تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کف‌پایی اندام برتر و غیربرتر

سمیرا انتظاری*[۱]، رغد معمار[۲]، مریم کاکاوند[۱]

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 دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵۰/۰۲/۰۵

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 کف‌پا با استفاده از دستگاه emed ارزیابی شد. اطلاعات به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون‌تی 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 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 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 none-dominant limb

Entezari, S[1]., Memar, R[2]., Kakavand, M[1].

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 none-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 none 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 None-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 کف‌پا با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار اشاره کرد. در اندازه‌گیری توزیع فشار کف‌پا عملکرد اندام تحتانی در وضعیت استاتیکی و دینامیکی به‌خصوص هنگام راه‌رفتن به‌صورت 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 انجام‌شده تأثیر عوامل ساختاری مختلف مانند سن، جنس، شاخص توده‌بدنی، ناهنجاری‌های اسکلتی و همچنین کاربرد

*. s.entezari92@gmail.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

دستگاه‌های متفاوت در اندازه‌گیری فشار بررسی شده‌است، ولی مطالعات بسیار محدودی در زمینه‌ی تأثیر انواع ورزش بر نحوه توزیع فشار کف‌پا 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 موثر اعلام‌کرده‌اند (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، مطالعهٔ تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کف‌پایی اندام برتر و غیربرتر ورزشکاران زن نخبه است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع مقایسه‌ای است که در آن نمونه‌ها از بین تکواندوکاران نخبه زن شهر تهران انتخاب شدند. کلیهٔ 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 داده‌شد و فرم رضایت‌نامه و مشخصات فردی به‌دست شرکت‌کنندگان تکمیل شد. همچنین، پای غالب و غیرغالب افراد با استفاده از آزمون سقوط در حالت چشم‌بسته و همچنین پرسش‌نامه پای برتر واترلو (۱۵) تعیین شد.

اندازه‌گیری فشار کف‌پایی: به‌منظور اندازه‌گیری فشار کف‌پایی، نیروی عکس‌العمل زمین و سطح تماس، از پلت‌فرم امد (emed) با فرکانس ۵۰ استفاده شد. پلت‌فرم در مرکز راهرویی به‌طول شش‌متر قرار داده‌شده بود تا از هرگونه شتاب‌گیری و کاهش شتاب در آغاز و پایان فعالیت جلوگیری به‌عمل آید (۱۶). اعتبار و پایایی و دقت اندازه‌گیری این وسیله در مطالعات گذشته ذکر شده‌است (۱۹-۱۷). نرم‌افزار دستگاه به‌وسیله شرکت سازندهٔ آن Novel طراحی و عرضه شده است و توانایی کالیبره‌کردن حسگرها، انتقال، ذخیره و نمایش فشارهای واردشده بر حسگرها را در راه‌رفتن دارد (۱۹). سپس، از شرکت‌کنندگان درخواست شد تا چندین‌مرتبه و با سرعت طبیعی و بدون کفش در طول مسیر راهرو به‌صورت آزمایشی جهت آشناسازی با محیط راه بروند. پس از شروع آزمون، از فرد خواسته شد که با همان سرعت طبیعی شروع به راه‌رفتن کند. چنانچه آزمودنی بدون تغییر در الگوی راه‌رفتن پای خود را در مرکز پلت‌فرم قرار می‌داد، این تکرار به‌عنوان تکراری موفق به ثبت می‌رسید. طریقه راه‌رفتن و قرارگیری صحیح پا در مرکز پلت‌فرم به هر فردی به‌طور دقیق توضیح داده می‌شد (تصویر ۱) تا از اتلاف وقت و خطا در قرارگیری پای افراد جلوگیری به‌عمل آید و به این طریق از خستگی افراد که ممکن است بر الگوی راه‌رفتن تأثیرگذار باشد، پیشگیری شود. پنج تکرار موفق برای هرکدام از اندام‌ها به ثبت رسید که از این پنج‌گام برای هرکدام از اندام‌های تحتانی میانگین‌گیری شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار اتومسک[1] به ۱۰ ناحیه یا مسک تقسیم شد (تصویر ۲). پارامترهای اوج فشار[2] (Kpa)، اوج نیرو[3] (BW%) و سطح تماس[4] (cm^2) توسط نرم‌افزار مولتی مسک اولوایشن[5] برای تمام نواحی هرکدام از اندام‌ها محاسبه شد که اطلاعات دقیق این نرم‌افزارها در سایت novel قابل مشاهده است[6]. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری اس‌پی‌اس اس نسخه ۲۲ انجام شد. از آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) جهت نمایش الگوی توزیع فشار در هرکدام از اندام‌های برتر و غیربرتر و به‌منظور مقایسه حداکثر نیرو، اوج فشار و سطح تماس هر ناحیه از کف‌پا بین دو اندام از آمار استنباطی تی وابسته در سطح معنی‌داری ($p\leq./.5$) استفاده شد. همچنین، برای تعیین تقارن در پارامترهای منتخب بین اندام برتر و غیربرتر از شاخص تقارن با معادله زیر استفاده شد (۲۰).

