sports Biomechanics and Injury, Department of Sports Biomechanics and Pathology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
2-Full Professor, Department of Sports Biomechanics and Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3-Full Professor, Department of Sports Biomechanics and Rehabilitation, Research Institute of Movement Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
4-Assistant Professor, Department of Sports Biomechanics and Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.

***Corresponding Author:** Heydar Sadeghi, Full Professor, Department of Sports Biomechanics and Injury, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
Email: sadeghih@yahoo.com

Received: 2025/04/3 Accepted: 2025/12/27

Abstract

Introduction: Given that repeated jumps and landings in volleyball, especially with the use of an external wedge, can affect the distribution of ground reaction forces, the present study aimed to determine the effect of using an external wedge with different slopes on the ground reaction force during landings in elite club volleyball players with anterior cruciate ligament reconstruction and peroneal foot.

Methods: In this quasi-experimental study, 30 elite male club volleyball players aged 20 to 30 years in Ardabil city were selected purposively and randomly divided into two groups: a control and an experimental group. Ground reaction forces were recorded using a Bartek force plate. The variables studied included the peak anterior-posterior, medial-lateral, and vertical forces, and the time to reach their peaks during the heel contact and pushing phases. The Lunn test was used to assess the validity of the conditions for variance analysis. Statistical analysis was performed using an independent t-test and a two-way analysis of variance at a significance level of 0.05 in SPSS 26.

Results: According to the results obtained, the effect of the insole factor on the time of reaching the peak of the anterior-posterior force during the heel-ground contact phase (P=0.001; d=0.916) and the push-off phase (P=0.008; d=0.842) was statistically significant. The effect of the group factor on the peak of the internal-external force component during the heel-ground contact phase was statistically significant (P=0.001; d=0.971). The interaction effect of insole*group was statistically significant on the time of reaching the peak of the anterior-posterior force during the heel-ground contact phase (P=0.004; d=0.881) and the push-off phase (P=0.006; d=0.854). The interaction effect of insole*group showed a statistically significant difference in the time to peak vertical force (P=0.004; d=0.873).

Conclusion: An external wedge with a 6-degree slope, used as an auxiliary tool, can effectively reduce ground reaction forces and prevent secondary injuries in volleyball players with a history of ACL injury.

Keywords: Volleyball player, Anterior cruciate ligament, Peroneal foot, Ground reaction force, External wedge.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

زمستان ۱۴۰۴، دوره ۱۲، شماره ۲

اثر گوه خارجی با شیب‌های مختلف بر ویژگی‌های نیروهای عکس‌العمل زمین در فرود والیبالیست‌های نخبه باشگاهی دارای سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت

کریم نجفی[۱]، حیدر صادقی[۲و۳*]، رغد معمار[۴]

۱- دانشجوی دکتری بیومکانیک ورزشی، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲- استاد تمام، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳- استاد تمام، گروه بیومکانیک ورزشی و توانبخشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۴-استادیار، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

***نویسنده مسئول:** حیدر صادقی، استاد تمام، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزش، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
ایمیل: sadeghih@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۱۴ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۶

چکیده

مقدمه: با توجه به اینکه پرش و فرودهای مکرر در ورزش والیبال، بویژه با استفاده از گوه خارجی، می‌تواند بر توزیع نیروهای عکس العمل زمین تأثیرگذار باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر تعیین اثر استفاده از گوه خارجی با شیب‌های مختلف بر نیروی عکس العمل زمین در فرود والیبالیست‌های نخبه باشگاهی مبتلا به بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت بود.

روش کار: در این پژوهش نیمه آزمایشگاهی، از نظر نوع کاربردی، ۳۰ مرد والیبالیست نخبه باشگاهی در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال شهر اردبیل تشکیل دادند. آزمودنی‌ها به صورت هدفمند انتخاب و در دو گروه سالم و گروه تجربی بصورت تصادفی تقسیم بندی شدند. نیروهای عکس‌العمل زمین با دستگاه صفحه نیروی برتک ثبت شد. متغیرهای مورد بررسی شامل اوج نیروی قدامی-خلفی، داخلی-خارجی، عمودی و زمان رسیدن به اوج این نیروها در فازهای تماس پاشنه و هل دادن بودند. برای بررسی برقرار بودن شرایط بررسی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. تحلیل آماری از تی مستقل و آنالیز واریانس دو سویه در سطح معناداری ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار spss26 انجام شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج بدست آمده اثرعامل کفی در زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در طی فاز تماس پاشنه پا با زمین (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۹۱۶) و فاز هل‌دادن (P=۰/۰۰۸؛ d=۰/۸۴۲) از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بودند. اثر عامل گروه مؤلفه اوج نیروی داخلی-خارجی در فاز تماس پاشنه پا با زمین از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بودند (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۹۷۱). اثر تعاملی کفی*گروه در زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی طی تماس پاشنه پا (P=۰/۰۰۴؛ d=۰/۸۸۱) و فاز هل‌دادن (P=۰/۰۰۶؛ d=۰/۸۵۴) از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بود. اثر تعاملی کفی*گروه در زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی از نظر آماری اختلاف معناداری را نشان داد (P=۰/۰۰۴؛ d=۰/۸۷۳).

