Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Autumn 2023, Volume 10, Issue 1 10.22034/IJRN.10.1.6

Comparison of Plantar Pressure Distribution and Static Balance of Volleyball Boys in the Stance Phase of Walking

Mohammad Ali Siavash Moghadam[1], Ali Fatahi[1*], AmirAli Jafarnezhadgero[2]

1- Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Department of Sports Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

Corresponding Author: Ali Fatahi: Department of Sports Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Email: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

Received: 2023/4/26 Accepted: 2023/10/15

Abstract

Introduction: The difference in the force distribution of plantar muscles in the landing stage in volleyball players is an important factor in the lack of balance control and the occurrence of injuries. The aim of this study was to Comparison of plantar pressure and static balance of volleyball boys in the stance phase of walking.

Methods: The current research was semi-experimental and descriptive-cross-sectional. For this purpose, 64 healthy male volleyball players were purposefully divided into 3 age groups; Infants (n=22), teenagers (n=24) and young adults (n=18). Training was considered at least 3 days a week. A foot pressure device was used to determine the pressure distribution of the plantar muscles on the way back and forth. To compare the foot contact surface and the impulse of the front and rear parts of the right and left foot between the groups, the independent t test and multivariate analysis of variance at the alpha level of 0.05 were used to check the distribution of the center of pressure.

Result: Multivariate variance analysis for the comparison of the contact surface (front and rear foot) in the right foot (P = 0.423) and left foot (P = 0.706) did not show any significant difference between the three groups of infants, teenagers and young adults. The results of multivariate analysis of variance for the comparison of impulse (front foot and back foot) in the right and left foot between the three groups of infants, teenagers and young people did not have any significant difference (P = 0.496). Comparing the center of pressure in internal to external and anterior to posterior sections, there was no significant difference between the three groups of infants, teenagers and young adults (P = 0.062). But there was a significant decrease in the duration of stability in the internal to external part in the group of infants and teenagers (P = 0.012) and in the group of young people (P = 0.023). However, there was no significant difference in the duration of stability in the anterior to posterior part in any of the groups (P = 0.768).

Conclusions: According to the possible results, reducing the contact of the front and back parts of the right and left feet by reducing the duration of stability weakens the static balance in volleyball players and increases the possibility of injury in the lower limbs.

Keywords: Plantar pressure, Balance, Stance phase, Volleyball.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی
پاییز ۱۴۰۲، دوره ۱۰، شماره ۱
10.22034/IJRN.10.1.6

مقایسه توزیع فشار کف پا و تعادل ایستای پسران والیبالیست در فاز استانس راه رفتن

محمدعلی سیاوش مقدم[۱]، علی فتاحی[۱*]، امیر علی جعفرنژادگرو[۲]

۱-گروه بیومکانیک ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

نویسنده مسئول: علی فتاحی: گروه بیومکانیک ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
ایمیل: ali.fatahi@iauctb.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۶/۲ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۷/۲۳

چکیده

مقدمه: تفاوت در توزیع نیروی عضلات کف پا در مرحله فرود در بازیکنان والیبال عامل مهمی درعدم کنترل تعادل و وقوع آسیب است. هدف از این مطالعه، مقایسه توزیع فشار کف پا و تعادل ایستای پسران والیبالیست در فاز استانس راه رفتن بود.

روش کار: پژوهش حاضر نیمه تجربی و از نوع توصیفی- مقطعی بود. بدین منظور۶۴ نفر والیبالیست پسر سالم، در ۳ گروه سنی به صورت هدفمند تقسیم بندی شدند; نونهالان (n=۲۲)، نوجوانان (n=۲۴) و جوانان (n=۱۸). تمرین به میزان حداقل، ۳ روز در هفته در نظر گرفته شد. جهت تعیین توزیع فشار عضلات کف پا در مسیر رفت و برگشت از دستگاه فوت پرشر استفاده شد. برای مقایسه بین گروهی سطح تماس پا و ایمپالس بخش های جلو و پشت پای راست و چپ، بررسی توزیع مرکز فشار از آزمون تی مستقل و تحلیل واریانس چند متغیری در سطح آلفای ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته ها: تحلیل واریانس چند متغیری برای مقایسه سطح تماس (جلو و پشت پا) در پای راست (P=۰.۴۲۳) و پای چپ (P=۰.۷۰۶) بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری نشان نداد. نتایج تحلیل واریانس چند متغیری برای مقایسه ایمپالس (جلوی پا و پشت پا) در پای راست و چپ بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری وجود نداشت (P=۰.۴۹۶). مقایسه مرکز فشار در بخش های داخلی به خارجی و قدامی به خلفی بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری وجود نداشت (P= ۰.۰۶۲). اما در مدت زمان پایداری در بخش داخلی به خارجی در گروه نونهالان با نوجوانان (P = ۰.۰۱۲) و با گروه جوانان کاهش معنی داری وجود داشت (P=۰.۰۲۳). اما در مدت زمان پایداری در بخش قدامی به خلفی در هیچ کدام از گروه ها تفاوت معنی داری وجود نداشت (P=۰.۷۶۸).

نتیجه گیری: طبق نتایج احتمالی بدست آمده، کاهش تماس بخش های جلو و پشت پای راست و چپ با کاهش مدت زمان پایداری باعث تضعیف تعادل ایستا در بازیکنان والیبال شده و احتمال آسیب در اندام تحتانی را افزایش می دهد.

کلیدواژه ها: فشارکف پایی، تعادل، فاز استانس، والیبال.

