

## بررسی بیماری ACL با استفاده از ابزار سنجش توزیع فشار کف پا به صورت بی سیم

بهزاد یثربی<sup>۱\*</sup>، علی‌رضا عندلیب<sup>۲</sup>، نسیم سیفی<sup>۳</sup>، فاطمه افشاری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت 1392/01/25 تاریخ پذیرش 1392/03/23

## چکیده

**پیش زمینه و هدف:** یکی از روش‌های تحلیل توزیع فشار پا استفاده از آنالیز حرکت با دستگاه‌های مجهز است. این روش علاوه بر هزینه‌های بالای آن، نیاز به فضای کافی برای استقرار تجهیزات و در پاره‌ای موارد اتصال لوازم جانبی به بیمار دارد که در حرکت بیمار محدودیت ایجاد می‌کند. هدف از این تحقیق استفاده از روشی غیرتهاجمی با هزینه کم و امکان آزادی عمل زیاد برای بیمار به همراه نتایجی کیفی و کمی با دقت بالا و هم‌زمان در دو حالت ایستایی و حرکتی است. **مواد و روش کار:** در این تحقیق از ابزاری غیرتهاجمی مشتمل بر ۱۶ حسگر FSR و ارسال اطلاعات بی‌سیم با ماژول RF بر روی بیماران ACL استفاده گردید. جامعه مورد مطالعه ۱۸ مرد بالغ در ۳ گروه شامل ۶ فرد سالم به عنوان گروه کنترل، ۶ فرد دارای بیماری ACL پای راست و ۶ فرد دارای بیماری ACL پای چپ بود. پس از پوشیدن کفش حاوی حسگرهای FSR توسط افراد، اطلاعات حسگرها در نقاط فشاری کف پای آن‌ها در حالت ایستایی و حرکتی به یک پردازشگر و سپس به صورت بی‌سیم به کامپیوتر منتقل گردید. اطلاعات دریافتی به نرم‌افزار طراحی شده با CSharp منتقل و پس از پردازش در آن، رنگ‌بندی نواحی فشار مشخص شده در تصویر کف پای راست و چپ ایجاد شده بر روی صفحه نمایشگر، متناسب با میزان فشار اعمالی بر حسگرها تغییر نموده و بعد از گذشت ۵ ثانیه تغییرات رنگی مربوط به هر یک از حسگرهای دو پای راست و چپ به صورت نمودار به تصویر درآمد.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل نشان داد که از لحاظ آماری هیچ اختلاف معنی‌داری بین میانگین فشارهای پای راست و چپ گروه کنترل در حالت ایستایی و حرکتی وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). از طرفی با مقایسه میانگین فشاری حسگرهای نظیر به نظیر پای راست و چپ در دو گروه بیماران ACL پای چپ و بیماران ACL پای راست و نیز مقایسه میانگین فشاری پای راست و چپ آن‌ها در حالت ایستایی و حرکتی اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). همچنین با مقایسه میانگین فشاری پای چپ دو گروه بیماران ACL پای چپ و کنترل و نیز مقایسه میانگین فشاری پای راست دو گروه بیماران ACL پای راست و کنترل در حالت ایستایی و حرکتی اختلاف معناداری مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ).

**بحث و نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج به دست آمده چنین به نظر می‌رسد که با استفاده از ابزار فوق بتوان بیماری ACL را به طور غیرتهاجمی با هزینه کم و آزادی عمل زیاد بیمار از طریق نمایش نتایج و اطلاعات دقیق به صورت لحظه به لحظه و تحلیل هم‌زمان مورد ارزیابی قرار داد. **کلید واژه‌ها:** FSR، میکروکنترلر، آنتن RF، توزیع فشار کف پا، ACL

مجله پزشکی ارومیه، دوره بیست و چهارم، شماره پنجم، ص ۳۰۸-۳۰۲، مرداد ۱۳۹۲

آدرس مکاتبه: تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی پزشکی، تلفن: ۰۹۱۴۴۱۷۱۹۳۳

Email: b\_yasrebi@iaut.ac.ir

## مقدمه

مستقیم با این مرز مشترک ارتباط داشته و تغییر در این مرز می‌تواند به صورت دوطرفه هم در انتقال نیرو به زمین و در نهایت ایجاد عدم تعادل در حرکت و نیز در انتشار نیرو به سمت اندام تحتانی و آسیب به مفاصل اصلی آن تأثیرگذار باشد.

