

The Comparison of Plantar Pressure and Ground Reaction Force in Male and Female Elite Karate practitioners

Tasoujian E¹, Dizaji E², Memar R³, Alizadeh F⁴

Abstract

Purpose: Karate is an activity with weight bearing nature along with very jumping movements that exert a lot of mechanical pressure on athlete's lower extremities. Therefore, the purpose of the present study was to compare plantar pressure and ground reaction force in male and female elite Karate practitioners.

Methods: Eleven male and 12 female elite Karate practitioners were non-randomly and purposefully recruited. Plantar pressure and related parameters were measured by emed platform in five Steps. After dividing the foot into 10 masks, the peak pressure, the peak force and the contact area were calculated in each anatomical mask. The Shapiro-Wilk test was used to explore the normal distribution of the data, with significance level of less than 0.05. Dependent and Independent T-Tests were used to compare parameters which were normally distributed and Wilcoxon and U-Mann-Whitney tests were used for parameters which were not normally distributed. Symmetry index was used to determine the symmetry between two legs.

Results: The results of this study showed significant difference in Peak Pressure, Contact Area and Ground Reaction Force not only between two groups but also between front and back legs. Symmetry index also showed asymmetry in most masks of Karate practitioner's feet.

Conclusion: Present study introduces gender as an important factor in the distribution of pressure in Karate practitioner's foot and claims that probably elite Karate practitioner most of the time use back foot as weight bearing foot and front foot to progress and strike, such different using of two feet will affect the plantar pressure distribution in elite Karate practitioner in long term.

Keywords: Plantar pressure distribution, Ground reaction force, Karate, Elite

Received: 2015.08.01; Accepted: 2015.12.16

مقایسه فشار کف پای و نیروی عکس العمل زمین در کاراته کاران نخبه مرد و زن

احسان طسوجیان^۱، الناز دیزجی^۲، رغد معمار^۳، فرزانه علیزاده^۴

هدف: کاراته ورزشی است با ماهیت تحمل وزن همراه با پرشهای گوناگون که این پرشها فشار مکانیکی زیادی را به اندام تحتانی ورزشکار وارد می‌کند. از این رو هدف از تحقیق حاضر، مقایسه فشار کف پای و نیروی عکس‌العمل زمین در کاراته‌کاران نخبه مرد و زن بود.

روش بررسی: ۱۱ کاراته‌کار نخبه مرد و ۱۲ کاراته‌کار نخبه زن به صورت غیر تصادفی و هدفمند انتخاب شدند. فشار کف پای و پارامترهای مرتبط با آن با استفاده از صفحه emed (دستگاه اندازه‌گیری فشار کف پای)، در ۵ گام اندازه‌گیری شد. پس از تقسیم کف پا به ۱۰ ناحیه، حداکثر فشار، حداکثر نیرو، سطح تماس در هر ناحیه محاسبه شد. از آزمون شاپیرو-ویلک جهت آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده گردید؛ سپس برای مقایسه پارامترهایی که دارای توزیع نرمال بودند از آزمون تی وابسته و آزمون تی مستقل و برای متغیرهایی که دارای توزیع نرمال نبودند از آزمون‌های ناپارامتری ویلکاکسون و یو من ویتنی در سطح معناداری (p≤۰/۰۵) استفاده گردید. شاخص تقارن نیز برای تعیین تقارن بین پاها بکار برده شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق، اختلاف معناداری در اوج فشار و سطح تماس و نیروی عکس‌العمل زمین بین دو گروه و همچنین

بین پاهای جلو و عقب گروهها نشان داد. نتایج شاخص تقارن نیز نشان داد که در اغلب ناحیهها بین دو پای کاراته‌کاران عدم تقارن وجود دارد.

نتیجه‌گیری: تحقیق حاضر متغیر جنسیت را یک عامل مهم در نحوه توزیع فشار کاراته‌کاها معرفی می‌کند و این احتمال را می‌دهد که کاراته‌کاران نخبه اغلب از پای عقب خود به عنوان تحمل‌کننده وزن و از پای جلو جهت پیشروی و ضربه استفاده می‌کنند که چنین استفاده متفاوتی از دو پا در دراز مدت بر الگوی توزیع فشار کف‌پایی این افراد تأثیر خواهد گذاشت.

کلمات کلیدی: توزیع فشار کف‌پایی، نیروی عکس العمل زمین، کاراته، نخبه

نویسنده مسئول: احسان طسوجیان، Ehfarehsan@gmail.com

آدرس: تهران بلوار میرداماد میدان مادر دانشگاه خوارزمی دانشکده تربیت‌بدنی

۱- کارشناسی ارشد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۴- کارشناسی ارشد، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

مقدمه

مغزی (۷)، سکنه (۸)، قطع اندام (۹) و کوتاهی اندام تحتانی (۱۰) روی عدم تقارن راه‌رفتن پرداخته‌اند. با وجود اینکه تحقیقات زیادی تقارن هنگام راه‌رفتن را در افراد عادی و بیماران مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۰-۶)، لیکن متاسفانه مطالعات اندکی را می‌توان یافت که این مهم را در حیطه‌ی ورزش، مورد بررسی قرار داده باشند. این در حالی است که پدیده سازگاری منفی دستگاه اسکلتی با نیازهای حرکتی و مهارتی ورزشکاران بیان می‌دارد ورزشکاران هر رشته ورزشی معمولاً در هنگام تمرینات خود جهت آمادگی هرچه بیشتر و بهینه‌تر، بر روی فعالیتها و اعمالی تأکید می‌کنند که از لحاظ فیزیولوژیکی و بیومکانیکی بیشترین شباهت را به آن رشته خاص دارد که این مسأله به دلیل اجرای تمرینات بدنی سخت و اجرای الگوهای حرکتی اختصاصی و مستمر، می‌تواند باعث ایجاد عدم تعادل عضلانی ظاهری و بعضاً داخلی و تغییر در ساختار اسکلتی ورزشکاران شود (۱۲-۱۱).

Jnoior و همکاران نیز در تأیید این فرضیه بیان کردند که تمرینات بیش از حد و حرکات تکراری موجب تأثیر پذیرفتن بدن از آنها و بوجود آمدن اختلالات وضعیتی در ورزشکاران می‌شود (۱۳). تمرینات ویژه‌ی رشته ورزشی کاراته می‌تواند نمونه‌ی بارزی از این قبیل تمرینات باشد، زیرا ماهیت آن به گونه‌ای است که در آن تحمل وزن همراه با پرش‌ها، تغییر جهت‌های سریع، شروع، توقف و فرودهای فراوان وجود دارد (۱۴). از سوی دیگر تمرینات و مسابقات کاراته عمدتاً در سالن‌های ورزشی با سطح

اندام تحتانی علاوه بر حمایت و تحمل وزن بدن با نیروهایی که در اثر تماسهای مکرر بین پا و زمین بوجود می‌آید در ارتباط است (۱). پا با توجه به ساختار آناتومیکی و موقعیت قرارگیری‌اش در اندام تحتانی، با ایفای نقش اهرمی تأثیر کلیدی در انتقال نیروهای جلو برنده (۲، ۳) و نقش عملکردی تعیین‌کننده‌ای در راه رفتن دارد (۴). در واقع ساختار پا هنگام راه رفتن از طریق حرکات مفصل تحت قاپی^۱ با سطوح و ناهمواری-های زمین سازگاری و تطابق برقرار کرده و در نتیجه به حفظ تعادل بدن کمک می‌کند (۵). بنابراین توجه به کف پا به عنوان تنها عضو ارتباط دهنده بدن با زمین و مرز مشترک توزیع نیرو بین اندام تحتانی و زمین (۱)، بسیار مهم و ضروری است. از آنجایی که راه‌رفتن از اجزای اصلی فعالیت‌های روزانه بوده و به عنوان یکی از عمومی‌ترین و پیچیده‌ترین حرکات انسان شناخته می‌شود (۱)، شاید بتوان از بررسی وضعیت کف پا در هنگام راه‌رفتن به عنوان یک روش کاربردی برای بررسی این ساختار نام برد.