مقدمه

در اغلب رشته های ورزشی تیمی همچون بازی پرطرفدار والیبال، به توزیع مناسب نیروهای عضلات کف پا، در به حداقل رساندن آسیب های مرتبط با پایداری بدن توجه معطوف شده است (۱). زیرا در اجرای تکنیک هایی مانند اسپک و دفاع، رسیدن سریع به تعادل ایستا از ابتلاء به آسیب های مفصل اندام تحتانی پیشگیری می کند (۲). در این بازی فرود مناسب نسبت به پرش از اهمیت بیشتری برخوردار است (۳). در لحظه فرود، وقوع آسیب های مفصل مچ پا به دلیل برخورد مستقیم با زمین موجب اورشن یا اینورشن مچ می شود (۴). به این دلیل آسیب اسپرین مفصل مچ پا در حرکات رو به جلو و پرش در اکثر ورزشکاران رشته های فوتبال و والیبال بیشتر حادث می شود (۵). هنگام فرود، نیروی برخوردی به بزرگی ۱۲

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

برابر وزن بدن ایجاد می شود که ارتباط بالایی با وقوع آسیب در مفاصل ران و زانو دارد (۶). آسیب در مفاصل مچ پا یا زانو، همراه با اختلال در تعادل و نقص در پایداری گزارش شده است (۷) و زمان رسیدن به ثبات بدن، شاخص مهمی در نشان دادن بازخورد گیرنده های حس عمقی در عضلات کف پایی می باشد (۸). شایان ذکر است که، مرکز فشار (Center of pressure)، نیروی لحظه ای وارد بر کف پا و مولفه نیروی عکس العمل جاذبه بر عضلات کف پایی را بازگو می کند (۹). مسیر مرکز فشار مختصاتی تشکیل می دهد که از سمت پاشنه پا به جلو حرکت کرده و جهت آن قدامی– خلفی است (۱۰). اما انحراف آن در راستای داخلی– خارجی، ایجاد آسیب در اندام تحتانی را نشان می–دهد(۱۱). در حین راه رفتن و یا فرود بعد از پرش، صاف شدن جلوی پا پس از برخورد پاشنه به زمین به عنوان فاز مید استانس شروع می شود و تا لحظه جدا شدن پاشنه از زمین ادامه پیدا می کند و بارگیری آن از پاشنه به جلوی پا (متاتارسال داخلی و انگشت شست) منتقل می شود (۱۲). توزیع متغیرهای فشار در آخرین سگمنت بدنی متصل به زمین، کف پا را از عوامل اصلی و بنیادین در توسعه مهارت راه رفتن در سنین نونهالی، نوجوانی و جوانی معرفی می کند (۱۳). از آنجایی که حین راه رفتن، پا تنها منبع تماس با زمین می باشد، تماس پاشنه با زمین در جذب شوک و پیشروی به سمت جلو و افزایش اندازه حرکت نقش مهمی دارد (۱۴). با این حال، تفاوت فیزیولوژیکی جهت توزیع نیروهای کف پا همراه با تغییرات در رشد استخوان در مکانیک حرکت (۱۵)، حفظ یا عدم تعادل در افراد با سنین مختلف تفاوت هایی را ایجاد می کند (۱۶). در مختصات محور مرکز فشار، اگر زمان رسیدن به پایداری در جهت داخلی– خارجی، طولانی تر از زمان رسیدن به پایداری در جهت قدامی– خلفی باشد، شاخص تعادل را تحت تاثیر قرار می دهد (۱۷). بر این اساس جابجایی مرکز فشار و نیز تغییرات توزیع نیرو در عضلات کف پا، به عنوان دو شاخص مهم در بررسی های سینتیکی در حوزه های مختلف بالینی یا ورزشی مورد توجه متخصصان علم بیومکانیک می باشد (۱۸). همچنین جابجایی مرکز فشار به عنوان نقطه ای در فضای بین پاها و نیروی جاذبه زمین از برآیند انتقال نیروهای کل بدن در کنترل تعادل است (۱۹)، که در ایجاد یا جلوگیری از آسیب بافت های نرم مفاصل اندام تحتانی موثراست (۲۰). افزایش در نیروهای چرخاننده داخلی از مفصل قاپ – ناوی، ناشی از تاثیر نیروی عمودی زمین در لحظه تماس پا می باشد (۲۱). از طرفی، توزیع نیروهای کف پا به تفاوت های قوس طولی– داخلی با ایجاد خستگی حین راه رفتن و نیز گسترش آسیب های رباطی– مفصلی در اجرای حرکات پیچیده ورزشی مرتبط است (۲۲). همچنین در انجام حرکات جهشی و پرشی نسبت تولید نیروی داخل به خارج کف پا کمتر شده و تماس پاشنه در لحظه فرود کاهش می یابد، بنابر این ریسک ابتلاء به آسیب تندینوپاتی آشیل افزایش می یابد (۲۳). در راه رفتن نسبت به ایستادن، بازخوردهای بازتابی و زمان عکس العمل چرخش مچ پا به داخل افزایش یافته، اما حفظ ثبات فرد کاهش می یابد (۲۴). در این خصوص عنوان شده، اختلال در فعال سازی گیرنده های عمقی موجود در کف پا موجب تاخیر در مدت زمان رسیدن به تعادل می شود (۲۵). افزایش تغییرات شاخص مرکز فشار در جهت داخلی– خارجی (COP x) در فاز مید استانس، به دلیل خستگی عضلات دورسی فلکسور و پلانتار فلکسور کف پایی می باشد (۲۶)، در حالیکه کاهش شاخص تغییرات مرکز فشار در قسمت قدامی– خلفی (COP y) در فاز استانس، به دلیل خستگی گیرنده های حساس به کشش دهلیزی در عضلات کف پایی نسبت به گیرنده های حساس موجود در زیر پوست است (۲۷) که موجب بر هم خوردن تعادل ایستا در لحظه فرود می شود (۲۸). ازدو و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود چنین اظهار داشتند که، تغییر در توزیع نیروهای فشار کف پا باعث آسیب در مفاصل نرم مچ می شود (۲۹). به این دلیل، در لحظه راه رفتن و فرود، تغییرات فازهای مختلف مید استانس به استانس به دلیل تغییر در توزیع نیروی فشار کف پا در کنترل یا عدم کنترل پاسچرال بدن و ایجاد آسیب در مفاصل اندام تحتانی اهمیت بسزایی دارد (۲۹). به نظر می رسد که، شناسایی تغییر شاخص های توزیع فشار کف پا راهبرد موثری در طراحی برنامه های تمرین برای علاقه مندان رشته والیبال باشد. اما با توجه به اندک مطالعات موجود در این زمینه، پژوهش حاضر برای اولین بار در بررسی مقایسه توزیع فشار کف پا و تعادل ایستای نونهالان، نوجوانان و جوانان والیبالیست در فاز استانس راه رفتن انجام شد.