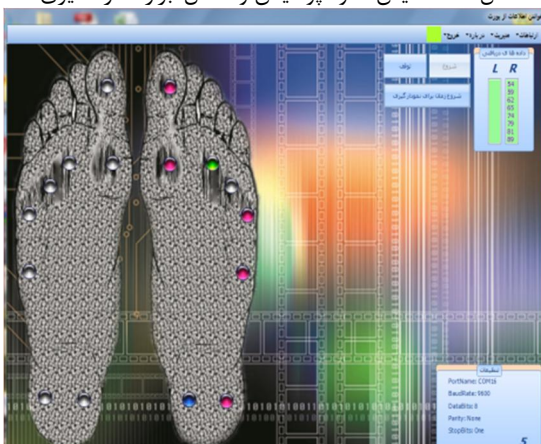
توجه به کف پا به‌عنوان عضوی که به‌طور مداوم در ارتباط مستقیم و برخوردی با محیط خارج است، بسیار مهم و ضروری است. کف پا به‌عنوان مرز مشترک توزیع نیرو بین اندام تحتانی و زمین است. هرگونه ناهنجاری حرکتی در اندام تحتانی به‌طور

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز (نویسنده مسئول)<sup>۲</sup> استادیار گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر<sup>۴</sup> استادیار گروه هیستوپاتولوژی و آناتومی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

یک پردازشگر و سپس از طریق ماژول RF (Radio Frequency) به صورت بی‌سیم به کامپیوتر یا لپ‌تاپ منتقل گردید. اطلاعات دریافتی به نرم‌افزار طراحی شده با CSharp منتقل، پس از پردازش در نرم‌افزار، رنگ‌بندی نواحی فشار مشخص شده در کفی، متناسب با میزان فشار اعمالی، تغییر کرد (شکل ب). رنگ‌بندی نقاط فشاری شامل رنگ طوسی نشانگر فشار ۸۰۰-۱۰۰۰ کیلو پاسکال، رنگ آبی نشانگر فشار ۶۰۰-۸۰۰ کیلو پاسکال، رنگ سبز نشانگر فشار ۴۰۰-۶۰۰ کیلو پاسکال، رنگ نارنجی نشانگر فشار ۲۰۰-۴۰۰ کیلو پاسکال و رنگ قرمز نشانگر فشار ۰-۲۰۰ کیلو پاسکال می‌باشد. در خروجی نمودارهای مربوط به تغییرات رنگی هر یک از حسگرهای پای راست و چپ بعد از ۵ ثانیه نمایش داده شدند (شکل ج). سپس تحلیل آماری بر روی داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS Ver.13 از طریق آزمون Paired Samples T-Test انجام شد.



شکل الف: نمایش نحوه پوشیدن و اتصال ابزار اندازه گیری



شکل ب: نمایش محل قرارگیری حسگرها و تغییر رنگ متناسب با توزیع فشار

یکی از بیماری‌های شایع در اندام تحتانی، آسیب رباط متقاطع قدامی زانو (Anterior Cruciate Ligament) است. این ناهنجاری باعث احساس ناپایداری در زانو، درد، ایجاد تورم، کاهش دامنه حرکت زانو و احساس ناراحتی در حین راه رفتن را سبب می‌گردد. بررسی و تشخیص دامنه بیماری با روش‌های تصویربرداری مانند رادیوگرافی و MRI و یا با استفاده از آنالیز راه رفتن و صفحه نیرو صورت می‌گیرد. هر یک از این روش‌ها می‌تواند محدودیت‌ها و مشکلاتی را سبب شود. استفاده از پرتوهای یونیزان جهت تهیه تصویر از ناحیه زانو علاوه بر افزایش دوز جذبی بیمار، همانند روش تشخیصی MRI ناحیه مربوطه را بدون تحمل نیروهای حرکتی طبیعی مورد مطالعه قرار می‌دهد. هم چنین در استفاده از صفحه نیرو فقط می‌توان در حالت ایستایی بر اساس توزیع فشار کف پا ناهنجاری را ارزیابی نمود. از طرفی از آنالیز راه رفتن نیز فقط در حالت حرکتی و با بکارگیری دوربین‌های پرسرعت و سنسورهای متصل به بیمار می‌توان در بررسی ناهنجاری استفاده نمود (۱-۴).

