

طراحی، ساخت و اعتبارسنجی جعبه عکسبرداری کف پا برای اندازه‌گیری

منتخبی از شاخص‌های اثر پا

مهسا حکیمی‌پور^۱، رضا رجبی^۲، هومن مینونزاد^۳

چکیده

زمینه و هدف: اندازه‌گیری قوس داخلی پا به عنوان مهم‌ترین مرجع برای مشخص کردن ناهنجاری‌های پا و پیگیری روند درمان به شمار می‌رود و استفاده از شاخص‌های اثر پا به عنوان متداول‌ترین روش برای ارزیابی قوس داخلی پا شناخته می‌شود. هدف از مطالعه حاضر معرفی وسیله جدید طراحی و ساخته شده به نام جعبه عکسبرداری کف پا در اندازه‌گیری شاخص‌های رایج اثر پا و تعیین اعتبار آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی-همبستگی تعداد ۲۰ آزمودنی مرد و زن به صورت تصادفی از میان جامعه آماری انتخاب شدند. اندازه‌گیری شاخص‌های اثر پا بوسیله جعبه عکسبرداری کف پا انجام گرفت. طراحی این وسیله با دوربین و بر اساس تکنیک پردازش تصویر بوده و قابلیت محاسبه تمامی شاخص‌های پا را دارا می‌باشد. از رادیوگرافی جانبی پا به عنوان استاندارد طلایی به منظور اعتبارسنجی وسیله جدید استفاده شد. برای تعیین میزان اعتبار دستگاه جدید از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که بین مقادیر شاخص‌های اثر پا حاصل از جعبه عکسبرداری کف پا و رادیوگرافی اعتبار قوی و بسیار قوی وجود دارد (۰/۸۹ تا ۰/۵۵). بیشترین ضریب همبستگی بین شاخص استاهلی و زاویه انحراف پاشنه (۰/۸۹/۳) و کمترین ضریب همبستگی بین شاخص چپپانوکس اسمیراک و ارتفاع ناوی مشاهده شد (۰/۵۵/۳).

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان دادند که جعبه عکسبرداری کف پا در سنجش شاخص‌های رایج اثر پا دارای اعتبار بالا می‌باشد؛ لذا استفاده از این وسیله برای اندازه‌گیری دقیق و سریع شاخص‌های اثر پا توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: اعتبار، شاخص‌های اثر پا، رادیوگرافی

۱. دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشگاه تهران، (نویسنده مسئول) m.hakimipoor@ut.ac.ir

۲. استاد، گروه بهداشت و طب ورزشی، دانشگاه تهران

۳. استادیار، گروه بهداشت و طب ورزشی، دانشگاه تهران

مقدمه

انسان در طول عمر خود حدود ۱۸۴۰۰۰ کیلومتر راه می‌رود و پا، نقطه انتهایی زنجیره حرکتی انسان در حین حرکات انتقالی است (۱) بنابراین آگاهی از وضعیت ساختاری پا به عنوان یکی از عوامل مهم در بررسی عملکرد پا و تشخیص نوع اختلالات و دفورمیتی‌های پا جهت سنجش و پیگیری روند درمان بسیار حائز اهمیت است. عملکرد چندگانه ساختارهای کف پا، همانند جذب و پخش نیروهای عکس‌العمل زمین و همچنین ایجاد تطابق کف پا با سطوح مختلف و حفظ ثبات فرد؛ وابسته به وجود قوس‌های کف پای است. از این میان، قوس طولی-داخلی اهمیت بیشتری در حفظ عملکرد مطلوب پا دارد (۲). با توجه به یکپارچگی سیستم اسکلتی-عضلانی، تغییرات یک قسمت بدن به صورت زنجیره‌ای منجر به تغییرات در سایر قسمت‌های بدن می‌شوند. کاهش قوس طولی داخلی یا پرونیشن پا متعاقباً منجر چرخش داخلی ساق پا و ران، تیلت قدامی لگن و افزایش لوردوز کمری می‌شود و از سوی دیگر افزایش قوس طولی داخلی پا و سوپینیشن پا منجر به چرخش خارجی ساق و ران، تیلت خلفی لگن و کاهش لوردوز کمری می‌شود (۳-۸) تغییرات مذکور در افراد مبتلا به کف پای صاف یا کف پای گود از عوامل احتمالی ایجاد درد در پا، ساق و کمر بوده و اثر سوء بر فعالیت‌های روزانه فرد مثل راه رفتن و ایستادن‌های طولانی مدت دارد (۹). با توجه به اهمیت و نقش پا در زنجیره حرکتی اندام تحتانی و نظر به اینکه مشکلات این ناحیه از بدن بسیار شایع، پیچیده و پرهزینه هستند، بهتر است که دفورمیتی‌های قوس کف پا در افراد به طور دقیق شناسایی و اندازه‌گیری شوند. روش‌های متعددی برای ارزیابی پا وجود دارند که متداولترین آنها ارزیابی‌های بصری، بررسی متغیرهای آنترپومتریک، شاخص‌های اثر پا و ارزیابی‌های رادیوگرافی می‌باشند (۲). تکنیک رادیوگرافی به عنوان روش استاندارد طلایی برای ارزیابی وضعیت اسکلتی پا در حالت استاتیک به شمار می‌رود (۱۰) ولی با توجه به خطرات بالقوه و هزینه‌ی بالای این روش بویژه در اندازه‌گیری‌های مکرر و تشخیص‌های ابتدایی استفاده‌ی زیاد از این روش، مناسب نمی‌باشد (۱۱).