روش کار

پژوهش حاضر نیمه تجربی و از نوع توصیفی– مقطعی است. جامعه آماری تشکیل شده از والیبالیست هایی که

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

حداقل ۳ روز در هفته به صورت هدفمند تمرین نموده و برای شرکت در تحقیق حاضر از میان سه رده سنی; نونهالان در سنین ۸ تا ۱۰ سال (n=۲۲)، نوجوانان، سن ۱۲ تا ۱۴ سال (n=۲۴) و جوانان، سن ۱۵ تا ۱۸ سال (n=۱۸) به صورت هدفمند، به ۳ گروه مذکور تقسیم بندی شدند. قبل از انجام پژوهش در ابتدا اهمیت و ضرورت اجرا برای آزمودنی ها به صورت کامل توضیح داده شد. سپس با توجه به اینکه در این تحقیق بررسی تقارن عملکرد بیومکانیکی تعادل ایستا با متغیرهای توزیع و تغییر مرکز فشار کف‌پایی در نونهالان، نوجوانان و جوانان پسر فعال در رشته ورزشی والیبال در فاز استانس راه رفتن مورد نظر بود، در ابتدا پروتکل انجام آزمون برای آزمودنی‌ها و نیز والدین آنها بطور کامل بیان شد و هر یک از افراد همراه با والدین خود فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق و نیز فرم پرسشنامه اطلاعات فردی را تکمیل کردند.

ارزیابی هنجاری

ارزیابی‌های هنجاری توسط آزمون گر آگاه به ناهنجاری‌ها بررسی گردید، تا هر گونه ناهنجاری تاثیرگذار بر نتایج تحقیق باعث خروج آزمودنی از تحقیق گردد. مسیر ۱۰ متری برای انجام تست راه‌رفتن آزمودنی‌ها در نظر گرفته و در مرکز آن قرار داده شدند. آزمودنی‌ها می بایست برای پیشگیری از هر گونه اختلال در راه‌رفتن عادی طول ۱۰ متری مسیر را از ابتدا تا انتها طی کنند. قبل از شروع آزمون، برای آشنایی آزمودنی ها از آنها درخواست شد تا مسیر را چندین بار با سرعت دلخواه، ثابت و هماهنگ به صورت رفت و برگشت بپیمایند. برای انجام آن فرد در محل شروع آزمون قرار گرفت و با دستور آزمون گر شروع به راه رفتن نمود. بدین صورت که در مسیر رفت با پای برتر و در مسیر برگشت با پای غیر برتر خود از روی دستگاه فوت پرشر عبور کند. داده‌های هر مسیر توسط آزمون گر ضبط و برای محاسبات بعدی ذخیره شد. اگر ضبط داده‌ها از کیفیت مناسبی برخوردار نبود، به آزمودنی اطلاع داده شد که برای بار دوم نیز در فرآیند ارزیابی شرکت کند. مقادیر تقارن با استفاده از روش داده های پیوسته بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (۳۰);

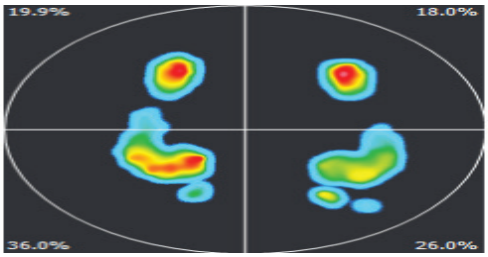
$$SI = \int_{t=t_1}^{t_2} A\left|x_r(t) - x_l(t)\right|dt$$

$$A = \frac{2}{range(x_r(t)) + range(x_l(t))}$$

در این فرمول SI شاخص تقارن، x متغیر مفصل، Xr(t) مقدار متغیر مفصل خاصی که برای پای راست در زمان t ثبت شد و Xl (t) مقدار متغیر ثبت شده برای پای چپ در زمان t بود و مقدار A نیز طبق فرمول بدست آمد. از میانگین و انحراف استاندارد برای توصیف متغیرها، آزمون کولموگروف – اسمیرنف برای بررسی طبیعی بودن داده ها و از آزمون M-Box جهت بررسی تجانس واریانس بین گروه ها استفاده شد. برای بررسی مرکز فشار، مقایسه سطح تماس پا و ایمپالس در دو بخش جلو و پشت پای چپ و راست به تفکیک گروه ها، از آزمون تی مستقل استفاده شد. از آزمون تحلیل واریانس چند متغیری (MANOVA) برای مقایسه شاخص های بررسی فشار، سطح تماس و ایمپالس در بخش های جلو و پشت پا در بین سه گروه استفاده شد. همچین، تفاوت بین گروه ها به صورت مقایسه های جفتی با استفاده از آزمون شفه بررسی شد. همه آزمون ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و در سطح آلفای ۰/۰۵ انجام شد.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]