بحث مربوط به تقارن در راه رفتن افراد سالم یکی از مباحث بنیادی در بیومکانیک راه رفتن بوده و با وجود اینکه نزدیک به دو دهه از ظهور این نظریه می‌گذرد، هنوز هم موضوعی چالش برانگیز است (۶). محققین از جنبه-های پاتولوژیکال به اثر بیماریهای مختلف از جمله فلج

¹Subtalar Joint

عکس‌العمل عمودی زمین در اندام غالب و غیرغالب افراد سالم را مورد بررسی قرار دادند، آنها هیچگونه تفاوت معناداری را در الگوی توزیع فشار پای غالب و غیرغالب مشاهده نکردند (۳۱). Zvonar و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان تأثیر ورزشهای رزمی بر وضعیت فشار کف‌پایی با مشاهده اختلاف معنادار در فشار زیر انگشتان بزرگ نتیجه گرفتند که انگشتان در کاراته‌کارانی که بر روی سطح سفت تمرین می‌کنند نسبت به کاراته‌کارانی که بر روی تاتمی تمرین می‌کنند به علت باز شدن بیش از حد پا بر روی سطوح سفت، بیشتر درگیر می‌شود، درحالی که در کاراته‌کاهایی که بر روی تاتمی تمرین می‌کنند، مناطق پاشنه و استخوان‌های کف پای به دلیل داشتن زمان بارگیری بیشتر، فشار بیشتری را متحمل می‌شوند (۱۵). Wong و همکاران توزیع فشار کف پای را در پای برتر و غیربرتر در چهار مهارت ورزش فوتبال، با سیستم in-sole مورد بررسی قرار دادند، از یافته‌های قابل توجه آنها می‌توان به متفاوت بودن الگوی توزیع فشار در پای برتر و غیربرتر اشاره کرد (۳۲). مطالعه‌ی Mao و همکاران از معدود مطالعات دیگری که در حوزه‌ی ورزش انجام شد. آنها متوجه شدند که در طی حرکات تای‌چی، بارگیری در سر استخوان‌های کف پای و انگشت بزرگ، بزرگتر از دیگر نواحی است (۲۲). صفائی پور و همکاران در مطالعه‌ای که بر روی افراد بزرگسال سالم انجام دادند، مشاهده کردند که مناطق پاشنه، سرهای استخوان‌های کف پای دوم و سوم و انگشت شست دارای بیشترین فشار حین راه رفتن بوده و کمترین فشار بر انگشت دو تا پنج و ناحیه میانی پا متحمل می‌شد (۳۳).

مطالعات در بررسی تأثیر جنسیت روی عملکرد فرد به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند. دسته اول تفاوت ناشی از عملکرد را تفاوت در توانایی بدنی می‌دانند (۳۴) اما دسته دوم این تفاوت را با محیط اطراف و برخی تفاوتها در سایز و اندازه بدن مرتبط می‌دانند (۳۵). تلاش محدودی در فهم تأثیر جنسیت روی عملکرد ورزشی به خصوص کاراته و توزیع فشار کف پای انجام شده است. Gneezy و همکاران گزارش کرده‌اند که مردان در محیط‌های رقابتی عملکرد بهتری نسبت به زنان دارند اما در محیط‌های غیررقابتی عملکرد یکسانی دارند (۳۶). Mako و Toru عنوان کرده‌اند که زنان هنگام تحمل وزن قوس عرضی و طولی بزرگتری در مقایسه با مردان دارند

پوشش تاتمی (نوعی پد نرم) انجام می‌شود (۱۵). Zvonar و همکاران بیان داشتند که تحرک بر یک پد منعطف ممکن است منجر به تقویت عضلات کف پا شود، از طرف دیگر تماسهای مکرر بین تاتمی و کف پا احتمال دارد بر قوسهای حمایتی پا تأثیر بگذارد (۱۵). شاید به همین دلیل است که قوس کف پای غیرطبیعی از ناهنجاری‌های شایع در بین کاراته‌کاهای نخبه می‌باشد (۱۶)؛ زیرا که، از جمله علل کف پای صاف و کف پای گود در ورزشکاران عدم تعادل و هماهنگی میان انعطاف‌پذیری و قدرت در عضلات کف‌پایی یا عضلات ساق پا می‌باشد (۱۷).

اندازه‌گیری توزیع فشار کف پا از روشهای متداول و جدید است که ضمن مشخص کردن ناهنجاری ساختاری پا، عملکرد پا را در شرایط ایستا و پویا به خصوص هنگام راه رفتن به صورت کمی بررسی می‌کند (۱۸). استفاده جهت طراحی کفی کفش (۱۹)، تجزیه و تحلیل عملکرد ورزشی و حرکات در کنترل تعادل، بیومکانیک ورزشها، پیشگیری از آسیب (۵،۲۰) و تشخیص بیماریها (۲۱) نمونه‌هایی از کاربرد این روش با اهداف کلینیکی است.. توزیع نامناسب نیروهای کف پای و هر گونه تغییر در الگوی فشار کف پای سبب ظهور حرکات غیرطبیعی و اعمال استرس در ساختار پا شده و بنابراین در بروز بدشکلی‌های پا و اختلال در عملکرد عضلات مؤثر است و احتمال آسیب بافت‌ها و ایجاد درد را افزایش می‌دهد (۲۲-۲۸).

Jarmo در مطالعه‌ای نتایج ۱۲ پژوهش که به این مهم پرداخته بودند را مورد بررسی قرار داد، نتایج این پژوهش حاکی از این بود که در همه مطالعات انجام شده حداکثر فشارها در ناحیه پاشنه، جلوی پا و انگشت بزرگ بوده در حالی که کمترین فشارها زیر ناحیه میانی پا و انگشت خارجی معرفی گردید. لازم به ذکر است بر اساس این اطلاعات، بیشترین فشارها در ناحیه پاشنه در اوایل فاز سکون^۱ و حداکثر فشارها زیر سر استخوان‌های کف‌پایی در اواخر فاز سکون رخ می‌دهد (۲۹). Petre و Teodoru در مطالعه‌ای متوجه شدند که ارتباط مستقیمی بین سرعت ضربه و فشار کف‌پایی وجود دارد (۳۰). فرجاد پزشک و همکاران تقارن در توزیع فشار کف‌پایی و نیروی

¹Stance

رضایت‌نامه معاینات لازم انجام می‌پذیرفت. هر فرد در صورت دارا بودن معیارهای ورود و نداشتن معیارهای خروج به عنوان آزمودنی انتخاب می‌شد. معیارهای ورود شامل: قرار داشتن در دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، حداقل ۵ سال سابقه فعالیت منظم در رشته کاراته، سابقه حضور در تیم ملی کاراته و یا سوپرلیگ کاراته می‌شد و معیارهای خروج افراد شامل: وجود صدمات حاد و مزمن و جراحی استخوان در اندام‌های تحتانی طی حداقل ۶ ماه گذشته، هر گونه اختلال یا آسیب عصبی که باعث تغییر الگوی راه رفتن شود و وجود اختلاف طول در اندام تحتانی بود.

