Iranian Journal of Rehabilitation Research in Nursing Original Article

Summer 2022, Volume 8, Issue 4 https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39

Comparison of Selected Parameters of Plantar Pressure Distribution During Slope Walking in Adolescent Girls

Haniyeh Zehtab Asghari[1], AmirAli Jafarnezhadgero[2*], Mohammad Ali Azarbayjani[3]

1- Phd student, Department of Sport Biomechanics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Sport Managements and Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3- Professor, Department of Sport physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

***Corresponding author:** AmirAli Jafarnezhadgero, Associate Professor of Sport Biomechanics, Department of Sport Management and Biomechanics, Faculty of Education Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Email: amiralijafarnezhad@gmail.com

Received: 2022/04/16 Accepted: 2022/08/6

Abstract

Introduction: Moving on inclined surfaces is a challenging task in daily life that creates challenges for the human movement system. Therefore, the aim of the present study was to compare selected parameters of plantar pressure distribution in healthy teenage girls and those with genu varum deformity while walking on a slope.

Methods: The current research was semi-experimental, causal-comparative and applied research model. The subjects included 15 girls with genu varum (with inner thigh epicondyle distance of 4.31±0.71 cm) and 15 healthy girls (with inner thigh epicondyle distance of 0.84±0.17 cm). The amount of plantar pressure in 10 anatomical areas of the sole of the foot on inclined surfaces (±0, 8, ± 15, ± 20) percent in the stance phase of walking was investigated. Two-way analysis of variance with repeated measurements was used for statistical analysis. The level of significance was (P≤0.05).

Results: The maximum pressure at -20% slope in the third and fourth metatarsal bones, -15% slope of the fourth plantar bone, -8% slope of the third metatarsal bone and outer heel area, and 20% slope in the middle of the foot had a significant difference between the two groups (P≤0.05), that these differences were higher in the genu varum group than in the healthy group. The changes of the center of pressure in the slopes of ±15, 8 and 20% significantly showed more displacement in the genu varum group than in the healthy group (P≤0.05).

Conclusions: The results showed that walking on a positive slope as a safe and accessible non-invasive method by reducing the pressure in the inner part of the knee and reducing the amount of foot supination can improve the pressure distribution pattern of people with genu varum and prevent early arthritis. However, more studies are required in this field.

Keywords: Slope, Walking, Genu varum, Plantar pressure variables, Adolescent.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

نشریه پژوهش توانبخشی در پرستاری
مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۱، دوره ۸، شماره ۴
https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39

مقایسه پارامترهای منتخب توزیع فشار کف پایی حین راه رفتن روی شیب در دختران نوجوان

هانیه زهتاب اصغری[۱]، امیرعلی جعفرنژاد گرو[۲*]، محمدعلی آذربایجانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه بیومکانیک ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- دانشیار، گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

***نویسنده مسئول:** امیرعلی جعفرنژادگرو، دانشیار بیومکانیک ورزشی، گروه مدیریت و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
ایمیل: amiralijafarnezhad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۵

چکیده

مقدمه: حرکت روی سطوح شیبدار، یک تکلیف چالش برانگیز در زندگی روزمره است که چالش هایی را برای سیستم حرکتی انسان ایجاد می کند. از این رو هدف تحقیق حاضر مقایسه پارامترهای منتخب توزیع فشار کف پایی در دختران نوجوان سالم و مبتلا به ناهنجاری ژنووارووم حین راه رفتن روی شیب بود.

روش کار: پژوهش از نوع نیمه تجربی، مدل تحقیق علی- مقایسه ای و کاربردی بود. آزمودنی ها شامل ۱۵ دختر مبتلا به ژنووارووم (با فاصله اپی کندیل داخلی ران ۰/۷۱±۴/۳۱ سانتی متر) و ۱۵ دختر سالم (با فاصله اپی کندیل داخلی ران ۰/۱۷±۰/۸۴ سانتی متر) بود. میزان فشار کف پایی در ۱۰ ناحیه آناتومیکی کف پا بر روی سطوح شیب دار (۰، ۸ ±، ۱۵ ±، ۲۰ ±) درصد در فاز استانس راه رفتن مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون آنالیز واریانس دوسویه با اندازه گیری های مکرر جهت تحلیل آماری استفاده شد. سطح معناداری ($p<۰/۰۵$) بود.

یافته ها: حداکثر فشار در شیب۲۰- ٪ در استخوان های کف پایی سوم و چهارم، شیب ۱۵- ٪ درصد کف پایی چهارم، شیب ۸- ٪ استخوان کف پایی سوم و ناحیه خارج پاشنه و شیب۲۰ ٪ در میانه پا بین دو گروه دارای تفاوت معناداری بود ($p<۰/۰۵$)، که این اختلافات در گروه ژنووارووم نسبت به سالم بیشتر بود. تغییرات مرکز فشار در شیب ۱۵±، ۸ و۲۰ درصد بطور معناداری درگروه ژنووارووم نسبت به گروه سالم جابجایی بیشتری نشان داد ($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که راه رفتن در شیب مثبت به عنوان یک روش غیر تهاجمی مطمئن و در دسترس با کاهش فشار بخش داخلی زانو و کاهش میزان سوپینیشن پا می تواند موجب بهبود الگوی توزیع فشار افراد مبتلا به ژنووارووم شود و از آرتروز زودرس پیشگیری کند. با وجود این، مطالعات بیشتری در این زمینه مورد نیاز می باشد.

کلید واژه ها: شیب، راه رفتن، ژنووارووم، متغیرهای فشار کف پایی، نوجوان.

مقدمه

راه رفتن بر روی سطوح شیب دار بخش اجتناب ناپذیر فعالیت های روزمره است و تمرینات توانبخشی یا بازتوانی با این رویکرد استفاده می شوند (۱). در هنگام راه رفتن روی شیب، سیستم عصبی عضلانی جهت حفظ کنترل پاسچر و تعادل باید پایداری بدن را حفظ نماید و به طور همزمان حرکت رو به جلو و بالا را تضمین کند (۲). حرکت اندام تحتانی با زاویه شیب تغییر می کند، هر چقدر بر میزان زاویه سطح شیب دار افزوده شود، کنترل سیستم عصبی عضلانی و حرکات بدن چالش برانگیزتر شده و بر الگوی راه رفتن فرد تأثیرگذار می باشد (۳). دشواری راه رفتن شیب دار در نتایج بیومکانیکی مانند افزایش مصرف انرژی متابولیک

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]
[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

در سربالایی نسبت به سطح زمین و افزایش جذب نیرو در مفصل زانو در سراشیبی مشهود است (۴). در حالی که جنبه های مختلف راه رفتن در سطح شیب دار به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است، اما در مورد چگونگی توزیع فشار کف پا در طول این کار چالش برانگیز پرداخته نشده است (۵).