درصد فشار جلو و پشت پای راست و چپ



دستگاه فوت پرشر مورد استفاده در پژوهش حاضر

یافته ها

جدول (۱) نتایج آزمون تی مستقل ناحیه سطح تماس جلوی پای راست با پای چپ درگروه نونهالان تفاوت معنی داری نشان نداد (P=۰.۷۱۵)، اما در بخش پشت پای راست با پای چپ تفاوت معنی داری نشان داد (P= ۰.۰۳۰). ناحیه سطح تماس جلو و پشت پای راست با پای چپ در دو گروه نوجوانان و جوانان تفاوت معناداری را نشان داد (P≤۰.۰۵). ناحیه تماس در نتایج تحلیل واریانس چند متغیری برای مقایسه سطح تماس (جلو و پشت پا) در پای راست بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری نشان نداد (P = ۰.۴۲۳). نتایج آزمون های بین گروهی MANOVA برای مقایسه سطح تماس پای راست در بخش جلوی پا بین سه گروه تفاوت معناداری را نشان نداد (P = ۰.۱۷۴)، اما در بخش پشت پا (P= ۰.۰۰۸) بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری را نشان داد. نتایج تحلیل واریانس چند متغیری برای مقایسه سطح تماس (جلوی پا و پشت پا) در پای چپ بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوان تفاوت معنی داری نشان نداد (P = ۰.۷۰۶). همچنین، نتایج آزمون های بین گروهی MANOVA برای مقایسه سطح تماس پای چپ در بخش جلوی پا (P = ۰.۶۹۱)، و پشت پا بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری را نشان نداد (P=۰.۸۴۴). شکل (۱و۲). طبق نتایج آزمون تی مستقل ایمپالس در هیچ کدام از بخش ها و گروه ها در پای راست و چپ تفاوت معنی داری نشان نداد (P≥۰.۰۵). جدول (۲). همچنین طبق نتایج تحلیل واریانس چند متغیری برای مقایسه ایمپالس (جلوی پا و پشت پا) در پای راست و چپ بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری مشاهده نشد (P=۰.۴۹۶). نتایج آزمون های بین گروهی MANOVA برای مقایسه ایمپالس پای راست (P =۰.۷۲۸) و پای چپ (P= ۰.۷۲۶) تفاوت معنی داری بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان نشان نداد. شکل (۳). نتایج آزمون تی مستقل در بررسی مرکز فشار در بخش های داخلی به خارجی و قدامی به خلفی در همه گروه ها تفاوت معنی داری نشان داد (P = ۰.۰۳۷). همچنین نتایج آزمون تی مستقل در بررسی مدت زمان پایداری در بخش داخلی به خارجی (P = ۰.۰۰۲) و قدامی به خلفی در همه گروه ها تفاوت معنی داری نشان داد (P = ۰.۰۰۴). اما بر طبق نتایج تحلیل واریانس چند متغیری برای مقایسه مرکز فشار در بخش های داخلی به خارجی و قدامی به خلفی بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان تفاوت معنی داری مشاهده نشد (P= ۰.۰۶۲). جدول (۳). اما نتایج آزمون های بین گروهی MANOVA برای مقایسه زمان پایداری در بخش داخلی به خارجی تفاوت معنی داری بین سه گروه نونهالان، نوجوانان و جوانان نشان داد (P≤ ۰.۰۵) و طبق نتایج آزمون تحلیل واریانس چند متغیری، مدت زمان پایداری در بخش داخلی به خارجی در گروه نونهالان با نوجوانان (P=۰.۰۱۲) و با گروه جوانان (P= ۰.۰۲۳) کاهش معنی داری مشاهده شد. اما در مدت زمان پایداری در بخش قدامی به خلفی در هیچ کدام از گروه ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد (P = ۰.۷۶۸). شکل (۴).

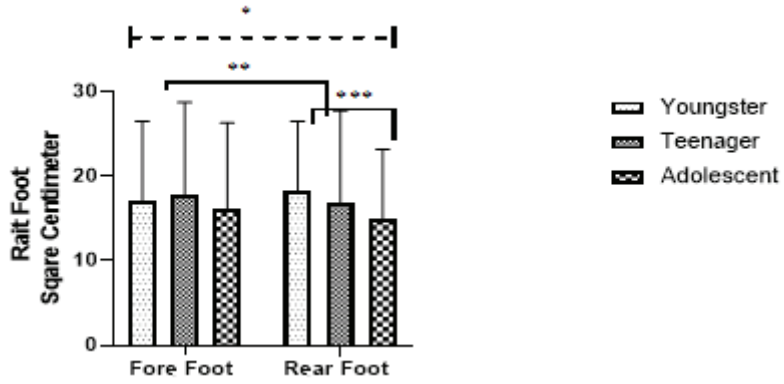
[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد ناحیه سطح تماس در دو بخش و نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه پای راست و چپ به تفکیک گروه ها

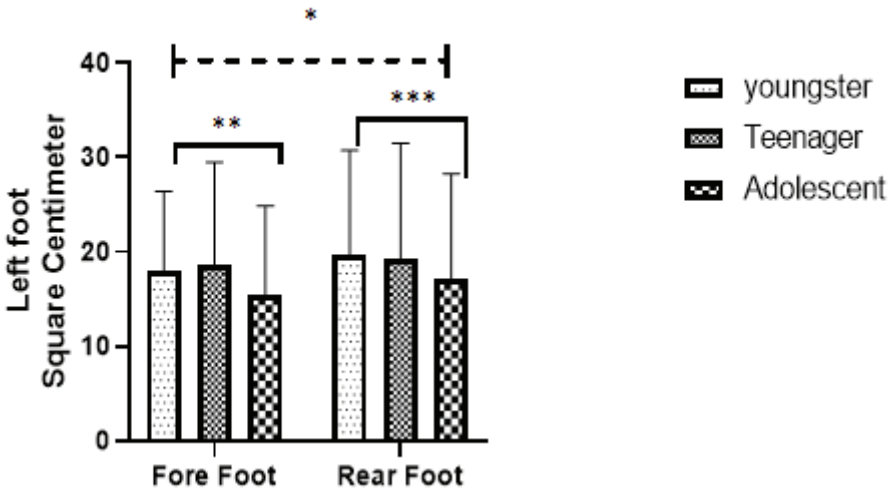
گروه	ناحیه تماس پا سانتیمتر مربع	پای راست		پای چپ		t (۲۱)	P
		M	SD	M	SD		
نونهالان	جلو	۲۳.۰۰۰	۶.۳۲۶	۲۳.۶۴۸	۸.۳۹۹	۱.۳۵۰	۰.۷۱۵
	پشت	۲۳.۹۵۰	۸.۸۹۳	۲۹.۴۰۰	۷.۹۴۰	۱.۶۲۹	۰.۰۳۰
نوجوانان	جلو	۲۴.۱۱۵	۴.۹۶۱	۲۵.۱۶۳	۵.۹۲۲	-۲۱.۸۳۶	۰.۰۰۱
	پشت	۲۲.۱۳۴	۴.۲۵۲	۲۸.۳۶۶	۵.۱۸۴	-۲۴.۹۱۴	۰.۰۰۵
جوانان	جلو	۲۵.۷۶۵	۵.۳۸۴	۲۳.۹۷۲	۵.۳۳۳	-۱۷.۴۳۳	۰.۰۲۴
	پشت	۲۱.۹۶۰	۶.۱۱۵	۲۸.۳۰۴	۵.۸۸۴	-۱۲.۱۳۲	۰.۰۰۷

* سطح معنی دار آلفای ۰،۰۵



شکل ۱: مقایسه ناحیه سطح تماس جلو و پشت پای راست بر حسب سانتی متر مربع در سه گروه.

