

## تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کفپایی اندام برتر و غیر برتر

سمیرا انتظاری<sup>\*</sup>، رغد معمار<sup>۲</sup>، مریم کاکاوند<sup>۱</sup>

۱. کارشناس ارشد بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

۲. استادیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۱۰

## چکیده

هدف این پژوهش، مطالعه تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کفپایی، نیروی عکس‌العمل زمین و سطح تماس اندام برتر و غیربرتر تکواندوکاران زن نخبه است. در این مطالعه، ۱۰ تکواندوکار زن نخبه انتخاب شدند. توزیع فشار کفپایی و نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و سطح تماس نواحی مختلف کف پا با استفاده از دستگاه emed ارزیابی شد. اطلاعات به دست آمده با استفاده از آزمون تی وابسته و تقارن بین دو اندام با استفاده از فرمول شاخص تقارن ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد تفاوت معناداری در میزان سطح تماس ناحیه سه‌انگشت آخر و همچنین عدم تقارن بین دو اندام وجود دارد. این عدم تقارن در توزیع فشار می‌تواند با آسیب‌های عضلانی یا بافتی مانند التهاب فشیای کف پا یا استرس فرکچر سر استخوان‌های کفپایی مرتبط باشد. بنابراین، در این رشته ورزشی لازم است با انجام تمرینات ویژه به ایجاد توازن و تقارن بیشتر در اندام تحتانی کمک شود تا آسیب‌های ناشی از این عدم تقارن به حداقل برسد. کلیدواژه‌ها: تکواندو، توزیع فشار کفپایی، تقارن، اندام برتر و غیربرتر.

## Effect of taekwondo on plantar pressure distribution symmetry in dominant and non-dominant limb

Entezari, S<sup>1</sup>., Memar, R<sup>2</sup>., Kakavand, M<sup>1</sup>.

1. Master of Science, Sports Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran

2. Assistant Professor, Sports Biomechanic, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Kharazmi University, Iran

## Abstract

The aim of this study was the comparison of plantar pressure distribution, vertical ground reaction force and contact area between dominant and non-dominant limb in top-flight females taekwondo. 10 healthy young top-flight females taekwondo were selected. plantar pressure, vertical ground reaction force and contact area were evaluated by emed system. The obtained data were analyzed by paired -t test and Symmetry index significance difference in toes 3-5 contact area between dominant and non dominant limb. In addition Symmetry index for each parameter indicate asymmetry between limbs. The most ground reaction force and plantar pressure applied on heel region and metatarsal 3-5 and the least ground reaction force and plantar pressure applied on toe 2 and toes 3-5 in both limb.

**Keywords:** Taekwondo, Symmetry in Gait, Plantar Pressure, Dominant and Non-Dominant Limb.

## مقدمه

پا ساختار آناتومیکی بدن است که با زمین در تماس است و به منزله‌ی انتهایی‌ترین بخش اندام تحتانی در برابر نیروهای اعمالی مقاومت می‌کند (۱). روش‌های متنوعی جهت مطالعه نیروهای وارد بر پا موجود است که از متداول‌ترین و جدیدترین این روش‌ها می‌توان به اندازه‌گیری فشار کف پا با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار اشاره کرد. در اندازه‌گیری توزیع فشار کف پا عملکرد اندام تحتانی در وضعیت استاتیکی و دینامیکی به‌خصوص هنگام راه رفتن به صورت کمی تحت ارزیابی قرار می‌گیرد (۲). همچنین، از این وسیله می‌توان در تشخیص مشکلات اندام تحتانی (۳)، طراحی کفش (۴)، بیومکانیک ورزش (۷-۵) و جلوگیری از آسیب استفاده کرد. در بیشتر پژوهش‌های انجام شده تأثیر عوامل ساختاری مختلف مانند سن، جنس، شاخص توده‌بدنی، ناهنجاری‌های اسکلتی و همچنین کاربرد