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که گوه خارجی با شیب ۶ درجه به عنوان یک ابزار کمکی می تواند در کاهش نیروهای عکس-العمل زمین و پیشگیری از آسیب های ثانویه در والیبالیست های با سابقه ACL مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: والیبالیست، رباط صلیبی قدامی، پای پرونیت، نیروی عکس‌العمل زمین، گوه خارجی.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

مقدمه

والیبال به عنوان یکی از پرطرفدارترین ورزش‌های تیمی، با پرش‌ها و فرودهای مکرر همراه است که اغلب منجر به از دست دادن تعادل و فرود نامتقارن روی یک پا می‌شود (۱-۴). این حرکات اساسی، که بخش عمده‌ای از تکنیک‌های والیبال مانند اسپایک، بلوک و سرویس را تشکیل می‌دهند (۵, ۶)، نیروهای واکنش زمین بسیار بالایی (تا ۸ برابر وزن بدن) ایجاد می‌کنند و زانو را در معرض آسیب‌های شدید، به ویژه پارگی رباط صلیبی قدامی (ACL)، قرار می‌دهند (۱-۴). پاها به عنوان نقطه تماس اصلی با زمین، مسئول جذب، توزیع و انتقال این نیروها بوده و ثبات کل بدن را تضمین می‌کنند (۷). عملکرد بهینه این وظایف به قوس‌های کف پا، به ویژه قوس طولی داخلی، وابسته است (۸).

پای پرونیت (کاهش قوس طولی داخلی) یک ناهنجاری شایع بیومکانیکی است که با چرخش داخلی بیش از حد تیبیا، ابداکشن افزوده جلوی پا، کاهش کارایی حرکتی و کاهش قابلیت جذب ضربه همراه می‌باشد (۹). این تغییرات منجر به زنجیره‌ای از بینظمی‌های بیومکانیکی در پا، مچ، زانو و حتی لگن می‌شود (۱۰) و خطر آسیب‌هایی مانند درد ساق، تاندونوپاتی آشیل، آسیب اندام تحتانی، کشیدگی همسترینگ و کوادری‌سپس را افزایش می‌دهد (۱۱, ۱۲). بر اساس تئوری زنجیره حرکتی جاندا (۲۰۰۴)، پرونیشن پا می‌تواند اثرات پاتومکانیکی دورتری نیز ایجاد کند (۱۳) و صافی کف پا با عوارضی نظیر درد پاشنه، هالوکس والگوس، انگشت چکشی، شین اسپلینت، درد زانو، هیپ و کمر همراه است (۱۴-۱۶). قوس طولی داخلی نقش کلیدی در حمایت و جذب ضربه دارد (۱۷, ۱۸) و پرونیشن مفرط از طریق تغییر کینماتیک زنجیره بسته اندام تحتانی، ممان خم‌شدن والگوس زانو را افزایش داده و خطر پارگی ACL را به عنوان یک آسیب ثانویه بالا می‌برد.

پس از جراحی بازسازی ACL، کاهش شدید قدرت عضله چهارسر (اغلب بیش از ۲۳٪ نسبت به سمت سالم در ۴ هفته اول) به دلیل بی‌حرکتی و آتروفی، یک مشکل شایع است (۱۹, ۲۰). این ضعف، بازگشت به ورزش را به تأخیر انداخته و خطر آسیب مجدد را افزایش می‌دهد. مداخلات ارتوتیک مانند گوه خارجی کفش برای اصلاح پرونیشن و کاهش بار زانو پیشنهاد شده‌اند، اما نتایج مطالعات متناقض است: برخی اثرات مثبت بر استئوآرتریت کمپارتمان داخلی (۲۱, ۲۲) و تغییرات کینماتیکی (۲۳) گزارش کرده‌اند، در حالی که دیگران فایده‌ای نیافتند (۲۴, ۲۵). این تناقضات عمدتاً ناشی از نمونه‌های کوچک، تفاوت سنی، شیب گوه متفاوت و عدم توجه به جمعیت خاص ورزشکاران است.

نوآوری پژوهش حاضر بررسی تأثیر گوه خارجی با شیب‌های مختلف بر نیروی واکنش زمین در مرحله فرود والیبالیست‌های نخبه دارای پرونیشن پا و سابقه جراحی ACL است. این جمعیت بسیار خاص و محدود است (به دلیل کمبود والیبالیست‌های حرفه‌ای با هر دو شرایط) و همین محدودیت، بزرگترین چالش مطالعه محسوب می‌شود؛ با این حال، مطالعه دقیق این گروه کم‌تعداد می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد مدیریت بازگشت به ورزش پس از جراحی ACL در حضور ناهنجاری پرونیشن فراهم کند و خلأ موجود در ادبیات را پر نماید. هدف پژوهش، تعیین بهینه‌ترین شیب گوه خارجی برای کاهش پیک نیروی واکنش زمین در فرود والیبالیست‌های نخبه باشگاهی مبتلا به بازسازی ACL و پای پرونیت بود.