* سطح معنی داری سطح تماس پا در سه گروه (P<۰.۰۵).
** سطح معنی دار دو گروه نونهالان با نوجوانان (P<۰.۰۵).
*** سطح معنی دار گروه نونهالان با جوانان (P<۰.۰۵).



شکل۲: مقایسه ناحیه سطح تماس جلو و پشت پای چپ بر حسب سانتی متر مربع در سه گروه.

* سطح معنی داری سطح تماس پا در سه گروه (P<۰.۰۵).
** سطح معنی دار دو گروه نونهالان با نوجوانان (P<۰.۰۵).
*** سطح معنی دار گروه نونهالان با جوانان (P<۰.۰۵).

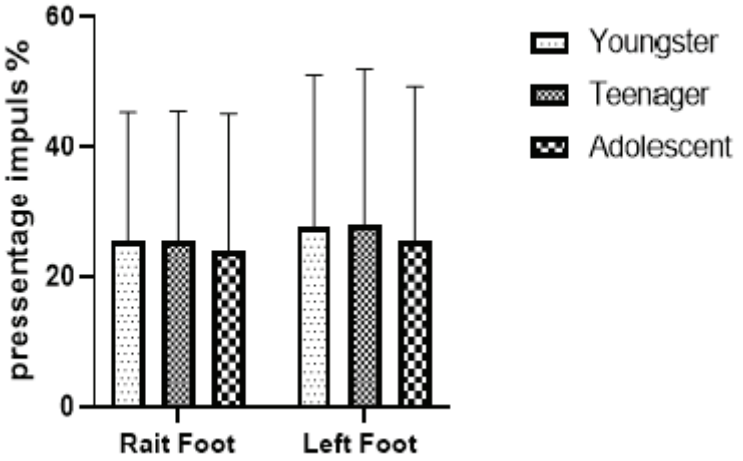
[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد ایمپالس در دو بخش و نتایج آزمون تی مستقل برای مقایسه پای راست و چپ به تفکیک گروه ها

گروه	ایمپالس ٪	پای راست		پای چپ		t(۲۱)	P
		M	SD	M	SD		
نونهالان	جلو	۴۳.۶۷۲	۵.۴۳۱	۱۳.۵۴۳	۳.۳۲۹	۱.۱۰۸	۰.۱۳۴
	پشت	۱۹.۵۳۱	۴.۲۳۱	۳۱.۱۲۱	۳.۱۲۰	۱.۰۹۱	۰.۰۵۷
نوجوانان	جلو	۱۱.۲۱۳	۲.۴۳۱	۱۶.۰۹۳	۲.۱۱۰	۰.۵۳۱	۰.۰۹۶
	پشت	۱۰.۰۱۸	۲.۱۲۳	۱۱.۲۷۲	۱.۰۱۴	۱.۳۵۸	۰.۰۷۰
جوانان	جلو	۲۵.۷۶۵	۵.۳۸۴	۱۰.۸۲۳	۰.۱۵۹	۱.۰۶۵	۰.۱۱۹
	پشت	۲۱.۹۶۰	۶.۱۱۵	۹.۷۶۳	۵.۸۸۴	۱.۲۷۸	۰.۰۸۹

* سطح معنی دار آلفای ۰.۰۵.



شکل ۳: مقایسه ایمپالس جلو و پشت پای راست و چپ بر حسب درصدی از سطح پا در سه گروه.

* سطح معنی دار ی سطح تماس پا در سه گروه (P<۰.۰۵).

** سطح معنی دار دو گروه نونهالان با نوجوانان (P<۰.۰۵).

*** سطح معنی دار گروه نونهالان با جوانان (P< ۰.۰۵).

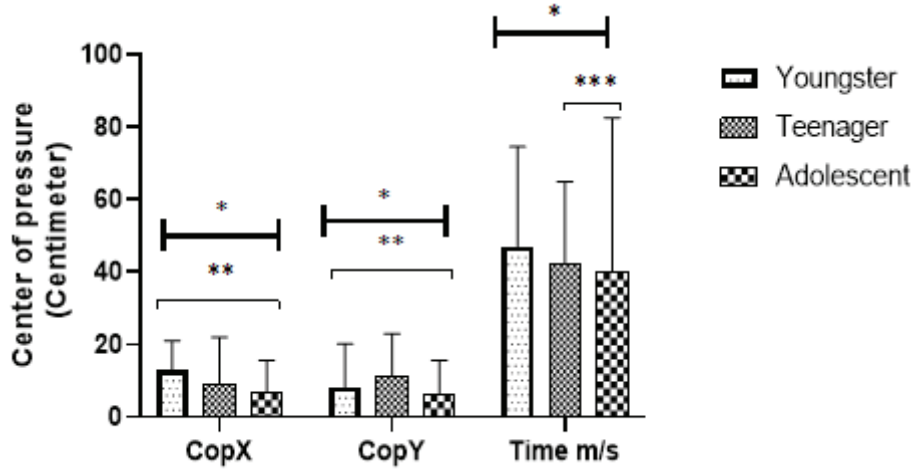
جدول۳: میانگین و انحراف استاندارد مرکز فشار و مدت زمان پایداری و نتایج آزمون تی مستقل به تفکیک گروه ها

گروه	مرکز فشار (سانتیمتر) مدت زمان پایداری (متر بر ثانیه)	M/SD		t(۲۱)	P
نونهالان	Cop x	۶.۴۸۹	۱۰.۴۳۰	-۲.۴۶۸	۰.۰۲۲
	Cop y	۰.۵۴۱	۲.۲۳۳	۰.۹۶۲	۰.۳۴۷
	Time m/s	۷۶.۴۵۴	۴۲.۹۹۹	-۸.۲۳۱	۰.۰۰۴
نوجوانان	Cop x	۱.۸۲۲	۵.۰۰۸	۰.۱۷۴	۰.۸۶۴
	Cop y	۱.۰۶۵	۹.۰۴۴	۰.۵۰۶	۰.۶۱۸
	Time m/s	۶۷.۶۲۵	۳۵.۱۱۹	-۹.۱۵۴	۰.۰۰۱
جوانان	Cop x	۰.۷۱۵	۲.۹۷۸	۳.۱۶۳	۰.۰۰۶
	Cop y	-۰.۲۰۲	۲.۱۳۳	۶.۱۸۸	۰.۰۰۴
	Time m/s	۸۹.۱۷۶	۱۳.۶۹۸	-۲۵.۹۳۸	۰.۰۰۵

* سطح معنی دار آلفای ۰.۰۵.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]



شکل ٤: مقایسه مرکز فشار و مدت زمان پایداری در بخش های داخلی به خارجی (cop x) و قدامی به خلفی (cop y) بر حسب سانتی متر در سه گروه.
* سطح معنی داری در سه گروه (P< ۰.۰۵).
** سطح معنی داری دو گروه نونهالان با نوجوانان (P<۰.۰۵).
*** سطح معنی داریس گروه نونهالان با جوانان (P<۰.۰۵).