\* . s.entezari92@gmail.com

دستگاه‌های متفاوت در اندازه‌گیری فشار بررسی شده‌است، ولی مطالعات بسیار محدودی در زمینه‌ی تأثیر انواع ورزش بر نحوه توزیع فشار کف پا موجود است. از دیگر فرضیه‌هایی که در باب مطالعه توزیع فشار کف‌پایی وجود دارد، بحث مربوط به تقارن در توزیع فشار کف‌پای اندام برتر و غیربرتر است. اهمیت این موضوع تنها به بررسی راه‌رفتن افراد بیمار، سنین مختلف، یا جنسیت ختم نمی‌شود، بلکه برخی محققان نیز به مطالعه تقارن توزیع فشار کف‌پایی اندام برتر و غیربرتر در ورزشکاران پرداخته‌اند. مطالعات هرزگ و همکاران (۸) نشان می‌دهد که بسیاری از دلایل ایجاد آسیب در ورزشکاران به دلیل نامتقارن بودن توزیع نیرو و فشار بین دو اندام تحتانی است. در باب وجود تقارن بین دو اندام تحتانی در افراد سالم و غیرورزشکار بررسی‌های متعددی صورت گرفته است. براساس نتایج برخی از این مطالعات بین پای برتر و غیربرتر در این افراد هیچ تفاوت معناداری وجود ندارد (۱۰-۸). درحالی‌که بعضی از پژوهشگران وجود عدم تقارن بین پای برتر و غیربرتر را در پارامترهای مختلف در سیکل راه‌رفتن مؤثر اعلام کرده‌اند (۱۱). وجود تفاوت در نتایج این مطالعات می‌تواند ناشی از متغیرهای انتخاب‌شده جهت محاسبه تقارن باشد که از آن جمله می‌توان به متغیرهای فضایی-زمانی راه‌رفتن و پارامترهای کینتیکی اشاره کرد. همچنین، در بین پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه‌ی تقارن اندام تحتانی در بین ورزشکاران، لروی و همکاران (۱۲) پارامترهای فضایی-زمانی راه-رفتن اندام برتر و غیربرتر ورزشکاران رشته بسکتبال، فوتبال و شنا را تحت مطالعه قرار دادند و به تفاوت‌های معناداری بین این دو اندام در بازیکنان بسکتبال و فوتبال دست یافتند، اما این تفاوت در شناگران مشاهده نشد. براساس این نتایج، آنها اعلام کردند که انجام تمرینات خاص رشته‌های مختلف ورزشی می‌تواند بر گروه‌های عضلانی و ایجاد عدم تقارن تأثیرگذار باشد.

با توجه به مطالب پیش‌گفته، مطالعات محدودی در باب تقارن توزیع فشار کف‌پایی انجام گرفته است. در این زمینه، برخی محققان چنین نتیجه گرفتند که بین الگوی توزیع فشار در اندام برتر و غیربرتر افراد غیرورزشکار تفاوت معناداری وجود ندارد (۸، ۱۳). بنابراین، در مطالعات مربوط به تأثیر ورزش بر اندام تحتانی این سؤال مطرح می‌شود که آیا استفاده مدام و بیشتر از پای برتر نسبت به پای غیربرتر می‌تواند در عدم تقارن در توزیع فشار کف‌پا مؤثر باشد. ونگ و همکارانش (۱۴) در مطالعات خود به بررسی توزیع فشار کف‌پای برتر و غیربرتر بازیکنان فوتبال در حین انجام چهار نوع از حرکات اختصاصی فوتبال پرداختند که نتایج آنها حاکی از وجود تفاوت در توزیع فشار کف‌پای برتر و غیربرتر در حین انجام این حرکات بود. در بین پژوهش‌هایی که تاکنون انجام گرفته است، مطالعاتی که حاکی از وجود تفاوت اندام برتر و غیربرتر در هنگام راه‌رفتن در بین ورزشکاران ورزش‌های رزمی باشد، یافت نشده‌است. از جمله این رشته‌های ورزشی می‌توان به تکواندو اشاره کرد که در آن افراد بدون کفش به تمرین می‌پردازند و از اندام برتر خود برای اجرای ضربات قدرتمند و از اندام غیربرتر خود جهت ایجاد تعادل در حین ضربه استفاده می‌کنند. اجرای این تمرین‌ها به‌طور پی‌درپی می‌تواند در ایجاد عدم تقارن تأثیرگذار باشد که با توجه به نتایج برخی مطالعات، عدم تقارن نیز با مشکلات ساختاری و میزان آسیب‌دیدگی افراد مرتبط است (۸). بنابراین، هدف این پژوهش، مطالعه تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کف‌پایی اندام برتر و غیربرتر ورزشکاران زن نخبه است.

## روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع مقایسه‌ای است که در آن نمونه‌ها از بین تکواندوکاران نخبه زن شهر تهران انتخاب شدند. کلیه افراد مشارکت کننده در این مطالعه فاقد هرگونه آسیب‌دیدگی و انحرافات اسکلتی و ناهنجاری‌های اندام تحتانی بودند. پیش از انجام آزمون، ابتدا مراحل آزمون برای هر فرد توضیح داده شد و فرم رضایت‌نامه و مشخصات فردی به دست شرکت‌کنندگان تکمیل شد. همچنین، پای غالب و غیرغالب افراد با استفاده از آزمون سقوط در حالت چشم‌پسته و همچنین پرسش‌نامه پای برتر و وترلو (۱۵) تعیین شد.

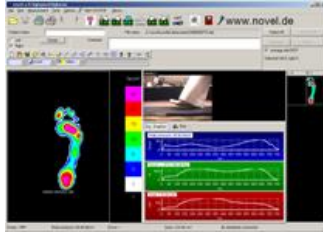
**اندازه‌گیری فشار کف پای:** به منظور اندازه‌گیری فشار کف پای، نیروی عکس‌العمل زمین و سطح تماس، از پلت‌فرم امد (emed) با فرکانس ۵۰ استفاده شد. پلت‌فرم در مرکز راهرویی به طول شش متر قرار داده شده بود تا از هرگونه شتاب‌گیری و کاهش شتاب در آغاز و پایان فعالیت جلوگیری به عمل آید (۱۶). اعتبار و پایایی و دقت اندازه‌گیری این وسیله در مطالعات گذشته ذکر شده است (۱۷-۱۹). نرم‌افزار دستگاه به وسیله شرکت سازنده آن Novel طراحی و عرضه شده است و توانایی کالیبره کردن حسگرها، انتقال، ذخیره و نمایش فشارهای وارد شده بر حسگرها را در راه رفتن دارد (۱۹). سپس، از شرکت‌کنندگان درخواست شد تا چندین مرتبه و با سرعت طبیعی و بدون کفش در طول مسیر راهرو به صورت آزمایشی جهت آشناسازی با محیط راه بروند. پس از شروع آزمون، از فرد خواسته شد که با همان سرعت طبیعی شروع به راه رفتن کند. چنانچه آزمودنی بدون تغییر در الگوی راه رفتن پای خود را در مرکز پلت‌فرم قرار می‌داد، این تکرار به عنوان تکراری موفق به ثبت می‌رسید. طریقه راه رفتن و قرارگیری صحیح پا در مرکز پلت‌فرم به هر فردی به طور دقیق توضیح داده می‌شد (تصویر ۱) تا از اتلاف وقت و خطا در قرارگیری پای افراد جلوگیری به عمل آید و به این طریق از خستگی افراد که ممکن است بر الگوی راه رفتن تأثیرگذار باشد، پیشگیری شود. پنج تکرار موفق برای هر کدام از اندام‌ها به ثبت رسید که از این پنج گام برای هر کدام از اندام‌های تحتانی میانگین‌گیری شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار اتومسک<sup>۱</sup> به ۱۰ ناحیه یا مسک تقسیم شد (تصویر ۲). پارامترهای اوج فشار<sup>۲</sup> (Kpa)، اوج نیرو<sup>۳</sup> (BW%) و سطح تماس<sup>۴</sup> (cm<sup>2</sup>) توسط نرم‌افزار مولتی مسک اولوایشن<sup>۵</sup> برای تمام نواحی هر کدام از اندام‌ها محاسبه شد که اطلاعات دقیق این نرم‌افزارها در سایت novel قابل مشاهده است<sup>۶</sup>. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری اسپ‌اس اس نسخه ۲۲ انجام شد. از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) جهت نمایش الگوی توزیع فشار در هر کدام از اندام‌های برتر و غیربرتر و به منظور مقایسه حداکثر نیرو، اوج فشار و سطح تماس هر ناحیه از کف پا بین دو اندام از آمار استنباطی تی وابسته در سطح معنی‌داری (p≤/۰.۰۵) استفاده شد. همچنین، برای تعیین تقارن در پارامترهای منتخب بین اندام برتر و غیربرتر از شاخص تقارن با معادله زیر استفاده شد (۲۰).