برای اندازه‌گیری فشار کف پای از صفحه اندازه‌گیری پخش فشار کف پای^۱ emed^۱، مدل emed at^۲ ساخت شرکت Novel کشور آلمان استفاده شد. این صفحه دارای ابعاد ۶۹۰×۴۰۳×۱۹(۲۲) میلی‌متر، سطح فعال حسگری به مساحت ۴۷۵×۳۲۰ م میلی‌متر، تعداد حسگر ۶۰۸۰ و فرکانس نمونه‌گیری ۱۰۰ تا ۴۰۰ هرتز می‌باشد. به منظور کاهش اثر هرگونه شتاب‌گیری و کاهش شتاب در هنگام راه رفتن صفحه اندازه‌گیری در مرکز راهرویی به طول ۱۰ متر قرار گرفت(۴۱). سپس از آزمودنی خواسته شد تا با سرعت دلخواه در طول مسیر راهرو راه برود. ۵ تکرار موفق برای هر دو پای آزمودنی‌ها به ثبت رسید از این ۵ گام، تنها سه گام میانی برای آنالیزهای بعدی به کار گرفته شد. اطلاعات مربوط به نحوه‌ی توزیع فشار کف پای سه گام انتخاب شده برای هر پا با استفاده از نرم‌افزار emed-r میانگین‌گیری شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار Automask اطلاعات میانگین‌گیری شده برای هر پا، طبق تقسیم بندی PRC به ۱۰ ناحیه تقسیم شد(۲۸). پارامترهایی که برای هر ناحیه با استفاده از نرم‌افزار Multimask evaluation محاسبه شدند شامل سطح تماس (cm²)، اوج فشار (Kpa)، نیرو بیشینه (BW%)، بود (شکل ۱).

برای تعیین تقارن در پارامترهای منتخب دو پا (سطح تماس، اوج فشار، حداکثر نیرو) از شاخص تقارن (%SI) با معادله زیر استفاده شد (۲۸-۴۲):

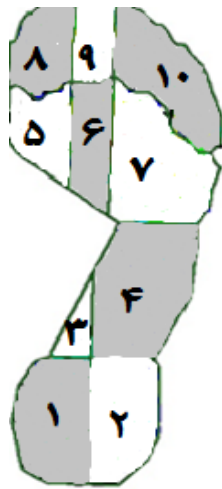
اما هنگام عدم تحمل وزن تفاوتی بین دو گروه در قوس عرضی و طولی نیافتند، در مجموع به این نتیجه رسیدند زنان نسبت به مردان تحرک بیشتری در قوس طولی در شرایط ایستا و پویا دارند (۳۴). Vanzent و همکاران نیز میزان تقارن توزیع فشار کف پای و نیروی عمودی پای چپ و راست را در افراد سالم مورد بررسی قرار دادند. آنها تفاوت معناداری بین پارامترهای توزیع فشار دو گروه مرد و زن مشاهده نکردند. آنها متوجه تقارن ضعیف اوج فشار در ناحیه جلویی پا و نیروی بیشینه در ناحیه پاشنه، آزمودنی‌های مورد تحقیق شدند (۳۷).

همانگونه که مشاهده شد علیرغم تلاش محققان، گزارشهای بسیار اندکی در خصوص توزیع فشار کف پا در رشته‌های ورزشی به ویژه رشته کاراته وجود دارد و با توجه به اینکه ورزش کاراته از جمله ورزشهایی است که در آن تکنیک‌های اندام تحتانی در حالت اتکا بر روی یک پا انجام می‌شوند (۳۸)، به نظر می‌رسد بررسی بحث مربوط به تقارن در پارامترهای توزیع فشار کف پای در این ورزشکاران از اهمیت و ضرورت بالایی برخوردار باشد. از این‌رو هدف از تحقیق حاضر مقایسه فشار کف پای و نیروی عکس‌العمل زمین در کاراته‌کاران نخبه مرد و زن و بررسی تقارن این متغیرها در پای جلو و عقب کاراته‌کاه می‌باشد.

روش بررسی

بررسی حاضر از نوع علی مقایسه‌ای بوده و جامعه آن شامل کلیه ورزشکاران کاراته‌کار نخبه این رشته می‌باشد. بر اساس تعریف کاراته‌کار نخبه^۱ و با در نظر گرفتن حجم کاراته‌کاران نخبه، ۱۵ نفر کاراته‌کار مرد و ۱۵ نفر کاراته‌کار زن که سابقه حضور در تیم ملی کاراته یا سوپر لیگ کاراته را داشتند نخبه در نظر گرفته شده و به صورت در دسترس انتخاب شدند (۴۰۳۰). ۴ کاراته‌کار مرد و ۳ کاراته‌کار زن به علت عدم تمایل به شرکت در آزمون، کنار گذاشته شدند. در ابتدا هدف کلی و روش انجام مطالعه برای آزمودنی‌ها شرح داده شد. در صورت مایل بودن فرد به شرکت در مطالعه، پس از امضای فرم

۱- افرادی که در رشته ورزشی کاراته به سطحی از مهارت و تسلط رسیده‌اند که قابلیت حضور در تیم ملی یا حداقل سوپر لیگ کاراته را دارند (۳۸)



- ۱- داخل پاشنه پا
- ۲- خارج پاشنه پا
- ۳- ناحیه داخلی وسط پا
- ۴- ناحیه خارجی وسط پا
- ۵- استخوان کف پای اول
- ۶- استخوان کف پای دوم
- ۷- استخوان کف پای سه، چهار و پنج
- ۸- انگشت شست
- ۹- انگشت دوم
- ۱۰- سایر انگشتان

تصویر ۱: موقعیت ۱۰ مسک در کف پا

آزمونهای ناپارامتری ویلکاکسون (مقایسه دو پا) و یو من ویتنی (مقایسه زن و مرد) در سطح معناداری ($p \leq 0/05$) استفاده گردید. کلیه عملیات آماری با نرم افزار SPSS (نسخه ۱۸) انجام گرفت.

یافته‌ها

اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده از شاخص قوس پا در جدول ۱ می‌توان اذعان داشت که، هر دو گروه دارای کف پای نرمال می‌باشند. نتایج به دست آمده از آزمون شاپیرو-ویلک نیز نشان داد که اوج فشار ناحیه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ پای عقب و ناحیه‌های ۱، ۲ و ۳ پای جلو و سطح تماس در ناحیه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ پای عقب و ناحیه ۳، ۴، ۶ و ۱۰ پای جلو دارای توزیع غیرنرمال ($p \leq 0/05$) و این متغیرها در دیگر ناحیه‌ها دارای توزیع نرمال بودند ($p \geq 0/05$).