بحث

پژوهش حاضر به مقایسه توزیع فشار کف پا در بخش های جلو و پشت پا و تغییرات مرکز فشار و تعادل ایستای نونهالان، نوجوانان و جوانان والیبالیست در فاز استانس راه رفتن پرداخت. نتایج پژوهش حاضر بیانگر این است که سطح تماس پا در بخش جلو و پشت پای راست با چپ پای نوجوانان و جوانان تفاوت معناداری داشت. اما در گروه نونهالان بین سطح تماس جلو در پای راست و چپ با یکدیگر تفاوت معناداری وجود نداشت. سطح تماس در بخش های جلو و پشت پا در هر دو گروه نوجوانان و جوانان بیشتر از گروه نونهالان بود. ایمپالس بخش های جلو و پشت پا در هیچ یک از پاها و گروه ها با یکدیگر تفاوت معناداری نداشت. مدت زمان پایداری در بخش های داخلی به خارجی و قدامی به خلفی در همه گروه ها با یکدیگر تفاوت معناداری داشت. کمترین مدت زمان پایداری در گروه نونهالان و در فاز میدِ استانس، در مرکز فشار قسمت داخلی به خارجی وجود داشت. بیشترین مدت زمان پایداری در گروه جوانان در هر دو فاز میدِ استانس در بخش داخلی به خارجی و فاز استانس در بخش قدامی به خلفی وجود داشت. درگروه نوجوانان در هیچکدام از بخش های داخلی به خارجی و هیچ یک از فازها تفاوت معناداری وجود نداشت. از آنجایی که کاهش سطح تماس در بخش های جلو و پشت پا در گروه نونهالان به کاهش مدت زمان پایداری ارتباط دارد. انجام تمرینات ویژه نوع رشته ورزشی و مداومت بیشتر به استفاده از پای برتر نسبت به پای غیر برتر در عدم توزیع نیروی تولیدی در گروه عضلانی بر پارامترهای کینتیکی اندام تحتانی و ایجاد آسیب اندام تحتانی اثر گذار است (۲۹). به نظر می رسد که فاز میدِ استانس نشان دهنده عملکرد حس عمقی در عضلات کف پایی و همکاری با عملکرد گیرنده های دهلیزی در عضلات کف پایی در تولید نیرو و حفظ تعادل ایستا ار تباط زیادی دارد (۸). طبق نتایج بدست آمده افزایش مقیاس COP x نشان می دهد که انحراف در قسمت داخلی- به خارجی وجود دارد و صاف شدن جلوی پا پس از برخورد پاشنه به زمین به عنوان فاز میدِ استانس به دلیل افزایش در فلکشن مچ پا و کاهش در بارگیری آن از پاشنه به جلوی پا به سمت متاتارسال داخلی و انگشت شست با ایجاد آسیب های بافت نرم اطراف مفاصل (۱۲) و آسیب تندینوپاتی آشیل در این دست از بازیکنان وقوع بیشتری دارد (۲۳). از طرف دیگر افزایش در انحنای مختصات محور داخل به خارج همراه با افزایش خستگی و کاهش عملکرد عضلات عمقی کف پا به دلیل کاهش در تولید نیرو ارتباط دارد (۲۲). افزایش در زمان عکس العمل چرخش مچ پا به نشان می دهد که حفظ ثبات فرد کاهش یافته و تعادل ایستا تضعیف می شود (۳۱). همینطور کاهش در توزیع نیرو در عضلات دورسی و پلانتار فلکسور با افزایش در انحنای چرخش در قسمت داخل به خارج همراه با خستگی موجب کاهش فاز استقرار در لحظه