$$(SI)\% = 100 \times \frac{(X2-X1)}{0.5 \times (X2+X1)}$$

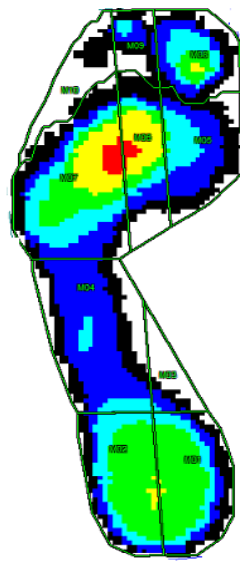
در اینجا، X<sub>2</sub> متغیر پای برتر و X<sub>1</sub> متغیر پای غیربرتر است. تقارن ایدئال بین دو پا با استفاده از شاخص تقارن مساوی صفر مشخص می‌شود و چنانچه شاخص تقارن بیشتر از ۱۰ درصد باشد، بین آن متغیر در پای برتر و غیربرتر عدم

1. Automask
2. Peak Pressure (Kilo Pascal)
3. Peak Force (Body Weight)
4. Contact Area (Centimeter)
5. Mask Evaluation
6. Novel Electronics Incorporated .novel@novel.de. emed and scientific software 24.3.20

تقارن برقرار خواهد بود. علامت مثبت نشان‌دهنده بزرگ‌تر بودن متغیر در پای برتر و علامت منفی نشان‌دهنده بزرگ‌تر بودن متغیر در پای غیربرتر است.



تصویر ۱. نحوه قرارگیری پا در وسط پلت فرم و نمایش فشار کف پا از طریق نرم‌افزار



- M1 = قسمت مدیال پاشنه
- M2 = قسمت لترال پاشنه
- M3 = قسمت مدیال وسط پا
- M4 = قسمت لترال وسط پا
- M5 = متاتارسال اول
- M6 = متاتارسال دوم
- M7 = متاتارسال های سه، چهار، پنج
- M8 = انگشت شست
- M9 = انگشت دوم
- M10 = انگشت سه، چهار، پنج

تصویر ۲. موقعیت ۱۰ مسک در کف پا

## یافته‌ها

در جدول ۱، میانگین و انحراف استاندارد مربوط به سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی<sup>۱</sup> ارائه شده است. در جدول ۲، میانگین و انحراف معیار پارامترهای تحت بررسی اوج فشار، سطح تماس و اوج نیرو در ناحیه‌های مختلف در کف پای برتر و غیربرتر ذکر شده است. مقایسه نیروهای عکس‌العمل زمین (اوج نیرو)، فشار و سطح تماس در ناحیه‌های مختلف بین دو اندام برتر و غیربرتر توسط روش آماری تی وابسته نشان می‌دهد که در هیچ‌کدام از پارامترهای ذکر شده، به جز سطح تماس سه‌انگشت آخر، اختلاف معناداری بین دو اندام وجود ندارد (جدول ۳). اطلاعات به‌دست‌آمده از شاخص تقارن نشان‌دهنده بیشتر بودن سطح تماس انگشت شست و سه‌انگشت آخر در سمت غالب است. اوج فشار در نواحی متاتارسال ۱ و ۲، انگشت شست و سه‌انگشت آخر در سمت غیربرتر بیشتر بود، در حالی که

1. BMI

همین متغیر در ناحیه انگشت دوم در پای برتر بیشتر است. اوج نیرو در انگشت شست و متاتارسال اول در پای غیربرتر و در انگشت دوم در پای برتر بیشتر است (جدول ۳).

