Comparison of plantar peak pressure and time to peak pressure during normal walking between females with genu recurvatum and healthy controls

Yazdani Sh., PhD[1], Dizaji E., MSc[2], Alizadeh F., MSc[3], Meamar R., PhD[4]

1. Assistant Professor, Department of Motor Behavior, Faculty of physical education and sport science, University of Tabriz, Tabriz, Iran (Corresponding Author), Tel:+98-41-33393391, sh_yazdani@tabrizu.ac.ir
2. MSc., Sport Biomechanics Department, Faculty of physical education and sport science, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. MSc., Corrective Exercise and Sport's Pathology Department, Faculty of physical education and sport science, Allame Tabatabaei University, Tehran, Iran.
4. Assistant professor, Sport biomechanics Department, Faculty of physical education and sport science, Kharazmi University, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Background and Aim: The aim of this study was to compare plantar peak pressure and time to peak pressure during normal walking between women with genu recurvatum (GR) and healthy subjects.

Material and Methods: 10 women with genu recurvatum and 11 healthy women participated in this study. The knee angle was measured by goniometer. Plantar pressure was measured using emed platform during barefoot walking. After dividing plantar area into 10 masks, peak pressure values and time to peak pressure were calculated. Repeated measure and MANOVA were used for statistical analysis. $P<0.05$ was considered significant.

Results: Subjects with GR had significantly lower peak pressure values at the lateral heel ($p=0.02$), medial heel ($p=0.04$) and midfoot ($p=0.02$) masks of the right foot; and also at the lateral midfoot ($p=0.02$) and 3^{rd} 4^{th} and 5^{th} toes ($p=0.04$) masks of the left foot, compared to the healthy women. Also, we found higher values for time to peak pressure at the masks of the lateral heel ($p=0.0001$), medial heel ($p=0.0001$) and midfoot ($p=0.01$) of the right foot and at the masks of medial ($0=0.03$) and lateral heel ($p=0.03$) of the left foot in the subjects with GR, compared to healthy women.

Conclusion: GR abnormality can change peak plantar pressure during walking by changing the alignment of ground reaction force. These changes may affect the function of the lower limb muscles and alter the gait pattern. So, assessment of plantar pressure distribution is recommended for planning and evaluation of the effectiveness of rehabilitation programs in the patients with GR.

Keywords: Genu recruvatum, Plantar peak pressure, Time to peak pressure, Gait.

Received: Feb 8, 2016 **Accepted:** May 16, 2016

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیست و یکم / مهر و آبان ۱۳۹۵/۱۱۷-۱۰۷

مقایسه اوج فشار کف پایی و زمان رسیدن به آن هنگام راه رفتن با سرعت عادی در افراد مبتلا به زانوی عقب رفته و افراد سالم

شیرین یزدانی[1]، الناز دیزجی[2]، فرزانه علیزاده[3]، رغد معمار[4]

۱.استادیار، گروه رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز ، تبریز، ایران (مولف مسوول)، تلفن ثابت: ۳۳۳۹۳۳۹۱-۰۴۱،
sh_yazdani@tabrizu.ac.ir

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

۳.کارشناسی ارشد، گروه حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبایی تهران، تهران، ایران.

۴. استادیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: هدف از پژوهش حاضر مقایسه اوج فشار کف پایی و زمان رسیدن به آن هنگام راه‌رفتن با سرعت عادی در افراد مبتلا به زانوی عقب‌رفته و افراد سالم بود.

روش بررسی: ۱۰ زن دارای زانوی عقب‌رفته و ۱۱ زن سالم در این تحقیق شرکت کردند. برای اندازه‌گیری زاویه زانو از گونیامتر استفاده شد. فشار کف‌پایی نیز با استفاده از پلت فورم emed حین راه‌رفتن با پای برهنه اندازه‌گیری شد. پس از تقسیم کف پا به ۱۰ ناحیه، اوج فشار و زمان رسیدن به آن محاسبه شدند. برای تحلیل داده‌ها از آزمون‌های MANOVA و اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: در افراد زانوی عقب‌رفته اوج فشار در پای راست در نواحی پاشنه داخلی (p=۰/۰۴)، پاشنه خارجی (p=۰/۰۲) و میدفوت داخلی (p=۰/۰۲) و در پای چپ در نواحی میدفوت خارجی (p=۰/۰۲) و انگشتان سه، چهار و پنج (p=۰/۰۴) به طور معناداری از افراد سالم کمتر بود. همچنین زمان رسیدن به اوج در پای راست افراد زانوی عقب‌رفته در نواحی پاشنه داخلی (p=۰/۰۰۰۱)، پاشنه خارجی (p=۰/۰۰۰۱) و میدفوت داخلی (p=۰/۰۱) و در پای چپ در نواحی پاشنه داخلی (p=۰/۰۳) و خارجی (p=۰/۰۳) به طور معناداری بیشتر از افراد سالم بود.