اندازه گیری توزیع فشار کف پا، یکی از روش های متداول و جدید است که ضمن تشخیص ناهنجاری های ساختاری پا، عملکرد پا را در شرایط استاتیک و داینامیک به خصوص هنگام راه رفتن مورد بررسی قرار می دهد (۶). نحوهٔ توزیع حداکثر فشارکف پایی تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند سن، جنس، نژاد و همچنین خصوصیات دستگاه اندازه گیری قرار می گیرد (۷). توزیع نامناسب نیروها برکف پا باعث اعمال استرس بر ساختار پا، ساق و زانو شده و می تواند باعث حرکات غیرطبیعی و همچنین اختلال در عملکرد عضلات شود (۸). هرگونه تغییر در راستای مکانیکی اندام تحتانی می تواند الگوی بیومکانیکی راه رفتن و دویدن را تغییر دهد، که مهمترین تغییر در این محور افزایش واروس زانو می باشد. ناهنجاری با ایجاد تغییراتی در راستای طبیعی وضعیت بدنی در اندام تحتانی به نوبه خود ممکن است تغییراتی در راستای مرکز ثقل بدن نسبت به سطح اتکاء ایجاد و با افزایش فشار غیرطبیعی وارده بر قسمت های مختلف سطوح مفصلی، زانو را مستعد تغییرات فرسایشی زودرس و البته آرتروز نماید و در نتیجه کنترل تعادل بدن را محدود کند (۹).

بر اساس مطالعات صورت گرفته، پژوهشی مربوط به توزیع فشار کف در افراد دارای زانوی ژنوواروم و شیب پیدا نشد ولی در مطالعات توزیع فشار کف پا در افراد دارای ناهنجاری های اندام تحتانی هنگام راه رفتن، این موضوع بررسی شده است. مطالعات نشان داد که در بین پارامترهای فشار کف پایی، حداکثر بار وارده بر نواحی مختلف پا طی فاز راه رفتن و دویدن اندازه گیری می شود. برخی مطالعات نشان داد که عملکرد تعادلی و توزیع فشار پای انسان در هنگام ایستادن با توجه به عوامل مختلف متفاوت است، به گونه ای که برای افراد عادی، معمولاً فشار بیشتر روی بخش جلویی پا و به دنبال آن عقب پا و سپس بخش میانی می باشد؛ و بالاترین اوج و میانگین فشار کف‌پایی در سر استخوان‌های متاتارس دوم و سوم در افراد سالم توزیع می‌شوند (۱۰, ۱۱). نتایج مطالعات دیگر نیز حاکی از این بود که حداکثر فشارها در ناحیه پاشنه، سر استخوان های کف پایی 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 می شوند. لازم به ذکر است بر اساس این اطلاعات، بیشترین فشارها در ناحیه پاشنه در اوایل فاز استانس و حداکثر فشارها زیر سر استخوان های کف پایی در اواخر فاز استانس در سطح هموار رخ می دهد (۸, ۱۲-۱۴). همچنین مطالعات کینماتیکی زانو در مسیر شیب نشان داد که با افزایش شیب، زاویه زانو در صفحه فرونتال از واروس به والگوس تغییر می‌کند، که این تغییرات تأثیر مثبتی در کاهش تخریب سطوح مفصلی و همچنین کاهش سرعت پیشرفت آرتروز محفظه داخلی زانو خواهد داشت. علاوه بر این شیب منفی یک عامل مخاطره آمیز در بیماران مبتلا به ناهنجاری واروس زانو در نظر گرفت و بلعکس. روند تغییر شیب به مثبت، بار وارد شده بر روی محفظه داخلی مفصل زانو را کاهش داده و می‌تواند به عنوان یک تمرین فیزیکی زانو در برنامه‌های توانبخشی بیماران مبتلا به بدراستایی واروس قرار گیرد (۱۵-۲۲).

با توجه به اهمیت شروع بلوغ در دوره نوجوانی و بروز ناهنجاری ها اسکلتی عضلانی در این دوره سنی، راه رفتن روی شیب مسیر می تواند باعث کاهش ثبات راه رفتن و همچنین تغییر در الگوی راه رفتن شود؛ و این در پایین آمدن بارزتر است. با توجه به این که روش های غیر تهاجمی در جهت تصحیح راستای اندام کودکان و نوجوانان برای کاهش بارهای وارده به کمپارتمان‌های زانو پیشنهاد می شود، در این میان راه رفتن بر روی سطوح شیب‌دار را می توان به عنوان یک راهکار غیرتهاجمی سودمند در افراد دارای ناهنجاری زانو پیشنهاد کرد تا به عنوان یک ابزارکمکی در علوم بیومکانیک و توانبخشی برای کاهش فشار به مفصل زانو در نظر گرفته شود، و به عنوان یک عامل پیشگیرانه از بروز آرتروز زودرس در بزرگسالی جلوگیری نماید، بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه پارامترهای منتخب توزیع فشار کف پایی در دختران نوجوان سالم و مبتلا به ناهنجاری ژنوواروم حین راه رفتن روی سطوح شیب دار بود.

روش کار

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی، مدل تحقیق علی-مقایسه ای و نوع تحقیق کاربردی بود. جامعه آماری تحقیق را دختران نوجوان شهر تهران تشکیل دادند که ۳۰ نفر با

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

محدوده سنی ۱۴ تا ۱۷ (۱۵ نفر دارای زانو ژنوواروم و ۱۵ نفر زانو سالم) به صورت نمونه در دسترس و هدفمند در تابستان ۱۴۰۰ بر اساس معیارهای ورود به پژوهش و خروج از آن توسط کارشناسان حرکات اصلاحی در کانون تندرستی منطقه ۱۶ تهران انتخاب شدند. برای اندازه گیری واروس زانو از یک کولیس (Alton، CA46150، چین) استفاده شد. برای این منظور از شرکت کنندگان خواسته شد تا در وضعیت آناتومیک بایستند. سپس فاصله بین دو اپی کندیل داخلی ران با استفاده از کولیس اندازه گیری شد. سپس افراد مبتلا به ژنوواروم با فاصله ۲ تا ۵ سانتی متر وارد مطالعه شدند (۱۰). معیارهای ورود به مطالعه شامل داشتن ژنوواروم در هر دو پا و عدم آسیب زانو در رباط های نگهدارنده بود. همچنین سابقه شکستگی اندام تحتانی، مشکلات عصبی عضلانی، نداشتن اختلاف طول حقیقی بیش از ۱ سانتی متر در پاها و عدم وجود عارضه ناهنجاری زانو به عنوان معیار خروج در نظر گرفته شد. گروه سالم نیز داشتن وضعیتی طبیعی در همه بخش های بدن، فاصله کمتر از ۱ سانتی متر بین دو اپی کندیل داخلی ران در سن ۱۴ تا ۱۷ سال بود.