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی تکواندوکاران زن نخبه

پارامتر	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
سن	۲۲/۳۷	۲/۹۷۳	۱۸	۲۶
وزن	۵۴/۷۵	۵/۱۴۸	۴۹	۶۳
قد	۱۶۶/۸۸	۴/۰۱۶	۱۶۲	۱۷۳
شاخص توده بدنی (BMI)	۱۹/۵۸	۱/۲۲	۱۸/۰۶	۲۱/۷

جدول ۲. میانگین (انحراف استاندارد) حداکثر نیرو (BW%)، حداکثر فشار (Kpa)، سطح تماس (cm<sup>2</sup>) در ۱۰ ناحیه کف پای برتر و غیربرتر

اندام تحتانی	پای برتر			پای غیربرتر		
	سطح تماس (cm <sup>2</sup> )	حداکثر فشار (Kpa)	حداکثر نیرو (BW%)	سطح تماس (cm <sup>2</sup> )	حداکثر فشار (Kpa)	حداکثر نیرو (BW%)
ناحیه ۱	۱۶/۵۴ (۱/۴۴)	۲۰۵ (۴۸/۸)	۲۷/۴ (۳/۶)	۱۷ (۱/۴)	۲۲۱/۲ (۵۹)	۲۷/۳ (۴/۵)
۲	۱۶/۳۵ (۱/۴)	۱۹۴/۳ (۳۹/۹)	۲۵/۳ (۵/۳)	۱۷ (۱/۶)	۲۱۸/۱۱ (۵۸/۶)	۲۴/۶ (۴/۴)
۳	۲/۶۸ (۱/۲)	۸۰/۶۲ (۱۶/۹)	۱/۶ (۰/۶۳)	۲/۷ (۱/۳)	۸۳/۷ (۳۲/۷)	۹/۷ (۰/۹۹)
۴	۲۳/۳۱ (۴/۹)	۸۵/۶ (۲۳/۶)	۱۴/۴ (۸/۰۶)	۲۳/۸ (۵/۷)	۱۰۱/۲ (۳۸/۵)	۱۴/۷ (۹)
۵	۱۲/۳۳ (۲/۰۳)	۱۳۱/۸ (۶۸/۷)	۱۱ (۳/۹)	۱۱/۶ (۲/۱)	۱۵۸/۱ (۸۸/۶)	۱۲/۵ (۶/۳)
۶	۱۱/۴۷ (۰/۹۹)	۱۷۵ (۵۰/۷)	۱۷/۶ (۶/۰۸)	۱۱/۳ (۲/۱)	۱۹۲/۲ (۳۱/۳)	۱۷/۱ (۵/۴)
۷	۲۴/۸۷ (۳/۷)	۲۱۲/۵ (۴۴/۲)	۳۴/۱ (۹/۸)	۲۶/۸ (۲/۵)	۲۰۷/۵ (۵۳/۴)	۳۴/۴ (۱۰/۱)
۸	۹/۶۵ (۱/۷)	۱۲۵ (۶۰/۷)	۸/۳ (۳/۵)	۸/۴ (۲)	۱۶۳/۱ (۶۶/۵)	۹/۴ (۴/۸)
۹	۴/۳۹ (۰/۹۴)	۹۱/۸ (۴۹/۴)	۲/۶ (۰/۸۷)	۴/۵ (۲/۵)	۸۲/۵ (۳۱/۵)	۲/۶ (۱/۱)
۱۰	۶/۷۶ (۱/۷)	۵۴/۳ (۱۸/۶)	۲/۱ (۰/۸۵)	۵/۴ (۲/۱)	۸۹/۳ (۶۷/۵)	۲/۷ (۲/۲)

جدول ۳. شاخص تقارن (%) و سطح معناداری پارامترهای منتخب حداکثر نیرو (BW%)، حداکثر فشار (Kpa)، سطح تماس (cm<sup>2</sup>) هر دو پای تکواندوکاران زن نخبه

