

## تأثیر خستگی ناشی از پرش و فرود بر شاخص‌های فشار کف پای در مرحله استقرار راه‌رفتن نوجوانان والیبالیست با و بدون سابقه آسیب اسپرین مچ پا

امین فرزامی<sup>۱</sup>، حیدر صادقی<sup>۲</sup>، علی فتاحی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری تربیت‌بدنی و علوم ورزشی - بیومکانیک ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران
۲. استاد تمام، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
۳. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۹

### چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر خستگی عملکردی بر متغیرهای فشار کف پای در مرحله استقرار راه‌رفتن نوجوانان والیبالیست با و بدون سابقه آسیب اسپرین مچ پا بود. از ۲۴ والیبالیست شرکت‌کننده در پژوهش، شاخص‌های فشار کف پای در مرحله استقرار راه‌رفتن با استفاده از دستگاه پدو اسکن وابسته به فورمتریک، قبل و بعد از خستگی ثبت شد. خستگی، شاخص‌های فشار کف پای را در افراد بدون سابقه آسیب اسپرین مچ پا در مرحله استقرار راه‌رفتن تغییر نداد، ولی در افراد با سابقه آسیب اسپرین در مچ یک پا، در میانگین فشار کف پای با سابقه آسیب و در حداکثر فشار، سطح تماس و مدت زمان گام برداری پای بدون آسیب تفاوت معنادار مشاهده شد. به نظر می‌رسد خستگی ناشی از پرش و فرود در گروه با سابقه آسیب اسپرین مچ یک پا می‌تواند در افزایش احتمال خطر آسیب مجدد در اندام تحتانی و پاهنگام راه‌رفتن تأثیر داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** والیبال، اسپرین مچ پا، خستگی، راه‌رفتن، فشار کف پای.

## مقدمه

آسیب اسپرین اینورژن مچ پا در ورزش و فعالیت‌های روزانه بسیار رایج است. این آسیب در ورزش‌های دارای پرش و به‌ویژه در ورزش‌های تویی زیاد روی می‌دهد و در مقایسه با دیگر آسیب‌های ورزشی موجب بیشترین زمان غیبت ورزشکار فعالیت می‌شود (۱)؛ به‌عنوان مثال، ۵۲ درصد از والیبالیست‌ها یک یا بیشتر از یک آسیب را در طول یک فصل تجربه می‌کنند که پیچ‌خوردگی مچ پا شایع‌ترین آسیب حاد است و در مجموع، ناحیهٔ پا و مچ پا شایع‌ترین محل آسیب در این رشتهٔ ورزشی هستند (۲). ورزشکاران رشتهٔ والیبال باید حرکاتی سریع داشته باشند و با پرش‌های بلند، شیرجه‌های دقیق و تغییر مسیرهای ناگهانی امتیاز کسب کنند؛ به‌همین دلیل، احتمال آسیب اندام تحتانی به‌خصوص مچ پا در این ورزش زیاد است و برخورد کف پا به زمین برای انجام جابه‌جایی‌ها و پرش‌ها و فرودها مشهود است. شایع‌ترین مکانیسم در آسیب مچ پا هنگام فرود است که در والیبال شامل ۶۳ درصد می‌شود (۳، ۴). اگرچه بیشتر آسیب‌های مفصلی در نتیجهٔ ضربه و تماس مستقیم روی می‌دهند، مکانیسم‌های غیرتماسی نیز مانند فرود از پرش به‌طور مکرر سبب بروز این آسیب‌ها می‌شوند (۵). شیوع زیاد این آسیب‌ها در رشته‌های ورزشی چون والیبال، بسکتبال و فوتبال که همراه با حرکات برشی و پرشی فراوان هستند، گزارش شده است (۵)؛ به‌طوری‌که ۴۵ درصد از ضایعات مفصل مچ پا هنگام فرود از پرش روی می‌دهند (۶). فرود موفق از پرش نیازمند قدرت، ثبات و تعادل مناسب است که از عوامل مهم جلوگیری از ضایعات مفصلی هستند (۷). از آنجایی که خستگی عضلانی به‌عنوان یکی از عوامل برهم‌زنندهٔ کنترل عصبی عضلانی است، به‌نظر می‌رسد با بروز خستگی در عضلات اندام تحتانی از جمله مفصل مچ پا و تغییرات ایجادشده در فعالیت عضلات، توانایی تولید پاسخ عضلانی مناسب برای حفظ تعادل و ثبات پاسچر کاهش می‌یابد که می‌تواند به بی‌ثباتی و کاهش تعادل هنگام فرود از پرش منجر شود (۷، ۵)؛ بنابراین، به‌دلیل شیوع زیاد آسیب پیچ‌خوردگی مچ پا در والیبال، بررسی بیشتر و اعمال اقدام‌های پیشگیرانه در ناحیهٔ مچ پا در این رشتهٔ ورزشی ضروری است.

در مطالعات اندکی به بررسی نحوهٔ تغییر شاخص‌های کف پایی در شرایط خستگی عملکردی پرداخته شده است و اغلب مطالعات در افراد دارای مچ پای سالم انجام شده‌اند؛ از این‌رو، به‌نظر می‌رسد پژوهشی در زمینهٔ بررسی شاخص‌های کف پایی در شرایط خستگی ناشی از ورزش در ورزشکاران با آسیب مچ پا انجام نشده است؛ بنابراین، ضروری است نحوهٔ ارتباط خستگی و تغییر شاخص‌های فشار کف پایی در مرحلهٔ استانس راه‌رفتن در ورزشکاران با آسیب مچ پای ناپایدار، با استفاده از پروتکل خستگی عملکردی و مشابه با تمرین‌های ورزشی بررسی شود. به‌علاوه، شایع‌ترین آسیب در رشتهٔ والیبال پیچ‌خوردگی مچ پا است و شناسایی نحوهٔ تغییر