همانگونه که در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است نتایج شاخص تقارن حاکی از وجود عدم تقارن در نیروی بیشینه ناحیه‌های ۳ (میدفوت داخلی)، ۵ (استخوان کف پای اول)، ۶ (استخوان کف پای دوم)، ۸ (انگشت شست)، و اوج فشار ناحیه ۵ (استخوان کف پای اول) هر دو گروه؛ سطح تماس ناحیه‌های ۳ (میدفوت داخلی) و ۱۰ (انگشتان سوم تا پنجم) در کارانه کاران مرد و اوج فشار ناحیه‌های ۹ (انگشت دوم) و ۱۰ (انگشتان ۳، ۴ و ۵) و نیروی بیشینه ناحیه‌های ۲ (خارج پاشنه)، ۴ (میدفوت خارجی)، ۸

$$SI\% = \frac{(X2 - X1)}{0/5 \times (X2 + X1)}$$

در این فرمول منظور از X2 متغیر پای است که بر اساس گزارش خود فرد، و نوع گاردی که هنگام مسابقه اتخاذ می‌کرد عقب‌تر قرار می‌گرفت و X1 متغیر پای است که فرد در هنگام مسابقه به طور غالب جلوتر از پای دیگری قرار می‌داد. تقارن ایدئال بین دو پا با استفاده از شاخص تقارن مساوی صفر مشخص می‌شود و چنانچه شاخص تقارن بیش از ۱۰ درصد شود بین آن متغیر در پای جلو و عقب عدم تقارن خواهد بود. علامت مثبت (+) نشان‌دهنده بزرگتر بودن متغیر در پای عقب و علامت منفی (-) نشان-دهنده بزرگتر بودن متغیر در پای جلو است. A2 مساحت ناحیه میدفوت، A3 مساحت ناحیه استخوانهای کف پای بدون احتساب انگشتان، A1 مساحت ناحیه پاشنه می‌باشد. شاخص قوس پا بین ۰/۲۶-۰/۲۱ به عنوان کف پای نرمال، کمتر از ۰/۲۱ به عنوان کف پای گود و بالاتر از ۰/۲۶ به عنوان کف پای صاف در نظر گرفته می‌شود (۴۳). همچنین شاخص قوس نیز با استفاده از نرم افزار Geometry از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{Arch Index} = A2 / A1 + A2 + A3$$

از آمار توصیفی (میانگین و انحراف استاندارد) جهت نمایش میانگین و پراکندگی پارامترهای مختلف در ۱۰ ناحیه و از آزمون شاپیرو-ویلک جهت آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده گردید؛ سپس برای مقایسه پارامترهایی که دارای توزیع نرمال بودند از آزمون تی وابسته (مقایسه دو پا) و آزمون تی مستقل (مقایسه زن و مرد) و برای متغیرهایی که دارای توزیع نرمال نبودند از

جدول ۱: ویژگیهای قرودی آزمودنی‌های

گروه	تعداد	انحراف استاندارد \pm میانگین شاخص توده بدنی	انحراف استاندارد \pm میانگین شاخص قوس پای عقب	انحراف استاندارد \pm میانگین شاخص قوس پای جلو
مرد	۱۱	۲۳/۰۳ \pm ۳/۱۵	۰/۲۲ \pm ۰/۸۱	۰/۲۱ \pm ۰/۷۰
زن	۱۲	۱۹/۷۶ \pm ۱/۸۱	۰/۲۴ \pm ۰/۰۳	۰/۲۳ \pm ۰/۰۵

جدول ۲: نتایج متغیرهای مورد مطالعه در آزمودنی‌ها

ناحیه‌ها	متغیر	گروه‌ها	انحراف استاندارد \pm میانگین پای عقب	انحراف استاندارد \pm میانگین پای جلو	شاخص تقارن
ناحیه ۱: داخل پاشنه	سطح تماس	مرد	۱۹/۵۹ \pm ۲/۶۳	۱۹/۴۸ \pm ۱/۷۷	۰
		زن	۱۷/۴۴ \pm ۱/۸۲	۱۶/۹۸ \pm ۱/۳۲	+۲
	اوج فشار	مرد	۲۶۹/۰۹ \pm ۹۵/۶۷	۲۵۲/۷۲ \pm ۵۴/۱۹	+۴
		زن	۲۵۵/۵۵ \pm ۱۷/۲۰	۲۸۴/۱۱ \pm ۲۰/۰۰	-۸
ناحیه ۲: خارج پاشنه	نیروی بیشینه	مرد	۳۲/۷۰ \pm ۳/۵۵	۳۳/۱۶ \pm ۵/۲۴	۰
		زن	۴۹/۸۶ \pm ۶/۴۳	۳۷/۱۶ \pm ۴۵/۱۸	+۸
	سطح تماس	مرد	۱۹/۶۳ \pm ۲/۵۸	۱۹/۶۲ \pm ۱/۸۲	۰
		زن	۱۷/۵۶ \pm ۱/۸۸	۱۶ \pm ۱/۳۶	+۳
ناحیه ۳: ناحیه داخلی وسط پا	اوج فشار	مرد	۲۷۰/۴۵ \pm ۱۰۷/۸۷	۲۴۹/۰۹ \pm ۵۳/۱۴	+۵
		زن	۲۴۸/۱۶ \pm ۳۸/۰۶	۲۶۵/۵۸ \pm ۶۳/۲۹	-۴
	نیروی بیشینه	مرد	۲۹/۷۶ \pm ۳/۵۹	۲۹/۹۲ \pm ۴/۰۲	۰
		زن	۴۴/۲۵ \pm ۴/۷۰	۳۲/۶۰ \pm ۳۷/۶۰	+۱۳**
ناحیه ۴: ناحیه خارجی وسط پا	سطح تماس	مرد	۳/۳۲ \pm ۲/۳۴	۳/۳۱ \pm ۱/۳۲	+۱۴**
		زن	۳/۶۶ \pm ۱/۹۱	۳/۶۳ \pm ۲/۱۴	+۶
	اوج فشار	مرد	۹۴/۵۴ \pm ۲۹/۳۶	۹۸/۶۳ \pm ۴۰/۹۹	-۱
		زن	۱۱۵/۵۰ \pm ۳۸/۶۴	۱۰۷/۴۱ \pm ۲۸/۸۷	+۵
ناحیه ۵: استخوان کف پای اول	نیروی بیشینه	مرد	۲/۰۳ \pm ۱/۷۳	۲/۱۴ \pm ۲/۴۹	+۱۸**
		زن	۴/۸۲ \pm ۱/۶۹	۲/۲۶ \pm ۲/۲۸	+۲۴**
	سطح تماس	مرد	۲۴/۰۹ \pm ۱۰/۹۰	۲۳/۳۶ \pm ۸/۸۸	-۳
		زن	۲۱/۷۱ \pm ۴/۶۳	۲۰/۹۳ \pm ۵/۸۹	+۷
ناحیه ۵: استخوان کف پای اول	اوج فشار	مرد	۱۱۱/۸۱ \pm ۳۲/۵۰	۱۱۹/۵۴ \pm ۵۹/۱۳	-۲
		زن	۱۱۹/۹۱ \pm ۳۳/۵۵	۱۱۲/۱۶ \pm ۲۴/۱۹	+۴
	نیروی بیشینه	مرد	۱۵/۷۸ \pm ۵/۶۸	۱۵/۸۳ \pm ۱۱/۱۸	-۹
		زن	۲۵/۹۱ \pm ۶/۸۷	۱۳/۸۸ \pm ۳۵/۱۸	+۳۱**
ناحیه ۵: استخوان کف پای اول	سطح تماس	مرد	۱۵/۵۰ \pm ۲/۸۱	۱۶/۶۶ \pm ۲/۰۱	-۸
		زن	۱۳/۱۲ \pm ۲/۴۶	۱۳/۲۰ \pm ۱/۷۳	-۲
	اوج فشار	مرد	۲۲۱/۳۶ \pm ۹۱/۱۶	۲۳۸/۶۳ \pm ۶۵/۸۰	-۱۰**
		زن	۲۱۰/۵۰ \pm ۸۵/۰۲	۱۷۵/۹۱ \pm ۵۰/۶۵	+۱۴**
نیروی بیشینه	مرد	۲۰/۲۷ \pm ۹/۴۳	۲۲/۸۰ \pm ۶/۰۱	-۱۶**	
	زن	۲۴/۹۴ \pm ۱۰/۱۶	۱۷/۱۰ \pm ۲۴/۳۲	+۱۲**	