نتیجه‌گیری: ناهنجاری زانوی عقب‌رفته با تغییر راستای کشش نیروی عکس‌العمل زمین باعث تغییر اوج فشار وارده بر کف پا هنگام راه‌رفتن می‌شود. این تغییرات ممکن است عملکرد عضلات مختلف اندام تحتانی و الگوی راه‌رفتن فرد را تغییر دهد. بنابراین در طراحی برنامه توانبخشی و اثربخشی آن در افراد مبتلا به زانوی عقب‌رفته ارزیابی توزیع فشار کف‌پا توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: زانوی عقب‌رفته، اوج فشار کف پایی، زمان رسیدن به اوج، راه‌رفتن

وصول مقاله: ۹۴/۱۱/۲۰ اصلاحیه نهایی:۹۵/۲/۱۸ پذیرش:۹۵/۲/۲۷

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

مقدمه

مفصل زانو بزرگترین مفصل بدن و یکی از قسمت‌های زنجیره‌ی حرکتی است (۱) که هنگام اجرای حرکات مختلف و همچنین تحمل وزن به کار گرفته می‌شود (۲). در افراد نرمال، از نمای جانبی ساختار طبیعی زانو طوری است که دارای زاویه‌ی ۱۷۵ درجه می‌باشد. اگر اکستنشن اضافی در این مفصل وجود داشته باشد و استخوان فمور روی استخوان تیبیا به سمت جلو حرکت کند باعث ایجاد زانوی عقب رفته می‌شود (۳)، به‌طوری‌که دامنه اکستنشن مفصل تیبیوفمورال در طی مرحله استقرار راه رفتن بیشتر از حد نرمال یا صفر می‌شود (۴). میزان شیوع این ناهنجاری در حدود ۱۲/۶ درصد اعلام شده است (۵). ناهنجاری زانوی عقب رفته در زنان بیشتر از مردان گزارش شده و علت آن را شلی لیگامنت‌ها در زنان دانسته‌اند (۶). محققین مختلف، کاهش حس عمقی، ضعف عضلانی، اسپاسم عضلانی و اختلال تون عضلات را با بروز ناهنجاری زانوی عقب رفته مرتبط دانسته‌اند (۸و۷). نتایج تحقیقات در سال‌های اخیر نشان داده است که در ابتدای مرحله اتکای راه رفتن یک فلکشن جزئی وجود دارد که موجب جذب ضربه ناشی از تماس پا می‌شود. این فلکشن در افراد دارای زانوی عقب رفته تبدیل به اکستنشن غیر عادی می‌شود (۹) و تعادل عضلات اطراف زانو را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۰). ضعف عضله چهار سر با جلوگیری از تولید نیروی مناسب در مرحله پوش آف (Push off) راه رفتن، ضعف عضلات پشت ران با ایجاد فلکشن ران و اکستنشن جبرانی زانو، اسپاسم عضلات پشت ساق با ایجاد سفتی در مچ پا، اسپاسم عضلات اکستنسور در مرحله‌ی اتکای راه رفتن و ضعف عضلات فلکسور زانو (عضلات همیسترینگ)، هر یک به نوعی منجر به ایجاد هایپر اکستنشن اضافی در زانو می‌شوند و راستای طبیعی زانو را تغییر می‌دهند (۱۱). مطالعات نشان داده‌اند که در افراد دارای زانوی عقب رفته راستای عبور مرکز ثقل هنگام ایستادن، به جای عبور از راستای طبیعی خود در زانو به سمت جلو انتقال می‌یابد (۱۲). هر گونه تغییر در راستای طبیعی زانو ممکن است موجب ورود بار اضافی به بافت نرم، مینیسک‌ها و لیگامنت‌ها (۶)، تغییرات تخریبی، استرین اضافی کپسول مفصلی خلفی و لیگامنت ACL (۲)، عدم تناسب قدرت بین عضلات اگونیست و آنتاگونیست (۱۰) و در موارد شدیدتر درد و بی‌ثباتی مفصل زانو (۱۴و۱۳) و کوتاهی نامتقارن اندام گردد (۱۴). تغییرات ساختاری ذکر شده ممکن است موجب تغییر عملکرد پا در هنگام تحمل وزن شود (۸) و تغییر عملکردی پا، راه رفتن و توزیع فشار کف پایی را تحت تاثیر قرار خواهد داد (۱۶و۱۵). اطلاعات مربوط به توزیع فشار کف پایی برای تشخیص مشکلات پا (۱۷)، طراحی کفی (۱۸)، آنالیز عملکرد ورزشی و پیشگیری از آسیب (۱۹) و بهبود کنترل تعادل (۲۰) مفید می‌باشند. هر گونه تغییر در الگوی فشار کف پایی احتمال آسیب بافت‌ها و ایجاد درد را افزایش می‌دهد (۱۷). برز و کاروالهو (۲۰۱۰) یک رابطه منفی و ضعیفی را بین زاویه کیو و توزیع فشار کف پایی در ناحیه میانی پای راست فوتبالیست‌ها گزارش کردند و آن را با شیوع ناهنجاری زانوی پرانتزی در فوتبالیست‌ها مرتبط دانستند (۲۱). در مطالعه دیگری فرناندز سگین و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که در افراد مبتلا به کف پای گود فشار وارده به انگشت شست و متاتارسال‌ها افزایش می‌یابد (۲۲). لی و هرتال (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند ساختار واروس و والگوس پاشنه پا با تغییر

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

دینامیک پا، موجب تغییر توزیع فشار کف پایی شده و آسیب‌های بیش تمرینی را افزایش می‌دهد (۲۳). در مطالعه بیناباجی و همکاران (۱۳۹۱) نیز مشخص شد که صافی کف پا می‌تواند با تغییر فعالیت عضلات اندام تحتانی، توزیع فشار کف پایی را هنگام راه رفتن تغییر دهد (۲۴). همچنین اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود به این نتیجه دست یافتند که افراد دچار زانوی پرانتزی در ناحیهٔ انگشتان دوم تا پنجم، حداکثر فشار بیشتری را نسبت به افراد گروه شاهد تجربه می‌کنند و مرکز فشار پا در جهت جانب داخلی-خارجی این افراد در زیر فاز تماس پاشنهٔ با زمین سوپینیتشن بیشتری دارد (۲۵). مطالعات قبلی انجام شده فشار کف پایی افراد مبتلا به انواع ناهنجارهای اندام تحتانی به غیر از ناهنجاری زانوی عقب رفته را بررسی کرده‌اند و براساس مرور انجام شده، متغیرهای مرتبط با توزیع فشار کف پایی در افراد دارای زانوی عقب رفته طی راه رفتن تا به حال مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه اوج فشار کف پایی و زمان رسیدن به آن هنگام راه رفتن با سرعت عادی در افراد مبتلا به زانوی عقب رفته و افراد سالم بود.