شاخص‌های فشار کف پایی در شرایط خستگی می‌تواند در تشخیص مکانیسم آسیب، طراحی وسایل حفاظتی مچ پا و همچنین، طراحی برنامه‌های تمرینی و در مجموع، برنامه‌های پیشگیری از این آسیب تأثیر فراوانی داشته باشد. در این پژوهش تأثیر خستگی عملکردی بر شاخص‌های کف پایی والیبالیست‌های با آسیب مچ پای بررسی شده است. بیشتر مطالعات از پروتکل‌های غیرمرتبط با تمرین‌های ورزشی و مسابقه‌ها برای بررسی اثر خستگی بر سیستم کنترل وضعیت قامت استفاده کرده‌اند (۸)؛ برای مثال، مارکو<sup>۱</sup> و همکاران (۹) کاهش تعادل در شرایط اعمال خستگی پا از یک دوره فعالیت وامانده‌ساز روی تردمیل با استفاده از صفحه نیرو را مشاهده کردند. حسینی مهر و همکاران (۱۰) کاهش معنادار کنترل قامت پویای افراد سالم را بعد از اعمال پروتکل خستگی کاهش، با استفاده از آزمون ستاره گزارش کردند. در مجموع، در پژوهش‌های زیادی به بررسی تأثیر خستگی عضلات بر کنترل قامت در گروه‌های افراد عادی پرداخته شده است؛ درحالی‌که به انجام پژوهش‌هایی مشابه با پژوهش حاضر در گروه‌های ورزشکار با و بدون سابقه آسیب اسپرین در مچ پا و همچنین، انجام پروتکل خستگی مرتبط با پرش و فرود که در والیبال زیاد است، کمتر توجه شده است.

عوامل بسیاری از جمله خستگی عضلانی ممکن است بر الگوی فرود و کنترل مچ پا تأثیرگذار باشند. در پژوهشی که بریزن<sup>۲</sup> و همکاران (۱۱) در سال ۲۰۱۰ در زمینه بررسی تأثیر خستگی بر بیومکانیک فرود انجام دادند، نشان دادند که بعد از خستگی با خم شدن بیشتر زانو و مچ پا و همچنین، حداکثر نیروی عکس‌العمل بیشتر زمین مواجه می‌شوند. وقتی اسپرین کناره خارجی مچ پا رخ می‌دهد، با آسیب به گیرنده‌های مکانیکی موجود در لیگامنت‌های کناره خارجی، عضلات و کپسول مفصلی مچ پا تعادل فرد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۳، ۱۲)؛ زیرا، تعادل پویای مفصل و البته تعادل پویای کل بدن به عملکرد عضلات بستگی دارد (۱۴). مفاصل اندام تحتانی نیز تحت تأثیر آسیب مفصل مچ پا متحمل تغییراتی در حفظ تعادل و مکانیسم‌های تعادل و تغییرات در اداکتورها، اداکتورها، فلکسور و اکستنسورهای مفصل ران برای حفظ تعادل خواهند شد. به‌طور بالقوه، همه ناهنجاری‌های عصبی، اسکلتی و عضلانی از ضعف و ناهنجاری در سیستم کنترل تعادلی ناشی می‌شوند (۱۵).

راه‌رفتن مهارت پایه‌ای و فعالیت ضروری در زندگی روزمره است و بدین دلیل، تعداد درخور توجهی از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است. در سال‌های اخیر، حوزه‌های گوناگون دانش اثر عوامل متفاوتی نظیر بیماری‌های عصبی-عضلانی، ضایعات مغزی نخاع، آسیب‌دیدگی رباطی-مفصلی، ناهنجاری‌های عضلانی-اسکلتی اندام تحتانی و خستگی را بر بیومکانیک راه‌رفتن بررسی کرده‌اند (۱۶، ۱۷). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که خستگی عضلات پیرامون یک مفصل (خستگی موضعی) می‌تواند باعث تغییر الگوی حرکت، تغییر در هم‌انقباضی عضلات آن

---

1. Marco  
2. Brazen

مفصل، تغییر در نیروی عکس‌العمل زمین و در نتیجه، افزایش خطر آسیب‌دیدگی شود؛ با وجود این، هنوز تناقض‌هایی دربارهٔ اثر خستگی موضعی عضلانی بر پارامترهای بیومکانیکی به‌ویژه نیروهای عکس‌العمل زمین وجود دارند (۱۸، ۱۷). همچنین، خستگی باعث تغییرات عصبی-عضلانی مانند کاهش قدرت عضلانی و کنترل می‌شود که ممکن است عامل کمک به آسیب باشد (۱۹، ۲۰).

از بین روش‌های تجزیه و تحلیل راه‌رفتن، اندازه‌گیری ویژگی‌های فشار کف پای یکی از روش‌های متداول و نسبتاً جدید است که عملکرد اندام تحتانی را در شرایط استاتیکی و دینامیکی به‌خصوص هنگام راه‌رفتن به‌صورت کمی بررسی می‌کند (۲۱). توزیع نامناسب نیروهای کف پای سبب ظهور حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس در ساختار اندام تحتانی می‌شود و در بروز اختلال در عملکرد عضلات مؤثر است (۱۸). بررسی ویژگی‌های فشار کف پا، نه تنها روش مناسبی برای آنالیز و شناسایی اختلال‌های راه‌رفتن است، بلکه اطلاعات مفیدی را در اختیار پژوهشگران با اهداف کلینیکی متفاوت قرار می‌دهد (۲۲). بررسی اثر خستگی بر متغیرهای فشار کف پای حین راه‌رفتن می‌تواند اطلاعات مفیدی را در آنالیز راه‌رفتن در اختیار محققین قرار دهد.

پا تنها ساختار آناتومیک بدن است که با زمین در تماس است و به‌عنوان انتهایی‌ترین بخش زنجیرهٔ حرکتی اندام تحتانی در برابر نیروهای اعمالی مقاومت می‌کند. همچنین، توزیع نامناسب نیروهای کف پای بر بروز حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس و در نتیجه، وارد آمدن بار اضافی بر بافت‌ها و ساختار پای بازیکنان در ورزش والیبال تأثیر دارد؛ بنابراین، مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی تأثیر خستگی عملکردی عضلانی تولیدشده در اندام تحتانی بعد از انجام پروتکل خستگی ناشی از پرش و فرود متوالی بر متغیرهای فشار کف پای انجام شده است. این پژوهش می‌تواند دستاوردهای درخور توجهی در زمینهٔ ارزیابی عملکرد این اندام در والیبالیست‌های نوجوان با و بدون سابقهٔ آسیب اسپرین در مچ پا داشته باشد.