**عدم تقارن بین پای جلو و عقب

جدول ۳: نتایج متغیرهای مرود مطالعه آزمودنی‌ها

شاخص تقارن	انحراف استاندارد \pm میانگین پای جلو	انحراف استاندارد \pm میانگین پای عقب	گروه‌ها	متغیر	ناحیه‌ها
-۵	۱۴/۰۱ \pm ۲/۵۸	۱۳/۱۷ \pm ۱/۴۶	مرد	سطح تماس	ناحیه ۶: استخوان کف پای دوم
-۴	۱۱/۲۵ \pm ۱/۲۱	۱۰/۱۰ \pm ۱/۴۲	زن		
-۹	۲۹۶/۸۱ \pm ۳۹/۱۳	۲۷۰/۹۰ \pm ۴۱/۱۵	مرد	اوج فشار	
+۵	۳۲۶ \pm ۶۲/۹۲	۳۴۴/۴۱ \pm ۸۳/۵۶	زن		
-۱۴**	۲۶/۳۴ \pm ۴/۳۸	۲۲/۷۹ \pm ۴/۵۰	مرد	نیروی بیشینه	
+۱۰**	۲۸/۰۹ \pm ۳۲/۰۰	۳۷/۶۴ \pm ۴/۵۹	زن		
+۵	۲۷/۹۰ \pm ۳/۷۴	۲۹/۴۰ \pm ۳/۴۰	مرد	سطح تماس	ناحیه ۷: سایر استخوانهای کف پای
+۳	۲۳/۸۹ \pm ۲/۶۰	۲۴/۸۵ \pm ۲/۶۶	زن		
+۲	۲۸۰/۰۰ \pm ۴۴/۱۰	۲۹۰/۹۰ \pm ۶۵/۳۳	مرد	اوج فشار	
-۲	۳۲۲/۸۳ \pm ۶۲/۸۷	۳۱۳ \pm ۵۱/۱۲	زن		
+۷	۴۲/۱۹ \pm ۷/۳۸	۴۵/۲۲ \pm ۷/۶۳	مرد	نیروی بیشینه	
+۴	۴۵/۳۱ \pm ۴۶/۹۳	۵۶/۲۰ \pm ۹/۸۱	زن		
-۳	۱۳/۵۰ \pm ۱/۳۷	۱۳/۱۰ \pm ۱/۴۵	مرد	سطح تماس	ناحیه ۸: انگشت شست
+۴	۱۰/۶۵ \pm ۲/۱۸	۱۰/۵۶ \pm ۱/۹۲	زن		
+۵	۲۵۰/۰۰ \pm ۹۲/۱۶	۲۷۳/۱۸ \pm ۱۳۵/۶۵	مرد	اوج فشار	
-۵	۳۲۷ \pm ۱۹۵/۳۰	۳۰۶/۱۶ \pm ۱۹۹/۸۰	زن		
+۷	۱۵/۹۶ \pm ۶/۷۰	۱۷/۰۷ \pm ۶/۹۴	مرد	نیروی بیشینه	
+۲۸**	۱۵/۶۳ \pm ۳۲/۱۲	۲۶/۰۵ \pm ۸/۲۷	زن		
-۵	۵/۴۵ \pm ۱/۵۸	۵/۱۱ \pm ۱/۳۳	مرد	سطح تماس	ناحیه ۹: انگشت ۲
-۸	۴/۶۹ \pm ۰/۹۸	۴/۲۷ \pm ۱/۰۴	زن		
+۲	۱۴۳/۶۳ \pm ۷۰/۶۷	۱۳۷/۷۲ \pm ۴۷/۷۱	مرد	اوج فشار	
+۱۳**	۱۱۵/۶۶ \pm ۳۴/۷۲	۱۳۴/۳۳ \pm ۵۶/۶۶	زن		
+۴	۴/۰۷ \pm ۱/۹۲	۴/۱۸ \pm ۲/۰۳	مرد	نیروی بیشینه	
+۱۳**	۳/۵۱ \pm ۴/۷۵	۵/۸۹ \pm ۱/۸۹	زن		
+۲۱**	۷/۱۷ \pm ۳/۱۹	۸/۴۰ \pm ۲/۷۱	مرد	سطح تماس	ناحیه ۱۰: سایر انگشتان
+۵	۸/۴۳ \pm ۳/۱۸	۸/۴۳ \pm ۳/۱۸	زن		
+۹	۷۷/۲۷ \pm ۳۸/۳۶	۸۰/۰۰ \pm ۲۲/۳۶	مرد	اوج فشار	
+۲۰**	۶۹ \pm ۲۱/۵۳	۹۰/۴۱ \pm ۴۱/۴۲	زن		
+۴۰**	۲/۷۸ \pm ۱/۹۳	۳/۶۶ \pm ۱/۹۵	مرد	نیروی بیشینه	
+۳۸**	۳/۸۸ \pm ۸/۳۵	۶/۱۴ \pm ۲/۵۵	زن		

**عدم تقارن بین پای جلو و عقب

مناطق داخل و خارج پاشنه، انگشت شست و استخوانهای کف پای هنگام راه رفتن بیشترین فشار و انگشتان سوم تا پنجم به همراه قسمت میانی پا کمترین فشار را متحمل می‌شوند. این درحالی است که در پای جلوی این افراد استخوانهای کف پای و انگشت شست بیشترین فشار و انگشتان سوم تا پنجم و قسمت میانی پا کمترین فشار را

نگشت شست) و ۹ (انگشت دوم) در کاراته‌کاران زن می‌باشد. به طور کلی میانگین شاخص تقارن سطح تماس در ده ناحیه کف پا در مردان و زنان ± 1 اوج فشار در مردان $+0/5$ و در زنان $+4/2$ و نیروی بیشینه در مردان $+3/8$ و در زنان $+18$ بدست آمد. این جدول همچنین نشان می‌دهد که در پای عقب هر دو گروه کاراته‌کاران مرد و زن

جدول ۴: مقایسه پارامترهای مورد مطالعه در آزمودنی‌ها

ناحیه	متغیر	Sig ^a گروهها	Sig گروهها ۱	ناحیه	متغیر	Sig گروهها	Sig گروهها ۱
ناحیه	در پای عقب	در پای جلو	در پای جلو	ناحیه	در پای عقب	در پای جلو	در پای جلو
ناحیه ۱	سطح تماس	۰/۰۱*	۰/۰۰*	ناحیه ۶	سطح تماس	۰/۰۷	۰/۹۲
	اوج فشار	۰/۶۴	۰/۲۱		اوج فشار	۰/۱۰	۰/۹۸
	نیروی بیشینه	۰/۰۶	۰/۲۴		نیروی بیشینه	۰/۵۸	۰/۷۲
ناحیه ۲	سطح تماس	۰/۰۳*	۰/۰۰*	ناحیه ۷	سطح تماس	۰/۱۱	۰/۸۵
	اوج فشار	۰/۶۸	۰/۰۷		اوج فشار	۰/۲۲	۰/۷۵
	نیروی بیشینه	۰/۰۳*	۰/۴۶		نیروی بیشینه	۰/۳۴	۰/۹۲
ناحیه ۳	سطح تماس	۰/۴۹	۰/۰۰*	ناحیه ۸	سطح تماس	۰/۸۱	۰/۱۳
	اوج فشار	۰/۱۵	۰/۶۰		اوج فشار	۰/۱۴	۰/۶۶
	نیروی بیشینه	۰/۱۲	۰/۹۵		نیروی بیشینه	۰/۱۳	۰/۵۳
ناحیه ۴	سطح تماس	۰/۰۹	۰/۱۸	ناحیه ۹	سطح تماس	۰/۰۸	۰/۴۲
	اوج فشار	۰/۵۶	۰/۲۴		اوج فشار	۰/۲۸	۰/۸۹
	نیروی بیشینه	۰/۸۰	۰/۸۵		نیروی بیشینه	۰/۰۲*	۰/۸۵
ناحیه ۵	سطح تماس	۰/۰۲*	۰/۴۲	ناحیه ۱۰	سطح تماس	۰/۵۹	۰/۰۶
	اوج فشار	۰/۸۷	۰/۵۵		اوج فشار	۰/۱۸	۰/۳۰
	نیروی بیشینه	۰/۹۰	۰/۴۵		نیروی بیشینه	۰/۳۴	۰/۱۳