حجم نمونه با استفاده از نرم افزار جی پاور (G Power) برای هر کدام از گروه ها با در نظر گرفتن توان ۰/۸۰ و سطح معناداری ۰/۰۵ و اندازه اثر متوسط ۰/۶، ۱۲ نفر برای هر گروه در نظر گرفته شد (۲۳) و با توجه به اینکه ممکن است برخی از آزمودنی ها در حین انجام کار تمایلی به ادامه همکاری نداشته باشند،۱۰ الی ۲۰ درصد بیشتر از حجم نمونه جهت انجام کار محاسبه شد تا این مساله منجر به کمتر شدن حجم نمونه ها نسبت به حجم نمونه محاسبه شده نگردد. تمامی ملاحظات اخلاقی بر اساس دستورالعمل هلسینکی رعایت گردید. آزمودنی ها پس ار تکمیل فرم رضایت نامه توسط والدین در مطالعه شرکت کردند. به آزمودنی ها اطمینان داده شد که اطلاعات آن ها محرمانه است و در صورت تمایل تنها در اختیار آن ها قرار می گیرد. در ابتدا قد آزمودنی ها توسط قدسنج دیواری مثلثی (SM ۲۶) با دقت ۰/۱سانتیمتر و وزن آن ها به وسیله ترازوی دیجیتال کالیبره (Bs101) بادقت ۰/۵کیلوگرم اندازه گیری شد. سپس از دستگاه اسکن فشار کف پا (مدل PT-Scan4452F100 ساخت ایران شرکت پایافناوران مشهد) با دقت اندازه گیری فشار۱۰± درصد با ۲۲۸۸ سنسور در در ماتریس ۴۴*۵۲ و فرکانس نمونه گیری ۲۰۰ تا ۴۰۰ هرتز استفاده شد. این دستگاه از یک صفحه با قاب فلزی تشکیل شده است که بر روی زمین و هموار با سطح نصب می‌شود، که با ایستادن آزمودنی بر روی آن اطلاعات توزیع فشار کف پای شخص را در حالت ایستا و گام برداشتن در حالت دینامیک توسط سیستم ثبت می‌شود. سطح شیب دار به صورت درصد بر اساس فرمول شیب رمپ تعیین شد (فرمول ۱) که به صورت متحرک به طول ۳ متر تهیه شده بود و دستگاه اسکنر کف پا در مرکز این شیب قرار داده شد. برای ثبت توزیع فشار کف پایی آزمودنی ها، یک بار با پای راست و یک بار با پای چپ با سه تکرار بر روی سطح مسطح و ۳ سطح شیب‌دار (۲۰٪،۱۵٪،۸٪) به صورت مثبت (بالارفتن) و منفی (پایین آمدن) استفاده گردید. در ابتدا از آزمودنی خواسته شد تا مسیر راه رفتن با طول ۵ متری که دستگاه اسکن فشار کف پا در مرکز آن قرار گرفته است را با یک سرعت دلخواه، ثابت و هماهنگ به صورت رفت و برگشت برای آشنایی با دستگاه اسکن فشار کف پا در سطح هموار انجام دهد. سپس آزمون مورد نظر را در شیب صفر یک بار با پای راست و یک بار با پای چپ با ۳ تکرار انجام داد. به دلیل آن که آزمودنی در ابتدا و انتهای راه رفتن با افزایش و کاهش سرعت راه رفتن مواجه می شود، برای سطوح شیب‌دار ابتدا دستگاه در مرکز سطح شیب‌دار به صورت همسطح با شیب قرار می گیرد. سپس از فرد خواسته شد برای تمرین شیب ۳ متری را ۵ بار به صورت تمرینی با سرعت دلخواه بالا (مثبت) و پایین (منفی) رود (شکل۱. ب). در هنگام اجرای آزمون ها، آزمودنی هیچ گونه حرکت اضافی از جمله صحبت کردن نگاه کردن به زمین، نباید داشته باشد زیرا موجب خطا در ثبت داده ها و آزمون ها می‌شود.

$$\text{Slope درصد شیب رمپ} = \frac{\text{Rise ارتفاع}}{\text{Run طول رمپ}} \times 100$$

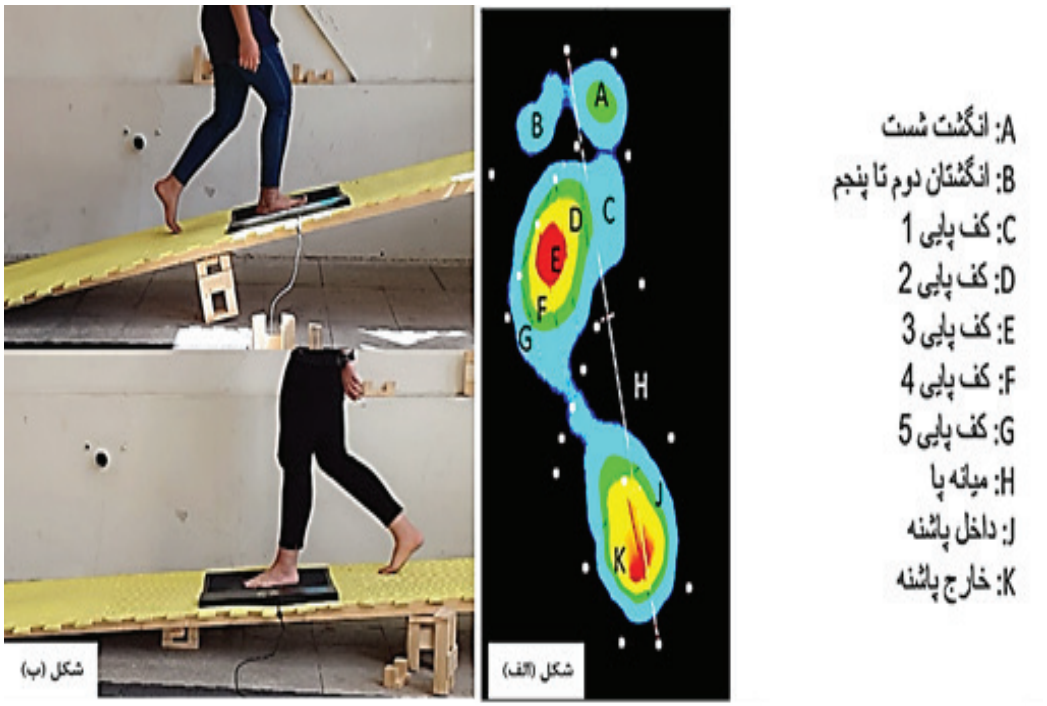
فرمول ۱. نحوه محاسبه درصد شیب

میزان فشار کف پایی در ده ناحیهٔ آناتومیکی حساس به فشار شامل شست پا ، انگشتان دوم تا پنجم ، سرمتاتارسال اول تا پنجم، ناحیهٔ میانی پا و ناحیه داخلی پاشنه پا و ناحیه خارجی پاشنهٔ پا به وسیلهٔ دستگاه مشخص شد

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

(شکل۱. الف). از بین پارامترهای کف پایی، حداکثر فشار کف پایی برای مقایسهٔ بین گروه ها در نظر گرفته شد. علاوه بر آن مقادیر انحراف مرکز فشار از محور طولی پا نیز در این تحقیق در نظر گرفته شد. تغییرات مرکز فشار (COPx) تغییرات داخلی- خارجی مرکز فشار نسبت به محور x را که بر محور طولی پا عمود است و تغیرات قدامی- خلفی (COPy) بیان می کند. مقادیر مثبت نشان دهندهٔ حرکت داخلی مرکز فشار یا پرونیشن پا و مقادیر منفی نشان دهندهٔ حرکت مرکز فشار به سمت خارج پا یا سوپی نیشن پاست.



شکل ۱. (الف) تقسیم بندی نقاط فشار کف پا ؛ (ب) ارزیابی فشار کف پا حین راه رفتن روی شیب مثبت و منفی

از آزمون شاپیروویلک برای بررسی توزیع نرمال داده ها استفاده شد. با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوسویه مکرر تفاوت در میزان متغیرها مورد مطالعه هنگام راه رفتن بین دو گروه ژنوواروم و سالم مورد بررسی قرارگرفت. در صورت وجود تفاوت، از آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه متغیرهای متناظر درون هر فاکتور استفاده شد. این تجزیه و تحلیل ها با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ با سطح معناداری ($P<۰/۰۵$) استفاده شد. این تحقیق دارای کد اخلاق به شماره (IR.SSRI.REC.1400.1182) از پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی بود.