## روش پژوهش

با توجه به وجود مداخله و گروه کنترل و نیز انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها، روش پژوهش حاضر از نوع نیمه‌آزمایشگاهی است. در این پژوهش، ۲۴ والیبالیست پسر نوجوان تیم منتخب شهرستان اراک به‌صورت غیراحتمالی و بر مبنای نمونه‌گیری دردسترس شرکت کردند؛ بدین‌صورت که از بین ورزشکاران منتخب تیم نوجوانان والیبال شهرستان (شرکت‌کننده‌های مسابقه‌های انتخابی)، ۱۲ نفر که در یک سال اخیر دچار آسیب اسپرین در مچ پا بودند و ۱۲ نفر از افراد فاقد آسیب اسپرین به‌عنوان گروه کنترل، برای شرکت در این مطالعه به‌عنوان نمونهٔ آماری انتخاب شدند. گروه دوم از نظر قد، وزن و سن با گروه اول هم‌تاسازی شدند. آن‌ها تنها از نظر آسیب اسپرین در مچ پا با گروه دیگر تفاوت داشتند (۲۳). ملاک انتخاب افراد با

سابقه آسیب مچ پا ارائه مدارک پزشکی مبنی بر داشتن آسیب اسپرین پا بود که به گچ گرفتن یا آتل و استراحت سه‌هفته‌ای منجر شده باشد. همچنین، با استفاده از پرسش و پاسخ، ورزشکارانی که فاقد آسیب و ناهنجاری در اندام تحتانی بودند، از این مطالعه حذف شدند. اقدام‌های لازم برای اندازه‌گیری عینی و غربالگری اولیه برای انتخاب نمونه‌ها انجام شدند. اقدام‌های اولیه از طریق مشاهده بود که شامل بررسی کف پای افراد برای طبیعی بودن و نداشتن هیچ‌گونه صافی و گودی پا بود. برای مشخص کردن نوع ساختار کف پای از روش افتادگی استخوان ناوی استفاده شد؛ بدین‌صورت که ورزشکار هنگام نشستن روی یک صندلی کف پایش را بدون تحمل وزن روی زمین قرار می‌داد. سپس، با لمس دو طرف استخوان قاپ یا تالوس توسط شست دست و انگشت اشاره، پای ورزشکار به آرامی به سمت داخل و خارج حرکت داده می‌شد؛ به طوری که انگشت اشاره و شست پژوهشگر در یک راستا قرار می‌گرفت (حالت خنثی مفصل ساب تالار). در این وضعیت ابتدا زائده استخوان ناوی علامت زده شد و سپس، فاصله بین برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین با خط‌کش اندازه‌گیری شد. سپس، از ورزشکار خواسته شد تا در حالت طبیعی روی پاها بایستد که ارتفاع برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین دوباره اندازه‌گیری شود. اختلاف بین دو اندازه‌گیری به میلی‌متر محاسبه شد و به‌عنوان میزان افتادگی استخوان ناوی در نظر گرفته شد. با توجه به نتیجه حاصل‌شده، اگر اختلاف به‌دست‌آمده بین پنج تا نه میلی‌متر باشد، کف پای فرد طبیعی در نظر گرفته می‌شود (۲۴).

پس از غربالگری، به ۲۴ نفر از والیبالیست‌های با و بدون سابقه اسپرین در مچ پا منتخب فرم رضایت‌نامه کتبی برای حضور در آزمایشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه اراک داده شد. آزمودنی‌ها به دو گروه ۱۲ نفری تقسیم شدند و در دو روز متفاوت به آزمایشگاه گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی مراجعه کردند. به هریک از گروه‌ها در ابتدای ورود به آزمایشگاه یک کاغذ داده شد که درباره توضیحات لازم درمورد کارهایی بود که باید انجام می‌دادند. همچنین، به‌طور عملی حرکاتی آموزش داده شدند که باید آزمون‌شونده‌ها انجام می‌دادند. علاوه‌براین، به سؤال‌های آزمون‌شوندگان پاسخ داده شد. سپس، قد و وزن هر آزمون‌شونده گرفته شد و نتایج ثبت شد (جدول شماره یک).

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های آزمودنی‌ها با و بدون سابقه آسیب اسپرین در مچ پا

متغیر	بدون سابقه	با سابقه	تی	معناداری
سن	۱۶/۱ ± ۴۱/۲۴	۱۶/۱ ± ۸۱/۲۵	-/۷۷	۰/۴۹
قد	۱۸۳/۸ ± ۷۵/۴۹۷	۱۸۰/۶ ± ۶۳/۶۸	۰/۹۷	۰/۳۴
وزن	۷۴/۱۲ ± ۲۱/۹۰	۶۸/۱۱ ± ۷۰/۲۰	۱/۰۹	۰/۲۹

برای ایجاد خستگی، بعد از آماده‌شدن، ۱۵ دقیقه زمان برای گرم کردن در نظر گرفته شد. این پروتکل برای خستگی اندام تحتانی از پرش و فرود متوالی ناشی می‌شود که در ورزش والیبال

استفاده می‌شود (۲۵). این پروتکل خستگی دومرحله‌ای به شرح زیر استفاده شد: مرحله اول به تکمیل چهار ست پرش ایستایی عمودی مربوط بود که شامل ۳۰ پرش در هر ست توسط آزمون‌شوندگان (۳۰ ثانیه استراحت بین هر ست) بود؛ به نحوی که شخص دست‌های خود را روی کمر (باسن) نگه داشته بود و کمر بند وزن (تقریباً ۱۰ درصد وزن بدن) پوشیده بود. حرکت پرش عمودی<sup>۱</sup> به دلیل گوناگونی استراتژی پرش که می‌تواند بر عملکرد عضلات تأثیرگذار باشد، استاندارد شده است (۲۵). حرکت پرش ایستایی عمودی با کمر بند وزن<sup>۲</sup> ادامه یافت تا فرد به ۲۵ تا ۳۰ درصد کاهش در حداکثر ارتفاع پرش عمودی رسید (این میزان با استفاده از آزمون پرش عمودی سارجنت و مقایسه آن با آزمون گرفته‌شده در ابتدای آزمون سنجیده شد) که پس از آن یک ست نهایی ۳۰ پرش ایستایی عمودی بدون کمر بند وزن انجام گرفت. به سرعت فرد به دنبال تمرین خستگی پنج پرش با افت آرا در توالی با سرعت انجام داد. مرحله دوم پروتکل خستگی شامل تکرار مرحله اول توسط آزمودنی بود؛ البته آزمودنی‌ها تعداد کمتری (دو تا سه ست) از ست‌ها را با کمر بند وزن انجام دادند تا به همان ۲۵ تا ۳۰ درصد کاهش در حداکثر پرش عمودی خود برسند. دوباره یک ست نهایی پرش ایستایی عمودی بدون کمر بند وزن انجام گرفت. بلافاصله بعد از مرحله دوم، هر فرد پنج حرکت سه‌گام اسپیک را با سرعت و توالی انجام داد که باید حرکتی باشد که در مرحله اول انجام نشده باشد.