از این رو محققان همواره به دنبال جایگزین کردن شیوه‌های غیرتهاجمی در ارزیابی کف پا هستند که در این میان استفاده از شاخص‌های مربوط به ثبت اثر کف پا به عنوان روشی نسبتاً مطمئن، بطور مکرر در تحقیقات قبلی، برای اندازه‌گیری قوس پا استفاده شده‌اند (۱۲-۱۴). به صورت سنتی محققان از جوهر و کاغذ برای ثبت اثر پا استفاده می‌کنند (۱۵) اما متأسفانه این شیوه بسیار وقت گیر و پرزحمت می‌باشد. به این منظور استفاده از روش عکاسی (۱۶) به عنوان یک روش جایگزین و مدرن مدتی است مورد استفاده قرار می‌گیرد که منجر به سهولت جمع‌آوری اطلاعات شده است.

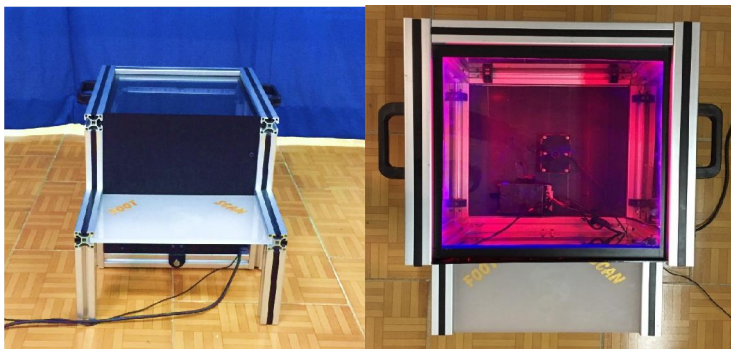
بدین منظور جعبه عکسبرداری کف پا به منظور بررسی قوس طولی داخلی پا برای اولین بار در جهان توسط متخصصان داخلی طراحی و ساخته شده است. به عنوان یک اصل آکادمیک پس از ساخت و معرفی هر وسیله جدید اندازه‌گیری ارائه اطلاعاتی در زمینه اعتبار و پایایی آن ضروری می‌باشد.

با توجه به این مطلب تعیین اعتبار اطلاعات حاصل از این دستگاه به منظور اطمینان از صحت اطلاعات آن برای استفاده از این وسیله ضروری به نظر می‌رسد. لذا هدف از مطالعه حاضر تعیین اعتبار جعبه عکسبرداری کف پا (در مقایسه با روش رادیوگرافی به عنوان روش استاندارد طلایی برای ارزیابی قوس‌های کف پا) می‌باشد.