روش کار

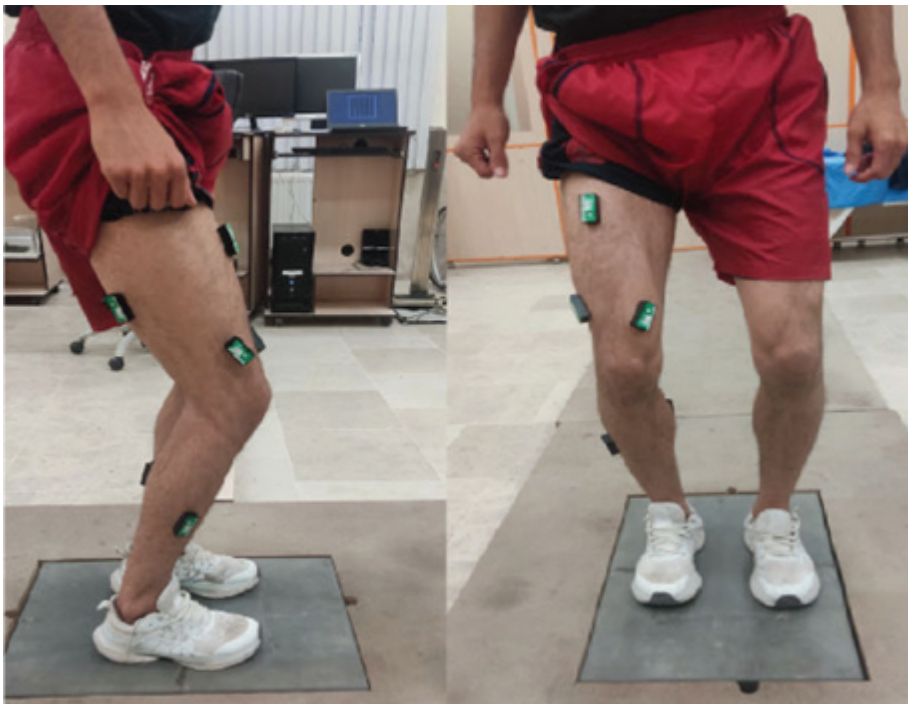
جامعه آماری این پژوهش نوع نیمه آزمایشگاهی را مردان والیبالیست نخبه استان اردبیل در محدوده سنی ۲۰ تا ۳۰ سال تشکیل دادند. با استفاده از نرم‌افزار G*power، حجم نمونه آماری پژوهش حاضر ۱۵ نفر در گروه تجربی و ۱۵ نفر در گروه سالم برآورد شد تا توان آماری ۰/۸ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ حاصل شود (۲۶). آزمودنی ها در دو گروه آزمایشی (بازسازی رباط صلیبی قدامی همراه پای پرونیت) و سالم (گروه سالم) تشکیل دادند. آزمودنی‌ها پس از تکمیل فرم رضایت فردی برای شرکت در پژوهش، بر اساس معیارهایی مانند عدم اختلاف در اندام‌های تحتانی و عدم سابقه ابتلا به آسیب‌های اسکلتی-عضلانی خصوصاً در ناحیه اندام تحتانی در گروه سالم، داشتن پای پرونیت، آسیب ACL در یک پا (۶ تا ۹ ماه بعد از بازسازی اتوگرفت)، عدم استفاده از هرگونه بریس یا زانوبند در گروه آزمایش قرار گرفتند.

تمامی شرکت کنندگان در ابتدا توسّط یک متخصّص جراحی ارتوپدی از طریق آزمون های بالینی و توسّط MRI تشخیص داده شده و سپس به فیزیوتراپیست ورزشی جهت بررسی معیارهای ورود و خروج از مطالعه ارجاع داده شدند. تمامی آزمدنی ها والیبالیست هایی بودند که پیش از آسیب

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

دیدگی برای حدّاقل ۳ جلسه در هفته تمرین منظّم داشتند. آزمودنی ها پارگی کامل یکطرفه ACL داشتند و از عمل جراحی آنها ۶ تا ۹ ماه گذشته بود؛ حداقل تحت ۱۰ جلسه فیزیوتراپی قرار گرفته بودند و دامنه حرکتی کامل بدون درد و تورم بودند. پای پرونیت با استفاده از سنجش افتادگی ناوی تشخیص داده شد. این شاخص تعیین‌کننده ارتفاع استخوان ناوی نسبت به طول محور بریده‌شده پا است. در این روش تعریف ارتفاع ناوی برابر است با فاصله سطح تماس پا با زمین تا برجستگی استخوان ناوی و تعریف طول محور بریده‌شده پا برابر است با فاصله عمودی بین اولین مفصل کف پایی انگشتی تا خلفی‌ترین بخش پاشنه؛ با تقسیم ارتفاع ناوی بر طول محور بریده‌شده پا یک شاخص به دست می‌آید. در این مورد برای شاخص به‌دست‌آمده مقیاسی تعیین شده است که بر اساس آن اعداد بین ۲۴/۰ تا ۳۰/۰ دارای پای نرمال هستند. هر چقدر میزان این نسبت کمتر باشد (NNHt≥۰/۲۴) کف پای شخص صاف‌تر است و هرچه میزان این نسبت بیشتر باشد (NNHt≤۰/۳۰) کف پای شخص گودتر است (۲۸). با توجه به اینکه، آزمودنی‌های دارای بازسازی رباط صلیبی قدامی دارای آسیب در پای راست بودند بنابراین از پای راست گروه سالم، آزمون‌ها گرفته شد.