شکل ۱- انجام پروتکل خستگی

متغیرهای فشار کف پایی در مرحله استانس راه رفتن با استفاده از دستگاه پدو اسکن وابسته به فورمتریک با ضریب پایایی<sup>۳</sup> ( $ICC > 0.75$ ) و ضریب تغییر<sup>۴</sup> ( $CVs < 28\%$ ) (۲۶) ساخت

1. Standing vertical Jump (SVJ)
2. Standing vertical Jump Weight (SVJW)
3. Drop Jump Movement (DJM)
4. Intraclass Correlation Coefficients (ICCs)
5. Coefficients of Variation (CVs)

کشور آلمان مدل ۷۵۱ (FB Manual) (شکل شماره دو)، قبل و بعد از خستگی ناشی از پرش و فرود اندازه‌گیری شدند.



شکل ۲- دستگاه پدو اسکن

آزمودنی‌ها با پای برهنه مسیری ده‌متری را با سرعت انتخابی خود، هنگام راه‌رفتن عادی طی می‌کردند؛ به طوری که از آزمودنی خواسته شد روی دستگاه پدو اسکن ابتدا با پای راست گام بردارد و پس از طی مسیر ده‌متری شخص برگردد و با پای چپ روی دستگاه گام بردارد و مسیر را ادامه دهد. حرکت گام‌برداری سه بار متوالی و با استراحت یک دقیقه بین هر یک‌بار رفت‌و برگشت صورت گرفت و اندازه‌گیری مرحله استانس تجزیه و تحلیل شد. قبل از اجرای آزمون اصلی به آزمودنی‌ها آموزش لازم مبنی بر شیوه راه‌رفتن روی دستگاه پدو اسکن ارائه شد و آزمودنی‌ها برای تطابق و آشنایی با مراحل آزمایش چند بار مسیر راه‌رفتن را به‌طور آزمایشی طی کردند. دستگاه اطلاعات هر گام‌برداری را در هر دو پا ثبت کرد. این اطلاعات شامل متغیرهای حداکثر فشار برحسب نیوتن بر سانتی‌متر مربع، مدت زمان گام‌برداری برحسب میلی‌ثانیه، میانگین فشار برحسب نیوتن بر سانتی‌متر مربع و سطح تماس برحسب سانتی‌متر مربع بود. داده‌ها در نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. نسخه ۲۲ با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، با استفاده از آزمون تی همبسته برای مقایسه داده‌های هر گروه قبل و بعد از خستگی و با استفاده از آزمون تی مستقل برای مقایسه دو گروه با و بدون سابقه اسپرین مچ پا، در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل آماری شدند.

1. SPSS  
2. Kolmogorov-Smirnov Test



شکل ۳- راه رفتن با پای چپ و پای راست روی دستگاه پدو اسکن

## نتایج

در جدول شماره دو، میانگین و انحراف استاندارد و نتیجه آماری فشار کف پایی (چپ و راست) قبل و بعد از خستگی در مرحله استانس راه رفتن نوجوانان والیبالیست بدون سابقه آسیب اسپرین در مچ پا نشان داده شده است. براساس این جدول، در افراد بدون سابقه آسیب اسپرین در مچ پا، بعد از خستگی متغیرهای میانگین فشار، ماکزیمم فشار و سطح تماس افزایش یافتند و متغیر مدت زمان گام برداری کاهش یافت، اما هیچ یک از این تغییرات معنادار نبودند.

جدول ۲- میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد و نتیجه آماری مقایسه متغیرهای فشار کف پایی (چپ و راست) قبل و بعد از خستگی در مرحله استانس راه رفتن نوجوانان والیبالیست بدون سابقه آسیب

اسپرین در مچ پا

معناداری	تی	خستگی		اندام	متغیر
		بعد	قبل		
۰/۱۹	-۱/۳۸	۰/۰ $\pm$ ۸۶/۱۶	۰/۰ $\pm$ ۷۹/۱۲	راست	میانگین فشار کف پا
۰/۶۱	-۰/۵۲	۰/۰ $\pm$ ۹۱/۱۸	۰/۰ $\pm$ ۸۸/۱۳	چپ	(نیوتن بر سانتی متر مربع)
۰/۵۸	-۰/۵۷	۱۵/۳ $\pm$ ۹۲/۷۱	۱۵/۲ $\pm$ ۲۵/۸۱	راست	ماکزیمم فشار کف پا
۰/۴۴	-۰/۸۱	۱۷/۶ $\pm$ ۸۲/۵۸	۱۶/۳ $\pm$ ۳۱/۶۰	چپ	(نیوتن بر سانتی متر مربع)
۰/۶۶	-۰/۴۵	۷۷۱/۶۰ $\pm$ ۴۵/۷۵	۷۶۴/۵۹ $\pm$ ۱۸/۱۳	راست	مدت زمان
۰/۷۲	۰/۳۷	۷۵۰/۶۱ $\pm$ ۰/۴۵	۷۵۵/۵۷ $\pm$ ۸۲/۳۸	چپ	گام برداری (میلی ثانیه)
۰/۴۱	-۰/۸۵	۲۰۹/۲۷ $\pm$ ۵۱/۸۲	۲۰۶/۲۹ $\pm$ ۵۰/۲۱	راست	سطح تماس پا
۰/۳۴	-۰/۹۹	۲۰۳/۴۱ $\pm$ ۲۶/۲۳	۲۰۰/۶۷ $\pm$ ۳۱/۵۵	چپ	(سانتی متر مربع)



در جدول شماره سه، میانگین و انحراف استاندارد مقادیر متغیرهای فشار کف پایی (پای سالم و پای آسیب‌دیده) افراد با سابقه آسیب اسپرین در مچ پا در مراحل قبل و بعد از خستگی در مرحله استقرار راه‌رفتن نشان داده شده است. در افراد با سابقه آسیب اسپرین در مچ پا بعد از اعمال خستگی متغیرهای میانگین فشار، حداکثر فشار کف پای با سابقه آسیب و سطح تماس افزایش یافت و متغیرهای میانگین فشار کف پای بدون آسیب و مدت زمان گام‌برداری کاهش یافتند و در متغیرهای میانگین فشار کف پای با سابقه آسیب، حداکثر فشار کف پای با سابقه آسیب، مدت زمان گام‌برداری (استپ) پای بدون آسیب و سطح تماس پای بدون آسیب تفاوت معنادار مشاهده شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد متغیرهای فشار کف پایی قبل و بعد از خستگی در مرحله استانس راه‌رفتن نوجوانان والیبالیست با سابقه آسیب اسپرین در مچ پا