بدین ترتیب نیاز به استفاده از روشی غیرتهاجمی با هزینه کم و امکان آزادی عمل زیاد برای بیمار به همراه نتایجی کیفی و کمی با دقت بالا و هم‌زمان در دو حالت ایستایی و حرکتی ضروری به نظر می‌رسد.

## مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر ابتدا ابزاری با استفاده از حسگرهای FSR (Force Sensing Resistor) طراحی شد. در این طراحی ۸ حسگر در نقاط تماس با انگشت شست، انتهای دیستال متاتارسال‌های اول، سوم، چهارم و پنجم، انتهای پروگزیمال متاتارسال پنجم و قسمت‌های داخلی و خارجی پاشنه در کفی تعبیه گردید.

از ۱۸ مرد بالغ در سه گروه ۶ نفره شامل گروه اول افراد سالم به عنوان کنترل، گروه دوم بیماران ACL پای چپ و گروه سوم بیماران ACL پای راست به عنوان جامعه آماری آزمایش به عمل آمد. با توجه به جامعه مورد مطالعه، سائز کفش‌ها ۴۳ مردانه انتخاب گردید.

در ابتدای آزمایش افراد فرم رضایت‌نامه انجام آزمایش را پر کردند. سپس نحوه پوشیدن، ایستادن طبیعی و راه رفتن طبیعی به همه افراد توضیح داده شد. به منظور ایجاد تعادل فرد بایستی به نقطه ثابت روی دیوار نگاه می‌کرد. قبل از انجام آزمایش فرد محیط اتاق را با کفش‌ها قدم می‌زد تا با نحوه آزمایش آشنا شود. سپس در دو مرحله یک‌بار در حالت ایستایی و سپس بعد از ۲ قدم اول حرکت، پس از رسیدن به تعادل، در حالت حرکتی، نمونه‌گیری انجام شد (شکل الف). این عمل برای هر فرد سه‌بار تکرار شد. اطلاعات حسگرهای FSR در نقاط فشار فرد، در حالت ایستایی و حرکتی به

چپ در گروه بیماران ACL پای چپ در حالات ایستایی و حرکتی ارزیابی گردید و اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). فشار وارد شده بر حسگرهای پای راست (پای سالم) بیشتر از فشار وارد شده بر حسگرهای پای چپ (آسیب دیده) بود (جدول ۳).

بین میانگین فشارهای پای راست و چپ در گروه بیماران ACL پای چپ، در حالات ایستایی و حرکتی نیز اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). توزیع فشار در پای راست بیشتر از پای چپ بود (جدول ۲ و ۱).

همچنین میانگین فشار پای چپ در دو گروه بیماران ACL پای چپ و گروه کنترل نیز مقایسه گردید. در حالات ایستایی و حرکتی اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). توزیع فشار در پای چپ گروه بیماران ACL پای چپ، خیلی کمتر از توزیع فشار در پای چپ گروه کنترل بود (جدول ۵).

با مقایسه میانگین فشاری حسگرهای نظیر به نظیر پای راست و چپ در گروه بیماران ACL پای راست، در حالات ایستایی و حرکتی اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). فشار وارد شده بر حسگرهای پای چپ (پای سالم) بیشتر از فشار وارد شده بر حسگرهای پای راست (آسیب دیده) بود (جدول ۴).

بین میانگین فشارهای پای راست و چپ در گروه بیماران ACL پای راست، در حالات ایستایی و حرکتی نیز اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). توزیع فشار در پای راست بیشتر از پای راست بود (جدول ۲ و ۱).

در نهایت، میانگین فشار پای راست در دو گروه بیماران ACL پای راست و گروه کنترل نیز مقایسه گردید. در حالات ایستایی و حرکتی اختلاف معناداری مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). توزیع فشار در پای راست گروه بیماران ACL پای راست خیلی کمتر از توزیع فشار در پای راست گروه کنترل بود (جدول ۵).