روش بررسی

این پژوهش از نوع تحقیقات همگروهی-تاریخی است. تعداد ۱۰ زن دارای زانوی عقب رفته مراجعه کننده به کلینیک آرنگ و ۱۱ زن سالم به ترتیب به عنوان گروه بیمار و کنترل بطور داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. حجم نمونه براساس جدول مورگان مشخص شد که براساس آن تعداد ۱۰ نفر کافی بود. معیار ورود آزمودنی‌های گروه بیمار شامل کف پای نرمال (۲۶)، زانوی عقب رفته عملکردی و متقارن بین دو پا با زاویه اکستنشن زانو در دامنه صفر تا ۱۵ درجه بود (۱۰و ۶و ۵). آزمودنی‌های گروه کنترل نیز زنان سالم بودند که ساختار کف پا و راستای زانوی طبیعی داشتند. معیارهای حذف آزمودنی‌ها شامل موارد زیر بودند: آسیب دیدگی سر در شش ماه گذشته، آسیب دیدگی در کمر و اندام تحتانی، سابقه جراحی استخوان و وجود اختلالات عصبی عضلانی یا هرگونه درد یا پاتولوژی در پا که باعث تغییر الگوی راه رفتن شود (۲۷). پس از آشنایی آزمودنی‌ها با مراحل آزمون، آنها رضایت نامه شرکت در تحقیق را پر کردند. سپس ویژگی‌های آنتروپومتریکی آزمودنی‌ها شامل قد و وزن اندازه گرفته شد. برای تعیین میزان عقب رفتگی زانو در صفحه ساجیتال از گونیامتر (Lafayette Instruments, Lafayette, IN) استفاده شد (۱۰و ۶). اندازه‌گیری در وضعیت ایستاده (طوری که وزن به طور مساوی روی هر دو پا تقسیم شده باشد) انجام شد (۱۰و ۶) و زاویه بین خطی که از تروکانتر بزرگ به مرکز خارجی زانو کشیده شده با راستای خطی که از مرکز خارجی زانو به قوزک خارجی زانو کشیده شده بود، به عنوان زاویه زانوی عقب رفته در نظر گرفته شد (۴) و با علامت منفی نشان داده شده است. اندازه گیری ۳ بار تکرار شده و میانگین ۳ تکرار به عنوان زاویه مورد نظر ثبت می‌شد. از دستگاه پلت فورم emed-R ساخت شرکت ناول آلمان (novel GmbH, Munich, Germany) با دقت ۴ سنسور در هر سانتیمتر مربع برای اندازه گیری متغیرهای مرتبط با توزیع فشار در حین راه رفتن استفاده گردید (ICC=0/80-0/90) (۲۸). پارامترهای منتخب شامل اوج فشار و زمان رسیدن به اوج در ده ناحیه کف پا و شاخص قوس پا انتخاب گردیدند. شاخص قوس پا جهت اطمینان از یکسان

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

بودن گروه‌ها و با استفاده از برنامه جیامتری (Geometry) از فرمول زیر بدست آمد: Arch Index = A_2 / A_1 + A_2 + A_3 (A_1 مساحت ناحیه پاشنه، A_2 مساحت ناحیه میدفوت، A_3 مساحت ناحیه استخوان‌های کف پایی بدون احتساب انگشتان 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 می‌شد (۲۹). صفحه پلت فورم در مرکز مسیری به طول ۱۲ متر جاسازی شد تا گام برداری طبیعی فرد ثبت شود (۳۰). برای اندازه‌گیری توزیع فشار کف پایی از آزمودنی‌ها خواسته شد به صورت پابرهنه در مسیر معین با سرعت عادی خود (۳۱) راه رفته و از روی پلت فورم عبور کنند. برای جلوگیری از تغییر طول گام از آنها خواسته شد تا چندین بار مسیر را به صورت رفت و برگشت طی کنند تا یاد بگیرند بدون تغییر نحوه گام برداری، گام دوم آنها دقیقا روی پلت فورم افتاده (۳۲) و با لبه‌های آن برخورد نکند. هر تست راه رفتن ۳ بار تکرار می‌شد و بین هر تکرار راه رفتن حداقل یک دقیقه استراحت وجود داشت. پس از اجرای تست‌ها، مقادیر فشار در هر پا به طور جداگانه اندازه گیری شد. سه گام صحیح برای هر پا با استفاده از برنامه ایمد (emed software) انتخاب و میانگین‌آنها گرفته شد. سپس اطلاعات میانگین اطلاعات بدست آمده برای هر پا با استفاده از برنامه اوتومسک (Automask program of emed software) طبق تقسیم بندی PRC به ۱۰ ناحیه تقسیم‌بندی شدند (۳۳). ماسک‌های استفاده شده شامل پاشنه داخلی، پاشنه خارجی، میدفوت داخلی (Medial midfoot)، میدفوت خارجی، متاتارسال اول، متاتارسال دوم، متاتارسال-های۳و۴و۵، انگشت شست، انگشت دوم و بقیه انگشتان بودند. اوج فشار و زمان رسیدن به اوج فشار توسط برنامه مالتی مسک اولوشن (Multimask evaluation program of emed software) بدست آمد.

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS 21 و روشهای آماری توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل شدند. از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) برای تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده گردید (۳۴). پس از تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها ($p\geq0/05$)، از آزمون‌های تحلیل واریانس چندمتغیره، اندازه‌گیری‌های مکرر و تی مستقل برای تعیین اختلافات بین گروهی و درون گروهی استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون ۰/۰۵ درنظر گرفته شد.