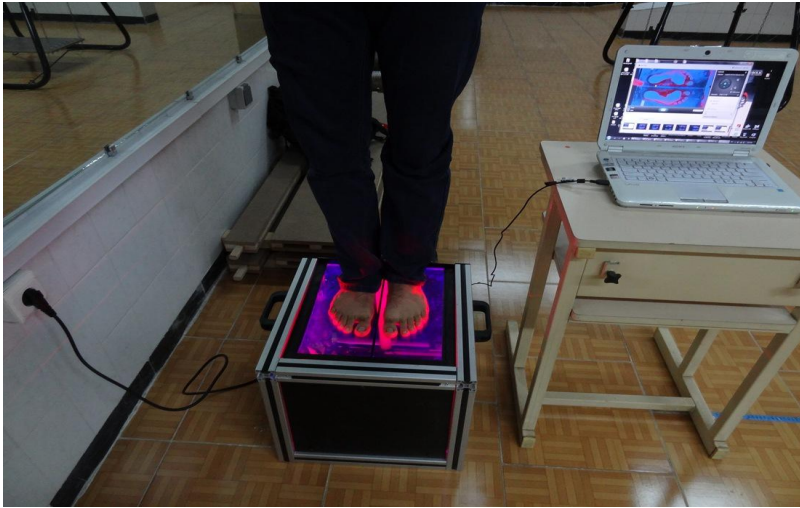
روش شناسی

پژوهش حاضر توصیفی از نوع همبستگی (اعتبار سنجی) و از لحاظ استفاده به صورت کاربردی است. جهت انجام تحقیق حاضر تعداد ۲۰ نفر از مراجعه کنندگان به یکی از مراکز رادیوگرافی که به تشخیص پزشک متخصص نیاز به انجام رادیوگرافی از نمای جانبی پا داشتند شامل ۱۰ مرد (سن $22/8 \pm 2/2$ سال، قد $177/7 \pm 5/69$ سانتیمتر، وزن $60/1 \pm 9/76$ کیلوگرم) و ۱۰ زن (سن $25/7 \pm 2/71$ سال، قد $165/9 \pm 5/76$ سانتیمتر، وزن $60/1 \pm 9/76$ کیلوگرم) پس از تکمیل فرم رضایتنامه و اخذ مجوز از دانشگاه تهران وارد تحقیق شدند. سابقه شکستگی، جراحی در ناحیه مچ و پا (۱۷)، اختلالات نورولوژیک، BMI کمتر از ۱۸ و یا بزرگتر از ۲۵ (۱۸)، وجود زخم و پینه و یا درد در روز آزمون که بر روی نحوه ایستادن افراد تاثیر می‌گذاشت (۱۶) معیارهای خروج از تحقیق بودند.

دستگاه جدید ساخته شده به نام جعبه عکسبرداری کف پا شامل یک جعبه با ابعاد $50 \times 40 \times 40$ سانتی متر و وزن ۴ کیلوگرم می‌باشد. در داخل جعبه یک دوربین مارک کانن و لنز Full HD 1080p - Carl Zeiss optics ساخت کشور ژاپن به منظور عکسبرداری از کف پا همچنین چراغ‌های LED به منظور شفاف سازی اثر پا تعبیه شده است، همچنین روی جعبه یک صفحه کریستال فشرده شفاف با قابلیت تحمل ۱۲۰ کیلوگرم وزن قرار دارد که محل قرارگیری افراد برای ارزیابی اثر کف پا می‌باشد. هنگامی که فرد روی صفحه مورد نظر می‌ایستد عکس از کف پا تهیه می‌شود سپس تصاویر و داده ها، از طریق کابل USB به صورت Real Time به کامپیوتر انتقال می‌یابند. برای برنامه‌ریزی این دستگاه از نرم افزار LabVIEW استفاده شده است. نرم افزار طراحی شده امکان اندازه‌گیری دقیق تمامی ابعاد پا برحسب طول (میلی متر) و درجه (زاویه) و ارزیابی شاخص‌های اثر پا (شاخص قوس، استاهلی، اثر پا، چپپائوکس اسمیراک) را با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و الگوریتم‌های فیلتراسیون فراهم می‌کند. از دیگر قابلیت‌های نرم افزار طراحی شده می‌توان به امکان نمایش دوبعدی پا، ذخیره همزمان داده‌ها و پرینت اطلاعات فردی اشاره کرد (شکل ۱).