پس از ارایه توضیح به آزمودنی ها در خصوص هدف و فرآیند انجام آزمون، تکمیل فرم رضایت‌نامه و اطلاعات فردی، و آماده شدن آزمودنی ها برای شرکت در آزمون، ابتدا مشخصات دموگرافیکی آزمودنی ها شامل قد و وزن اندازه گیری شد. متعاقب آن، آزمودنی ها به مدت ۱۵ دقیقه، تحت نظر آزمونگر، خود را گرم کردند. از آزمودنی خواسته شد تا یک بار بصورت آزمایشی با کفش والیبال عمل فرود بر روی صفحه نیرو را انجام دهد. بعد از توجیه آزمودنی ها، ۵ تکرار روی صفحه نیرو انجام دادند. برای جلوگیری از تاثیر خستگی، به هر آزمودنی آزمودنی ۵ دقیقه استراحت داده می شد. متعاقب آن، آزمودنی ها، همان ۵ تکرار را با پوشیدن گوه با شیب ۶ درجه انجام دادند. مجدداً با انجام ۵ دقیقه استراحت به ترتیب گوه با شیب‌های ۸ و ۱۰ را پوشیده و آزمون را تکرار نمودند. در هر پرش لحظه تماس پنجه و پاشنه با فوت سوئیچ مشخص شد.



شکل ۱. لحظه فرود آزمودنی

داده‌های کنتیکی با استفاده از فیلتر باترورث مرتبه چهار با برش فرکانسی ۲۰ هرتز هموار شد (۲۹). نیروها با جرم بدن نرمال شدند و به عنوان درصدی از جرم بدن گزارش شدند (۲۹). متغیرهای پژوهش شامل حداکثر مقادیر GRF سه بعدی، زمان رسیدن به اوج مولفه‌های داخلی-خارجی (Fx)، مولفه قدامی-خلفی (Fy) و مولفه عمودی (Fz) ، اوج منحنی عمودی GRF (اوج فعال [Fz])، در جهت داخلی-خارجی، اوج نیروهای داخلی (Fxms) و خارجی (Fxhc)، در

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

جهت قدامی-خلفی، اوج نیروی خلفی (Fyhc) و اوج نیروی قدامی (Fypo) بود.

از میانگین و انحراف استاندارد برای وصف داده‌ها و برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و برای بررسی برقرار بودن شرایط بررسی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. برای تحلیل استباطی آزمون T مستقل و آنالیز واریانس دو سویه در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار spss26 انجام شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارایه شده است. نتایج اختلاف معناداری بین ویژگی‌های دموگرافیک نشان نداد (P>۰/۰۵۰). با توجّه به نتایج به‌دست آمده از آزمون شاپیروویلک تمامی داده‌ها دارای توزیع نرمال بودند.

جدول ۱. مقایسه متغیرهای دموگرافیک دو گروه مورد مطالعه

متغیر	گروه ACLR و پای پرونیت	گروه سالم	سطح معناداری
سن (سال)	۲۴/۶۰ ± ۲/۰۷	۲۳/۴۰ ± ۰/۵۴	۰/۲۴۶
قد (سانتی متر)	۱۸۳/۴۰ ± ۵/۵۴	۱۷۹/۰۰ ± ۸/۰۳	۰/۳۴۳
وزن (کیلوگرم)	۸۰/۶۰ ± ۳/۷۱	۷۶/۴۰ ± ۶/۱۴	۰/۲۲۷
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مجذور قد)	۲۳/۹۸ ± ۱/۲۱	۲۳/۸۴ ± ۱/۲۰	۰/۸۶۱

*سطح معنی‌داری p<۰/۰۵

نتایج آزمون شاپیروویلک، نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع داده‌ها بود. با توجّه به یافته‌های نشان داده شده در جدول ۱، اثرعامل کفی در مؤلفه اوج نیروی قدامی-خلفی (P=۰/۰۱۱؛ d=۰/۹۷۱) و راستای عمودی (P=۰/۰۰۳؛ d=۰/۸۸۹) طی فاز برخورد پاشنه پا با زمین از نظر آماری دارای اختلاف معنادری بودند. مقایسه جفتی نشان داد مؤلفه نیروی قدامی-خلفی و نیروی عمودی در فاز برخورد پاشنه پا با زمین در کفی ۶ درجه در مقایسه با دیگر نوع کفی‌ها بیشتر بود. اثرعامل کفی در زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در طی فاز تماس پاشنه پا با زمین (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۹۱۶) و فاز هل‌دادن (P=۰/۰۰۸؛ d=۰/۸۴۲) از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بودند. مقایسه جفتی نشان داد مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در طی فاز تماس پاشنه پا با زمین در کفی ۶ درجه نسبت به دیگر کفی‌ها بیشتر بود. همچنین مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در طی فاز تماس پاشنه پا با زمین در فاز هل‌دادن کفی ۱۰ درجه نسبت به دیگر کفی‌ها بیشتر بود (جدول ۱).