Sig^a = سطح معناداری، * معنادار بودن اختلاف در سطح ۰/۰۵

فشار استخوان کف پای اول جلوی مردان کاراته‌کا و اوج فشار و نیروی بیشینه استخوان کف پای دوم و نیروی بیشینه خارج پاشنه پای عقب زنان کاراته‌کا نسبت به جنس مخالف خود به طور معناداری بیشتر بوده است. این نتایج با نتایج فرجادپزشک و همکاران، Murphy و همکاران و Vanzant و همکاران در مطالعات خود تفاوت معناداری بین پارامترهای توزیع فشار و نیروی عمودی دو گروه مرد و زن مشاهده نکردند، ناهمخوان بود (۳۱،۳۷،۴۴). تفسیر احتمالی مغایرت نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات ذکر شده را می‌توان به متفاوت بودن نوع آزمودنی‌ها عنوان کرد؛ بطوریکه افراد عادی (غیرورزشکار) آزمودنی‌های عادی تمامی پژوهش‌های ذکر شده را تشکیل داده بودند، در حالی که آزمودنی‌های تحقیق حاضر کاراته‌کاران نخبه بودند. تفاوت در شدت، حجم و نوع تمرینات دو گروه طی سالیان متمادی از جمله دلایل احتمالی است که می‌توان برای وجود این اختلاف ذکر کرد. علاوه بر اینکه بسیاری از پژوهشها، اندام تحتانی را آسیب پذیرترین عضو کاراته‌کارها می‌دانند (۴۵) برخی از این پژوهشها گزارشاتی مبنی بر شیوع بیشتر آسیب اندام تحتانی در کاراته‌کاران زن نسبت به کاراته‌کاران مرد ارائه کردند (۴۶). با توجه به تأثیر نامطلوب آسیب اندام تحتانی بر نحوه توزیع فشار کف پای (۴۷)، شاید شیوع بالاتر

متحمل می‌شوند.

جدول ۴ نیز نشان می‌دهد که در مقایسه زنان و مردان کاراته‌کار با یکدیگر سطح تماس نواحی ۱ (داخل پاشنه)، ۲ (خارج پاشنه)، ۵ (استخوان کف پای اول)، ۶ (استخوان کف پای دوم)، ۷ (استخوانهای کف پای سوم، چهارم و پنجم) و ۸ (انگشت شست) هر دو پا، اوج فشار ناحیه ۵ (استخوان کف پای اول) در پای جلو و اوج فشار در ناحیه ۶ (استخوان کف پای دوم) و نیروی بیشینه نواحی ۲ (خارج پاشنه) و ۶ (استخوان کف پای دوم) در پای عقب دارای تفاوت معنادار هستند. همچنین در مقایسه پای جلو با پای عقب سطح تماس در نواحی ۶ (استخوان کف پای دوم) و ۷ (استخوانهای کف پای سوم، چهارم و پنجم) و نیروی بیشینه و اوج فشار در ناحیه ۶ (استخوان کف پای دوم) کاراته‌کاران مرد و نیروی بیشینه در نواحی ۴ (میدفوت خارجی)، ۸ (انگشت شست) و ۱۰ (انگشتان سوم، چهارم و پنجم) کاراته‌کاران زن تفاوت معنادار داشتند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر مقایسه برخی پارامترهای توزیع فشار کف پای و نیروی عکس‌العمل زمین کاراته-کاران نخبه بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اوج

آسیب اندام تحتانی در زنان کاراته‌کار موجب ایجاد اختلاف معنادار در پارامترهای توزیع فشار کف پای و نیروی عکس‌العمل زمین بین دو گروه شده است. لازم به ذکر است، با توجه به اینکه هر گونه تغییر در الگوی فشار کف پای احتمال آسیب بافتها را افزایش می‌دهد (۱۹)، این تفاوت در نحوه توزیع فشار کف پای خود می‌تواند خطر آسیب‌پذیری دوباره زنان را افزایش دهد. Hamill و Knutzen ادعا کردند که با افزایش سطح تماس، میزان نیروی وارده بر سطح پراکنده گشته و فشار وارده بر سطح کمتر می‌گردد (۱)؛ تحقیق حاضر در تأیید این گفته به طور کلی نشان داد که رابطه غیرمستقیمی بین اوج فشار و نیروی بیشینه با سطح تماس وجود دارد به گونه‌ای که سطح تماس کم در هر ناحیه با افزایش اوج فشار و نیروی بیشینه در آن ناحیه همراه خواهد بود.

از دیگر نتایج قابل توجه پژوهش حاضر می‌توان به معنادار بودن تفاوت بین پای جلو و عقب از لحاظ سطح تماس استخوان‌های کف پای سوم، چهارم و پنجم و سطح تماس، نیروی بیشینه و اوج فشار استخوان کف پای دوم در کاراته‌کاران مرد و نیروی بیشینه در میدفوت خارجی، انگشت شست و انگشتان سوم، چهارم و پنجم کاراته‌کاران زن اشاره داشت. اطلاعات بدست آمده از شاخص تقارن در تکمیل این نتایج نیز نشان داد که این پارامترها در پای عقب نسبت به پای جلو بیشتر است. Petre و Teodoru در مطالعه‌ای همسو با این نتایج، متوجه شدند که ارتباط مستقیمی بین سرعت ضربه و فشار کف‌پایی وجود دارد به گونه‌ای که با افزایش سرعت ضربه، فشار بیشتری به پای تکیه‌گاه تحمیل خواهد شد (۳۰). با توجه به اینکه، پای که در هنگام مسابقه جلوتر قرار می‌گیرد نسبت به پای عقب‌تر، فاصله‌ای کمتری با حریف دارد به نظر می‌رسد استفاده از پای جلو جهت ضربه و استفاده از پای عقب برای تکیه‌گاه از نظر سرعت اجرای تکنیک و اقتصادی بودن حرکت نسبت به حالت عکس این مورد به صرفه‌تر خواهد بود (۱). شاید به همین خاطر است که اغلب مربیان به کاراته‌کاهای تحت تعلیم خود توصیه می‌کنند در هنگام رقص پا که یکی از اصلی‌ترین و کاربردی‌ترین تکنیک‌های کاراته می‌باشد، از پای عقب خود بیشتر به عنوان تحمل‌کننده اصلی وزن و از پای جلو برای پیشروی و اجرای تکنیک استفاده کنند، احتمالاً، این نوع اتکا به مرور زمان موجب تغییر الگوی