یافته‌ها

جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد ویژگی‌های دموگرافیک را در دو گروه کنترل و بیمار نشان می-دهد. بر اساس آزمون تی مستقل، تفاوت معناداری بین سن، قد، وزن، شاخص توده بدن و شاخص قوس پای راست و چپ آزمودنی‌ها مشاهده نگردید ($P<۰/۰۵$)، اما تفاوت زاویه زانو در صفحه ساجیتال در پای راست و چپ بین دو گروه معنادار بود ($P<۰/۰۵$).

میانگین و انحراف استاندارد اوج فشار در مناطق مختلف پای راست گروه‌های کنترل و بیمار در پای راست در جدول ۲ آورده شده است. تحلیل آماری نشان داد در مقایسه گروه بیمار و کنترل در نواحی پاشنه داخلی ($p=۰/۰۴$)، پاشنه خارجی ($p=۰/۰۲$) و میدفوت داخلی ($p=۰/۰۲$) تفاوت معنادار وجود دارد، بطوریکه اوج فشار در پای راست گروه بیمار در ناحیه پاشنه

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

داخلی، پاشنه خارجی و میدفوت داخلی به ترتیب در حدود ۸۵٪، ۸۵٪ و ۸۳٪ گروه کنترل بود.

جدول ۳ میانگین و انحراف استاندارد اوج فشار در پای چپ را نشان می‌دهد. همانطوریکه در این جدول مشاهده می‌شود، بین اوج فشار پای چپ در نواحی میدفوت خارجی (p=۰/۰۲) و سایر انگشتان (انگشتان سه و چهار و پنج) (p=۰/۰۴) تفاوت معنادار وجود داشت، بطوریکه اوج فشار گروه بیمار در پای چپ در نواحی میدفوت خارجی و سایر انگشتان (انگشتان سه و چهار و پنج) به ترتیب در حدود ۷۶٪ و ۶۳٪ گروه کنترل بود.

بر اساس نتایج تحلیل عاملی مشخص گردید که بین اوج فشار سمت راست و سمت چپ تفاوت معناداری وجود نداشت (p=۰/۳۸) و این الگو در دو گروه زانوی عقب رفته و سالم یکسان بود که نشان دهنده عدم تاثیر متقابل بین دو عامل گروه و سمت بدن می‌باشد (p=۰/۵۸). همچنین صرف نظر از اثر سایر عوامل حداکثر فشار در ده منطقه متفاوت بود به‌طوریکه در منطقه انگشت شست بیشترین و در منطقه میدفوت داخلی کمترین مقدار اوج فشار دیده شد (p=۰/۰۰۰۱). بین عامل گروه و ناحیه پا نیز تاثیر متقابل معنادار مشاهده نگردید (p=۰/۹۷) و الگوی توزیع فشار در مناطق مختلف پا در هر دو گروه سالم و دارای زانوی عقب رفته مشابه بود.

در جدول ۴ میانگین و انحراف استاندارد زمان رسیدن اوج فشار در مناطق مختلف پای راست افراد مبتلا به زانوی عقب رفته و سالم نشان داده شده است. بر اساس نتایج تحلیل آماری بین زمان رسیدن به اوج فشار در نواحی پاشنه داخلی (p=۰/۰۰۰۱)، پاشنه خارجی (p=۰/۰۰۰۱) و میدفوت داخلی (p=۰/۰۱) گروه کنترل و بیمار تفاوت معناداری وجود داشت و زمان رسیدن به اوج در پای راست گروه بیمار در ناحیه پاشنه داخلی و پاشنه خارجی ۵/۱ برابر گروه کنترل و درمیدفوت داخلی ۱۶/۱برابر گروه کنترل بود.

میانگین و انحراف استاندارد زمان رسیدن به اوج فشار در پای چپ نیز در جدول ۵ آورده شده است. تفاوت بین گروهی در زمان رسیدن به اوج فشار در نواحی پاشنه داخلی (p=۰/۰۳) و پاشنه خارجی (p=۰/۰۳) معنادار بود، به طوریکه در پای چپ گروه بیمار زمان رسیدن به اوج در ناحیه پاشنه داخلی و در پاشنه خارجی ۳/۱ برابر گروه کنترل بود.

نتایج تحلیل عاملی نیز نشان داد که بدون در نظر گرفتن اثر سایر عوامل زمان رسیدن به اوج فشار بین پای سمت راست و چپ مشابه است (p=۰/۶۳) و این الگو در دو گروه سالم و دارای زانوی عقب رفته یکسان بود، بطوریکه بین دو عامل گروه و سمت بدن تاثیر متقابل معناداری دیده نشد (p=۰/۳۶). همچنین زمان رسیدن به اوج فشار در ده منطقه کف پا متفاوت بود به طوریکه در منطقه ۱۰ (انگشتان ۳و۴و۵) بیشترین و در منطقه ۱ (پاشنه داخلی) کمترین زمان مشاهده شد (p=۰/۰۰۰۲). بین عامل گروه و ناحیه پا نیز تاثیر متقابل معنادار مشاهده نگردید (p=۰/۲۲) و الگوی تغییرات زمان رسیدن به اوج فشار در مناطق مختلف پا در هر دو گروه مشابه بود.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