یافته ها

یافته های بدست آماده از مقایسه توزیع فشار کف پایی و تغییرات مرکز فشار دختران نوجوان دارای زانو سالم و مبتلا به ژنوواروم در شیب مسطح و شیب های مثبت و منفی ۸، ۱۵ و۲۰ در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس مشخصات دموگرافیک آزمودنی ها در قد، وزن و سن همگن می باشند و تنها در فاصله بین دو اپی کندیل داخلی زانو دو گروه سالم و ژنوواروم دارای اختلاف معناداری بود. بر اساس جدول ۱ وزن دختران مبتلا به ژنوواروم از وزن افراد سالم کمتر بود اما میانگین سن و قد هر دو گروه تقریبا مشابه است.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]
[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک آزمودنی های حاضر در پژوهش

زانو	سن (سال) (انحراف استاندارد ± میانگین)	قد (سانتی متر) (انحراف استاندارد ± میانگین)	وزن (کیلوگرم) (انحراف استاندارد ± میانگین)	فاصله اپی کندیل داخلی زانو (سانتی متر) (انحراف استاندارد ± میانگین)
ژنوواروم	۱۶/۳۱ ± ۰/۷۰	۱۶۲/۹۳ ± ۵/۲۳	۵۱/۱۲ ± ۸/۹۷	۴/۳۱ ± ۰/۷۱
سالم	۱۶/۴۰ ± ۰/۶۳	۱۶۳/۷۳ ± ۶/۰۸	۵۸/۳۳ ± ۹/۲۳	۰/۸۴ ± ۰/۱۸۲
sig	۰/۶۹۹	۰/۳۷۴	۰/۹۸۸	۰/۰۰۱*

* (sig ≤ 0/05)

مطابق یافته های جدول ۲ در شیب های منفی ؛ در شیب ۲۰- شاهد اختلاف معنادار بین دو گروه هستیم. این اختلاف معنادار بین گروهی در حداکثر فشار استخوان های کف پایی سوم و چهارم افراد مبتلا به ناهنجاری ژنوواروم بیشتر از زانوی سالم بود؛ در شیب ۱۵- حداکثر فشار کف پایی چهارم در گروه ژنوواروم بطور معناداری بیشتر از گروه سالم بود. همچنین در شیب ۸- اختلاف معنادار بین گروهی در حداکثر فشار استخوان کف پایی سوم افراد مبتلا به ناهنجاری ژنوواروم بیشتر از زانوی سالم بود ولی این اختلاف معنادار در ناحیه خارج پاشنه در شیب ۸- در گروه ژنوواروم نسبت به سالم کمتر بود. تغییرات مرکز فشار نشان می دهد که علامت منفی (-) در جدول نشان دهنده زاویه سوپینیشن و علامت مثبت نیز نشان دهنده زاویه پرونیشن است (۷). همانطور که در جدول مشاهده می کنید تغییرات مرکز فشار کف پا در جهت قدامی- خلفی در افراد مبتلا به ژنوواروم بطور معناداری نسبت به گروه سالم در شیب ۱۵- منفی تر و این نوسانات به میزان تقریبا ۲ میلی .متر در جهت قدانی – خلفی در گروه ژنوواروم بیشتر بود همچنین در شیب های مثبت و سطح صفر، بطور معناداری در شیب ۸ حداکثر فشار میانه پا در افراد دارای ژنوواروم بیشتر از گروه سالم بود. با افزایش شیب مثبت (از ۸ تا ۲۰) تغییرات مرکز فشار قدامی خلفی در افراد مبتلا به ژنوواروم بطور معناداری نسبت به گروه سالم منفی تر و این نوسانات به میزان تقریبا ۲ میلی متر در جهت قدامی .خلفی در گروه ژنوواروم بیشتر بود

جدول ۲. میانگین ± انحراف استاندارد، حداکثر فشار کف پایی (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) و جابجایی مرکز فشار (میلی متر) و نتایج مقایسه بین دو گروه ژنوواروم و سالم در سطوح با شیب مثبت و منفی

منطقه پا	شیب (درصد) گروه	صفر	شیب مثبت و منفی (انحراف استاندارد ± میانگین) ۸		۱۵		۲۰	
			-	+	-	+	-	+
انگشت شست	ژنوواروم	۱۳/۲۲ ± ۱۰/۱۰	۲۰/۲۲ ± ۱۹/۰۶	۱۴/۶۴ ± ۱۵/۹۰	۲۴/۰۲ ± ۲۷/۷۳	۱۵/۸۹ ± ۱۸/۰۷	۲۶/۸۸ ± ۲۴/۴۴	۸/۹۵ ± ۱۵/۸۹
	سالم	۱۰/۶۶ ± ۱۰/۲۰	۲۳/۰۷ ± ۱۴/۸۹	۱۴/۹۴ ± ۱۲/۶۴	۲۵/۴۸ ± ۲۱/۸۲	۱۶/۳۱ ± ۱۵/۷۷	۲۴/۰۳ ± ۱۱/۱۱	۱۳/۴۹ ± ۱۱/۳۸
	sig	۰/۶۰۸	۰/۶۹۳	۰/۸۴۹	۰/۵۴۰	۰/۷۰۶	۰/۳۷۹	۰/۴۷۹
انگشت ۲-۵	ژنوواروم	۷/۴۲ ± ۶/۷۹	۱۴/۷۲ ± ۱۳/۳۴	۱۱/۵۴ ± ۱۲/۲۷	۲۳/۷۹ ± ۱۴/۹۰	۹/۵۴ ± ۹/۶۵	۲۲/۹۸ ± ۱۸/۷۸	۸/۷۵ ± ۱۳/۶۸
	سالم	۱۴/۱۶ ± ۱۱/۷۸	۱۳/۱۳ ± ۹/۷۶	۱۲/۲۵ ± ۱۳/۳۱	۱۵/۷۸ ± ۱۱/۳۷	۱۲/۸۹ ± ۱۲/۷۴	۱۹/۸۷ ± ۱۰/۶۶	۱۰/۵۸ ± ۱۰/۷۳
	sig	۰/۱۷۴	۰/۶۸۰	۰/۶۶۸	۰/۲۰۹	۰/۷۰۶	۰/۶۷۲	۰/۷۳۸
کف پایی ۱	ژنوواروم	۱۷/۵۶ ± ۱۳/۳۶	۳۲/۷۰ ± ۲۴/۸۷	۳۹/۵۹ ± ۴۴/۶۰	۲۳/۲۷ ± ۲۱/۳۵	۳۳/۳۴ ± ۲۱/۹۷	۲۴/۵۹ ± ۲۱/۹۳	۲۵/۰۷ ± ۱۸/۵۸
	سالم	۱۴/۷۴ ± ۱۱/۸۱	۳۱/۶۱ ± ۲۳/۲۹	۲۸/۴۵ ± ۱۹/۸۴	۲۵/۱۷ ± ۱۴/۵۲	۲۸/۵۱ ± ۲۴/۰۰	۳۱/۸۶ ± ۲۱/۴۰	۳۰/۹۰ ± ۲۵/۲۷
	sig	۰/۰۱۹*	۰/۹۸۱	۰/۵۴۲	۰/۵۱۲	۰/۳۰۴	۰/۴۱۱	۰/۳۵۷
کف پایی ۲	ژنوواروم	۳۴/۲۹ ± ۲۳/۸۷	۴۰/۱۵ ± ۲۷/۸۸	۴۰/۱۵ ± ۲۷/۸۸	۳۴/۰۷ ± ۱۵/۶۹	۴۱/۷۶ ± ۲۵/۲۱	۳۷/۲۶ ± ۲۲/۷۴	۳۴/۵۵ ± ۱۹/۷۶
	سالم	۳۴/۱۹ ± ۹/۷۵	۴۰/۱۷ ± ۲۳/۰۷	۳۹/۴۹ ± ۱۲/۴۷	۳۹/۹۷ ± ۱۷/۳۰	۴۳/۳۸ ± ۱۹/۳۶	۳۸/۲۴ ± ۱۵/۹۳	۳۵/۲۰ ± ۱۰/۱۲
	sig	۱/۰۰۰	۰/۸۸۲	۰/۹۸۸	۰/۱۴۴	۰/۶۴۹	۰/۴۳۹	۰/۹۷۵
کف پایی ۳	ژنوواروم	۵۴/۱۱ ± ۳۱/۸۵	۷۲/۴۴ ± ۳۹/۲۷	۵۵/۰۴ ± ۳۹/۸۸	۶۰/۳۶ ± ۳۷/۲۰	۵۵/۳۸ ± ۲۷/۶۵	۶۶/۹۰ ± ۲۶/۲۵	۶۱/۸۴ ± ۳۰/۱۶
	سالم	۵۷/۳۶ ± ۱۶/۰۰	۵۴/۵۶ ± ۱۱/۹۹	۵۲/۷۷ ± ۲۵/۲۱	۵۶/۵۴ ± ۲۰/۴۶	۵۳/۶۵ ± ۲۰/۸۲	۵۴/۶۶ ± ۲۵/۲۳	۵۳/۶۵ ± ۲۱/۶۱
	sig	۰/۳۸۷	۰/۰۲۷*	۰/۵۵۰	۰/۰۶۶	۰/۸۳۹	۰/۰۰۸*	۰/۲۸۵