معناداری	تی	خستگی		اندام	متغیر
		بعد	قبل		
۰/۵۷	-۰/۵۸	۰/۰ $\pm$ ۸۷/۱۳	۰/۰ $\pm$ ۸۴/۱۶	بدون آسیب	میانگین فشار کف پا
۰/۰۲	۲/۶۳	۰/۰ $\pm$ ۹۱/۱۸	۰/۰ $\pm$ ۸۳/۱۳	با آسیب	(نیوتن بر سانتی متر مربع)
۰/۰۴۹	۲/۲۳	۱۵/۲ $\pm$ ۳۰/۷۴	۱۸/۳ $\pm$ ۲۵/۶۱	بدون آسیب	ماکزیمم فشار کف پا
۰/۸۵	-۰/۲۰	۱۵/۹۴ $\pm$ ۲۷	۱۵/۳ $\pm$ ۶۲/۱۸	با آسیب	(نیوتن بر سانتی متر مربع)
۰/۰۲۱	۲/۷۲	۷۱۴/۳۸ $\pm$ ۲۷/۳۹	۷۶۰/۴۶ $\pm$ ۰۹/۴۲	بدون آسیب	مدت زمان گام برداری
۰/۲۱	۱/۳۴	۷۰۴/۹۸ $\pm$ ۶۳/۷۳	۷۶۲/۷۱ $\pm$ ۵۴/۳۰	با آسیب	(میلی ثانیه)
۰/۰۴۶	-۲/۲۷۸	۲۰۴/۲۳ $\pm$ ۰۹/۳۳	۱۹۹/۲۳ $\pm$ ۱۴/۳۹	بدون آسیب	سطح تماس پا
۰/۶۷	-۰/۴۰	۲۰۰/۲۰ $\pm$ ۷۱/۵۴	۱۹۹/۲۵ $\pm$ ۲۱/۴۶	با آسیب	(سانتی مترمربع)

در جدول شماره چهار، میانگین و انحراف استاندارد تفاضل متغیرهای فشار کف پایی قبل و بعد از خستگی در مرحله استانس راه‌رفتن نوجوانان والیبالیست در دو گروه با و بدون سابقه آسیب اسپرین در مچ پا نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بین متغیرها تفاوت معنادار وجود ندارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد تفاضل متغیرهای فشار کف پای قبل و بعد از خستگی در مرحله استانس راه رفتن نوجوانان والیبالیست در دو گروه با و بدون سابقه آسیب اسپرین در میچ پا (نیوتن بر سانتی متر مربع)

متغیر	بدون سابقه	با سابقه	تی	معناداری
تفاضل میانگین بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای راست	$0.0 \pm 0.7/17$	$-0.0 \pm 1.8/16$	۱/۲۳	۰/۶۴
تفاضل میانگین بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای چپ	$0.0 \pm 0.3/17$	$0.0 \pm 0.1/17$	۰/۲۴	۰/۹۶
تفاضل ماکزیمم بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای راست	$0.3 \pm 6.7/88$	$-1.4 \pm 4.4/38$	۱/۱۹	۰/۷۶
تفاضل ماکزیمم بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای چپ	$1.6 \pm 5.2/21$	$-0.6 \pm 7.4/0.4$	۰/۸۶	۰/۸۸
تفاضل مدت زمان گام برداری بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای راست	$7/52 \pm 27/99$	$-3.8/79 \pm 36/49$	۱/۵۸	۰/۲۷
تفاضل مدت زمان گام برداری بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای چپ	$-5/51 \pm 81/91$	$-6.5/130 \pm 36/0.7$	۱/۴۱	۰/۳۰
تفاضل سطح تماس بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای راست	$3/11 \pm 0.1/74$	$2/4 \pm 7.0/17$	۰/۰۸	۰/۱۳
تفاضل سطح تماس بعد از خستگی از قبل از فشار کف پای چپ	$2/9 \pm 7.4/19$	$0/12 \pm 8.4/28$	۰/۴۰	۰/۹۴

## بحث و نتیجه گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر خستگی عملکردی عضلانی تولیدشده در اندام تحتانی بعد از انجام پروتکل خستگی ناشی از پرش و فرود متوالی بر ویژگی‌های فشار کف پای، در مرحله استقرار راه رفتن والیبالیست‌های با و بدون سابقه آسیب اسپرین در میچ پا بود. نتایج پژوهش نشان داد که در افراد بدون سابقه آسیب اسپرین در میچ پا، بعد از خستگی متغیرهای میانگین فشار، ماکزیمم فشار و سطح تماس افزایش یافتند و متغیر مدت زمان گام برداری کاهش یافت، اما هیچ‌یک از این تغییرات معنادار نبودند؛ یعنی احتمالاً خستگی ناشی از پرش و فرود تأثیر درخور توجهی بر ویژگی‌های فشار کف پای نداشته است. با مروری بر ادبیات پژوهش، مطالعه‌ای که در آن ویژگی‌های فشار کف پای را پس از خستگی ناشی از پرش و فرود سنجیده شده باشند، مشاهده نشد؛ به همین دلیل، امکان مقایسه مستقیم پژوهش حاضر با مطالعات گذشته وجود ندارد. از طرفی، مطالعات معدودی نیز به بررسی اثر خستگی عمومی و موضعی عضلات اندام تحتانی بر توزیع فشار کف پا پرداخته‌اند که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