اثر عامل گروه مؤلفه اوج نیروی داخلی-خارجی در فاز تماس پاشنه پا با زمین از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بودند (P=۰/۰۰۱؛ d=۰/۹۷۱). مقایسه جفتی نشان داد مقادیر اوج نیروی داخلی-خارجی در فاز تماس پاشنه پا با زمین در گروه سالم بیشتر از گروه ACLR بود. اثر تعاملی کفی*گروه در زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی طی تماس پاشنه پا (P=۰/۰۰۴؛ d=۰/۸۸۱) و فاز هل‌دادن (P=۰/۰۰۶؛ d=۰/۸۵۴) از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بود. آزمون تعقیبی نشان داد مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی طی تماس پاشنه پا در کفی ۶ درجه گروه ACLR نسبت به کفی ۶ درجه گروه سالم بیشتر بود. همچنین آزمون تعقیبی نشان داد مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی طی فاز هل‌دادن در کفی ۱۰ درجه گروه ACLR نسبت به کفی ۸ درجه گروه سالم بیشتر بود. اثر تعاملی کفی*گروه در زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی از نظر آماری اختلاف معناداری را نشان داد (P=۰/۰۰۴؛ d=۰/۸۷۳). آزمون تعقیبی نشان داد مقادیر زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی طی فاز تماس پاشنه پا با زمین در کفی ۶ درجه گروه سالم نسبت به کفی ۸ درجه گروه سالم بیشتر بود (جدول ۲).

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

جدول ۲. :مقایسه مقادیر نیروی عکس‌العمل زمین در دو گروه ACLR و سالم طی استفاده از ۳ نوع کفی با شیب‌های مختلف (درصدی از جرم بدن)

متغیر	گروه ACLR					گروه سالم					اثر عامل کفی	اثر عامل گروه	اثر تعاملی کفی*گروه
	کفی ٦ درجه	کفی ٨ درجه	کفی ١٠ درجه	بدون کفی	کفی ٦ درجه	کفی ٨ درجه	کفی ١٠ درجه	بدون کفی					
FXhc	٨/٠٧ ± ٣/٦٨	٨/٥٩ ± ٤/٦٣	٧/٦٩ ± ٤/٧٢	٣/٣٤ ± ١/٦٢	٧/٠٤ ± ٥/٤٧	١٢/٤٠ ± ٢/٣٣	١٠/٠٩ ± ٤/١٢	٨/٢٣ ± ٣/٣٦			٠/٦٤٤ (٠/٢٢٨)	٠/٠٠١* (٠/٩٧١)	٠/٤٩٤ (٠/٣١١)
Fyhc	−١٦/٦٦ ± ٢/٧٥	−٢٠/٧٣ ± ٣/٢٩	−٢٣/١٥ ± ٤/٩٣	−٢٠/٦٨ ± ١٣/٩٦	−٢٦/٠٨ ± ٣/٠٠	−٢٣/٧٠ ± ٢/٨٠	−٢٢/٤٢ ± ١/٥١	−٢٤/٤١ ± ٤/١٣			٠/٠١١* (٠/٨٢٣)	٠/٨٤٢ (٠/٠٠٥)	٠/١٣٢ (٠/٥٨٢)
Fypo	٥/٥٣ ± ١/٨٢	٦/١٥ ± ١/٢٧	١٠/٣٧ ± ٢/٥٩	١٥/٩٠ ± ٣/١٧	٦/٨٦ ± ٣/٠٢	١٦/٢١ ± ١٠/٠٧	٩/٨٤ ± ٤/٥٤	٨/٠٧ ± ٣/٤١			٠/٢٧٥ (٠/٤٥٢)	٠/٣٠٩ (٠/١٢٩)	٠/٣٨٠ (٠/٣٧٩)
FZhc	١٦٨/٠١ ± ٢١/٣٤	٢٠١/٤٢ ± ٢٦/٨٤	٣٤٤/١١ ± ٢٧/٠١	٢٠٠/٢٢ ± ٦٠/٨٥	٢٥٩/١٣ ± ٢٢/٩٣	٣٠٥/٣٥ ± ٢٥/١٩	٢٥٩/٤٤ ± ٤٠/١٧	٢٢٦/٢٩ ± ١٩/٤٨			٠/٠٠٣* (٠/٨٨٩)	٠/٩٥٩ (٠/٠٠٠)	٠/٠٩٧ (٠/٤٢٦)
ttp_FXhc	٥/٨٠ ± ١/١١	٤/٩٩ ± ١/٠٢	٣/٩٧ ± ١/٠٨	٤/١٧ ± ١/٢٧	٤/٤٩ ± ٢/٤٣	٥/٥٣ ± ٣/٢٧	٤/٥٠ ± ٠/٧٩	٥/٤٣ ± ١/٤٢			٠/٢٥٨ (٠/٤٦٥)	٠/٧١١ (٠/٠١٨)	٠/٢٩٢ (٠/٤٣٩)
ttp_Fyhc	١٢/٤٣ ± ٠/٨٢	٨/٣٣ ± ٢/٢٣	٣/٧٤ ± ٢/١١	٤/١٤ ± ١/٤٣	٣/٣٠ ± ٢/١٢	٨/٠٤ ± ١/٨٤	٦/٤٢ ± ٠/٩٩	٤/٨٦ ± ١/٠٨			٠/٠٠١* (٠/٩١٦)	٠/٠٥١ (٠/٨٢٨)	٠/٠٠٤* (٠/٨٨١)
ttp_Fypo	٤/٢٩ ± ٠/٣٤	٥/٠٦ ± ١/٠٦	٨/١٩ ± ٠/٧٣	٦/٩٩ ± ٢/٠٥	٧/٧٠ ± ٢/٨٤	٣/٠٤ ± ٠/٤٣	٤/٤٢ ± ٢/٠٠	٥/٩٦ ± ٠/٩١			٠/٠٠٨* (٠/٨٤٢)	٠/١٩٣ (٠/٢٠٣)	٠/٠٠٦* (٠/٨٥٤)
ttp_FZhc	٦/٣٩ ± ٠/٧١	٧/١٤ ± ٠/٦٣	٧/٩٠ ± ٠/٨٠	٦/٤١ ± ٣/٤١	٨/٢٦ ± ١/٩٤	٣/٢١ ± ٠/٤٣	٥/٣٤ ± ٢/٥٧	٧/٩٣ ± ٠/٤٧			٠/٣٨٢ (٠/٣٧٨)	٠/١٨٠ (٠/٢١٢)	٠/٠٠٤* (٠/٨٧٣)