P-Value	Symmetry index (%)	پارامتر		P-Value	Symmetry index (%)	پارامتر		P-Value	Symmetry Index (%)	پارامتر	
۰/۱۰۹	-۲/۴۷	سطح تماس	مسک ۹	۰/۵۲۶	+۶	سطح تماس	مسک ۵	۰/۳۹۱	-۲/۷	سطح تماس	مسک ۱
۰/۵۶۶	+۱۰/۶**	حداکثر فشار		۰/۲۸۶	-۱۸/۱**	حداکثر فشار		۰/۴۴۷	-۷/۶	حداکثر فشار	
۰/۲۴۵	۰	حداکثر نیرو		۰/۴۱۴	-۱۲/۷**	حداکثر نیرو		۰/۹۸۹	+۰/۳۶	حداکثر نیرو	
۰/۰۴۲*	+۲۲	سطح تماس	مسک ۱۰	۰/۸۴۳	+۱/۴	سطح تماس	مسک ۶	۰/۴۰۶	-۳/۸	سطح تماس	مسک ۲
۰/۱۸۲	-۴۸/۵**	حداکثر فشار		۰/۲۹۰	-۸/۸	حداکثر فشار		۰/۳۴۹	-۱۱/۵**	حداکثر فشار	
۰/۸۲۷	-۲۵	حداکثر نیرو		۰/۸۸۹	+۲/۸	حداکثر نیرو		۰/۵۳۹	+۲/۸	حداکثر نیرو	
				۰/۴۵۵	-۷/۴	سطح تماس	مسک ۷	۰/۸۵۶	-۰/۷	سطح تماس	مسک ۳
				۰/۶۹۸	+۲/۳	حداکثر فشار		۰/۹۲۷	-۳/۷	حداکثر فشار	
				۰/۶۲۳	-۰/۸۷	حداکثر نیرو		۰/۴۶۹	-۶/۰۶	حداکثر نیرو	
				۰/۳۷۲	+۱۳/۸**	سطح تماس	مسک ۸	۰/۹۵۶	-۲/۸۰	سطح تماس	مسک ۴
				۰/۱۹۲	-۲۶/۴**	حداکثر فشار		۰/۳۱۹	-۱۶/۷**	حداکثر فشار	
				۰/۶۹۵	+۱۲/۴**	حداکثر نیرو		۰/۲۶۰	-۲/۰۶	حداکثر نیرو	

\* تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ \*\* عدم تقارن بین پای برتر و غیربرتر

## بحث

هدف این پژوهش، مطالعه‌ی تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کف پای اندام برتر و غیربرتر ورزشکاران زن نخبه است. براساس نتایج مطالعات مربوط به توزیع فشار کف پای، تفاوت معناداری بین اندام غالب و غیرغالب در افراد عادی مشاهده نشد (۹)، به طوری که می‌توان نتیجه‌گیری کرد که معنادار بودن تفاوت پارامترهای مختلف در افراد ورزشکار می‌تواند در اثر انجام تمرینات خاص آن رشته ورزشی باشد (۱۱). تاکنون پژوهش مشابهی درباره‌ی بررسی پارامترهای مختلف توزیع فشار کف پای در راه رفتن افراد ورزشکار به‌ویژه ورزشکاران رشته‌های رزمی انجام نگرفته است تا بتوان مقایسه‌ای بین نتایج این پژوهش با مطالعات صورت گرفته انجام داد، اما از لحاظ مقایسه توزیع فشار کف پا بین اندام برتر و غیربرتر این افراد مقایسه آن با افراد غیرورزشکار، این نتیجه به دست آمد، که برخلاف معنادار نبودن تفاوت بین دو اندام در افراد عادی، که از نتایج بسیاری از مطالعات به دست آمده است در این ورزشکاران در سطح تماس سه‌انگشت آخر تفاوت معناداری مشاهده شد که این سطح تماس در پای برتر بیشتر است. همچنین از نظر مقایسه میانگین متغیرهای ذکر شده در نواحی مختلف، نقاط مهمی که بار بیشتری را تحمل می‌کنند تحت بررسی قرار گرفتند، به طوری که نواحی پاشنه و متاتارسال ۳-۵ بیشترین و ناحیه انگشت دوم و سه‌انگشت آخر کمترین فشار را در هر دو پا تحمل می‌کنند. همچنین، نواحی متاتارسال ۳-۵ و قسمت خارجی وسط پا بیشترین سطح تماس و انگشت دوم و قسمت داخلی وسط پا نیز کمترین سطح تماس را در هر دو پا برقرار می‌کنند، از لحاظ پارامتر