جدول ۱- میانگین و انحراف استاندارد مشخصات دموگرافیک آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	قد (سانتیمتر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	شاخص قوس پای راست	شاخص قوس پای چپ	زانوی عقب‌رفته پای راست (درجه)	زانوی عقب‌رفته پای چپ (درجه)
بیمار	۲۱/۰±۳/۰۹	۱۶۵/۸±۷/۴۲	۵۷/۶±۸/۰۵	۲۱/۱۷±۱/۸۵	۰/۲۳±۰/۰۲	۰/۲۴±۰/۰۳	-۴/۳۶±۰/۵۵	-۳/۴۳±۲/۲۳
کنترل	۲۰/۳±۴/۶۶	۱۶۲/۹±۶/۶۲	۵۸/۱±۶/۷۷	۲۲/۱۷±۱/۸۱	۰/۲۴±۰/۰۲	۰/۲۵±۰/۰۲	۱۲/۳۸±۲/۷۴	۱۱/۲۹±۱/۲۴
P value	۰/۶۹	۰/۳۶	۰/۸۸	۰/۵۴	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۱*

* *معناداری اختلاف در سطح ۰/۰۵*

جدول ۲- میانگین و انحراف استاندارد اوج فشار در پای راست

ناحیه	بیمار	کنترل	P value
پاشنه داخلی	۲۵۱/۱۱±۸۹/۳۳	۲۹۲/۰۰±۴۵/۲۲	۰/۰۴*
پاشنه خارجی	۲۴۸/۳۳ ± ۳۴/۸۲	۲۹۰/۰۰±۳۶/۳۶	۰/۰۲*
میدفوت داخلی	۸۵/۵۵±۲۷/۵۵	۱۱۶/۵۰±۲۹/۸۷	۰/۰۲*
میدفوت خارجی	۱۰۰/۵۵±۳۸/۶۰	۱۳۹/۰۰ ±۴۴/۷۷	۰/۰۶
متاتارسال اول	۲۰۱/۸۸±۳۹/۶۴	۲۵۸/۵۰±۲۱۲/۷۸	۰/۴۴
متاتارسال دوم	۲۸۸/۳۳±۵۳/۸۵	۳۳۳/۰۰±۱۱۰/۲۰	۰/۲۸
متاتارسال‌های۳و۴و۵	۲۸۲/۷۷±۶۶/۱۴	۳۴۲/۰۰±۱۱۷/۴۷	۰/۲۰
انگشت شست	۳۸۲/۲۲±۲۲۲/۳۷	۳۸۶/۰۰±۲۰۰/۹۲	۰/۹۶
انگشت دوم	۱۵۱/۱۱±۵۱/۸۲	۱۶۶/۵۰±۸۲/۲۲	۰/۶۳
سایر انگشتان	۱۰۰/۵۵±۴۳/۳۳	۱۲۲/۰۰±۶۳/۹۹	۰/۴۱

* *معناداری اختلاف در سطح ۰/۰۵*، واحد اوج فشار کیلو پاسکال می‌باشد.

جدول ۳- میانگین و انحراف استاندارد اوج فشار در پای چپ

ناحیه	بیمار	کنترل	P value
پاشنه داخلی	۲۷۴/۴۴±۴۳/۰۴	۲۷۷/۰۰±۳۳/۷۶	۰/۸۸
پاشنه خارجی	۲۶۲/۲۲±۳۷/۱۷۴	۲۷۰/۰۰±۳۱/۲۶	۰/۶۲
میدفوت داخلی	۹۸/۳۳±۲۶/۲۲	۱۲۳/۰۰±۳۵/۵۲	۰/۱۰
میدفوت خارجی	۹۹/۴۴±۲۳/۵۱	۱۳۰/۵۰±۳۱/۳۹	۰/۰۲*
متاتارسال اول	۱۸۳/۳۳±۴۴/۳۰	۳۰۴/۵۰±۲۰۷/۳۴	۰/۱۰
متاتارسال دوم	۳۱۲/۲۲±۶۸/۴۲	۳۸۶/۵۰±۱۶۹/۷۰	۰/۲۳
متاتارسال‌های۳و۴و۵	۳۰۶/۱۱±۷۹/۳۲	۳۳۱/۵۰±۷۱/۷۶	۰/۴۷
انگشت شست	۳۳۹/۴۴±۲۰۹/۱۴	۴۰۲/۰۰±۲۰۵/۴۰	۰/۵۲
انگشت دوم	۱۴۴/۴۴±۳۱/۸۶	۱۷۹/۰۰±۵۹/۵۲	۰/۱۴
سایر انگشتان	۸۲/۷۷±۲۲/۶۵	۱۳۰/۰۰±۶۰/۵۹	۰/۰۴*

* *معناداری اختلاف در سطح ۰/۰۵*، واحد اوج فشار کیلو پاسکال می‌باشد.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

جدول۴- میانگین و انحراف استاندارد زمان رسیدن به اوج فشار در پای راست

ناحیه	بیمار	کنترل	P value
پاشنه داخلی	۲۹/۷۸±۵/۶۷	۱۹/۳۰±۷/۸۶	۰/۰۰۰۱*
پاشنه خارجی	۲۹/۳۱±۵/۸۹	۱۸/۹۵±۷/۷۷	۰/۰۰۰۱*
میدفوت داخلی	۳۳/۸۰±۳/۹۴	۲۹/۰۴±۳/۵۹	۰/۰۱*
میدفوت خارجی	۳۵/۱۶±۵/۰۹	۳۷/۲۷±۱۴/۶۳	۰/۶۸
متاتارسال اول	۷۵/۲۱±۷/۵۱	۷۴/۴۷±۴/۴۳	۰/۷۹
متاتارسال دوم	۸۲/۱۱±۴/۶۳	۸۲/۳۳±۲/۵۲	۰/۸۹
متاتارسال‌های۳و۴و۵	۸۱/۴۹±۴/۸۲	۸۱/۸۰±۲/۸۶	۰/۸۶
انگشت شست	۸۰/۷۷±۳/۶۴	۸۲/۵۷±۲/۸۸	۰/۲۴
انگشت دوم	۸۱/۷۳±۲/۵۹	۸۴/۱۷±۴/۳۳	۰/۱۶
سایر انگشتان	۸۲/۷۰±۲/۳۶	۸۳/۵۵±۴/۴۹	۰/۶۲

* *معناداری اختلاف در سطح ۰/۰۵*، واحد زمان رسیدن به اوج درصد زمان تماس می‌باشد.