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

کف پایی ۴	ژنوواروم	۴۹/۴۹ ± ۳۵/۴۴	۵۶/۰۷ ± ۳۰/۱۳	۴۴/۰۸ ± ۳۰/۵۰	۶۳/۲۵ ± ۴۳/۴۵	۴۳/۵۲ ± ۲۱/۹۷	۷۳/۵۳ ± ۳۴/۹۰	۵۲/۶۹ ± ۳۰/۵۷
	سالم	۴۶/۸۹ ± ۱۴/۳۶	۴۹/۹۶ ± ۲۳/۱۴	۴۱/۴۶ ± ۲۳/۸۹	۵۳/۳۲ ± ۲۸/۰۴	۳۸/۲۱ ± ۱۶/۹۴	۴۶/۸۰ ± ۲۳/۰۶	۴۱/۵۱ ± ۳۷/۷۳
	sig	۰/۲۳۵	۰/۳۲۱	۰/۲۵۸	۰/۰۳۹*	۰/۳۹۸	۰/۰۰۳*	۰/۱۹۴
کف پایی ۵	ژنوواروم	۱۴/۸۳ ± ۲۰/۰۹	۱۷/۸۱ ± ۱۵/۱۴	۱۲/۳۳ ± ۱۲/۲۰	۱۹/۹۲ ± ۱۵/۴۸	۹/۲۱ ± ۹/۱۳	۱۹/۹۱ ± ۱۸/۸۳	۱۱/۷۷ ± ۱۴/۱۰
	سالم	۷/۹۳ ± ۱۴/۰۶	۱۰/۸۲ ± ۷/۶۱	۵/۹۳ ± ۴/۴۸	۱۳/۳۸ ± ۱۸/۱۹	۹/۲۸ ± ۸/۷۸	۱۰/۱۳ ± ۹/۲۰	۱۰/۲۰ ± ۱۳/۷۸
	sig	۰/۲۴۳	۰/۱۹۴	۰/۰۷۷	۰/۲۱۲	۰/۹۱۹	۰/۱۱۸	۰/۶۹۲
میانه پا	ژنوواروم	۳۴/۱۸ ± ۲۸/۹۸	۳۰/۲۰ ± ۲۲/۵۳	۳۳/۷۶ ± ۳۱/۹۴	۳۰/۲۱ ± ۱۷/۹۴	۲۹/۹۱ ± ۱۷/۰۳	۲۵/۹۶ ± ۱۹/۸۳	۴۰/۷۴ ± ۲۸/۰۷
	سالم	۳۰/۶۹ ± ۲۷/۰۴	۲۴/۳۶ ± ۲۲/۲۹	۲۳/۱۹ ± ۱۹/۵۱	۲۳/۵۱ ± ۲۶/۰۶	۱۸/۰۷ ± ۱۳/۳۲	۱۸/۳۶ ± ۱۶/۲۴	۱۹/۷۹ ± ۱۷/۵۹
	sig	۰/۱۴۹	۰/۷۳۷	۰/۲۵۲	۰/۵۲۱	۰/۱۹۳	۰/۴۶۵	۰/۰۱۶*
داخل پاشنه	ژنوواروم	۲۹/۳۱ ± ۲۷/۲۵	۲۵/۳۹ ± ۲۵/۷۲	۳۷/۷۵ ± ۳۷/۹۸	۲۲/۱۰ ± ۱۸/۶۷	۳۲/۷۸ ± ۱۷/۸۸	۱۷/۰۴ ± ۱۲/۴۹	۳۲/۳۶ ± ۲۴/۳۵
	سالم	۳۱/۷۸ ± ۱۹/۳۲	۲۸/۱۷ ± ۱۸/۴۴	۳۸/۹۹ ± ۱۹/۹۸	۲۹/۴۳ ± ۱۷/۹۶	۳۱/۰۹ ± ۲۴/۵۲	۳۰/۰۰ ± ۳۰/۱۶	۳۱/۴۶ ± ۱۹/۵۲
	sig	۰/۵۱۴	۰/۷۶۵	۰/۵۶۰	۰/۶۱۳	۰/۶۹۷	۰/۳۶۰	۰/۸۲۹
خارج پاشنه	ژنوواروم	۵۵/۸۵ ± ۳۸/۹۱	۳۴/۸۲ ± ۱۶/۲۴	۵۲/۵۱ ± ۲۲/۱۲	۳۳/۲۴ ± ۱۹/۱۰	۵۵/۱۳ ± ۳۰/۱۸	۲۸/۳۵ ± ۱۸/۰۷	۶۵/۲۷ ± ۴۰/۲۶
	سالم	۷۶/۶۴ ± ۳۰/۳۰	۶۴/۲۰ ± ۲۲/۱۱	۵۲/۲۶ ± ۲۳/۰۱	۴۷/۶۶ ± ۳۸/۲۸	۵۳/۷۴ ± ۲۰/۷۹	۴۰/۱۳ ± ۳۶/۳۰	۶۰/۷۹ ± ۲۹/۹۳
	sig	۰/۱۳۹	۰/۰۰۸*	۰/۸۸۱	۰/۴۰۶	۰/۸۶۰	۰/۳۱۵	۰/۸۹۷
داخلی- خارجی	ژنوواروم	۲۴/۴۹ ± ۷/۷۹	۲۸/۲۸ ± ۱۱/۱۶	۲۵/۰۳ ± ۱۰/۵۲	۲۸/۶۵ ± ۸/۶۳	۲۸/۳۷ ± ۹/۷۹	۳۰/۶۶ ± ۱۱/۲۸	۲۷/۲۰ ± ۱۱/۸۴
	سالم	۲۳/۲۹ ± ۸/۴۶	۲۵/۶۰ ± ۹/۰۷	۲۶/۰۲ ± ۹/۵۴	۲۸/۳۲ ± ۱۰/۷۲	۲۶/۸۸ ± ۹/۴۷	۲۸/۷۱ ± ۱۲/۹۹	۲۷/۰۶ ± ۶/۳۲
	sig	۰/۸۶۳	۰/۵۷۱	۰/۴۲۱	۰/۸۰۶	۰/۹۱۴	۰/۸۴۴	۰/۵۰۴
قدامی- خلفی	ژنوواروم	۱/۹۵ ± ۰/۰۴	۱/۹۴ ± ۴/۱۲	۱/۸۷ ± ۸/۲۹	۱/۸۶ ± ۳/۲۱	۱/۸۷ ± ۱۰/۴۲	۱/۵۹ ± ۴/۴۹	۱/۸۰ ± ۱۰/۷۲
	سالم	۱/۹۰ ± ۰/۰۳	۱/۹۲ ± ۰/۰۳	۱/۹۶ ± ۰/۰۴	۱/۴۷± ۰/۰۴	۱/۸۲ ± ۰/۰۳	۱/۵۹ ± ۰/۰۴	۱/۸۱ ± ۰/۰۲
	sig	۰/۰۵۱	۰/۰۰۱*	۰/۱۴۱*	۰/۰۳۹*	۰/۷۷۸*	۰/۵۳۷	۰/۱۶۴*