در مطالعه بوزاری<sup>۱</sup> و همکاران (۲۷)، اثر خستگی بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در افراد با کف پای صاف در مقایسه با افراد با پای طبیعی درحین راهرفتن بررسی شد. نتایج در لحظه انتقال وزن روی پاشنه تفاوت معناداری را در هر دو گروه نشان نداد؛ اگرچه افزایش معناداری در لحظه تماس کف پا با زمین (نیروی عمق فرورفتگی) در گروه پای صاف دیده شد و هر دو گروه نیز دچار کاهش نیرو در لحظه انتقال وزن روی پنجه پس از خستگی شدند. لانگپر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۸) تغییرات کینماتیکی، کینتیکی و الکترومایوگرافی عضلات اکستنسور و فلکسور زانو را در هنگام راهرفتن در پاسخ به خستگی عضلانی اندام تحتانی بررسی کردند. نتایج کاهش حداکثر گشتاور ایزومتریکی را نشان داد؛ اگرچه تغییر معنادار در گشتاور اداکشنی، دامنه حرکتی فلکشن، سفتی دینامیکی و هم‌انقباضی عضلات اطراف زانو مشاهده نشد. در این پژوهش لانگپر و همکاران مدعی شدند که خستگی عضلات اطراف زانو نمی‌تواند تغییرات درخور توجهی را در مکانیک زانو ایجاد کند. با توجه به نتایج پژوهش احتمالاً بتوان ادعا کرد که بعد از خستگی تغییرات زیادی در مکانیک مفصل زانو ایجاد نمی‌شوند؛ بنابراین، خستگی می‌تواند نیرو را روی کف پا انتقال دهد و باعث تغییر در متغیرهای فشار کف پای شود. در پژوهش حاضر متغیرهای فشار کف پای تغییر کردند و نتیجه این پژوهش می‌تواند علتی برای این توجیه این تغییرات باشد.

همان‌طور که اشاره شد، مطالعات مربوط به خستگی بر متغیرهای بیومکانیکی راهرفتن پایدار در افراد سالم اندک هستند و بیشتر آن‌ها نیز تغییرات جزئی را گزارش کرده‌اند (۲۹، ۳۰). با وجود تفاوت متغیرها و تکنیک‌های اندازه‌گیری در مطالعات اشاره‌شده با پژوهش پیش‌رو، نتایج مطالعه حاضر درباره این مطلب که خستگی عضلات اندام تحتانی بر متغیرهای وابسته در افراد بدون آسیب اثر درخور توجه ندارد، همسو است.

حاجیلو و همکاران (۳۱) اثر خستگی موضعی عضلات چهارسر ران را بر ویژگی‌های فشار کف پای مردان دانشگاهی بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که در توزیع فشار کف پای در ۱۰ منطقه آناتومیک کف پا حداکثر فشار واردشده در ناحیه انگشت شست پا، ناحیه استخوان‌های کف پای اول، سوم، چهارم و پنجم و ناحیه خارجی پاشنه، پس از اعمال خستگی افزایش معناداری پیدا می‌کند. همچنین، پس از خستگی در مرحله تماس پاشنه، مرکز فشار به‌طور معناداری به سمت خارج محور طولی پا و در مرحله پیشروی به سمت داخل محور طولی پا متمایل می‌شود. براساس این یافته‌ها، حاجیلو و همکاران نتیجه گرفتند که این تغییرات می‌تواند خطر آسیب‌های اندام تحتانی را افزایش دهند. نتایج پژوهش حاضر با توجه به اینکه از خستگی عملکردی استفاده شده است، با نتیجه مطالعه آن‌ها مرتبط است و باعث افزایش متغیرهای فشار کف پای شده است و نشان می‌دهد که این خستگی باعث تغییر در بیومکانیک فرود شده

است و این تغییرات نیز باعث افزایش متغیرها در هنگام راه رفتن شده‌اند. ینگوئز<sup>۱</sup> (۳۲) به بررسی اثرهای خستگی در توزیع فشار کف پا در افراد مبتلابه بی‌ثباتی مزمن مچ پا بعد از انجام کار پرش و فرود پرداخت. آزمودنی‌ها در جلسهٔ آزمون بعد از انجام کار پرش و فرود، با استفاده از کفی کفش قبل و بعد از پروتکل خستگی سمو<sup>۳</sup> شرکت کردند. در این مطالعه یافتهٔ آماری معناداری برای گروه، زمان و گروه تعامل زمان برای هر یک از متغیرها وجود نداشت. وبستر<sup>۴</sup> (۳۳) به اندازه‌گیری فشار کف پا و اثرهای خستگی در فعالیت عضلانی در افراد با و بدون بی‌ثباتی مزمن مچ پا پرداخت. این مطالعه با هدف اندازه‌گیری فشار قله در کف پا و تأثیر خستگی بر چهار عضلهٔ اندام تحتانی در طول پریدن (لی‌لی‌کردن) جانبی در افراد بدون بی‌ثباتی و با بی‌ثباتی مچ پا انجام شد. نتایج تفاوت معناداری را در اوج فشار بین دو گروه برای مناطق فشار کف پا نشان داد. اندازه‌گیری عضلهٔ لونگوس پروئوس و سرینی بزرگ نشان داد که قبل از فرود پرش جانبی فعالیت می‌کند؛ اگرچه تفاوت معناداری برای خستگی مشاهده نشد. در این مطالعه پروتکل خستگی با آنچه در پژوهش حاضر انجام شد، متفاوت است و همچنین، داده‌های حاصل از پرش جانبی روی صفحه نیرو اندازه‌گیری شدند و برای ثبت فعالیت الکتریکی عضله از الکترومایوگرافی استفاده شد.

بیشاکز<sup>۵</sup> و همکاران (۳۴) اثر خستگی عمومی ناشی از دویدن را بر توزیع فشار کف پایي درحین راه رفتن بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که حداکثر فشار کف پایي در نواحی استخوان‌های کف پایي دوم و سوم افزایش یافت و در نواحی میانی کف پا و انگشت شست کاهش پیدا کرد. مطالعهٔ نگال<sup>۶</sup> و همکاران (۳۵) افزایش حداکثر فشار را در نواحی استخوان‌های دو تا پنج کف پایي، پس از خستگی ناشی از دویدن نشان داد. آن‌ها علت این افزایش فشار در سر استخوان‌های کف پایي را به خستگی موضعی عضلات نسبت دادند و بیان کردند که با بروز خستگی عضلات، عملکرد کنترل‌کنندگی عضلات اندام تحتانی کاهش می‌یابد و در نتیجه، در نحوهٔ بارگیری نقاط گوناگون پا تغییر ایجاد می‌شود. مطابقت‌نداشتن نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های مطالعات یادشده در زمینهٔ ایجاد خستگی در گروه‌های عضلانی متفاوت با روش‌های گوناگون، شاید دلیل اصلی باشد. در پژوهش حاضر نقش خستگی عملکردی ناشی از پرش و فرود در راه رفتن بررسی شده است. تیجس<sup>۷</sup> و همکاران (۳۶) در مطالعهٔ آینده‌نگر خود ریسک فاکتورهای راه رفتن را در ابتلابه درد کشگی-رانی در دوندگان مبتدی بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که افزایش فشار در سر استخوان‌های کف پایي دوم و سوم با ابتلابه سندرم درد