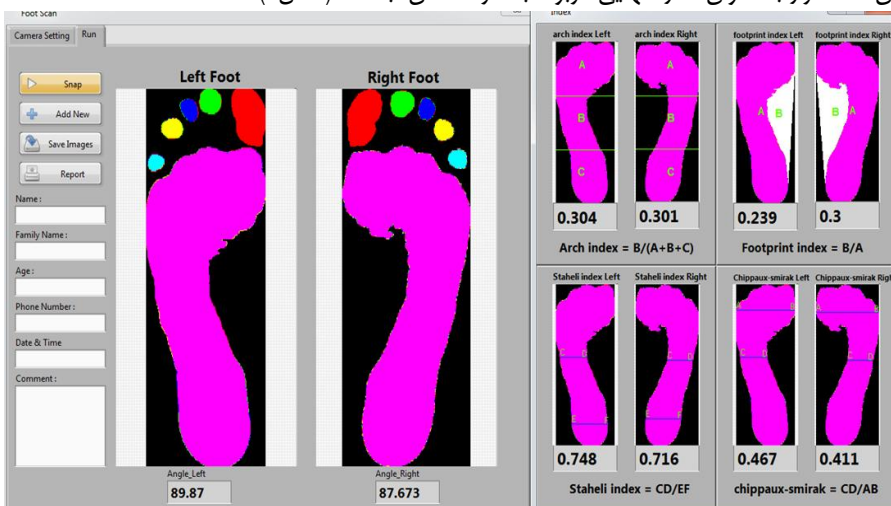


شکل ۱. جعبه عکسبرداری کف پا از نماهای مختلف به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های اثر پا به وسیله‌ی جعبه عکسبرداری کف پا از آزمودنی‌ها خواسته شد که بدون جوراب در محل تعبیه شده روی جعبه عکسبرداری کف پا در حالیکه زانوها صاف بوده و پاشنه‌ها و پنجه‌ها در یک راستا قرار داشتند و وزن بدن به طور مساوی بین دو پا تقسیم شده بود، بایستند (۱۹). سپس عکس توسط دستگاه مذکور از کف پای افراد گرفته و به کامپیوتر منتقل شد و توسط نرم افزار طراحی شده مختص این دستگاه شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شدند (شکل ۲).



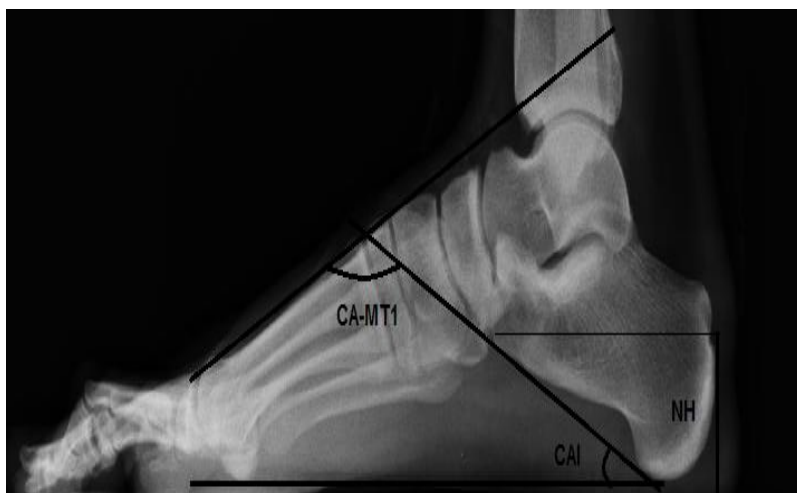
شکل ۲. نحوه اندازه‌گیری شاخص‌های مورد نظر با جعبه عکسبرداری کف پا

در این مطالعه به منظور ارزیابی قوس طولی داخلی پا چهار شاخص رایج اثر پا که به طور رایج در تحقیقات قبلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، محاسبه شدند. این شاخص‌ها شامل شاخص قوس (نسبت یک سوم میانی پا بر کل اثر پا بدون انگشتان (۲)) شاخص استاهلی (نسبت کوچکترین عرض ناحیه قوس به بزرگترین عرض پاشنه (۲۰))، شاخص اثر پا (نسبت مساحت سطح غیر تماسی کف پا به مساحت سطح تماسی کف پا با زمین بدون در نظر گرفتن انگشتان (۲)) و شاخص چپائوکس اسمیراک (نسبت کوچکترین عرض در ناحیه قوس بر بیشترین عرض جلوی پا (۱۶)) بودند. فرایند اندازه‌گیری سه بار و با فاصله یک دقیقه نسبت به هم تکرار شد، در نهایت میانگین سه تکرار به عنوان اندازه نهایی مربوط به هر شاخص ثبت شد (شکل ۳).