* (sig ≤ 0/05)

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات فشار کف پایی طی فاز استانس راه رفتن در نوجوانان دختر دچار ژنوواروم زانو در مقایسه با همسالان نرمال و تعیین اثر شیب سطح در تغییر الگوی توزیع فشار کف پایی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیرحداکثر فشار در نواحی مختلف پا، در شیب ۲۰- در استخوان های کف پایی سوم و چهارم ، شیب ۱۵- کف پایی چهارم و همچنین شیب ۸- استخوان کف پایی سوم و ناحیه خارج پاشنه اختلاف معنادار بود و تنها در میانه پا در شیب ۲۰ اختلاف معناداری وجود داشت و در دیگر نواحی ۱۲ گانهٔ پا هیچ تفاوت معناداری بین مقادیر حداکثر فشار کف پایی در سطوح مختلف مثبت و منفی دو گروه مشاهده نشد. با توجه به محدودیت پیشینه تحقیق در موضوع مورد بررسی، نتیجه گیری نهایی در مورد نتایج مستخرج از این تحقیق با محدودیت مواجه است. این بدراستایی زانو در صفحه ساجیتال موجب کاهش حداکثر گشتاور اکستنش زانو در مرحله استانس راه رفتن به طور معنادار می شود (۲۴). حداکثر گشتاور چرخش داخلی زانو و حداکثر گشتاور چرخش خارجی ران طی فاز استانس راه رفتن و همچنین مقادیر گشتاور نزدیک کنندهٔ وارد بر مفصل زانو در صفحهٔ فرونتال حدود ۳۲ درصد در نوجوانان و جوانان دچار زانوی ژنوواروم نسبت به همسالان سالم بیشتر است (۲۴). با افزایش شیب، زاویه زانو افراد سالم در صفحه فرونتال از واروس به زاویه والگوس تغییر می کند و در نتیجه، گشتاور آداکشنی به گشتاور آبداکشنی تغییر می کند. این تغییرات می تواند تأثیر مثبتی در کاهش تخریب سطوح مفصلی و همچنین کاهش سرعت پیشرفت آرتروز محفظه داخلی داشته باشد. اما این افزایش شیب در افراد دارای ژنوواروم موجب افزایش زاویه واروس زانو می شود (۲۵).

بررسی متغیرهای مربوط به راه رفتن در گروه ژنوواروم نشان داد که مناطق بخش خارجی پاشنه و استخوان کف پایی سوم در شیب های مثبت و همچنین استخوان های کف پایی ۳ و ۴ در شیب های منفی دارای بیشترین فشار بوده و کمترین فشار در انگشتان ۲ تا ۵ و استخوان کف پایی پنجم و انگشت شست قرار داشت. بررسی متغیرهای مربوط به راه رفتن در گروه زانوی سالم نشان داد که مناطق بخش داخلی پاشنه، استخوان های کف پایی ۲ تا ۴ دارای بیشترین فشار بوده و کمترین فشار در مناطق میانی، انگشتان پا و