شکل ۳: نمایش نمونه‌ای از نمودارهای تغییرات توزیع فشار (KPa) - زمان (s) مربوط به حسگرها در خروجی نرم افزار

### یافته‌ها

بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق، هیچ تفاوت معنی‌داری بین میانگین فشارهای پای راست و چپ گروه کنترل در حالات ایستایی و حرکتی مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). (جدول ۲ و ۱). مقایسه میانگین فشاری حسگرهای نظیر به نظیر پای راست و

جدول شماره (۱): میانگین و انحراف معیار توزیع فشار در حالت ایستایی

سمت پا	سالم		چپ ACL		ACL راست	
	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار	P Value	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار	P Value	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار	P Value
راست	۳۵۴±۲۹.۴	P>۰.۰۵	۳۹۰±۲۴.۶	P<۰.۰۵	۳۳۰±۲۴.۷	P<۰.۰۵
چپ	۳۶۸±۵۲.۵		۲۷۲±۲۲.۸		۳۵۲±۲۱.۶	

جدول شماره (۲): میانگین و انحراف معیار توزیع فشار در حالت حرکتی

سمت پا	سالم		چپ ACL		ACL راست	
	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار	P Value	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار	P Value	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار	P Value
راست	۳۲۲±۵۶.۳	P>۰.۰۵	۲۸۴±۲۲.۱	P<۰.۰۵	۲۷۰±۲۰.۲	P<۰.۰۵
چپ	۳۶۸±۵۰.۱		۲۹۵±۱۹.۳		۴۱۷±۳۳.۸	

**جدول شماره (۳): میانگین و انحراف معیار توزیع فشار نظیر به نظیر حسگرهای پای راست و چپ گروه بیماران ACL پای چپ**

محل حسگر	حالت ایستایی			حالت حرکتی		
	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار		P. Value	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار		P. Value
	پای چپ	پای راست		پای چپ	پای راست	
انگشت بزرگ	۲۳۶±۰.۷	۴۳۰±۰.۷	P<۰.۰۵	۲۶۸±۰.۶	۴۳۰±۱	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال اول	۲۵۲±۰.۴	۳۵۵±۰.۶	P<۰.۰۵	۲۸۹±۰.۶	۳۵۱±۰.۴	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال سوم	۲۶۱±۰.۷	۳۶۱±۰.۸	P<۰.۰۵	۲۷۷±۰.۴	۳۵۰±۱.۲	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال چهارم	۲۶۶±۰.۳	۳۸۶±۰.۷	P<۰.۰۵	۲۸۲±۰.۷	۳۵۴±۰.۹	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال پنجم	۲۷۷±۰.۸	۳۹۲±۰.۳	P<۰.۰۵	۳۰۱±۰.۵	۳۷۳±۰.۶	P<۰.۰۵
پروگزیمال متاتارسال پنجم	۲۷۸±۰.۳	۴۰۷±۰.۶	P<۰.۰۵	۳۰۹±۰.۳	۳۹۲±۰.۴	P<۰.۰۵
قسمت داخلی پاشنه	۳۱۴±۰.۴	۳۹۵±۰.۸	P<۰.۰۵	۳۱۴±۰.۶	۴۰۲±۰.۳	P<۰.۰۵
قسمت خارجی پاشنه	۳۰۹±۰.۳	۳۹۲±۰.۳	P<۰.۰۵	۳۲۲±۰.۴	۴۱۶±۰.۸	P<۰.۰۵