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

فـرود مـی شـود و ایـن عامـل در افزایـش اکستنشـن زانـو در پاسـخ جبرانـی بـه افزایـش انحنـای داخـل بـه خـارج و ایجـاد آسـیب در مفصـل ران – زانـو مـی گـردد (۷). همچنیـن افزایـش والگـوس زانـو در پاسـخ بـه بزرگـی نیـروی عکـس العمـل زمیـن در غلبـه بـر نیـروی تولیـد شـده از عضـلات کـف پـا در پاسـخ بـه افزایـش آبداکشـن لگـن همـراه بـا افزایـش انحنـای داخـل بـه خـارج مختصـات بزرگـی نیـروی گرانـش را نشـان مـی دهـد (۳۲). عـدم تقـارن توزیـع نیـرو و فشـار کـف پـا در لحظـه فـرود، در بـا التهـاب فاشـیا و در رفتگـی سـر اسـتخوان بـا عضـلات کف پایـی در ورزشـکاران رشـته هـای فوتبـال و والیبـال مرتبـط اسـت (۱۶). در لحظـه فـرود و راه رفتـن اگـر در فـاز پـوش آف جلـوی پـا منحنـی فشـار از سـمت داخـل بـه خـارج متمایـل شـود، نیـروی پیـش ران کاهـش یافتـه و باعـث بـاز شـدن مفصـل زانـو مـی- شـود و آسـیب لندینـگ افزایـش مـی یابـد (۳۳). در مطالعـه ای که توسـط ماهلـر و همـکاران (۲۰۲۲)؛ در بررسـی تغییـر الگوهای فشـار کـف پـا، خسـتگی عضلات تنـه را عامـل مهمـی در کاهش یکپارچگـی تنـه دانسـتند (۳۴). همچنیـن افزایـش انحنـای فشـار در مرکـز داخلـی بـه خارجـی منعکـس کننـده عملکـرد دینامیـک کلـی بـدن (۳۵) و افزایـش شـتاگیری سـر در کاهـش ثبـات تعادل ایسـتا مـی باشـد (۳۶). بوچـر و همـکاران (۲۰۱۸)؛ در مطالعـه خود چنیـن اظهـار داشـتند کـه، خسـتگی عضـلات تنـه مکانیـک اندام تحتانـی را تحـت تاثیـر منفـی قـرار مـی دهـد (۳۷). لانـگ و همـکاران (۲۰۱۷)؛ در مطالعـه خـود چنیـن اظهـار داشـتند کـه، ۶ هفتـه تمرینـات توانبخشـی کنتـرل کمـری- لگنـی را در کنتـرل نوسـانات پاسـچر و کاهـش احتمـال وقـوع آسـیب در انـدام تحتانـی مرتبـط دانسـتند (۳۸). بـا توجـه بـه مطالعـات انجـام شـده و نیـز نتایـج حاصـل از مطالعـه حاضـر، خارجـی تـر شـدن مسـیر مرکـز فشـار در فـاز صـاف شـدن جلـوی پـا بـا عـث تغییـر در افزایـش یـا کاهـش مـدت زمـان نسـبی در بـروز آسـیب هـای مرتبـط بـا انـدام تحتانـی (۳۴)، خسـتگی (۳۸) و کاهـش تعـادل ایسـتا شـود (۲۹). طبـق نتایـج بدسـت آمـده از مطالعـه حاضـر بـه نظـر مـی رسـد کـه، توجـه بیشـتر بـه طراحـی برنامـه هـای تمریـن بـا در نظـر گرفتـن عملکـرد سـایر عضـلات تنـه در بهبود سـطوح مهارتـی بازیکنـان والیبـال جهـت پیشـگیری از آسـیب انـدام تحتانـی و کنتـرل تعـادل ایسـتا مهـم باشـد. محدودیـت هـای مطالعـه حاضـر: ۱- عـدم بررسـی انـدازه گیـری همزمـان مقیـاس خسـتگی عضلانـی بـا اسـتفاده از پرسشـنامه بـورگ یـا خسـتگی سـنجی تعدیلـی ابـت (Abt)، ۲- عـدم بررسـی همزمان عملکـرد عضـلات تنـه همـراه بـا تغییـرات فشـار کـف پـا در تغییـرات کنتـرل تعـادل مـی باشـد.

نتیجه گیری

براسـاس نتایـج بدسـت آمـده از مطالعـه حاضـر، کاهـش تمـاس بخـش هـای جلـو و پشـت پـای راسـت و چـپ بـا کاهـش مـدت زمـان پایـداری باعـث تضعیـف تعـادل ایسـتا شـده و احتمـال آسـیب در انـدام تحتانـی را افزایـش مـی دهـد.

سپاسگزاری

پژوهـش حاضـر بخشـی از رسـاله مقطـع دکتـری رشـته بیومکانیـک ورزشـی در دانشـگاه آزاد اسـلامی واحـد تهـران مرکـزی بـا تصویـب و تائیـد کـد اخـلاق بـه شـماره IR.SSRI. REC.1401.1726 در پژوهـش و فنـاوری دانشـگاه مذکـور انجام گردیـد. لـذا از اسـاتید گرانقـدری کـه در انجـام آن بـه مـا یـاری رسـاندند سپاسـگذاری مـی کنیـم.

تعارض منافع

طبـق اظهـار نویسـندگان، هیچ‌گونـه تعـارض منافعـی در رابطـه بـا مقالـه حاضـر وجـود نـدارد.

References

1. Bibrowicz K, Szurmik T, Wodarski P, Michnik R, Myśliwiec A, Barszcz J, et al. Quality of body posture and postural stability in people with intellectual disability playing volleyball. Acta of bioengineering and biomechanics. 2019;21:23-30.
2. DaoukasS,MalliaropoulosN,MaffulliN.ACLbiomechanical risk factors on single-leg drop-jump: a cohort study comparing football players with and without history of lower limb injury. Muscles, Ligaments & Tendons Journal (MLTJ). 2019;9(1). https://doi.org/10.32098/mltj.01.2019.16
3. Zamporri J, Aguinaldo A. The effects of a compression garment on lower body kinematics and kinetics during a drop vertical jump in female collegiate athletes. Orthopaedic journal of sports medicine. 2018;6(8):2325967118789955. https://doi.org/10.1177/2325967118789955
4. 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? Journal of