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

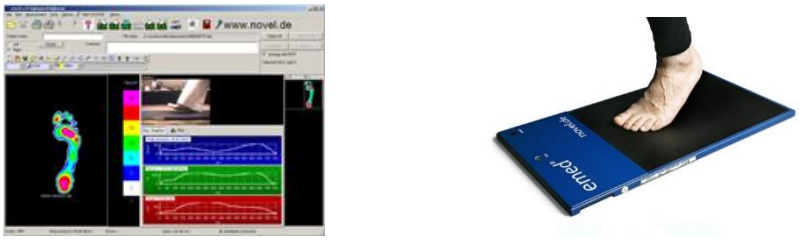
در اینجا، X_2 متغیر پای برتر و X_1 متغیر پای غیربرتر است. تقارن ایدئال بین دو پا با استفاده از شاخص تقارن مساوی صفر مشخص می‌شود و چنانچه شاخص تقارن بیشتر از ۱۰ درصد باشد، بین آن متغیر در پای برتر و غیربرتر عدم

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

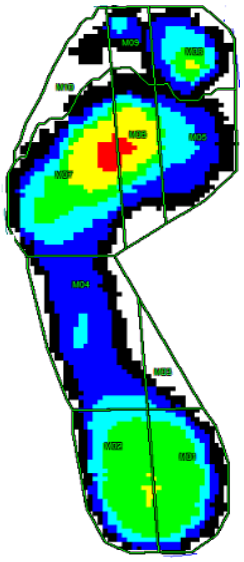
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

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 پلت‌فرم و نمایش فشار کف‌پا 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 کف‌پا

یافته‌ها

در جدول ۱، میانگین و انحراف استاندارد مربوط به سن، وزن، قد و شاخص توده بدنی[1] ارائه شده‌است. در جدول ۲، میانگین و انحراف معیار پارامترهای تحت بررسی اوج فشار، سطح تماس و اوج نیرو در ناحیه‌های مختلف در کف‌پای برتر و غیربرتر ذکر شده‌است. 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 ذکرشده، به‌جز سطح تماس سه‌انگشت آخر، اختلاف معناداری بین دو اندام وجود ندارد (جدول ۳). اطلاعات به‌دست‌آمده از شاخص تقارن نشان‌دهنده بیشتربودن سطح تماس انگشت شست و سه‌انگشت آخر در سمت غالب است. اوج فشار در نواحی متاتارسال ۱و۲، انگشت شست و سه‌انگشت آخر در سمت غیربرتر بیشتر بود، درحالی‌که

1. BMI

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

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 (جدول۳).

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ 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^2) در ۱۰ناحیه کف‌پای برتر وغیربرتر

اندام تحتانی	پای برتر			پای غیربرتر		
نواحی پا	سطح تماس (cm^2)	حداکثر فشار (Kpa)	حداکثر نیرو (BW%)	سطح تماس (cm^2)	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)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

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

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

* تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ** عدم تقارن بین پای برتر وغیربرتر

بحث

هدف این پژوهش، مطالعه‌ی تأثیر ورزش تکواندو بر تقارن توزیع فشار کف‌پایی اندام برتر و غیربرتر ورزشکاران زن نخبه است. براساس نتایج مطالعات مربوط به توزیع فشار کف‌پایی، تفاوت معناداری بین اندام غالب و غیرغالب در افراد عادی مشاهده نشد (۹)، به‌طوری‌که 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 کف‌پایی در راه‌رفتن افراد ورزشکار به‌ویژه ورزشکاران رشته‌های رزمی انجام نگرفته‌است تا بتوان مقایسه‌ای بین نتایج این پژوهش با مطالعات صورت‌گرفته انجام داد، اما ازلحاظ مقایسه توزیع فشار کف‌پا بین اندام برتر و غیربرتر این افراد و مقایسه آن با افراد غیرورزشکار، این نتیجه به‌دست آمد، که برخلاف معنادارنبودن تفاوت بین دو اندام در افراد عادی، که از نتایج بسیاری از مطالعات به‌دست آمده‌است 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 ذکرشده در نواحی مختلف، نقاط مهمی که بار بیشتری را تحمل می‌کنند تحت بررسی قرار گرفتند، به‌طوری‌که نواحی پاشنه و متاتارسال ۵-۳ بیشترین و ناحیه انگشت دوم و سه‌انگشت آخر کمترین فشار را در هر دو پا تحمل می‌کنند. همچنین، نواحی متاتارسال ۵-۳ 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، ازلحاظ پارامتر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

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 ذکرشده، 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 انجام‌گرفته 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 (متاتارسال۱و۲ 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 بیشتربودن بار در سر استخوان‌های کف‌پایی اول و دوم در اندام غیربرتر می‌تواند به‌دلیل 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، بالاتربودن 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 تأثیرگزار 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 تأثیرگذاربودن 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 به‌عمل آید.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

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 Scince Sport Exercise. 21: 101-14.
9. Hamill, J., Bates, B.T., Knutzen, K.M. (1984). Ground Reaction Force Symmetry During Walking and Running. Research Quaterly 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.
13. فرجادپزشک، عباس.، صادقی، حیدر.، فرزادی، مائده. (۱۳۹۲). مقایسه توزیع فشار کف‌پایی و نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در اندام غالب و غیرغالب افراد سالم با استفاده از تکنیک آنالیز اجزای اصلی. فصلنامه علمی پژوهشی توانبخشی. شماره ۱۴. دوره ۱. ص: ۱۰۲-۹۱.
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). Footendness 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 comparision 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1396.15.13.3.1]