اوج نیرو (نیروی عکس‌العمل) متاتارسال ۵-۳ بیشترین نیرو و چهار انگشت آخر و قسمت داخلی وسط پا کمترین نیرو را در هر دو پا به زمین اعمال می‌کنند. با توجه به موارد ذکر شده، اندام‌های برتر و غیربرتر در این افراد در تحمل بیشترین و کمترین بار یکسان عمل می‌کنند. این نتایج برخلاف نتایج مطالعات هینگ و پوتی (۱۶،۲۱) است. در پژوهش آنها، انگشت شست نسبت به دیگر نواحی دارای حداکثر فشار بوده‌اند و استخوان‌های کف‌پایی دوم و پاشنه و بقیه‌ی استخوان‌های کف‌پایی در مراتب بعدی قرار داشته‌اند. پژوهش حاضر با نتایج مطالعات جارمو (۲۲) هم‌خوان است که درباره‌ی افراد نرمال انجام گرفته بود، به‌طوری‌که در این پژوهش مناطق پرفشار مربوط به پاشنه، جلوی پا و انگشتان ۵-۲ بوده و ناحیه میانی پا دارای کمترین فشار است که براساس نتایج تحقیق حاضر نیز پاشنه و سر استخوان‌های کف‌پایی متحمل بیشترین فشار و قسمت میانی پا و انگشتان ۵-۲ متحمل کمترین فشارند. از نظر بررسی تقارن بین دو اندام در این ورزشکاران، با توجه به فرمول شاخص تقارن (۲۰) تفاوت‌های آشکاری وجود دارد، به‌طوری‌که سطح تماس قسمت جلویی پا (انگشت شست و سه‌انگشت آخر) در پای برتر این افراد بیشتر بوده‌است، درحالی‌که اعمال بیشتر فشار و نیرو در این قسمت از پا (متاتارسال ۱ و ۲ و انگشت شست و انگشتان ۵-۳) در پای غیربرتر بیشتر است. همچنین، در پای غیربرتر در انگشت دوم نسبت به همین ناحیه در اندام مقابل فشار و نیروی بیشتری اعمال می‌شود که بیشتر بودن بار در سر استخوان‌های کف‌پایی اول و دوم در اندام غیربرتر می‌تواند به دلیل نقش مهم این مناطق در انتقال و تحمل وزن نسبت به دیگر استخوان‌های متاتارسال بوده باشد، زیرا این متاتارسال‌ها نسبت به دیگر استخوان‌های کف‌پایی در تحمل وزن بیشتر شرکت می‌کنند (۲۳) که البته، بالاتر بودن مقادیر آنها در پای غیربرتر ممکن است حاکی از اعمال بار بیشتر بر آن، در زمان اجرای ضربات توسط پای برتر و تحمل وزن بدن در این اندام بوده باشد. این عدم تقارن بین دو اندام نشان می‌دهد که تمرین‌های ورزشی بر توزیع فشار کف‌پایی و عدم تقارن بین دو اندام تأثیرگذار است.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، تفاوت معناداری بین دو اندام برتر و غیربرتر در افراد در حین گام‌برداری مشاهده شد که نشان‌دهنده‌ی تأثیرگذار بودن تمرینات این رشته ورزشی بر اندام تحتانی و ایجاد تفاوت در الگوی راه‌رفتن این افراد است. عدم تقارن در توزیع فشار می‌تواند با آسیب‌های عضلانی یا بافتی مانند التهاب فشیای کف‌پا یا استرس فرکچر سر استخوان‌های کف‌پایی مرتبط باشد. بنابراین، در این رشته ورزشی لازم است با انجام تمرینات ویژه، به ایجاد توازن و تقارن بیشتر در اندام تحتانی کمک شود تا از آسیب‌های ناشی از این عدم تقارن پیشگیری به عمل آید.