جدول۵- میانگین و انحراف استاندارد زمان رسیدن به اوج در پای چپ

ناحیه	بیمار	کنترل	P value
پاشنه داخلی	۲۹/۷۳±۷/۷۳	۲۲/۴۴±۶/۲۶	۰/۰۳*
پاشنه خارجی	۲۹/۷۳±۷/۷۳	۲۲/۶۵±۵/۹۹	۰/۰۳*
میدفوت داخلی	۳۴/۰۳±۴/۳۴	۳۰/۲۰±۴/۳۵	۰/۰۷
میدفوت خارجی	۳۴/۹۲±۴/۳۲	۳۵/۲۹±۱۰/۳۷	۰/۹۲
متاتارسال اول	۷۶/۱۰±۵/۱۶	۷۷/۲۷±۴/۱۴	۰/۵۹
متاتارسال دوم	۸۲/۷±۲/۶۷	۸۲/۲۲±۳/۲۴	۰/۷۱
متاتارسال‌های۳و۴و۵	۸۲/۸۵±۳/۴۸	۸۰/۰۷±۵/۴۶	۰/۲۱
انگشت شست	۸۱/۲۲±۳/۲۲	۸۳/۳۶±۵/۱۷	۰/۳۰
انگشت دوم	۸۴/۲۵±۳/۱۵	۸۶/۰۱±۴/۶۸	۰/۳۶
سایر انگشتان	۸۳/۵۴±۴/۴۶	۸۶/۸۱±۵/۱۴	۰/۱۵

* *معناداری اختلاف در سطح ۰/۰۵*، واحد زمان رسیدن به اوج درصد زمان تماس می‌باشد.

بحث

نتایج نشان دادند که در مقایسه گروه کنترل و بیمار، اوج فشار در مناطق پاشنه، میدفوت و انگشتان ۳،۴ و ۵ در گروه بیمار به طور معناداری کمتر از گروه کنترل بود. در تایید یافته‌های حاضر تاستکین و همکاران (۲۰۰۸)، فرناندز سگین و همکاران (۲۰۱۳)، لی و هرتال (۲۰۱۲)، برنز و همکاران (۲۰۰۵) و بیاباجی و همکاران (۱۳۹۱) به این نتیجه رسیدند که ساختار مچ پا بر توزیع فشار کف پایی تاثیر دارد(۳۵ و۲۴-۲۲و ۱۳). لطافت کار و همکاران (۱۳۹۲)، برز و کاروالهو (۲۰۱۰)، اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۲)، آلیبرتی و همکاران (۲۰۱۱)، پاورز (۲۰۰۳) و لون و همکاران

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

(۲۰۰۴) نیز به این نتیجه رسیدند که ساختار زانو بر توزیع فشار کف پایی تاثیر دارد (۳۹-۳۶و ۲۵و ۲۱). اما مطالعات قبلی سایر ناهنجاری‌های زانو را مورد بررسی قرار داده‌اند و مطالعه‌ای که متغیرهای این تحقیق را در افراد دارای زانوی عقب رفته بررسی کرده باشد یافت نشد، بنابراین امکان مقایسه مستقیم نتایج وجود نداشت. در افراد نرمال در مرحله‌ی تماس اولیه پا هنگام راه رفتن، زانو اکستنشن کامل دارد و سپس حدود ۱۵ درجه خم می‌شود. عمل فلکشن زانو میزان نوسان عمودی مرکز ثقل را با اعمال متقابل پلانتار فلکشن مچ پا و پرونیشن پا کنترل می‌کند. این حرکات ترکیبی باعث کوتاهی نسبی اندام شده و از بالارفتن ناگهانی مرکز ثقل بعد از ضربه پاشنه جلوگیری می‌کند. در مرحله پوش آف نیز ارتفاع مرکز ثقل افت پیدا می‌کند. در این حالت ثابت ماندن تیبیا، اینورشن مچ پا و اکستنشن زانو که در مرحله‌ی بلند شدن پاشنه انجام می‌شود، باعث افزایش طول نسبی اندام تحتانی می‌شود و در نتیجه مرکز ثقل به صورت تدریجی افت می‌کند و مسیر مرکز ثقل به طور قابل ملاحظه‌ای یکنواخت می‌شود (۴۰). اما در افراد دارای زانوی عقب رفته، با اکستنشن غیرعادی زانو در مرحله تماس پاشنه، مرکز ثقل در نقطه‌ی بالاتری قرار می‌گیرد و در مرحله پوش آف، افت تدریجی مرکز ثقل مختل می‌شود (۱۱). این مساله باعث اختلال در الگوی بکارگیری عضلات و کاهش کارایی عصبی_عضلانی می‌شود (۴۱). بر طبق اصل زنجیره حرکتی نیز این تغییرات در مچ پا تاثیر گذاشته و باعث تغییر عملکرد مکانیکی عضلات عمل کننده بر مچ پا (۴۱) و الگوی راه رفتن در افراد مبتلا می‌شود (۳۶). کوچکترین تغییر در الگوی راه رفتن نیز توزیع فشار کف پایی را تحت تاثیر قرار خواهد داد (۱۹). به طوری‌که در مطالعه حاضر با کاهش اوج فشار وارده بر ناحیه پاشنه، میدفوت و انگشتان پا هنگام راه رفتن در افراد مبتلا به زانوی عقب رفته نسبت به افراد سالم مشخص گردید. بر اساس مطالعات انجام شده ضعف عضلات سرینی و همسترینگ و اسپاسم عضلات چهارسر رانی (۱۱) و پلانتار فلکسورهای مچ پا (۱۲) در افراد دارای زانوی عقب رفته، موجب ایجاد تیلت قدامی لگن و به طبع آن فلکشن جبرانی تنه شده و بردار نیروی عکس العمل زمین به سمت جلو انتقال پیدا می‌کند (۱۲). جابجایی قدامی بردار نیروی عکس العمل زمین نیز باعث انتقال وزن بدن به قسمت سینه پا (Forefoot) می‌شود(۱۲) و با توجه به ثابت بودن سطح تماس، فشار وارده به قسمت عقب پا که شامل پاشنه و میدفوت می‌باشد کمتر می‌گردد(۴۲). همچنین نتایج نشان دادند که در گروه بیمار به طور معناداری فشار کمتری به انگشتان خارجی پا وارد می‌شود. مطالعات قبلی نشان داده‌اند تحمل وزن در ابتدا و انتهای مرحله استقرار راه رفتن با هم ارتباط دارند. هر چه تحمل وزن در ابتدای مرحله راه رفتن کمتر شود در انتهای مرحله استقرار نیز همین اتفاق برای چهار انگشت خارجی پا رخ خواهد داد (۴۳). با توجه به اینکه در ابتدای راه رفتن، اوج فشار وارده بر مناطق پاشنه و میدفوت افراد زانوی عقب رفته کمتر از افراد سالم بود، بنابراین در مرحله پیشروی راه رفتن نیز اوج فشار در ناحیه انگشتان کمتر خواهد بود.