*سطح معناداری P< ٠/٠٥

بحث

هدف از مطالعه پژوهشی حاضر تعیین اثر استفاده از گوه خارجی با شیب‌های مختلف بر نیروی عکس‌العمل زمین در فرود والیبالیست‌های نخبه باشگاهی مبتلا به بازسازی رباط صلیبی قدامی و پای پرونیت بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اثر عامل کفی بر مؤلفه‌های اوج نیروی قدامی–خلفی و راستای عمودی طی فاز برخورد پاشنه پا با زمین از نظر آماری دارای اختلاف معنادار بود. اثرعامل کفی در زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی–خلفی در طی فاز تماس پاشنه پا با زمین و فاز هل‌دادن از نظر آماری دارای اختلاف معناداری بودند. نتایج نشان داد اثر اصلی کفی بر اوج نیروی قدامی–خلفی و عمودی در فاز برخورد پاشنه با زمین معنادار بود؛ اوج این نیروها در کفی ۶ درجه بیش از سایر کفی‌ها بود. همچنین زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی–خلفی در فاز تماس پاشنه و فاز هل‌دادن تحت تأثیر

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

کفی معنادار بود؛ این زمان در کفی ۶ درجه (فاز تماس پاشنه) و کفی ۱۰ درجه (فاز هل‌دادن) بیش از سایر کفی‌ها بود. اثر اصلی گروه بر اوج نیروی داخلی-خارجی در فاز تماس پاشنه معنادار بود و این مقدار در گروه سالم بیش از گروه ACLR بود. اثر تعاملی کفی×گروه بر زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در فاز تماس پاشنه و هل‌دادن معنادار بود؛ این زمان در کفی ۶ درجه گروه ACLR بیش از کفی ۶ درجه گروه سالم و در کفی ۱۰ درجه گروه ACLR بیش از کفی ۸ درجه گروه سالم بود. اثر تعاملی کفی×گروه بر زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی نیز معنادار بود و این زمان در کفی ۶ درجه گروه سالم بیش از کفی ۸ درجه گروه سالم بود.

اوج نیروی قدامی-خلفی و عمودی طی فاز تماس پاشنه پا بازمین در کفی ۶ درجه به طور معنادار بیشتر از کفی‌های ۸ درجه، ۱۰ درجه و بدون کفی بود. این افزایش اوج نیرو در کفی ۶ درجه می‌تواند ناشی از اصلاح موقعیت پا در والیبالیست‌های ACLR با پرونیشن باشد؛ کفی خارجی پرونیشن را کنترل کرده و نیروی واکنشی را به سمت مرکز جرم هدایت می‌کند. هرچند اوج نیروی عمودی بالاتر ریسک‌ساز به نظر می‌رسد (۳۱)، اما در این مطالعه با تأخیر زمانی اوج همراه بود که نرخ بارگذاری را کاهش می‌دهد. زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در فاز تماس پاشنه پا بازمین در فاز تماس پاشنه در کفی ۶ درجه و در فاز هل‌دادن در کفی ۱۰ درجه به طور معنادار طولانی‌تر بود. تأخیر در زمان اوج، نرخ بارگذاری را کاهش می‌دهد (۳۲, ۳۵). در گروه ACLR، این تأخیر فرصت بیشتری به عضلات چهارسر ضعیف‌شده پس از جراحی می‌دهد تا نیرو را جذب کنند و فشار لحظه‌ای بر گرافت ACL را کم می‌کند.