## منابع

1. Ledoux, W., Hillstrom, H. (2002). The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planeus feet. *Gait and Posture*. 15: 1-9.
2. Firth, J., Turner, D., Smith, W., Woodburn, J., Helliwel, P. (2007). The validity and reliability of pressure stat for measuring plantar foot pressures in patient rheumatoid arthritis. *Clinical Biomechanic*. 22: 602-6.
3. Chen, M., Huang, B., Xu, Y. (ICRA 2008). "Intelligent shoes for abnormal gait detection," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. 2019-24.
4. Mueller, M. (1999). Application of Plantar pressure assessment in footwear and insert design. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 29(12): 747-55.
5. Gioftsidou, A., Malliou, P., Pafis, G., Beneka, A., Godolias, G., Maganaris, C. (2006). The effect of soccer training and timing of balance training on balance ability. *European Journal of Applied Physiology*. 96: 659-64.
6. Burnfield, J. (2004). The influence of walking speed and footwear on plantar pressure in older adults. *Clinical Biomechanics*. 19: 78-84.
7. Queen, R., Haynes, B., Hardaker, W., Carrett, W. (2007). Forefoot loading during 3 athletic tasks. *The American Journal of Sports Medicine*. 35: 630-36.
8. Herzog, W. (1989). Asymmetries in ground reaction forces patterns in normal human gait. *Medicine Science Sport Exercise*. 21: 101-14.
9. Hamill, J., Bates, B.T., Knutzen, K.M. (1984). Ground Reaction Force Symmetry During Walking and Running. *Research Quarterly For Exercise and Sport*. 55: 289-93.
10. Rosenrote, P. (1980). Asymmetry of gait and the relationship to lower limb dominance. *Human Locomotion*. 1: 26-7.
11. Maupas, E., Paysant, J., Martinet, N., André, J. (1999). Asymmetric leg activity in healthy subjects during walking, detected by electrogoniometry. *Clinical Biomechanic*. 14(6): 403-11.
12. Leroy, D. (2000). Spatial and temporal gait variable differences between basketball, swimming and soccer players. *Sports Medicine*. 21: 158-62.
۱۳. فرجادپزشک، عباس، صادق، حیدر، فرزادی، مائده. (۱۳۹۲). مقایسه توزیع فشار کف پایی و نیروی عکس العمل عمودی زمین در اندام غالب و غیر غالب افراد سالم با استفاده از تکنیک آنالیز اجزای اصلی. فصلنامه علمی پژوهشی توانبخشی. شماره ۱۴. دوره ۱. ص: ۹۱-۱۰۲.
14. Wong, P., Chamari, K., Chaouachi, A., Wisloff, U., Hong, Y. (2007). Difference in plantar pressure between the preferred and non-preferred feet in four soccer-related movement. *British Sport Medicine*. 41(2): 84-92.
15. Lorin, J.E., Bryden, M., Bulman-Fleming, M. (1998). Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. *Neuropsychologia*. 36(1): 37-43.
16. Putti, A., Arnold, G., Conchrane, L., Abboud, R. (2008). Normal pressure values and repeatability of the of the Emed ST4 system. *Gait and Posture*. 27(3): 501-5.
17. Boyd, L., Bontrager, E., Mulroy, S., Perry, j. (1997) The reliability and validity of the novel Pedar system of in-shoe pressure measurement during free ambulation. *Gait and Posture*. 5(2): 165.-9.
18. Murphy, D., Beynnon, B., Michelson, J., Vacek, P. (2005). Efficacy of plantar loading parameters during gait in terms of reliability ,variability,effect of gender and relationship between contact area and plantar pressure. *Foot and Ankle International*. 26(2): 171-9.
19. Ramanathan, A., Kiran, P., Arnold, G., Wang, W., Abboud R. (2010). Repeatability of the pedar -X in shoe pressure measuring system. *Foot & Ankle and Surgery*.16(2): 70-3.
20. Robinson, R., Herzoge, W., Nigg, B. (1987). Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *Manipulative and Physiological Therapeutics*.10: 172-6.
21. Hennig, E., Rosenbaum, D. (1991). Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. *Foot and Ankle International*.15: 35-40.
22. Jarmo, P. ( 2002). Foot loading in normal and pathological walking: University of Jyvaskyla.
23. Levangie, P., Norkin, C. (2001). Joint structure and function. FA Davis company Philadelphia. 3: 367-403.