پخش فشار کف پای گردیده است. افضل‌پور و همکاران نیز علت بیشتر بودن تراکم استخوانی در پای غیربرتر کاراته‌کاهای را اعمال فشار بیشتر به این پا نسبت به پای برتر هنگام تمرین می‌دانند و ادعا کردند که به طور اغلب کاراته‌کاهای از پای غیربرتر خود به عنوان پای تکیه‌گاه استفاده می‌کنند (۴۰). فرجادپزشک و همکاران به طور ناهمخوانی با پژوهش حاضر هیچ‌گونه تفاوت معناداری بین الگوی توزیع فشار کف پای اندام غالب و غیرغالب افراد سالم مشاهده نکردند (۳۱). Wong و همکاران در گزارشی قابل توجه و همسو با این نتایج، با بیان تفاوت بودن الگوی توزیع فشار در پای برتر و غیربرتر فوتبالیست‌ها ادعا کردند که، به طور کلی نسبت به پای غیربرتر فشار بیشتری بر پای برتر تحمیل می‌شود. آنها علت این تفاوت را نوعی گرایش در پای برتر برای تولید حرکات نیرومند و در پای غیربرتر برای ثبات بدن گزارش کردند (۳۲). شیوه رقص پای کاراته‌کاران هنگام مبارزه و تمرین به گونه‌ای است که ۷۰ درصد از وزن کاراته‌کار بر روی پای عقب می‌باشد و پای جلو جهت سرعت بیشتر در انجام تکنیک تا حدودی آزادتر می‌باشد؛ این موضوع موجب شده است که اغلب مربیان به کاراته‌کاران تحت تعلیم خود توصیه کنند، به گونه‌ای رقص پای خود را انجام دهند که پای عقب به صورت کامل بر روی زمینه قرار گیرد اما پاشنه پای جلویی نباید با زمین تماس داشته باشد (۴۸). به نظر می‌رسد قرارگیری پاهای کاراته‌کاران در دو وضعیت متفاوت در طی سالیان متمادی و انجام تمرینات با شدت و حجم بالا موجب این اختلاف شده است از این رو شاید یکی از مهمترین دلایل اعمال فشار و نیروی بیشتر به استخوانهای کف‌پایی در پای جلو نسبت به پای عقب را اتکا بیش از اندازه به این نواحی و استفاده از این پا به عنوان پای پیشروی عنوان کرد.

نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشان داد که در پای عقب هر دو گروه کاراته‌کاران مرد و زن مناطق داخل و خارج پاشنه، انگشت شست و استخوانهای کف‌پایی هنگام راه رفتن بیشترین فشار و انگشتان سوم تا پنجم به همراه قسمت میانی پا کمترین فشار را متحمل می‌شوند این درحالی است که در پای جلوی این افراد استخوانهای کف‌پایی و انگشت شست بیشترین فشار و انگشتان سوم تا پنجم و قسمت میانی پا کمترین فشار را متحمل می‌شوند. Jarmo در تأیید این نتایج بیان داشت که حداکثر

مدت به نظر می‌رسد انجام این ورزش در دراز مدت تغییراتی را بر راه رفتن کاراته‌کاها (به ویژه بر نحوه توزیع فشار کف پای) این افراد تحمیل خواهد کرد. بنابراین به ورزشکاران رشته کاراته توصیه می‌شود، جهت ایجاد تقارن بهتر پارامترهای توزیع فشار کف پای، علاوه بر بهبود قدرت و انعطاف عضلات کف پا، در هنگام تمرین و مبارزه، یا هنگام ریکآوری به همان نسبتی که از یک پای خود به عنوان پای جلو یا عقب استفاده می‌کنند از پای دیگر نیز استفاده کنند.

سپاسگزاری

در پایان از کلیه کاراته‌کاران شرکت‌کننده در تحقیق حاضر و پرسنل محترم کلینیک آرنگ که در تحقیق حاضر نهایت همکاری را داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

منابع

1. Hamill J, Knutzen K. Biomechanical Basis of Human Movement, 3rd Edition; 2009: 311-312.
2. Hallemans A, De Clercq D, Van Dongen S, Aerts P. Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. *Gait Posture* 2006; 23(2): 142-8.
3. Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture* 2007; 26(1): 68-75.
4. Twomey D, McIntosh AS, Simon J, Lowe K, Wolf SI. Kinematic differences between normal and low arched feet in children using the Heidelberg foot measurement method. *Gait Posture* 2010; 32(1): 1-5.
5. Bonato P. Wearable sensors/systems and their impact on biomedical engineering. *IEEE ENG MED BIOL* 2003; 22: 18-20.
6. Memar R, Farjad Pezeshk A, Ghasempour H, Sirazikhah M. [Symmetry parameters of plantar pressure distribution of the elderly with a short leg]. *Iranian Journal of ageing* 2012; 7(26): 38-44. [Persian]

فشارها در ناحیه پاشنه، جلوی پا و انگشت بزرگ بوده در حالی که کمترین فشارها زیر ناحیه میانی پا و انگشت خارجی معرفی می‌باشد (۲۹). Zvonar و همکاران در مطالعه‌ای همسو با عنوان تأثیر ورزشهای رزمی بر وضعیت فشار کف پای با مشاهده اختلاف معنادار در فشار زیر انگشتان بزرگ نتیجه گرفتند که انگشتان در کاراته-کاهایی که بر روی سطح سفت تمرین می‌کنند نسبت به کاراته‌کاهایی که بر روی تاتمی تمرین می‌کنند به علت باز شدن بیش از حد پا بر روی سطوح سفت، بیشتر درگیر می‌شود، اما در کاراته‌کاهایی که بر روی تاتمی تمرین می‌کنند از آنجایی که پاشنه و متاتر سالها زمان بارگیری و سطح تماس بیشتری دارند، به احتمال زیاد به همان نسبت فشار و نیروی بیشتری به این نواحی وارد می‌شود (۱۵). از آنجایی که ماهیت ورزش کاراته به گونه-ای است که، کاراته‌کا تغییر جهت‌های سریع، شروع، توقف و فرودهای فراوانی را به طور مکرر تجربه می‌کند (۹) و با توجه به اهمیت انگشت شست در پیشروی که توسط محققین مختلفی بیان شده است (۵۱-۴۹)، بیشتر بودن حداکثر فشار در مسک مربوط به این انگشت نسبت به دیگر مسک‌ها تا حدودی قابل پیش‌بینی بود. Hennig و Milani چنین عنوان کردند که بار اعمالی بر ناحیه شست بار فعال است (۵۱)؛ به عبارت دیگر این محققین با تأیید نقش انگشت شست در پیشروی به نقش عضلات در بارهای اعمالی بر ناحیه شست اشاره داشته‌اند. دلیل بالا بودن حداکثر فشار در پاشنه و استخوان کف پای سوم پای عقب را نیز می‌توان به استفاده از این پا به عنوان تحمل‌کننده وزن و مسئولیت این پا در جهت حفظ پایداری و آماده‌سازی برای پیشروی پای جلو ربط داد، Hughes و همکاران نیز در تأیید این گفته، پاشنه را تحمل‌کننده وزن در مرحله‌ی ابتدایی چرخه راه رفتن می‌دانست (۴۹).