شکل ۳. نرم افزار طراحی شده جهت محاسبه شاخص‌های ثبت اثر پا در جعبه عکسبرداری کف پا

در این مطالعه به منظور تعیین اعتبار جعبه عکسبرداری کف پا، از عکس رادیوگرافی از نمای جانبی در حالتی که وزن به طور مساوی بین دو پا تقسیم شده بود استفاده گردید (۱۹). متغیرهای زیر، که بطور مکرر در تحقیقات گذشته برای اندازه‌گیری مستقیم قوس طولی داخلی پا از عکس رادیوگرافی استفاده شده‌اند (۲، ۱۷، ۱۹، ۲۱-۲۳) توسط محقق با نرم افزار فوکسیت ریدر محاسبه شدند: متغیرهای الف) زاویه انحراف پاشنه (زاویه بین خط مماس با سطح پایینی استخوان پاشنه و سطح زیر پا - زاویه CAI)، ب) زاویه پاشنه-متاتارس اول (زاویه بین خط مماس زیر پاشنه و خط روی پشت پا - زاویه CA-MT1)، ج) ارتفاع ناوی (فاصله برجستگی ناوی تا سطح زیر پا- (NH) (۲، ۱۹) (شکل ۴)



شکل ۴. زوایا و اندازه‌های محاسبه شده از عکس رادیوگرافی نمای جانبی پا

با توجه به ماهیت داده‌ها و نیز نرمال بودن داده‌های به دست آمده توسط آزمون K-S، برای تعیین اعتبار دستگاه جدید (بررسی رابطه میان مقادیر شاخص‌های اندازه گرفته شده توسط جعبه عکسبرداری کف پا و عکس رادیوگرافی) از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. ضرایب همبستگی (r) بین ۰ تا ۰/۱ تا ۰/۱ تا ۰/۳ نسبتاً ضعیف، بین ۰/۳ تا ۰/۵ متوسط، بین ۰/۵ تا ۰/۸ قوی، بین ۰/۸ تا ۱ بسیار قوی در نظر گرفته شدند (۲۴). کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری به وسیله نرم افزار SPSS (Version 19) و در سطح معناداری $\alpha=0/05$ انجام شدند.

یافته‌ها

جدول ۱ اطلاعات مربوط به میانگین و انحراف استاندارد هریک از شاخص‌های مورد اندازه‌گیری بوسیله جعبه عکسبرداری کف پا و عکس رادیوگرافی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. اطلاعات مربوط به شاخص‌های مورد اندازه‌گیری بوسیله جعبه عکسبرداری کف پا و رادیوگرافی

پارامترها	میانگین \pm انحراف استاندارد	دامنه
شاخص‌های اثر پا		
شاخص قوس (Arch index)	0.29 ± 0.01	$0.25 - 0.35$
استاهلی (Staheli)	0.58 ± 0.21	$0.09 - 0.99$
شاخص اثر پا (Footprint index)	0.33 ± 0.11	$0.04 - 0.5$
چیپائوکس - اسمیراک (Chippaux - Smirak)	0.36 ± 0.14	$0.05 - 0.63$
شاخص‌های رادیوگرافی		
زاویه انحراف پاشنه (CAI) (درجه)	23.52 ± 4.64	$12.47 - 33.52$
زاویه پاشنه - متاتارس اول (CI-MT1) (درجه)	133.1 ± 7.1	$118.87 - 150.87$
ارتفاع ناوی (NH) (میلی متر)	20.34 ± 3.29	$13.09 - 25.87$

جدول ۲ همبستگی بین نتایج به دست آمده از جعبه عکسبرداری کف پا و اندازه‌های رادیوگرافی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود بین تمامی شاخص‌های اثر پا و اندازه‌های رادیوگرافی رابطه معنادار و قوی یا خیلی قوی وجود دارد ($r=0.55-0.89$).