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

استخوان کف پایی پنجم قرار داشت. اما این ترکیب در شیب ۱۵- و۲۰- متفاوت می باشد و بیشترین فشار بر استخوان کف پایی ۳و۴، کمترین فشار به بخش میانی و انگشتان پا و استخوان کف پایی پنجم وارد می شد. همچنین حداکثر فشار پا در شیب منفی در ناحیهٔ انگشتان دوم تا پنجم ولی در شیب مثبت استخوان کف پایی اول در نوجوانان دارای ژنوواروم نسبت به همسالان سالم بیشتر بود. احتمالاً یکی از دلایل بیشتر بودن حداکثر فشار در ناحیهٔ انگشتان دوم تا پنجم در افراد دارای ژنوواروم طی فاز استانس راه رفتن، بیشتر بودن مقادیر حداکثر گشتاور چرخش داخلی زانو طی فاز استانس راه رفتن است (۲۴). همچنین واروس زانو، سبب والگوس جلو پا و در نتیجه کاهش سطح مقطع ناحیهٔ انگشتان دوم تا پنجم می شود. نیروها و گشتاورها در این ناحیه بیشتر و سطح مقطع کاهش می یابد؛ از این رو این مسئله موجب بالا رفتن فشار در این ناحیه می شود (۲۶). از مطالعات متناقض می توان به مطالعه حاجیلو (۷)، دیزاجی (۲۷)، فرجاد (۲۸)، بیناباجی (۸) اشاره کرد، در عین حال یافته های تحقیق حاضر با یافته های اسمی (۱۰)، جعفرنژاد (۲۹)، دهقانی (۶)، اسماعیلی(۱۲, ۱۳)، یو (۱۴) مطابقت داشت. که بر اساس تحقیقات انجام شده به این نتیجه رسیده اند که انگشت شست نسبت به سایر نواحی دارای حداکثر فشار بوده و استخوان کف پای دوم، پاشنه و سایر استخوان های کف پایی در مراتب بعدی قرار داشتند (۳۰). با توجه به محدودیت مطالعات در مورد توزیع فشار کف پایی نوجوانان روی شیب می توان عنوان کرد که علت تناقض نتایج می تواند به دلیل تفاوت بین سن و جنس آزمودنی ها و همچنین تفاوت در مورد نوع و شدت ناهنجاری افراد باشد. تحقیقات نشان می دهد که در نوجوانان و جوانان دارای ژنوواروم با افزایش شیب راه رفتن از ۷/۵- به ۱۰+ درصد، گشتاور زاویه ای زانو در برخورد پاشنه، میداستانس و بلند شدن انگشتان کاهش می یابد؛ در نتیجه مفصل زانو در لحظه برخورد پاشنه در مقایسه با راه رفتن معمولی فلکشن بیشتری دارد و این حالت در هنگام راه رفتن در شیب های منفی برعکس می شود (۲۰). هنگام راه رفتن در شیب های منفی، مفصل زانو در موقعیت بسته قرار می گیرد. در این موقعیت، قابلیت جذب نیرو مفصل کاهش یافته و اوج اولیه نیروی واکنش زمین بر بدن در لحظه تماس پاشنه پا اعمال می شود (۳۱)، با افزایش شیب مثبت، مکانیسم گام تغییر می‌کند و مفصل به موقعیت شل نزدیک می‌شود، قابلیت جذب نیرو مفصل افزایش می‌یابد و در نتیجه مقدار واروس و گشتاور اداکشن اعمال شده به محفظه داخلی زانو کاهش می‌یابد (۲۵). نتایج نشان داد که تغییرات مرکز فشار در شیب ۱۵- ، ۱۵، ۸ و ۲۰ بطور معناداری در گروه ژنوواروم نسبت به گروه سالم جابجایی بیشتری نشان داد. با افزایش شیب این مقدار نسبت به گروه سالم منفی تر می شود. در نتیجه این مقادیر منفی، پرونیشن کمتری در مفصل سابتالار اتفاق افتاده است و باعث شده مرکز فشار به سمت خارج پا حرکت کند حرکت پرونیشن پا در مرحله استانس راه رفتن ضروری است و بدن انسان با این مکانیسم نیروهای تماسی وارده از زمین را کاهش می دهد (۳۲). حرکات در مفصل میدتارسال به وضعیت سابتالار وابسته است، وقتی که مفصل سابتالار در وضعیت پرونیشن قرار دارد، دو محور مفصل سابتالار موازی هستند که سبب تحرک پذیری و در نتیجه جذب شوک بالا در مفصل میدتارسال می شود (۲۶). حرکت اصلی پا طی فاز تماس پاشنه (۱۵درصد ابتدایی فاز استانس) پرونیشن و جذب شوک ناشی از انتقال وزن طی فاز تماس پاشنه با زمین است (۳۲). نتایج پژوهش حاضر با تحقیقات فتاحی (۳۳)، سماعی (۳۴)، لیتنن (۳۵) ناهمخوان بود. شاید بتوان علت این ناهمخوانی را با تفاوت در جنسیت آزمودنی ها و همچنین انجام تکالیف دینامیک در تحقیق حاضر مرتبط دانست و اینکه باید در نظر داشت که ابزار و روش آزمایشگاهی مورداستفاده در پژوهش حاضر به علت دقت بالاتر نسبت به تس های میدانی، امکان سنجش تعادل افراد را بهتر فراهم می کند. این نتایج می تواند به مربیان و فیزیوتراپیست ها کمک کند تا برنامه های آسیب، پیشگیری و ورزشی را طراحی کنند.

از محدودیت های پژوهش حاضر می توان به عدم اندازه گیری فعالیت الکتریکی عضلات اندام تحتانی و همچنین اندازه گیری کینماتیک و کینتیک زانو اشاره کرد. به طور کلی وقتی سخن از سلامت عمومی افراد جامعه به میان می آید، وضعیت قرارگیری اندام های بدن نسبت به یکدیگر در اجرای حرکات مختلف و به عبارت دیگر برخورداری از پاسچر مناسب در فهرست عوامل مؤثر در کسب سلامت عمومی و به ویژه سلامت ارتوپدیکی قرار می گیرد. وضعیت صحیح قرارگیری اندام ها سبب می شود فرد با صرف انرژی کمتر و اعمال فشار و خستگی کمتر به مفاصل و عضلات، فعالیت های روزمره و ورزشی را انجام دهد. بخش زیادی از نوجوانان و جوانان با وضعیت

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

راستای نامطلوب اندام های تحتانی و به خصوص ناحیهٔ زانوها مواجهند. این مشکل خطر ابتلا به بیماری ها و مشکلات زانو را افزایش می دهد و کاهش سطح سلامت جامعه و ازدیاد هزینه های درمانی را در پی خواهد داشت. بنابراین بررسی روش های درمانی کم هزینه و غیر تهاجمی و ساده در اصلاح عوارض ناشی از دفورمیتی های عضلانی –اسکلتی بسیار اهمیت دارد. در این میان چنانکه یافته های پژوهش حاضر نشان داد، راه رفتن روی شیب ۲۰ و ۱۵ درصد به عنوان مطمئن ترین راه می تواند موجب بهبود الگوی توزیع فشار افراد دچار زانوی پرانتزی و بهبود الگوی راه رفتن شود. با توجه به اهمیت سطح شیب دار در فعالیتهای روزمره و تغییر الگوی راه رفتن در صورت بروز ناهنجاری و همچنین تفاوت فیزیولوژیکی دختران و پسران، پیشنهاد می گردد که به ارزیابی بیومکانیک راه رفتن و نحوه توزیع فشار کف پا همراه با فعالیت الکترمایوگرافی و تاثیر برنامه های تمرینی و اصلاحی با شیب در توانبخشی افراد مبتلا به ناهنجاری های زانو پرداخته شود.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر؛ بیشترین فشار کف پایی در دختران نوجوان ژنوواروم نسبت به سالم در پاشنه، سرهای کف پایی سوم و چهارم مشاهده شد. در راه رفتن در سربالایی، تغییر اصلی در تماس پاشنه رخ می دهد، جایی که طول اندام بیشتر نشان دهنده خم بودن یک اندام است. در راه رفتن در سراشیبی، تغییر بزرگ طول اندام منعکس کننده افزایش خم شدن اندام در طول ایستادن است. تغییرات مرکز فشار با افزایش شیب بر میزان جابجایی قدامی داخلی پا می افزاید و با افزایش شیب منفی این نواسانات تقریبا یکسان است؛ بنابراین می توان شیب های۲۰ ، ۱۵و ۸ را در جهت بهبود الگوی توزیع فشار کف پا دختران نوجوان دارای زانو ژنوواروم پیشنهاد نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله پژوهشگران از تمامی دانش آموزان شرکت کننده در مطالعه تشکر و قدردانی می نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافعی در انتشار این مطالعه ندارند.