- 
1. Yniguez
  2. Chronical Ankle Instability (CAI)
  3. Modified Southeast Missouri (SEMO)
  4. Webster
  5. Bisiaux
  6. Nagel
  7. Thijs

کشگی-رانی مرتبط است. در مطالعه‌ای که ویست<sup>۱</sup> و همکاران (۳۷) در زمینه اثر خستگی عمومی بر توزیع فشار کف پا هنگام دویدن انجام دادند، گزارش دادند که حداکثر فشار در نواحی استخوان‌های کف پایي دوم و سوم افزایش یافت، ولی در نواحی دیگر تفاوت‌ها معنادار نبود.

در این مطالعه محدودیت‌هایی که پژوهشگر آن‌ها را کنترل کرد، عبارت بودند: جنس آزمودنی‌ها، سن آزمودنی‌ها، سطح فعالیت آزمودنی‌ها، نبود سابقه آسیب (به استثنای آسیب در مچ پا که در پژوهش مدنظر بوده است)، به‌ویژه در اندام تحتانی که به ایجاد تغییر در الگوی فرود منجر شود. همچنین، محدودیت‌های خارج از کنترل پژوهشگر عبارت بودند از: کنترل‌نشدن ویژگی‌های روانی و روحی آزمودنی‌ها، کنترل‌نشدن سایر فعالیت‌های ورزشی و تفریحی آزمودنی‌ها، میزان انگیزش آزمودنی‌ها، میزان خواب و استراحت کافی آزمودنی‌ها و استرس ناشی از محیط آزمایشگاه.

باتوجه به یافته‌های پژوهش می‌توان گفت که خستگی ناشی از پرش و فرود باعث ایجاد تغییراتی در متغیرهای فشارهای کف پایي و تغییر مکانیسم حرکتی مفاصل پا می‌شود که این عوامل می‌توانند باعث ایجاد درد و آسیب‌دیدگی‌های اندام تحتانی شوند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در افراد بدون سابقه آسیب اسپرین در مچ پا، بعد از خستگی متغیرهای میانگین فشار، ماکزیمم فشار و سطح تماس افزایش یافتند و متغیر مدت زمان گام‌برداری کاهش یافت، اما هیچ‌یک از این تغییرات معنادار نبودند. این یافته می‌تواند بدین معنی باشد که خستگی ناشی از پرش و فرود تأثیر درخور توجهی بر ویژگی‌های فشار کف پایي نداشته است؛ اما در افراد با سابقه آسیب در مچ پا بعد از خستگی متغیرهای میانگین فشار، حداکثر فشار کف پای با سابقه آسیب اسپرین در مچ پا و سطح تماس افزایش یافتند و متغیرهای میانگین فشار کف پای بدون آسیب اسپرین در مچ پا و مدت زمان گام‌برداری کاهش یافت. در متغیرهای میانگین فشار کف پای با سابقه آسیب اسپرین در مچ پا، حداکثر فشار کف پای با سابقه آسیب اسپرین در مچ پا، مدت زمان گام‌برداری (استپ) پای بدون آسیب اسپرین در مچ پا و سطح تماس پای بدون آسیب اسپرین در مچ پا، تفاوت معنادار مشاهده شد. آگاهی از تأثیر خستگی بر متغیرهای بیومکانیکی راه‌رفتن می‌تواند در پیشگیری از آسیب‌دیدگی مفید باشد؛ از این‌رو، پیشنهاد می‌شود بعد از انجام فعالیت‌هایی که پرش و فرودهای زیاد دارند و باعث خستگی عضلات مؤثر در پرش و اندام تحتانی می‌شوند، میزان زمان مناسبی برای رفع خستگی به این اندام اختصاص داده شود و از پرش و فرودهای متوالی بعد از خستگی خودداری شود.

## منابع

1. Ozer D, Senbursa G, Baltaci G, Hayran M. The effect on neuromuscular stability, performance, multi-joint coordination and proprioception of bare foot, taping or preventative bracing. *Foot*. 2009;19(4):205-10.
2. Augustsson SR, Augustsson J, Thomee R, Svantesson U. Injuries and preventive actions in elite Swedish volleyball. *Scand J Med Sci Sports*. 2006; 16:433-40.
3. McNitt-Gray J.L, Hester D.M, Mathiyakom W, Munkasy B.A. Mechanical demand and multijoint control during landing depend on orientation of the body segments relative to the reaction force. *J Biomech*. 2001; 34(11): 1471-82.
4. Verhagen E, Van der Beek A, Bouter L, Bahr R.M, Van Mechelen W. A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *Br J Sports Med*. 2004;38(4):477-81.
5. Wikstrom EA, Powers ME, Tillman MD. Dynamic stabilization time after isokinetic and functional fatigue. *J Athl Train*. 2004;39(3):247-53.
6. Wikstrom EA, Arrigenna MA, Tillman MD, Borsa PA. Dynamic postural stability in subjects with braced, functionally unstable ankles. *J Athl Train*. 2006;41(3):245-50.
7. Greig M, Waker-Johnson C. The influence of soccer- specific fatigue on functional stability. *Phys Ther Sport*. 2007; 8:185-90.
8. Gregory MG, Nicole DJ, Kristin AD, Sarah EM, Thomas WK. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle. *J Sport Rehabil*. 2007; 16:295-306.
9. Marco B, Emanuela F. Postural control after a strenuous treadmill exercise. *J Neuroscience Letters*. 2007; 418(3):276-81.
10. Hosseinimehr H, Daneshmandi H, Norasteh A. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *Physics International*. 2010;1(1):22-6.
11. Brazen DM, Todd MK, Ambegaonkar JP, Wunderlich R, Peterson C. The effect of fatigue on landing biomechanics in single-leg drop landings. *Clin Sports Med*. 2010;20(4):286-92.
12. Perrin PP, Bene MC, Perrin CA, Durupt D. Ankle trauma significantly impairs posture control- A study in basketball players and controls. *Int J Sports Med*. 1997; 18:387-92.
13. Rozzi SL, Lephart SM, Sterner R, Kuligowski L. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999;29(8):478-86.
14. Hertel J. Functional Anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train*. 2002;37(4):364-75.
15. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995; 3:193-214.
16. Paillard, T. Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neurosci Biobehav Rev*. 2012;36(1):162-76.
17. Qu X, Yeo JC. Effects of load carriage and fatigue on gait characteristics. *J Biomech*. 2011;44(7):1259-63.
18. Know OY, Mueller MJ. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressure in people with diabetic neuropathies. *Physical Therapy*. 2001; 81:828-35.