همچنین مطالعه حاضر نشان داد که زمان رسیدن به اوج فشار در برخی نواحی کف پا در افراد دارای زانوی عقب رفته بیشتر از افراد دارای زانوی طبیعی بود. همسو با نتایج پژوهش حاضر، نایلند و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه خود اعلام کردند تیپینگ (Taping) مدیال زانو

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

به روش مک کانل (McConnell) در زنان بسکتبالیست با تغییر مفصل پاتلافمورال و به طبع آن تغییر عملکرد اندام تحتانی، نیروی کف پا و زمان رسیدن به اوج را در کف پا تغییر می‌دهد و این تغییر را مرتبط با افزایش فعالیت عضله دوقلو و چهارسر ران برای حمایت پویا از مفصل زانو دانسته‌اند (۴۴). با توجه به اینکه در ناهنجاری زانوی عقب رفته دامنه اکستنشن مفصل تیبیوفمورال افزایش می‌یابد، این تغییر در دامنه حرکتی مشابه آنچه در تیپینگ اتفاق می‌افتد ممکن است عملکرد عضلات مفصل زانو و همچنین مچ پا را تحت تاثیر قرار داده و زمان رسیدن به اوج فشار را در قسمت‌های مختلف کف پا تغییر دهد. بنابرین پیشنهاد می‌شود در مطالعه‌ی مشابهی عملکرد عضلات و کینماتیک اندام تحتانی نیز به طور همزمان مورد بررسی قرار گیرد تا مکانیزم دقیق تغییرات در متغیرهای کف پا مشخص شود.

نتیجه گیری

ناهنجاری زانوی عقب رفته راستای کشش نیروی عکس‌العمل زمین را تغییر می‌دهد و باعث کاهش اوج فشار وارده بر پاشنه، میدفوت و انگشتان پا هنگام راه رفتن می‌شود. همچنین زمان رسیدن به اوج فشار را در مناطق مختلف پا افزایش می‌دهد. این تغییرات ممکن است عملکرد عضلات مختلف اندام تحتانی را تحت تاثیر قرار داده و الگوی راه رفتن فرد را تغییر دهد. بنابراین ارزیابی بیومکانیک راه رفتن و نحوه توزیع فشار کف پا می‌تواند در طراحی و بررسی اثربخشی برنامه توانبخشی افراد مبتلا به زانوی عقب رفته موثر باشد.

تشکر و قدردانی

از آزمودنی‌های شرکت‌کننده در تحقیق حاضر و کلینیک آرنگ که در تحقیق حاضر نهایت همکاری را داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

References

1. Michael AC, Scott CL, Brian GS. Essentials of corrective exercise training. 1st ed. United States: NASM; 2011: 371-83.
2. Kesh P, Wilkinson N. Corrective exercise: A Practical Approach. 1st ed. Abingdon: Routledge; 2005: 6-8.
3. Graham Jr JM, Sanchez-Lara PA. Smith's recognizable patterns of human deformation. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2015: 79-82.
4. Ghalwash AM, El-Shennawy SAW, Abd-Elwahab MS. Efficacy of adhesive taping in controlling genu recurvatum in diplegic children: A pilot study. Egypt j med hum genet 2013; 14:183–8.
5. Bayers-Thering M, Krackow KA, McGrath BE, Phillips MJ. Genu Recurvatum in Total Knee Arthroplasty. ORS Annual Meeting 2011.
6. Loudon JK. Measurement of Knee-Joint-Position Sense in Women with Genu Recurvatum. I Sport Rehabil 2000; 9:15-25.
7. Carter AE. Aquatic therapy:The ultimate exercise for the new millennium. Washington: National Institute of Reboundology and Health; 2005: 102-96.
8. Cooper A, Alghamdi GA, Alghamdi MA, Altowaijri A, Richardson S. The Relationship of Lower Limb Muscle Strength and Knee Joint Hyperextension during the Stance Phase of Gait in Hemiparetic Stroke Patients. Physio ther Res 2012; 150–6.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