نتایج تحقیق حاضر علاوه بر آنکه متغیر جنسیت را یک عامل مهم در نحوه توزیع فشار کاراته‌کاها معرفی می‌کند؛ بیان می‌دارد که احتمالاً فشارهای مکانیکی، نیروهای کششی، شدت انقباض‌های عضلانی، و تحمل وزن بدن حین تمرین و مبارزه؛ نقش مؤثری در توزیع فشار هر دو پای کاراته‌کاها دارد. با توجه به قرارگیری مکرر پاهای جلو و عقب کاراته‌کاها در وضعیت‌های متفاوت و نیز حرکت مفاصل دو پا در دامنه حرکتی متفاوت به صورت طولانی

7. Seeger BR, Caudrey DJ, Scholes JR. Biofeedback therapy to achieve symmetrical gait in hemiplegic cerebral palsied children. *Arch Phys Med Rehabil* 1981; 62(8): 364.
8. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, Closson V, Verrier MC, Staines WR, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89(2): 304-10.
9. Prince F, Allard P, Therrien RG, McFadyen BJ. Running gait impulse asymmetries in below-knee amputees. *Prosthet Orthot Int* 1992; 16 (1):19-24.
10. Pereira CS, Silva JGM, Sacco ICN. Effects of mild leg length discrepancy on vertical ground reaction forces in running. *Journal of Biomechanics* 2006; 39: 544-544.
11. Watinks J. Structure and Function of the Musculoskeletal System. Dabidy Roshan V. (Persian Translator) first edition. Tehran. Omid Danesh; 2009: 603-6.
12. Letafatkar A, Daneshmandi H, Hadadnezhad M, Abdolvahabi Z. [Advanced Corrective Exercises: From Theory to Application]. 3rd Edition. Tehran. Avaye Zohor Publication; 2010: 282.[Persian]
13. Jnoior JN, Pastre CM, Monteiro HL. Postural alterations in male Brazilian athletes who have participated in international muscular power competitions. *Rev Bras Med Esporte* 2004; 10(3): 199-201.
14. Katić R, Blazević S, Krstulović S, Mulić R. Morphological structures of elite Karateka and their impact on technical and fighting efficiency. *Coll Antropol* 2005; 29(1):79-84.
15. Zvonar M, Lutonskac K, Reguli Z, Sebera M, Vespalec T. Influence of combative sports on state of plantar pressure. *Journal of Martial Arts Anthropology* 2012; 12(1): 30-35.
16. Dadgar H, Sahebozamani M. [Evaluation of sole arch index and non-contact lower-extremity injury rates in male karateka]. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences* 2011; 7(1): 1-8.[Persian]
17. Daneshmani H, Alizadeh M.H, Gharakhanlou R. [Corrective Exercises]. 8rd Edition. Tehran. SAMT; 2013: 7-125.[Persian]
18. Firth J, Turner D, Smith W, Woodburn J, Helliwell P. The validity and reliability of Pressure State for measuring plantar foot pressures in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007; 22(5): 603-6.
19. Hung K, Zhang Y.T, Tai B. Wearable Medical Devices for Tele-Home Healthcare. *Engineering in Medicine and Biology Society (IEMBS)* 2004; 2: 5384-5387.
20. Abdul Hadi A, Aladin Z, Rezaul K and Yufridin W. Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. *Sensors* 2010; 12(7): 9884-9912.
21. Rodgers M. Dynamic biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. *Phys Ther* 1988; 68: 1822-1830.
22. Mao de W, Li JX, Hong Y. Plantar pressure distribution during Tai Chi exercise. *Arch Phys Med Rehab* 2006; 87(6): 814-20.
23. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Phys Ther* 2000; 80(4): 399-409.
24. Kwon OY, Mueller MJ. Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in people with diabetic neuropathies. *Phys Ther* 2001; 81(2): 828-35.
25. Burnfield JM, FewCD, Mahamed DS, Perry J. The influence of walking speed and footwear on plantar pressure in older adults. *Clin Biomech* 2004; 19: 78-84.
26. Hreljac A, Marshall RN, Hume PA. Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Med Sci Sport Exer* 2000; 32(9): 1635-41.
27. Fernando Djs, Masson Ea, Veves A, Et Al. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. *Diabetes Care* 1991; 14(1): 8-11.
28. Cavanagh Pr, Ulbrecht Js. Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. *The FOOT* 1994; 4(3): 123-135.

29. Jarmo P. Foot loading in normal and pathological walking. Jyväskylä:MS Thesis. University of Jyväskylä; 2002: 26.
30. Teodoru M, Petre R. Correlation between Plantar Pressure and Striking Speed in Karate-do, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2014; 117: 357-360.
31. Farjad Pezeshk A, Sadeghi H, Farzadi M. [Comparison of Plantar Pressure Distribution and Vertical Ground Reaction Force between Dominant and None-Dominant Limb in Healthy Subjects Using Principle Component Analysis (PCA) Technique]. *Journal of Rehabilitation* 2013; 14(1): 97-108.[Persian]
32. Wong P, Chamari K, Chaouachi A, Wisloff U, Hong Y. Difference in plantar pressure between the preferred and non-preferred feet in four soccer-related movements. *Brit Sports Med* 2007; 41(2): 84-92.
33. Safaei Pour Z, Ebrahimi E, Saeidi H, Kamali M. [Plantar pressure distribution in healthy adults during standing and walking]. *Journal of rehabilitation* 2008; 2(10): 8-15.[Persian]
34. Mako F, toru F. Gender-based differences in the functional deformation of the foot longitudinal arch. *The foot* 2012; 22(1): 6-9.
35. Tillaar RVD, Ettema G. Effect of body size and gender in overarm throwing performance. *European Journal of Applied Physiology* 2004; 91(4): 413-418.
36. Gneezy U, Niederle M, Rustichini A. Performance in competitive Environments: Gender differences. *Journal of economics* 2003; 118(3):1049-1074
37. Vanzant S, Macpoil TG, Cornwall MW. Symmetry of Plantar Pressures and Vertical Forces in Healthy Subjects during Walking. *Am Podiatr Med Assoc* 2001; 91(7): 337-342.
38. Crichley GR, Mannion S, Meredith C. Injury rate in shotokan karate. *Sport med* 1999; 33: 174-177.
39. Mousavi NH, Farhadi H. comparison of anthropometric and physiological characteristics of elite cycling and karate athletes. *Annals of Biological Research* 2013; 3(1): 628-31.
40. Afzalpour M, Kaviani Najafabadi R, Ehsanbakhsh A. [The comparison of the bone mineral density and content between dominant & non dominant limb in elite males Karate practitioners of southern Khorasan]. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport* 2013; 1(1): 44-57.[Persian]
41. Putti AB, Arnold GP, Cochrane LA, Abboud RJ. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system. *Gait & Posture* 2008; 27(3): 501-5.
42. Herzog W, Nigg BM, Read L, Olsson E. Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21(1): 110-14.
43. Cavanagh PR, Rodgers Iiboshi A. Pressure distribution under symptom free feet during barefoot standing. *Foot ankle* 1987; 7: 262-276.
44. Murphy Df, Beynnon BD, Michelson JD, Vacek PM. Efficacy of plantar loading parameters during gait in terms of reliability, variability, effect of gender and relationship between contact area and plantar pressure. *Foot&Ankel International* 2005; 26(2): 171-9.
45. Rahimi M, Halabchi F, GHasemi GH, Zolaktaf V. Prevalence of karate Injuries in Professional Karate Ka in Isfahan. *Aja University of Medical Science* 2009; 7(23): 201-207.
46. Kujala U M, Taimela S, Antti-Poika I, Orava Sakari, Tuominen Risto, Myllynen P. Acute Injuries in soccer, ice hockey, volleyball, basketball, judo, and karate: analysis of national registry data. *BMJ* 1995; 311: 1465-68.
47. Nawata K, Nishihara S, Hayashi I, Teshima R. Plantar pressure distribution during gait in athletes with functional instability of the ankle joint: preliminary report. *J Orthop Sci* 2005; 10(3): 298-301.
48. Mitchell D. Know The game Karate. Dabaghian Gh (Persian Translator). Second edition. Qom. Sepehr Andishe; 1994: 41.
49. Hughes J, Clark P, Klenerman L. The importance of the toes in walking. *Journal of Bone & Joint Surgery* 1990; 72(2): 245-51.

50. Burnfield JM, Few CD, Mohamed OS, Perry J. The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clinical Biomechanics* 2004; 19 (1): 78-84.
51. Hennig EM, Milani TL. Die Dreip unktunters tützung des Fußes. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 2008; 131 (03): 279-84.