19. Chappell JD, Herman DC, Knight BS, Kirkendall DT, Garrett WE, Yu B. Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *Am J Sports Med.* 2005;33(7):1022-9.
20. Roos H, Ostenberg A. Injury risk factors in female European football: A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports.* 2000; 10:279-85.
21. Firth J, Turner D, Smith W, Woodburn J, Helliwell P. The validity and reliability of PressureStat for measuring plantar foot pressures in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Biomech.* 2007;22(5):603-6.
22. Safaei-Pour Z, Ebrahimi E, Saeedi H, Kamali M. Investigation of Dynamic Plantar Pressure Distribution in healthy adults during standing and walking. *J Rehabil.* 2009;10(2):8-15.
23. Andreia SP, João L, Bianca C, Rubim S. The effect of fatigue caused by consecutive jump- landing on plantar pressure characteristics during stance phase of walking in adolescent volleyball players with and without sprain ankle injury. *J Athl Train.* 2017;52(4):360-7.
24. Cote KP, Brunet, Gansneder BM, Shultz SJ. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J Athl Train.* 2005;40(1):41-46.
25. Suzi E. The effects of fatigue on landing in beach volleyball: Implications for patellar tendinosis [Unpublished masters' thesis]: [New South Wales, Australia]. University of Wollongong; 2002.
26. Xu C, Wen XX, Huang LY, Shang L, Cheng XX, Yan YB, Lei W. Normal foot loading parameters and repeatability of the footscan platform system. *J Foot Ankle Res.* 2017;10(30):2-10.
27. Boozari S, Jamshidi AA, Sanjari MA, Jafari H. Effect of functional fatigue on vertical ground-reaction force in individuals with flat feet. *J Sport Rehabil.* 2013;22(3):177-83.
28. Longpré HS, Potvin JR, Maly MR. Biomechanical changes at the knee after lower limb fatigue in healthy young women. *Clin Biomech.* 2013;28(4):441-7.
29. Toebes MJ, Hoozemans MJ, Dekker J, van Dieën JH. Effects of unilateral leg muscle fatigue on balance control in perturbed and unperturbed gait in healthy elderly. *Gait Posture.* 2014;40(1):215-9.
30. Barbieri FA, Santos PC, Lirani-Silva E, Vitório R, Gobbi LT, van Dieën JH. Systematic review of the effects of fatigue on spatiotemporal gait parameters. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013;26(2):125-31.
31. Hajilu B, Anbarian M, Sepehrian M, Esmaeili H. The effect of quadriceps muscle fatigue on foot plantar pressure distribution during stance phase of walking. *RJMS.* 2014; 21:1-8. (In Persian)
32. Yniguez SL. The effects of fatigue on plantar pressure distribution in subjects with chronic ankle instability after jump-landing task [Unpublished masters' thesis]: [Toledo]. University of Toledo, College of Health Sciences; 2011.
33. Webster KA. Measures of plantar pressure and influences of fatigue on muscle activation in subjects with and without chronic ankle instability may; 2010. Available at: [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=toledo1271361172](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=toledo1271361172)
34. Bisiaux M, Moretto P. The effects of fatigue on plantar pressure distribution in walking. *Gait Posture.* 2008;28(4):693-8.
35. Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 111 marathon runners. *Gait Posture.* 2008;27(1):152-5.

36. Thijs Y, De Clercq D, Roosen P, Witvrouw E. Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners. *Br J Sports Med.* 2008; 42:466-71.
37. Weist R, Eils E, Rosenbaum D. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *Am J Sports Med.* 2004;32(8):1893-8.

### ارجاع دهی

فرزانی امین، صادقی حیدر، فتاحی علی. تأثیر خستگی ناشی از پرش و فرود بر شاخص‌های فشار کف پایی در مرحله استقرار راه رفتن نوجوانان والیبالیست با و بدون سابقه آسیب اسپرین مچ پا. *مطالعات طب ورزشی. بهار و تابستان ۱۳۹۸؛ ۱۱(۲۵): ۲۲-۲۰۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/smj.2020.7292.1367*

Farzami A, Sadeghi H, Fattahi A. The Effect of Fatigue Caused by Consecutive Jump-Landing on Plantar Pressure Characteristics During Stance Phase of Walking in Adolescent Volleyball Players with and Without Sprain Ankle Injury. *Sport Medicine Studies. Spring & Summer 2019; 11(25): 207-22. (In Persian). DOI: 10.22089/smj.2020.7292.1367*



## The Effect of Fatigue Caused by Consecutive Jump-Landing on Plantar Pressure Characteristics During Stance Phase of Walking in Adolescent Volleyball Players with and Without Sprain Ankle Injury

A. Farzami<sup>1</sup>, H. Sadeghi<sup>2</sup>, A. Fattahi<sup>3</sup>

1. PHD student of physical education and sport science in Sport Biomechanics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran
2. Full Professor, Sport Biomechanics and Injuries, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran (Corresponding Author)
3. Assistant Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

Received: 2019/08/10

Accepted: 2020/04/04

---

### Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of fatigue caused by jump-landing on plantar pressure characteristics during stance phase of gait. 24 adolescent volleyball players with and without a history of ankle sprain injury participated. Maximum Sole Foot Pressure characteristics during stance phase of gait were collected and analyzed by a Pedo Scan device correlating to Formetric before and after the fatigue protocol. No significant difference seen between plantar pressure characteristics of players without a history of unilateral ankle injury, while there was a significant difference in between players with a history of unilateral ankle injury between average pressure on injured ankle and maximum pressure, step duration and the plantar contact area on non-injured ankle. Due to results, it seems fatigue from consecutive jumping and landing protocol in the group with a history of unilateral ankle injuries can increase risk of lower limb injury in gait.

**Keywords:** Volleyball, Ankle Sprain, Fatigue, Gait, Plantar Pressure

---

- 
1. Email: amin.farzami@gmail.com
  2. Email: sadeghih@yahoo.com
  3. Email: fattahiali81@gmail.com