9. Loudon Jk, Goist H.L, Loudon KL. Genu recurvatum syndrome. J Sports Phys Ther 2009; 27: 361-67.
10. Abdel Aziz Ash, Somaia AH. Electrical Stimulation versus Rebounding Exercise on the Degree of Genu Recurvatum in Children with Central Hypotonia. Life Sci J 2013; 10:129-137.
11. Bleyenheuft C, Hanson P, Deltombe T. Treatment of genu recurvatum in hemiparetic adult patients: A systematic literature review. Ann Phys Rehabil Med 2010; 189-99.
12. Whittle W. Gait Analysis: an introduction. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Ltd; 2007: 107-20.
13. Tastekin N, Tuna H, Birtane M, Uzunca K. Plantar Pressure Changes of Patients with Heel Valgus in Rheumatoid Arthritis. Turk J Rheumatol 2009; 24:67-71.
14. Nima Heidari, Madden AG, Loeffler MD. Report of a Case of Genu Recurvatum Following Tibial Eminence Avulsion Treated by Proximal Tibial Flexion Osteotomy and Review of the Literature. Surg Sci 2011; 2:117-20.
15. Richardson EG. Rheumatoid foot. 1st ed. Campbell's Operative Orthopaedics. St. Louis: Mosby; 1998. P. 1785-812.
16. Woodburn J, Helliwell P. Foot problems in rheumatology. Br J Rheumatol 1997; 36:932-3.
17. Abdul Hadi A, Aladin Z, Rezaul K, Yufridin W. Foot plantar pressure measurement system: A Review. Sensors 2012; 12. 9884-912.
18. Rai DV, Aagarwal LM. The study of plantar pressure distribution in normal and phatological foot. Phys eng 2006; 12:25-34.
19. Bonato P. Wearable sensors/systems and their impact on biomedical engineering. IEEE Eng. Med Biol Mag 2003; 22:18-20.
20. Rodgers M. Dynamic biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. Phys Ther 1998; 68:1822–30.
21. Braz RG, Carvalho GA. Relationship between quadriceps angle (Q) and plantar pressure distribution in football players. Rev Bras Fisioter 2010; 14:296-302.
22. Ferna´ndez-Segui´n LM, Diaz Mancha JA, Sa´nchez Rodrı´guez R, Martı´nez, Beatriz Go´mez Martı´n EE, Ramos Ortega J. Comparison of plantar pressures and contact area between normal and cavus foot. Gait posture 2014;39:789-92.
23. Lee SY, Hertal J. Effect of Static Foot Alignment on Plantar-Pressure Measures During Running. J Sport Rehabil 2012; 21:137-43.
24. Beinabaji H, Anbarian M, Sokhangouei Y. The effect of flat foot on lower limb muscles activity pattern and plantar pressure characteristics during walking. J Res Rehabil Sci 2012; 8:1328-41.
25. Esmaeli H, Anbarian M, Salari Eskar F. The Effect of an Eight-Week Corrective Exercise Program on Plantar Pressure Distribution Pattern in Adolescents with Genu Varum Deformity during Stance Phase of Walking. Sport med 2013; 5:73-83. [Article in Persian]
26. Burns J, Keenan AM, Redmond A. Foot type and overuse injury in triathletes. J Am Podiatr Med Asso 2000; 95:235–41.
27. Ledoux WR, Hillstram HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. Gait posture 2002; 15:1-9.
28. Gurney JK, Kersting UG, Rosenbaum D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. Gait Posture 2008; 27:706-9.
29. Cavanagh PR, Rodgers Iiboshi A. Pressure distribution under symptom free feet during barefoot standing. Foot ankle 1987; 7:262-276.
30. Putti AB, Arnold GP, Cochrane LA, Abboud RJ. Normal pressure values and repeatability of the Emed ST4 system. Gait Posture 2008; 27:501-5.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]

31. Hughes J, Pratt L, Linge K, Clark P, Klenerman L. Reliability of pressure measurements: the EMED F system. Clin Biomech 1991; 6:14–18.
32. Bus SA. Lange AD. A comparison of the 1-step, 2-step and 3-step protocols for obtaining barfoot plantar pressure data in the diabetic neuropatic foot. Clin Biomech 2005; 20:892-9.
33. Hennig EM. Pressure distribution under the impacting human foot during expected and unexpected falls, Thesis. Ph. D. Thesis. Pennsylvania State University. 1984.
34. Razali NM, Wah YB. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogriv-Smirnov, Lilliefors and Andeson-darling tests. J SMAN 2001; 2:21-33.
35. Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. Clin Biomech 2005; 20:877–82.
36. Letafatkar A, Daneshmandi H, Hadadneghad M, Abdolvahabi Z. Advanced corrective exercises(from theory to application). 2nd ed. Avaye zohor; 2013. [In Persian]
37. Aliberti S, de S.X. Costa M, de Campos Passaro A, Arnone AC, Hirata R, Sacco ICN. Influence of patellofemoral pain syndrome on plantar pressure in the foot rollover process during gait. Clin 2011; 66:367-72
38. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. Clin (Sao Paulo). 2011; 66:367–72.
39. Lun v, Meeuwisse WH, stergio P, stefanyshyn D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreation runners. Br J Sports Med 2004; 38:576-80.
40. Sokhanghoyi Y, Afshorman Z. Corrective exercise. Hatmi; 1392. [In Persian]
41. Alireza S, Haj ghanbari B. Evaluate muscle function: Pain and posture. 4th ed. Tehran: Sarmadi, 2010: 26-30. [In Persian]
42. Hamill J, knutzen K. Biomechanical basis of human movement. 3rd ed. Philadelphia: wolters Kluwer, 2009: 396-97.
43. 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. Rehabil J 2013; 1:97-108. [In Persian]
44. Nyland JA, Ullery LR, Caborn DNM. Medial patellar taping changes the peak plantar force location and timing of female basketball players. Gait Posture 2002; 15:146–52.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-12]