جدول ۲. نتایج آزمون همبستگی پیرسون برای محاسبه روایی بین جعبه عکسبرداری کف پا با رادیوگرافی

اندازه‌های رادیوگرافی						شاخص‌های اثر پا (جعبه عکسبرداری کف پا)
ارتفاع ناوی (NH)		زاویه پاشنه - متاتارس اول (CA-MT1)		زاویه انحراف پاشنه (CAI)		
P	R	P	R	P	R	
0.003	-0.62	0.001	0.80	0.001	-0.86	شاخص قوس (Arch index)
0.005	-0.59	0.001	0.73	0.001	-0.89	استاهلی (Staheli)
0.006	0.59	0.001	-0.78	0.001	0.84	شاخص اثر پا
0.001	-0.55	0.001	0.74	0.001	-0.86	چیپائوکس اسمیراک

بحث

هدف از این مطالعه بررسی اعتبار جعبه عکسبرداری کف پا در اندازه‌گیری شاخص‌های رایج اثر پا بود که اعتبار بوسیله محاسبه همبستگی بین شاخص‌های به دست آمده از جعبه عکسبرداری کف پا و عکس رادیوگرافی جانبی پا انجام گرفت. همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود شاخص قوس در تحقیق حاضر برابر با 0.29 ± 0.01 می‌باشد. کوانتاک و همکاران (0.23 ± 0.05)، منز و همکاران (0.24 ± 0.05) و کوئین و همکاران (0.21 ± 0.06) نیز در تحقیقات خود، نتایج مشابه برای شاخص قوس بر روی گروه سنی بزرگسالان گزارش کردند (۱۶، ۲۱، ۲۵). همچنین مقادیر شاخص‌های استاهلی 0.21 ± 0.058 ، اثر پا 0.11 ± 0.033 و چپائوکس اسمیراک 0.14 ± 0.036 در تحقیق حاضر مشابه با تحقیق کوئین و همکاران می‌باشد که با مطالعه روی ۳۰ زن و مرد میانگین شاخص استاهلی (0.24 ± 0.041)، شاخص اثر پا (0.13 ± 0.038) و شاخص چپائوکس اسمیراک را (0.15 ± 0.027) گزارش کردند (۱۶). به طور کلی مقادیر شاخص‌های مورد بررسی در کف پا مشابه نتایج تحقیقات پیشین می‌باشد و اندک تفاوت موجود به علت تفاوت در تعداد نمونه‌ها می‌باشد. همانطور که در جدول ۱ مشخص است میانگین (\pm انحراف استاندارد) متغیرهای به دست آمده از عکس‌های رادیوگرافی جانبی پا در ارتفاع ناوی $20/34 \pm 3/29$ میلی‌متر، زاویه انحراف پاشنه $23/52 \pm 4/64$ درجه و زاویه پاشنه-ماتتارس اول $133/1 \pm 7/1$ درجه بود. در تحقیقات پیشین نیز مقادیر این متغیر بسیار مشابه تحقیق حاضر گزارش شده است به عنوان مثال منز و همکاران نیز در مطالعه خود روی افراد سالمند زاویه انحراف پاشنه 21 ± 7 درجه زاویه پاشنه ماتتارس اول 133 ± 9 درجه با استفاده از عکس رادیوگرافی جانبی پا گزارش کردند (۲۱).

نتایج آزمون همبستگی پیرسون (جهت بررسی اعتبار جعبه عکسبرداری کف پا و رادیوگرافی) نشان داد که ارتباط معناداری بین نتایج به دست آمده از جعبه عکسبرداری کف پا و رادیوگرافی وجود دارد ($P < 0.05$). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ضریب همبستگی بین متغیرهای حاصل از ثبت اثر پا مربوط عکسبرداری با شاخص‌های رادیوگرافی بین 0.89 تا 0.55 است که بیشترین ضریب همبستگی بین شاخص استاهلی و زاویه انحراف پاشنه است ($r = 0.89$) و کمترین ضریب همبستگی بین شاخص چپائوکس اسمیراک و ارتفاع ناوی است ($r = 0.55$). به طور کلی هر ۴ شاخص اندازه گرفته شده بوسیله جعبه عکسبرداری کف پا یعنی شاخص‌های استاهلی، قوس، چپائوکس اسمیراک و اثر پا به ترتیب دارای ضرایب همبستگی (r) برابر با 0.89 ، 0.86 ، 0.86 و 0.84 با زاویه انحراف پاشنه (CAI) ضرایب همبستگی (r) برابر با 0.73 ، 0.80 ، 0.74 و 0.78 با زاویه پاشنه ماتتارس اول (CA-MT1) و ضرایب همبستگی (r) برابر با 0.59 ، 0.62 ، 0.55 و 0.59 با ارتفاع ناوی (NH) به دست آمده از رادیوگرافی دارد. ضرایب همبستگی به دست آمده نشان دهنده ارتباط قوی و بسیار قوی بین شاخص‌های اثر پا در اندازه‌گیری با جعبه عکسبرداری کف پا و شاخص‌های اندازه گرفته شده رادیوگرافی می‌باشد.

مشابه این وسیله تاکنون وجود نداشته است لذا تحقیق کاملاً مرتبطی با طرح تحقیقی حاضر جهت مقایسه مستقیم وجود ندارد. با توجه به این امر در این قسمت در مورد سایر روش‌های رایج مورد استفاده در اندازه‌گیری ابعاد و معیارهای کف پا و مقایسه نتایج این روش‌ها با تحقیق حاضر صحبت خواهد شد.

همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد در تحقیق حاضر ارتباطی معنادار و قوی ($r = -0.62$) بین شاخص قوس در اندازه‌گیری با جعبه عکسبرداری کف پا و ارتفاع ناوی در عکس رادیوگرافی مشاهده گردید. مک کرووری

و همکاران نیز رابطه معناداری بین شاخص قوس و ارتفاع ناوی به دست آمده از رادیوگرافی گزارش کردند $(r = -0.67)$ (۲۶).

در تحقیق حاضر به طور کلی همبستگی ضعیف‌تری بین چهار شاخص اندازه گیری شده با جعبه عکسبرداری کف پا با ارتفاع ناوی در عکس رادیوگرافی نسبت به سایر ارتباطها مشاهده گردید $(r = 0.55 - 0.62)$. در تحقیقات پیشین هم همبستگی ضعیف‌تری بین ارتفاع ناوی با شاخص های دیگر نسبت به سایر متغیرهای رادیوگرافی گزارش کرده‌اند که بنظر نویسندگان تحقیق حاضر شاید به علت دشواری تشخیص درست موقعیت درست استخوان ناوی در عکس رادیوگرافی جانبی باشد.

در تحقیق حاضر مشخص شد شاخص قوس رابطه معناداری با زاویه پاشنه- متاتارس اول به دست آمده از رادیوگرافی دارد. کاناتلی و همکاران نیز رابطه معناداری را بین شاخص قوس در ثبت اثر پا (استفاده از جوهر و کاغذ) با زاویه پاشنه- متاتارس اول $(r = 0.45)$ و زاویه تالوهوریزنتال $(r = 0.40)$ (استفاده از رادیوگرافی) گزارش کردند (۱۲). البته میزان همبستگی بین این متغیرها در تحقیق حاضر بالاتر می باشد که جز مزیت های جعبه عکسبرداری کف پا نسبت به روش جوهر و کاغذ می باشد.

با توجه به ضرایب همبستگی 0.89 تا 0.55 که نشان دهنده ارتباطی قوی تا بسیار قوی بین اندازه‌های شاخص قوس، شاخص استاهلی، شاخص چپیانوکس اسمیراک و شاخص اثر پا در اندازه‌گیری بوسیله جعبه عکسبرداری کف پا با متغیرهای رادیوگرافی جانبی پا می‌توان گفت که جعبه عکسبرداری کف پا که توسط محققین داخلی کشور طراحی و ساخته شده است، می‌تواند با دقت و صحت بالا در مقایسه با عکس رادیوگرافی شاخص‌های پا را اندازه‌گیری کند.

نتیجه گیری

اعتبار بالای جعبه عکسبرداری کف پا نسبت به رادیوگرافی جانبی پا نشان دهنده دقت و صحت نتایج این دستگاه در اندازه‌گیری شاخص‌های رایج اثر پا و ارزیابی قوس طولی- داخلی پا می‌باشد که این امر در مورد هر وسیله برای ارزیابی متغیرهای مختلف بسیار ضروری و مهم است. در انتها محققان پیشنهاد می‌کنند با توجه به اعتبار بالای جعبه عکسبرداری کف پا در اندازه‌گیری و آنالیز شاخص‌های اثر پا و لزوم ارزیابی وضعیت پا در طیف گسترده‌ای از علوم پزشکی، توانبخشی، تربیت بدنی، حرکات اصلاحی محققان و متخصصان از این وسیله در تحقیقات و ارزیابی‌های افراد استفاده کنند.

References:

1. Bancorft RJ, McDonough T, Shakespeare J, Lynas K. 2011. Orthotics. *European geriatric medicine*.
2. Razeghi M, Batt ME. 2002. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & posture*. 15(3):282-91.
3. Khamis S, Yizhar Z. 2007. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait & posture*. 25(1):127-34.
4. Cornwall MW, McPoil TG. 1995. Footwear and foot orthotic effectiveness research: a new approach. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 21(6):337-44.
5. Klingman RE, Liaos SM, Hardin KM. 1997. The effect of subtalar joint posting on patellar glide position in subjects with excessive rearfoot pronation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 25(3):185-91.
6. Stergiou N, Bates BT. 1997. The relationship between subtalar and knee joint function as a possible mechanism for running injuries. *Gait & Posture*. 6(3):177-8 .
7. Levine D, Whittle MW. 1996. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 24(3):130-5.
8. Tiberio D. 1987. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *Journal of orthopaedic & Sports physical Therapy*. 9(4):160-5.
9. Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. 2005. Diagnosis and treatment of adult flatfoot. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 44(2):78-113.
10. Menz HB. 1998. Alternative techniques for the clinical assessment of foot pronation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 88(3):119-29.
11. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. 2009. A protocol for classifying normal-and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *Journal of foot and ankle research*. 2(1):1-13.
12. Kanatli U, Yetkin H, Cila E. 2001. Footprint and radiographic analysis of the feet. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 21(2):225-8.
13. Chen K-C, Yeh C-J, Kuo J-F, Hsieh C-L, Yang S-F, Wang C-H. 2011. Footprint analysis of flatfoot in preschool-aged children. *European journal of pediatrics*. 170(5):611-7.
14. Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M. 2004. The arch index: a measure of flat or fat feet? *Foot & ankle international journal*. 25(8):575-81.
15. Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM. 1992. Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot & Ankle International journal*. 13(1):22-6.
16. Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA. 2007. Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. *Foot & Ankle International journal*. 28(4):456-62.
17. Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA, Queen RM. 2007. The reliability and reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements. *Journal of biomechanics*. 40(5): 117 1-6.
18. Jonely H, Brismée J-M, Sizer PS, James CR. 2011. Relationships between clinical measures of static foot posture and plantar pressure during static standing and walking. *Clinical Biomechanics*. 26(8):873-9.
19. Chen C-H, Huang M-H, Chen T-W, Weng M-C, Lee C-L, Wang G-J. 2006. The correlation between selected measurements from footprint and radiograph of flatfoot. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 87(2):235-40.

20. Pita-Fernández S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, López-Calviño B, Pérttega-Díaz S, Gil-Guillén V. 2015. Validity of Footprint Analysis to Determine Flatfoot Using Clinical Diagnosis as the Gold Standard in a Random Sample Aged 40 Years and Older. *Journal of Epidemiology*. 25(2):148.
21. Menz HB, Munteanu SE. 2005. Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 35(8):479-86.
22. Robinson I, Dyson R, Halson-Brown S. 2001. Reliability of clinical and radiographic measurement of rearfoot alignment in a patient population. *The Foot*. 11(1):2-9.
23. Williams DS, McClay IS. 2000. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Physical therapy*. 80(9):864-71.
24. Muijs D. 2010. Doing quantitative research in education with SPSS: Sage.
25. Cavanagh PR, Rodgers MM. 1987. The arch index: a useful measure from footprints. *Journal of biomechanics*. 20(5):547-51.
26. McCrory J, Young M, Boulton A, Cavanagh P. 1997. Arch index as a predictor of arch height. *The Foot*. 7(2):79-81.