**جدول شماره (۴): میانگین و انحراف معیار توزیع فشار نظیر به نظیر حسگرهای پای راست و چپ گروه بیماران ACL پای راست**

محل حسگر	حالت ایستایی			حالت حرکتی		
	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار		P. Value	میانگین فشار (Kpa) و انحراف معیار		P. Value
	پای چپ	پای راست		پای چپ	پای راست	
انگشت بزرگ	۳۵۳±۱	۲۹۴±۰.۸	P<۰.۰۵	۴۶۰±۰/۷	۲۴۸±۰/۴	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال اول	۳۲۱±۰.۹	۳۰۸±۰.۶	P<۰.۰۵	۳۶۷±۰/۴	۲۴۸±۰/۴	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال سوم	۳۳۰±۰.۳	۳۱۵±۱	P<۰.۰۵	۳۸۰±۰/۷	۲۵۲±۰/۴	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال چهارم	۳۳۰±۱.۳	۳۲۱±۰.۷	P<۰.۰۵	۴۱۷±۰/۴	۲۶۳±۰/۴	P<۰.۰۵
دیستال متاتارسال پنجم	۳۶۸±۰.۶	۳۳۷±۰.۸	P<۰.۰۵	۴۰۳±۰/۴	۲۷۳±۰/۴	P<۰.۰۵
پروگزیمال متاتارسال پنجم	۳۵۸±۰.۶	۳۴۹±۰.۶	P<۰.۰۵	۴۱۳±۰/۴	۲۸۸±۰/۴	P<۰.۰۵
قسمت داخلی پاشنه	۳۷۶±۰.۷	۳۵۰±۰.۷	P<۰.۰۵	۴۴۳±۰/۷	۲۸۸±۰/۷	P<۰.۰۵
قسمت خارجی پاشنه	۳۷۶±۰.۷	۳۶۸±۰.۶	P<۰.۰۵	۴۵۳±۰/۹	۲۹۸±۰/۸	P<۰.۰۵

**جدول شماره (۵): مقایسه میانگین و انحراف معیار فشار پای راست و چپ گروه کنترل با گروه بیماران ACL**

پای راست و گروه بیماران ACL پای چپ

حالت	پای چپ		P. Value	پای راست		P. Value
	میانگین فشار (KPa) و انحراف معیار			میانگین فشار (KPa) و انحراف معیار		
	گروه کنترل	گروه ACL پای چپ		گروه کنترل	گروه ACL پای راست	
ایستایی	۳۶۸±۵۰	272±23	P<۰.۰۵	۳۵۴±۲۹.۴	۳۳۰±۲۴.۸	P<۰.۰۵
حرکتی	۳۶۸±۵۰	295±19	P<۰.۰۵	۳۳۲±۲۷.۶	۲۷۰±۲۰.۲	P<۰.۰۵

### بحث و نتیجه‌گیری

بر روی کاغذهای تعبیه‌شده بر روی زمین راه رفت تا نقاط تماس، به‌صورت پرننگ بر روی کاغذ ثبت شود. از روی این نقاط، حسگرها را بر روی کفی تعبیه کردیم (۸، ۷، ۶). حسگرهای نیرو تماس مستقیم با کف پا دارند، ساختار این حسگرها می‌تواند خازنی، پیزوالکتریک و یا مقاومتی باشد. پیزوالکتریک‌ها در معرض جذب لرزش و اصوات ناخواسته محیط قرار دارند و فقط در حالت حرکتی فشار را نشان می‌دهند.

یکی از روش‌های رایج برای تعیین جایگاه حسگرها، روش مهر پای APEX است. در این روش از یک سطح جوهری پوشیده شده با کاغذ استفاده گردیده است. و اپراتور محل‌های تماس فشار را که تیره‌تر هستند، مشخص می‌نماید (۶، ۵). ما نیز در این تحقیق جهت تعیین محل حسگرها، مشابه روش ذکر شده عمل کردیم. بدین ترتیب که کف پای برهنه فرد را جوهری نموده و فرد سه بار متوالی

در این تحقیق مشاهده شد که توزیع فشار کف پا در افراد سالم در پای راست و چپ در دو حالت ایستایی و حرکتی یکسان است ولی توزیع فشار کف پا در افراد بیمار به گونه‌ای است که پای سالم نسبت به پای درگیر فشار بیشتری را تحمل می‌کند. هم چنین در پای درگیر بیماران، توزیع فشار در قسمت پاشنه و قوس خارجی پا بیشتر از قسمت قدامی آن است. آقای Joaquin Moya-Angeler و همکاران نیز در تحقیقی که بر روی فشار نقاط اتکای کف پا در بیماران ACL داشت، توزیع فشار متفاوتی را در دو پای سالم و درگیر نشان داد (۴).