اوج نیرو داخلی-خارجی در فاز تماس پاشنه پا با زمین در گروه سالم به طور معنادار بیشتر از گروه ACLR بود. افراد ACLR به دلیل ضعف چهارسر و استراتژی دفاعی فرود، نیروی جانبی کمتری تحمل می‌کنند تا از والگوس زانو جلوگیری کنند. گروه سالم با ثبات جانبی بهتر، نیروی داخلی-خارجی بیشتری تولید می‌کند که نشان‌دهنده الگوی فرود طبیعی‌تر است (۳۰). زمان رسیده به اوج نیروی قدامی-خلفی در فاز تماس پاشنه پا با زمین در کفی ۶ درجه گروه ACLR بیشتر از کفی ۶ درجه گروه سالم بود. زمان رسیدن به اوج نیروی قدامی-خلفی در فاز هل‌دادن در کفی ۱۰ درجه گروه ACLR بیشتر از کفی ۸ درجه گروه سالم بود. این تعامل نشان می‌دهد پاسخ به کفی در ACLR اختصاصی است؛ کفی‌ها در این گروه زمان اوج را بیشتر افزایش دادند که جبران‌کننده کاهش قابلیت جذب ضربه پس از جراحی است. تأخیر هدفمند، بار بر رباط گرافت را توزیع کرده و بازگشت ایمن‌تر به والیبال را تسهیل می‌کند. زمان رسیدن به اوج نیروی عمودی طی فاز تماس پاشنه پا با زمین در کفی ۶ درجه گروه سالم بیشتر از کفی ۸ درجه گروه سالم بود. در گروه سالم، کفی ۶ درجه نرخ بارگذاری عمودی را کاهش داد، اما در گروه ACLR تفاوت بین کفی‌ها معنادار نبود. این یافته حاکی از آن است که افراد سالم از کفی برای بهینه‌سازی الگوی طبیعی بهره می‌برند، در حالی که اولویت ACLR کنترل نیروی قدامی-خلفی است.

این پژوهش با محدودیت‌هایی نیز همراه بود که می‌تواند به‌عنوان زمینه‌ای برای پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد. یکی از این محدودیت‌ها، جامعه آماری از نظر جنسیت محدود به مردان بود. از دیگر محدودیت‌های پژوهش می‌توان نبود دستگاه‌های کینماتیکی اشاره نبود. همچنین از محدودیت های عمده پژوهش می توان به محدود بودن جامعه آماری به دلیل تمرکز بر والیبالیست های دارای پای پرونیت و سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی اشاره کرد که تعمیم پذیری نتایج را کاهش می دهد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته های پژوهش، می توان مدعی شد که استفاده از گوه‌های خارجی با شیب‌های مختلف در کنترل و کاهش نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام فرود والیبالیست‌های دارای سابقه بازسازی رباط صلیبی قدامی (ACL) مؤثر است. نتایج حاکی از آن است که استفاده از گوه با شیب ۶ درجه، به دلیل کاهش اوج نیروی قدامی-خلفی و همچنین افزایش زمان رسیدن به این نیرو، نسبت به دیگر شیب‌ها مناسب‌تر بوده و احتمالاً می‌تواند ریسک آسیب‌های مجدد را در مفاصل زانو و مچ کاهش دهد. یافته ها همچنان بیانگر آن است که استفاده از شیب مناسب در کفی، ابزاری پیشگیرانه برای کاهش نیروی وارد بر مفاصل و جلوگیری از بروز آسیب‌های بعدی می‌باشد. بنابراین، استفاده از کفی‌های شیب‌دار با زاویه مطلوب به عنوان یک مداخله پیشگیرانه برای والیبالیست‌های حرفه‌ای،

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

خصوصاً در ورزش‌های پربرخورد که احتمال آسیب‌دیدگی در آن‌ها بالاست، توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دست‌اندرکاران دانشگاه و دانشجویان مشارکت کننده در تحقیق صمیمانه تشکر می‌نماییم.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل پژوهش به تایید کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی به شماره IR.KHU.REC.1403.099 رسید. اجرای پژوهش مطابق با اعلامیه هلسینکی انجام شد (۲۷). اطلاعات بیماران شرکت کننده در این مطالعه به طور کاملا ناشناس باقی میماند و بعد از مطالعه نیز تمامی این اطلاعات محفوظ باقی خواهد ماند. همچنین تمامی شرکت کنندگان در این مطالعه فرم رضایت نامه شرکت در این مطالعه را پر کرده و تمامی مقاصد مطالعه برای شرکت کنندگان به طور کامل شرح داده شده است.

تعارض منافع

در نگارش این مقاله برای نویسندگان هیچگونه تضاد منافعی وجود ندارد.

References

1. Dirx M, Bouter L, De Geus G. Aetiology of handball injuries: a case--control study. British journal of sports medicine. 1992;26(3):121-4.
2. Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F. Knee injuries in volleyball. Sports Medicine. 1990;10:132-8.
3. Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F, Mariani PP. Knee ligament injuries in volleyball players. The American journal of sports medicine. 1992;20(2):203-7.
4. Sadeghi H, Shamsabady SM, Mozafari SA. A Comparative Study of the Types and Prevalence of Knee Injuries in male players with strength and speed in Top Volleyball League. Journal of Applied Exercise Physiology. 2008;4(8):53-66.
5. Prsala J. Improve your spiking in volleyball. Volleyball Technical Journal. 1982;7(2):57-64.
6. Tillman MD, Hass CJ, Brunt D, Bennett GR. Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. Journal of sports science & medicine. 2004;3(1):30.
7. Abboud R. (i) Relevant foot biomechanics. Current Orthopaedics. 2002;16(3):165-79.
8. Shojaedin S, Khaleghi Tazji M, Sadeghi H, Abasi A. Dynamic stability of the abnormality in the foot rotated in and out in motion of the jump-landing. Journal of motor sciences and sport. 2008;6(11):13-28.
9. Tweed JL, Campbell JA, Avil SJ. Biomechanical risk factors in the development of medial tibial stress syndrome in distance runners. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2008;98(6):436-44.
10. Van Boerum DH, Sangeorzan BJ. Biomechanics and pathophysiology of flat foot. Foot and ankle clinics. 2003;8(3):419-30.
11. Parker N, Greenhalgh A, Chockalingam N, Dangerfield P. Positional relationship between leg rotation and lumbar spine during quiet standing. Research into Spinal Deformities 6: IOS Press; 2008. p. 231-9.
12. Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2005;44(2):78-113.
13. Alter MJ. Science of flexibility: Human Kinetics; 2004.
14. Tryfonidis M, Jackson W, Mansour R, Cooke P, Teh J, Ostlere S, et al. Acquired adult flat foot due to isolated plantar calcaneonavicular (spring) ligament insufficiency with a normal tibialis posterior tendon. Foot and ankle surgery. 2008;14(2):89-95.
15. Spahn G, Schiele R, Hell A, Klinger H, Jung R, Langlotz A. The prevalence of pain and deformities in the feet of adolescents. Results of a cross-sectional study. Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete. 2004;142(4):389-96.
16. Toolan BC. The treatment of failed reconstruction for adult acquired flat foot deformity. Foot and ankle clinics. 2003;8(3):647-54.
17. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. Foot & ankle. 1990;11(2):101-4.
18. Silva BARS, Martinez FG, Pacheco AM, Pacheco I. Effects of the exercise-induced muscular fatigue on the time of muscular reaction of the fibularis in healthy individuals. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2006;12:85-9.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]

19. McHugh MP, Tyler TF, Browne MG, Gleim GW, Nicholas SJ. Electromyographic predictors of residual quadriceps muscle weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. The American journal of sports medicine. 2002;30(3):334-9.
20. Papandreou M, Billis E, Papathanasiou G, Spyropoulos P, Papaioannou N. Cross-exercise on quadriceps deficit after ACL reconstruction. The journal of knee surgery. 2013;26(01):051-8.
21. Toda Y, Tsukimura N. A six-month followup of a randomized trial comparing the efficacy of a lateral-wedge insole with subtalar strapping and an in-shoe lateral-wedge insole in patients with varus deformity osteoarthritis of the knee. Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology. 2004;50(10):3129-36.
22. Kakihana W, Akai M, Nakazawa K, Takashima T, Naito K, Torii S. Effects of laterally wedged insoles on knee and subtalar joint moments. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2005;86(7):1465-71.
23. Eslami M, Begon M, Hinse S, Sadeghi H, Popov P, Allard P. Effect of foot orthoses on magnitude and timing of rearfoot and tibial motions, ground reaction force and knee moment during running. Journal of Science and Medicine in Sport. 2009;12(6):679-84.
24. Shimada S, Kobayashi S, Wada M, Uchida K, Sasaki S, Kawahara H, et al. Effects of disease severity on response to lateral wedged shoe insole for medial compartment knee osteoarthritis. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2006;87(11):1436-41.
25. Fang MA, Taylor CE, Nouvong A, Masih S, Kao KC, Perell KL. Effects of footwear on medial compartment knee osteoarthritis. Journal of rehabilitation research and development. 2006;43(4):427.
26. Jafarnezhadgero A, Sheikhalizadeh H, Salahi Movasagh S. Running ground reaction force characteristics in children with forward head posture compared to healthy control ones. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2018;7(4):217-26.
27. Association WM. « Ethical principles for medical research involving human subjects,» Declaration of Helsinki. http://www wma net/e/policy/b3 htm. 2004.
28. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. A protocol for classifying normal-and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. Journal of foot and ankle research. 2009;2:1-13.
29. Damavandi M, Dixon PC, Pearsall DJJHms. Ground reaction force adaptations during cross-slope walking and running. 2012;31(1):182-9.
30. Leuty PM. Understanding the effects of progressive fatigue on impact landing force and knee joint mechanics, during the landing phase of continuous maximal vertical jumps: University of Windsor (Canada); 2016.
31. Frobell R, Le Graverand M-P, Buck R, Roos E, Roos H, Tamez-Pena J, et al. The acutely ACL injured knee assessed by MRI: changes in joint fluid, bone marrow lesions, and cartilage during the first year. Osteoarthritis and cartilage. 2009;17(2):161-7.
32. Schaffler M, Radin E, Burr D. Mechanical and morphological effects of strain rate on fatigue of compact bone. Bone. 1989;10(3):207-14.
33. Jafarnezhadgero A, Shad MM, Ferber R. The effect of foot orthoses on joint moment asymmetry in male children with flexible flat feet. Journal of bodywork and movement therapies. 2018;22(1):83-9.
34. Jafarnezhadgero AA, Shad MM, Majlesi M. Effect of foot orthoses on the medial longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: A three-dimensional moment analysis. Gait & posture. 2017;55:75-80.
35. Riemann BL, Schmitz RJ, Gale M, McCaw ST. Effect of ankle taping and bracing on vertical ground reaction forces during drop landings before and after treadmill jogging. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 2002;32(12):628-35.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-05-30]