References

1. Kim P, Oh YK, Shin CS. Investigation on the kinetic and kinematic characteristics of knee and ankle joints during simulated downhill walking: Implication for ACL injury risk. Journal of Mechanical Science and Technology. 2016;30(10):4815-22. https://doi.org/10.1007/s12206-016-0954-3
2. Lee J, Yoon Y-J, Shin CS. The effect of backpack load carriage on the kinetics and kinematics of ankle and knee joints during uphill walking. Journal of applied biomechanics. 2017;33(6):397-405. https://doi.org/10.1123/jab.2016-0221
3. Lay AN, Hass CJ, Smith DW, Gregor RJ. Characterization of a system for studying human gait during slope walking. Journal of applied biomechanics. 2005;21(2). https://doi.org/10.1123/jab.21.2.153
4. Jeffers JR, Auyang AG, Grabowski AM. The correlation between metabolic and individual leg mechanical power during walking at different slopes and velocities. Journal of biomechanics. 2015;48(11):2919-24. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.04.023
5. Pickle NT, Grabowski AM, Auyang AG, Silverman AK. The functional roles of muscles during sloped walking. Journal of biomechanics. 2016;49(14):3244-51. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.08.004
6. Dehghani M, Jafarnezhadgero A, Abdollahpour Darvishani M. Evaluation of Plantar Pressure Variables in Blind Individuals Compared to Healthy Controls. The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2019;8(3):171-8.
7. Hajilu B, Anbarian M, Sepehrian M, Esmaeili H. The effect of quadriceps muscle fatigue on foot plantar pressure distribution during stance phase of walking. Razi Journal of Medical Sciences. 2014;21(121):1-8. http://rjms.iums.ac.ir/article-1-3221-en.html
8. Beinabaji H, Anbarian M, Sokhangoue Y. The effect of flat foot on lower limb muscles activity pattern and plantar pressure characteristics during walking. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2013;8(8):1328-41.
9. Anker LC, Weerdesteyn V, van Nes IJ, Nienhuis

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

B, Straatman H, Geurts AC. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. Gait & posture. 2008;27(3):471-7. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.06.002

10. Asmi A, Othman N, Zain MM, Ab Wahid M, editors. A Study on Human Foot Pressure Behaviour and Balancing Characteristics. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2020: IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1757-899X/884/1/012001
11. Chow T-H. Traceable Features of Static Plantar Pressure Characteristics and Foot Postures in College Students with Hemiplegic Cerebral Palsy. Journal of Personalized Medicine. 2022;12(3):394. https://doi.org/10.3390/jpm12030394
12. Esmaeili H, Anbarian M, Salari Esker 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. Journal of Exercise Science and Medicine. 2014;5(2):73-86.
13. Esmaeili H, Ghasemi MH, Anbarian M, Ghavimi A. Comparison of plantar pressure distribution in runners with different foot structures. Iranian Journal of Rehabilitation Research. 2018;5(1):8-18. http://ijrn.ir/article-1-335-en.html
14. Yu B-K, Kim E-H. The effects of the correction exercise program combined with stretching and elastic band exercise on femoral intercondylar distance, Q-angle, plantar pressure in undergraduate with genu varum. Journal of the korea academia-industrial cooperation society. 2015;16(3):2064-72. https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.3.2064
15. Arabkhazaeli M, Abbasi A, Khaleghi-Tazji M, Letafatkar A. A Comparison of Coordination Variability of Lower Extremity Segments in Men with Genu Varum and Healthy Men during Treadmill Running at Different Speeds: A Cross-Sectional Study. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2020;16(1):370-9.
16. Esmaeilipour S, Shojauddin SS, Khaleghi M. The effect of local fatigue on selective parameters of kinematic gait in males with genu varum. 2018.
17. Gheitasi M, Bayattork M, Hovanloo F, Porrajab H. Comparing the Effect of a Fatigue Protocol on Kinematic Gait Parameters in Students With Genu Valgum and Genu Varum and Their Normal Peers. PTJ. 2019; 9 (2) :97-106. https://doi.org/10.32598/ptj.9.2.97
18. Jafarnezhadgero A, Majlesi M, Etemadi H, Hilfiker R, Knarr B, Shad MM. Effect of 16-week corrective training program on three dimensional joint moments of the dominant and non-dominant lower limbs during gait in children with genu varus deformity. Science & Sports. 2020;35(1):44. e1-. e11. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.12.011
19. Madadi-Shad M, Jafarnezhadgero A, Zago M, Granacher U. Effects of varus knee alignment on gait biomechanics and lower limb muscle activity in boys: A cross sectional study. Gait & posture. 2019;72:69-75. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.05.030
20. Naderi S, Mohammadipour F, Amir Seyfaddini M. The effects of different walking inclinations on knee angle in the frontal plane of patients with varus malalignment. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2014;4(3):139-44.
21. Norasteh AA, Emami S, Shamsi Majelan A. Kinetic and kinematic variables in middle-aged women with normal and genu varum knee angle with emphasis on walking and running activities. Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal. 2014;4(2):77-82.
22. Tarniţă D, Petcu AI, Dumitru N. Influences of treadmill speed and incline angle on the kinematics of the normal, osteoarthritic and prosthetic human knee. Romanian Journal of Morphology and Embryology. 2020;61(1):199. https://doi.org/10.47162/RJME.61.1.22
23. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior research methods. 2007;39(2):175-91. https://doi.org/10.3758/BF03193146
24. Stief F, Böhm H, Schwirtz A, Dussa CU, Döderlein L. Dynamic loading of the knee and hip joint and compensatory strategies in children and adolescents with varus malalignment. Gait & posture. 2011;33(3):490-5. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.01.001
25. Haggerty M, Dickin DC, Popp J, Wang H. The influence of incline walking on joint mechanics. Gait & posture. 2014;39(4):1017-21.

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]

https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.12.027
26. Nordin M. Basic biomechanics of the musculoskeletal system: Lippincott Williams & Wilkins; 2020.
27. Dizaji E, Memar R, Sadeghi H. Comparison of Plantar Pressure Distribution in Dominant & Non-dominant leg of female Kata and Kumite National Team. Journal of Sport Biomechanics. 2016;2(2):17-30.
28. Memar R, Pezeshk AF, Ghasempour H. Comparing Plantar Pressure Distribution and Vertical Ground Reaction Force Between Healthy Subjects and Middle-aged Adults With Leg Length Discrepancy (LLD). Journal of Modern Rehabilitation. 2022;16(1):45-52. https://doi.org/10.18502/jmr.v16i1.8561
29. Jafarnezhadgero A, Dehghani M, Darvishani MA, Barghamadi M. Comparison of plantar pressure variables during walking with and without immediate use of textured insoles in blind subjects. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences. 2020;42(1):40-7. https://doi.org/10.34172/mj.2020.018
30. Anbarian M, Esmailie H, Nejhad SEH, Rabiei M, Binabaji H. Comparison of knee joint muscles' activity in subjects with genu varum and the controls during walking and running. Journal of Research in Rehabilitation Sciences. 2012;8(2):298-309.
31. Chung M-J, Wang M-JJ. The change of gait parameters during walking at different percentage of preferred walking speed for healthy adults aged 20-60 years. Gait & posture. 2010;31(1):131-5. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.09.013
32. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical basis of human movement: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
33. Shahamiri F, Alizadeh M, Minonezhad H. The effect of genu varum deformity on dynamic stability in single jump-land. Studies of Sport Medicine. 2012;13:39-52.
34. Samaei A, Bakhtiary A, Elham F, Rezasoltani A. Effects of genu varum deformity on postural stability. International journal of sports medicine. 2012;33(06):469-73. https://doi.org/10.1055/s-0031-1301331
35. Lyytinen T, Liikavainio T, Bragge T, Hakkarainen M, Karjalainen PA, Arokoski JP. Postural control and thigh muscle activity in men with knee osteoarthritis. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2010;20(6):1066-74. https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.05.005

[Downloaded from ijrn.ir on 2026-11-23]

[DOI: https://doi.org/10.22034/IJRN.8.4.39]