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

Sport and Health Science. 2012;1(2):114-20. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2012.07.002
5. Suda EY, Sacco IC. Altered leg muscle activity in volleyball players with functional ankle instability during a sideward lateral cutting movement. Physical therapy in sport. 2011;12(4):164-70. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.01.003
6. Hadadnezhad M, Letafatkar A. The relationship between genu varum abnormality and lower extremity's performance and strength in teenage footballers. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2011;7(2).
7. Mongashti Joni Y, Fatahi F, Ghanizadeh Hasar N, Hosseinpour E. Effect of genu varum deformity on gluteus medius muscle activity and postural control during single-leg jump-landing. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2017;7(2):79-88. https://doi.org/10.32598/ptj.7.2.79
8. Karunakaran KK, Pilkar R, Ehrenberg N, Bentley KS, Cheng J, Nolan KJ. Kinematic and Functional Gait Changes After the Utilization of a Foot Drop Stimulator in Pediatrics. Frontiers in neuroscience. 2019;13:732. https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00732
9. Li B, Xiang Q, Zhang X. The center of pressure progression characterizes the dynamic function of high-arched feet during walking. Journal of Leather Science and Engineering. 2020;2:1-3.10. https://doi.org/10.1186/s42825-019-0016-6
10. Masani K, Vette AH, Abe MO, Nakazawa K. Center of pressure velocity reflects body acceleration rather than body velocity during quiet standing. Gait & posture. 2014;39(3):946-52. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.12.008
11. Morrison KE, Hudson DJ, Davis IS, Richards JG, Royer TD, Dierks TA, et al. Plantar pressure during running in subjects with chronic ankle instability. Foot & ankle international. 2010;31(11):994-1000. https://doi.org/10.3113/FAI.2010.0994
12. Bai S, Lu X, Pan Q, Wang B, Pong UK, Yang Y, et al. Cranial Bone Transport Promotes Angiogenesis, Neurogenesis, and Modulates Meningeal Lymphatic Function in Middle Cerebral Artery Occlusion Rats. Stroke. 2022;53(4):1373-85. https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.121.037912
13. Chester VL, Calhoun M. Gait symmetry in children with autism. Autism research and treatment. 2012;2012. https://doi.org/10.1155/2012/576478
14. Riskowski JL, Hagedorn TJ, Hannan MT. Measures of foot function, foot health, and foot pain. Arthritis care & research. 2011;63(0 11):S229. https://doi.org/10.1002/acr.20554
15. Phethean J, Nester C. The influence of body weight, body mass index and gender on plantar pressures: results of a cross-sectional study of healthy children's feet. Gait & posture. 2012;36(2):287-90. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.03.012
16. Wafai L, Zayegh A, Woulfe J, Aziz SM, Begg R. Identification of foot pathologies based on plantar pressure asymmetry. Sensors. 2015;15(8):20392-408. https://doi.org/10.3390/s150820392
17. Xue X, Wang Y, Xu X, Li H, Li Q, Na Y, et al. Postural Control Deficits During Static Single-leg Stance in Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Health. 2023:19417381231152490. https://doi.org/10.1177/19417381231152490
18. Knapp D, Lee SY, Chinn L, Saliba SA, Hertel J. Differential ability of selected postural-control measures in the prediction of chronic ankle instability status. Journal of athletic training. 2011;46(3):257-62. https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.3.257
19. Pope M, Chinn L, Mullineaux D, McKeon PO, Drewes L, Hertel J. Spatial postural control alterations with chronic ankle instability. Gait & posture. 2011;34(2):154-8. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.04.012
20. Özdalyan F, Manci E, Gençoğlu C, Gümüş H, Kosova S. Comparison of The Shooting Angles In Wheelchair Basketball And Basketball Players: Shooting Angles In Wheelchair Basketball. European Journal of Human Movement. 2022;48:35-45. https://doi.org/10.21134/eurjhm.2022.48.4
21. Rusu L, Paun E, Marin MI, Hemanth J, Rusu MR, Calina ML, et al. Plantar Pressure and Contact Area Measurement of Foot Abnormalities in Stroke Rehabilitation. Brain sciences. 2021;11.(9). https://doi.org/10.3390/brainsci11091213
22. Tan JM, Crossley KM, Munteanu SE, Collins NJ, Hart HF, Donnar JW, et al. Associations of foot and ankle characteristics with knee symptoms and function in individuals with patellofemoral osteoarthritis. Journal of

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]

foot and ankle research. 2020;13(1):57. https://doi.org/10.1186/s13047-020-00426-8
23. Willwacher S, Kurz M, Robbin J, Thelen M, Hamill J, Kelly L, et al. Running-Related Biomechanical Risk Factors for Overuse Injuries in Distance Runners: A Systematic Review Considering Injury Specificity and the Potentials for Future Research. Sports medicine (Auckland, NZ). 2022;52(8):1863-77. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01666-3
24. Rosen A, Swanik C, Thomas S, Glutting J, Knight C, Kaminski TW. Differences in lateral drop jumps from an unknown height among individuals with functional ankle instability. J Athl Train. 2013;48(6):773-81. https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.5.05
25. Tan F, Guney-Deniz H, Harput G, Ulusoy B, Dönmez G, Nyland J, et al. Altered Ankle Muscle Activation at 2-Year Post Achilles Tendon Repair: An Age, Gender, and Activity Level-Matched Comparison With Healthy Subjects. Journal of sport rehabilitation. 2023;32(3):305-14. https://doi.org/10.1123/jsr.2022-0064
26. Brazen DM, Todd MK, Ambegaonkar JP, Wunderlich R, Peterson C. The effect of fatigue on landing biomechanics in single-leg drop landings. Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine. 2010;20(4):286-92. https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181e8f7dc
27. Fullam K, Caulfield B, Coughlan G, Delahunt E. The effect of cryotherapy application to the ankle joint on dynamic postural stability in an elite athletic population. British Journal of Sports Medicine. 2014;48(7):596-. https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093494.98
28. Fukuchi CA, Duarte M, Stefanyshyn DJ. Postural sway following cryotherapy in healthy adults. Gait & posture. 2014;40(1):262-5. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.02.010
29. Azevedo RR, da Rocha ES, Franco PS, Carpes FP. Plantar pressure asymmetry and risk of stress injuries in the foot of young soccer players. Physical Therapy in Sport. 2017;24:39-43. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.10.001
30. García-Pérez JA, Pérez-Soriano P, Llana S, Martínez-Nova A, Sánchez-Zuriaga D. Effect of overground vs treadmill running on plantar pressure: Influence of fatigue. Gait & posture. 2013;38(4):929-33. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.04.026
31. Okamura K, Kanai S, Hasegawa M, Otsuka A, Oki S. The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot dynamics during gait. Foot (Edinburgh, Scotland). 2018;34:1-5. https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.08.002
32. Burnfield M. Gait analysis: normal and pathological function. Journal of Sports Science and Medicine. 2010;9(2):353.
33. Wu CC, Chen YJ, Hsu CS, Wen YT, Lee YJ. Multiple Inertial Measurement Unit Combination and Location for Center of Pressure Prediction in Gait. Front Bioeng Biotechnol. 2020;8:566474. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.566474
34. Möhler F, Fadillioglu C, Stein T. Changes in spatiotemporal parameters, joint and CoM kinematics and leg stiffness in novice runners during a high-intensity fatigue protocol. PloS one. 2022;17(4):e0265550. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265550
35. Yu P, Liang M, Fekete G, Baker JS, Gu Y. Effect of running-induced fatigue on lower limb mechanics in novice runners. Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine. 2021;29(2):231-42. https://doi.org/10.3233/THC-202195
36. Askari Z, Esmaeili H. Effect of trunk muscles fatigue on plantar pressure distribution in novice runners. Journal of Biomechanics. 2021;122:110487. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110487
37. Bucher E, Sandbakk Ø, Donath L, Roth R, Zahner L, Faude O. Exercise-induced trunk fatigue decreases double poling performance in well-trained cross-country skiers. European journal of applied physiology. 2018;118:2077-87. https://doi.org/10.1007/s00421-018-3938-4
38. Long M. The Effects of a Six Week Lumbopelvic Control and Balance Training Program in High School Basketball Players: West Virginia University; 2017.

[Downloaded from ijm.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.22034/IJRN.10.1.6]