با توجه به نتایج حاصل چنین به نظر می‌رسد که با طراحی و استفاده از ابزار غیرتهاجمی حاضر بتوان با هزینه کم و امکان فراهم نمودن آزادی عمل زیاد برای بیمار در حین انجام آزمایش، به صورت ایستایی و حرکتی بیماری‌های اندام تحتانی به خصوص ناهنجاری ACL را از طریق مقایسه نحوه توزیع فشار کف پا به صورت لحظه به لحظه و تحلیل همزمان بررسی نمود.

### سپاسگزاری

تیم تحقیق از مسئولین آزمایشگاه‌های دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز و اساتید و مسئولین بخش فیزیوتراپی دانشکده توان‌بخشی دانشگاه علوم پزشکی تبریز و گروه توان‌بخشی بیمارستان رازی تبریز جهت همکاری و همیاری در انجام پروژه کمال تشکر و قدردانی را دارد. این دستگاه در مورخ ۹۰/۸/۲۱ به شمار ثبت ۷۲۳۴۴ از سازمان ثبت اسناد و املاک کشور، گواهی‌نامه ثبت اختراع دریافت نموده است.

حسگرهای خازنی اگر چه رفتار خطی و پاسخ فرکانسی مناسبی دارند ولی به الکتروسیسته ساکن در محیط حساس هستند. کرنش‌سنج‌ها نیز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای شکننده‌تر، گران قیمت‌تر و فقط به مؤلفه عمودی نیرو پاسخگو هستند (۹، ۱۰).

از این رو در این مطالعه همانند برخی از تحقیقات به عمل آمده، از حسگرهای مقاومتی FSR با ابعاد بسیار کوچک، ارزان، با حساسیت خمشی بالا و میزان تحمل فشار ۱۰ تا ۱۰۰۰ کیلو پاسکال استفاده گردید (۸، ۳).

در این ابزار برای انتقال داده‌ها از ماژول RF استفاده کردیم که با کمک آن می‌توان به راحتی اطلاعات را به صورت بی‌سیم از حافظه جمع‌کننده اطلاعات به کامپیوتر منتقل کرد. ویژگی بارز این ماژول، مدار تعیین فرکانس کاری ارسال و دریافت اطلاعات، نرخ ارسال اطلاعات و تغییر رنج ارسال اطلاعات آن است. آقای Stacy J. Morris و خانم زهرا صفایی پور به اتفاق همکارانشان نیز از ماژول‌های RF برای انتقال داده حسگرهای فشار استفاده کردند (۳، ۱۱).

با توجه به نتایج حاصل از تست بالینی، امکان مقایسه توزیع فشار در کف پای راست و چپ افراد سالم و بیمار در دو حالت ایستایی و حرکتی به وسیله ابزار طراحی شده میسر گردید. به طوری که میانگین فشاری حسگرهای نظیر به نظیر پای سالم و پای دارای ناهنجاری ACL متفاوت بوده و حسگرهای پای سالم، مقدار فشار بیشتری نشان دادند که با نتایج کار برخی از محققین مانند Tsung, Abu-Faraj و زهرا صفایی پور هم‌خوانی دارد (۳، ۱، ۱۱).

### References:

1. Tsung BY, Zhang M, Mak AFT, Wong MWN. Effectiveness of insoles on plantar pressure redistribution. *J Rehabil Res Dev* 2004;41(6A):767-74
2. A Merolli LU. Plantar pressure distribution in patients with neuropathic diabetic foot. *Journal of applied biomaterials & biomechanics: JABB* 2005; 3(1):61-4.
3. Safayipur Z, Ebrahimi S, Saidi H, Kamali M. Evaluation of foot pressure distribution during standing and walking in healthy adults. *Quarterly J Rehabilitation* 2009; 10 (2) :9-15 (Persian)
4. 1. Moya-Angeler J, Albornoz PMD, Arroyo J, Lopez G, Forriol F. PLANTAR SUPPORT Pressures analysis in patients with anterior cruciate ligament rupture. *J Bone Joint Surg Br* 2011;93-B(SUPP II):117-8.
5. Pataky Z, Faravel L, Da Silva J, Assal J-P. A new ambulatory foot pressure device for patients with sensory impairment. A system for continuous measurement of plantar pressure and a feed-back alarm. *J Biomechanics* 2000 Sep;33(9):1135-8..
6. Jjacqueline J, Wertsch MD, Webster J, Willis J, Tompkins. A portable insole plantar pressure

- measurement system. J Rehabilitation Research and Development 1992;29(1): 13-8.
7. Morris S, Paradiso J. Aoe-integrated sensor system for wireless gait analysis and real-time feedback. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Joint IEEE EMBS and BMES Conference. TX, USA: Houston; 2002. p. 2468-9.
  8. Maalej N, Bhat S, Zhu H, Webster JG, Tompkins WJ, Wertsch JJ, et al. A conductive polymer pressure sensor. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 1988. p. 770-1.
  9. Pappas IP, Popovic MR, Keller T, Dietz V, Morari M. A reliable gait phase detection system. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng 2001; 9(2): 113-25.
  10. Paradiso J, Hsiao KY, Benbasat A, Teegarden Z. Design and implementation of expressive footwear. IBM Systems J 2000;(3.4):511-29.
  11. Abu-Faraj ZO, Harris GF, Abler JH, Wertsch JJ. A Holter-type, microprocessor-based, rehabilitation instrument for acquisition and storage of plantar pressure data. J Rehabil Res Dev 1997;34(2):187-94.

## EVALUATION OF ACL DISEASE USING A WIRELESS FOOT PRESSURE DISTRIBUTION MEASURING INSTRUMENT

Behzad Yasrebi<sup>1</sup> \*, Ali Reza Andalib<sup>2</sup>, Nasim Seifi<sup>3</sup>, Fatemeh Afshari<sup>4</sup>

Received: 14 Apr, 2013; Accepted: 13 Jun, 2013

### Abstract

**Background & Aims:** One of the methods for abnormalities motion is the gait analysis using the analysis of plantar pressure distribution. This method is not only very costly but also it needs the adequate space to locate the equipment; in some cases connection of the accessories to the patient leads to the limitation of the patient's motions. The aim of this study was to recognize the ACL disease using a non-invasive and cost-efficient method with less limitation for the patient. This method can also provide accurate qualitative and quantitative results for both static and moving conditions.

**Materials & Methods:** In this research, a non-invasive device with 16 FSR sensors and the capability of wireless transmission of data via RF module was applied on the ACL patients. The study was carried out on 18 mature males in 3 group including: 6 healthy persons as the control group, 6 patients with ACL in right leg, and 6 patients with ACL in the left leg. After wearing the shoes equipped with FSR sensors the data from sensors under pressure points of patients soles in static and moving conditions were transmitted to a processor and then to the wireless computer. Received data were sent to the software developed by C Sharp and then processed. The color of under pressure areas on the images of the right and left legs sole illustrated on the monitor were changed according to the applied pressure on the sensors. After 5 seconds, the color changed for each one of the sensors in the right and left legs were plotted in the form of a graph.

**Results:** The results showed that there was no statistically significant difference between the average pressures of the right and left legs in the control group in both static and motion conditions ( $P>0.05$ ). However comparing the average pressure of the corresponding sensors in the left and right legs for two categories of ACL patients and the average pressure of right and left legs in static and moving conditions, a significant difference was detected ( $P<0.05$ ). In addition, comparing the average pressure of the left legs in left Leg ACL patients and control category and the average pressure of the right legs in right leg ACL patients and control category in static and motion conditions a significant difference was detected ( $P<0.05$ ).

**Conclusions:** Considering the results, it seems that this device is able to evaluate the ACL disease with a non-invasive and cost-efficient method with less limitation for the patient through real-time and simultaneous illustration of the results and accurate information.

**Keywords:** FSR, microcontroller, RF antenna, Plantar pressure, ACL

**Address:** Department of Biomedical Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

**Email:** b\_yasrebi@iaut.ac.ir

SOURCE: URMIA MED J 2013; 24(5): 308 ISSN: 1027-3727

<sup>1</sup>Department of Biomedical Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran (Corresponding Author)

<sup>2</sup>Department of Electrical Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

<sup>3</sup>MSc student of Mechatronic Engineering, Islamic Azad University, Ahar Branch, Ahar, Iran

<sup>4</sup>Department of Anatomy and Histopathology, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran